

## Κεφάλαιο 3

# Τα οικονομικά της κλιματικής μεταβολής στην Ελλάδα

### 3.1 Περί του κόστους της κλιματικής μεταβολής\*

#### 3.1.1 Γιατί οι αγορές αποτυγχάνουν να προστατεύσουν το περιβάλλον

Η συμβατική οικονομική επιστήμη αποδίδει την κακοδιαχείριση του περιβάλλοντος στην ελαττωματική λειτουργία της οικονομίας της αγοράς, ιδίως στην περίπτωση κατά την οποία οι φυσικοί πόροι ή υπηρεσίες του περιβάλλοντος δεν προστατεύονται επαρκώς από δικαιώματα ιδιοκτησίας. Όταν π.χ. μια επιχείρηση εκλύει ρύπους σε ένα ποτάμι, κάνει χρήση των υπηρεσιών του ποταμού χωρίς να πληρώνει γι' αυτές. Με τον τρόπο αυτό όμως προκαλεί βλάβη σε άλλους που αξιοποιούν τις υπηρεσίες του ποταμού για αναψυχή, αλιεία, λήψη νερού, διαβίωση, κ.λπ. Αν ο ποταμός προστατευόταν από δικαιώματα ιδιοκτησίας, κανένας δεν θα μπορούσε να τον χρησιμοποιεί χωρίς τη συγκατάθεση του “ιδιοκτήτη”. Ουσιαστικά όλοι οι δυνητικοί χρήστες του ποταμού θα έπρεπε να ανταγωνιστούν μεταξύ τους για τη χρήση του και η αξία των υπηρεσιών του θα προστατευόταν, οπότε σε αυτές θα αποδιδόταν μια μη μηδενική τιμή. Στην περίπτωση που δεν υφίσταται κάποιας μορφής θεσμική προστασία, ο ποταμός θα υφίσταται υπερεκμετάλλευση από τη ρυπαίνουσα επιχείρηση, η οποία κατά τον τρόπο αυτό τον χρησιμοποιεί ως ένα δωρεάν πόρο με μηδενική τιμή. Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό ως “εξωτερικότητα”, επειδή η επιχείρηση θεωρεί ότι οι βλάβες που προκαλεί σε άλλους είναι “εξωτερικές” και δεν απασχολούν την ίδια. Επειδή δεν καλείται να “πληρώσει” για τις βλάβες, έχει την τάση να ρυπαίνει σε βάρος άλλων σημαντικών υπηρεσιών από το ποτάμι. Για να λειτουργούν σωστά οι αγορές, όλοι οι πόροι, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών, πρέπει να προστατεύονται με δικαιώματα ιδιοκτησίας (ιδιωτικά ή δημόσια)<sup>1</sup> και να επιβάλλεται μια μη μηδενική τιμή για τη χρήση τους.

Ενώ πολλά συνήθη αγαθά και υπηρεσίες αντιμετωπίζονται λιγότερο ή περισσότερο αποτελεσματικά μέσω της αγοράς, για πολλές περιβαλλοντικές υπηρεσίες η διαχείρισή τους από την

\* Το Υποκεφάλαιο 3.1 συνέγραψε ο Ανδρέας Παπανδρέου.

<sup>1</sup> Τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα δεν είναι απαραίτητο να είναι ιδιωτικού χαρακτήρα. Θα μπορούσαν να έχουν τη μορφή ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων που κατέχει το Δημόσιο. Η κυβέρνηση θα μπορούσε να επιβάλει ένα τέλος χρήσης ή να χρεώνει μια τιμή στους χρήστες των πόρων αυτών, οι οποίοι έτσι αποκτούν αξία ή μια μη μηδενική τιμή. Είναι κρίσιμης σημασίας η ύπαρξη θεσμικού ελέγχου σχετικά με τη χρήση των πόρων αυτών.

αγορά είναι δύσκολη λόγω των ιδιαιτεροτήτων τους.<sup>2</sup> Το γεγονός ότι η ατμόσφαιρα αντιμετωπίζεται ως ένας δωρεάν, μη τιμολογημένος, πόρος εξηγεί γιατί δεν παρέχεται κίνητρο στην αγορά για να προστατεύσει τις πολύτιμες υπηρεσίες της ατμόσφαιρας. Επιπλέον, λόγω της περίπλοκης φύσης των διαφόρων περιβαλλοντικών υπηρεσιών, είναι πολύ πιο δύσκολος ο καθορισμός των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας προκειμένου να διασφαλιστεί η επαρκής προστασία τους. Συχνά οι περιβαλλοντικές υπηρεσίες συνάδουν με την παροχή δημόσιων αγαθών, επειδή η βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος επηρεάζει πολλά άτομα ταυτόχρονα και επομένως τα άτομα δεν έχουν θέληση πληρωμής για ένα καθαρότερο περιβάλλον, καθώς προσδοκούν να αποκομίσουν οφέλη από άλλους οι οποίοι θα πληρώσουν.

Σε περίπτωση αποτυχίας της αγοράς λόγω των κακώς καθορισμένων δικαιωμάτων ιδιοκτησίας, συχνά η λύση έγκειται στον καλύτερο καθορισμό και στην καλύτερη προστασία των δικαιωμάτων επί του συναφούς πόρου. Για πολλές περιβαλλοντικές υπηρεσίες όμως, τα συνήθη δικαιώματα ιδιοκτησίας δεν μπορούν να καθοριστούν και, ακόμη και όταν αυτό είναι εφικτό, μπορεί να μην αποτελεί κατάλληλο τρόπο προστασίας τους. Οι λειτουργίες και οι χρήσεις της ατμόσφαιρας δεν μπορούν να εκχωρηθούν σε ιδιώτες προς πώληση και κατανάλωση ανάλογα με τις επιθυμίες τους. Η ατμόσφαιρα δεν διαθέτει φυσικά όρια που να δηλώνουν την εξάντληση των πόρων.

Ενώ υπάρχουν αυτά τα είδη αποτυχίας της αγοράς, τα οικονομικά του περιβάλλοντος επιδιώκουν να προσδιορίσουν ποια είναι η “σωστή χρήση” ή η “σωστή μέριμνα” για το περιβάλλον. Ποιες ουσίες επιτρέπεται να εκλύονται στην ατμόσφαιρα και σε ποιες ποσότητες; Ποιες είναι οι αποδεκτές χρήσεις της ατμόσφαιρας; Πώς αποφασίζεται ποιος πρέπει ή δεν πρέπει να χρησιμοποιεί την ατμόσφαιρα για να εκλύει ουσίες; Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, το ερώτημα λαμβάνει την εξής μορφή: ποιά ποσότητα αερίων του θερμοκηπίου ή ποιας έντασης κλιματική αλλαγή πρέπει να επιτραπεί; Οι οικονομολόγοι επιχειρούν να απαντήσουν σε ανάλογα ερωτήματα προσπαθώντας να προσδιορίσουν τη ζημία ή το κόστος που θα προκύψει από την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και να τα συγκρίνουν με το κόστος μείωσης των εκπομπών. Αν οι οικονομολόγοι μπορούν να βοηθήσουν στον προσδιορισμό του ορθού ή του αποδεκτού μεγέθους εκπομπών, το επόμενο ζήτημα είναι συνήθως να προσδιοριστεί η πιο αποτελεσματική ή η χαμηλότερου κόστους μέθοδος επίτευξης αυτού του μεγέθους.

### **3.1.2 Ιδιαιτερότητες των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής**

Τα αίτια και οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι παγκόσμια. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή ανεξάρτητα από την περιοχή και τη δρα-

---

<sup>2</sup> Π.χ., η άντληση και η διανομή πετρελαίου διέπεται από σαφώς καθορισμένα ιδιοκτησιακά δικαιώματα. Καθώς το πετρέλαιο γίνεται όλο και πιο σπάνιος πόρος, οι υψηλότερες τιμές αποτρέπουν την πολύ γρήγορη εξάντληση των αποθεμάτων ή τη σπατάλη στη χρήση του.

στηριότητα από την οποία προέρχονται. Παρόλο που κάθε χώρα και κάθε τομέας της οικονομίας μπορεί να εκλύει διαφορετικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, η επίπτωση της έκλυσης ενός επιπλέον τόνου αερίων του θερμοκηπίου είναι ίδια ανεξάρτητα από την προέλευσή του. Μάλιστα, οι επιπτώσεις είναι παγκόσμιες και όχι επικεντρωμένες στη χώρα εκπομπής. Σχεδόν όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες και οι τομείς της οικονομίας συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθιστώντας την κλιματική αλλαγή πρωτοφανή ως προς το εύρος των εμπλεκόμενων δραστηριοτήτων. Ομοίως, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι τόσο εκτεταμένες ώστε κανένας τομέας της οικονομίας και της κοινωνίας να μην παραμένει ανέπαφος.

Οι μεταβολές των τοπικών κλιματικών συνθηκών εξαιτίας της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους, όμως εξαρτώνται σε κάθε περίπτωση από το παγκόσμιο κλιματικό σύστημα και τον τρόπο με τον οποίο αυτό επηρεάζεται από τη συσσώρευση εκπομπών σε παγκόσμια κλίμακα. Το ότι η κλιματική αλλαγή εξαρτάται από τη συσσώρευση εκπομπών διαχρονικά έχει μεγάλη σημασία για την οικονομική ανάλυση αλλά και για τη χρονική διαδοχή των επιθυμητών μειώσεων των εκπομπών.

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής εκτυλίσσονται επί μακρό χρόνο και επιμένουν για πολύ μεγάλες χρονικές περιόδους. Τα αέρια του θερμοκηπίου παραμένουν στην ατμόσφαιρα για εκατοντάδες χρόνια και το κλιματικό σύστημα αντιδρά αργά στις αυξημένες συγκεντρώσεις. Επίσης, οι χρονικές υστερήσεις και η αδράνεια καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αντιδρούν το περιβάλλον, η οικονομία και η κοινωνία στην κλιματική αλλαγή. Απαιτείται γνώση αυτών των σύνθετων χρονικών προτύπων για την κατανόηση των επιπτώσεων και τη διαμόρφωση ορθής πολιτικής. Ένα ιδιαίτερα δύσκολο ζήτημα είναι η μορφή της διαχρονικής διασποράς του οφέλους και της ζημίας. Το μεγαλύτερο μέρος των πιθανών ζημιών λόγω της κλιματικής αλλαγής θα επιβαρύνει τις μελλοντικές γενεές, ενώ το κόστος για την ανάληψη δράσης πρέπει να το επωμιστούν οι παρούσες γενεές.

Ο χαρακτήρας και το μέγεθος της αβεβαιότητας που είναι συνυφασμένη με την κλιματική αλλαγή, καθώς και οι επιπτώσεις της, επιβάλλουν χειρισμό του κινδύνου και της αβεβαιότητας, πράγμα που αποτελεί σημαντική πρόκληση και βασικό στοιχείο της ανάλυσης των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής. Αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ πολλές πτυχές των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι αβέβαιες, υφίσταται συμφωνία σχεδόν όλων των επιστημόνων ότι η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή όντως συμβαίνει, και ταυτόχρονα υπάρχει ομοφωνία και σχετικά με το εύρος των αναμενόμενων αυξήσεων της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Αυτό δεν μειώνει τη μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με πολλές πτυχές της κλιματικής αλλαγής και τις επιπτώσεις της, όπως π.χ. σε πόσο υψηλά επίπεδα μπορεί να φθάσει η θερμοκρασία, ποια πιθανότητα αποδίδεται στο ενδεχόμενο καταστροφικής κλιματικής αλλαγής, πώς οι διάφορες χώρες θα προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή, ποια η φύση και η έκταση των φυσικών και οικονομικών ζημιών, κ.λπ.

Η οικονομική ανάλυση των σχετικά μικρών ή οριακών έργων, επιπτώσεων και αποτυχιών της αγοράς έχει μακρά ιστορία και έχουν πραγματοποιηθεί αρκετά υψηλού επιπέδου έρευνες. Όμως, για τις μεγάλες, μη οριακές επιπτώσεις που επηρεάζουν μεγάλα τμήματα μιας οικονομίας ή περιφέρειας, αυτή η ανάλυση κόστους-οφέλους αντιμετωπίζει σοβαρές δυσκολίες. Το ασυνήθιστα μεγάλο πεδίο αιτίων και συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, με τις τόσο πολλές και περίπλοκες αλληλεξαρτήσεις και χρονική δυναμική, δοκιμάζει τα όρια αντοχής κάθε οικονομικής μεθοδολογίας. “Η ανάλυση πρέπει να καλύπτει ένα πολύ ευρύ φάσμα και να περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα οικονομικά: της ανάπτυξης και μεγέθυνσης, των κλάδων, των καινοτομιών και των τεχνολογικών αλλαγών, των θεσμών, της διεθνούς οικονομίας, της δημογραφίας και της μετανάστευσης, των δημόσιων οικονομικών, της πληροφόρησης και της αβεβαιότητας, τα οικονομικά του κινδύνου και της περιουσίας, και, τέλος, τα οικονομικά του περιβάλλοντος σε όλα τα πεδία εφαρμογής τους” (Stern and Treasury, 2007).

Όλα αυτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά καθιστούν την κλιματική αλλαγή τη σαφώς μεγαλύτερη και την πλέον περίπλοκη αποτυχία αντιμετώπισης εξωτερικού κόστους εκ μέρους των θεσμικών μηχανισμών της οικονομίας. Επίσης, παρόλο που αυξάνεται ο πλούτος των πληροφοριών χάρη στην οικονομική ανάλυση της κλιματικής αλλαγής, τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής εξακολουθούν να παραμένουν σε φάση επιστημονικής έρευνας η οποία απαιτείται να ενσωματώσει περαιτέρω θεωρητικές και εμπειρικές καινοτομίες.

### **3.1.3 Υπολογίζοντας το κόστος και το όφελος**

Κάθε οικονομική ανάλυση που επιχειρεί να κατανοήσει πώς οι ανθρώπινες ενέργειες επηρεάζουν την ανθρώπινη ευημερία αναπόφευκτα περιλαμβάνει ηθικά ζητήματα (π.χ. σχετικά με τη διανομή πόρων μεταξύ κοινωνικών ομάδων, μεταξύ χωρών ή μεταξύ γενεών). Με δεδομένη την κλίμακα και το εύρος των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε πολλές διαστάσεις της ανθρώπινης ευημερίας, στο βαθμό κατά τον οποίο η προσέγγιση της ανάλυσης περιλαμβάνει ηθικές κρίσεις, πρέπει να διέπεται από επαρκή διαφάνεια σχετικά με τις υποθέσεις, οι οποίες είναι βέβαιο ότι διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην ανάλυση.

Μεγάλο μέρος της ανάλυσης που είναι προσανατολισμένη στη χάραξη πολιτικής και αφορά στα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής στηρίζεται σε ένα συγκεκριμένο ηθικό πλαίσιο που βασίζεται στη συνήθη Οικονομική της Ευημερίας. Συνήθως το εισόδημα ή η κατανάλωση χρησιμοποιούνται ως δείκτες της ικανοποίησης ενός ατόμου. Δεδομένου ότι οι συνέπειες των διαφορών μορφών πολιτικής συχνά διαφέρουν από άτομο σε άτομο και διαφοροποιούνται χρονικά και χωρικά, η ερευνητική προσπάθεια έγκειται στην εξεύρεση μιας κοινής μονάδας αποτίμησης του κόστους και του οφέλους, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει άθροιση και να προκύψει ένα μέτρο (δείκτης) επιτυχίας της πολιτικής. Μολονότι αυτό το ερευνητικό πλαίσιο είναι αρκετά ελαστικό και επιτρέπει τη θεώρηση των προβλημάτων από ένα πλήθος εναλλακτικών ηθικών οπτικών γωνιών, εξακολουθεί να πάσχει από σημαντικές ελλείψεις.

Π.χ., οι προσεγγίσεις αυτές λαμβάνουν τις ατομικές προτιμήσεις ως δεδομένες και δεν αφήνουν περιθώρια για το ενδεχόμενο θεμελιώδους αλλαγής των προτιμήσεων. Αν οι άνθρωποι προτιμούν ιδιαίτερα τα αυτοκίνητα έναντι άλλων αγαθών, τότε μια οικονομία που παράγει περισσότερα αυτοκίνητα είναι καλή. Το ενδεχόμενο να αλλάξουν σημαντικά οι προτιμήσεις μετά από συζήτηση ή αυτοεξέταση δεν προβλέπεται. Είναι όμως δυνατόν να εξεταστούν εναλλακτικά ηθικά πλαίσια, που δίνουν λιγότερη έμφαση στην ικανοποίηση των προτιμήσεων ή δίνουν σημασία στη διασφάλιση δικαιωμάτων και την τήρηση διαδικασιών. Αξίζει να διερευνηθούν εναλλακτικές ηθικές οπτικές ως προς τον προβληματισμό στον οποίο βασίζονται και τις συνέπειές τους, παρά το ότι αυτές δεν είναι εξοπλισμένες με τα αναλυτικά και πρακτικά εργαλεία των οικονομικών της ευημερίας. Υπάρχουν ενδιαφέρουσες εναλλακτικές θεωρίες σχετικά με τη λειτουργία της οικονομίας και τη σχέση της με το περιβάλλον.<sup>3</sup> Πολλές από αυτές τηρούν έντονα κριτική στάση απέναντι στη συμβατική οικονομική επιστήμη και στα οικονομικά της ευημερίας. Παρόλο που οι θεωρίες αυτές έχουν πολλά θετικά να προσφέρουν, συχνά δεν διαθέτουν τα εργαλεία για αναλυτική υποστήριξη της άσκησης πολιτικής, αν και είναι σημαντικό να υπάρχουν κατά νου εναλλακτικές ηθικές οπτικές γωνίες και θεωρίες για την αλληλεπίδραση οικονομίας-περιβάλλοντος και τους συνακόλουθους περιορισμούς της οικονομικής της ευημερίας. Η ανάλυση που διεξάγεται στην παρούσα μελέτη εφαρμόζει τη συμβατική οικονομική της ευημερίας, κληρονομώντας τα θετικά και τα τρωτά σημεία της.

Όταν αποφασίζεται μια πορεία δράσης, σχεδόν ενστικτωδώς σταθμίζεται το πιθανό κόστος και όφελος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του τρόπου σκέψης είναι η συχνή αμφιταλάντευση για το κατά πόσον αξίζει να χρησιμοποιηθεί η πυρηνική ενέργεια, να κατασκευαστεί ένα στάδιο ή ένας δρόμος ή να επιβληθούν ρυθμίσεις σχετικά με διάφορους ρύπους. Η ανάλυση κόστους-οφέλους ως διακριτή μέθοδος βασίζεται περισσότερο στη σαφή αξιολόγηση και στην πλήρη ερμηνεία των λόγων για τους οποίους λαμβάνεται η απόφαση, έτσι ώστε η εν λόγω απόφαση να μην αρκεί να στηρίζεται σε κάποιο έμμεσο επιχείρημα ή πεποίθηση. Μια άλλη κύρια αρχή της εν λόγω ανάλυσης είναι ότι το κόστος και το όφελος εκτιμώνται με βάση τις συνέπειες των υποψήφιων προς επιλογή δράσεων. Στις συνέπειες δεν χρειάζεται να περιλαμβάνονται μόνο συνιστώσες όπως η ευτυχία ή η ικανοποίηση των προτιμήσεων, στις οποίες τείνουν να εστιάζουν την προσοχή τους οι ωφελιμιστές, αλλά και το κατά πόσον παραβιάζονται δικαιώματα ή τηρούνται κάποιες διαδικασίες. Επίσης, η ανάλυση κόστους-οφέλους επιχειρεί να αθροίσει αλγεβρικά το κόστος με το όφελος, προκειμένου να προσδιορίσει αν το συνολικό αποτέλεσμα είναι θετικό ή αρνητικό. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται μια κοινή μονάδα μέτρησης για όλες τις συνέπειες, πράγμα που εγείρει το ζήτημα του τρόπου στάθμισης διαφορετικών πραγμάτων, ώστε αυτά να εκφραστούν με κοινή μονάδα (Sen, 2004).

<sup>3</sup> Η “οικολογική οικονομική” αμφισβητεί πολλές από τις παραδοχές της “περιβαλλοντικής οικονομικής”. Εναλλακτικές θεωρίες για τη λειτουργία της οικονομίας είναι ενδεικτικά η Θεσμική Οικονομική, η Εξελικτική Οικονομική και η Μαρξιστική Οικονομική.

Ένα θεμελιώδες ερώτημα για τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής είναι και κατά πόσον το κόστος δράσης για να περιοριστούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι μικρότερο από το όφελος της αποτροπής της κλιματικής αλλαγής ή το κατά πόσον πρέπει να ληφθούν γενναία μέτρα ή να ακολουθηθεί μια πιο σταδιακή προσέγγιση. Το κόστος δράσης πρέπει να συγκριθεί με το κόστος απραξίας, μέσα από μια περίπλοκη σύγκριση.

Υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με πολλά θέματα: την τεχνολογία που θα είναι διαθέσιμη στο μέλλον και το κόστος της, την ικανότητα των κοινωνιών και των οικοσυστημάτων να προσαρμόζονται, την έκταση των ζημιών λόγω της κλιματικής αλλαγής, τις καιρικές συνθήκες, το ύψος της θερμοκρασίας, το κατά πόσον θα υπάρξουν σημεία καμψής ή κατώτατα σημεία πέραν των οποίων μπορούν να υπάρξουν καταστροφικές επιπτώσεις, κ.λπ. Ανακύπτουν θέματα αξιολογικών κρίσεων κατά τη σύγκριση των αναδιανεμητικών επιπτώσεων από χρονική και χωρική άποψη. Το κόστος μετριασμού που επωμίζεται μια γενεά συνεπάγεται οφέλη για τις μελλοντικές γενεές. Μερικές περιοχές θα ωφεληθούν περισσότερο από τη μείωση των εκπομπών, ενώ μερικές άλλες μπορεί να πληρώσουν περισσότερα για το μετριασμό. Οι επιπτώσεις σε αγαθά και υπηρεσίες που αποτελούν αντικείμενο συναλλαγής σε αγορές μπορούν πιο εύκολα να συγκριθούν, αλλά η ανάλυση δυσχεραίνεται όταν επιχειρείται να συγκριθούν οι επιπτώσεις σε αγαθά και υπηρεσίες που δεν έχουν τιμή στην αγορά, όπως συμβαίνει με την υγεία, την ποιότητα ζωής, τα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα.

### **3.1.4 Το νέο αντικείμενο συζήτησης: η επιχειρηματολογία υπέρ της ανάληψης δράσης**

Ενώ υπάρχει ευρεία ομοφωνία μεταξύ των επιστημόνων σχετικά με το ότι πράγματι θα επέλθει κλιματική αλλαγή λόγω συσσώρευσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, υπάρχει πολύ λιγότερη συμφωνία μεταξύ των οικονομολόγων σχετικά με τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής και την επιλογή των κατάλληλων μέτρων. Ο κύριος τομέας διαφωνίας μεταξύ των οικονομολόγων αφορά στην εκτίμηση των οικονομικών ζημιών λόγω της κλιματικής αλλαγής. Η συζήτηση δεν γίνεται για το αν πρέπει να ληφθούν μέτρα, αλλά πόσο δραστικά και πόσο άμεσης εφαρμογής πρέπει να είναι. Η απάντηση εξαρτάται κυρίως από το αναμενόμενο μέγεθος των ζημιών. Τα περισσότερα μαθηματικά πρότυπα οικονομικών της κλιματικής αλλαγής, όταν αποτιμούν το κόστος σεναρίων που προβλέπουν αύξηση των εκπομπών χωρίς τη λήψη μέτρων (η συνήθης πρακτική), υπολογίζουν οικονομική απώλεια της τάξεως του 1% έως 2% του παγκόσμιου ΑΕΠ. Η Έκθεση Stern υποστήριξε ότι θα υπάρξει ένα εύρος ζημιών της τάξεως του 5-20% του παγκόσμιου εισοδήματος.<sup>4</sup> Στην έκθεση αυτή ελήφθησαν ευρύτερα υπόψη οι επιπτώσεις αλλά και ένα μεγαλύτερο φάσμα πιθανών αβέβαιων ενδεχομένων. Έγινε χρήση ενός ασυνήθιστα χαμηλού προεξοφλητικού επιτοκίου.<sup>5</sup> Ο συνυπολογι-

<sup>4</sup> Βλ. Parry (2007), Κεφάλαιο 2, για μια πιο αναλυτική ανασκόπηση και σύγκριση των οικονομικών εκτιμήσεων του κόστους της κλιματικής αλλαγής.

<sup>5</sup> Το θέμα του προεξοφλητικού επιτοκίου εξετάζεται στην Ενότητα 3.1.5. πιο κάτω.

σμός των άμεσων επιπτώσεων στο περιβάλλον και την υγεία (που συχνά είναι δύσκολο να μετρηθούν) αύξησε το μέγεθος των ζημιών από το 5% στο 11% του παγκόσμιου εισοδήματος. Λαμβανομένων υπόψη νέων δεδομένων, που δείχνουν ότι οι εκπομπές μπορεί να οδηγήσουν σε μεγαλύτερες αυξήσεις θερμοκρασίας, οι εκτιμώμενες ζημιές φθάνουν στο 14%. Τέλος, η χρησιμοποίηση μεγαλύτερου συντελεστή βαρύτητας για τις ζημιές σε φτωχές περιοχές διόγκωσε την εκτίμηση της συνολικής ζημίας στο 20%.

Η εντυπωσιακή διαφορά μεταξύ των πιο παραδοσιακών οικονομικές εκτιμήσεων για τις ζημιές και των αποτελεσμάτων της Έκθεσης Stern έλαβε εκτεταμένη δημοσιότητα και πυροδότησε μια έντονη και συνεχιζόμενη συζήτηση<sup>6</sup> σχετικά με τις υποθέσεις στις οποίες στηρίζονται τα μαθηματικά πρότυπα και το βαθμό στον οποίο επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Είναι σαφές ότι, αν αναμένεται οι ζημιές να ανέλθουν σε ποσοστό γύρω στο 1-2% του παγκόσμιου εισοδήματος και το κόστος δράσης να είναι μικρότερο από 1%, τότε αξίζει να ληφθούν μέτρα μείωσης των εκπομπών, αλλά τα μέτρα δεν χρειάζεται να είναι τόσο επιθετικά. Αν οι ζημιές όμως είναι της τάξεως του 5-20% και υπάρχει κίνδυνος, αν δεν υπάρξει ταχεία δράση, να προκύψουν καταστροφικά αποτελέσματα, τότε αποκτά ιδιαίτερη σπουδαιότητα η επιχειρηματολογία υπέρ της λήψης δραστικών και ταχείας εφαρμογής μέτρων μείωσης των εκπομπών.<sup>7</sup> Όσο οι οικονομολόγοι είναι διχασμένοι σχετικά με τις πιθανές βλάβες της κλιματικής αλλαγής και την άριστη πορεία δράσης, θα είναι πιο δύσκολο να επιτευχθεί ο βαθμός ομοφωνίας που απαιτείται για την ανάληψη παγκόσμιας δράσης εκ μέρους των πολιτικών αρχών.

Τα διεθνώς πιο αναγνωρισμένα μαθηματικά πρότυπα στηρίζουν την άποψη ότι η κλιματική αλλαγή θα έχει καταστροφικές συνέπειες για την οικονομία συγκριτικά με τις τρέχουσες τάσεις και ότι τα οφέλη από τη σταθεροποίηση της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα είναι μεγαλύτερα από το κόστος που θα επιφέρει η αύξηση της θερμοκρασίας πέραν του ορίου των 2,5 °C.<sup>8</sup> Οι οικονομολόγοι τείνουν να συμφωνήσουν ότι το κόστος μετριασμού της κλιματικής αλλαγής είναι μικρότερο από το 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ και κυμαίνεται μεταξύ 0,3% και 0,7% (Sterner and Persson, 2008). Είναι πολύ λιγότερες οι μελέτες και οι εκτιμήσεις του κόστους προσαρμογής και αυτό παραμένει ένα σημαντικό αντικείμενο εστίασης του ενδιαφέροντος της τρέχουσας ερευνητικής προσπάθειας. Όσοι τάσσονται υπέρ μιας ήπιας και σταδιακής δράσης για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου διαπιστώνουν ότι κάλλιστα θα μπορούσε να επιτραπεί, ως άριστος στόχος των μέτρων πολιτικής, η άνοδος της θερμοκρασίας ακόμη και άνω των 3 °C, παρόλο που αναγνωρίζουν ότι το επιπλέον κόστος σε περίπτωση άνοδου το πολύ κατά 2 °C θα ήταν μικρότερο από το 0,5% του ΑΕΠ.<sup>9</sup> Επομένως, ακόμη και αν οι

<sup>6</sup> Υπάρχουν πάρα πολλά επιστημονικά άρθρα που παραπέμπουν στην Έκθεση Stern.

<sup>7</sup> Η ανάγκη για τη λήψη μέτρων με πολύ πιο γρήγορο ρυθμό σχετίζεται και με το ότι, αν επιτραπεί να αυξηθούν οι εκπομπές στα πρώτα χρονικά στάδια, θα γίνει πιο δύσκολη η μείωση των επιπέδων συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου σε μεταγενέστερη φάση, ενώ υπάρχει πολύ μεγαλύτερος κίνδυνος να ξεπεραστούν κάποια όρια και έτσι να επιταχυνθεί η αύξηση της θερμοκρασίας.

<sup>8</sup> Βλ. Nordhaus (2008).

<sup>9</sup> Βλ. Swiss (2007).

οικονομολόγοι διαφωνούν για τον επείγοντα χαρακτήρα και την ένταση της αναγκαίας δράσης ή για το πόσο σημαντικό είναι να μην επιτραπεί η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας πέραν των 2 °C, υπάρχει συμφωνία ότι το επιπλέον κόστος του περιορισμού του στόχου για την άνοδο της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας από τους 3 °C στους 2 °C δεν είναι τόσο μεγάλο.

Η διατήρηση της ανόδου της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τα επίπεδα των 2 °C προϋποθέτει ισχυρή και άμεση δράση για τη μείωση των εκπομπών κατά 50-80% μέχρι το έτος 2050 συγκριτικά με τα επίπεδα εκπομπών του παρελθόντος (του έτους 2005). Πρόσφατα, κάποιοι οικονομολόγοι εστιάζουν την προσοχή τους σε μια σειρά από κεντρικά ζητήματα και υποθέσεις που παρέχουν επιχειρήματα υπέρ της αποφασιστικής και πιο άμεσης πορείας δράσης για τη μείωση των εκπομπών. Ο τρόπος με τον οποίο σταθμίζονται και συγκρίνονται οι μελλοντικές ζημιές λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας σε σχέση με το κόστος λήψης μέτρων μείωσης των εκπομπών επανεξετάζεται έτσι ώστε να ενισχύει την επιχειρηματολογία υπέρ της δράσης. Οι συνέπειες της κατανομής των επιπτώσεων και του κόστους ανάμεσα σε πλούσιους και φτωχούς, σήμερα και στο μέλλον, είναι ένας επιπλέον κρίσιμος παράγοντας για τη λήψη απόφασης για δράση. Ο τρόπος με τον οποίο οι οικονομολόγοι υπολογίζουν τις μη αποτιμώμενες από την αγορά επιπτώσεις στις περιβαλλοντικές υπηρεσίες και την υγεία έχει επίσης μεγάλη σημασία. Αν δεν ληφθούν εγκαίρως μέτρα μείωσης των εκπομπών, υπάρχει κίνδυνος αύξησης του κόστους για τη μείωση των εκπομπών στο μέλλον, καθώς θα είναι δύσκολο να αντικατασταθεί μεγάλος όγκος πάγιου κεφαλαίου που έχει επενδυθεί και δεσμεύει την οικονομία σε υψηλά επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, αν στην ανάλυση ληφθεί υπόψη η μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με τις δυνητικά ασύλληπτες καταστροφικές επιπτώσεις, η μείωση των εκπομπών αποκτά επίσης τη διάσταση της ασφάλισης έναντι των μελλοντικών κινδύνων από τη μεταβολή του κλίματος. Η διάσταση αυτή είναι η καταλληλότερη προκειμένου να γίνει η πλέον αξιόπιστη αξιολόγηση της πολιτικής που πρέπει να χαραχθεί για το κλίμα.

### **3.1.5 Σταθμίζοντας το κόστος και το όφελος διαχρονικά**

Η επιλογή μεθόδου διαχρονικής στάθμισης του κόστους και του οφέλους ανέκαθεν προκαλούσε συζήτηση και αντικρουόμενες απόψεις ανάμεσα στους οικονομολόγους. Για τη διαχρονική σύγκριση χρηματικών αξιών, οι οικονομολόγοι χρησιμοποιούν σύστημα στάθμισης που ονομάζεται προεξόφληση και αποσκοπεί στο να μετατρέπει μελλοντικές αξίες στις αντίστοιχες σημερινές. Η έννοια της προεξόφλησης μπορεί να κατανοηθεί αν σκεφθεί κάποιος με ποιον τρόπο μπορεί να συγκρίνει δύο διαφορετικά χρηματικά ποσά που πρόκειται να λάβει σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Αν έπρεπε να επιλέξει κάποιος μεταξύ της είσπραξης 100 ευρώ σήμερα και της είσπραξης 100 ευρώ σε ένα χρόνο, καθένας θα προτιμούσε να λάβει 100 ευρώ σήμερα. Αν όμως εφαρμοστεί ετήσιο επιτόκιο 5% επί του ποσού των 100 ευρώ που θα ληφθεί σε ένα χρόνο, τότε πρέπει να συγκριθούν τα 105 ευρώ σε σημερινή αξία με τα 100 ευρώ του σήμερα. Αν για κάποιον είναι αδιάφορο αν θα εισπράξει 105 ευρώ σε ένα χρόνο ή 100 ευρώ σήμερα,

τότε ουσιαστικά αυτός προεξοφλεί τα 100 ευρώ με επιτόκιο 5%. Αν τα χρηματικά ποσά που θα συγκριθούν απέχουν ακόμη περισσότερο χρονικά, η μετατροπή των μελλοντικών αξιών σε σημερινές αξίες απαιτεί ακόμη υψηλότερο ποσοστό προεξόφλησης. Η προεξόφληση μπορεί να έχει πολύ μεγάλο μέγεθος και αυτό να έχει δραματικές συνέπειες σχετικά με τις αποφάσεις πολιτικής για την κλιματική αλλαγή, επειδή, όπως διαπιστώνεται ειδικότερα όταν μελετάται η κλιματική αλλαγή, το όφελος (αποφυγή του κόστους από την κλιματική αλλαγή) και το κόστος (λόγω των μέτρων μείωσης των εκπομπών) κατανέμονται ανομοιόμορφα σε ασυνήθιστα μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αν και για την επίλυση του προβλήματος φαίνεται, εκ πρώτης όψεως να αρκεί μια απλή μαθηματική τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χρηματικές μετατροπές, το ζήτημα της στάθμισης διαχρονικά εγείρει σημαντικά φιλοσοφικά και ηθικά ζητήματα, που συχνά αποκρύπτονται στο πλαίσιο της τεχνικού επιπέδου συζήτησης.

Ποια είναι τα βασικά ζητήματα που αποκρύπτονται στο πλαίσιο της συζήτησης περί προεξόφλησης; Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για να αποδοθούν διαφορετικοί συντελεστές βαρύτητας σε αξίες οι οποίες είναι διαθέσιμες σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Ένας τέτοιος λόγος ονομάζεται “το καθαρό ποσοστό των χρονικών προτιμήσεων”. Αυτό αποτυπώνει την τάση των ανθρώπων να προτιμούν την απόκτηση οικονομικών αξιών που βρίσκονται πιο κοντά στο παρόν από αυτές που βρίσκονται πιο μακριά στο μέλλον. Πρόκειται για την προτίμηση με βάση τη διάσταση του χρόνου και η εν λόγω προτίμηση θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ανυπομονησία. Η αρχή της οικονομικής θεωρίας περί “της κυριαρχίας του καταναλωτή” υποδεικνύει ότι, αν τα άτομα προτιμούν τη σημερινή κατανάλωση περισσότερο από μια αντίστοιχη κατανάλωση στο μέλλον, αυτή η προτίμηση πρέπει να γίνει σεβαστή. Ωστόσο, η αποδοχή της αρχής αυτής αφήνει αναπάντητο το ερώτημα ποιο θα μπορούσε να είναι το ύψος του συναφούς ποσοστού προεξόφλησης. Στην περίπτωση όπου το κόστος και το όφελος κατανέμονται ανάμεσα σε διαφορετικές γενεές, πολλοί οικονομολόγοι και φιλόσοφοι υποστηρίζουν ότι είναι άδικο να σταθμίζεται το όφελος και το κόστος από την οπτική γωνία μίας μόνο γενεάς, δηλαδή αυτής που ζει σήμερα. Η ανυπομονησία των σύγχρονων καταναλωτών σχετικά με την κατανάλωση στη διάρκεια του βίου τους δεν πρέπει να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο αξιολογείται η κατανάλωση που θα απολαμβάνουν οι μελλοντικές γενεές. Ανάλογα εσφαλμένο θα ήταν να προσδοθούν διαφορετικές αξίες σε πανομοιότυπα εισοδήματα ατόμων που ζουν σε διαφορετικές περιοχές. Για το λόγο αυτόν πολλοί οικονομολόγοι, όταν μελετούν ζητήματα προεξόφλησης οφέλους ή κόστους σε μεγάλο βάθος χρόνου, τάσσονται υπέρ ενός μηδενικού ή σχεδόν μηδενικού καθαρού ποσοστού χρονικών προτιμήσεων.

Ένας άλλος λόγος που εξηγεί γιατί αποτιμώνται με διαφορετικό τρόπο τα εισοδήματα διαφορετικών ατόμων έχει σχέση με τη διανεμητική ηθική. Όταν 100 ευρώ δοθούν σε ένα πλούσιο, συχνά έχουν μικρότερη αξία από 100 ευρώ όταν δοθούν σε ένα φτωχό. Ανάλογα με τη διανεμητική ηθική ενός ατόμου, κάποιος μπορεί να προτιμά να δώσει 1 ευρώ σε κάποιον φτωχό αντί 100 ευρώ σε έναν πλούσιο. Το ποσό με το οποίο ένας οικονομολόγος “μετατρέπει” ή προ-

εξοφλεί 1 ευρώ που εισπράττει ένας πλούσιος σε 1 ευρώ που εισπράττει ένας φτωχός αναφέρεται ως “ελαστικότητα της οριακής χρησιμότητας”.<sup>10</sup> Αν η οικονομία αναμένεται να αναπτυχθεί έτσι ώστε διαχρονικά τα άτομα να γίνονται πλουσιότερα, αυτή η διανεμητική ηθική παρέχει ένα επιχείρημα υπέρ του να δοθεί μικρότερη βαρύτητα στη μελλοντική σε σχέση με τη σημερινή κατανάλωση. Αν αναμένεται ότι μετά από 100 χρόνια οι άνθρωποι θα είναι δύο φορές πιο πλούσιοι από ό,τι σήμερα, τότε μπορεί οι άνθρωποι σήμερα να θεωρήσουν ότι είναι άδικο να θυσιάσουν ακόμη και 1% του εισοδήματός τους για να αποφύγουν μια βλάβη της τάξεως του 10% που θα υποστούν οι πλουσιότερες μελλοντικές γενεές.

Επειδή τα οφέλη από τη δράση για την κλιματική αλλαγή αφορούν κυρίως τις μελλοντικές γενεές, ενώ το κόστος δράσης το επωμίζεται η παρούσα γενεά, έχει κρίσιμη σημασία ο τρόπος με τον οποίο σταθμίζονται αυτές οι διαφορετικές αξίες. Η στάθμιση εξαρτάται και από τη διανεμητική ηθική που υιοθετείται (σε ποιο βαθμό είναι κάποιος υπέρ της ισότιμης μεταχείρισης) και από τις προσδοκίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα αναπτυχθεί η οικονομία. Αν κάποιος θεωρεί ότι το παγκόσμιο κατά κεφαλήν εισόδημα θα συνεχίσει να αυξάνεται με ρυθμό, π.χ. 2% το χρόνο, τότε κρίνει ότι οι άνθρωποι σε 100 χρόνια από σήμερα θα είναι πολύ πλουσιότεροι από τον ίδιο και έτσι είναι λιγότερο διατεθειμένος να προβεί σε θυσίες για εκείνους.

Με βάση αυτούς τους τρεις πιθανούς λόγους<sup>11</sup> για την ανάγκη προεξόφλησης των μελλοντικών αξιών, στον καθένα από τους οποίους δίδεται ένα σύμβολο, προκύπτει μια ευρύτατα γνωστή εξίσωση, που αποτυπώνει την επιρροή κάθε παράγοντα: το  $\rho$  για το καθαρό ποσοστό χρονικής προτίμησης, το  $\eta$  για την ελαστικότητα της οριακής χρησιμότητας της κατανάλωσης και το  $g$  για το μελλοντικό ρυθμό ανάπτυξης (ο οποίος είναι αβέβαιος).

Ο (συνολικός) συντελεστής προεξόφλησης της κατανάλωσης είναι  $r = \rho + \eta g$ . Η εξίσωση αυτή προκύπτει από ένα απλό μαθηματικό πρότυπο διαχρονικά άριστης οικονομικής ανάπτυξης. Η εξίσωση υποδεικνύει ότι, όσο υψηλότερο είναι το καθαρό ποσοστό χρονικής προτίμησης, όσο μεγαλύτερη είναι η ελαστικότητα της οριακής χρησιμότητας (δηλαδή, όσο πιο πολύ οι άνθρωποι διάκεινται υπέρ της ισότιμης μεταχείρισης) και όσο υψηλότερος είναι ο μελλοντικός ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης, τόσο μικρότερους συντελεστής στάθμισης θα χρησιμοποιηθεί για το μελλοντικό εισόδημα ή την κατανάλωση σε σχέση με σήμερα. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής στάθμι-

<sup>10</sup> Πιο απωστρά, με την ελαστικότητα της οριακής χρησιμότητας ένα δεδομένο άτομο μετρεί την επιπλέον ευημερία ή ικανοποίηση προτίμησης από κάθε επιπλέον μονάδα κατανάλωσης. Η συνήθης υπόθεση είναι ότι, καθώς καταναλώνεται ποσότητα μεγαλύτερη από κάθε επιπλέον μονάδα, δεν δημιουργείται τόσο μεγάλη ικανοποίηση όσο από την προηγούμενη μονάδα. Δεδομένου ότι τα περισσότερα μαθηματικά πρότυπα χρησιμοποιούν ένα μόνο αντιπροσωπευτικό άτομο για να αποτυπώσουν τις προτιμήσεις της κοινωνίας, η αξία της πρόσθετης κατανάλωσης μειώνεται όταν το αντιπροσωπευτικό άτομο γίνεται πλουσιότερο, καθώς η οικονομία μεγεθύνεται διαχρονικά.

<sup>11</sup> Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το ύψος του προεξοφλητικού επιτοκίου είναι η αβεβαιότητα σχετικά με τις μελλοντικές κλιματικές αλλαγές, η οποία επιδρά συμπίεζοντας το προεξοφλητικό επιτόκιο. Όπως αναφέρει ο Heal (2008), υφίσταται μη μηδενική πιθανότητα οι μελλοντικές κλιματικές αλλαγές να είναι πολύ μεγαλύτερες από την εκτίμηση που γίνεται σήμερα. Μάλιστα, το ενδεχόμενο καταστροφικών συνεπειών δεν μπορεί να αποκλειστεί. Η διαχείριση της αβεβαιότητας αυτής επιβάλλει το συνυπολογισμό ασφαλίστρου έναντι κινδύνου (risk premium), πράγμα που οδηγεί σε μείωση του καθαρού προεξοφλητικού επιτοκίου. Επίσης, οι Gollier and M. L. Weitzman (2009) θεωρούν ότι, όταν υπάρχει αβεβαιότητα ως προς την επιλογή του κατάλληλου μελλοντικού προεξοφλητικού επιτοκίου για μακρό χρονικό ορίζοντα, για τις μελλοντικές οικονομικές αξίες πρέπει να χρησιμοποιείται πτωτικό προεξοφλητικό επιτόκιο που να τείνει προς το χαμηλότερο από τα πιθανά εν λόγω επιτόκια.

σης που χρησιμοποιείται για τις μελλοντικές ζημιές σε σχέση με το σημερινό κόστος δράσης για μείωση των εκπομπών, τόσο λιγότερο φιλόδοξη γίνεται η πολιτική για την κλιματική αλλαγή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι δύο από τους παράγοντες που επηρεάζουν το ποσοστό προεξόφλησης της κατανάλωσης εξαρτώνται και από ζητήματα περιβαλλοντικής ηθικής. Το θέμα κατά πόσον θα χρησιμοποιηθεί ένα καθαρό ποσοστό χρονικής προεξόφλησης για όλες τις γενεές ή σε ποιο βαθμό θα προεξοφληθεί το εισόδημα που καταλήγει στους πλουσιότερους ανάγεται σε ηθικής τάξεως ζήτημα. Ο άλλος κρίσιμος σημασίας παράγοντας είναι η αξιολόγηση του κινδύνου σχετικά με τον πλούτο των μελλοντικών γενεών σε σύγκριση με το σημερινό πλούτο, καθώς ο μελλοντικός πλούτος εξαρτάται από τον αναμενόμενο ρυθμό οικονομικής μεγέθυνσης, λαμβανομένων υπόψη και των κινδύνων από την κλιματική αλλαγή.<sup>12</sup>

### 3.1.6 Λαμβάνοντας υπόψη τη Φύση

Η αυξανόμενη σπανιότητα των υπηρεσιών που προσφέρουν τα οικοσυστήματα και η άγρια Φύση θα μπορούσαν να αυξήσουν σημαντικά τη σπουδαιότητά τους για τις μελλοντικές γενιές. Δυστυχώς, τα περισσότερα οικονομικά πρότυπα δεν μεταχειρίζονται το περιβαλλοντικό απόθεμα ως ένα ξεχωριστό αγαθό, διαφορετικό από τα παραγόμενα και εμπορεύσιμα αγαθά. Ακόμη και αν είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η αξία της βιοποικιλότητας και των υπηρεσιών ενός οικοσυστήματος, είναι γνωστό ότι η αξία τους θα αυξηθεί, καθώς αυτές γίνονται όλο και πιο σπάνιες τόσο σε σχετικό όσο και σε απόλυτο μέγεθος. Στην ουσία η μελλοντική ζημία λόγω της κλιματικής αλλαγής θα είναι πολύ μεγαλύτερη, επειδή μια ιδιαίτερα σπάνια (και συνεπώς) πολύτιμη υπηρεσία επιβαρύνεται. Η τροποποίηση ενός πολύ γνωστού μαθηματικού προτύπου έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και το περιβαλλοντικό απόθεμα ως αγαθό (Gerlagh and Van der Zwaan 2002) αλλάζει ριζικά την άριστη χρονική διαδρομή μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό ανατρέπει πλήρως τα αποτελέσματα ανάλογων μαθηματικών προτύπων τα οποία δεν περιλαμβάνουν το περιβαλλοντικό απόθεμα ως αγαθό και υποδεικνύουν μετριοπαθέστερη πολιτική σχετικά με τη μείωση των εκπομπών. Ακόμη και όταν εφαρμόζεται υψηλό ποσοστό προεξόφλησης, η μειωμένη αξία των μελλοντικών ζημιών λόγω προεξόφλησης αντισταθμίζεται πλήρως από την αυξανόμενη ζημία που προκύπτει από την αυξανόμενη σπανιότητα των περιβαλλοντικών υπηρεσιών.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Σε πολλές περιπτώσεις, π.χ. στα ολοκληρωμένα μαθηματικά πρότυπα αριστοποίησης της ευημερίας ή στα δυναμικά πολυτομεακά πρότυπα γενικής ισορροπίας, το καθαρό ποσοστό χρονικής προτίμησης και η ελαστικότητα της οριακής χρησιμότητας καθορίζονται εξωγενώς, ενώ η μεγέθυνση της κατανάλωσης αλλά και το ποσοστό προεξόφλησης της κατανάλωσης αποτελούν συχνά τμήμα της λύσης του προτύπου. Σε μαθηματικά πρότυπα στα οποία η οικονομική ανάπτυξη καθορίζεται μέσω εναλλακτικών σεναρίων, ο αναλυτής που καταστρώνει το πρότυπο συνήθως επιλέγει και το ποσοστό προεξόφλησης της κατανάλωσης ώστε να υπολογίσει τις παρούσες αξίες.

<sup>13</sup> Ένα παρόμοιο επιχείρημα πρότεινε ο Weitzman (2007), ο οποίος μελέτησε τις συνέπειες της θεώρησης των περιβαλλοντικών αγαθών ως υποκατάστατων ή ως συμπληρωματικών των αγαθών της μεταποίησης. Αν υποθεθεί ότι υπάρχει περιορισμένη υποκαταστασιμότητα, η αυξανόμενη σπανιότητα των περιβαλλοντικών αγαθών θα οδηγήσει σε αύξηση της αξίας τους. Αυτό επίσης μπορεί να θεωρηθεί και υπό το πρίσμα των πολλαπλών ποσοστών προεξόφλησης, όπου το ποσοστό προεξόφλησης του περιβαλλοντικού αποθέματος μπορεί στην ουσία να είναι αρνητικό.

### 3.1.7 Δικαιοσύνη<sup>14</sup> σχετικά με τη χωρική διάσταση

Σε πολλά μαθηματικά πρότυπα ο τρόπος θεώρησης του ζητήματος της δικαιοσύνης εκφράζεται μέσω της ελαστικότητας της οριακής χρησιμότητας της κατανάλωσης, η οποία συμβολίζεται με το γράμμα ( $\eta$ ). Στα ερωτήματα που τίθενται περιλαμβάνονται το αν οι μελλοντικές γενεές αναμένεται να είναι πλουσιότερες από τις σημερινές, αν οι φτωχότερες γενεές είναι διατεθειμένες να θυσιάσουν λιγότερα σήμερα για να αποφευχθούν οι ζημίες για τις μελλοντικές γενεές, κ.ο.κ. Ουσιαστικά, εφόσον αναμένεται ότι οι οικονομίες θα αναπτύσσονται περαιτέρω, όσο πιο πολύ η σημερινή γενεά τάσσεται υπέρ της δίκαιης μεταχείρισης, τόσο λιγότερο θα θέλει να δράσει σήμερα κατά της κλιματικής αλλαγής. Όμως, οι κλιματικές ζημίες, καθώς και το κόστος μετριασμού και προσαρμογής, κατανέμονται με ανομοιόμορφο τρόπο όχι μόνο διαχρονικά, αλλά και χωροταξικά. Συνεπώς πρέπει να ληφθεί υπόψη ο διαφορετικός βαθμός επηρεασμού ατόμων που ζουν σε διαφορετικές περιοχές, ώστε οι σχετικές υποθέσεις να είναι συνεπείς με την απόδοση δικαιοσύνης.

Το μεγαλύτερο μέρος των ήδη συσσωρευμένων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα οφείλεται σε εκπομπές κατά το παρελθόν στις πλούσιες χώρες. Η αναμενόμενη οικονομική μεγέθυνση των αναπτυσσόμενων χωρών θα αλλάξει την εικόνα αυτή στο μέλλον. Όμως, σε κάθε περίπτωση οι φτωχότερες περιοχές του κόσμου είναι εκείνες που θα υποστούν τις μεγαλύτερες απώλειες λόγω της κλιματικής αλλαγής. Σύμφωνα με αυτή τη γεωγραφική οπτική γωνία, όσο ισχυρότερο είναι το κριτήριο απόδοσης δικαιοσύνης, τόσο περισσότερο επιβάλλεται να υπάρξει δράση προκειμένου να αποτραπεί η κλιματική αλλαγή, που βλάπτει δυσανάλογα περισσότερο τους φτωχούς.

Η απόδοση της δικαιοσύνης μέσω του καθορισμού δράσεων πολιτικής είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Σε μια αναπτυσσόμενη οικονομία, η χρονική διάσταση θα απαιτεί λιγότερες θυσίες σήμερα, αφού τα άτομα στο μέλλον θα είναι πλουσιότερα, ενώ η χωροταξική διάσταση θα απαιτεί μεγαλύτερες θυσίες σήμερα ώστε να αποτραπούν οι ζημίες για τις φτωχές περιοχές. Ένα πρόβλημα των περισσότερων μαθηματικών οικονομικών προτύπων για την κλιματική αλλαγή είναι ότι οι παράμετροι που αναφέρονται στην απόδοση δικαιοσύνης μεταξύ των γενεών αντιστοιχούν μόνο σε συνολικά μεγέθη και δεν λαμβάνουν υπόψη το διαφορετικό ύψος ζημιών για διάφορα τμήματα του πληθυσμού και για διάφορες περιοχές του κόσμου. Αυτό συμβαίνει επειδή το μαθηματικό πρότυπο της οικονομίας βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει ένας μόνο αντιπροσωπευτικός καταναλωτής και δεν αναπαριστά τις διανεμητικές επιδράσεις. Για την απεικόνιση της διανεμητικής ηθικής με πληρέστερο τρόπο θα χρειαζόταν μαθηματικό πρότυπο με πολλές κατηγορίες καταναλωτών και με διαφορετική αντιπροσω-

<sup>14</sup> Με τον όρο δικαιοσύνη (equity) νοείται η επιδίωξη ίσης μεταχείρισης ή ίσων συνεπειών για διαφορετικές κοινωνικές ομάδες, διαφορετικές χώρες ή διαφορετικές γενεές.

πλευση πλούσιων και φτωχών.<sup>15</sup> Επίσης θα χρειαζόταν μαθηματικό πρότυπο με αναπαράσταση περισσότερων του ενός αγαθών, δεδομένου ότι οι κλιματικές επιπτώσεις στις υπηρεσίες του περιβάλλοντος μπορεί να γίνουν αντιληπτές περισσότερο από τους φτωχούς, παρά από τους πλούσιους, επειδή οι τελευταίοι έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα να υποκαταστήσουν περιβαλλοντικές ζημιές με αγαθά που παράγονται μέσω εργατικής δύναμης. Για παράδειγμα, οι φτωχοί θα είναι λιγότερο σε θέση να αποφύγουν τις συνέπειες των πιο έντονων και συχνών κυμάτων καύσωνα, ενώ οι πλούσιοι θα τις αποφεύγουν με χρήση κλιματιστικών μηχανημάτων ή με ταξίδια σε περιοχές με πιο δροσερό κλίμα.

### 3.1.8 Συναρτήσεις ζημιών, μη αναστρεψιμότητα και σημεία καμψής

Οι περισσότερες από τις πιο γνωστές αναλύσεις κόστους-οφέλους χρησιμοποιούν συναρτήσεις ζημιών οι οποίες αποτιμούν τις ζημιές σε χρηματικές μονάδες. Στις αναλύσεις αυτές οι ζημιές συνήθως αυξάνονται ομαλά, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Για τη συγκεκριμένη μορφή συνάρτησης δεν υπάρχει κάποια επιστημονική βάση, ενώ συγκεντρώνονται όλο και πιο πολλά στοιχεία που αποδεικνύουν ότι τα φυσικά συστήματα μπορούν να αντιδρούν με απότομο και μη γραμμικό τρόπο στην κλιματική αλλαγή. Υπάρχουν πάρα πολλά παραδείγματα με μηχανισμούς ανατροφοδότησης, η λειτουργία των οποίων ενισχύει την εγκυρότητα αυτής της διαπίστωσης. Η τήξη του μόνιμα παγωμένου υπεδάφους θα μπορούσε να οδηγήσει στην αποδέσμευση τεράστιων ποσοτήτων μεθανίου, επιταχύνοντας περαιτέρω την κλιματική αλλαγή. Με την τήξη του πάγου και του χιονιού θα μπορούσε να ξεπεραστεί το όριο πέραν του οποίου μπορεί να αλλάξει ο βαθμός αντανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από τη Γη. Εφόσον η ηλιακή ακτινοβολία θα αντανάκλαται λιγότερο, θα απορροφάται περισσότερη ενέργεια από την επιφάνεια της Γης, επιταχύνοντας ακόμη περισσότερο την τήξη των πάγων και την αύξηση της θερμοκρασίας. Η τήξη των πάγων της Γροιλανδίας θα μπορούσε να υπερβεί ένα όριο πέραν του οποίου η ποσότητα πάγου που τήκεται το καλοκαίρι να είναι μεγαλύτερη από αυτήν που παγώνει το χειμώνα, κατάσταση που ισοδυναμεί με κύκλο τήξης των πάγων, με τελική κατάληξη την αύξηση της στάθμης της θάλασσας κατά έξι μέτρα.

Ο τρόπος με τον οποίο οι χρηματικές ζημιές αυξάνονται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του πλανήτη δεν συνδέεται απλώς με τα φυσικά συστήματα, αλλά και με τη συμπεριφορά των κοινωνικοοικονομικών συστημάτων. Οι κατοικίες, τα κτήρια εμπορικής χρήσης και οι υποδομές σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για να ανθίστανται μέχρι κάποιο όριο σε διακυμάνσεις των ακραίων

<sup>15</sup> Τα μαθηματικά πρότυπα που μεγιστοποιούν την ευημερία για διαφορετικές περιοχές παρέχουν τη δυνατότητα να μελετηθεί το θέμα της δικαιοσύνης χωροταξικά, αλλά οι χρήστες τους αντιμετωπίζουν ένα δύσκολο πρόβλημα. Αν υιοθετήσουν τη συνήθη υπόθεση για τη δικαιοσύνη που χρησιμοποιεί μικρότερο συντελεστή στάθμισης για τις μελλοντικές γενεές, επειδή αυτές είναι πλουσιότερες τότε, προκειμένου τα πρότυπα να είναι συνεπή, πρέπει να υποδεικνύουν τεράστιες άμεσες μεταβιβάσεις πλούτου από τις πλούσιες προς τις φτωχές περιοχές. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, χρησιμοποιείται μια τεχνική που είναι γνωστή ως "συντελεστής στάθμισης του Negishi", η οποία ουσιαστικά καταλήγει να αποδίδει μεγαλύτερη αξία στην ανθρώπινη ευημερία των πλουσιότερων περιοχών. Βλ. E.A. Stanton, 2010, για εκτενή πραγμάτευση αυτού του θέματος.

καιρικών συνθηκών. Αν η κλιματική αλλαγή δημιουργήσει επιπτώσεις πέραν ενός συγκεκριμένου ορίου, οι ζημιές για το κατασκευασμένο από τον άνθρωπο περιβάλλον μπορεί να αυξηθούν δραματικά. Οι άμεσες υλικές βλάβες στην υποδομή μιας οικονομίας θα αυξήσουν τις έμμεσες ζημιές, όπως είναι οι διακοπές της τροφοδοσίας και, κατ' ακολουθία, της λειτουργίας επιχειρήσεων, οι οποίες θα πυροδοτήσουν ιδιαίτερα αρνητικές μακροοικονομικές ανατροφοδοτήσεις.<sup>16</sup> Η ύπαρξη φυσικών ή κοινωνικοοικονομικών κατώτατων ορίων ή σημείων καμπής με μη αναστρέψιμες συνέπειες ενισχύει περαιτέρω την επιχειρηματολογία υπέρ της έγκαιρης και ουσιαστικής δράσης.

Τα φυσικά και κοινωνικοοικονομικά συστήματα χαρακτηρίζονται από αδράνεια ή μη αναστρέψιμότητα. Οι ιδιότητες αυτές είναι πολύ σημαντικές και πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον καθορισμό του κατάλληλου ρυθμού δράσης για τη μείωση των εκπομπών. Οι επενδύσεις για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής μέσω των δράσεων αυτών επιφέρουν και ένα εφάπαξ ή μη αναστρέψιμο κόστος. Ορισμένοι έχουν υποστηρίξει<sup>17</sup> ότι το μη αναστρέψιμο κόστος του μετριασμού πρέπει να σταθμίζεται και να συγκρίνεται με τις μη αναστρέψιμες ζημιές που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή. Όταν αυτή η σύγκριση συνδυαστεί με μια ομαλώς αύξουσα συνάρτηση ζημιών και με μη μηδενική προεξόφληση, η ανάλυση τείνει να υποδεικνύει ως άριστη μια πολιτική με μεγαλύτερη ευελιξία, δηλαδή μια πολιτική “βλέποντας και κάνοντας”, καθώς το υψηλό κόστος μετριασμού δεν μπορεί να αποφευχθεί, ενώ οι ζημιές λόγω της κλιματικής αλλαγής ούτως ή άλλως θα σημειωθούν στο μέλλον και ενδεχομένως δεν θα είναι πολύ μεγάλες.

Το πρόβλημα αυτής της συλλογιστικής, πέραν της υπόθεσης σχετικά με τη μορφή της συνάρτησης ζημιών, είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη ότι οι επενδύσεις που δεν παρουσιάζουν ευαισθησία στην κλιματική αλλαγή συνεπάγονται αδράνεια και παγιδεύουν την κοινωνία σε μακροχρόνιες δεσμεύσεις σε κεφάλαιο, με τεχνολογία στην οποία αντιστοιχούν υψηλά επίπεδα εκπομπών.<sup>18</sup> Όταν λαμβάνονται αποφάσεις για επενδύσεις σε κλασικού τύπου εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με άνθρακα ή για επενδύσεις σε συμβατικά και υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης κτήρια (ουσιαστικά καθυστερώντας χρονικά το μετριασμό), η οικονομία δεσμεύεται σε μεγάλο βαθμό σε υψηλά επίπεδα εκπομπών για όλη τη διάρκεια ζωής των εργοστασίων ή των κτηρίων. Αν ήταν εύκολη η εκ των υστέρων “θωράκιση” ενός κτηρίου ή εργοστασίου (ή αν ήταν εύκολη η τοποθέτηση φθηνών συστημάτων παγίδευσης και αποθήκευσης του διοξειδίου του άνθρακα), τότε αυτή η μη εκ των προτέρων δέσμευση μπορεί να μην αποτελούσε πρόβλημα. Όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις η εκ των υστέρων “θωράκιση” των εργοστασίων και των κτηρίων έχει πολύ υψηλότερο κόστος συγκριτικά με το κόστος που αντιστοιχεί στον εξ αρχής σχεδιασμό τους έτσι ώστε να έχουν χαμηλά επίπεδα εκπομπών σε όλη τη διάρκεια ζωής τους.

<sup>16</sup> Οι άμεσες ζημιές εξαιτίας του τυφώνα Katrina εκτιμήθηκαν στα 107 δισεκ. δολ., ενώ άλλα 42 δισεκ. δολ. αντιστοιχούν σε έμμεσες ζημιές (R.S. Pindyck, 2000).

<sup>17</sup> Kolstad (1996), Fisher and Narain (2003) και Shalizi and Lecocq (2009).

<sup>18</sup> Βλ. E. A. Stanton (2010) για τις επιπτώσεις των μακροχρόνιων επενδύσεων κεφαλαίου στην πολιτική για το κλίμα.

### 3.1.9 Η αβεβαιότητα και τα οικονομικά μιας ακραίας κλιματικής αλλαγής

Η αβεβαιότητα είναι ένα ζήτημα κεντρικής σημασίας στο πλαίσιο της ανάλυσης για την κατανόηση της κλιματικής αλλαγής και των οικονομικών της. Παρόλο που οι μηχανισμοί που οδηγούν στην αύξηση της θερμοκρασίας της Γης είναι απλοί, υφίσταται αβεβαιότητα σχετικά με θεμελιώδη ζητήματα, όπως π.χ. ο τρόπος με τον οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας θα επηρεάσει τα καιρικά συστήματα και ο τρόπος με τον οποίο οι διάφορες κλιματικές επιπτώσεις θα επηρεάσουν την οικονομία και την ευημερία.

Οι οικονομολόγοι συχνά ασχολούνται με αβέβαια ενδεχόμενα όταν αξιολογούν επιλογές πολιτικής, καθώς οι περισσότερες πτυχές της οικονομικής ζωής εμπεριέχουν και κάποιο βαθμό αβεβαιότητας. Αν η πιθανότητα πραγμάτωσης των διαφόρων ενδεχομένων είναι γνωστή, οι αναλυτές που χρησιμοποιούν πρότυπα μπορούν να αξιολογήσουν τις συνέπειες των διαφόρων μεθόδων δράσης. Το πρόβλημα με την κλιματική αλλαγή είναι ότι η αβεβαιότητα έχει πιο θεμελιώδη χαρακτήρα από την άποψη ότι δεν είναι διαθέσιμες αρκετές προγενέστερες πληροφορίες ώστε να αποτιμηθούν με ικανοποιητικό βαθμό πιθανότητας τα διάφορα ενδεχόμενα.<sup>19</sup>

Σε μια σειρά από πρόσφατες εργασίες<sup>20</sup> ο Weitzman υποστηρίζει ότι η συγκεκριμένη μορφή αβεβαιότητας σχετικά με την πιθανότητα καταστροφικής κλιματικής αλλαγής υπονομεύει τις προσπάθειες για ουσιαστικό υπολογισμό του οφέλους και του κόστους και παρέχει ισχυρά επιχειρήματα υπέρ της ανάγκης να ληφθούν άμεσα και δραστικά μέτρα για το κλίμα.<sup>21</sup> Όταν οι οικονομολόγοι αναλαμβάνουν να αξιολογήσουν την κλιματική αλλαγή, συνήθως παρακάμπτουν το πρόβλημα της αβεβαιότητας με το να εστιάζουν την προσοχή τους στις πιο πιθανές ή στις κεντρικές προβλέψεις για τις θερμοκρασίες ή τις ζημιές, σαν να ήταν βέβαιοι σχετικά με αυτές.

Μια μέθοδος την οποία εφαρμόζουν οι αναλυτές που χρησιμοποιούν μαθηματικά πρότυπα ώστε να λάβουν υπόψη τους την αβεβαιότητα συνίσταται στην αυξομείωση των τιμών ορισμένων παραμέτρων και στη διαπίστωση του πόσο “ευαίσθητα” είναι τα αποτελέσματα του προτύπου σ’ αυτές τις αλλαγές.<sup>22</sup> Σε πιο σπάνιες περιπτώσεις όπου τα μαθηματικά πρότυπα ενσω-

<sup>19</sup> Ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις αβεβαιότητας είναι γνωστός ο βαθμός πιθανότητας των ενδεχομένων που είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν ή υπάρχουν “γνωστοί άγνωστοι”, στην περίπτωση της κλιματικής αλλαγής δεν είναι καθόλου γνωστός ο βαθμός πιθανότητας και συνεπώς υπάρχει ένα καθεστώς “άγνωστων αγνώστων”.

<sup>20</sup> Weitzman (2009a, b, c, d, 2010a, b) και Stern and Treasury (2007).

<sup>21</sup> Ο Weitzman αμφισβητεί την ικανότητα των ολοκληρωμένων μαθηματικών προτύπων αξιολόγησης να παρέχουν εύλογες και ακριβείς εκτιμήσεις του κόστους και του οφέλους προκειμένου να συνεισφέρουν αποτελεσματικά στη διαμόρφωση πολιτικής. Σύμφωνα με μια ευρεία ή μια πιο χαλαρή ερμηνεία του οφέλους και του κόστους, η επιχειρηματολογία του θα μπορούσε να εκληφθεί ως υπόδειξη ότι οι ζημιές από τις καταστροφικές κλιματικές αλλαγές, έστω και αν είχαν μικρή πιθανότητα επέλευσης, θα μπορούσαν να είναι τόσο μεγάλες ώστε το κόστος να υπερβαίνει σε κάθε περίπτωση το όφελος από την ανάληψη δράσης.

<sup>22</sup> Το μαθηματικό πρότυπο PAGE 2002, Dietz and Hope (2007), που είναι ένα από τα πιο γνωστά πρότυπα τα οποία ενσωματώνουν την αβεβαιότητα και ακολουθεί τη μέθοδο της τυχαίας μεταβολής των τιμών των παραμέτρων, εκτιμά ποσοτικά πλήθος σενάρια, επιλέγοντας με τυχαίο τρόπο τις τιμές των παραμέτρων από ένα εύρος πιθανών τιμών. Το αποτέλεσμα του προτύπου λαμβάνει τη μορφή κατανομής πιθανών αποτελεσμάτων και όχι τη μορφή μεμονωμένων τιμών. Η ενσωμάτωση της αβεβαιότητας με τη μέθοδο αυτή οδήγησε σε αύξηση του μεγέθους των πιθανοτικών αναμενόμενων ζημιών κατά 7,6 εκατοστιαίες μονάδες ως προς το παγκόσμιο ΑΕΠ συγκριτικά με τα αποτελέσματα του ίδιου προτύπου χωρίς ενσωμάτωση αβεβαιότητας (βλ. R. S. Pindyck, 2007). Όμως, δεδομένου ότι γίνεται δεκτή η υπόθεση ότι οι διάφορες παράμετροι ακολουθούν κανονική κατανομή, αυτή η μέθοδος ενσωμάτωσης της αβεβαιότητας δεν αναπαριστά επαρκώς τις επιπτώσεις από καταστροφικά αποτελέσματα μεγάλου μεγέθους με χαμηλή μεν αλλά μη μηδενική πιθανότητα επέλευσης.

ματώνουν αναπαράσταση της αβεβαιότητας στο σχεδιασμό τους, παρόμοια ανάλυση γίνεται με χρήση συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας, η οποία συνδέει τις πιθανότητες με τα διάφορα ενδεχόμενα.<sup>23</sup> Οι πιθανές μελλοντικές ζημιές σταθμίζονται με βάση το βαθμό πιθανότητας πραγμάτωσης των αντίστοιχων ενδεχομένων, ώστε να υπολογιστεί το μέσο ή το αναμενόμενο ύψος των ζημιών.

Για να υπολογιστεί το αναμενόμενο<sup>24</sup> ύψος των ζημιών, τα πιο πιθανά ενδεχόμενα σταθμίζονται με μεγάλο συντελεστή βαρύτητας και προστίθενται στα λιγότερο πιθανά ενδεχόμενα, τα οποία σταθμίζονται με μικρούς συντελεστές βαρύτητας. Όμως, τα λιγότερο πιθανά ενδεχόμενα επιφέρουν και τις πλέον ακραίες ζημιές.

Είναι σαφές ότι η μορφή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό του αναμενόμενου ύψους των ζημιών. Για πολλές φυσικές ιδιότητες, όπως το ανάστημα των ενηλίκων, η κανονική κατανομή είναι μια καλή απεικόνιση των πιθανών ενδεχομένων. Τα περισσότερα μαθηματικά οικονομικά πρότυπα κλιματικής αλλαγής που έχουν ενσωματωμένες συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας χρησιμοποιούν κανονικές κατανομές.<sup>25</sup> Ένα χαρακτηριστικό της κανονικής κατανομής είναι ότι τα ακραία ενδεχόμενα (που βρίσκονται μακριά από τον μέσο ή τα ενδεχόμενα τα οποία είναι πιο απίθανο να συμβούν) είναι τόσο απίθανα που ουσιαστικά μπορούν να αγνοηθούν. Ο βαθμός λεπτότητας των άκρων (ή απολήξεων) της κανονικής κατανομής αντικατοπτρίζει το βαθμό στο οποίο είναι απίθανα αυτά τα ακραία ενδεχόμενα.<sup>26</sup> Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής ο Weitzman υποστηρίζει ότι οι επιστήμονες έχουν τόσο μικρές προγενέστερες γνώσεις περί του τι θα μπορούσε να συμβεί εάν υπάρξουν υψηλά επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ώστε τα πολύ ακραία ενδεχόμενα δεν μπορούν να αποκλειστούν και δεν πρέπει να συνδεθούν με μια σχεδόν μηδενική πιθανότητα. Συνεπώς, η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν να έχει “παχιά” άκρα. Η πιθανότητα για ακραία κλιματική αλλαγή ή καταστροφική ζημία είναι μεν μικρή, αλλά όχι μηδενική. Δεδομένου ότι οι σχεδόν αδιανόητες συνέπειες θα αντιστοιχούν σε τεράστιο όγκο ζημιών, ακόμη και αν αυτές “σταθμιστούν” με μικρή μεν αλλά μη μηδενική πιθανότητα, οι συνολικές πιθανοτικά αναμενόμενες ζημιές λόγω της κλιματικής αλλαγής θα είναι μεγάλου μεγέθους.

<sup>23</sup> Συμπεριλαμβάνεται η αποκοπή των άκρων της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας με αυθαίρετο τρόπο. Ανασκόπηση του τρόπου με τον οποίο μελετάται η αβεβαιότητα με μαθηματικά πρότυπα στο πλαίσιο των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζεται από τους Quiggin (2008) και Intergovernmental Panel on Climate Change (2007).

<sup>24</sup> Η έννοια του αναμενόμενου ύψους ζημιών αναφέρεται στον μαθηματικό τελεστή της αναμενόμενης τιμής (expected value) στο πλαίσιο της θεωρίας των πιθανοτήτων.

<sup>25</sup> Κατανομές κατά Gauss.

<sup>26</sup> Η συνήθης μορφή μιας συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας είναι μια κωδωνοειδής καμπύλη, όπου η κορυφή συμβολίζει το πιο πιθανό αποτέλεσμα (υψηλή πυκνότητα) και τα άκρα της καμπύλης συμβολίζουν το λιγότερο πιθανό αποτέλεσμα (χαμηλή πυκνότητα). Αυτές οι συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας έχουν μόνο ένα μέγιστο σημείο. Όμως, πολλά από τα ακραία μη γραμμικά φαινόμενα αντιστοιχούν σε συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας με περισσότερα από ένα μέγιστα σημεία (multi-modal probability functions). Σ' αυτές τις περιπτώσεις, ο υπολογισμός αναμενόμενης τιμής δεν έχει καν νόημα.

Η επιχειρηματολογία αυτή στηρίζεται στη φύση και την έκταση της επιστημονικής αβεβαιότητας σχετικά με την ακραία κλιματική αλλαγή και τις ζημιές. Ο Weitzman υποστηρίζει ότι είναι τόσο πολλές και βαθιές οι περιπτώσεις αβεβαιότητας σε κάθε πτυχή της κατανόησης και της αξιολόγησης για την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της ώστε, όταν αυτές συναθροιστούν, να οδηγούν σε μια κάθε άλλο παρά ασήμαντη πιθανότητα καταστροφής.<sup>27</sup> Στην προσπάθειά του να υπερασπιστεί αυτή τη θέση, παρέχει μερικά “παραδείγματα” που δείχνουν ότι για πολλούς τομείς υφίσταται σημαντική διαρθρωτική αβεβαιότητα.

**Παράδειγμα Α (πρωτοφανείς αύξεις της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα):** Τα καλύτερα δεδομένα που υπάρχουν στην επιστήμη της παλαιοκλιματικής από γεωτρήσεις στον πυρήνα των πάγων δείχνουν ότι το διοξείδιο του άνθρακα ποτέ δεν βρισκόταν πέραν του διαστήματος 180-300 ppm κατά τα τελευταία 800.000 χρόνια. Σήμερα ήδη βρίσκεται στα 390 ppm. Η ανθρωπότητα αύξησε τη συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου πολύ πέραν των φυσικών ορίων και μάλιστα με σημαντικά γρήγορο ρυθμό. Τα επίπεδα συγκέντρωσης στα οποία μπορεί τελικά να φθάσουν τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα στο μέλλον πιθανότατα δεν σημειώθηκαν για τουλάχιστον δεκάδες εκατομμύρια χρόνια και ο ρυθμός αύξησης είναι πιθανό να είναι μοναδικός σε μια χρονική κλίμακα εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών.

**Παράδειγμα Β (πιθανή επίδραση πρωτοφανούς αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου στη θερμοκρασία):** Η κλιματική ευαισθησία είναι ένας δείκτης του τρόπου με τον οποίο η Γη θα αντιδράσει σε τυχόν διπλασιασμό της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου. Είναι πιθανό η θερμοκρασία να βρεθεί εντός του διαστήματος 2 έως 4,5 °C, όπου οι 3 °C αποτελούν μια άριστη εκτίμηση. Η κλιματική ευαισθησία δεν είναι ισοδύναμη της μεταβολής της θερμοκρασίας, όμως, εάν τα λοιπά στοιχεία παραμείνουν ως έχουν, η τυχόν υψηλότερη κλιματική ευαισθησία θα οδηγήσει σε υψηλότερες θερμοκρασίες στο μακρινό μέλλον. Το άρθρο του M. L. Weitzman (2009a) αναφέρει ότι “τιμές κλιματικής ευαισθησίας σημαντικά υψηλότερες από τους 4,5 °C δεν μπορούν να αποκλειστούν”. Είκοσι δύο μελέτες επιστημόνων που παραθέτει η IPCC-AR4 (2007) δείχνουν ότι υπάρχει σε γενικές γραμμές πιθανότητα ίση με 15% η κλιματική ευαισθη-

<sup>27</sup> Στο Weitzman (2010a), σελ. 3-4, αναφέρεται: “Τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής βασίζονται σε μια πολύ μακρά αλυσίδα λεπτών επαγωγικών συμπερασμάτων, σε κάθε κρίκο της οποίας εμπιέρεται μεγάλο ποσοστό αβεβαιότητας. Ακόμα και οι βασικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να θεωρηθούν άγνωστες ως προς τη μελλοντική τους διαμόρφωση, γιατί υπόκεινται σε μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με τον τρόπο επηρεασμού τους από τις μελλοντικές πολιτικές. Η αβεβαιότητα διογκώνεται γιατί είναι σχετικά άγνωστος ο τρόπος με τον οποίο συσσωρεύονται ακόμα και οι χαμηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μέσω του κύκλου του άνθρακα σε συγκεντρώσεις αποθέματος αερίων του θερμοκηπίου. Περαιτέρω αβεβαιότητα υφίσταται σχετικά με τον τρόπο και το χρόνο κατά τον οποίο οι συγκεντρώσεις αποθέματος αερίων του θερμοκηπίου οδηγούν σε μεταβολές της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας. Ακόμα, αβεβαιότητα υπάρχει σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι πολιτικές προσαρμογής, καθώς και οι πολιτικές μετριασμού των ζημιών από την κλιματική αλλαγή, οδηγούν σε μεταβολές της χρησιμότητας σε περιφερειακό επίπεδο μέσω των οικονομικών συναρτήσεων ζημιών. Περαιτέρω αβεβαιότητα υπάρχει σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι μελλοντικές αλλαγές της περιφερειακής χρησιμότητας αθροίζονται σε μια συνάρτηση παγκόσμιας χρησιμότητας η οποία επηρεάζεται από το συνολικό βαθμό αποστροφής προς τον κίνδυνο, ο οποίος επίσης είναι αβέβαιος. Είναι μεγάλη η αβεβαιότητα σχετικά με το επιτόκιο προεξόφλησης που πρέπει να εφαρμοστεί για να μετατραπούν το κόστος και τα οφέλη σε αναμενόμενες παρούσες αξίες. Το αποτέλεσμα αυτής της μακράς αλυσίδας συλλογισμών, που περιβάλλονται από μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας, οδηγεί σε μια συσσωρευμένη πραγματικά τεράστια αβεβαιότητα, η οποία δυσχεραίνει την ολοκληρωμένη αξιολόγηση, ακόμα και την κατανόηση της δομής του προβλήματος. Επιπλέον, ο συλλογισμός ελέγχεται ως προς τη συνέπειά του αν ληφθεί υπόψη το ενδεχόμενο καταστροφικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής”.

σία να υπερβεί τους 4,5 °C, πιθανότητα ίση με 5% να υπερβεί τους 7 °C και πιθανότητα ίση με 1% να υπερβεί τους 10 °C. “Από τη στιγμή που η θερμοκρασία στη Γη θα αυξηθεί κατά 4 °C, οι συνθήκες θα είναι τόσο διαφορετικές από αυτές που γνωρίζουμε σήμερα (και ακόμη πιο διαφορετικές σε σχέση με την τελευταία εποχή των παγετώνων), που είναι δύσκολο να προβλεφθεί σε ποιο επίπεδο θα σταματήσει η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης”.

**Παράδειγμα Γ (περίπτωση καταστροφικής ανατροφοδότησης):** Καθώς η θερμοκρασία της Γης αυξάνεται, θα μπορούσε να τεθεί σε κίνηση μια σειρά μηχανισμών που, μέσω της ανατροφοδότησης, θα έχουν επικίνδυνες επιπτώσεις για τον κύκλο του άνθρακα. Αυτό το ενδεχόμενο δεν λαμβάνεται υπόψη στα περισσότερα φυσικά πρότυπα για την κλιματική αλλαγή. Δύο παραδείγματα είναι “ο τεράστιος όγκος των αερίων του θερμοκηπίου που βρίσκονται σήμερα στο παγωμένο υπέδαφος της Αρκτικής και σε άλλα, ελώδη εδάφη” και η “ακόμα πιο μικρή πιθανότητα απελευθέρωσης των ακόμα μεγαλύτερων ποσοτήτων μεθανίου που είναι παγιδευμένες με τη μορφή ένυδρων ουσιών”. Αν ληφθούν υπόψη και αυτοί οι παράγοντες, η πιθανότητα για ακραίες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής θα διογκωθεί ακόμη περισσότερο.

Μια πρόσθετη πηγή αβεβαιότητας που υπεισέρχεται στην οικονομική ανάλυση της κλιματικής αλλαγής είναι ο τρόπος με τον οποίο οι αναλυτές που καταστρώνουν μαθηματικά πρότυπα επιχειρούν να συσχετίσουν τις πιθανές μεταβολές της θερμοκρασίας με τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη ευημερία. Η συνάρτηση ζημιών που χρησιμοποιείται στα περισσότερα οικονομικά πρότυπα βασίζεται στην υπόθεση ότι οι ζημιές αυξάνονται σταδιακά και συνεχόμενα, καθώς αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της Γης. Δεν λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα απότομων μεταβολών (ασυνεχειών) ή επιτάχυνσης των ζημιών εξαιτίας υψηλών θερμοκρασιών.<sup>28</sup> Η επιλογή σχετικά με τη χρήση αυτής της συγκεκριμένης μορφής συνάρτησης ζημιών είναι τελείως αυθαίρετη και περισσότερο οφείλεται σε επιδίωξη υπολογιστικής ευκολίας παρά σε γνώση της πραγματικής σχέσης που συνδέει τις αυξήσεις της θερμοκρασίας με τις φυσικές επιπτώσεις και την ανθρώπινη ευημερία. Η επιλογή ακριβέστερων μορφών συνάρτησης ζημιών μπορεί να οδηγήσει σε τελείως διαφορετικές αξιολογήσεις των ζημιών εξαιτίας υψηλών θερμοκρασιών.

Οι χαμηλής πιθανότητας καταστροφικές ζημιές στο μακρινό μέλλον θα μπορούσαν να θεωρηθούν ανεκτές, αν η κλιματική αλλαγή ήταν αναστρέψιμη σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Όμως κάτι τέτοιο δεν ισχύει, διότι τα μεγάλα αποθέματα διοξειδίου του άνθρακα θα παραμείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Με δεδομένες τις βαθιές και πολλαπλές πηγές αβεβαιότητας σχετικά με τα ακραία ενδεχόμενα, η πολιτική του “βλέποντας και κάνοντας” δεν έχει εγγυημένη αποτελεσματικότητα, γιατί βασίζεται στην ελπίδα της άρσης αυτής της αβεβαιότητας. Ο Weitzman δεν βασίζεται απλώς στα στοιχεία και στη διαίσθηση για την αβεβαιότητα σχετικά με τις ακραίες κλιματικές αλλαγές, αλλά αναπτύσσει θεωρητικά επιχειρήματα μαζί με απλά

<sup>28</sup> Βλ. Weitzman (2010b) και Gerst et al. (2010) για μια εκτενέστερη ανάλυση ως προς το πόσο σχετικός είναι ο τρόπος προσδιορισμού της συνάρτησης ζημιών στα οικονομικά της καταστροφικής κλιματικής αλλαγής.

μαθηματικά πρότυπα, που παρουσιάζουν τις συνέπειες της θεώρησης συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας με “παχιά” άκρα στο πλαίσιο ποσοτικών αναλύσεων. Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύει το επιχείρημα υπέρ της ανάγκης για άμεση και ουσιαστική δράση για μείωση των εκπομπών.<sup>29</sup>

Ο Weitzman και άλλοι μελετητές<sup>30</sup> προτείνουν μια μέθοδο μορφοποίησης της απόφασης για τη λήψη μέτρων για την κλιματική αλλαγή διαφορετική από ό,τι εκείνη που βασίζεται στην ανάλυση κόστους-οφέλους προκειμένου να προσδιορίσει την άριστη χρονική διαδρομή των εκπομπών. Όταν ενδιαφέρει να προσδιοριστεί η άριστη ένταση και ταχύτητα των μέτρων για την κλιματική αλλαγή, είναι σημαντικό να θεωρούνται τα μέτρα αυτά ως ασφάλιση έναντι του κινδύνου καταστροφικής κλιματικής αλλαγής, έστω και αν αυτή έχει χαμηλή πιθανότητα, παρά να εστιάζεται η προσοχή στο πιο πιθανό ενδεχόμενο σχετικά με τις μελλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί ποιο μέγεθος αύξησης της θερμοκρασίας μπορεί να είναι ανεκτό, ενώ παράλληλα τα μέτρα θα πρέπει να εξαλείφουν κάθε πιθανότητα μελλοντικής καταστροφής.

Μια τέτοια προσέγγιση “προληπτικού” χαρακτήρα είναι παρόμοια με την πρακτική που ακολουθείται σχετικά με τις αποφάσεις περί ασφάλισης έναντι κινδύνων πυρκαγιών, πλημμυρών και άλλων ειδών καταστροφής.<sup>31</sup> Επειδή οι άνθρωποι αποστρέφονται τον κίνδυνο, είναι κατά κανόνα πρόθυμοι να πληρώσουν για να αποφύγουν ένα ενδεχόμενο που έχει μεν μικρή πιθανότητα πραγματοποίησης, αλλά που αντιστοιχεί σε μεγάλη ζημία. Αν η προσοχή επικεντρωνόταν μόνο στα πιο πιθανά αποτελέσματα, δεν θα συνάπτονταν συμβάσεις ασφάλισης.<sup>32</sup> Η προσέγγιση του θεσμού της ασφάλισης που αντιμετωπίζει τη δράση για την κλιματική αλλαγή ως μια μέθοδο για να αποφευχθεί η χαμηλή πιθανότητα κινδύνου καταστροφικών ζημιών θα μπορούσε εύκολα να δικαιολογήσει την καταβολή ενός μεριδίου της τάξεως του 0,5% του ΑΕΠ για να υπάρξει κάλυψη έναντι, π.χ. πιθανότητας παγκόσμιας καταστροφής της τάξεως του 1%. Λαμβάνοντας υπόψη της τέτοιους παράγοντες, η παγκόσμια κοινότητα δαπάνησε το 2006 το 3% του ΑΕΠ για ασφάλιση.<sup>33</sup>

Θα μπορούσε να τεθεί το ερώτημα κατά πόσον οι κίνδυνοι από την κλιματική αλλαγή είναι παρόμοιας τάξεως μεγέθους με ακραίους κινδύνους από άλλα “εφιαλτικά σενάρια”, όπως σχε-

<sup>29</sup> Οι Ackerman et al. (2010) έδειξαν με τα πολύ ολοκληρωμένα μαθηματικά πρότυπα αξιολόγησης DICE ότι η “προτεινόμενη” σταδιακή και ήπια πολιτική δράσης δεν είναι βέλτιστη, ακόμη και όταν υπάρχουν υψηλά ποσοστά προεξόφλησης, γιατί το όφελος από την επιθετική δράση για μείωση των εκπομπών υπερκαλύπτει κατά πολύ το κόστος της δράσης αυτής, ιδίως όταν ενσωματώνονται στο πρότυπο συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας με “παχιά” άκρα.

<sup>30</sup> Βλ. R. S. Pindyck (2007) για μια πολύ κατανοητή παρουσίαση μερικών από τις κυριότερες αναλύσεις σχετικά με τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής, καθώς και για την αιτιολόγηση της οπτικής γωνίας περί ασφάλισης η οποία παρέχει επιχείρημα υπέρ της λήψης μέτρων για μείωση των εκπομπών. Οι Dasgupta (2008) και M. L. Weitzman (2009d) θέτουν ερωτήματα σχετικά με τη χρησιμότητα της ανάλυσης κόστους-οφέλους ενόψει της αβεβαιότητας της κλιματικής αλλαγής.

<sup>31</sup> Ανάλογες προσεγγίσεις ακολουθούνται στις ΗΠΑ σε ζητήματα πολιτικής για την αντιμετώπιση της τρομοκρατίας, τη δημιουργία προστατευτικών ασπίδων κατά των βαλλιστικών πυραύλων ή την εξουδετέρωση εχθρικών δικτατορικών καθεστώτων που ενδεχομένως κατέχουν όπλα μαζικής καταστροφής. Τα ζητήματα αυτά καλύπτουν περιπτώσεις ενδεχομένων η αποτροπή των οποίων παρέχει τεράστια οφέλη και τα οποία έχουν μικρές πιθανότητες επέλευσης, ενώ είναι σημαντικό το κόστος αποτροπής τους (Heal and Kristrom, 2002).

<sup>32</sup> Ο M.L. Weitzman (2009d) μελέτησε τους παράγοντες που καθορίζουν το ύψος του ποσού που θα ήταν κάποιος διατεθειμένος να πληρώσει για να αποφύγει τον κίνδυνο από την κλιματική αλλαγή.

<sup>33</sup> World Bank Group (2009).

τικά με περιβαλλοντικές καταστροφές π.χ. από τη βιοτεχνολογία, τις πανδημίες, την εξάπλωση των πυρηνικών ή την πτώση ενός αστεροειδούς στη Γη. Υπάρχουν λόγοι να πιστευτεί ότι η κλιματική αλλαγή έχει μοναδικά χαρακτηριστικά συγκρινόμενη με άλλες περιπτώσεις παγκόσμιας περιβαλλοντικής καταστροφής, επομένως δεν είναι ορθό οι παραπάνω κίνδυνοι να συγκρίνονται και να αξιολογούνται με παρόμοιο τρόπο.<sup>34</sup>

### 3.1.10 Τα επιχειρήματα υπέρ της άληψης μέτρων

Οι οικονομολόγοι θα συνεχίσουν να συζητούν σχετικά με τη θεωρία, τα μαθηματικά πρότυπα και τις υποθέσεις που αφορούν στο κόστος και το όφελος από τη λήψη μέτρων για την κλιματική αλλαγή. Τα περισσότερα μαθηματικά πρότυπα δείχνουν ότι το επιπλέον κόστος για την ανθρωπότητα λόγω λήψης πιο δραστικών μέτρων για την κλιματική αλλαγή δεν είναι πολύ υψηλό. Από τη συνεχιζόμενη συζήτηση περί του θέματος αυτού διαπιστώνεται ότι υπάρχουν ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ παρά κατά της ανάληψης δράσης.

Τα επιχειρήματα υπέρ της ανάληψης δράσης ενισχύονται από την πεποίθηση ότι οι μελλοντικές ζημιές δεν πρέπει να σταθμίζονται με χαμηλότερο συντελεστή από ό,τι οι σημερινές ζημιές απλώς και μόνον επειδή στη ζωή τους οι άνθρωποι προτιμούν το άμεσο από το μακρινό. Η τυχόν μεγαλύτερη έμφαση στο κριτήριο της δικαιοσύνης μπορεί να έχει αμφίβολες συνέπειες, αν προσδοκάται ότι στο μέλλον η ανθρωπότητα θα είναι πλουσιότερη. Όσο περισσότερη σημασία αποδίδεται στο φυσικό περιβάλλον και τις υπηρεσίες του, τόσο ενισχύονται τα επιχειρήματα υπέρ της ανάληψης δράσης. Όσο πιο σοβαρά λαμβάνονται υπόψη τα κρίσιμα όρια και η αδράνεια του κλιματικού συστήματος, της οικονομίας και της κοινωνίας, τόσο ισχυρότερα γίνονται τα επιχειρήματα υπέρ της ανάληψης δράσης. Όσο περισσότερο ενσωματώνονται παράγοντες αβεβαιότητας στις αναλύσεις με πρότυπα, όπως και όταν λαμβάνεται υπόψη το ενδεχόμενο καταστροφικής κλιματικής αλλαγής, έστω και αν έχει χαμηλή πιθανότητα επέλευσης, τόσο ενισχύονται τα επιχειρήματα υπέρ της άμεσης ανάληψης δράσης.

Με δεδομένο ότι οι κύριες περιπτώσεις αβεβαιότητας είναι απίθανο να αποσαφηνιστούν σύντομα, θεμελιώνεται ισχυρό επιχείρημα σύμφωνα με το οποίο είναι αμφισβητήσιμη η όλη μεθοδολογία αποτίμησης κόστους και οφέλους η οποία χρησιμεύει για να κριθεί κατά πόσον πρέπει να αναληφθεί δράση. Πολύ πιο πειστική είναι η προσέγγιση η οποία βασίζεται στην έννοια της ασφάλισης. Ο κυριότερος λόγος για τον οποίο θα πρέπει να ληφθούν δραστικά μέτρα το ταχύτερο είναι ότι αξίζει να καταβληθεί ένα σχετικά χαμηλό τίμημα για να αποφευχθεί μια μη αμελητέα πιθανότητα αδιανόητα μεγάλης παγκόσμιας καταστροφής.<sup>35</sup>

<sup>34</sup> Βλ. Sunstein (2009) για μια ανάλυση σχετικά με μερικές από αυτές τις απειλές και το πώς διαφέρουν από τον κίνδυνο της κλιματικής αλλαγής. Για μια ευρύτερη και μη τεχνικής φύσεως ανάλυση σχετικά με τον τρόπο που το Δημόσιο πρέπει να αποφασίζει ενόψει των καταστροφικών ενδεχομένων χαμηλής πιθανότητας, βλ. Posner (2005) και M. L. Weitzman (2010c).

<sup>35</sup> Αυτό το συμπέρασμα ισχύει ακόμη και χωρίς να ληφθούν υπόψη τα λοιπά εκτιμώμενα οφέλη από την ανάληψη δράσης κατά της κλιματικής αλλαγής, όπως η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η αυξημένη ενεργειακή ασφάλεια, κ.λπ.

Ακόμη και αν υιοθετηθεί η προσέγγιση της ασφάλισης, θα χρειαστεί ανάλυση σχετικά με το κόστος και το όφελος, παρόλο που αυτή θα αφορά στο πιθανό κόστος και στην πιθανότητα ακραίας κλιματικής αλλαγής. Η ανάλυση κόστους-οφέλους (ή γενικότερα η οικονομική ανάλυση) συνεχίζει να βοηθά να γίνουν αντιληπτές οι πιθανές ζημιές λόγω της κλιματικής αλλαγής, η περιφερειακή κατανομή τους και το μέγεθος των δαπανών για την ανάληψη διαφόρων δράσεων οι οποίες αποσκοπούν στη μείωση των εκπομπών, ή και ο τρόπος με τον οποίο το εν λόγω κόστος θα κατανεμηθεί, μεταξύ άλλων, στους διάφορους τομείς της οικονομίας και στον πληθυσμό.

Η βάθυνση της οικονομικής ανάλυσης θα αποφέρει οφέλη, εφόσον δεν στηριχθεί σε υπερβολικό βαθμό σε συγκεκριμένες χρηματικές εκτιμήσεις του κόστους και του οφέλους προκειμένου να αποφασιστεί αν πρέπει ή δεν πρέπει να ληφθούν μέτρα. Προϋπόθεση αποτελεί η χρήση των ποσοτικών εκτιμήσεων της ανάλυσης, προκειμένου να υπάρξει ενημέρωση σχετικά με το πώς πρέπει να γίνει η προσαρμογή σε ένα μεταβαλλόμενο κόσμο, καθώς και σχετικά με το ποια πολιτική θα είναι πιο αποτελεσματική ή θα έχει το μικρότερο κόστος για τη μείωση των εκπομπών. Η συζήτηση σχετικά με τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής συνεχίζει εν πολλοίς να διαδραματίζει προεξάρχοντα ρόλο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και στη σχετική επιχειρηματολογία αναφορικά με ευρύ φάσμα ζητημάτων και σε όλα τα επίπεδα λήψης αποφάσεων.

Λόγω του παγκόσμιου χαρακτήρα των αιτίων αλλά και των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, η ανάλυση συνήθως γίνεται υπό παγκόσμια οπτική. Η θεώρηση των πραγμάτων με παγκόσμια οπτική αναμένεται να έχει κεντρικό ρόλο στο πλαίσιο της μελέτης σχετικά με την ανάληψη παγκόσμιας δράσης ή ακόμη και σχετικά με το πώς η δράση θα πρέπει να κατανεμηθεί ανάμεσα σε χώρες και σε τομείς της οικονομίας. Τα επιχειρήματα υπέρ της ανάληψης δράσης ενισχύονται υπό το πρίσμα της παγκόσμιας οπτικής, με βάση την οποία πρέπει να λαμβάνονται και οι αποφάσεις που αφορούν είτε μεμονωμένους πολίτες είτε τοπικές κοινωνίες και επιμέρους χώρες. Παρόλο που το όφελος και το κόστος της κλιματικής αλλαγής μπορεί να κυμαίνονται από χώρα σε χώρα, οι εκτιμήσεις που υποστηρίζουν την ανάληψη δράσης από την παγκόσμια κοινότητα είναι οι ίδιες με αυτές που υποστηρίζουν την ανάληψη δράσης από μεμονωμένες χώρες.

Για το λόγο αυτό, η οικονομική ανάλυση της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο χώρας πρέπει να προσανατολίζεται σε άλλους σκοπούς. Η ανάλυση σε επίπεδο χώρας απαιτεί πολύ πιο εκτενή και λεπτομερή ανάλυση του τρόπου με τον οποίο η παγκόσμια κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τις τοπικές καιρικές συνθήκες, την άνοδο της στάθμης των τοπικών θαλασσών και τη συχνότητα εκδήλωσης ακραίων καιρικών φαινομένων. Αυτή η λεπτομερής προσέγγιση αποτελεί σημαντική βάση κατανόησης σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής διαχρονικά στις διάφορες περιοχές μιας χώρας και σε διάφορους τομείς μιας οικονομίας και μιας κοινωνίας. Αποτελεί επίσης τη βάση ώστε να υπάρξει η δυνατότητα να σχεδιαστεί με αποτελεσματικό τρόπο πολιτική προσαρμογής προς την κλιματική αλλαγή αλλά και πολιτική που θα ελαχιστοποιεί το κόστος της μείωσης των εκπομπών. Επίσης, η εν λόγω προσέγγιση παρέχει κρίσιμης σημασίας πληροφορίες

για τη λήψη επενδυτικών αποφάσεων σε όλα τα επίπεδα. Εν συντομία, θα βοηθήσει τη χώρα να προσδιορίσει την πορεία που θα την οδηγήσει σε βιώσιμη ανάπτυξη.

## 3.2 Μαθηματικά πρότυπα για τις αλληλεπιδράσεις κλίματος και οικονομίας\*

Έχουν αναπτυχθεί αρκετά μαθηματικά πρότυπα προκειμένου να μελετηθούν οι αλληλεπιδράσεις κλίματος και οικονομίας και να υποστηριχθεί η άσκηση πολιτικής. Έχουν επίσης αναπτυχθεί αρκετά μαθηματικά πρότυπα σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα που συνδέονται με το κλίμα (κλιματικά πρότυπα). Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένα μαθηματικά πρότυπα, τεχνικού και οικονομικού χαρακτήρα, τα οποία προβάλλουν στο μέλλον τις τιμές των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, λαμβάνοντας υπόψη τρόπους μείωσης των εκπομπών (π.χ. πρότυπα για τον ενεργειακό τομέα και τις βιομηχανικές διεργασίες). Συχνά οι αναλυτές συνδέουν τα κλιματικά πρότυπα με εκείνα για τον ενεργειακό τομέα και τις βιομηχανικές διεργασίες, προκειμένου να μελετήσουν από κοινού τις εκπομπές και τις επιδράσεις που αυτές θα έχουν στο κλίμα. Οι σχεδιαστές μακροοικονομικών προτύπων, πολύτομεακών προτύπων και προτύπων για την οικονομική ανάπτυξη χρειάστηκε να τα επεκτείνουν ώστε να ενσωματώσουν μηχανισμούς που προσομοιώνουν τη διαμόρφωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τον τρόπο μείωσης των εκπομπών, καθώς και την εκτίμηση των ζημιών από τα κλιματικά αποτελέσματα των κλιματικών προτύπων. Έτσι, αναλυτές από διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους συνεργάστηκαν και ανέπτυξαν διασυνδέσεις<sup>36</sup> των παραπάνω μαθηματικών προτύπων, προκειμένου να μελετηθούν σε μεγαλύτερο βάθος οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ κλίματος, ενέργειας, βιομηχανικών διεργασιών και της οικονομίας. Από τις εργασίες σχετικά με τις διασυνδέσεις των προτύπων προέκυψαν και ολοκληρωμένα μαθηματικά πρότυπα, που κατηγοριοποιήθηκαν ως πρότυπα αλληλεπιδράσεων Οικονομίας-Ενέργειας-Περιβάλλοντος.<sup>37</sup>

### 3.2.1 Τα μαθηματικά πρότυπα ολοκληρωμένης αξιολόγησης

Τα μαθηματικά πρότυπα ολοκληρωμένης αξιολόγησης<sup>38</sup> συνδυάζουν προσομοίωση του κλιματικού συστήματος με προσομοίωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και του οικονομικού συστήματος, με σκοπό την αξιολόγηση εναλλακτικών μορφών πολιτικής. Η εκτίμηση των επιπτώσεων στο φυσικό, βιολογικό και κοινωνικό σύστημα λαμβάνει τελικά τη μορφή χρηματικών αξιών, οι οποίες ανάγονται σε μέτρηση της κοινωνικής ευημερίας. Στα πρότυπα αυτά η αιτιώδης συνάφεια μεταξύ των συστημάτων αναπαρίσταται ως εξής:

\* Για τη συγγραφή του Υποκεφαλαίου 3.2 συνεργάστηκαν οι Ανδρέας Παπανδρέου και Παντελής Κάπρος.

<sup>36</sup> Ο Weyant (2009) ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ αναλυτών και προτύπων από διαφορετικές επιστημονικές περιοχές.

<sup>37</sup> E3: Economy-Energy-Environment Models, βλ. Capros, P. (1995).

<sup>38</sup> IAM: Integrated Assessment Models.

- οι ανθρωπογενείς μεταβολές του κλίματος προέρχονται από αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα,
- οι συγκεντρώσεις αυτές επηρεάζουν τη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις, τη δημιουργία των νεφών, την ένταση των ανέμων, τη στάθμη της θάλασσας, κ.λπ.,
- οι μεταβολές αυτές επιδρούν στο φυσικό και βιολογικό σύστημα και επηρεάζουν την απόδοση των καλλιεργειών, τα υδάτινα αποθέματα, την βιοποικιλότητα, τα οικοσυστήματα, ακόμα και τις μετακινήσεις των πληθυσμών,
- οι επιδράσεις αυτές μετασχηματίζονται σε χρηματικές αξίες και επιδρούν στο οικονομικό σύστημα,
- τελικά οι μεταβολές μετρούνται ως συνολικό κόστος για την οικονομία.

Οι αλληλεπιδράσεις αυτές μελετώνται με δυναμικό τρόπο ως προς το χρόνο. Η οικονομία όχι μόνο επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή, αλλά είναι και υπεύθυνη για την κλιματική αλλαγή μέσω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από την παραγωγή και κατανάλωση αγαθών. Μεταξύ των τομέων που ευθύνονται περισσότερο για τις εκπομπές αυτές είναι ο ενεργειακός τομέας, στο βαθμό κατά τον οποίο χρησιμοποιεί την καύση ορυκτών καυσίμων. Από τους λοιπούς τομείς της οικονομίας, ευθύνη για τις εκπομπές έχουν η γεωργία, η κτηνοτροφία και οι βιομηχανικές διεργασίες. Πολιτικές και μετασχηματισμοί που μειώνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οδηγούν ενδεχομένως σε μείωση της συγκέντρωσής τους στην ατμόσφαιρα και έτσι περιορίζονται οι κλιματικές μεταβολές, όπως και οι επιδράσεις τους στο φυσικό, βιολογικό, κοινωνικό και παραγωγικό σύστημα. Οι πολιτικές αυτές επιφέρουν συνήθως επιπλέον κόστος εφαρμογής, ενώ συγχρόνως επιτρέπουν να αποφευχθεί μέρος του κόστους που οφείλεται στην κλιματική μεταβολή.

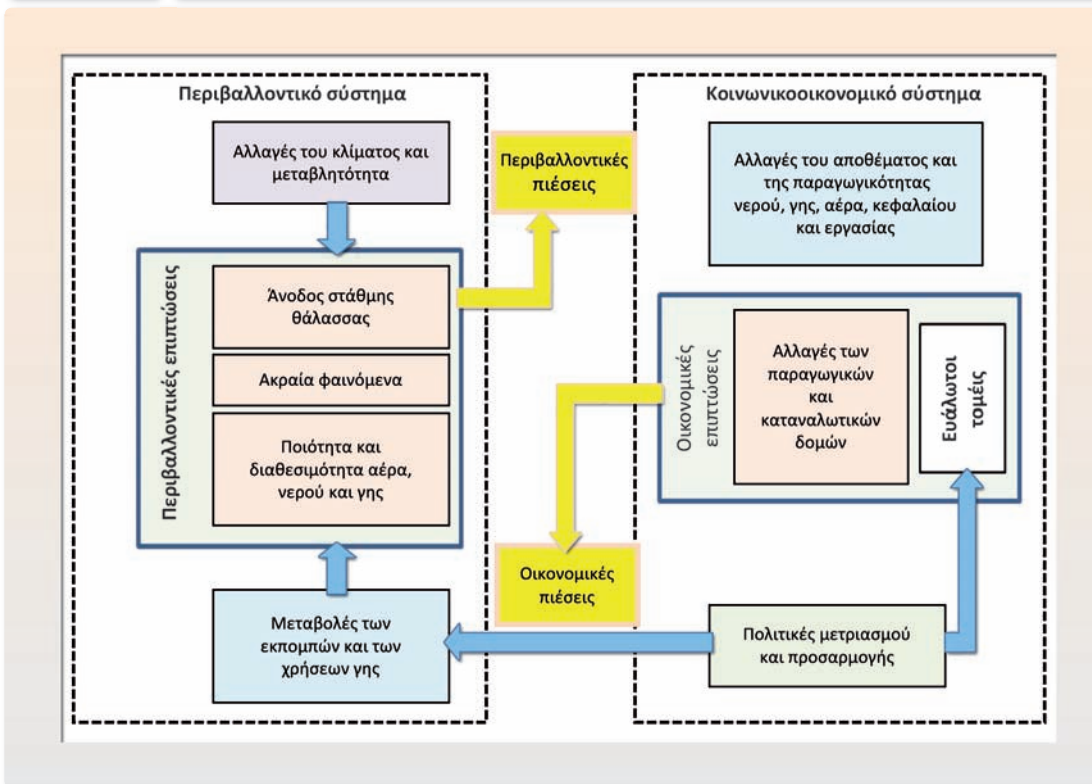
Τα μαθηματικά πρότυπα ολοκληρωμένης αξιολόγησης είναι συχνά πολύπλοκα συστήματα τα οποία βασίζονται στη διασύνδεση διαφόρων εξειδικευμένων προτύπων.<sup>39</sup> Υπάρχουν όμως και συμπαγή πρότυπα ολοκληρωμένης αξιολόγησης, τα οποία βασίζονται σε συμβατικά μαθηματικά πρότυπα διαχρονικής βελτιστοποίησης της οικονομικής ανάπτυξης και ενσωματώνουν απλές σχέσεις που αποτελούν συνοπτικές απεικονίσεις πολύπλοκων εξειδικευμένων προτύπων για κλιματικά θέματα. Τα συμπαγή πρότυπα χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις του ΟΗΕ (IPCC) για την κλιματική αλλαγή και αναπτύχθηκαν κυρίως από τον W. Nordhaus<sup>40</sup> του Πανεπιστημίου Yale και από τον A. Manne<sup>41</sup> του Πανεπιστημίου Stanford.

Σχετικά με την αναπαράσταση της οικονομίας, η κυρίαρχη τάση ακολουθεί τη νεοκλασική μεθοδολογία, η οποία βασίζεται στη θεωρία της γενικής οικονομικής ισορροπίας, στο πλαίσιο της οποίας αντιπροσωπευτικοί καταναλωτές μεγιστοποιούν τη χρησιμότητά

<sup>39</sup> Βλ. Hope (2005), Fussler and Mastrandrea (2009), Tol and Fankhauser (1998), Weyant et al. (1999), Grubb et al. (2006), Hitz and J. Smith (2004) και Yohe (1999) για επισκοπήσεις των μαθηματικών προτύπων ολοκληρωμένης αξιολόγησης.

<sup>40</sup> Βλ. Nordhaus (2008) για την παρουσίαση του προτύπου DICE.

<sup>41</sup> Βλ. Manne et al. (1993) για την παρουσίαση του προτύπου MERGE.



Πηγή: Bosello (2003).

τους, αντιπροσωπευτικοί παραγωγοί μεγιστοποιούν τα κέρδη τους και η αγορά ισορροπεί υπό συνθήκες τέλει ανταγωνισμού και πλήρους απασχόλησης. Υπάρχουν βεβαίως και πρότυπα που ακολουθούν διαφορετική μεθοδολογία, τα οποία συχνά οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα.

### 3.2.2 Τα μαθηματικά πρότυπα υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας

Τα πρότυπα υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας<sup>42</sup> βασίζονται στην προσέγγιση της γενικής οικονομικής ισορροπίας κατά Arrow-Debreu και υπολογίζουν τις τιμές αγαθών, υπηρεσιών και συντελεστών παραγωγής που διασφαλίζουν ταυτόχρονη ισορροπία όλων των αγορών σε μια οικονομία, εξαρτώμενες από τις αποκεντρωμένες αποφάσεις ζήτησης και προσφοράς τις οποίες λαμβάνουν με βάση τις τιμές οι διάφοροι οικονομικοί παράγοντες.

Συνήθως τα πρότυπα αυτά είναι πολυτομεακά και λεπτομερή και ως προς αυτό διαφέρουν από τα συμπαγή πρότυπα ανάπτυξης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Διαφέρουν επίσης ως προς

<sup>42</sup> Βλ. Ian Sue Wing (2010), Kehoe (1998), I. Sue Wing (2004) και Peng (2007) για απλές περιγραφές των προτύπων υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας και για απλά αριθμητικά παραδείγματα.

τα δυναμικά χαρακτηριστικά τους, αφού τα πρότυπα υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας, είτε στατικά είτε δυναμικά, εφαρμόζουν ατελή πρόγνωση του μέλλοντος, ενώ τα συμπαγή πρότυπα επιτελούν βελτιστοποίηση με διαχρονικό τρόπο και τέλεια πρόγνωση του μέλλοντος.

Το κύριο πλεονέκτημα των προτύπων υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας είναι η δυνατότητά τους να αναπαριστούν πολλούς τομείς δραστηριότητας και να περιγράφουν με πολύ λεπτομερή τρόπο τις ανταλλαγές μεταξύ τομέων, μεταξύ καταναλωτών και παραγωγών, καθώς και μεταξύ χωρών. Με τον τρόπο αυτό, προσφέρονται για διασύνδεση με λεπτομερή πρότυπα και υπολογισμούς επιπτώσεων κατά τομέα. Τα συμπαγή πρότυπα οικονομικής ανάπτυξης υστερούν ως προς την αναπαράσταση των λεπτομερειών, αλλά υπερτερούν ως προς τη θεωρητική θεμελίωση των μακρόχρονων τάσεων οικονομικής ανάπτυξης που προβάλλουν.

Ακριβώς λόγω της αναλυτικής και αποκεντρωμένης δομής τους, τα πρότυπα υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας προσφέρονται για ενσωμάτωση σχέσεων που περιγράφουν με κάποιο βαθμό λεπτομέρειας τον ενεργειακό τομέα, τη σύνδεση των δραστηριοτήτων με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ρυπαντών, την αναπαράσταση δυνατοτήτων μείωσης των εκπομπών (είτε χάρη στην αναδιάρθρωση της κλαδικής δομής της οικονομίας είτε μέσω υποκαταστάσεων είτε με άμεσες τεχνικές μείωσης εκπομπών), το μηχανισμό επιπτώσεων στο περιβάλλον και στο κλίμα από τις εκπομπές και τις συγκεντρώσεις τους στην ατμόσφαιρα, καθώς και τις επιπτώσεις σε διάφορους τομείς εξαιτίας των κλιματικών μεταβολών. Χάρη στην αποκεντρωμένη αναπαράσταση των αγαθών και των τιμών τους, τα πρότυπα αυτά προσφέρονται επίσης για την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών υπηρεσιών ως αγαθών, καθώς και μηχανισμών για έλεγχο των εκπομπών μέσω αγοράς εμπορεύσιμων αδειών. Με τον τρόπο αυτό, τα επεκτεταμένα πρότυπα υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας<sup>43</sup> περιλαμβάνουν εντός ενός μόνο μαθηματικού συστήματος όλες τις λειτουργίες των προτύπων ολοκληρωμένης αξιολόγησης, ενώ τα τελευταία είναι πιο πολύπλοκα, αφού χρησιμοποιούν διασύνδεση διαφορετικών μαθηματικών συστημάτων.

### 3.2.3 Πρότυπα μερικής ισορροπίας και "εκ των κάτω" εκτιμήσεις

Τα πρότυπα μερικής ισορροπίας<sup>44</sup> διαφέρουν από αυτά της γενικής ισορροπίας, επειδή επικεντρώνονται σε ένα τμήμα της οικονομίας, συνήθως σε ένα μόνο κλάδο, χωρίς να επιδιώκουν την αναπαράσταση των αλληλεπιδράσεων με τη λοιπή οικονομία. Τα πρότυπα μερικής ισορροπίας χρησιμοποιούνται άλλοτε για τον υπολογισμό των επιπτώσεων λόγω της κλιματικής αλλαγής σε ορισμένους τομείς της οικονομίας και άλλοτε για τον υπολογισμό, με μεγάλη λεπτομέρεια, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από ορισμένους κλάδους, καθώς και για τη μελέτη του κόστους και των δυνατοτήτων μείωσης των εκπομπών.

<sup>43</sup> Παράδειγμα τέτοιου προτύπου είναι το GEM-E3, βλ. Capros, P. et al. (1997).

<sup>44</sup> Η θεωρητική τους θεμελίωση βασίζεται στους Pigou and Aslanbeigui (2001) και Marshall (1997).

Τα μαθηματικά πρότυπα για τον ενεργειακό τομέα της οικονομίας είναι πρότυπα μερικής ισορροπίας και συνήθως αναπαριστούν με αρκετές λεπτομέρειες, καθώς και με τεχνικοοικονομικό τρόπο, τη διαμόρφωση της ζήτησης και της προσφοράς ενέργειας σε διάφορες μορφές. Υπάρχουν επίσης λεπτομερή πρότυπα ειδικά για βιομηχανικές διεργασίες, για τον υπολογισμό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εκτός του διοξειδίου του άνθρακα.

Μορφή προτύπου γενικής ισορροπίας λαμβάνουν επίσης μεθοδολογικές προσεγγίσεις που επιδιώκουν την εκτίμηση της χρηματικής αξίας των κλιματικών επιπτώσεων σε ορισμένους τομείς, όπως π.χ. οι βιοφυσικές προσεγγίσεις για τον τομέα της γεωργίας, οι οποίες συνδυάζονται με στατιστικές μεθοδολογίες και αναλύσεις επιπτώσεων με αναφορά στην ισορροπία της αγοράς (βλ. Mendelsohn, Nordhaus, et al., 1998, Adams et al., 2004, και Tol, 2010).

Οι μεθοδολογίες αυτές εφαρμόστηκαν και σε άλλους τομείς της οικονομίας και συχνά αναφέρονται ως μέθοδοι απαρίθμησης των επιπτώσεων. Σύμφωνα μ' αυτήν τη μέθοδο, εκτιμάται κατ' αρχήν η επίπτωση στη βιοφυσική σφαίρα εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Η επίπτωση αυτή αποτιμάται στη συνέχεια σε χρηματικές αξίες με βάση υποθέσεις σχετικά με την εμπορική αξία των αγαθών ή του κεφαλαίου που ζημιώνεται. Η αποτίμηση αυτή, η οποία αναφέρεται συχνά ως εκτίμηση του άμεσου ή πρώτου βαθμού κόστους, μπορεί να βασίζεται σε πληθώρα μεθόδων ανάλογα με την περίπτωση, οι οποίες μπορεί να είναι αναλυτικά πρότυπα ή απλές εκτιμήσεις εμπειρογνομόνων. Στη συνέχεια, το άμεσο κόστος που υπολογίζεται κατά τομέα αθροίζεται για όλους τους τομείς, προκειμένου να υπολογιστεί εκτίμηση του συνολικού κόστους λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Οι μεθοδολογίες αυτές αναφέρονται επίσης ως “εκ των κάτω” (bottom-up<sup>45</sup>) εκτιμήσεις του κόστους, σε αντιδιαστολή με τις “εκ των άνω” (top-down) εκτιμήσεις, οι οποίες διενεργούνται μέσω μαθηματικών προτύπων γενικής ισορροπίας.

Οι εκτιμήσεις κόστους που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2 αποτελούν “εκ των κάτω” εκτιμήσεις και βασίστηκαν στη μεθοδολογία της απαρίθμησης επιπτώσεων. Οι εκτιμήσεις κόστους που παρουσιάζονται στο Υποκεφάλαιο 3.3 πιο κάτω αποτελούν “εκ των άνω” εκτιμήσεις και βασίστηκαν σε μαθηματικό πρότυπο υπολογιζόμενης γενικής ισορροπίας. Οι εκτιμήσεις κόστους που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4 έγιναν με πρότυπο μερικής ισορροπίας (ενεργειακού τομέα και τομέων βιομηχανικών διεργασιών).

Σύμφωνα με τη θεωρία, η μέθοδος απαρίθμησης των επιπτώσεων δεν εγγυάται ότι οι συνολικές επιπτώσεις στην οικονομία που εκτιμώνται ποσοτικά είναι ίδιες με αυτές που εκτιμώνται μέσω μαθηματικών προτύπων γενικής ισορροπίας ή μέσω άλλων μακροοικονομικών προτύπων. Η διαφορά οφείλεται στο ότι το πρότυπο διασφαλίζει την εκτίμηση όλων των έμμεσων επιπτώσεων στην οικονομία λαμβάνοντας υπόψη τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τομέων καθώς και με τη λοιπή οικονομία.<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Βλ. Fankhauser (1994, 1995), Nordhaus (1994) και Tol (1995, 2002a, 2002b).

<sup>46</sup> Παραδείγματα δίδονται από τους Tsao et al. (2010) και Barker et al. (2009).

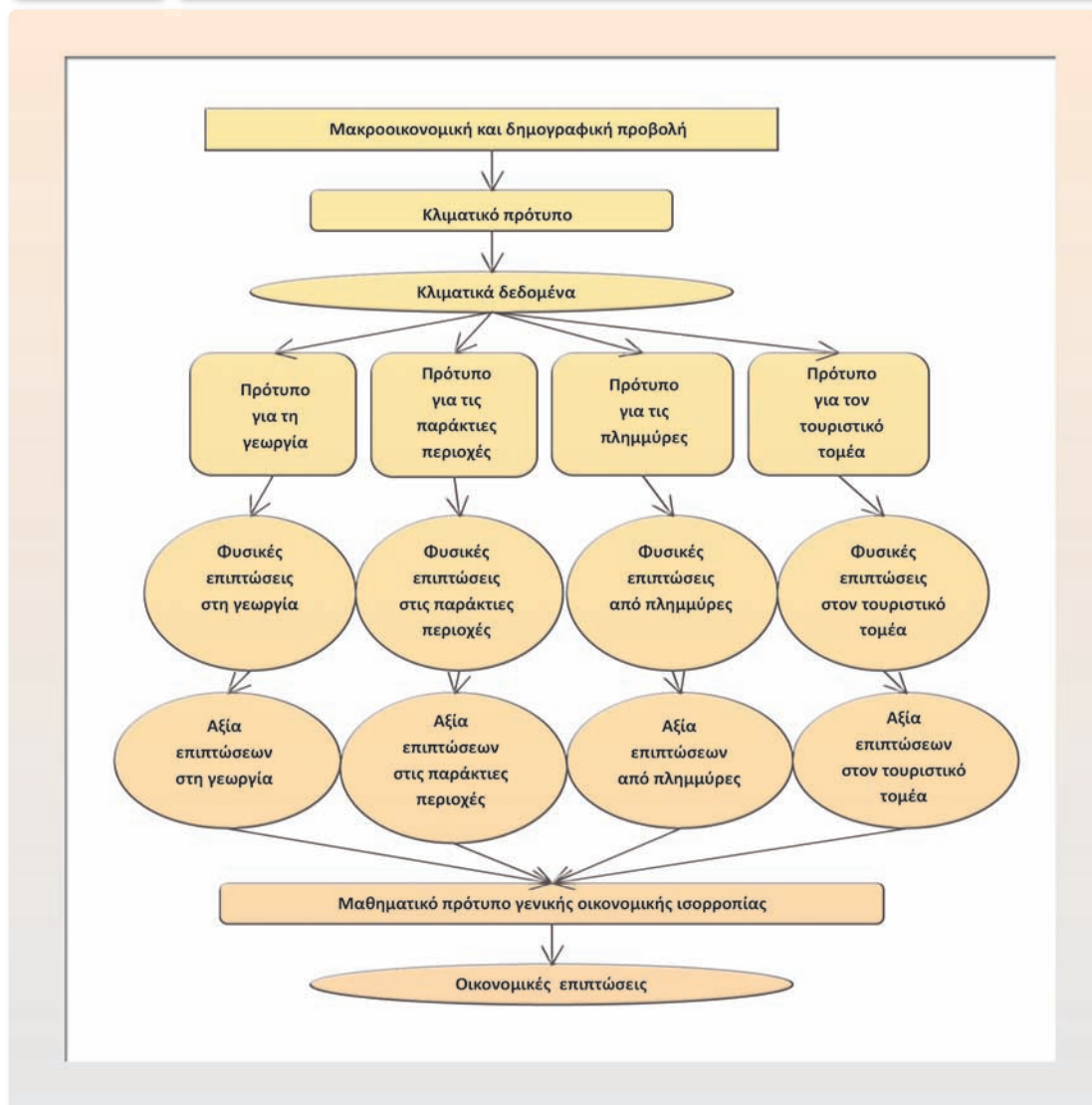
### 3.2.4 Εισαγωγή των στοιχείων των τομεακών αναλύσεων ως είσοδος των προτύπων γενικής ισορροπίας

Μεγάλη χρησιμότητα έχουν οι “εκ των κάτω” εκτιμήσεις των τομεακών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, καθώς και οι προσεγγίσεις μερικής ισορροπίας, για την προετοιμασία δεδομένων που εισάγονται ως εξωγενείς μεταβολές σε μαθηματικά πρότυπα γενικής ισορροπίας. Αυτή η μέθοδος ακολουθήθηκε και στην παρούσα μελέτη.

Οι Jorgenson et al. (2004), με χρήση του προτύπου IGEM, και οι Ciscar et al. (2009) στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού έργου PESETA, αλλά και πολλοί άλλοι εκπόνησαν μεγάλης έκτασης μελέτες σχετικά με το κόστος της κλιματικής αλλαγής, συνδυάζοντας τομεακές συναρτήσεις ζημιών με

Διάγραμμα 3.2

Η ορθοκλινωμένη προσέγγιση του έργου PESETA



Πηγή: Ciscar et al. (2009).

πρότυπα γενικής ισορροπίας. Η προσέγγιση αυτή παρέχει καλύτερη τεκμηρίωση και αξιοπιστία ως προς την εκτίμηση των στοιχείων του άμεσου κόστους κατά τομέα, επειδή βασίζεται σε εξειδικευμένες μεθόδους κατάλληλες για κάθε τομέα. Έχει επίσης πλεονέκτημα έναντι άλλων προσεγγίσεων που βασίζονται στις μεθόδους απαρίθμησης, δηλαδή στην άθροιση των τομεακών εκτιμήσεων, γιατί διασφαλίζει συνέπεια ως προς την εκτίμηση του συνολικού κόστους για την οικονομία λαμβάνοντας υπόψη το έμμεσο κόστος ή όφελος, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τομέων χάρη στη χρήση του προτύπου γενικής ισορροπίας. Στο έργο PESETA, με το οποίο μελετήθηκε λεπτομερώς το κόστος της κλιματικής αλλαγής για την Ευρωπαϊκή Ένωση, χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο γενικής ισορροπίας GEM-E3, όπως και στην παρούσα μελέτη. Η μελέτη Garnaut (2008),<sup>47</sup> που εκπονήθηκε για την Αυστραλία, είναι επίσης ένα παράδειγμα πολύ λεπτομερούς εκτίμησης του κόστους της κλιματικής αλλαγής, συνδυάζοντας αναλυτικές τομεακές εκτιμήσεις με πρότυπο γενικής ισορροπίας. Η μελέτη του N. Stern (2008), που επίσης συνδύασε τις προσεγγίσεις “εκ των κάτω” και “εκ των άνω”, τονίζει τη σημασία των τομεακών αναλύσεων για την καλύτερη αποτίμηση των κινδύνων εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής.

### 3.3 Εκτίμηση του συνολικού οικονομικού κόστους της κλιματικής αλλαγής με υπόδειγμα γενικής ισορροπίας\*

#### 3.3.1 Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο 2 εκτιμήθηκαν οι άμεσες οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε διαφορετικούς τομείς της ελληνικής οικονομίας. Στο παρόν υποκεφάλαιο μελετάται η συνολική επίπτωση της κλιματικής αλλαγής στην ελληνική οικονομία, με χρήση του οικονομικού προτύπου γενικής ισορροπίας GEM-E3 (General Equilibrium Model for Economy, Energy and Environment, Capros et al., 1997). Τα αποτελέσματα των μελετών που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2 χρησιμοποιήθηκαν ως στοιχεία εισόδου για τη μακροοικονομική ανάλυση που παρουσιάζεται στο παρόν υποκεφάλαιο.

Με βάση το πρότυπο γενικής ισορροπίας διενεργείται ποσοτική εκτίμηση των συνολικών επιπτώσεων στην οικονομία, περιλαμβανομένων των άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων. Αν υποθεθεί ότι λαμβάνει χώρα η κλιματική αλλαγή, η ελληνική οικονομία θα επηρεαστεί στο σύνολό της και ιδίως σε ορισμένους τομείς. Από τη σύγκριση της ποσοτικής εκτίμησης της κατάστασης αυτής με παρόμοια ποσοτική εκτίμηση της οικονομίας χωρίς να λαμβάνει χώρα η κλιματική αλλαγή συνάγεται αποτίμηση του συνολικού κόστους της κλιματικής αλλαγής για

<sup>47</sup> Βλ. <http://www.garnautreview.org.au/2008-review.html>

\* Η μελέτη για το Υποκεφάλαιο 3.3 έγινε στο εργαστήριο E3MLab του ΕΜΠ με επικεφαλής τον Καθηγητή Παντελή Κάπρο. Κύριοι ερευνητές στη μελέτη αυτή ήταν οι Μαριλένα Ζαμπάρα και Δρ. Λεωνίδα Παρούσος. Συμμετείχαν επίσης οι ερευνητές Ζωή Βροντίση, Στέλλα Τσάνη και Μαρία Παπαϊωάννου.

την ελληνική οικονομία. Το κόστος αυτό αναφέρεται στη μεταβολή του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) και της οικονομικής ευημερίας των νοικοκυριών. Το κόστος επιμερίζεται επίσης κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας.

Το πρότυπο γενικής οικονομικής ισορροπίας αναπαριστά την κατάσταση της οικονομίας σε ένα έτος βάσης. Μεταβάλλοντας τις αριθμητικές τιμές των εξωγενών παραμέτρων, το πρότυπο υπολογίζει ποσοτικά μια νέα κατάσταση της οικονομίας. Οι μεταβολές των εξωγενών παραμέτρων μπορεί να αναφέρονται είτε στο χρόνο (δυναμική εξέλιξη) είτε στο έτος βάσης (στατική μεταβολή). Συμπεράσματα με βάση πρότυπα γενικής ισορροπίας εξάγονται μέσω της σύγκρισης δύο καταστάσεων της οικονομίας μεταξύ τους, όπως αυτές εκτιμώνται ποσοτικά. Η σύγκριση που βασίζεται σε δύο δυναμικές εξελίξεις της οικονομίας αναφέρεται ως ανάλυση με βάση σενάρια. Η σύγκριση η οποία βασίζεται σε δύο στατικές καταστάσεις της οικονομίας αναφέρεται ως ανάλυση με βάση υποθέσεις αντίθετες με τα γεγονότα (counterfactual analysis). Η αιτιώδης συνάφεια μεταξύ της υποθετικής μεταβολής και των επιπτώσεών της προσομοιώνεται μέσω του προτύπου.

Η ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής διενεργήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης με βάση τη δεύτερη μεθοδολογία σύγκρισης.<sup>48</sup> Θεωρήθηκε ως βάση η ποσοτική αναπαράσταση της οικονομίας σε ένα δεδομένο έτος, όπως αυτή προσομοιώνεται μέσω του προτύπου. Στη συνέχεια γίνεται η υπόθεση (counterfactual) ότι λαμβάνει χώρα η κλιματική αλλαγή, η οποία επηρεάζει άμεσα διάφορους τομείς της οικονομίας, σύμφωνα με τις αναλύσεις του Κεφαλαίου 2. Υπολογίζεται νέα ποσοτική αναπαράσταση της οικονομίας μέσω του προτύπου. Αυτή συγκρίνεται με την αναπαράσταση η οποία δεν περιλαμβάνει την κλιματική αλλαγή. Από τις διαφορές εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με το συνολικό κόστος της κλιματικής αλλαγής.

Για λόγους πρακτικούς δεν προτιμήθηκε η πρώτη μεθοδολογία σύγκρισης, δηλαδή αυτή της σύγκρισης δυναμικών σεναρίων εξέλιξης. Για το σκοπό αυτό θα ήταν αναγκαία η κατασκευή σεναρίου δυναμικής εξέλιξης της ελληνικής οικονομίας μέχρι το 2100, εγχείρημα το οποίο θα περιλάμβανε πλήθος αβέβαιων υποθέσεων, οι οποίες ίσως να είχαν καθοριστική σημασία για την αποτίμηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής. Η δεύτερη μέθοδος σύγκρισης (στατικού χαρακτήρα) είναι απλούστερη και έχει το πλεονέκτημα της διαφάνειας.

Σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 1, οι μεταβολές του κλίματος προβλέπεται να είναι διαφορετικές στον ορίζοντα του 2050 από αυτές του πιο μακρού χρονικού ορίζοντα του 2100. Επίσης, οι μεταβολές διαφέρουν ανάλογα με το ρυθμό συσσώρευσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι οικονομικές επιπτώσεις

<sup>48</sup> Η προσέγγιση της παρούσας μελέτης έχει υιοθετηθεί και από άλλες μελέτες των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Ciscar et al., 2010, Fankhauser and Tol, 1996, Halsnøes et al., 2007). Μελέτη η οποία υιοθετεί την εναλλακτική, δυναμική προσέγγιση είναι των Bosello et al. (2007).

κάθε περίπτωσης κλιματικής μεταβολής θα είναι διαφορετικές και γι' αυτό απαιτήθηκε χωριστή αποτίμηση του συνολικού κόστους για την οικονομία για κάθε περίπτωση.

Είναι εύλογο ότι το μεγαλύτερο συνολικό κόστος αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη συσσώρευση αερίων θερμοκηπίου η οποία προκύπτει στο Σενάριο Μη Δράσης για τη μείωση των εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο. Όμως, ακόμη και σ' αυτήν την περίπτωση η ένταση των κλιματικών μεταβολών εκτιμάται ότι θα είναι μικρότερη το 2050 από ό,τι το 2100.

Για την αποτίμηση του συνολικού κόστους της κλιματικής αλλαγής μέσω του προτύπου γενικής ισορροπίας ελήφθησαν ως ορόσημα τα έτη 2050 και 2100. Η αναπαράσταση της οικονομίας λαμβανομένης υπόψη της κλιματικής αλλαγής κατά το 2050 και το 2100 επηρεάζεται από τη διαφορετική ένταση της κλιματικής αλλαγής κατά τα έτη αυτά. Τα αποτελέσματα του προτύπου για το 2050 και το 2100 δεν πρέπει να εκληφθούν ως αναπαράσταση της κατάστασης της οικονομίας το 2050 ή το 2100 αλλά της κατάστασης κατά το έτος βάσης, αν υποθεθεί ότι η ένταση της κλιματικής μεταβολής του 2050 και αντίστοιχα του 2100 θα λάμβανε χώρα κατά το έτος βάσης.

Ανάλογη αποτίμηση συνολικού κόστους διενεργήθηκε και για τα λοιπά σενάρια κλιματικής μεταβολής, περιλαμβανομένου του Σεναρίου Μετριασμού, σύμφωνα με το οποίο λαμβάνει χώρα δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμια κλίμακα, η οποία δεν αρκεί μεν για να αποφευχθεί κάθε κλιματική αλλαγή, αλλά αρκεί για τη μείωση της έντασής της.

### **3.3.2 Το πρότυπο γενικής οικονομικής ισορροπίας GEM-E3**

Το πρότυπο GEM-E3<sup>49</sup> (General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment) υπολογίζει κατάσταση γενικής ισορροπίας (computable general equilibrium) ως αποτέλεσμα των ατομικών μικροοικονομικών αποφάσεων παραγωγών και καταναλωτών, της ταυτόχρονης ισορροπίας προσφοράς και ζήτησης σε όλες τις αγορές αγαθών, υπηρεσιών και συντελεστών παραγωγής και της συνθήκης μηδενισμού του αλγεβρικού αθροίσματος των πλεονασμάτων ή ελλειμμάτων όλων των οικονομικών παραγόντων (κράτος, επιχειρήσεις, νοικοκυριά, τράπεζες, εξωτερικός τομέας).

Οι παραγωγοί ταξινομούνται σύμφωνα με τους κλάδους οικονομικής δραστηριότητας, με βάση την υπόθεση ότι ένας παραγωγός είναι αντιπροσωπευτικός όλων όσοι δραστηριοποιούνται σε ένα κλάδο. Οι παραγωγοί προσδιορίζουν την προσφορά αγαθών και υπηρεσιών και τη ζήτηση συντελεστών παραγωγής και ενδιάμεσων αγαθών και υπηρεσιών με βάση τη μεγιστοποίηση του κέρδους τους. Τα νοικοκυριά αντιπροσωπεύονται από ένα μέσο νοικοκυριό, το οποίο ταυτόχρονα προσδιορίζει ζήτηση αγαθών και υπηρεσιών, προσφορά εργασίας και απο-

<sup>49</sup> Αναλυτική περιγραφή του προτύπου μπορεί να αναζητηθεί στην ιστοσελίδα του εργαστηρίου E3MLab: <http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/GEM%20-%20E3%20Manual/Manual%20of%20GEM-E3.pdf>

ταμίευση με βάση τη μεγιστοποίηση της χρησιμότητας. Η συμπεριφορά του κράτους στους τομείς των δημόσιων επενδύσεων, της δημόσιας κατανάλωσης, της φορολογίας και της αναδιανομής του εισοδήματος (μέσω κοινωνικών παροχών) είναι εξωγενής. Η προσφορά και ζήτηση χρήματος και κεφαλαίων αναπαρίσταται απλουστευτικά μέσω περιορισμού του ισοζυγίου πληρωμών. Η ζήτηση αγαθών και υπηρεσιών καλύπτεται από την εγχώρια παραγωγή και από εισαγωγές, τα οποία δεν είναι τέλεια υποκατάστατα μεταξύ τους. Μέρος των εγχώριων αγαθών και υπηρεσιών εξάγεται ανάλογα με την ανταγωνιστικότητά τους στη διεθνή αγορά. Για κάθε οικονομικό παράγοντα (επιχειρήσεις, κράτος, νοικοκυριά, εξωτερικός τομέας) διαμορφώνεται χρηματικό πλεόνασμα ή έλλειμμα ανάλογα με τις αποφάσεις του σχετικά με τις καταναλωτικές δαπάνες, τις επενδυτικές δαπάνες και την αποταμίευση. Οι αποφάσεις αυτές είναι αλληλεξαρτώμενες μέσω της συνθήκης μηδενισμού του αθροίσματος των πλεονασμάτων ή ελλειμμάτων αυτών (Νόμος του Walras). Οι τιμές των αγαθών, υπηρεσιών και συντελεστών παραγωγής είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της προσφοράς και ζήτησης σε αγορές και προσδιορίζονται ταυτόχρονα. Οι τιμές αυτές επηρεάζουν την ανταγωνιστικότητα στο εξωτερικό εμπόριο και τις αποφάσεις των οικονομικών παραγόντων. Η ισορροπία σε κάθε αγορά διενεργείται σύμφωνα με υπόθεση σχετικά με το καθεστώς ανταγωνισμού (τέλειος ανταγωνισμός, ολιγοπώλιο κ.λπ.) που διέπει την αγορά αυτή.

Για την παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε παραλλαγή του προτύπου GEM-E3, η οποία θεωρεί την ελληνική οικονομία ως μια μικρή ανοικτή οικονομία. Η δραστηριότητα της υπόλοιπης παγκόσμιας οικονομίας θεωρείται εξωγενής, όμως το εξωτερικό εμπόριο της Ελλάδος είναι ενδογενές, καθώς θεωρείται ότι η Ελλάδα δεν μπορεί να επηρεάσει τις διεθνείς τιμές αγαθών και υπηρεσιών. Σχετικά με το καθεστώς ανταγωνισμού στις αγορές, γίνεται η υπόθεση ότι όλες οι αγορές αγαθών και υπηρεσιών ευρίσκονται υπό καθεστώς πλήρους και τέλειου ανταγωνισμού και η προσφορά των αγαθών αυτών διέπεται από σταθερές οικονομίες κλίμακας. Γίνεται ακόμη η υπόθεση ότι η αγορά εργασίας δεν αντιστοιχεί σε συνθήκες τέλειου ανταγωνισμού, αλλά ευρίσκεται σε καθεστώς ισορροπίας με ανεργία που καθορίζεται με βάση μηχανισμό αποδοτικών αμοιβών (κατά Shapiro and Stiglitz, 1984).

Η κύρια βάση δεδομένων του υποδείγματος είναι οι πίνακες κοινωνικής λογιστικής οι οποίοι περιλαμβάνουν τους Πίνακες Εισροών-Εκροών και τους πίνακες διανομής εισοδήματος. Περιλαμβάνονται επίσης ο πίνακας κατανάλωσης των νοικοκυριών σύμφωνα με τους οικογενειακούς προϋπολογισμούς, καθώς και ο πίνακας επενδύσεων κατά κλάδο και κατά τύπο αγαθού. Η ονοματολογία των κλάδων οικονομικής δραστηριότητας ακολουθεί την ταξινόμηση σε 26 τομείς και βασίζεται στα δεδομένα της ΕΛ.ΣΤΑΤ.

### 3.3.3 Μεθοδολογία χρήσης του προτύπου γενικής οικονομικής ισορροπίας

Για την εκτίμηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής με χρήση του προτύπου γενικής ισορροπίας, αναπτύσσεται κατ' αρχάς ένα Σενάριο Αναφοράς το οποίο εξαρτάται από υποθέ-

σεις σχετικά με τη δημογραφική εξέλιξη, την πορεία της διεθνούς οικονομίας, τη συμμετοχή στην αγορά εργασίας, την πολιτική του κράτους (κατανάλωση, επενδύσεις, φορολογία και αναδιανομή εισοδήματος) και την εξέλιξη της τεχνικής προόδου η οποία ενσωματώνεται σε κάθε συντελεστή παραγωγής για κάθε κλάδο οικονομικής δραστηριότητας. Το Σενάριο Αναφοράς το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι συμβατό με τις προβλέψεις για την μελλοντική εξέλιξη του ΑΕΠ και τη δημογραφική εξέλιξη σύμφωνα με τη μελέτη “2009 Ageing Report” της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (DG ECFIN).<sup>50</sup>

Το Σενάριο Αναφοράς χρησιμοποιήθηκε μόνο για το Σενάριο Μετριασμού, για το οποίο πραγματοποιήθηκε δυναμική ανάλυση μέσω της σύγκρισης του Σεναρίου Αναφοράς με σενάριο δραστικού περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (βλ. Κεφάλαιο 4). Η οικονομική αποτίμηση του κόστους του μετριασμού στηρίχθηκε στη δυναμική αυτή σύγκριση και έλαβε τη μορφή εκατοστιαίας επίπτωσης στο ΑΕΠ. Για να είναι το κόστος αυτό συγκρίσιμο με το κόστος των λοιπών κλιματικών σεναρίων, οι εκατοστιαίες επιπτώσεις στο ΑΕΠ εφαρμόστηκαν στο επίπεδο του ΑΕΠ του έτους βάσης.

Για τα λοιπά σενάρια χρησιμοποιήθηκε απεικόνιση έτους βάσης, όπως αυτή υπολογίζεται με βάση το πρότυπο γενικής ισορροπίας, στο οποίο εξωγενώς μεταβλήθηκαν παράμετροι έτσι ώστε να αναπαρασταθούν οι άμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε διάφορους τομείς. Στη συνέχεια έγινε δυναμική προσομοίωση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας, έτσι ώστε να εκτιμηθούν οι πιο μακροχρόνιες επιπτώσεις.

Τα στοιχεία σχετικά με τις άμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ελήφθησαν κυρίως από τις μελέτες που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2 και ταξινομούνται σε τομείς, οι οποίοι στη συνέχεια αναφέρονται ως “τομείς επιπτώσεων”. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής κατά τομέα για τις οποίες αποτιμήθηκε το κόστος και ελήφθη υπόψη στην ανάλυση γενικής ισορροπίας. Σημειώνεται ότι στην ανάλυση αυτή δεν συμπεριελήφθησαν οι τομείς άμεσων επιπτώσεων στην υγεία, στη βιοποικιλότητα, στα οικοσυστήματα και στην εξορυκτική βιομηχανία.

Οι άμεσες οικονομικές συνέπειες της κλιματικής μεταβολής συνίστανται στην απώλεια κεφαλαιακού αποθέματος ή στη μείωση της απόδοσης του κεφαλαίου, στη μεταβολή (συνήθως μείωση) της παραγωγικότητας σε τομείς της οικονομικής δραστηριότητας, στη μεταβολή (συνήθως αύξηση) της δαπάνης για απόκτηση του ίδιου επιπέδου υπηρεσιών και σε μεταβολές που επηρεάζουν την παραγωγικότητα της εργασίας.

Οι ποσοτικές εκτιμήσεις του Κεφαλαίου 2 σχετικά με τις παραπάνω άμεσες οικονομικές συνέπειες εισήχθησαν στο πρότυπο γενικής ισορροπίας GEM-E3 ως μεταβολές των αριθμητικών τιμών αντίστοιχων εξωγενών παραμέτρων. Στη συνέχεια, επιλύθηκε το πρότυπο με σκοπό

<sup>50</sup> “The 2009 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies for the EU-27 Member States (2007-2060)”, in *European Economy* (2008).

Τομείς	Αύξηση της θερμοκρασίας και ξηρασία	Αύξηση της στάθμης της θάλασσας	Ακραία καιρικά φαινόμενα
1. Γεωργία	*		
2. Δάση	*		
3. Αλιεία	*		
4. Παράκτια συστήματα		*	
5. Μεταφορές	*	*	*
6. Τουρισμός	*	*	
7. Δομημένο περιβάλλον	*		
8. Υδάτινα αποθέματα	*		

την εκτίμηση της νέας κατάστασης γενικής ισορροπίας (counterfactual) η οποία αντιστοιχεί στις οικονομικές συνθήκες μετά την κλιματική μεταβολή. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εφαρμογή του προτύπου έγινε για διαφορετικά επίπεδα έντασης της κλιματικής αλλαγής τα οποία αντιστοιχούν στα έτη-ορόσημα 2050 και 2100, καθώς και στα διάφορα σενάρια κλιματικής αλλαγής.

### 3.3.4 Επισκόπηση των σεναρίων εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής στη μελέτη

Τα κλιματικά σενάρια το συνολικό κόστος των οποίων προσδιορίζει η μελέτη είναι τα B1, B2, A1B και A2 (βλ. Κεφάλαιο 1).

Καθένα από τα τέσσερα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής ενσωματώνουν διαφορετικές υποθέσεις κοινωνικοοικονομικών εξελίξεων, οι οποίες με την σειρά τους θα καθορίσουν το επίπεδο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και κατ' επέκταση την εξέλιξη του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.

- **B1:** Στο σενάριο αυτό, η αύξηση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα γίνεται με ήπιους ρυθμούς, καθώς σε παγκόσμιο επίπεδο σημειώνεται στροφή προς ενεργειακές πηγές με μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και γενικά προς δραστηριότητες μειωμένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Πρόκειται για το Σενάριο Μετριασμού της κλιματικής μεταβολής, που περιλαμβάνει δραστική μείωση των εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο. Τονίζεται ότι στο σενάριο αυτό δεν αποφεύγεται μεν η κλιματική μεταβολή, αλλά μετριάζεται. Επομένως, και για το σενάριο αυτό υφίσταται συνολικό οικονομικό κόστος από την (περιορισμένη) κλιματική αλλαγή.
- **B2:** Είναι σενάριο το οποίο προβλέπει μέτρια ανάπτυξη της οικονομίας και, κατ' επέκταση, χαμηλούς ρυθμούς αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας. Οι τεχνολογικές αλλαγές δεν είναι τόσο έντονες όσο στο Σενάριο B1, επομένως παραμένει κάποια αύξηση της συσσώρευσης αερίων του θερμοκηπίου και κατά συνέπεια υπάρχει οικονομικό κόστος λόγω της κλιματικής αλλαγής.

- **A1B:** Το σενάριο αυτό ακολουθεί τις τρέχουσες τάσεις εξέλιξης των κοινωνικοοικονομικών συνθηκών (business as usual). Η εξέλιξη της τεχνολογίας οδηγεί σε χρήση περισσότερο αποδοτικών τεχνολογιών στην παραγωγή ενέργειας, ωστόσο εξακολουθούν να εφαρμόζονται και συμβατικές τεχνολογίες. Παράλληλα, το σενάριο προβλέπει ραγδαία οικονομική ανάπτυξη και αύξηση της κατανάλωσης. Ως επακόλουθο, ο ρυθμός αύξησης της συγκέντρωσης των εκπομπών είναι έντονος και υφίσταται κόστος εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής.
- **A2:** Το σενάριο αυτό είναι το πιο δυσμενές όσον αφορά την αύξηση των εκπομπών, τη συσσώρευσή τους και την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής. Προβλέπει αργή τεχνολογική εξέλιξη παράλληλα με έντονη αύξηση του πληθυσμού και της κατανάλωσης ενέργειας. Αντιστοιχεί στο Σενάριο Μη Δράσης. Ηπιότερο σενάριο μη δράσης μπορεί να θεωρηθεί το Σενάριο A1B.

### 3.3.5 Επισκόπηση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής σε διάφορους τομείς της ελληνικής οικονομίας

Ο τομέας της γεωργίας είναι ο κλάδος ο οποίος θα υποστεί τις πλέον έντονες επιπτώσεις του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Οι αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες που οφείλονται στη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα επηρεάσουν σημαντικά το ρυθμό ανάπτυξης των καλλιεργειών και τη διαθεσιμότητα του νερού, επιδρώντας αρνητικά στην παραγωγικότητα του γεωργικού τομέα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης για τη γεωργία (Υποκεφάλαιο 2.4), που χρησιμοποιεί το πρότυπο AQUACROP, το εύρος των μεταβολών στην απόδοση των καλλιεργειών ποικίλλει, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και τη γεωγραφική περιοχή, από -75% έως +26% μέχρι το 2100.

Άμεσα εξαρτώμενες από το κλίμα είναι και οι παραγωγικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τα δάση και τα υδάτινα οικοσυστήματα. Η παραγωγή ξυλείας θα επηρεαστεί αρνητικά, ενώ η ξηρασία που θα επικρατεί, σε συνδυασμό με την αυξημένη θερμοκρασία, θα αυξήσει σημαντικά τη συχνότητα πυρκαγιών.

Η επίπτωση στον τομέα της αλιείας αναμένεται να είναι αρνητική αλλά σχετικά μικρού μεγέθους. Η τομεακή ανάλυση εκτιμά μείωση της απόδοσης της αλιείας κατά 2,5% σε περίπτωση ανόδου της θερμοκρασίας της θάλασσας κατά 3,3 °C μέχρι το 2100 (Υποκεφάλαιο 2.3).

Τα παράκτια συστήματα, τα οποία συγκεντρώνουν σημαντικό μέρος των παραγωγικών δραστηριοτήτων και του πληθυσμού (ενδεικτικά, στις παράκτιες περιοχές δραστηριοποιείται το 80% της βιομηχανίας, το 90% των τουριστικών επιχειρήσεων και το 35% της γεωργίας, βλ. Υποκεφάλαιο 2.2), θα πληγούν από τη σταδιακή άνοδο της στάθμης της θάλασσας, με υποβάθμιση των παράκτιων υποδομών και απώλειες κεφαλαίου. Η ανάλυση για τον τομέα των παράκτιων συστημάτων (Υποκεφάλαιο 2.2) εκτιμά ότι, σε περίπτωση ανόδου της στάθμης της θάλασσας κατά 0,5 μέτρο, η συνολική αξία της τουριστικής, οικιστικής, γεωργικής, δασικής και υδροτοπικής γης που χάνεται ανέρχεται σε €355,76 δισεκατομμύρια. Στο κόστος αυτό προ-

στίθενται οι καταστροφές των λιμενικών υποδομών και το κόστος της σταδιακής μετακίνησης του πληθυσμού των παράκτιων περιοχών.

Ο τουρισμός, πέρα από την επίπτωση που οφείλεται στην υποβάθμιση των παράκτιων υποδομών, θα επηρεαστεί περαιτέρω, καθώς οι κλιματικές συνθήκες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιλογή τουριστικού προορισμού. Σύμφωνα με την ανάλυση για τον τομέα του τουρισμού (Υποκεφάλαιο 2.7), η κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να ωφελήσει τον τουριστικό κλάδο, καθώς βελτιώνονται οι κλιματικές συνθήκες κατά τη φθινοπωρινή και τη χειμερινή περίοδο. Ωστόσο, η τουριστική ζήτηση στην Ελλάδα κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, κατά τους οποίους οι παρατεταμένες περιόδους καύσωνα λόγω της κλιματικής αλλαγής στο μέλλον θα καταστήσουν την Ελλάδα λιγότερο επιθυμητό τουριστικό προορισμό. Η μελέτη συμπεραίνει ότι, εάν ο τουριστικός κλάδος δεν μπορέσει να προσαρμοστεί κατάλληλα ώστε να προσελκύσει τουρίστες σε περιόδους πέραν της καλοκαιρινής, η επίπτωση στη ζήτηση τουριστικών υπηρεσιών θα είναι αρνητική και εκτιμά συγκεκριμένα για τις περιφέρειες της Κρήτης και των Δωδεκανήσων ετήσια απώλεια εισπράξεων της τάξεως των €430 εκατ. λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Σχετικά με τον τομέα των μεταφορών, η μέχρι σήμερα εμπειρία έχει δείξει ότι τα ακραία καιρικά φαινόμενα προκαλούν πολλές καταστροφές στο δίκτυο και τις υποδομές. Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επιτείνει τα φαινόμενα αυτά. Η ανάλυση για τον τομέα των μεταφορών (Υποκεφάλαιο 2.9) παρέχει πληθώρα εκτιμήσεων ως προς τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον εν λόγω τομέα. Εκτιμά ότι το 2100, λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας, το κόστος συντήρησης του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου θα αυξηθεί κατά €140-375 εκατ. ετησίως σε σχέση με σήμερα. Οι δαπάνες για τη μόνιμη ή προσωρινή αποκατάσταση των καταστροφών του δικτύου από πλημμύρες θα ανέλθουν από €85 εκατ. έως €300 εκατ. κατ' έτος. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα επηρεάσει μέχρι το 2100 το 3,5% περίπου του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου. Τέλος, λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων και της εκδήλωσης πυρκαγιών, θα προκληθούν καθυστερήσεις στο οδικό δίκτυο, οι οποίες αποτιμώνται ως οικονομική αξία που χάνεται λόγω καθυστερημένης άφιξης του μετακινούμενου πληθυσμού στην εργασία.

Στο κόστος λόγω της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνεται επίσης η επίδρασή της στο δομημένο περιβάλλον (Υποκεφάλαιο 2.8). Θερμότερες κλιματικές συνθήκες θα οδηγήσουν σε μείωση της ζήτησης ενέργειας το χειμώνα, ενώ σημαντική θα είναι η αύξηση της ζήτησης το καλοκαίρι για κλιματισμό. Η μεταβολή αυτή θα οδηγήσει σε μείωση της ζήτησης πετρελαίου, παράλληλα με αύξηση της ζήτησης ηλεκτρισμού από τον τομέα των υπηρεσιών και τα νοικοκυριά. Η άνοδος της θερμοκρασίας θα επηρεάσει με πιο έντονο τρόπο το μικροκλίμα των αστικών περιοχών (φαινόμενο της θερμικής νησίδας). Οι συνθήκες διαβίωσης στις αστικές περιοχές θα επιβαρυνθούν, με αποτέλεσμα να μειωθεί η αξία του δομημένου περιβάλλοντος στις περιοχές αυτές.

Τα παραπάνω συνθέτουν το πλαίσιο των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στην μελέτη. Η αποτίμηση του κόστους περιορίζεται στις επιπτώσεις οι οποίες

άμεσα πλήττουν παραγωγικές δραστηριότητες της οικονομίας ή μειώνουν την αξία υποδομών και ισοδυναμούν με απώλεια κεφαλαίου. Δεν περιλαμβάνονται οι επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και στη βιοποικιλότητα, παρά μόνο στο βαθμό στον οποίο επηρεάζουν την παραγωγικότητα στους τομείς της γεωργίας, των δασών και της αλιείας. Επίσης, στο αποτιμώμενο κόστος δεν συμπεριλαμβάνονται οι επιβαρύνσεις του συστήματος υγείας και οι οικονομικές συνέπειες της αυξημένης νοσηρότητας του εργατικού δυναμικού, η οποία μπορεί να προκαλείται λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις των άμεσων οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής κατά τομέα, όπως αντλήθηκαν από τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου 2 και οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδος για την ανάλυση γενικής ισορροπίας. Ο Πίνακας 3.1 παρουσιάζει στην τελευταία στήλη τις υποθέσεις σχετικά με μέτρα και παρεμβάσεις προσαρμογής τα οποία επιδιώκουν την αποφυγή μέρους των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η αποτίμηση του κόστους της προσαρμογής γίνεται στο Κεφάλαιο 3.4.

### **3.3.6 Περαιτέρω επεξεργασία των εκτιμήσεων των τομεακών αναλύσεων και σύνδεσή τους με παραμέτρους του υποδείγματος GEM-E3**

Το τμήμα αυτό της μελέτης αφορά τον τρόπο με τον οποίο οι αποτιμήσεις των κλαδικών οικονομικών επιπτώσεων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1 μετασχηματίστηκαν σε μεταβολές εξωγενών παραμέτρων του προτύπου GEM-E3.

Από τον Πίνακα 3.1 γίνεται αντιληπτό ότι οι τομεακές αναλύσεις δεν καλύπτουν όλα τα κλιματικά σενάρια. Προκειμένου να γίνει ομοιογενής αποτίμηση των επιπτώσεων κατά τομέα και να εξεταστούν όλα τα κλιματικά σενάρια, έγιναν περαιτέρω εκτιμήσεις, οι οποίες συμπληρώνουν τις εκτιμήσεις των στοιχείων του ανωτέρω πίνακα.

Συγκεκριμένα, με βάση τα στοιχεία του Κεφαλαίου 2 και εκτιμήσεις από τη διεθνή βιβλιογραφία<sup>51</sup> κατασκευάστηκε εμπειρικά μια συνάρτηση η οποία συνδέει την άνοδο της θερμοκρασίας (ή την άνοδο της στάθμης της θάλασσας) με το μέγεθος των οικονομικών επιπτώσεων για κάθε τομέα.

Επελέγη μη γραμμική συνάρτηση παρεμβολής σταθερής ελαστικότητας, που έχει τη μορφή  $y = a \cdot x^\theta$ , όπου  $x$  η θερμοκρασία (ή η στάθμη της θάλασσας),  $y$  το ύψος της αντίστοιχης οικονομικής επίπτωσης και  $a, \theta$  αριθμητικές παράμετροι οι οποίες εκτιμήθηκαν εμπειρικά. Για τον τομέα των παράκτιων συστημάτων, χρησιμοποιήθηκε η άνοδος της στάθμης της θάλασσας ως  $x$ , ενώ για τις λοιπές τομεακές αναλύσεις ως  $x$  ελήφθη η θερμοκρασιακή μεταβολή.

Στη συνέχεια, όλες οι αναφερόμενες αξίες είναι σε εκατ. ευρώ του 2008.

<sup>51</sup> Όπου χρειάστηκε να γίνουν περαιτέρω εκτιμήσεις, αυτές βασίστηκαν στη μελέτη PESETA, Ciscar (ed.), 2009, για τη Νότια Ευρώπη.

**Πίνακας 3.1**

**Περιήληψη των αποτελεσμάτων των τομεακών αναλύσεων του Κεφαλαίου 2 τα οποία ελήφθησαν υπόψη για την ανάλυση με το πρό-τυπο γενικής ισορροπίας**

Υδάτινα αποθέματα	Περίοδοι πρόβλεψης	Κλιματικά σενάρια	Φυσικές συνέπειες	Οικονομικές συνέπειες	2050				2100				Προσαρμογή
					B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	
	2041-2050, 2091-2100	B2, A1B, A2	Μείωση του όγκου νερού (μέχρι 19% το 2100)	Κόστος για τον τομέα της ύδρευσης (εκατ. ευρώ του 2007)	μ.δ.	2.191	2.077	3.070	μ.δ.	4.345	2.795	4.862	Κόστος για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας απολήψεων υδάτων €68,4 εκατ./έτος, με όφελος €380 εκατ./έτος
	Μελετώνται οι επιπτώσεις της έλλειψης νερού στον τομέα της ύδρευσης, περιλαμβανομένης της τουριστικής και εν μέρει της βιομηχανικής χρήσης. Οι επιπτώσεις από την μείωση της διαθεσιμότητας νερού για άρδευση λαμβάνονται υπόψη από τη μελέτη για την γεωργία												
Γεωργία	2040, 2090	B2, A1B, A2	Σύνολο κλιματικών μεταβολών	Εκατοστιαία μεταβολή της παραγωγικότητας των καλλιεργειών (περισσότερο απαισιόδοξες εκτιμήσεις, λαμβανομένης υπόψη της επίδρασης της ερημοποίησης)	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	
					μ.δ.	-4,9	-6,8	-9,0	μ.δ.	-15,8	-17,6	-16,7	
Δάση	2050, 2100	B2, A2	Άνοδος της θερμοΐσας	Εκατοστιαία μείωση της λιβαδικής παραγωγής	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	
					μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	27	μ.δ.	30	μ.δ.	35	Επιπλέον κόστος διαχείρισης (εκατ. ευρώ του 2010)
					μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	10	μ.δ.	25	Δαπάνες για βελτίωση δασοπροσέβσης (εκατ. ευρώ του 2010)
				Πρόσθετο κόστος κατάσβεσης και ζημιών από πυρκαγιές (εκατ. ευρώ του 2010)	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	40	μ.δ.	80	Κόστος κατασκευαστικών έργων (εκατ. ευρώ του 2010)

μ.δ.: μη διαθέσιμα στοιχεία από τις τομεακές αναλύσεις.

## Πίνακας 3.1

## Περίληψη των αποτελεσμάτων των τομεακών αναλύσεων του κεφαλαίου 2 τα οποία ελήφθησαν υπόψη για την ανάλυση με το πρό-τυπο γενικής ισορροπίας (συνέχεια)

	Περίοδοι πρόβλεψης	Κλιματικά σενάρια	Φυσικές συνέπειες	Οικονομικές συνέπειες	2050				2100				Προσαρμογή	
					B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2		
<b>Τουρισμός</b>	2070-2100	A1B	Αλλαγή του κλιματικού δείκτη του-ρισμού TCI	Εκατοστιαία μεταβολή εσόδων από τουρισμό	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	5	μ.δ.	10% επιπλέον δαπάνες για διαφήμιση
<p>Η μείωση των τουριστικών εισπράξεων προκύπτει από τη μείωση της τουριστικής κίνησης στις περιφέρειες της Κρήτης και των Δωδεκανήσων. Λαμβάνονται υπόψη μόνο τα έσοδα των ξενοδοχειακών επιχειρήσεων.</p>														
<b>Δομημένο περιβάλλον</b>	2041-2050, 2091-2100	B2, A1B, A2	Σύνολο κλιματικών μεταβολών	Εκατοστιαία αύξηση του ψυκτικού φορτίου	μ.δ.	μ.δ.	22	μ.δ.	μ.δ.	36	μ.δ.	42	50	
					μ.δ.	μ.δ.	83	μ.δ.	μ.δ.	148	μ.δ.	167	248	
<b>Παράκτια συστήματα</b>	2100		Άνοδος της στάθμης της θάλασσας 0,5 μ., 1 μ.	Κόστος κατά κατηγορία χρήσης νησ (εκατ. ευρώ του 2010)	<b>0,5 μ.</b>				<b>1 μ.</b>					
					347.738				630.842					
					138				247				Κόστος υλοποίησης μέτρων προσαρμογής, από €381,6 εκατ. έως €3.345,6 εκατ.	
					0				1					
					7.884				18.253					
<b>Αλιεία</b>			Αύξηση της θερμ/ότητας επιφάνειας της θάλασσας κατά 3,3 °C	Εκατοστιαία μείωση των συνολικών αλιευμάτων	2,5									

μ.δ.: μη διαθέσιμα στοιχεία από τις τομεακές αναλύσεις.

**Πίνακας 3.1**

**Περίληψη των αποτελεσμάτων των τομεακών αναλύσεων του Κεφαλαίου 2 τα οποία ελήφθησαν υπόψη για την ανάλυση με το πρό-τυπο γενικής ισορροπίας (συνέχεια)**

Περίοδοι πρόβλεψης	Κλιματικά σενάρια	Φυσικές συνέπειες	Οικονομικές συνέπειες	2050						2100						Προσαρμογή
				Εκατ. ευρώ του 2010						Εκατ. ευρώ του 2010						
				B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	
2011-2050, 2071-2100 <i>Μεταφορές</i>	Φυσικές συνέπειες	Άνοδος θερμο/στάθ, κλιματικού δείκτη του-ρισμού TCI	Ζημία για τις οδικές μετα-φορές	50	μ.δ.	100	150	100	μ.δ.	200	300	/έτος	<p><b>Προστασία από τις πλημμύρες:</b></p> <p>Στο κόστος από πλημμύρες στη διπλή στήλη συμπεριλαμβάνονται το κόστος της προσωρινής και της μόνιμης αποκατάστασης των ζημιών από τις πλημμύρες. Οι δυο κατηγορίες κόστους διαχω-ρίστηκαν με βάση στοιχεία για τις πλημμύρες στο Νομό Μαγνησίας (βλ. το πλήρες κείμενο για τη μελέτη των μεταφορών στη σχετική σελίδα της ΕΜΕΚΑ, στον ιστόχρωπο της ΤΤΕ, <a href="http://www.bankof-greece.gr">www.bankof-greece.gr</a>) και χρησιμοποιήθηκαν το κόστος της προσωρινής αποκατάστασης (8%) ως το κόστος της Μη Δράσης και το κόστος της μόνιμης αποκα-τάστασης (92%) ως το κόστος της προσαρμογής.</p> <p><b>Προστασία από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (σε εκατ. ευρώ του 2010)</b></p> <p>Προστασία για τις οδικές μεταφορές 3.000 άπαξ</p> <p>Προστασία για τις σιδηροδρομικές μεταφορές 300 άπαξ</p> <p>Προστασία για τις θαλάσσιες μετα-φορές 600 άπαξ</p>			
		Ζημία για τις σιδηροδρομικές μεταφορές	20	μ.δ.	30	37	40	μ.δ.	55	75	/έτος					
		Ζημία για τις οδικές μετα-φορές	60	μ.δ.	120	200	85	μ.δ.	200	300	/έτος					
		Ζημία για τις σιδηροδρομικές μεταφορές	-	μ.δ.	μ.δ.	184	μ.δ.	μ.δ.	μ.δ.	276	/έτος					
	Πλημμύρες	Ζημία για τις σιδηροδρομικές μεταφορές	-15	μ.δ.	-25	-40	-30	μ.δ.	-50	-80	/έτος					
	Μείωση χιονοπτώσεων	Οφέλη για τις οδικές μεταφορές	-0,01	μ.δ.	-0,07	-0,05	-0,1	μ.δ.	-0,15	-0,2	/έτος					
	Ακραία και-ρικά φαινόμενα	Ωρες καθυστέρησης στο οδικό δίκτυο	103	μ.δ.	154	308	154	μ.δ.	219	513	/έτος					
		Ωρες καθυστέρησης στο σιδηροδρομικό δίκτυο	5	μ.δ.	8	16	8	μ.δ.	12	27	/έτος					
	Απόσταση από την ακτογραμμή (μ.)				25	50	75	100								
					Τμήμα του οδικού δικτύου που επηρεάζεται, σε ποσοστό %				0,72	1,80	2,70	3,47				
Άνοδος της στάθμης της θάλασσας 0,5 μ., 1 μ.				Τμήμα του σιδηροδρομικού δικτύου που επηρεάζεται, σε ποσοστό %	0,32	0,83	1,38	1,98								

μ.δ.: μη διαθέσιμα στοιχεία από τις τομεακές αναλύσεις.

Πίνακας 3.2

## Μεταβολή της θερμοκρασίας και άνοδος της στάθμης της θάλασσας στα σενάρια εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής

	B1	B2	A1B	A2
<b>Θερμοκρασιακή μεταβολή</b>				
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	1,57 °C	1,98 °C	1,95 °C	2 °C
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	2,41 °C	3,11 °C	3,51 °C	4,46 °C
<b>Άνοδος της στάθμης της θάλασσας</b>				
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	μέχρι 0,18 μέτρα			
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	μέχρι 0,6 μέτρα			

### Γεωργία

Για τον τομέα της γεωργίας αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του προτύπου AQUACROP από την αντίστοιχη μελέτη στο Κεφάλαιο 2.4. Η μελέτη διακρίνει δύο περιπτώσεις, μία κατά την οποία λαμβάνεται υπόψη η εξέλιξη του φαινομένου της ερημοποίησης και μία κατά την οποία η εξέλιξη αυτή παραλείπεται. Η μελέτη εκτίμησε το εύρος μεταβολής της απόδοσης των καλλιεργειών λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Για την ανάλυση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας χρησιμοποιήθηκαν τα άνω όρια του εύρους μεταβολών που αποτυπώνονται στα αποτελέσματα του προτύπου AQUACROP, επειδή στην ανάλυση με το πρότυπο αυτό δεν αποτυπώνεται η επίταση του φαινομένου της ερημοποίησης λόγω της κλιματικής αλλαγής. Από αυτή την άποψη, οι εκτιμήσεις του προτύπου είναι υποεκτιμήσεις των πραγματικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία. Για την ανάλυση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας, γίνεται δεκτό ότι το φαινόμενο της ερημοποίησης θα εξελιχθεί παράλληλα με την κλιματική αλλαγή και θα ενταθεί λόγω της αλλαγής του κλίματος.

Τα αποτελέσματα του προτύπου AQUACROP δίνονται αναλυτικά για τέσσερις καλλιέργειες και για τέσσερις περιοχές της Ελλάδος. Για να προσδιοριστεί η μέση συνολική μεταβολή της απόδοσης του αγροτικού τομέα (Πίνακας 3.3)<sup>52</sup> χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά στοιχεία σχετικά με την κατανομή των καλλιεργειών κατά γεωγραφική περιοχή, όπως δίδονται από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία.

Η μείωση της γεωργικής απόδοσης που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.3 εισήχθη στο πρότυπο GEM-E3 ως εξωγενής μεταβολή της συνολικής παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα.

<sup>52</sup> Η εκτίμηση της μέσης μεταβολής της παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα ήταν απαραίτητη, καθώς στο πρότυπο GEM-E3 δεν γίνεται διάκριση μεταξύ διαφορετικών καλλιεργειών.

**Πίνακας 3.3****Εκατοστιαία μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών λόγω της κλιματικής αλλαγής, όπως εφαρμόστηκε στο πρότυπο GEM-E3**

	B1	B2	A1B	A2
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	1	5	7	10
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	11	17	19	21

Η κλιματική αλλαγή θα οδηγήσει επίσης σε μείωση της διαθεσιμότητας αρδευτικού νερού, που θα οφείλεται αφενός στη μείωση των βροχοπτώσεων και αφετέρου στην επιμήκυνση της περιόδου ξηρασίας. Η επίπτωση αυτή εισήχθη στο πρότυπο GEM-E3 ως αύξηση των δαπανών του αγροτικού τομέα για πρόσβαση στο αρδευτικό νερό (π.χ. μεγαλύτερες δαπάνες για εγχειοβελτιωτικά έργα). Η επίπτωση αυτή συμπεριλαμβάνεται στην ανάλυση για τον τομέα των υδάτινων αποθεμάτων.

### Τουρισμός

Από την ανάλυση (Υποκεφάλαιο 2.7) των επιπτώσεων στον τομέα του τουρισμού προκύπτει ότι τα έσοδα από τουριστικές υπηρεσίες (συγκεκριμένα, ξενοδοχειακές υπηρεσίες) θα μειωθούν ως αποτέλεσμα των νέων κλιματικών συνθηκών. Εκτιμάται ότι στις περιφέρειες της Κρήτης και των Δωδεκανήσων οι εισπράξεις των τουριστικών επιχειρήσεων το 2100 θα εμφανίζονται μειωμένες κατά €430 εκατ. ευρώ (για το Κλιματικό Σενάριο A1B, τις τελευταίες δεκαετίες του 21ου αιώνα), ποσό που αντιστοιχεί στο 5% των συνολικών τουριστικών εισπράξεων. Δεδομένου ότι στις δύο αυτές περιφέρειες πραγματοποιείται το 40% των συνολικών τουριστικών εισπράξεων (Υποκεφάλαιο 2.7), έγινε η εκτίμηση ότι η συνολική μείωση των τουριστικών εισπράξεων στη χώρα θα ανέρχεται περίπου στο 13%. Στο πρότυπο GEM-E3 η επίπτωση αυτή εισήχθη ως εξωγενής μείωση της ζήτησης για τουριστικές υπηρεσίες.

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι επιπτώσεις στον τουρισμό και για τα υπόλοιπα κλιματικά σενάρια, καθώς και για τη χρονική περίοδο 2050, αξιοποιήθηκαν οι εκτιμήσεις της μελέτης PESETA (Amelung and Moreno, 2009) σχετικά με την αναμενόμενη μείωση της τουριστικής ζήτησης στη Νότια Ευρώπη<sup>53</sup> (Πίνακας 3.4). Συγκεκριμένα υιοθετήθηκε η συσχέτιση που χρησιμοποιεί η μελέτη αυτή μεταξύ της αύξησης της θερμοκρασίας και της μείωσης της ζήτησης τουριστικών υπηρεσιών. Οι τελικές εκτιμήσεις για τη μείωση της τουριστικής ζήτησης φαίνονται στον Πίνακα 3.5.

<sup>53</sup> Διατηρήθηκε η αναλογία τουριστικών εσόδων της Ελλάδος ως προς το σύνολο των τουριστικών εσόδων των χωρών της Νότιας Ευρώπης (Πορτογαλία, Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Βουλγαρία), σύμφωνα με στοιχεία από την Παγκόσμια Τράπεζα: <http://data.worldbank.org/indicator/ST.INT.RCPT.CD>

**Πίνακας 3.4****Επίπτωση στον τομέα του τουρισμού της Νότιας Ευρώπης από την κλιματική αλλαγή**

	2,5 °C	3,9 °C	4,1 °C	5,4 °C
Ετήσια μείωση των εσόδων από τον τουρισμό το 2080 στην Νότια Ευρώπη (εκατ. ευρώ)	1.789	2.599	9.459	12.853

Πηγή: PESETA (2009).

**Πίνακας 3.5****Εκατοστιαία μείωση των τουριστικών εσόδων λόγω της κλιματικής αλλαγής, όπως εφαρμόστηκε στο πρότυπο GEM-E3**

	B1	B2	A1B	A2
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	1	2	2	3
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	4	9	13	24

Οι τουριστικές δαπάνες στο πρότυπο GEM-E3 αποτελούν τμήμα των καταναλωτικών δαπανών των νοικοκυριών. Σ' αυτές περιλαμβάνονται τόσο ο εγχώριος τουρισμός όσο και ο τουρισμός από αλλοδαπούς, επειδή οι Πίνακες Εισροών-Εκροών δεν κάνουν διάκριση μεταξύ ελληνικών και ξένων νοικοκυριών. Η διάκριση υφίσταται μόνο στο τμήμα της κοινωνικής λογιστικής το οποίο αφορά στην προέλευση των εισοδημάτων, όπου οι δαπάνες των αλλοδαπών τουριστών εμφανίζονται ως μεταβιβαστική πληρωμή από τον υπόλοιπο κόσμο.

Προκειμένου να μειωθεί η ζήτηση των ελληνικών νοικοκυριών για τουριστικές υπηρεσίες, εφαρμόστηκε εξωγενώς προσαρμογή παραμέτρων της συνάρτησης κατανάλωσης του προτύπου, ενώ, προκειμένου να μειωθεί η ζήτηση τουριστικών υπηρεσιών από αλλοδαπούς τουρίστες, εφαρμόστηκε μείωση της μεταβιβαστικής πληρωμής που αντιστοιχεί σε μείωση της ζήτησης από τον εκτός Ελλάδος τομέα για τουριστικές υπηρεσίες στην Ελλάδα.

**Αλιεία**

Από την ανάλυση για την αλιεία (Υποκεφάλαιο 2.3) προκύπτει ότι η κλιματική αλλαγή θα έχει περιορισμένες, αλλά οπωσδήποτε αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση της παραγωγής αλιευμάτων. Εκτιμάται ότι, για άνοδο της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας κατά 3,3 °C, η παραγωγή αλιευμάτων θα μειωθεί κατά 2,5%. Έγινε η παραδοχή ότι η μεταβολή αυτή αφορά το δυσμενέστερο κλιματικό σενάριο (A2) για το έτος 2100. Ακόμη, γίνεται η υπόθεση ότι είναι γραμμική η σχέση μεταξύ της ανόδου της θερμοκρασίας και της μείωσης της αλιευτικής παραγωγής, ώστε να υπολογιστεί η μείωση της παραγωγής για τα υπόλοιπα κλιματικά σενάρια και χρονικές περιόδους.

Η μείωση αυτή της παραγωγής αλιευμάτων προσομοιώθηκε στο πρότυπο με εφαρμογή αντίστοιχης μεταβολής της παραγωγικότητας του αλιευτικού τομέα.

Πίνακας 3.6

**Εκατοστιαία μείωση της παραγωγικότητας του αθιευτικού τομέα, όπως εφαρμόστηκε στο πρότυπο GEM-E3**

	B1	B2	A1B	A2
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	0,7	0,8	0,8	0,8
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	1,0	1,3	1,5	2,5

Πίνακας 3.7

**Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τομέα των δασών, όπως εφαρμόστηκαν στο πρότυπο GEM-E3**

	B1	B2	A1B	A2
<b>Εκατοστιαία μείωση της παραγωγικότητας των δασών</b>				
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	21	25	25	27
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	28	30	34	35
<b>Επιπλέον δαπάνες του κράτους για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών σε ετήσια βάση (εκατ. ευρώ)</b>				
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	11	17	16	17
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	24	39	49	78

### Δάση

Στον τομέα των δασών, η μείωση της παραγωγής ξυλείας προσομοιώνεται με αντίστοιχη μείωση της παραγωγικότητας του τομέα δασοκομίας και υλοτομίας. Το κόστος που θα προκληθεί από την εκδήλωση πυρκαγιών<sup>54</sup> θεωρείται ότι αναλαμβάνεται εξολοκλήρου από το κράτος και προσομοιώνεται ως αύξηση των δαπανών του κράτους στον τομέα των υπηρεσιών δασοπυρόσβεσης και των σχετικών έργων δασοπροστασίας.

### Παράκτια συστήματα

Για τα παράκτια συστήματα (Υποκεφάλαιο 2.2) υπολογίζεται το κόστος από την απώλεια τουριστικής και οικιστικής, υδροτοπικής, δασικής και γεωργικής γης λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας ως η εμπορική αξία των εκτάσεων που επηρεάζονται και κατά συνέπεια

<sup>54</sup> Η ομάδα εργασίας για τα δάση παρέχει εκτιμήσεις για τις επιπλέον καμένες εκτάσεις λόγω της αυξημένης συχνότητας πυρκαγιών που θα επιφέρει η κλιματική αλλαγή, καθώς και για το τίμημα των δασικών εκτάσεων που επηρεάζεται από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Αυτές οι απώλειες δασικών εκτάσεων (οι οποίες εμφανίζονται περιορισμένες σε σχέση με την συνολική δασική έκταση της χώρας, π.χ. εκτιμάται για το Σενάριο B2 καμένη έκταση 20.000 εκταρίων, 0,3% της συνολικής δασικής έκτασης της χώρας) θα μπορούσαν να εισαχθούν στο πρότυπο μέσω της εφαρμογής μείωσης του κεφαλαίου του τομέα δασοκομίας και υλοτομίας. Ωστόσο, οι καμένες αυτές εκτάσεις δεν αποτελούν απαραίτητα παραγωγικό κεφάλαιο για τον τομέα της δασοκομίας, οπότε, λόγω και του μικρού τους μεγέθους, παραλείφθηκαν από την ανάλυση γενικής ισορροπίας.

δεν δύνανται να έχουν την οικονομική απόδοση που θα είχαν χωρίς την κλιματική αλλαγή. Το κόστος από την απώλεια δασικής και υγροτοπικής γης είναι σχετικά μικρό και παραλείπεται στη συνέχεια της μελέτης.

Η αξία της απώλειας τουριστικής και οικιστικής γης διαχωρίστηκε κατά κατηγορία με βάση συντελεστές αναλογίας που προέρχονται από στατιστικά στοιχεία.

Για τον τουρισμό και τη γεωργία, η απώλεια παράκτιας γης εισάγεται στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως απώλεια παραγωγικού κεφαλαίου. Για την αναγωγή της αξίας της απώλειας αυτής σε ετήσια βάση γίνεται η υπόθεση ότι το κεφαλαιακό απόθεμα στους κλάδους αυτούς θα είχε ετήσια απόδοση 8% για την τουριστική γη και 6% για τη γεωργική γη. Με βάση την υπόθεση αυτή, η ετήσια ισοδύναμη απώλεια στην απόδοση του κεφαλαίου των κλάδων του τουρισμού και της γεωργίας κυμαίνεται μεταξύ 2% και 4% ανάλογα με το κλιματικό σενάριο και το έτος στο οποίο αναφέρεται η ένταση της κλιματικής αλλαγής.

Γίνεται η υπόθεση ότι η απώλεια παράκτιας οικιστικής γης επιφέρει απώλεια εισοδήματος για τα νοικοκυριά, είτε απευθείας στην περίπτωση κατά την οποία αυτή η γη και τα οικήματα είχαν οικονομική απόδοση για τον ιδιοκτήτη είτε έμμεσα, δεδομένου ότι ο ιδιοκτήτης θα υποστεί δαπάνες για αντικατάσταση της απολεσθείσας γης ή της υπηρεσίας από τη χρήση της γης.

**Πίνακας 3.8**

**Αξία της απώλειας παράκτιας γης λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (Σε εκατ. ευρώ, σωρευτικά μέχρι το 2100)**

Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	0,5 μ.	1 μ.
Οικιστική & τουριστική γη	347.738	630.842
Υγροτοπική γη	138	247
Δασική γη	0	1
Γεωργική γη	7.884	18.253

**Πίνακας 3.9**

**Εκατοστιαία μείωση της απόδοσης κεφαλαίου των τομέων του τουρισμού και της γεωργίας σε ετήσια βάση, όπως εφαρμόστηκε στο πρότυπο GEM-E3**

	B1	B2	A1B	A2
<b>Τομείς τουριστικών υπηρεσιών</b>				
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	2	2	2	2
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	2	3	3	4
<b>Γεωργικός τομέας</b>				
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	2	2	2	2
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	2	3	3	4

Πίνακας 3.10

**Επιπλέον δαπάνη των νοικοκυριών οφειλόμενη στην απώλεια οικιστικής γης και στη μετακίνηση πληθυσμών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας**

	B1	B2	A1B	A2
<b>Αύξηση δαπανών νοικοκυριών σε εκατ. ευρώ</b>				
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	2.872	3.401	3.379	3.415
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	6.322	7.471	8.272	10.590

Η επίπτωση και για τις δύο περιπτώσεις εισήχθη στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως επιπλέον δαπάνη των νοικοκυριών η οποία είναι απαραίτητη ώστε τα νοικοκυριά να απολαμβάνουν το ίδιο επίπεδο υπηρεσιών από τη γη και τα οικήματα όπως πριν από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Η αναγωγή του κόστους από την απώλεια παράκτιας οικιστικής γης σε ετήσια βάση έγινε με βάση την υπόθεση για ετήσια απόδοση ίση με 6% της αξίας της γης.

Στο κόστος από την απώλεια παράκτιας οικιστικής γης προστέθηκε το κόστος μετακίνησης παράκτιων πληθυσμών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, το οποίο εκτιμήθηκε σύμφωνα με τη μελέτη PESETA (Richards and Nicholls, 2009).

Ο Πίνακας 3.10 παρουσιάζει το ύψος της επιπλέον δαπάνης των νοικοκυριών σε ετήσια βάση η οποία οφείλεται στην επίπτωση της κλιματικής αλλαγής στις παράκτιες οικιστικές περιοχές. Αυτή η επιπλέον δαπάνη γίνεται χωρίς πρόσθετο εισόδημα, επομένως οδηγεί σε μείωση άλλων καταναλωτικών δαπανών ή και σε περιορισμό της αποταμίευσης.

### Λιμενικές υποδομές

Στην ανάλυση για τον τομέα των μεταφορών (Υποκεφάλαιο 2.9) γίνεται εκτίμηση του κόστους για την προστασία των λιμενικών υποδομών, το οποίο εντάσσεται στο κόστος προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή γιατί έχει προληπτικό χαρακτήρα. Όμως, για το Σενάριο Μη Δράσης, πρέπει να περιληφθεί εκτίμηση κόστους το οποίο αντιστοιχεί σε απώλεια λιμενικών υποδομών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Έγινε η υπόθεση ότι η απώλεια λιμενικών υποδομών στο Σενάριο Μη Δράσης (που αντιστοιχεί στο Κλιματικό Σενάριο A2) θα

Πίνακας 3.11

**Εκατοστιαία μείωση της απόδοσης κεφαλαίου του τομέα των θαλάσσιων μεταφορών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας**

	B1	B2	A1B	A2
<b>Απώλεια κεφαλαίου θαλάσσιων μεταφορών</b>				
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	1	2	2	2
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	3	5	7	15

ανέλθει σε ποσοστό 30% της αξίας τους. Η απώλεια αυτή ενσωματώθηκε στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως απώλεια κεφαλαίου του τομέα των θαλάσσιων μεταφορών.

### **Δομημένο περιβάλλον**

Για τον τομέα του δομημένου περιβάλλοντος αποτιμήθηκε το κόστος που επιφέρουν οι μεταβολές των αναγκών θέρμανσης και ψύξης, όπως μελετήθηκε στο Κεφάλαιο 2.8. Η ανάλυση προβλέπει μείωση του θερμικού φορτίου, η οποία επηρεάζει την κατανάλωση πετρελαίου και φυσικού αερίου, και αύξηση του ψυκτικού φορτίου, η οποία επηρεάζει το βαθμό χρήσης κλιματιστικών, επομένως και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι μεταβολές που μελετήθηκαν στο Υποκεφάλαιο 2.8 αναλύθηκαν περαιτέρω με χρήση του ενεργειακού προτύπου PRIMES (βλ. Κεφάλαιο 4), με βάση το οποίο εκτιμήθηκε η συνολική μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης και φυσικού αερίου για θέρμανση, καθώς και η συνολική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στον τομέα των οικιακών καταναλώσεων και στους τομείς των κλάδων παροχής υπηρεσιών. Οι επιπτώσεις του Σεναρίου Μη Δράσης στη δομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των τομέων αυτών είναι σημαντικές, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.12.

Οι εκτιμήσεις αυτές εισήχθησαν στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως εξωγενείς μεταβολές της κατανάλωσης των νοικοκυριών και των αντίστοιχων τομέων υπηρεσιών. Η επίπτωση στις δαπάνες αγοράς ενέργειας υπολογίζεται από το πρότυπο γενικής ισορροπίας, όμως η συνολική επίπτωση είναι μικρή (και, σε μερικές περιπτώσεις, αντιστοιχεί σε μικρό όφελος), επειδή η επιπλέον δαπάνη σε ηλεκτρική ενέργεια για κλιματισμό αντισταθμίζεται από τη μείωση της δαπάνης για πετρέλαιο και φυσικό αέριο.

Σημαντική οικονομική επίπτωση στο δομημένο περιβάλλον εκτιμάται ότι θα έχει η επίταση του φαινομένου της θερμικής νησίδας στα αστικά κέντρα λόγω της κλιματικής αλλαγής. Το φαινόμενο αυτό εκτιμάται ότι θα επιφέρει σημαντική μείωση της αξίας των οικιών και κτηρίων υπηρεσιών στα τμήματα των αστικών κέντρων που θα υποστούν μεγάλες αυξήσεις της θερμοκρασίας. Έγινε η υπόθεση ότι στο Σενάριο Μη Δράσης ένα ποσοστό της τάξεως του 20% των οικιών και κτηρίων στα αστικά κέντρα θα απολέσει την αξία του, η οποία αντιστοιχεί σε μείωση της τάξεως του 3% το 2100 για τη συνολική αξία των οικιών και κτηρίων. Η αναγωγή σε ετήσια βάση έγινε με την υπόθεση για απόδοση κεφαλαίου ίση με 6% ετησίως. Η αντίστοιχη απώλεια εισοδήματος από την απόδοση κεφαλαίου εισήχθη στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως επιπλέον δαπάνη η οποία βαρύνει τα νοικοκυριά και τους τομείς των υπηρεσιών. Η δαπάνη αυτή αντιστοιχεί σε κόστος για την αντικατάσταση του απολεσθέντος κεφαλαίου ώστε οι υπηρεσίες από τα ακίνητα αυτά να παραμείνουν αμετάβλητες.

### **Υδάτινα αποθέματα**

Η κλιματική αλλαγή θα οδηγήσει σε μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στο μέλλον. Με βάση την ανάλυση για τον τομέα των υδάτινων αποθεμάτων (Υποκεφάλαιο 2.1) εκτιμάται

Πίνακας 3.12

**Μεταβολές της ενεργειακής κατανάλωσης στο δομημένο περιβάλλον λόγω της κλιματικής αλλαγής, όπως εκτιμήθηκαν με βάση το πρότυπο PRIMES**

	Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050				Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100			
	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2
<b>Εκατοστιαία μεταβολή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από τα νοικοκυριά για τις οικίες και τα επιβατικά οχήματα</b>								
Πετρέλαιο	-8	-10	-9	-10	-12	-15	-18	-21
Ηλεκτρική ενέργεια	4	7	6	7	9	12	14	21
Φυσικό αέριο	-16	-20	-19	-20	-24	-31	-36	-43
<b>Εκατοστιαία μεταβολή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στους τομείς των υπηρεσιών</b>								
Πετρέλαιο	-16	-20	-19	-20	-24	-31	-36	-43
Ηλεκτρική ενέργεια	6	10	10	10	13	18	21	31
Φυσικό αέριο	-19	-23	-22	-24	-28	-36	-42	-50

Πίνακας 3.13

**Επιπλέον δαπάνες για αντιστάθμιση της απώλειας αξίας του δομημένου περιβάλλοντος σε θερμικές νησίδες αστικών περιοχών (Σε εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση)**

	B1	B2	A1B	A2
<b>Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050</b>	28	50	48	51
<b>Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100</b>	81	154	228	400

ότι ο τομέας της ύδρευσης θα αδυνατεί να καλύψει ένα ποσοστό της ζητούμενης ποσότητας. Η δυσκολία αυτή για τον τομέα της ύδρευσης προσομοιώνεται στο πρότυπο γενικής ισορροπίας με την υπόθεση για ανάλογη μείωση της παραγωγικότητας του τομέα.

Παράλληλα με τον τομέα της ύδρευσης, η μειωμένη διαθεσιμότητα νερού θα επηρεάσει σημαντικά και τον τομέα της άρδευσης και, κατ' επέκταση, τον τομέα της γεωργίας. Στην ανάλυση για τον τομέα της γεωργίας (Υποκεφάλαιο 2.4) έχει συμπεριληφθεί η επίπτωση στην αποδοτικότητα των καλλιεργειών από τη μειωμένη διαθεσιμότητα νερού. Ωστόσο, δεν λαμβάνεται υπόψη το αυξημένο κόστος άρδευσης που θα προκύψει από την προσπάθεια κάλυψης των αρδευτικών αναγκών (π.χ. γεωτρήσεις σε μεγαλύτερο βάθος, επιπλέον εγχειοβελτιωτικά έργα κ.λπ.). Στην παρούσα ανάλυση, έγινε η υπόθεση ότι το κόστος άρδευσης θα αυξηθεί μέχρι και 120% το 2100, στο δυσμενέστερο κλιματικό σενάριο (A2). Για να προσομοιωθεί αυτή η αύξηση του κόστους άρδευσης, εφαρμόστηκε κατάλληλη μεταβολή (αύξηση) του μοναδιαίου κόστους των συντελεστών παραγωγής του τομέα της γεωργίας οι οποίοι αντιστοιχούν στην άρδευση.

Πίνακας 3.14

Εκατοστιαία μείωση της παραγωγικότητας του τομέα ύδρευσης, όπως εφαρμόστηκε στο πρότυπο GEM-E3

	B1	B2	A1B	A2
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	13	16	16	16
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	20	26	30	39

Πίνακας 3.15

Εκατοστιαία αύξηση του κόστους άρδευσης στο γεωργικό τομέα

	B1	B2	A1B	A2
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	39	50	49	51
Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100	62	81	93	120

### Μεταφορές

Η κλιματική αλλαγή θα έχει σημαντικές συνέπειες για τις υποδομές του τομέα των μεταφορών. Θα απαιτούνται μεγαλύτερες δαπάνες για τη συντήρηση του οδοστρώματος λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας, καθώς και έκτακτες δαπάνες για την αποκατάσταση ζημιών από πλημμύρες. Οι επιπλέον αυτές δαπάνες εισήχθησαν στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως επιπλέον δαπάνες του κράτους σε δημόσια έργα τα οποία εκτελούνται από τον τομέα των κατασκευών. Η ανάλυση για τον τομέα των μεταφορών εντοπίζει μικρό όφελος λόγω της μείωσης των δαπανών για εκχιονιστικές εργασίες, η οποία εισήχθη στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως μείωση των αντίστοιχων δαπανών του κράτους.

Οι επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας οι οποίες αφορούν στις λιμενικές υποδομές εξετάζονται μαζί με τις επιπτώσεις για τον τομέα των παράκτιων συστημάτων.

Σχετικά με τις επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στις υποδομές των χερσαίων μεταφορών, η τομεακή ανάλυση παραθέτει στοιχεία ως προς το τμήμα του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου το οποίο είναι σε απόσταση από 25 έως 100 μέτρα από την ακτογραμμή και το οποίο αναμένεται να επηρεαστεί από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Τα στοιχεία αυτά αξιοποιήθηκαν προκειμένου να εκτιμηθεί η έκταση των ζημιών για τις υποδομές των χερσαίων μεταφορών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και η αξία των ζημιών αυτών εισήχθη στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως απώλεια κεφαλαίου του τομέα των χερσαίων μεταφορών.<sup>55</sup>

<sup>55</sup> Το ύψος των ζημιών που εκτιμάται από την ομάδα εργασίας των μεταφορών έχει προκύψει χωρίς να λαμβάνονται υπόψη στοιχεία αναφορικά με το υψόμετρο του δικτύου. Για το πρότυπο γενικής ισορροπίας έγινε η υπόθεση ότι τμήμα της εκτίμησης αυτής αντιστοιχεί σε απώλεια κεφαλαίου.

Πίνακας 3.16

**Οικονομικές επιπτώσεις στον τομέα των μεταφορών, όπως εφαρμόστηκαν στο πρότυπο GEM-E3**

	Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050				Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100			
	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2
Επιπλέον δαπάνες του κράτους σε υποδομές (εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση)	46	68	66	69	95	149	186	288
Μείωση κρατικών δαπανών για εκχιονιστικές εργασίες (εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση)	-9	-14	-13	-14	-19	-30	-37	-58
Απώλεια ωρών εργασίας λόγω καθυστερήσεων (ετήσιος αριθμός ωρών ανά εργαζόμενο)	36	57	54	108	54	67	77	180
Εκατοστιαία απώλεια κεφαλαίου στον τομέα των χερσαίων μεταφορών λόγω ανόδου στάθμης θάλασσας	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,08	0,11

Στην τομεακή ανάλυση για τις μεταφορές εκτιμήθηκαν επίσης οι ώρες καθυστερήσεων προσέλευσης των εργαζομένων στην εργασία λόγω της επίδρασης ακραίων καιρικών φαινομένων στα δρομολόγια των μέσων μεταφοράς.

Για διάφορους λόγους δεν είναι ορθό να θεωρηθεί το σύνολο των ωρών αυτών ως απώλεια παραγωγικότητας της εργασίας. Για την ανάλυση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας έγινε η υπόθεση ότι τμήμα των ωρών αυτών (περίπου το 1/3) αντιστοιχεί σε μόνιμη αδυναμία παροχής εργασίας από τους εργαζομένους. Η απώλεια αυτή εισήχθη στο πρότυπο ως μείωση του διαθέσιμου εργατικού δυναμικού.

### 3.3.7 Το συνολικό κόστος της κλιματικής αλλαγής κατά κλιματικό σενάριο

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή του παρόντος υποκεφαλαίου, το κόστος της κλιματικής αλλαγής για την ελληνική οικονομία εκτιμήθηκε με την χρήση του προτύπου γενικής ισορροπίας GEM-E3, στο οποίο εισήχθησαν, ως εξωγενείς μεταβολές, εκτιμήσεις σχετικά με τις άμεσες οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε διάφορους τομείς δραστηριότητας. Ο Πίνακας 3.17 συνοψίζει τις αριθμητικές τιμές των εξωγενών μεταβολών όπως εισήχθησαν στο πρότυπο γενικής ισορροπίας.

Με το πρότυπο γενικής ισορροπίας αποτιμήθηκε το κόστος για την ελληνική οικονομία υπό διάφορα σενάρια σχετικά με την ένταση της κλιματικής μεταβολής και τη σχετική ένταση της κλιματικής μεταβολής των ετών 2050 και 2100.

Η εκτίμηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής για την ελληνική οικονομία έγινε με την υπόθεση ότι οι εξωγενείς μεταβολές εφαρμόζονται στην κατάσταση της οικονομίας σε ένα έτος βάσης, όπως αυτή αναπαρίσταται από το πρότυπο γενικής ισορροπίας για το έτος αυτό. Επομένως, η αποτίμηση του κόστους αναφέρεται στο μέγεθος της οικονομίας κατά το έτος βάσης

Πίνακας 3.17

**Συγκεντρωτικός πίνακας των εξωγενών υποθέσεων που εισήχθησαν στο πρότυπο γενικής ισορροπίας GEM-E3 για την μελέτη του κόστους των σεναρίων κλιματικής αλλαγής**

	2050			2100				
	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2
<b>Τομέας γεωργίας</b>	Εκατοστιαία μείωση της απόδοσης (παραγωγικότητας) των καλλιεργειών							
	1	5	7	10	11	17	19	21
<b>Τομέας τουρισμού</b>	Εκατοστιαία μείωση των τουριστικών εσόδων							
	1	2	2	3	4	9	13	24
<b>Τομέας αλιείας</b>	Εκατοστιαία μείωση της παραγωγικότητας του αλιευτικού τομέα							
	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	1,3	1,5	2,5
<b>Τομέας δασών</b>	Εκατοστιαία μείωση της παραγωγικότητας των δασών							
	21	25	25	27	28	30	34	35
	Επιπλέον δαπάνες του κράτους για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών σε ετήσια βάση (εκατ. ευρώ)							
	11	17	16	17	24	39	49	78
	Εκατοστιαία μείωση απόδοσης κεφαλαίου του τομέα του τουρισμού λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας							
	2	2	2	2	2	3	3	4
	Εκατοστιαία μείωση απόδοσης κεφαλαίου του τομέα της γεωργίας λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας							
	2	2	2	2	2	3	3	4
	Επιπλέον δαπάνη των νοικοκυριών οφειλόμενη στην απώλεια οικιστικής γης και στη μετακίνηση πληθυσμών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση)							
	2.872	3.401	3.379	3.415	6.322	7.471	8.272	10.590
	Εκατοστιαία μείωση απόδοσης κεφαλαίου του τομέα των θαλάσσιων μεταφορών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας							
	1	2	2	2	3	5	7	15
	Εκατοστιαία μείωση της παραγωγικότητας του τομέα ύδρευσης							
	13	16	16	16	20	26	30	39
<b>Τομέας υδάτινων αποθεμάτων</b>	Εκατοστιαία αύξηση του κόστους άρδευσης στο γεωργικό τομέα							
	39	50	49	51	62	81	93	120

**Πίνακας 3.17**

**Συγκεντρωτικός πίνακας των εξωγενών υποθέσεων που εισήχθησαν στο πρότυπο γενικής ισορροπίας GEM-E3 για την μελέτη του κόστους των σεναρίων κλιματικής αλλαγής (συνέχεια)**

	2050				2100			
	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2
<b>Δομημένο περιβάλλον</b>								
Πετρέλαιο	-8	-10	-9	-10	-12	-15	-18	-21
Ηλεκτρική ενέργεια	4	7	6	7	9	12	14	21
Φυσικό αέριο	-16	-20	-19	-20	-24	-31	-36	-43
	Εκατοστιαία μεταβολή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από τα νοικοκυριά για τις οικίες και τα επιβατικά οχήματα							
Πετρέλαιο	-16	-20	-19	-20	-24	-31	-36	-43
Ηλεκτρική ενέργεια	6	10	10	10	13	18	21	31
Φυσικό αέριο	-19	-23	-22	-24	-28	-36	-42	-50
	Εκατοστιαία μεταβολή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στους τομείς των υπηρεσιών							
Πετρέλαιο	-16	-20	-19	-20	-24	-31	-36	-43
Ηλεκτρική ενέργεια	6	10	10	10	13	18	21	31
Φυσικό αέριο	-19	-23	-22	-24	-28	-36	-42	-50
	Επιπλέον δαπάνες για αντιστάθμιση της απώλειας αξίας του δομημένου περιβάλλοντος σε θερμικές νησιδές αστικών περιοχών (εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση)							
<b>Δομημένο περιβάλλον</b>	28	50	48	51	81	154	228	400
	Επιπλέον δαπάνες του κράτους σε υποδομές (εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση)							
	46	68	66	69	95	149	186	288
	Μείωση κρατικών δαπανών για εκχιοναστικές εργασίες (εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση)							
	-9	-14	-13	-14	-19	-30	-37	-58
	Απώλεια ωρών εργασίας λόγω καθυστερήσεων (ετήσιος αριθμός ωρών ανά εργαζόμενο)							
	36	57	54	108	54	67	77	180
	Εκατοστιαία απώλεια κεφαλαίου στον τομέα των χερσαίων μεταφορών λόγω ανόδου της στάθμης της θάλασσας							
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,08	0,11

και όχι στο μέγεθος που θα έχει η οικονομία το έτος 2050 ή το έτος 2100. Με άλλα λόγια, το κόστος σε ευρώ πρέπει να αξιολογηθεί συγκριτικά με το παρόν μέγεθος της οικονομίας.

Η εκτίμηση του κόστους για την οικονομία έγινε με χρονικά δυναμικό τρόπο. Δηλαδή εφαρμόστηκαν οι εξωγενείς μεταβολές στο έτος βάσης και στη συνέχεια το πρότυπο οικονομικής ισορροπίας προσομοίωσε τη δυναμική εξέλιξη της οικονομίας (για δέκα έτη) η οποία επηρεάζεται από τις μεταβολές αυτές, όπως π.χ. μέσω της διαφοροποίησης των επενδύσεων και της συσσώρευσης κεφαλαίου. Η εκτίμηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής βασίζεται στη σύγκριση της προσομοίωσης αυτής με προσομοίωση στην οποία δεν επέρχονται οι εξωγενείς μεταβολές οι οποίες αντιστοιχούν στην κλιματική μεταβολή. Η σύγκριση αφορά τόσο στο έτος βάσης, και αντιστοιχεί σε κόστος στατικού χαρακτήρα, όσο και στο τελικό έτος της δυναμικής προσομοίωσης, οπότε αντιστοιχεί σε κόστος μακροχρόνιου χαρακτήρα. Ο χρόνος της προσομοίωσης δεν αναφέρεται στα έτη 2050 ή 2100, για τα οποία ενδιαφέρει μόνο η ένταση της κλιματικής μεταβολής.

Η άσκηση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας απαντά στο ερώτημα “ποια θα ήταν η επίπτωση στην ελληνική οικονομία, στατικά και μακροχρόνια, αν η κλιματική αλλαγή με την ένταση του 2050 ή του 2100 (και κατά κλιματικό σενάριο) λάμβανε χώρα στη σημερινή κατάσταση της οικονομίας;”

Η εκτίμηση του κόστους για την ελληνική οικονομία έγινε τόσο για το σύνολο της οικονομίας όσο και χωριστά κατά τομέα. Το κόστος εκτιμήθηκε με βάση το πρότυπο γενικής ισορροπίας ως μεταβολή του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) σε σταθερές τιμές και ως ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας.<sup>56</sup> Το πρότυπο γενικής ισορροπίας παρέχει επίσης αναλυτικές εκτιμήσεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας, των επιπτώσεων στις επενδύσεις, στην κατανάλωση, στις τιμές, στην αγορά εργασίας και στο εξωτερικό εμπόριο.

Ως ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας, με το πρότυπο υπολογίζεται το εισόδημα που πρέπει να αφαιρεθεί ή να δοθεί στους καταναλωτές (νοικοκυριά) ώστε, με βάση το επίπεδο των τιμών των αγαθών όπως ισχύουν στο Σενάριο Αναφοράς, η χρησιμότητά τους να γίνει ίση με το επίπεδο χρησιμότητας του σεναρίου στο οποίο περιλαμβάνονται οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Αρνητική ισοδύναμη μεταβολή σημαίνει ότι οι τιμές των αγαθών του σεναρίου κλιματικής αλλαγής καθιστούν το επίπεδο χρησιμότητας χαμηλότερο από αυτό του Σεναρίου Αναφοράς, κατάσταση η οποία ισοδυναμεί με μείωση του εισοδήματος των νοικοκυριών αν ίσχυαν οι τιμές των αγαθών του Σεναρίου Αναφοράς. Σημειώνεται ότι, στα υπολογιζόμενα υποδείγματα γενικής ισορροπίας όπως το GEM-E3, η μεταβολή της ευημερίας είναι μέτρο αξιολόγησης των συνολικών επιπτώσεων, δεδομένου ότι το πρότυπο είναι δομημένο ώστε να αριστοποιεί τη χρησιμότητα των καταναλωτών.

<sup>56</sup> Welfare equivalent variation.

Πίνακας 3.18

## Ετήσιες επιπτώσεις στο ΑΕΠ και την ευημερία εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής

	Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050				Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100			
	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2
<b>Επιπτώσεις στο έτος βάσης</b>								
Εκατοστιαία μεταβολή του ΑΕΠ	-0,90	-1,56	-1,77	-2,03	-2,69	-4,03	-4,77	-6,50
Ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας, σε εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση	-1.696	-2.831	-3.072	-3.409	-4.888	-7.638	-9.404	-14.207
<b>Επιπτώσεις στο τελικό έτος της δυναμικής προσομοίωσης</b>								
Εκατοστιαία μεταβολή του ΑΕΠ	-0,90	-1,53	-1,74	-2,00	-2,67	-3,92	-4,57	-6,01
Ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας, σε εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση	-2.963	-4.803	-5.144	-5.666	-8.391	-13.002	-16.018	-24.435

Σύμφωνα με την ανάλυση γενικής ισορροπίας, οι απώλειες του ΑΕΠ κυμαίνονται από -0,9% έως και -2% για τις συνθήκες κλιματικής αλλαγής του 2050 και από -2,7% μέχρι -6% για τις συνθήκες κλιματικής αλλαγής του 2100. Η ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας των νοικοκυριών κυμαίνεται μεταξύ €3 δισεκ. και €5,7 δισεκ. για τις συνθήκες κλιματικής αλλαγής του 2050 και μεταξύ €8,4 δισεκ. και €24,4 δισεκ. για τις συνθήκες κλιματικής αλλαγής του 2100. Τα άνω όρια των διακυμάνσεων αυτών αντιστοιχούν στο Σενάριο Μη Δράσης, το συνολικό κόστος του οποίου εκτιμήθηκε στα €5,7 δισεκ. ετησίως για την ένταση της κλιματικής μεταβολής του 2050 και στα €24,4 δισεκ. ετησίως για την ένταση της κλιματικής μεταβολής του 2100.

Η επίπτωση της κλιματικής αλλαγής είναι δυσμενέστερη για την κατανάλωση των νοικοκυριών παρά για τις επενδύσεις. Οι αναγκαστικές δαπάνες τις οποίες οφείλουν να υποστούν τα νοικοκυριά, αλλά και το κράτος, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι ζημιές που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή αντιστοιχούν κυρίως σε επενδυτικές δαπάνες. Όμως η μείωση απόδοσης κεφαλαίου και η μείωση της παραγωγικότητας σε διάφορους τομείς σε συνδυασμό με τη μείωση της ζήτησης για τουριστικές υπηρεσίες οδηγούν σε επιβράδυνση της ανάπτυξης και σε μείωση του πραγματικού εισοδήματος των νοικοκυριών, η οποία οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της κατανάλωσης παρά των επενδύσεων. Στη μείωση της οικονομικής δραστηριότητας συμβάλλει επίσης η δομή των επενδύσεων που απαιτούνται λόγω της κλιματικής αλλαγής, οι οποίες προσανατολίζονται αναγκαστικά σε τομείς με μικρότερο πολλαπλασιαστικό όφελος για την οικονομία. Η αρνητική επίπτωση στην οικονομική δραστηριότητα είναι εντονότερη στους τομείς των υπηρεσιών, της γεωργίας και των καταναλωτικών αγαθών. Οι μεταβολές οδηγούν σε μικρή αύξηση των πραγματικών επιτοκίων και σε μείωση του πραγματικού μισθού.

## Πίνακας 3.19

## Ετήσιες επιπτώσεις στο ΔΕΠ και την ευρημία εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής

	Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050			Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100				
	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2
<b>Τομείς επιπτώσεων</b>	<b>Εκατοστιαία μεταβολή του ΔΕΠ</b>							
Γεωργία	-0,13	-0,52	-0,72	-0,97	-1,11	-1,79	-2,03	-2,21
Δάση	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06
Αλιεία	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
Παράκτια συστήματα	-0,50	-0,61	-0,61	-0,62	-1,01	-1,12	-1,41	-1,97
Μεταφορές	-0,04	-0,05	-0,05	-0,05	-0,12	-0,19	-0,24	-0,37
Τουρισμός	-0,05	-0,09	-0,09	-0,09	-0,15	-0,30	-0,41	-0,78
Δομημένο περιβάλλον	-0,07	-0,12	-0,11	-0,12	-0,16	-0,23	-0,27	-0,41
Υδάτινα αποθέματα	-0,09	-0,12	-0,12	-0,12	-0,15	-0,20	-0,23	-0,32
<b>Όλοι οι τομείς μαζί</b>	<b>-0,90</b>	<b>-1,53</b>	<b>-1,74</b>	<b>-2,00</b>	<b>-2,67</b>	<b>-3,92</b>	<b>-4,57</b>	<b>-6,01</b>
<b>Τομείς επιπτώσεων</b>	<b>Ισοδύναμη μεταβολή της ευρημίας, σε εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση</b>							
Γεωργία	-173	-701	-983	-1.324	-1.517	-2.485	-2.821	-3.077
Δάση	-28	-35	-35	-38	-42	-51	-60	-75
Αλιεία	-7	-8	-8	-8	-10	-13	-15	-26
Παράκτια συστήματα	-1.287	-1.553	-1.541	-1.560	-2.637	-3.020	-3.623	-4.939
Μεταφορές	-63	-94	-91	-96	-180	-284	-354	-548
Τουρισμός	-616	-1.129	-1.085	-1.160	-1.888	-3.683	-5.063	-9.548
Δομημένο περιβάλλον	25	-30	-35	-33	-80	-162	-210	-476
Υδάτινα αποθέματα	-192	-247	-243	-249	-308	-413	-477	-639
<b>Όλοι οι τομείς μαζί</b>	<b>-2.963</b>	<b>-4.803</b>	<b>-5.144</b>	<b>-5.666</b>	<b>-8.391</b>	<b>-13.002</b>	<b>-16.018</b>	<b>-24.435</b>

### 3.3.8 Το συνολικό κόστος της κλιματικής αλλαγής κατά τομέα επιπτώσεων

Η ανάλυση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας διενεργήθηκε και χωριστά για κάθε τομέα επιπτώσεων, δηλαδή για κάθε τομέα για τον οποίο εκτιμήθηκε άμεση επίπτωση από την κλιματική αλλαγή. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.19, καθώς και στο Διάγραμμα 3.3 (σελ. 404), όπου και αφορούν στην εκατοστιαία μεταβολή του ΑΕΠ. Τα αποτελέσματα σχετικά με την ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 3.4.

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ποια θα ήταν η επίπτωση στην οικονομία αν η κλιματική αλλαγή επιδρούσε σε ένα μόνο τομέα κάθε φορά.

Τα αποτελέσματα της γενικής ισορροπίας κατά τομέα επιπτώσεων δείχνουν ότι τις μεγαλύτερες αρνητικές συνέπειες για την οικονομία έχουν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία και τα παράκτια συστήματα. Αξιοσημείωτες είναι επίσης οι αρνητικές συνέπειες στην οικονομία εξαιτίας των επιπτώσεων στον τομέα του τουρισμού, αλλά μόνο για την ένταση κλιματικών αλλαγών του έτους 2100, αντίθετα με τις συνέπειες από την ένταση κλιματικών αλλαγών του έτους 2050, οι οποίες είναι σαφώς μικρότερες, τόσο συγκριτικά με τις συνέπειες για το έτος 2100 όσο και συγκριτικά με τις συνέπειες λόγω των επιπτώσεων στους άλλους τομείς. Παρόμοια ανισότητα παρατηρείται και για τις οικονομικές συνέπειες που σχετίζονται με τους τομείς των μεταφορών και του δομημένου περιβάλλοντος. Αυτό οφείλεται στη μη γραμμικότητα των επιπτώσεων: η ένταση της κλιματικής αλλαγής του έτους 2100, ιδίως στο πλαίσιο των δυσμενέστερων σεναρίων, όπως το A2 (Σενάριο Μη Δράσης), αντιστοιχεί σε θερμοκρασία και στάθμη θάλασσας που έχουν μεγαλύτερες από αναλογικές επιπτώσεις στους αντίστοιχους τομείς, επομένως και στην οικονομία.

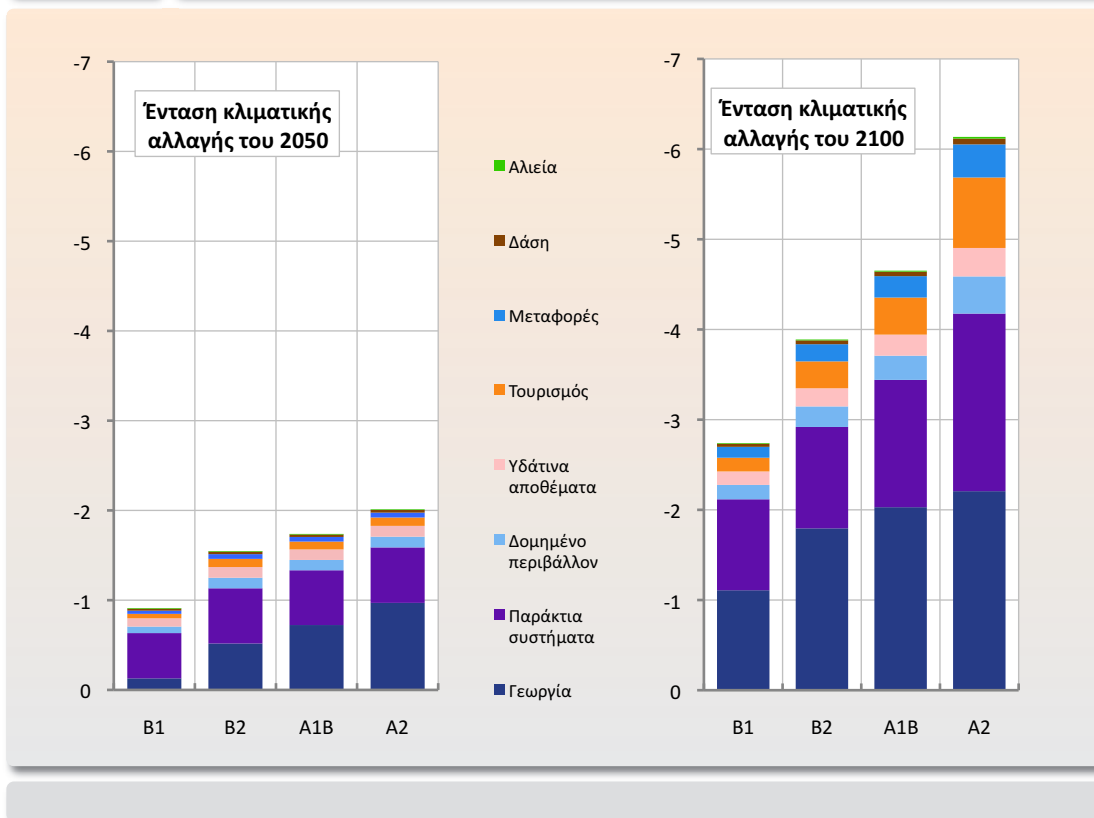
Η γεωργία είναι ο παραγωγικός τομέας ο οποίος είναι περισσότερο ευάλωτος στην κλιματική αλλαγή και ο οποίος μακροπρόθεσμα θα προκαλέσει τη μεγαλύτερη απώλεια ΑΕΠ. Η μείωση της παραγωγικότητας του τομέα οδηγεί σε πολύ σημαντική αύξηση του κόστους παραγωγής, προκαλώντας μεγάλη μείωση των εξαγωγών, μείωση της εγχώριας κατανάλωσης και αύξηση των εισαγωγών αγροτικών προϊόντων.

Οι επιπτώσεις που σχετίζονται με τον τομέα του τουρισμού γίνονται περισσότερο έντονες ως προς τις συνέπειες για την ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας. Η μείωση της ζήτησης τουριστικών υπηρεσιών οδηγεί σε μείωση της απασχόλησης, του πραγματικού μισθού και του εισοδήματος των νοικοκυριών.

Οι επιπτώσεις στα παράκτια συστήματα που εκφράζονται ως απώλειες κεφαλαίου οδηγούν μεν σε αύξηση των επενδύσεων, αλλά οι απώλειες ως προς την οικιστική γη έχουν αρνητικές συνέπειες για το εισόδημα των νοικοκυριών και οδηγούν σε μείωση της κατανάλωσης. Οι επιπτώσεις από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι αρνητικές για το σύνολο των παραγωγικών δραστηριοτήτων, με εξαίρεση τον τομέα των κατασκευών, η δραστηριότητα του οποίου εμφανίζεται να σημειώνει μικρή αύξηση λόγω των επενδυτικών δαπανών για αποκατάσταση των ζημιών. Παρόμοιες επιπτώσεις διαπιστώνονται και για τον τομέα των μεταφορών,

Διάγραμμα 3.3

Εκατοστιαία μεταβολή του ΑΕΠ ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής κατά τομέα επιπτώσεων



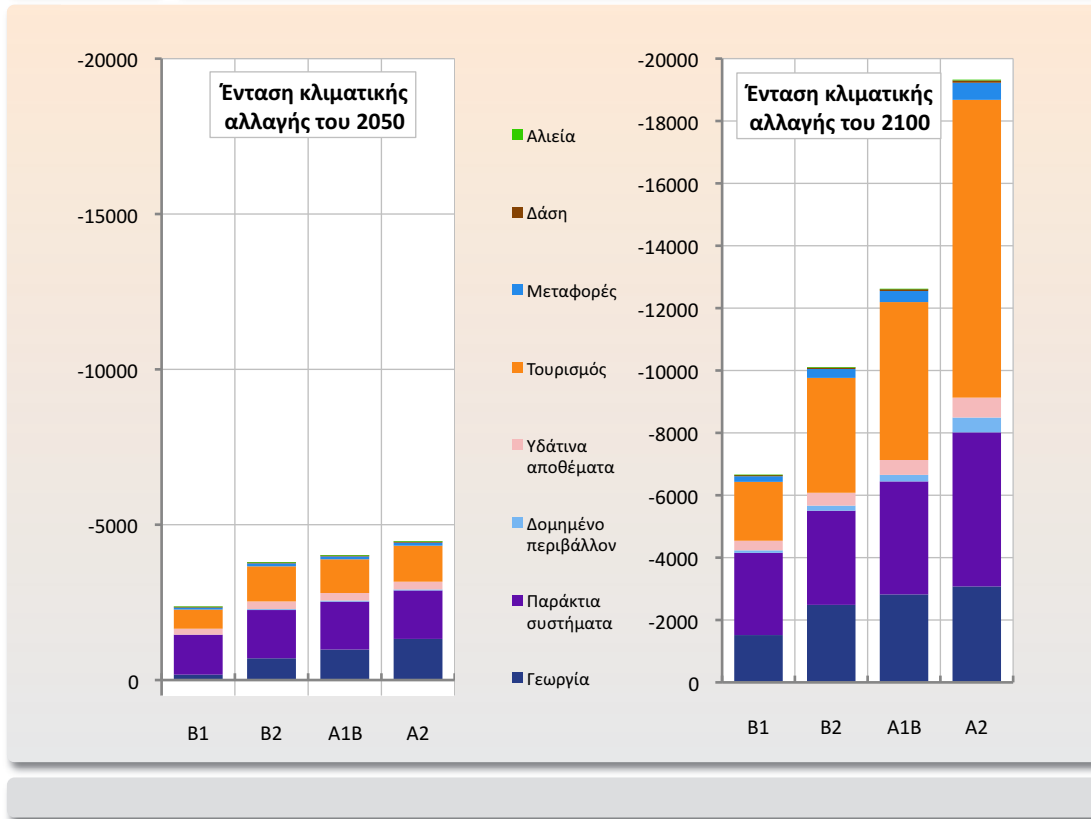
από τις οποίες εννοείται ο τομέας των κατασκευών, η δραστηριότητα του οποίου παρουσιάζει μικρή αύξηση λόγω των αυξημένων αναγκών για αποκατάσταση του δικτύου μεταφορών από τις καταστροφές που προκαλούν οι πλημμύρες και η αυξημένη θερμοκρασία.

Οι επιπτώσεις στο δομημένο περιβάλλον οδηγούν σε σχετικά μικρές αρνητικές συνέπειες για την οικονομία, επειδή μέρος του κόστους από την απώλεια κεφαλαίου λόγω των θερμικών νησίδων αντισταθμίζεται από το (μικρό) οικονομικό όφελος που προκύπτει για τις ενεργειακές δαπάνες των νοικοκυριών χάρη στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων για θέρμανση, δεδομένου ότι η αύξηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό είναι μικρότερη λόγω της αυξημένης απόδοσης των αντλιών θερμότητας.

Μικρότερες αρνητικές συνέπειες για το σύνολο της οικονομίας φαίνεται να έχουν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα και στην αλιεία. Βεβαίως οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σ' αυτούς τους τομείς θα έχουν σημαντικές συνέπειες για τη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα, το κόστος των οποίων δεν έχει περιληφθεί στην ανάλυση γενικής ισορροπίας, όπως επίσης δεν έχει περιληφθεί και το επιπλέον κόστος στον τομέα της υγείας. Οι επιπτώσεις αυτές μελετώνται λεπτομερώς από τις αντίστοιχες ομάδες εργασίας που συνέπραξαν στην έκδοση του τόμου αυτού, αλλά, επειδή υφίστανται μεγάλες αβεβαιότη-

Διάγραμμα 3.4

Ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας σε εκατ. ευρώ σε ετήσια βάση ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής κατά τομέα επιπτώσεων



τες σχετικά με τις οικονομικές συνέπειες των εν λόγω επιπτώσεων κατά κλάδο δραστηριότητας, δεν έγινε δυνατόν να ενσωματωθούν στην ανάλυση γενικής ισορροπίας.

### 3.3.9 Το συνολικό κόστος του Σεναρίου Μη Δράσης

Με εφαρμογή της εκατοστιαίας μεταβολής του ΑΕΠ στο μέγεθος του ΑΕΠ κατά το έτος βάσης (2008) υπολογίζεται το συνολικό κόστος της κλιματικής αλλαγής σύμφωνα με τις διάφορες περιπτώσεις έντασης των μεταβολών που απεικονίζονται στα διάφορα σενάρια κλιματικών μεταβολών, όπως και για την ένταση της κλιματικής μεταβολής η οποία αντιστοιχεί στα έτη 2050 και 2100. Το κόστος αυτό παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.20.

Επομένως, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης γενικής ισορροπίας, το κόστος της κλιματικής αλλαγής στο πλαίσιο του Σεναρίου Μη Δράσης (Κλιματικό Σενάριο A2), εκφρασμένο ως προς το μέγεθος του ΑΕΠ του έτους βάσης 2008, ανέρχεται σε ετήσια βάση σε €5,9 δισεκ. για την ένταση κλιματικής μεταβολής του έτους 2050 και σε €17,8 δισεκ. για την ένταση κλιματικής μεταβολής του έτους 2100.

Παρά τη δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο πλαίσιο του Σεναρίου Μετριασμού (μείωση εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο), λαμβάνει χώρα κλιματική

Πίνακας 3.20

## Συνολικό κόστος της κλιματικής αλλαγής συγκριτικά με το μέγεθος του ΑΕΠ του έτους βάσης 2008

	Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050				Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100			
	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2
<b>Επιπτώσεις στο έτος βάσης</b>								
Μείωση ΑΕΠ σε εκατ. ευρώ του 2008 σε ετήσια βάση	-2.133	-3.703	-4.191	-4.816	-6.364	-9.556	-11.302	-15.403
<b>Επιπτώσεις στο τελικό έτος της δυναμικής προσομοίωσης (10 έτη μετά)</b>								
Μείωση ΑΕΠ σε εκατ. ευρώ του 2008 σε ετήσια βάση	-2.671	-4.536	-5.143	-5.919	-7.919	-11.605	-13.535	-17.805

μεταβολή, η οποία όμως είναι σαφώς μικρότερης έντασης συγκριτικά με αυτήν του Σεναρίου Μη Δράσης. Το συνολικό κόστος (εκφρασμένο ως προς το μέγεθος του ΑΕΠ του έτους βάσης 2008) αποκλειστικά λόγω της κλιματικής μεταβολής στο πλαίσιο του Σεναρίου Μετριασμού (διατήρηση της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας στους 2 °C μετά το 2100) εκτιμήθηκε από την ανάλυση γενικής ισορροπίας σε €2,7 δισεκ. ετησίως για ένταση κλιματικής μεταβολής του έτους 2050 και σε €5,9 δισεκ. ετησίως για ένταση κλιματικής μεταβολής του έτους 2100.

Με άλλα λόγια, το Σενάριο Μετριασμού διασφαλίζει μείωση του ετήσιου κόστους (εκφρασμένου ως προς το μέγεθος του ΑΕΠ του έτους βάσης 2008) της κλιματικής μεταβολής κατά €3,2 δισεκ. ετησίως για ένταση κλιματικής μεταβολής του έτους 2050 και €11,9 δισεκ. ετησίως για ένταση κλιματικής μεταβολής του έτους 2100.

Με βάση τις εκτιμήσεις σχετικά με το συνολικό κόστος της κλιματικής αλλαγής το οποίο αναφέρεται στην ένταση κλιματικής αλλαγής των ετών 2050 και 2100, επιχειρείται στη συνέχεια εκτίμηση του συνολικού σωρευτικού κόστους μέχρι το 2100. Δεδομένου ότι η ανάλυση που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες αυτού του υποκεφαλαίου αφορούσε μόνο τα έτη 2050 και 2100, χρειάστηκε η εκτίμηση των ποσοστών μείωσης του ΑΕΠ για όλη τη χρονική περίοδο. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε σιγμοειδής συνάρτηση παρεμβολής, οι παράμετροι της οποίας προσδιορίστηκαν εμπειρικά. Οι εκατοστιαίες μεταβολές του ΑΕΠ εφαρμόστηκαν στο μέγεθος του ΑΕΠ του έτους βάσης. Επομένως, οι εκτιμήσεις του συνολικού κόστους για την ελληνική οικονομία αναφέρονται στο μέγεθος του ΑΕΠ του έτους βάσης. Για τον υπολογισμό του σωρευτικού κόστους έγινε η υπόθεση ότι το προεξοφλητικό επιτόκιο για αναγωγή σε παρούσα αξία είναι ίσο με μηδέν. Στον Πίνακα 3.21 παρουσιάζεται επίσης το σωρευτικό κόστος για προεξοφλητικό επιτόκιο διάφορο του μηδενός.

Στον Πίνακα 3.21 αναφέρεται το συνολικό σωρευτικό κόστος και για το Σενάριο Μετριασμού (αποκλειστικά λόγω της κλιματικής αλλαγής, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το κόστος για

Πίνακας 3.21

## Συνολικό σωρευτικό κόστος της κλιματικής αλλαγής

	Σωρευτικό κόστος (δισεκ. ευρώ του 2008)				Σενάριο Μετριασμού (2 °C)
	B1	B2	A1B	A2	
<b>Προεξοφλητικό επιτόκιο ίσο με 0%</b>					
Περίοδος 2011 - 2050	21	59	68	79	17
Περίοδος 2051 - 2100	343	444	509	622	277
Περίοδος 2011 - 2100	363	503	577	701	294
<b>Προεξοφλητικό επιτόκιο ίσο με 2%</b>					
Περίοδος 2011 - 2050	10	30	35	41	8
Περίοδος 2051 - 2100	90	117	133	161	75
Περίοδος 2011 - 2100	101	147	168	202	83

την οικονομία από την εφαρμογή των μέτρων μείωσης των εκπομπών),<sup>57</sup> το οποίο, από κλιματική άποψη είναι παραλλαγή του Σεναρίου B1, στην οποία η μέση αύξηση της θερμοκρασίας παραμένει στους 2 °C μέχρι το 2100 αλλά και μετά το 2100, χάρη στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Το κόστος της κλιματικής αλλαγής του Σεναρίου Μετριασμού είναι μικρότερο από το κόστος του Σεναρίου B1, στο οποίο αντιστοιχεί ελαφρώς μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας.

Το συνολικό σωρευτικό κόστος του Σεναρίου Μη Δράσης εκτιμήθηκε (με προεξοφλητικό επιτόκιο 0%) ίσο με €701 δισεκ. του 2008 για την περίοδο 2011-2100. Το Σενάριο Μετριασμού διασφαλίζει μείωση του κόστους της κλιματικής αλλαγής κατά €407 δισεκ. σωρευτικά για τη χρονική περίοδο μέχρι το 2100, συγκριτικά με το Σενάριο Μη Δράσης. Αν το προεξοφλητικό επιτόκιο ληφθεί ίσο με 2%, η μείωση του κόστους της κλιματικής αλλαγής χάρη στο Σενάριο Μετριασμού ισούται με €119 δισεκ. του 2008, σωρευτικά μέχρι το 2100.

Από τα στοιχεία του Πίνακα 3.21 είναι φανερό ότι το μεγαλύτερο τμήμα του συνολικού κόστους από την κλιματική αλλαγή κλιμακώνεται μετά το 2050. Επομένως, το κόστος αυτό ευρίσκεται ιδιαίτερα μειωμένο σε παρούσα αξία αν εφαρμοστεί προεξοφλητικό επιτόκιο διάφορο του μηδενός.

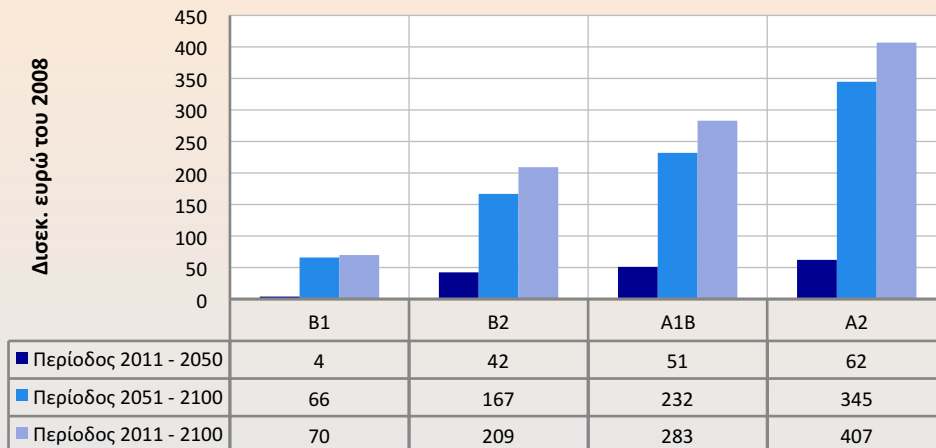
Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το κόστος της κλιματικής αλλαγής θα συνεχίζει να αυξάνεται μετά το 2100, επειδή σε όλα τα κλιματικά σενάρια πλην του Σεναρίου Μετριασμού οι κλιματικές συνθήκες θα επιδεινώνονται μετά το 2100. Αντίθετα, στο Σενάριο

<sup>57</sup> Βλ. Κεφάλαιο 4 και Υποκεφάλαιο 5.3 για την ανάλυση του πλήρους κόστους του Σεναρίου Μετριασμού.

**Διάγραμμα 3.5**

**Σωρευτικό κόστος από την κλιματική αλλαγή, το οποίο μειώνεται μέχρι το 2100 χάρη στο Σενάριο Μετριασμού (Προεξοφλητικό επιτόκιο ίσο με 0%)**

**Διαφορές σωρευτικού κόστους, αποκλειστικά λόγω κλιματικής αλλαγής, από το Σενάριο Μετριασμού**



Μετριασμού οι κλιματικές συνθήκες θα παραμείνουν αμετάβλητες μετά το 2100. Το επιπλέον αυτό κόστος, μετά το 2100, δεν έχει συμπεριληφθεί στις εκτιμήσεις που δίδονται στον Πίνακα 3.21.

Είναι γνωστό ότι υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα σχετικά με τις συνέπειες της κλιματικής μεταβολής. Όσο πιο ακραία γίνονται τα κλιματικά σενάρια, τόσο μεγαλώνει η αβεβαιότητα για το μέγεθος των συνεπειών της μεταβολής του κλίματος. Στο πλαίσιο των ακραίων κλιματικών σεναρίων, όπως το Σενάριο Μη Δράσης (A2, αλλά και το A1B), είναι δυνατόν να εμφανιστούν ακραίες συνέπειες, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα με μεγάλη συχνότητα, τα οποία, με τα σημερινά δεδομένα, θα χαρακτηρίζονταν ως καταστροφικά. Με άλλα λόγια, υφίσταται μη μηδενική πιθανότητα για απρόβλεπτα φυσικά φαινόμενα με ριζικά καταστροφικές και αμετάκλητες επιπτώσεις, μη γραμμικού χαρακτήρα. Το οικονομικό κόστος τέτοιων “καταστροφικών” επιπτώσεων δεν έχει συμπεριληφθεί στην ανάλυση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας (βλ. Υποκεφάλαιο 3.1).

Κατά συνέπεια, επειδή δεν έχει περιληφθεί το κόστος από την κλιματική αλλαγή πέραν του 2100, επειδή δεν έχει ληφθεί υπόψη το κόστος από ενδεχόμενα καταστροφικά κλιματικά φαινόμενα και επειδή δεν έχουν συμπεριληφθεί όλοι οι τομείς επιπτώσεων (π.χ. βιοποικιλότητα, υγεία), οι εκτιμήσεις του παρόντος υποκεφαλαίου σχετικά με το κόστος των Κλιματικών Σεναρίων Μη Δράσης πρέπει να θεωρηθούν ως το κατώτατο όριο του πραγματικού κόστους για την οικονομία.

### 3.4 Πολιτικές και κόστος προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή\*

#### 3.4.1 Εισαγωγή

Από την οπτική γωνία μιας χώρας, δεν είναι ασφαλές να επαφίεται ο μετριασμός των επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή μόνο στη μείωση των εκπομπών, και τούτο επειδή ο μετριασμός μπορεί να επιτευχθεί μόνον εφόσον όλες οι χώρες του κόσμου από κοινού μειώσουν τις εκπομπές, και μάλιστα δραστικά, άμεσα και για μακρά χρονική περίοδο. Ο συντονισμός όλων των χωρών σε επιθετικό και άμεσο πρόγραμμα δράσης για δραστική μείωση των εκπομπών είναι ευκαίριος αλλά ιδιαίτερα αβέβαιος. Αν αποτύχει η παγκόσμια αυτή προσπάθεια, έστω και μερικά, τότε θα υπάρξει μεταβολή του κλίματος, όπως δείχνουν οι σχετικές αναλύσεις.

Επομένως μια χώρα, υπό το πρίσμα των δικών της συμφερόντων, οφείλει να συμπεριλάβει τη μελλοντική αλλαγή του κλίματος στα πιθανά ενδεχόμενα και να θωρακιστεί έγκαιρα ώστε να μετριαστούν οι επιπτώσεις για τη χώρα αυτή από τη μεταβολή του κλίματος. Οι πολιτικές που αποσκοπούν στο μετριασμό των επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή αναφέρονται ως πολιτικές προσαρμογής και νοούνται σε αντιδιαστολή με τις πολιτικές που αποσκοπούν στο μετριασμό των πιθανοτήτων εκδήλωσης της κλιματικής αλλαγής, οι οποίες μελετώνται στο Κεφάλαιο 4.

Ακόμα και αν επιτευχθεί ο μετριασμός της κλιματικής αλλαγής μέσω της παγκόσμιας δράσης για μείωση των εκπομπών, κλιματική αλλαγή θα επέλθει σε κάποιο βαθμό. Στην καλύτερη περίπτωση η αλλαγή αυτή θα συνίσταται στην αύξηση της θερμοκρασίας μόνο κατά 2 °C. Η εν λόγω αύξηση μπορεί να είναι μεγαλύτερη αν η παγκόσμια δράση καθυστερήσει χρονικά ή αν έχει μερική επιτυχία. Τα Κλιματικά Σενάρια B1 και B2 (βλ. Ενότητα 3.3 πιο πάνω) αντιστοιχούν σε τέτοιες περιπτώσεις. Επομένως, είναι και πάλι μεγάλης σημασίας για μια χώρα να θωρακιστεί έναντι της αβεβαιότητας αυτής, αναπτύσσοντας πολιτικές προσαρμογής στην αναμενόμενη κλιματική αλλαγή.

Οι πολιτικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή συνίστανται στην ανάληψη κατάλληλων δράσεων με στόχο την αντιμετώπιση των ζημιών και των αρνητικών συνεπειών οι οποίες θα επέρχονταν λόγω της κλιματικής αλλαγής αν δεν λαμβάνονταν τα μέτρα προσαρμογής.

Οι πολιτικές προσαρμογής οφείλουν να στοχεύουν στους τομείς δραστηριότητας οι οποίοι είναι περισσότερο ευάλωτοι στην κλιματική αλλαγή. Εφόσον έχουν προληπτικό χαρακτήρα, οι πολιτικές προσαρμογής οφείλουν να αναπτυχθούν σε περίοδο χρονικά προγενέστερη από την εκδήλωση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Είναι προφανές ότι, προκειμένου να μειωθεί το κόστος τους, οι πολιτικές προσαρμογής οφείλουν να αναπτυχθούν σταδιακά κατά την πάροδο του χρόνου και όχι σε μικρό χρονικό διάστημα. Επειδή οι πολιτικές προσαρμογής υλο-

\* Η μελέτη για το Υποκεφάλαιο αυτό έγινε στο εργαστήριο E3MLab του ΕΜΠ με επικεφαλής τον Καθηγητή Παντελή Κάπρο. Κύριοι ερευνητές στη μελέτη αυτή ήταν οι Μαριλένα Ζαμπάρα και Δρ. Λεωνίδας Παρούσος. Συμμετείχαν επίσης οι ερευνητές Ζωή Βροντίση, Στέλλα Τσάνη και Μαρία Παπαϊωάννου. Το κείμενο σχετικά με τα μέτρα προσαρμογής προέρχεται από τον Καθηγητή Αναστάσιο Ξεπαπαδέα.

ποιούνται με κρατική πρωτοβουλία και παρέμβαση, η αποτελεσματικότητά τους μεγιστοποιείται όταν ο σχεδιασμός βασίζεται σε αναλυτικές μελέτες και όταν οι σχετικές επιλογές αποφασίζονται μετά από στενή συνεργασία με τους εμπλεκόμενους φορείς.

Η συνολική ένταση των πολιτικών προσαρμογής εξαρτάται από την αναμενόμενη ένταση της κλιματικής αλλαγής. Όσο εντατικοποιούνται τα μέτρα μετριασμού και επιτυγχάνουν σε παγκόσμιο επίπεδο, τόσο μικρότερο κόστος θα επωμιστούν οι πολιτικές προσαρμογής. Επομένως, είναι δύσκολο να αποφασιστεί εκ των προτέρων η άριστη στρατηγική σχετικά με την ένταση των πολιτικών προσαρμογής σε μια χώρα.

Είναι προτιμότερο η επιλογή των μέτρων προσαρμογής να γίνεται με σχετικά συντηρητικό τρόπο. Για παράδειγμα, θα είχε μεγάλη σημασία να εντοπιστούν πρώτα εκείνα τα μέτρα προσαρμογής τα οποία σε κάθε περίπτωση κλιματικής αλλαγής θα είναι χρήσιμα και απαραίτητα (ακόμη και αν επιτύχει ο μετριασμός). Τέτοια μέτρα είναι απαραίτητο να επιλεγούν κατά προτεραιότητα. Συνήθως τα μέτρα αυτά έχουν θεσμικό χαρακτήρα, όπως η ενσωμάτωση κατάλληλων διατάξεων και προδιαγραφών στη νομοθεσία, χωρίς να απαιτούνται ειδικά έργα ή δαπανηρές παρεμβάσεις. Αν με την πάροδο του χρόνου διαπιστώνεται καθυστέρηση στην εξέλιξη της παγκόσμιας δράσης για το μετριασμό, τότε ενδεχομένως θα πρέπει έγκαιρα να υιοθετηθούν επιπλέον μέτρα προσαρμογής, τα οποία πλέον θα έχουν κόστος και θα απαιτούν ειδικά έργα. Θα είναι απαραίτητο αυτά να υλοποιηθούν αρκετά πριν αρθούν οι αβεβαιότητες σχετικά με την αναμενόμενη ένταση της κλιματικής αλλαγής. Οι δαπάνες αυτές πρέπει να εκληφθούν ως ασφάλιση έναντι των μελλοντικών κινδύνων από την κλιματική αλλαγή.

Επομένως, η προσαρμογή είναι μια μακρόχρονη και συνεχής διαδικασία, η οποία αναπτύσσεται σε όλα τα επίπεδα της οικονομίας και της κοινωνίας και απαιτεί στενή συνεργασία και συντονισμό μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων φορέων. Η αποδοτική λήψη μέτρων προσαρμογής προϋποθέτει έγκαιρο προγραμματισμό και στρατηγική προσέγγιση. Εναπόκειται στους υπευθύνους για τη χάραξη πολιτικής να αντιληφθούν τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος και να επεξεργαστούν, όπως και να εφαρμόσουν, μορφές πολιτικής που θα εξασφαλίσουν τα βέλτιστα επίπεδα προσαρμογής.

### **3.4.2 Κατηγορίες και μέτρα προσαρμογής**

Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Είναι σημαντική η διάκριση μεταξύ αυθόρμητης και σχεδιασμένης προσαρμογής. Η αυθόρμητη προσαρμογή γίνεται ατομικά από τους οικονομικούς παράγοντες, καταναλωτές και παραγωγούς, χωρίς παρέμβαση του κράτους, και αποτελεί αντίδραση στην κλιματική αλλαγή και στις οικολογικές μεταβολές των φυσικών συστημάτων. Η σχεδιασμένη προσαρμογή είναι αποτέλεσμα συγκεκριμένων αποφάσεων πολιτικής και βασίζεται στην παρέμβαση του κράτους, η οποία εκδηλώνεται είτε μέσω νομοθετημάτων είτε μέσω άμεσων δημόσιων επενδύσεων, είτε με τη θέσπιση κινήτρων και αντικινήτρων.

Τύποι προσαρμογής		Επίπεδο λήψης μέτρων
<b>Αυθόρμητη</b>	Αποφάσεις οι οποίες λαμβάνονται αυτόνομα από παραγωγούς και καταναλωτές χωρίς παρέμβαση του κράτους (π.χ. ο τρόπος με τον οποίο οι αγρότες θα επιχειρήσουν να ενισχύσουν τις καλλιέργειές τους διαφοροποιώντας τους καλλιεργητικούς χειρισμούς, η επιλογή θέσης για παραθεριστική κατοικία από ένα νοικοκυριό).	Ατομικό
<b>Σχεδιασμένη</b>	Μέτρα προσαρμογής που αποφασίζονται από το κράτος (νόμοι, επενδύσεις, κίνητρα και αντικίνητρα), όπως επενδύσεις για την προστασία ή διαφύλαξη πόρων (π.χ. αποθήκευση νερού), χάραξη πολιτικής για την εξοικονόμηση πόρων (π.χ. τιμολόγηση του νερού), αλλαγή εθνικών προτύπων (π.χ. κατασκευαστικός κώδικας κτηρίων).	Εθνικό και τοπικό

Και οι δύο κατηγορίες προσαρμογής έχουν σκοπό να μετριάσουν τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και λαμβάνουν χώρα πριν αυτή εκδηλωθεί σε σημαντικό βαθμό.

Είναι φανερό ότι, σχετικά με την προσαρμογή, προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στους τομείς εκείνους οι οποίοι προβλέπεται να πληγούν περισσότερο από την κλιματική αλλαγή, καθώς και να προληφθούν εκείνες οι επιπτώσεις οι οποίες προκαλούν το μεγαλύτερο κόστος για την οικονομία. Όπως προέκυψε από τις αναλύσεις στο Κεφάλαιο 2 και από την ανάλυση γενικής ισορροπίας στο Υποκεφάλαιο 3.3, ο τομέας που πλήττεται περισσότερο από την κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα είναι η γεωργία, ενώ τις μεγαλύτερες συνέπειες για το σύνολο της οικονομίας και το εισόδημα των νοικοκυριών έχουν οι επιπτώσεις στη γεωργία, στον τουρισμό και στα παράκτια συστήματα. Ειδική σημασία έχει επίσης ο τομέας των υδάτινων αποθεμάτων, ο οποίος επηρεάζει τόσο τη γεωργία όσο και την ύδρευση. Επομένως, οι πολιτικές προσαρμογής πρέπει να εστιαστούν στους παραπάνω τομείς και να προγραμματιστεί έγκαιρα η υλοποίηση κατάλληλων δράσεων, ώστε να μετριαστούν οι αναμενόμενες αρνητικές επιπτώσεις.

Στην παρούσα ενότητα καταγράφονται ενδεικτικά μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, συγκεντρωμένα από σχετικές μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας.

## 1. Γεωργία και δάση

### 1.1 Μέτρα για την απόδοση των καλλιεργειών:

- Μέτρα για τον έλεγχο και τον περιορισμό της διάβρωσης του εδάφους.
- Εκτεταμένη χρήση κατάλληλων λιπασμάτων.
- Εισαγωγή νέων καλλιεργειών.
- Ανάπτυξη “ανθεκτικών” καλλιεργειών (στην ξηρασία, την αυξημένη θερμοκρασία, το αλάτι, τα έντομα, τα παράσιτα κ.λπ.).
- Εμπλουτισμός του εδάφους για να διατηρηθεί ή να ενισχυθεί η γονιμότητα του χώματος.
- Προσαρμογή του χρονοδιαγράμματος των γεωργικών εργασιών (φύτευσης, ψεκασμού, συγκομιδής κ.λπ.).

- Εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς και αγρανάπαυσης.
- Εφαρμογή πρακτικών καλλιέργειας χωρίς όργωμα (no-till agriculture), οι οποίες συμβάλουν στην αποφυγή της διάβρωσης, κ.ά.

### 1.2 Δημόσια έργα:

- Κατασκευή φραγμάτων, επέκταση εγγειοβελτιωτικών έργων, εγκατάσταση συστημάτων ανακύκλωσης ημιακάθαρτου νερού, κ.λπ., για τη βελτίωση των αρδευτικών συστημάτων.
- Προστασία της βιοποικιλότητας στα δάση, καθώς ενισχύει την ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων απέναντι στις κλιματικές μεταβολές.
- Ενίσχυση των υποδομών δασοπροστασίας, με στόχο την πρόληψη των δασικών πυρκαγιών.

### 1.3 Μηχανισμοί προστασίας:

- Ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης ειδοποίησης (προς μετριασμό των συνεπειών από απρόβλεπτες και ακραίες καιρικές μεταβολές και διευκόλυνση της πυροπροστασίας).
- Επιμήκυνση της περιόδου δασοπροστασίας, λόγω της αύξησης των ημερών με υψηλή επικινδυνότητα εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς.
- Βελτίωση των υποδομών και των μεθόδων δασοπυρόσβεσης για την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών.

## 2. Ύδρευση

### 2.1 Μέτρα για την αύξηση της διαθεσιμότητας των υδάτινων πόρων:

- Βελτίωση της διαχείρισης και συντήρησης των υπαρχόντων συστημάτων παροχής νερού και των σχετικών υποδομών.
- Προστασία των λεκανών απορροής και περιορισμός των υδατικών απωλειών.
- Προστασία των πηγών υπόγειων υδάτων.
- Συλλογή και αφαλάτωση υπόγειων και όμβριων υδάτων.
- Προώθηση συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού (π.χ. για πότισμα).
- Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων μέσω βιολογικής επεξεργασίας (σε συγκεκριμένες χρήσεις όπως τουαλέτα, αστικές χρήσεις-οικοδομές και για αρδευτικούς σκοπούς).
- Δημόσια έργα για πρόσβαση σε απομακρυσμένες πηγές ύδατος.
- Αφαλάτωση θαλασσινού νερού (κατά προτίμηση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

### 2.2 Μέτρα για ορθολογική χρήση του νερού:

- Αλλαγές σε σχετικές πολιτικές, όπως την τιμολόγηση του νερού και τους αρδευτικούς κανονισμούς.
- Εγκατάσταση υδραυλικών εξοπλισμών εξοικονόμησης νερού (π.χ., ειδικές βρύσες και τηλέφωνα ντουςιέρας με περιορισμό ροής, υδρομετρητές για τον έλεγχο της κατανάλωσης, διακόπτες παροχής νερού με φωτοκύτταρα, κ.ά.).
- Αντικατάσταση των φυτών των κήπων δημόσιων χώρων με φυτά που έχουν χαμηλές απαιτήσεις για πότισμα.

- Θέσπιση αυστηρών προδιαγραφών εξοικονόμησης νερού για τις νέες υποδομές.

### 3. Προστασία από πλημμύρες

#### 3.1 Δημόσια έργα:

- Έργα προστασίας υποδομών και οικισμών σε παραποτάμιες περιοχές.
- Ενίσχυση και προστασία του εδάφους των περιοχών οι οποίες αποτελούν φυσική προστασία από τις πλημμύρες.

#### 3.2 Μηχανισμοί προστασίας:

- Μηχανισμοί συμμετοχής των ιδιωτών στη διαχείριση του κινδύνου.
- Επιλεκτική παροχή αποζημιώσεων για πλημμύρες.
- Θεσμικές παρεμβάσεις.
- Συστήματα πρόβλεψης πλημμυρών και έγκαιρης προειδοποίησης.

### 4. Βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα:

#### 4.1 Συστήματα διαχείρισης και προστασίας

- Βελτίωση των συστημάτων διαχείρισης των οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου αποψίλωσης των δασών και της αναδάσωσης.
- Προώθηση της γεωργοδασικοκομίας.
- Ταυτοποίηση και ανάπτυξη ειδών που εμφανίζουν ανθεκτική συμπεριφορά στην κλιματική αλλαγή.
- Ανάπτυξη και συντήρηση τραπεζών σπόρων.
- Ενίσχυση ή αποκατάσταση των πληγέντων οικοσυστημάτων (π.χ. τεχνητή διασπορά των σπόρων, προστασία των επικονιάσεων, χρήση φυτοφαρμάκων).
- Ενίσχυση της φυσικής ανθεκτικότητας των οικοσυστημάτων στις κλιματικές μεταβολές, με περιορισμό της υπερεκμετάλλευσης, του ευτροφισμού, της ρύπανσης, της εισβολής ξενικών ειδών κ.ά.

#### 4.2 Δημόσια έργα:

- Δημιουργία πάρκων, προστατευμένων περιοχών και ζωνών βιοποικιλότητας.
- Ανάπτυξη/βελτίωση των συστημάτων πυροπροστασίας.

### 5. Παράκτιες ζώνες

#### 5.1 Δημόσια έργα:

- Κατασκευή φραγμάτων/αντιπλημμυρικών έργων για την προστασία των παραγωγικών δραστηριοτήτων και των κατοικημένων περιοχών στις παράκτιες ζώνες.
- Μετακίνηση των οικονομικών δραστηριοτήτων των κατοικημένων περιοχών σε μεγαλύτερη απόσταση από τις παράκτιες ζώνες (ειδικά σε περίπτωση που δεν μπορεί να διασφαλιστεί η προστασία τους).

- Εμπλουτισμός του εδάφους των παράκτιων περιοχών.
- Προστασία των ευπαθών θαλάσσιων οικοσυστημάτων (κοραλλιογενείς ύφαλοι, μαγγρόβια, φύκια, παραλιακή βλάστηση).

### 5.2 Θεσμικά μέτρα:

- Κίνητρα, χωροταξικές παρεμβάσεις και θεσμικά μέτρα για τη μετακίνηση οικονομικών, τουριστικών και οικιστικών δραστηριοτήτων και επενδύσεων σε μεγαλύτερη απόσταση από τις παράκτιες ζώνες. Η απομάκρυνση των οικονομικών δραστηριοτήτων από τα παράκτια συστήματα, θα επιτρέψει μακροπρόθεσμα την επαναδημιουργία των φυσικών παράκτιων οικοσυστημάτων, τα οποία παρέχουν φυσική προστασία από την ενέργεια των κυμάτων που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια των καταιγίδων, συμβάλλουν στον περιορισμό της διάβρωσης του εδάφους των παράκτιων περιοχών, κ.ά.

## 6. Υποδομές μεταφορών και βιομηχανίας

### 6.1 Δημόσια έργα:

- Μετακίνηση και ενίσχυση λιμενικών υποδομών.
- Μετακίνηση ή έργα προστασίας αεροδρομίων.
- Μετακίνηση ή έργα προστασίας οδικών αξόνων.
- Έργα προστασίας δικτυακών υποδομών (ηλεκτρική ενέργεια, τηλεπικοινωνίες).
- Έργα προστασίας βιομηχανικών και εξορυκτικών εγκαταστάσεων από πλημμύρες και ακραία καιρικά φαινόμενα.

### 6.2 Έργα συντήρησης:

- Εφαρμογή υλικών και μεθόδων συντήρησης οδοστρωμάτων και άλλων υποδομών για προστασία από εκτεταμένη ξηρασία και ακραία καιρικά φαινόμενα.
- Εφαρμογή κατάλληλων υλικών και μεθόδων στη συντήρηση βιομηχανικών και εξορυκτικών εγκαταστάσεων.

## 7. Τουριστικός τομέας

### 7.1 Επενδύσεις ιδιωτικού τομέα:

- 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 τη μετακίνηση της τουριστικής περιόδου από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο και την άνοιξη.

### 7.2 Δημόσια έργα:

- Έργα προστασίας τουριστικών εγκαταστάσεων από πλημμύρες και ακραία καιρικά φαινόμενα.
- Έργα για την προστασία ή τη μετακίνηση τουριστικών εγκαταστάσεων σε ευάλωτες παράκτιες περιοχές.

## 8. Δομημένο περιβάλλον

### 8.1 Δημόσια έργα:

- Δημιουργία και προστασία “πράσινων χώρων”, οι οποίοι συμβάλλουν στη μείωση του φαινομένου της θερμικής νησίδας, παρέχουν σκίαση, βελτιώνουν την ποιότητα του αέρα, κ.ά.

### 9. Παρεμβάσεις στα κτήρια για την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω κινήτρων, θεσμικών μέτρων και χρηματοδοτικών μηχανισμών. Ενδεικτικές παρεμβάσεις:

- Χρήση δομικών υλικών τα οποία μπορούν να συνεισφέρουν με φυσικό τρόπο στη θερμική μόνωση των κτηρίων.
- Κατασκευή συστημάτων κυκλοφορίας αέρα και φυσικού εξαερισμού και δροσισμού, συμβάλλοντας στη διατήρηση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους σε σταθερά επίπεδα και στην εξοικονόμηση ενέργειας.
- Κατασκευή ειδικών στεγαστρων, τα οποία προσφέρουν σκίαση στις προσόψεις των κτηρίων και παρέχουν δροσισμό.
- Προώθηση εγκατάστασης αντλιών θερμότητας εδάφους-νερού, οι οποίες, πέρα από κάλυψη θερμικών αναγκών, παρέχουν και δροσισμό.
- Δημιουργία “πράσινων στεγών”, οι οποίες παρέχουν δροσισμό το καλοκαίρι και μόνωση το χειμώνα, εξοικονομώντας ενέργεια.

## 10. Ανθρώπινη υγεία

- Βελτιώσεις και αλλαγές στις υποδομές του συστήματος υγείας (π.χ., κλιματισμός στα νοσοκομεία ή ενίσχυση του εξοπλισμού που σχετίζεται με τις συγκεκριμένες ασθένειες οι οποίες πιθανόν να βρίσκονται σε έξαρση λόγω της κλιματικής αλλαγής).
- Παρακολούθηση των ασθενειών (δημιουργία κατάλληλων υποδομών, εργαστηρίων κ.λπ., εξειδικευμένη εκπαίδευση νέων απασχολουμένων στον τομέα της υγείας, κ.ά.).
- Επένδυση στην έρευνα για τις ασθένειες τις οποίες πιθανόν θα ενισχύσει η κλιματική αλλαγή, καθώς και σε τρόπους για την αποφυγή των εν λόγω ασθενειών.
- Βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος διαβίωσης (π.χ., ποιότητα του αέρα, ποιότητα του παρεχόμενου νερού).
- Προσαρμογή των συνθηκών στο χώρο εργασίας, ώστε να αμβλυθούν οι συνέπειες της μειωμένης παραγωγικότητας του εργατικού δυναμικού λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, καθώς και/ή αναπροσαρμογή των ωρών/περιόδων εργασίας.
- Στενότερη ιατρική παρακολούθηση των εργαζομένων/παροχή ιατρικής βοήθειας στο χώρο εργασίας.
- Ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης ειδοποίησης (προς μετριασμό των συνεπειών από απρόβλεπτες και ακραίες καιρικές μεταβολές, π.χ. κύματα καύσωνα).

Οι τομειακές αναλύσεις στο Κεφάλαιο 2 παρέχουν περισσότερες πληροφορίες και αναφέρουν επιπλέον μέτρα προσαρμογής, εξειδικευμένα για κάθε τομέα.

### **3.4.3 Μελέτη του κόστους της προσαρμογής με το πρότυπο γενικής ισορροπίας GEM-E3**

Στην παρούσα ενότητα μελετάται με ποσοτικό τρόπο το συνολικό κόστος της προσαρμογής για την ελληνική οικονομία αναφορικά με το ενδεχόμενο μεγάλης έντασης των κλιματικών μεταβολών, όπως περιγράφονται στο Σενάριο A2.

Επειδή υφίσταται σημαντική αβεβαιότητα σχετικά με την ένταση της κλιματικής αλλαγής στο μέλλον και επειδή τα μέτρα προσαρμογής θα πρέπει να λαμβάνονται έγκαιρα, είναι πολύ δύσκολο να προταθεί η άριστη πολιτική προσαρμογής. Τυχόν υπερβολικά μέτρα προσαρμογής μπορεί να κριθούν εκ των υστέρων μη αναγκαία, με συνέπεια τη σπατάλη χρηματικών πόρων. Είναι όμως επίσης δυνατόν τα μικρής έκτασης μέτρα προσαρμογής να κριθούν εκ των υστέρων αναποτελεσματικά και να χρειαστούν έκτακτα και δαπανηρά μέτρα “της τελευταίας στιγμής”.

Ενόψει αυτών των δυσκολιών, δεν επιχειρείται στην παρούσα ενότητα η πλήρης ποσοτική διερεύνηση των διαφόρων υποψήφιων πολιτικών προσαρμογής. Μεταξύ των σεναρίων που εξετάζονται στην όλη μελέτη, η διερεύνηση περιορίζεται, ενδεικτικά, μόνο στην περίπτωση της κλιματικής αλλαγής με μέγιστη ένταση.

Σκοπός της ποσοτικής εκτίμησης είναι επίσης η ανάλυση κόστους και οφέλους, ώστε να συγκριθεί το κόστος προσαρμογής (παρούσα ενότητα) με το κόστος μετριασμού (Κεφάλαιο 4) και το κόστος μη δράσης (Υποκεφάλαιο 3.3).

Ο σχεδιασμός του Σεναρίου Προσαρμογής βασίστηκε στις τομειακές αναλύσεις (Κεφάλαιο 2), καθώς και στη μελέτη “Assessing the costs of adaptation to climate change” (Parry et al., 2009). Η μελέτη αυτή παρέχει επισκόπηση του συνόλου των μελετών που έχουν εκπονηθεί από τον ΟΗΕ στο πλαίσιο του οργανισμού UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) αναφορικά με το θέμα της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη, με μέσο λόγο οφέλους/κόστους που κυμαίνεται μεταξύ του 20, για ένα σενάριο έντονου μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, και του 60, που αντιστοιχεί σε σενάριο έντονης εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής, όπως το A2. Η μελέτη εκτιμά ότι, μετά τη λήψη μέτρων προσαρμογής, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορούν να περιοριστούν κατά 28% έως 33% συγκριτικά με την περίπτωση απουσίας κάθε δράσης είτε για μετριασμό είτε για προσαρμογή.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην παρούσα ενότητα για την εκτίμηση του κόστους για την ελληνική οικονομία βάσει του Σεναρίου Προσαρμογής συνοψίζεται στα εξής:

- Το συνολικό κόστος της προσαρμογής για την ελληνική οικονομία αποτελείται από το κόστος των μέτρων προσαρμογής και από το κόστος που οφείλεται στην κλιματική αλλαγή.

- Το κόστος των μέτρων προσαρμογής εκτιμάται πρώτα ως άμεση δαπάνη σε έργα και παρεμβάσεις προσαρμογής και στη συνέχεια εκτιμάται το συνολικό κόστος ή όφελος για την ελληνική οικονομία από τις δαπάνες αυτές, λαμβανομένων υπόψη όλων των έμμεσων επιπτώσεων στην οικονομία, όπως αυτές προσομοιώνονται με τη χρήση του προτύπου γενικής ισορροπίας GEM-E3.
- Για την εκτίμηση του άμεσου κόστους των μέτρων προσαρμογής αντλούνται στοιχεία από τις τομεακές αναλύσεις που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2, ενώ για όποιες περιπτώσεις τομέων δεν παρέχονται ποσοτικές εκτιμήσεις στις αναλύσεις αυτές, γίνεται εκτίμηση του άμεσου κόστους με βάση στοιχεία από τη διεθνή βιβλιογραφία.
- Για την εκτίμηση του κόστους που οφείλεται στην κλιματική αλλαγή, γίνεται εκτίμηση του βαθμού κατά τον οποίο τα μέτρα προσαρμογής θα επιτύχουν μετριασμό των αρνητικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής σε διάφορους τομείς.
- Η μείωση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής εφαρμόζεται κατά τομέα, μειώνοντας το ύψος των εκτιμήσεων του άμεσου κόστους της κλιματικής αλλαγής, που αναφέρεται στο Υποκεφάλαιο 3.3.
- Στη συνέχεια εφαρμόζεται το πρότυπο γενικής ισορροπίας για την εκτίμηση του συνολικού κόστους για την ελληνική οικονομία από τις περιορισμένες σε έκταση επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής χάρη στα μέτρα προσαρμογής.
- Το συνολικό κόστος του Σεναρίου Προσαρμογής προκύπτει τελικά από τη συνδυασμένη εφαρμογή, στο πρότυπο γενικής ισορροπίας, του άμεσου κόστους των μέτρων προσαρμογής και των μετριασμένων επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή.

Ως μέτρα προσαρμογής λαμβάνονται υπόψη εξωγενώς μόνο τα μέτρα που αντιστοιχούν στη “σχεδιασμένη” προσαρμογή (Πίνακας 3.22), η οποία αντιστοιχεί σε δράσεις και έργα τα οποία αναλαμβάνονται από το κράτος. Τα μέτρα προσαρμογής τα οποία λαμβάνονται “αυθόρμητα” από καταναλωτές και παραγωγούς δεν αναπαρίστανται μέσω εξωγενών μεταβολών των παραμέτρων του προτύπου γενικής ισορροπίας, όμως θα πρέπει να θεωρηθεί ότι τμήμα αυτών έμμεσα περιλαμβάνεται στην ανάλυση μέσω της ενδογενούς μεταβολής των συμπεριφορών όπως αυτές προσομοιώνονται μέσω των συναρτήσεων κατανάλωσης και παραγωγής που υπεισέρχονται στο πρότυπο γενικής ισορροπίας.

Οι εκτιμήσεις του άμεσου κόστους των μέτρων προσαρμογής που αντλήθηκαν από τα στοιχεία του Κεφαλαίου 2 αφορούν μόνο στους τομείς των υδάτινων αποθεμάτων, των δασών, των μεταφορών, του τουρισμού, του δομημένου περιβάλλοντος και των παράκτιων συστημάτων. Οι εκτιμήσεις αυτές καταγράφονται στον Πίνακα 3.1 του Υποκεφαλαίου 3.3 και παρουσιάζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στον Πίνακα 3.23 Για τους τομείς της γεωργίας και της αλιείας αντλήθηκαν στοιχεία από την διεθνή βιβλιογραφία. Οι τομείς της βιοποικιλότητας, των οικοσυστημάτων και της υγείας δεν περιλαμβάνονται στην ανάλυση σχετικά με το κόστος προσαρμογής. Επίσης, μέρος των αναμενόμενων δαπανών προστασίας από ακραία καιρικά φαινόμενα

μενα και πλημμύρες, ιδίως για τους τομείς της βιομηχανίας, των εξορυκτικών δραστηριοτήτων και των δικτυακών υποδομών, δεν περιλαμβάνεται στην ανάλυση.

Έγινε η υπόθεση ότι το μεγαλύτερο μέρος των μέτρων προσαρμογής υλοποιούνται κατά τη χρονική περίοδο 2025-2050 (1η φάση προσαρμογής). Γίνεται επίσης η υπόθεση ότι επιπλέον δαπάνες για μέτρα προσαρμογής θα χρειαστούν και κατά τη χρονική περίοδο 2050-2070 (2η φάση προσαρμογής), όμως αυτές θα είναι μικρότερης έκτασης από τις δαπάνες κατά την πρώτη φάση προσαρμογής (περίπου 50% μειωμένες). Εξαίρεση έγινε για τον τομέα των μεταφορών, για τον οποίο λαμβάνεται ακριβώς το κόστος προσαρμογής που προβλέπει η ανάλυση στο Υποκεφάλαιο 2.9.

Παρά τα μέτρα προσαρμογής θα παραμείνουν αρνητικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, όμως το μέγεθος των επιπτώσεων αυτών θα είναι πιο περιορισμένο συγκριτικά με εκείνες που εκτιμήθηκαν στο πλαίσιο του Σεναρίου Μη Δράσης (δηλαδή του Κλιματικού Σεναρίου A2, όπως αναλύεται στο Υποκεφάλαιο 3.3). Έγιναν δεκτές διαφορετικές υποθέσεις κατά τομέα σχετικά με τον περιορισμό των άμεσων επιπτώσεων χάρη στα μέτρα προσαρμογής. Η εκατοστιαία μείωση του άμεσου κόστους της κλιματικής αλλαγής κυμαίνεται μεταξύ 30% και 70% ανάλογα με τον τομέα. Περισσότερες λεπτομέρειες παρέχονται στον Πίνακα 3.23.

Σχετικά με τον τομέα της γεωργίας, οι εκτιμήσεις για το άμεσο κόστος των μέτρων προσαρμογής βασίστηκαν κυρίως στη μελέτη “*Adaptation Options for Agriculture, Forestry and Fisheries*” του McCarl (2007). Η μελέτη αυτή αναφέρεται στο A1B Κλιματικό Σενάριο και αποτιμά τα μέτρα προσαρμογής ως αύξηση κατά 2% του κόστους του κεφαλαίου υποδομών του τομέα. Έγινε ακόμα η υπόθεση ότι τα ποσά που δαπανώνται σήμερα για το γεωργικό τομέα προκειμένου να αντιμετωπιστούν προβλήματα ερημοποίησης, να πραγματοποιηθεί απονιτροποίηση του εδάφους και να εκτελεστούν εγγειοβελτιωτικά έργα θα αυξηθούν στο μέλλον, στο πλαίσιο της εφαρμογής μέτρων προσαρμογής.

Είναι αβέβαιες οι εκτιμήσεις σχετικά με τα μέτρα προσαρμογής στον τουριστικό τομέα. Το κόστος των μέτρων που αφορούν σε ζητήματα προστασίας και μετακίνησης σε μεγαλύτερη απόσταση από τις ακτογραμμές έχει συμπεριληφθεί στον τομέα των παράκτιων συστημάτων. Τα επιπλέον μέτρα προσαρμογής ειδικά στον τουριστικό τομέα θα πρέπει να ληφθούν κυρίως από τον ιδιωτικό τομέα και επομένως θα οδηγήσουν σε αύξηση του κόστους παροχής τουριστικών υπηρεσιών, πέραν του κόστους εργασίας. Η διεθνής βιβλιογραφία που αφορά την ανάλυση των δυνατοτήτων προσαρμογής του τουρισμού εστιάζεται κυρίως στις δυνατότητες που υπάρχουν για το χειμερινό τουρισμό, ο οποίος είναι περισσότερο ελαστικός και έχει μεγαλύτερα περιθώρια προσαρμογής. Ο τουρισμός που βασίζεται στην καλοκαιρινή περίοδο, όπως ο ελληνικός, έχει πολύ λιγότερες δυνατότητες προσαρμογής, καθώς εξαρτάται άμεσα από τις ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή παράκτιες περιοχές, όπου βρίσκεται και το μεγαλύτερο μέρος των υποδομών του (Fisher, 2007). Θα απαιτηθούν όμως δαπάνες για την περαιτέρω προώθηση του τουρισμού και την επέκταση της τουριστικής περιόδου πέραν του θέρους, καθώς και δαπά-

Πίνακας 3.23

**Συγκεντρωτικός πίνακας εκτιμήσεων του άμεσου κόστους των μέτρων προσαρμογής (Σε εκατ. ευρώ του 2010, εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά)**

Τομείς	Μέτρα προσαρμογής	1η φάση προσαρμογής, 2025-2050	2η φάση προσαρμογής, 2050-2070	Εναπομένουσες επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή
Μεταφορές	Δαπάνες για μετακίνηση μέρους του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου σε μεγαλύτερη απόσταση από την ακτογραμμή	3.300	-	Δεν αποφεύγεται το κόστος συντήρησης του οδικού δικτύου λόγω ανόδου της θερμοκρασίας.
	Δαπάνες για προστασία του χερσαίου δικτύου μεταφορών από τις πλημμύρες	184 σε ετήσια βάση	276 σε ετήσια βάση	Αποφεύγεται το κόστος που προκαλείται από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και από τα ακραία καιρικά φαινόμενα.
Παράκτια συστήματα	Δαπάνες για προστασία των παράκτιων συστημάτων (εκτός των λιμένων)	1.864	1.482	Αποφεύγεται το 60-70% των επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή.
	Δαπάνες για την ανύψωση κρητιδωμάτων στα λιμάνια	600		
Υδάτινα αποθέματα	Δαπάνες σε έργα και παρεμβάσεις για αποκατάσταση αποθεμάτων και ορθολογική χρήση	7 σε ετήσια βάση	42 σε ετήσια βάση	Αποφεύγεται συνολικό κόστος €390 εκατομμυρίων.
	Επιπλέον κόστος διαχείρισης	50 σε ετήσια βάση	30 σε ετήσια βάση	Το μεγαλύτερο μέρος των επιπτώσεων στα δασικά οικοσυστήματα αποφεύγεται.
Δάση	Δαπάνες για βελτίωση της δασοπυρόσβεσης	80 σε ετήσια βάση	46 σε ετήσια βάση	
	Κόστος έργων προστασίας	4.700	2.800	
Τουρισμός	Εκατοστιαία αύξηση του κόστους παροχής των τουριστικών υπηρεσιών, αφαιρουμένου του κόστους εργασίας	10%	10%	Αποφεύγεται το 20-30% των απωλειών των τουριστικών εσόδων.
Γεωργία και αλιεία	Δαπάνες για αρδευτικά έργα και έργα προστασίας	72 σε ετήσια βάση	42 σε ετήσια βάση	Το μεγαλύτερο μέρος των επιπτώσεων στην αλιεία αποφεύγεται.
	Κόστος για την προώθηση βελτιωμένων πρακτικών παραγωγής και για την προστασία των υδροτοπικών συστημάτων	100 σε ετήσια βάση	60 σε ετήσια βάση	Η μείωση της παραγωγικότητας του γεωργικού τομέα διαμορφώνεται στο 6% το 2050 (βελτίωση κατά 30%) και στο 15% το 2100 (βελτίωση κατά 21%).
Δομημένο περιβάλλον	Κόστος ενεργειακής αναβάθμισης κτηριακού αποθέματος και ανάπτυξης πράσινων νησίδων	20.000	-	Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για κλιματισμό κατά 20% συγκριτικά με το Σενάριο Μη Δράσης.

Στην ανάλυση για τον τομέα των υδατινών αποθεμάτων επισημαίνεται ότι το κόστος αυτό δεν αντανakλά το πλήρες κόστος υλοποίησης της συγκεκριμένης πολιτικής. Ωστόσο, ελλείψει περισσότερων στοιχείων, στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το μερικό αυτό κόστος.

νες αναβάθμισης των κτηριακών υποδομών, ιδίως με σκοπό την βελτίωση της διαβίωσης υπό συνθήκες αυξημένων θερμοκρασιών.

Όπως γίνεται φανερό από τον Πίνακα 3.23, το μεγαλύτερο μέρος του κόστους των μέτρων προσαρμογής αντιστοιχεί σε δημόσιες δαπάνες. Αυτές εισήχθησαν στο πρότυπο γενικής ισορροπίας ως επιπλέον δημόσια επένδυση και κατανάλωση σε τομείς αντίστοιχους με κάθε μέτρο προσαρμογής (δημόσια έργα μεταφορών, δαπάνες για τη γεωργία, τα δάση, κ.λπ.). Ορισμένα από τα μέτρα προσαρμογής αντιστοιχούν σε χρηματοδότηση από τον ιδιωτικό τομέα, όπως οι δαπάνες για τα μέτρα προσαρμογής του τουριστικού τομέα, οι οποίες, μετά από αναγωγή σε ετήσια βάση, εισήχθησαν στο πρότυπο ως αύξηση του μοναδιαίου κόστους (πέραν του κόστους εργασίας) των τομέων παροχής τουριστικών υπηρεσιών. Άλλα μέτρα προσαρμογής αντιστοιχούν σε επενδυτικές δαπάνες παραγωγικών κλάδων οι οποίοι ευρίσκονται υπό δημόσιο έλεγχο, όπως ο τομέας της ύδρευσης. Για τους τομείς αυτούς, το κόστος των μέτρων προσαρμογής εισήχθη στο πρότυπο ως επιπλέον δημόσια δαπάνη.

Σχετικά με το κόστος των μέτρων προσαρμογής τα οποία αφορούν στην ενεργειακή αναβάθμιση των οικιών και κτηρίων αστικών κέντρων, έγινε η υπόθεση ότι η χρηματοδότηση του επιπλέον κόστους θα προέλθει από αύξηση των έμμεσων φόρων που επιβάλλονται στα ενεργειακά προϊόντα. Στο πλαίσιο του προτύπου διασφαλίστηκε ότι τα επιπλέον έσοδα από την ενεργειακή φορολογία χρηματοδοτούν επακριβώς τις επιπλέον δαπάνες για την ενεργειακή αναβάθμιση των οικιών και κτηρίων. Με τον τρόπο αυτό βέβαια, το κόστος της ενεργειακής αναβάθμισης τελικά επιβαρύνει τα νοικοκυριά, τα οποία όμως ωφελούνται από την εξοικονόμηση δαπανών για αγορά ενεργειακών προϊόντων.

Οι εκτιμήσεις του άμεσου κόστους των μέτρων προσαρμογής εισήχθησαν ως εξωγενείς μεταβολές των τιμών των παραμέτρων του προτύπου γενικής ισορροπίας.

Εφόσον μεγάλο τμήμα των μέτρων προσαρμογής αντιστοιχεί σε δημόσιες δαπάνες, το επιπλέον δημοσιονομικό κόστος θα έχει μακροοικονομικές επιπτώσεις στην ελληνική οικονομία. Η ανάλυση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας μεταχειρίζεται την υπόθεση ότι η δημοσιονομική επιβάρυνση θα επέλθει σε μελλοντικό χρόνο, κατά τον οποίο θα έχει αντιμετωπιστεί η παρούσα κρίση σχετικά με το δημόσιο χρέος και επομένως η χρηματοδότηση της δημόσιας δαπάνης για τα μέτρα προσαρμογής θα μπορεί να γίνεται με ανταγωνιστικά επιτόκια της αγοράς.

Με βάση αυτήν την υπόθεση, το πρότυπο γενικής ισορροπίας προσομοιώνει τη μελλοντική διαμόρφωση του πραγματικού επιτοκίου ως σκιάδη τιμή του ισοζυγίου πληρωμών, το οποίο κατ' αρχήν θα επιβαρυνθεί εξαιτίας αυτής της δημόσιας δαπάνης. Τα μέτρα προσαρμογής θα έχουν επομένως ως επίπτωση την αύξηση του πραγματικού επιτοκίου. Τα αποτελέσματα του προτύπου δείχνουν ότι η αύξηση αυτή είναι το πολύ μία εκατοστιαία μονάδα.

Η αύξηση του πραγματικού επιτοκίου δρα επιβαρυντικά για τις ιδιωτικές επενδύσεις. Με άλλα λόγια, η επιπλέον δημόσια δαπάνη για μέτρα προσαρμογής οδηγεί σε μερική εκτόπιση (crowding out effect) των ιδιωτικών επενδύσεων, η οποία έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικο-

νομική ανάπτυξη. Οι επιπτώσεις αυτές προσομοιώνονται από το πρότυπο μέσω προσδιορισμού του πραγματικού επιτοκίου.

Ταυτόχρονα όμως, η αύξηση της δημόσιας δαπάνης για μέτρα προσαρμογής έχει ενισχυτικές επιπτώσεις για τους κλάδους της οικονομικής δραστηριότητας και, κατ' επέκταση, για τις ιδιωτικές επενδύσεις. Η επιπλέον δημόσια δαπάνη ισοδυναμεί με αύξηση της ζήτησης αγαθών και υπηρεσιών που απαιτούνται για την υλοποίηση των δημόσιων έργων και την εκτέλεση συναφών δαπανών για την προστασία από τις κλιματικές επιπτώσεις. Η επιπλέον ζήτηση των εν λόγω αγαθών και υπηρεσιών δρα πολλαπλασιαστικά στην οικονομία και προσομοιώνεται από το πρότυπο μέσω του πολλαπλασιαστή Leontieff. Η επιπλέον δραστηριότητα λόγω των δημόσιων δαπανών για τα μέτρα προσαρμογής έχει θετικές συνέπειες για την απασχόληση, οι οποίες, μέσω της ισορροπίας της αγοράς εργασίας, έχουν αυξητικές επιπτώσεις στους πραγματικούς μισθούς. Επίσης, οι τομείς δραστηριότητας που ευνοούνται από τη δομή κατά τομέα των επιπλέον δημόσιων δαπανών επενδύουν περισσότερο, συγκριτικά με την κατάσταση χωρίς τις επιπλέον αυτές δαπάνες, και επομένως δημιουργείται περαιτέρω πίεση στην αγορά κεφαλαίων, πράγμα που ισοδυναμεί με τάσεις περαιτέρω αύξησης του πραγματικού επιτοκίου. Ως αποτέλεσμα των πιέσεων στις αγορές εργασίας και κεφαλαίων, το πρότυπο προσομοιώνει τάση αύξησης των τιμών των αγαθών και των υπηρεσιών.

Όμως, οι μεταβολές αυτές, δηλαδή η επιπλέον οικονομική δραστηριότητα εξαιτίας των πρόσθετων δημόσιων δαπανών, καθώς και η τάση αύξησης των τιμών των αγαθών και των υπηρεσιών, έχουν αρνητική επίπτωση στο ισοζύγιο εμπορικών συναλλαγών, το οποίο επιβαρύνεται από την αύξηση των εισαγωγών και τη μείωση των εξαγωγών. Η αυξημένη εγχώρια δραστηριότητα ασκεί επίπτωση εκτόπισης των εξαγωγικών δραστηριοτήτων. Εφόσον το πρότυπο προσομοιώνει διατήρηση του ισοζυγίου εξωτερικών πληρωμών στο επίπεδο της κατάστασης χωρίς τα μέτρα προσαρμογής, το πραγματικό επιτόκιο επαναπροσδιορίζεται από το πρότυπο και επηρεάζει αρνητικά την κατανάλωση.

Οι ιδιωτικές δαπάνες και επενδύσεις που αντιστοιχούν σε ορισμένα από τα μέτρα προσαρμογής έχουν περαιτέρω αρνητικές επιπτώσεις στην οικονομία. Οι αντίστοιχοι κλάδοι, αλλά και η ιδιωτική κατανάλωση, μεταφέρουν πόρους για τις δαπάνες σε μέτρα προσαρμογής σε βάρος άλλων δαπανών, οι οποίες έχουν μεγαλύτερο πολλαπλασιαστικό όφελος για την οικονομία. Η προσομοίωση με το πρότυπο καταδεικνύει ότι οι αρνητικές επιπτώσεις από την εκτόπιση αυτή είναι μεγαλύτερες από τη θετική επίπτωση που έχει στην οικονομία η επιπλέον ζήτηση για αγαθά και υπηρεσίες που απαιτούνται για την υλοποίηση των αντίστοιχων μέτρων προσαρμογής.

Η προσομοίωση με το πρότυπο γενικής ισορροπίας φανερώνει ότι η επίπτωση εξαιτίας της αύξησης των δημόσιων δαπανών μέσω των μηχανισμών εκτόπισης των επενδύσεων και των εξαγωγών είναι μεγαλύτερη από την επίπτωση που αυξάνει πολλαπλασιαστικά την οικονομική δραστηριότητα, με αποτέλεσμα το πρότυπο να εκτιμά ότι τελικά θα υπάρξει μείωση του ΑΕΠ,

συγκριτικά με την κατάσταση χωρίς τα μέτρα προσαρμογής, μείωση της ιδιωτικής κατανάλωσης, μείωση (μικρότερης έκτασης) των ιδιωτικών επενδύσεων, αλλά οριακή μεταβολή της απασχόλησης. Μέρος της μείωσης του ΑΕΠ οφείλεται και στα ιδιωτικά μέτρα προσαρμογής, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Η επίπτωση κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας δεν είναι ομοιόμορφη. Οι δαπάνες για τα μέτρα προσαρμογής έχουν θετική επίπτωση σε ορισμένους τομείς της οικονομίας, όπως οι κατασκευές, η παραγωγή μη μεταλλικών ορυκτών και υλικών κατασκευής, η παραγωγή σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων και οι τραπεζικές υπηρεσίες. Έχουν όμως αρνητικές επιπτώσεις στους λοιπούς παραγωγικούς τομείς της οικονομίας.

Με την πάροδο του χρόνου η οικονομία υφίσταται επιπλέον τις αρνητικές επιπτώσεις εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, η ένταση των οποίων είναι περιορισμένη συγκριτικά με αυτές του Σεναρίου Μη Δράσης, χάρη στα μέτρα προσαρμογής. Ο μακροοικονομικός μηχανισμός των επιπτώσεων αυτών είναι ίδιος με αυτόν που περιγράφεται στο Υποκεφάλαιο 3.3.

#### **3.4.4 Εκτίμηση συνολικού κόστους της προσαρμογής**

Η ανάλυση της προσαρμογής με το πρότυπο γενικής ισορροπίας υπόκειται σε πολλούς περιορισμούς, επειδή δεν αποτυπώνεται πλήρως το εύρος των δυνατών μέτρων προσαρμογής και είναι αρκετά αβέβαιη η εκτίμηση του οφέλους που προέρχεται από το μετριασμό των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής.

Ωστόσο, έγινε χρήση του προτύπου γενικής ισορροπίας GEM-E3 με βάση τα στοιχεία και τις υποθέσεις που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα.

Με χρήση του προτύπου γενικής ισορροπίας εκτιμήθηκαν οι οικονομικές (μακροοικονομικές και κλαδικές) επιπτώσεις της συνδυασμένης εφαρμογής των μέτρων προσαρμογής και των (περιορισμένων) ζημιών λόγω της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, εκτιμήθηκε χωριστά το συνολικό κόστος των μέτρων προσαρμογής και των περιορισμένων ζημιών από την κλιματική αλλαγή. Από τη σύγκριση αυτού του τελευταίου κόστους με το συνολικό κόστος του Σεναρίου Μη Δράσης (A2, βλ. Υποκεφάλαιο 3.3), συνάγεται εκτίμηση του συνολικού οφέλους για την ελληνική οικονομία χάρη στα μέτρα προσαρμογής.

Για την προσομοίωση αυτή εφαρμόστηκε στην κατάσταση της οικονομίας του έτους βάσης η περιορισμένη ένταση κλιματικών αλλαγών που αντιστοιχεί στα έτη 2050, 2070 και 2100, καθώς και η έκταση των μέτρων προσαρμογής που αντιστοιχεί στα τρία αυτά έτη. Η επιλογή τριών ετών αναφοράς έγινε ώστε να αποτυπωθεί καλύτερα η διαφορετική δυναμική των μέτρων προσαρμογής και των ζημιών από την κλιματική αλλαγή.

Με βάση τις παραδοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω για τα μέτρα προσαρμογής και το όφελος που επιφέρουν μειώνοντας τις ζημιές εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής που αντιστοιχεί στο Κλιματικό Σενάριο A2, προκύπτουν τα κάτωθι συμπεράσματα στο πλαίσιο των αποτελεσμάτων του προτύπου γενικής ισορροπίας.

Η λήψη μέτρων προσαρμογής την περίοδο 2025-2050 αντιστοιχεί σε ετήσιες δαπάνες που ισοδυναμούν περίπου με 1,5% του ΑΕΠ, επιπλέον των δαπανών του Σεναρίου Αναφοράς. Οι δαπάνες σε μέτρα προσαρμογής μειώνονται κατά τις επόμενες χρονικές περιόδους και ισοδυναμούν με 0,9% του ΑΕΠ κατά την περίοδο 2051-2070 και με 0,1% του ΑΕΠ κατά την περίοδο μετά το 2070.

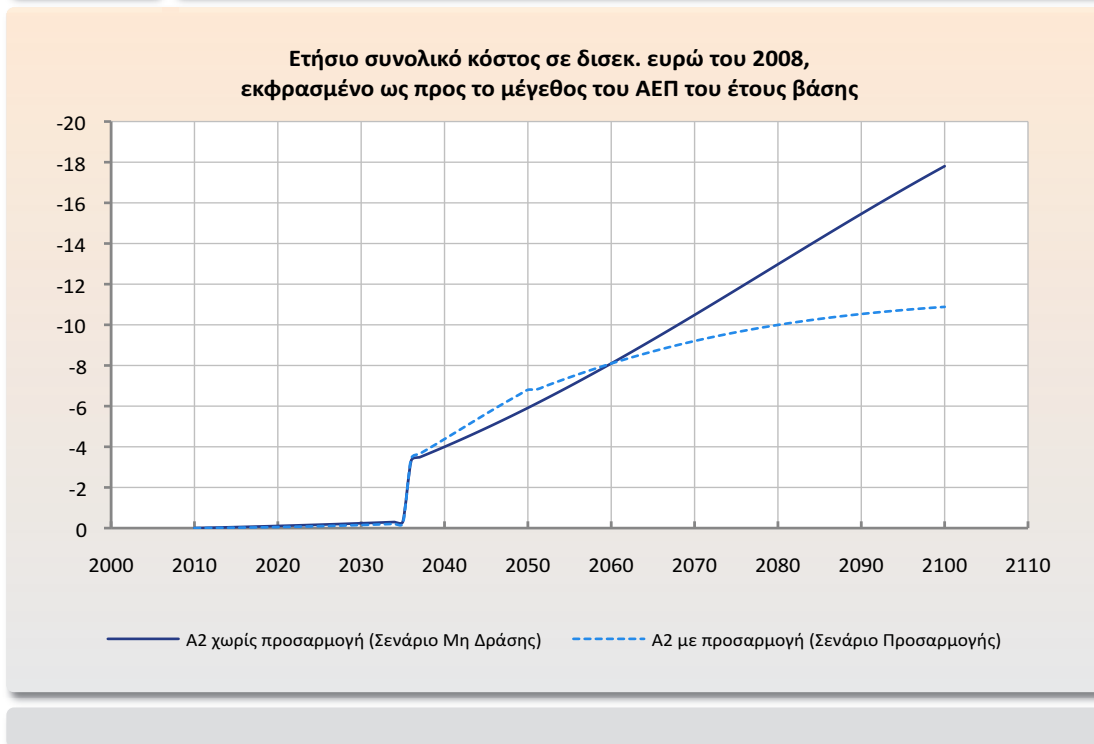
Πίνακας 3.24

Συνολικό κόστος του Σεναρίου Προσαρμογής για την ελληνική οικονομία, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προτύπου γενικής ισορροπίας GEM-E3

		Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2050	Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2070	Ένταση κλιματικής αλλαγής του 2100
<b>Εκατοστιαία μεταβολή του ΑΕΠ</b>				
Εφαρμογή μόνο των μέτρων προσαρμογής	αρχικό έτος προσομοίωσης	-0,92	-0,55	-0,07
	τελικό έτος προσομοίωσης	-1,10	-0,66	-0,08
Εναπομένουσες επιπτώσεις λόγω κλιματικής αλλαγής	αρχικό έτος προσομοίωσης	-0,96	-2,16	-3,96
	τελικό έτος προσομοίωσης	-0,97	-1,99	-3,59
Συνδυασμός μέτρων προσαρμογής και κλιματικών επιπτώσεων	αρχικό έτος προσομοίωσης	-2,11	-3,02	-4,03
	τελικό έτος προσομοίωσης	-2,30	-2,96	-3,67
<b>Μεταβολή του μεγέθους του ΑΕΠ έτους βάσης, σε εκατ. ευρώ του 2008 ετησίως</b>				
Εφαρμογή μόνο των μέτρων προσαρμογής	αρχικό έτος προσομοίωσης	-2.177	-1.303	-174
	τελικό έτος προσομοίωσης	-3.249	-1.952	-250
Εναπομένουσες επιπτώσεις λόγω κλιματικής αλλαγής	αρχικό έτος προσομοίωσης	-2.272	-5.125	-9.393
	τελικό έτος προσομοίωσης	-2.863	-5.897	-10.646
Συνδυασμός μέτρων προσαρμογής και κλιματικών επιπτώσεων	αρχικό έτος προσομοίωσης	-4.989	-7.156	-9.553
	τελικό έτος προσομοίωσης	-6.804	-8.764	-10.883
<b>Ισοδύναμη μεταβολή της ευημερίας του έτους βάσης, σε εκατ. ευρώ του 2008 ετησίως</b>				
Εφαρμογή μόνο των μέτρων προσαρμογής	αρχικό έτος προσομοίωσης	-857	-513	-72
	τελικό έτος προσομοίωσης	-1.689	-1.013	-135
Εναπομένουσες επιπτώσεις λόγω κλιματικής αλλαγής	αρχικό έτος προσομοίωσης	-1.132	-3.618	-7.246
	τελικό έτος προσομοίωσης	-1.922	-6.136	-12.504
Συνδυασμός μέτρων προσαρμογής και κλιματικών επιπτώσεων	αρχικό έτος προσομοίωσης	-2.278	-4.431	-7.311
	τελικό έτος προσομοίωσης	-4.056	-7.656	-12.627

**Διάγραμμα 3.6**

**Συνολικό ετήσιο κόστος για την ελληνική οικονομία βάσει του Σεναρίου Προσαρμογής και του Σεναρίου Μη Δράσης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προτύπου γενικής ισορροπίας GEM-E3 (Ετήσιο συνολικό κόστος σε δισεκ. ευρώ του 2008, εκφρασμένο ως προς το μέγεθος του ΑΕΠ του έτους βάσης)**



Οι επιπλέον αυτές δαπάνες έχουν τελικά αρνητική επίπτωση στην οικονομία, όπως εξηγήθηκε στην προηγούμενη ενότητα, και οδηγούν σε μείωση του ΑΕΠ, η οποία είναι, σε απόλυτα μεγέθη, μικρότερη από το ύψος των δαπανών για μέτρα προσαρμογής.

Παρά τα μέτρα προσαρμογής, η οικονομία υφίσταται ζημίες εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής η οποία εκτυλίσσεται σύμφωνα με το Κλιματικό Σενάριο A2. Οι εναπομένουσες ζημίες λόγω της κλιματικής αλλαγής είναι μικρές στην αρχή και στο μέσον της χρονικής περιόδου προσομοίωσης, αλλά γίνονται σχετικά μεγαλύτερες προς το τέλος της περιόδου, δηλαδή κατά το διάστημα 2070-2100. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προτύπου, οι ζημίες οδηγούν σε μείωση του ΑΕΠ, όμως η μείωση αυτή σε απόλυτα μεγέθη είναι σαφώς μικρότερη αυτής που εκτιμήθηκε για το Σενάριο A2 (Μη Δράση) στο Υποκεφάλαιο 3.2. Εάν μετρηθεί ο περιορισμός των επιπτώσεων ως μεταβολή του μεγέθους του ΑΕΠ, προκύπτει ότι οι εναπομένουσες κλιματικές επιπτώσεις στην οικονομία, μετά την εφαρμογή των μέτρων προσαρμογής, περιορίζονται στο 48% της απώλειας του ΑΕΠ που αντιστοιχεί στο 2050 στο πλαίσιο του Σεναρίου A2 και στο 60% της απώλειας του ΑΕΠ που αντιστοιχεί στο έτος 2100.

Ωστόσο, ο συνδυασμός των δαπανών για μέτρα προσαρμογής και των περιορισμένων κλιματικών επιπτώσεων έχει αθροιστική επίπτωση και μειώνει το ΑΕΠ. Σύμφωνα με τα αποτε-

Πίνακας 3.25

Σωρευτικό κόστος για την ελληνική οικονομία βάσει του Σεναρίου Προσαρμογής και του Σεναρίου Μη Δράσης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προτύπου γενικής ισορροπίας GEM-E3 (Σε δισεκ. ευρώ του 2008)

	A2 χωρίς προσαρμογή (Μη Δράση)	A2 με προσαρμογή (Σενάριο Προσαρμογής)	Διαφορά κόστους της Προσαρμογής από τη Μη Δράση
<b>Προεξοφλητικό επιτόκιο ίσο με 0%</b>			
Περίοδος 2011 - 2050	78,9	85,7	-6,8
Περίοδος 2051 - 2070	182,3	177,5	4,7
Περίοδος 2071 - 2100	439,4	314,4	125,0
Περίοδος 2011 - 2100	700,5	577,7	122,8
<b>Προεξοφλητικό επιτόκιο ίσο με 2%</b>			
Περίοδος 2011 - 2050	40,5	43,6	-3,0
Περίοδος 2051 - 2070	65,0	63,8	1,2
Περίοδος 2071 - 2100	96,1	70,0	26,1
Περίοδος 2011 - 2100	201,6	177,3	24,3

λέσματα του προτύπου, η συνολική μείωση του ΑΕΠ, η οποία αντιστοιχεί στο Σενάριο Προσαρμογής, ανέρχεται σε -2,30% για το έτος 2050, -2,96% για το έτος 2070 και -3,67% για το έτος 2100.

Τα αποτελέσματα του προτύπου καταδεικνύουν ότι επέρχεται μείωση της ευημερίας, νοούμενη ως ισοδύναμη μεταβολή, σε μεγέθη αντίστοιχα με αυτά για το ΑΕΠ.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι επιπτώσεις διαφέρουν κατά κλάδο της οικονομίας, όπου οι κλάδοι των κατασκευών και των υλικών κατασκευών υφίστανται περιορισμένης έκτασης μείωση της παραγωγής και οι κλάδοι της γεωργίας και του τουρισμού υφίστανται μεγαλύτερης έκτασης αρνητική μεταβολή.

Επιχειρήθηκε επίσης εκτίμηση του σωρευτικού κόστους για την ελληνική οικονομία, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιγράφεται στο Υποκεφάλαιο 3.2, η οποία χρησιμοποιεί παρεμβολή με βάση σιγμοειδή συνάρτηση.

Επειδή η χρονική διαδρομή των δαπανών για μέτρα προσαρμογής είναι διαφορετική από αυτή των οικονομικών συνεπειών εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής (βλ. Διάγραμμα 3.6), δηλ. επειδή οι δαπάνες προσαρμογής προηγούνται των ζημιών λόγω κλίματος, το σωρευτικό κόστος του Σεναρίου Προσαρμογής είναι παρόμοιου μεγέθους με αυτό του Σεναρίου Μη Δράσης κατά τη χρονική περίοδο μέχρι το 2070. Όμως, κατά το διάστημα από το 2070 και μετά, το σωρευτικό κόστος της Μη Δράσης είναι σαφώς μεγαλύτερο συγκριτικά με αυτό της Προσαρμογής.

Το Σενάριο Προσαρμογής κοστίζει στην ελληνική οικονομία (σωρευτική μείωση του ΑΕΠ κατά τη χρονική περίοδο μέχρι το 2100) €123 δισεκ. (σταθερές τιμές του 2008) λιγότερο από ό,τι το Σενάριο Μη Δράσης. Το αποτέλεσμα αυτό υπολογίζεται με προεξοφλητικό επιτόκιο ίσο με το μηδέν και αναφορικά με το μέγεθος του ΑΕΠ έτους βάσης. Η διαφορά είναι πάλι θετική υπέρ του Σεναρίου Προσαρμογής και ανέρχεται στα €24 δισεκ. σωρευτικά, αν χρησιμοποιηθεί ετήσιο προεξοφλητικό επιτόκιο ίσο με 2%.

Παρά την αβεβαιότητα σχετικά με τα μέτρα προσαρμογής και τις συνέπειές τους ως κόστος για την ελληνική οικονομία, το αποτέλεσμα της ανάλυσης κόστους-οφέλους με βάση το πρότυπο γενικής ισορροπίας πρέπει να θεωρηθεί ασφαλές. Με άλλα λόγια, είναι δυνατόν να σχεδιαστεί κατάλληλο πρόγραμμα προσαρμογής, του οποίου το κόστος να είναι μικρότερο από το κόστος που αποφεύγεται επειδή η προσαρμογή μετριάξει τις οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Στην ανάλυση αυτή δεν ελήφθη υπόψη το όφελος που προκύπτει από το γεγονός ότι η προσαρμογή ως πολιτική προληπτικού χαρακτήρα έχει το χαρακτήρα ασφάλισης έναντι των ακραίων συνεπειών για την οικονομία λόγω της κλιματικής αλλαγής. Τονίζεται και πάλι ότι ο προσδιορισμός του άριστου μεγέθους των μέτρων προσαρμογής και του άριστου χρονικού προγραμματισμού τους ενέχει οπωσδήποτε μεγάλες δυσκολίες και, για το λόγο αυτό, η Πολιτεία οφείλει να εφαρμόσει, συστηματικά και με τις κατάλληλες συνεργασίες, διαδικασίες για τη στρατηγική της προσαρμογής, ώστε αυτή να εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου.

## Βιβλιογραφία

- Ackerman, F. (2009), “*Can We Afford the Future? The Economics of a Warming World*”, Zed Books, London.
- Ackerman, F., E. A. Stanton and R. Bueno (2010), “Fat tails, exponents, extreme uncertainty: Simulating catastrophe in DICE”, in *Ecological Economics*, Vol. 69, No. 8, 1657-65.
- Adams, R.M. et al. (2004), “The economic effects of climate change on US agriculture”, in Mendelsohn, R. and J.E. Neumann (eds), *The Impact of Climate Change on the United States Economy*, 18-54.
- Amelung, B. and A. Moreno (2009), “Impacts of Climate Change in Tourism in Europe. Peseta-Tourism Study”, European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies.
- Barker, T., A. Dagoumas and J. Rubin (2009), “The macroeconomic rebound effect and the world economy”, in *Energy Efficiency*, Vol. 2, No. 4, 411-27.
- Berritella, M., A. Bigano, R. Roson and R. S. J. Tol (2006), “A General Equilibrium Analysis of Climate Change Impacts on Tourism”, in *Tourism Management*, Vol. 27, No. 5, 913-24.
- Böhringer, C., A. Löschel and T.F. Rutherford (2007), “Decomposing the integrated assessment of climate change”, in *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 31, No. 2, 683-702.
- Bosello, F. (2003), “Modeling the Economic System and the Environment: An Overview on Different Approaches and a Presentation of the RICE96 Model”, <http://users.ictp.it/~eee/seminar/Bosello%20-%2020-05-03.ppt>
- Bosello, F. and R. Roson (2007), “*Estimating a Climate Change Damage Function through General Equilibrium Modeling*”, Department of Economics, University Ca’ Foscari of Venice, Research Paper, No. 08-07, <http://ssrn.com/abstract=1000839>
- Capros, P. (1995), “Integrated Economy/Energy/Environment Models”, International Symposium on Electricity, Health and the Environment, IAEA, Vienna, Austria, 16-19 October, <http://www.e3mlab.ntua.gr/papers/envP1.pdf>
- Capros, P., P. Georgakopoulos, D. Van Regemorter, S. Proost, T.F.N. Schmidt and K. Conrad (1997), “European Union: the GEM-E3 General Equilibrium Model”, in *Economic and Financial Modeling*, special double issue, summer/autumn.
- Capros, P., P. Georgakopoulos, D. Van Regemorter, S. Proost, T. Schmidt, H. Koschel, K. Conrad and E.L. Vouyoukas (1999), “*Climate Technology Strategies 2 – The Macro-Economic Cost and Benefit of Reducing Greenhouse Gas Emissions in the European Union*”, Springer-Verlag, Physica-Verlag, Berlin, ISBN 3-7908-1230-7.
- Ciscar, J.C. (ed.) (2009), “*Climate Change Impacts in Europe. Final Report of the Peseta Research Project*”, European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies.
- Dasgupta, P. (2008), “Discounting climate change”, in *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 37, No. 2, 141-69.
- DGECFIN (2008), “The 2009 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies for the EU-27 Member States (2007-2060)”, in *European Economy*.
- Dietz, S. (2010), “High Impact, Low Probability? An Empirical Analysis of Risk in the Economics of Climate Change”, in *Climatic Change*, 1-23.
- Dietz, S., C. Hope, N. Stern and D. Zenghelis (2007), “Reflections on the Stern Review (1): a robust case for strong action to reduce the risks of climate change”, in *World Economics*, Vol. 8, No.1, 121-68.
- Dregne, H. E. (1995), “Desertification Control: A Framework for Action”, in *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 37, No. 1, 111-22.
- European Commission (2009), White Paper on adapting to climate change, European Commission Environment, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:EL:PDF> [accessed September 2010].

Fankhauser, S. (1994), "The social costs of greenhouse gas emissions: an expected value approach", in *The Energy Journal*, Vol. 15, No. 2, 157-84.

Fankhauser, S. (1995), "*Valuing climate change: the economics of the greenhouse*", Earthscan, London, UK, ISBN 9781853832376.

Fay, M. et al. (2010), "Infrastructure and Sustainable Development", in *Post crisis Growth and Development: A Development Agenda for the G-20*, World Bank Publications.

Fisher, A.C. and U. Narain (2003), "Global warming, endogenous risk, and irreversibility", in *Environmental and Resource Economics*, Vol. 25, No. 4, 395-416.

Fisher, J. (2007), "*Current Issues in the Interdisciplinary Research Field of Climate Change and Tourism. A Meta-Study of Articles from 2006 and 2007*", European Tourism and the Environment Conference, Dublin, Ireland.

Frankhauser, S. and R. S. J. Tol (1996), "Climate Change Costs: Recent Advancements in the Economic Assessment", in *Energy Policy*, Vol. 24, No. 7, 665-73.

Füssel, H.M. and M.D. Mastrandrea (2009), "Integrated assessment modeling of climate change", in *Climate Change Science and Policy*, Island Press.

Garnaut, R. (2008), "*The Garnaut Climate Change Review*", 1st edition, Cambridge University Press.

Gerlagh, R. and B.C.C. Van der Zwaan (2002), "Long-term substitutability between environmental and man-made goods", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 44, No. 2, 329-45.

Gerst, M.D., R.B. Howarth and M.E. Borsuk (2010), "Accounting for the risk of extreme outcomes in an integrated assessment of climate change", in *Energy Policy*, Vol. 38, No. 8, 4540-8.

Gollier, C. and M. L. Weitzman (2009), "How Should the Distant Future be Discounted when Discount Rates are Uncertain", in *Open Access publications from University of Toulouse 1 Capitole*.

Grubb, M., C. Carraro and J. Schellnhuber (2006), "Technological change for atmospheric stabilization: introductory overview to the innovation modeling comparison project", in *Energy Journal*, Vol. 27, 1-16.

Halsnæs, K., J. Kühl and J. Olesen (2007), "Turning Climate Change Information into Economic and Health Impacts", in *Climatic Change*, Vol. 81, Issue: Suppl. 1, 145-62.

Heal, G. (2008), "Climate economics: A meta-review and some suggestions for future research", in *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 3, No. 1, 4-21.

Heal, G. and B. Kriström (2002), "Uncertainty and climate change", in *Environmental and Resource Economics*, Vol. 22, No. 1, 3-39.

Hitz, S. and J. Smith (2004), "Estimating global impacts from climate change", in *Global Environmental Change Part A*, Vol. 14, No. 3, 201-18.

Hope, C. (2005), "Integrated assessment models", in *Climate-change policy*, Oxford University Press, 77-98.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), "*Climate Change 2007: The Physical Science Basis*", Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jorgenson, D.W., B. H. Goettle and B. H. Hurd (2004), "*US market consequences of global climate change*", Washington DC: Pew Centre on Global Climate Change.

Just, R.E., D.L. Hueth and A. Schmitz (2005), "*The welfare economics of public policy: a practical approach to project and policy evaluation*", Edward Elgar Publishing.

Kehoe, T.J. (1998), "Social accounting matrices and applied general equilibrium models", in I. Begg and B. Henry (eds) *Applied Economics and Public Policy*, Cambridge University Press.

Kolstad, C.D. (1996), "Learning and stock effects in environmental regulation: the case of greenhouse gas emissions", in *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 31, No. 1, 1-18.

Kolstad, C.D. (2010), "*Environmental Economics*", 2nd edition, Oxford University Press, USA.

Kouvaritakis, N., N. Stroblos, L. Paroussos and S. Tsallas (2004), “Trade Liberalization and Climate Policies”, in Böhringer, C. and A. Löschel (eds) *Climate Change Policy and Global Trade*, ZEW Economic Studies, Springer Verlag, Vol. 26, 23-97 and 327-417.

Lecocq, F. and Z. Shalizi (2007), “How Might Climate Change Affect Economic Growth in Developing Countries? A Review of the Growth Literature with a Climate Lens”, *SSRN eLibrary*, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1007154](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1007154) [Accessed February 1, 2011].

Levina, E. and D. Tirpak (2006), “Adaptation to Climate Change, Key Terms”, OCDE/IEA COM/ENV/EPOC/IEA/SLT (2006)1, <http://www.oecd.org/dataoecd/36/53/36736773.pdf>

Manne, A. et al. (1993), “MERGE: A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies”, EPRI, Palo Alto.

Marshall, A. (1997), “*Principles of economics*”, Prometheus Books.

McCarl, B. (2010), “Analysis of Climate Change Implications for Agriculture and Forestry: An Interdisciplinary Effort”, in *Climatic Change*, Vol. 100, No. 1, 119-24.

Mendelsohn, R. and J.E. Neumann (1998), “*The Impact of Climate Change on the United States Economy*”, Cambridge University Press.

Mendelsohn, R., W.D. Nordhaus and S. Daigee (1998), “The impact of climate variation on US agriculture”, in *The Impact of Climate Change on the United States Economy*, Cambridge University Press, 55-105.

Metroeconomica Limited (UK) (2006), “*Climate Change Impacts and Adaptation: Cross-Regional Research Program Project E – Quantify the cost of impacts and adaptation*”.

Mizina, S.V., J.B. Smith, E. Gossen, K. F. Spiecker and S. L. Witkowski (1999), “An Evaluation of Adaptation Options for Climate Change Impacts on Agriculture in Kazakhstan”, in *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 4, No. 1, 25-41.

Nicholls, R. J. and J.A. Richards (2009), “Impacts of Climate Change in Coastal Systems in Europe. Peseta-Coastal Systems Study”, European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies.

Nordhaus, P.W.D. (2008), “*A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*”, illustrated ed., Yale University Press.

Nordhaus, W.D. (1994), “*Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*”, 1st edition, The MIT Press.

Parry, M., N. Arnell, P. Berry, D. Dodman, S. Fankhauser, C. Hope, S. Kovats, R. Nicholls, D. Satterthwaite, R. Tiffin and T. Wheeler (2009), “*Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*”, London: International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change.

Parry, M.L., Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group II (2007), “*Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*”, Cambridge University Press.

Peng, A. (2007), “Introducing CGE Models to the Classroom Using Excel”, *SSRN eLibrary*, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=980561](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=980561) [Accessed August 20, 2010].

Pigou, A.C. and N. Aslanbeigui (2001), “*The economics of welfare*”, Transaction Publishers.

Pindyck, R. S (2000), “Irreversibilities and the timing of environmental policy”, in *Resource and energy economics*, Vol. 22, No. 3, 233-59.

Pindyck, R. S. (2007), “Uncertainty in Environmental Economics”, in *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 1, No. 1, 45-65.

Posner, R.A. (2005), “*Catastrophe: Risk and Response*”, Oxford University Press, USA.

Quiggin, J. (2008), “Uncertainty and Climate Change Policy”, in *Economic Analysis & Policy*, Vol. 38, No. 2.

Reilly, J. M. and D. Schimmelpfennig (1999), “Agricultural Impact Assessment, Vulnerability, and the Scope for Adaptation”, in *Climatic Change*, Vol. 43, No. 4, 745-88.

Russ, P., J.C. Ciscar and B. Saveyn (2009), “*Economic Assessment of Post-2012 Global Climate Policies – Analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Scenarios with the Poles and GEM-E3 models*”, European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies.

Russ, P., T. Wiesenhal, D. Van Regemorter and J.C. Ciscar (2007), “*Global Climate Policy Scenarios for 2030 and beyond – Analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Pathway Scenarios with the POLES and GEM-E3 models*”, European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies.

Scheraga, J.D. N. Leary, R. Goettle, D. Jorgenson and P. Wilcoxon (1993), “Macroeconomic modeling and the assessment of climate change impacts”, in *Costs, impacts, and benefits of CO<sub>2</sub> mitigation: Proceedings: IIASA*, 92.

Sen, A. (2004), “*Rationality and freedom*”, Belknap Press.

Shalizi, Z. and F. Lecocq (2009), “*Climate change and the economics of targeted mitigation in sectors with long-lived capital stock*”, The World Bank, <http://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/5063.html> [accessed June 15, 2010].

Shapiro, C. and J.E. Stiglitz (1984), “Equilibrium Unemployment as a Worker Discipline Device”, in *American Economic Review*, Vol. 74, No. 3, 433-444.

Smit, B. and M.W. Skinner (2002), “Adaptation Options in Agriculture to Climate Change: A Typology”, in *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 7, No. 1, 85-114.

Sorrell, S. (2009), “The rebound effect: definition and estimation”, in Hunt, L. C. and J. Evans (eds), *International Handbook on the Economics of Energy*, Edward Elgar Publishing, 199-233.

Stanton, E. A (2010), “Negishi welfare weights in integrated assessment models: The mathematics of global inequality”, in *Climatic Change*, 1-16.

Stern, N. (2008), “The Economics of Climate Change”, in *American Economic Review*, Vol. 98, No. 2, 1-37.

Stern, N.H. (2007), “*The economics of climate change: The Stern Review*”, Cambridge University Press.

Sterner, T. and U.M. Persson (2008), “An even sterner review: Introducing relative prices into the discounting debate”, in *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 2, No. 1, 61.

Sue Wing, I. (2004), “Computable general equilibrium models and their use in economy-wide policy analysis”, in *Technical note*, Vol. 6.

Sue Wing, I. (2010), “Computable General Equilibrium Models for the Analysis of Economy-Environment Interactions”, in Batabyal, A. A. and P. Nijkamp (eds) *Research Tools in Natural Resource and Environmental Economics*, World Scientific Publishing Co Pte Ltd.

Sunstein, C.R. (2009), “*Worst-Case Scenarios*”, Harvard University Press.

Swiss Re (2007), “World Insurance in 2006: Premiums Came Back to 'Life'”, in *sigma*, Vol. 4, 2007.

Tol, R. S. J., I. Burton, J. Smith and J. Feenstra (eds) (1998), “*Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*”, Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam Institute for Environmental Studies.

Tol, R. S. J. (2002a), “Estimates of the damage costs of climate change, Part II, Dynamic estimates”, in *Environmental and Resource Economics*, Vol. 21, No. 2, 135-60.

Tol, R. S. J. (2002b), “Estimates of the damage costs of climate change, Part 1: Benchmark estimates”, in *Environmental and Resource Economics*, Vol. 21, No. 1, 47-73.

Tol, R. S. J. and S. Fankhauser (1998), “On the representation of impact in integrated assessment models of climate change”, in *Environmental Modeling and Assessment*, Vol. 3, No. 1, 63-74.

Tol, R. S. J. (1995), “The damage costs of climate change toward more comprehensive calculations”, in *Environmental and Resource Economics*, Vol. 5, No. 4, 353-74.

Tol, R. S. J. (2010), “Carbon Dioxide Mitigation”, in *Smart Solutions to Climate Change: Comparing Costs and Benefits*, Cambridge University Press, 74-105.

Tsao, J.Y., H.D. Saunders, J.R. Creighton, M.E. Coltrin and J.A. Simmons (2010), “Solid-state lighting: an energy-economics perspective”, in *Journal of Physics D: Applied Physics*, Vol. 43, No. 35.

UNFCCC (2007), *Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries*, UNFCCC, <http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf> (accessed September 2010).

Weitzman, M. L. (2007), “A review of the Stern Review on the economics of climate change”, in *Journal of Economic Literature*, Vol. 45, No. 3, 703-24.

Weitzman, M. L. (2009a), “Additive Damages, Fat-Tailed Climate Dynamics, and Uncertain Discounting”, in *Economics E-Journal*, <http://www.economics-ejournal.org/economics/journalarticles/2009-39> [accessed June 12, 2010].

Weitzman, M.L. (2009b), “On Modeling and Interpreting the Economics of Catastrophic Climate Change”, in *Review of Economics and Statistics*, Vol. 91, No. 1, 1-19.

Weitzman, M. L. (2009c), “Reactions to the Nordhaus critique”, mimeo, Harvard University.

Weitzman, M. L. (2009d), “Some Basic Economics of Extreme Climate Change”, mimeo, Harvard University.

Weitzman, M.L. (2010a), “GHG Targets as Insurance against Catastrophic Climate Damages”, *Technical Report Working Paper 16136*, National Bureau of Economic Impacts.

Weitzman, M.L. (2010b), “What is the ‘damages function’ for global warming – and what difference might it make?”, in *Climate Change Economics*, Vol. 1, No. 1, 57.

Weitzman, M. L. (2010c), “Climate change: Insurance for a warming planet”, in *Nature*, Vol.467, No.7317, 784-5.

Weyant, J. (ed.) (1999), “The Costs of the Kyoto Protocol: A Multi-Model Evaluation”, in *The Energy Journal (Special Issue)*.

World Bank Group (2009), “*World development report 2010*”, World Bank Publications.

Yohe, G.W. (1999), “The tolerable windows approach: lessons and limitations”, in *Climatic Change*, Vol. 41, No. 3, 283-95.

