

**Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ. ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ – ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

“ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ”

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΗΣ

Επιβλέποντες Καθηγητές:
Αναστάσιος Ξεπαπαδέας
Ευριπίδης Στεφάνου

Ηράκλειο, 2010

**Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ. ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ – ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**“ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ”
“CLIMATE CHANGE AND ECONOMICAL PARAMETERS”**

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΝΟΥΣΑΚΗΣ

Επιβλέποντες Καθηγητές:
Αναστάσιος Ξεπαπαδέας
Ευριπίδης Στεφάνου

Ηράκλειο, 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

I.1	ΚΛΙΜΑ	1
<i>I.1.A</i>	ΚΑΙΡΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ	1
<i>I.1.B</i>	ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	2
<i>I.1.Γ</i>	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	3
<i>I.1.Δ</i>	ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ	5
<i>I.1.E</i>	ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ	7
<i>I.1.ΣΤ</i>	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	9
	<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</i>	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ – ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΙΙ	ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	13
-----------	-----------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ – ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

ΙΙΙ.1	ΙΣΤΟΡΙΚΟ	14
ΙΙΙ.2	ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ	15
ΙΙΙ.3	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	18
ΙΙΙ.4	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	24
ΙΙΙ.5	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ	26
	<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</i>	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV – ΑΛΛΑΓΗ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΙV.1	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	37
<i>ΙV.1.A</i>	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	37
<i>ΙV.1.B</i>	ΑΛΛΑΓΗ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΩΣ ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ	40
ΙV.2	ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	44
<i>ΙV.2.A</i>	ΕΥΗΜΕΡΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	44
<i>ΙV.2.B</i>	ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗ	48
<i>ΙV.2.Γ</i>	ΡΙΣΚΟ ΚΑΙ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ	50
	<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</i>	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V – ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

V.1	ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	57
<i>V.1.A</i>	ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ	57
<i>V.1.B</i>	ΝΕΡΟ	59
<i>V.1.Γ</i>	ΔΙΑΤΡΟΦΗ	61
<i>V.1.Δ</i>	ΥΓΕΙΑ	64
<i>V.1.E</i>	ΑΚΤΕΣ	67
<i>V.1.ΣΤ</i>	ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΑ	69
<i>V.1.Z</i>	ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	71
	<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</i>	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI – ΣΥΝΟΨΗ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

VI	ΣΥΝΟΨΗ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	87
	<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</i>	91

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Κλιματική Αλλαγή και οι σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της, αποτελούν πεδίο έντονης και πολύπλευρης διερεύνησης, τόσο από τις περιβαλλοντικές επιστήμες, όσο και από τις αντίστοιχες που εντάσσονται στον κλάδο των Κοινωνικών Επιστημών. Στην παρούσα εργασία εφόσον συνοψίζεται αρχικά η περιβαλλοντική προσέγγιση των εννοιών του Κλίματος και περιγράφεται το πρόβλημα της Υπερθέρμανσης του Πλανήτη και των επικείμενων επιπτώσεών της, παρουσιάζεται η προσέγγιση του φαινομένου από την πλευρά της επιστήμης της Οικονομίας Περιβάλλοντος. Ο συγκεκριμένος κλάδος «μεταφράζοντας» επιστημονικά δεδομένα σε οικονομικοπολιτικούς όρους ορίζει την Κλιματική Αλλαγή στα πλαίσια της οικονομίας της αγοράς και με τον τρόπο αυτόν συμπληρώνει τις πραγματικές διαστάσεις του προβλήματος. Συνεπώς, όπως προκύπτει από την παρούσα εργασία ο διάυλος επικοινωνίας των διαφόρων κλάδων συνιστά πανάκεια προκειμένου, αφενός να προσδίδονται κατά το δυνατόν οι πραγματικές διαστάσεις των περιβαλλοντικών προβλημάτων και των κοινωνικών τους προεκτάσεων και αφετέρου να δομούνται οι συνθήκες για τη λήψη έγκυρων πολιτικών αποφάσεων, σε Παγκόσμιο επίπεδο.

ABSTRACT

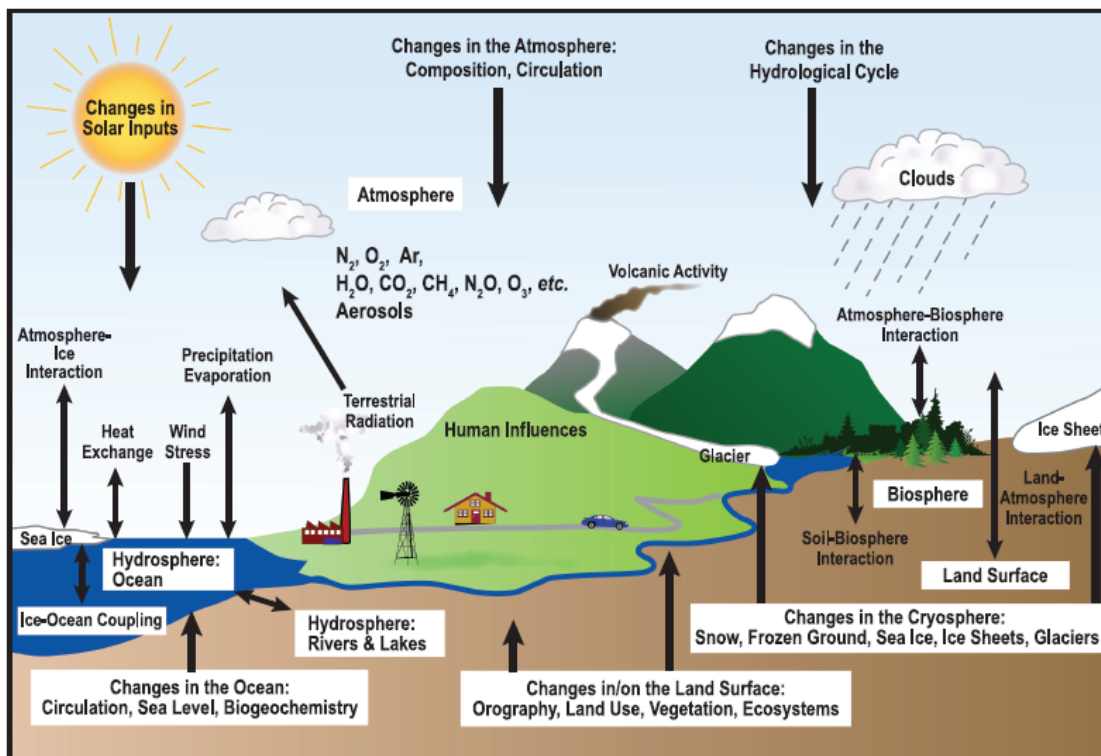
ABSTRACT

The climate change and its subsequent environmental consequences constitute a field with increasing interest not only for the physical, but also for the social sciences. In this work, Climate, Global Warming and their implications are first presented from the environmental science point of view and the Environmental Economics aspect is afterwards given. More specifically, Environmental Economics “translating” scientific data into economical-political terms define the Climate Change in the framework of the Market Economy adding to the real dimension of the issue. Therefore, as it is discussed in present work, the interconnection of different scientific branches is crucial in order first to depict the real dimensions of the studied environmental problem, as well as of their social implications and secondly to construct a more complete guide for correct political decisions to be made.

Τις τελευταίες δεκαετίες αναγνωρίστηκαν σταδιακά σε διάφορα πεδία οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, υπαρκτές και ενδεχόμενες, των ανθρώπινων δραστηριοτήτων όχι μόνο σε τοπικό και περιφερειακό, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται σε αλλαγές στη σύνθεση και συνεπώς στη χημεία της ατμόσφαιρας, οι οποίες προκαλούνται αποκλειστικά από ανθρωπογενείς δράσεις. Ένα πεδίο που οι διαστάσεις του έχουν παγκόσμια κλίμακα και προστάζει αυξημένη προσοχή είναι το κλίμα και οι πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να έχουν σε αυτό ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας και σωματίδια αερολυμάτων.

I.1 ΚΛΙΜΑ

I.1.A Καιρός και Κλίμα



Σχήμα I.1: Συνοπτικό διάγραμμα συστατικών του συστήματος κλίματος, των διαδικασιών και των αλληλεπιδράσεών τους [3]

Το κλίμα είναι ο μακροχρόνιος στατιστικός χαρακτηρισμός των παραμέτρων που περιγράφουν τον συνήθη όρο «καιρός», ο οποίος αναφέρεται στις βραχυχρόνιες μεταβολές. Για παράδειγμα η μέση τιμή της επιφανειακής θερμοκρασίας που σχετίζεται με τη μεταβολή της προηγούμενης μέσα σε μια χρονική περίοδο, συνήθως 30 χρόνων, είναι μέτρο του κλίματος, ενώ οι καθημερινές της μεταβολές αναφέρονται τυπικά ως καιρός. Η έννοια

αλλαγή του κλίματος αναφέρεται στη μεταβολή στο κλίμα της γης ή σε τοπικά κλίματα μέσα στο χρόνο. Περιγράφει αλλαγές στη μεταβλητότητα ή τη μέση κατάσταση της ατμόσφαιρας σε μια χρονική περίοδο που κυμαίνεται από δεκαετίες ως εκατομμύρια χρόνια. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι αποτέλεσμα σύνθετων, εσωτερικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συστατικών του κλιματικού συστήματος ή διατάραξης της ισορροπίας του συστήματος από εξωτερικές αιτίες. Η ανθρωπογενής δραστηριότητα και η μεταβολή στη σύσταση της ατμόσφαιρας που αποδεδειγμένα επάγει φέρεται ως μία εξαιρετικά πιθανή αιτία για την παρατηρούμενη Κλιματική Αλλαγή τα τελευταία έτη. Οι αλλαγές που προκαλούν οι τελευταίες τίθενται πάνω από τις φυσικές κλιματικές μεταβολές και για να διακριθούν είναι απαραίτητο να αναγνωριστεί το ανθρωπογενές «σήμα» από το «θόρυβο» υποβάθρου της φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος [1].

Η πρόσφατη χρήση του όρου *Κλιματική Αλλαγή (Climate Change)*, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής πολιτικής, χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σήμερα στις τρέχουσες αλλαγές στο κλίμα της σύγχρονης εποχής, που περιλαμβάνει την άνοδο στη μέση τιμή της επιφανειακής θερμοκρασίας, γνωστής ως *Παγκόσμια Θέρμανση (Global Warming)*. Περαιτέρω, ο όρος αυτός χρησιμοποιείται με την υπόνοια της ανθρώπινης υπαιτιότητας, καθώς στα πλαίσια του United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) για τις μη ανθρωπογενούς προέλευσης αλλαγές χρησιμοποιήθηκε ο όρος «Μεταβλητότητα Κλίματος» (Climate Variability) [2,3].

I.1.B Εσωτερικές Μεταβολές του Κλίματος

♦ *Σχηματισμός Πάγων* Οι πάγοι αναγνωρίζονται ως ένας από τους πιο ευαίσθητους δείκτες αλλαγής του κλίματος, αυξανόμενοι σημαντικά κατά την ψύξη και υποχωρώντας κατά την θέρμανση. Η πιο σημαντική κλιματική διαδικασία των τελευταίων εκατομμυρίων χρόνων είναι οι παγετώνιοι και μεσοπαγετώνιοι κύκλοι, αποτέλεσμα μεταβολών στις παραμέτρους της τροχιάς της Γης, κατά τους οποίους οι διάφορες εσωτερικές αλληλεπιδράσεις, όπως οι ηπειρωτικές στοιβάδες πάγου και η διαφορά 130m στη στάθμη της θάλασσας, έπαιξαν ουσιαστικό ρόλο στον καθορισμό του κλίματος της κάθε περιοχής. Στις συνήθεις χρονικές κλίμακες, οι πάγοι αναπτύσσονται και καταρρέουν ετησίως συνεισφέροντας έτσι στη φυσική μεταβλητότητα, αν και τον τελευταίο αιώνα δεν μπορούν να ανανεώσουν αρκετό πάγο τη χειμερινή περίοδο ώστε να ισοσταθμίσουν την απώλειά του τους καλοκαιρινούς μήνες [2].

♦ *Μεταβλητότητα των ωκεανών* Εξαιτίας της μεγάλης τους θερμοχωρητικότητας, οι ωκεανοί έχουν έναν αρκετά μεγάλο χρόνο απόκρισης, συνήθως σε κλίμακα δεκαετίας, αλλά



Σχήμα 1.2: Παγκόσμια θαλάσσια κυκλοφορία [2]

που μπορεί να φτάσει σε αιώνες ή χιλιετίες. Ο χρόνος απόκρισης του ισχυρά συζευγμένου συστήματος επιφάνειας-τροπόσφαιρας είναι αργός, και καθορίζεται βασικά από τους ωκεανούς. Κατ' αυτόν τον τρόπο, πολλά κλιματικά φαινόμενα οφείλουν την ύπαρξη τους στους διαφορετικούς τρόπους που μπορεί η θερμότητα να αποθηκευτεί στους ωκεανούς

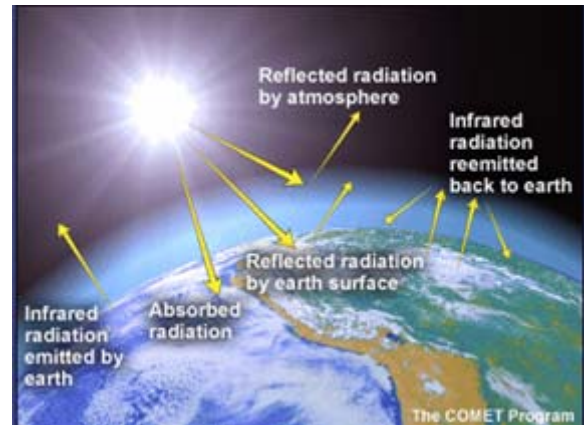
και να μετακινηθεί μεταξύ των διαφόρων δεξαμενών, ακόμη και χωρίς εξωτερικές αλλαγές, επειδή σε ένα σύστημα συστατικών με πολύ διαφορετικούς χρόνους απόκρισης και μη γραμμικές αλληλεπιδράσεις, τα συστατικά δεν είναι ποτέ σε ισορροπία και μεταβάλλονται διαρκώς. Παράδειγμα τέτοιας εσωτερικής κλιματικής μεταβολής, σε συστήματα ωκεανού-ατμόσφαιρας, είναι το φαινόμενο ENSO (El Niño). Σε ευρύτερη χρονική κλίμακα, ωκεάνιες διαδικασίες, όπως η παγκόσμια υδάτινη κυκλοφορία που διαρκεί συνολικά ~1500 χρόνια, αναδιανέμουν τη θερμότητα στη γη, και οποιαδήποτε αλλαγή σε αυτές θα μπορούσε να επηρεάσει δραματικά το κλίμα [2,3,4].

♦ **Μνήμη του κλίματος** Γενικά, οι περισσότερες μορφές εσωτερικών μεταβολών του κλιματικού συστήματος μπορούν να αναγνωριστούν σαν μια μορφή υστέρησης, που σημαίνει ότι το παρόν κλίμα εκτός από τις εισροές που το διαμορφώνουν αντικατοπτρίζει επίσης, την ιστορία του πως έφτασε στη συγκεκριμένη κατάσταση. Για παράδειγμα, μια δεκαετία ξηρασίας μπορεί να προκαλέσει συρρίκνωση των λιμνών, ξήρανση των πεδιάδων και επέκταση της ερήμου, εξαιτίας των οποίων να υπάρχει μείωση των βροχοπτώσεων τα επόμενα χρόνια. Η αλλαγή του κλίματος λοιπόν μπορεί να είναι μια αυτοδιαιωονίζουσα διαδικασία διότι διαφορετικές όψεις του περιβάλλοντος αντιδρούν σε διαφορετικό βαθμό και με ποικίλους τρόπους στις διακυμάνσεις που αναπόφευκτα συμβαίνουν [2].

1.1.Γ Εξωτερικοί Παράγοντες Μεταβολής του Κλίματος

♦ **Αέρια του θερμοκηπίου** Το μεγαλύτερο τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας περνά μέσω της ατμόσφαιρας και φτάνει στην επιφάνεια της γης όπου τα 2/3 απορροφούνται ζεσταίνοντάς τη και το άλλο αντανακλάται με τη μορφή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος (Υπέρυθρη Ακτινοβολία ή IR). Η ατμόσφαιρα περιέχει διάφορα αέρια σε ιχνοποσότητες, τα οποία απορροφούν και εκπέμπουν υπέρυθη ακτινοβολία. Τέτοιου είδους ενώσεις είναι οι κυρίως οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και άλλα όπως το υποξείδιο του αζώτου (N₂O),

το όζον (O_3), το μεθάνιο (CH_4), επονομαζόμενα ως *αέρια του θερμοκηπίου (Greenhouse Gases, GHG)*. Τα GHG απορροφούν υπέρυθη ακτινοβολία, που εκπέμπεται από τη επιφάνεια της Γης, την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα. Αυτά με τη σειρά τους εκπέμπουν υπέρυθη ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις και ασφαλώς προς την επιφάνεια της Γης. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τα αέρια του θερμοκηπίου παγιδεύουν



Σχήμα 1.3: Η τύχη της ηλιακής ακτινοβολίας στη γη [6]

θερμότητα μέσα στην ατμόσφαιρα, διεργασία γνωστή ως *Φαινόμενο του Θερμοκηπίου*. Το καθαρό αποτέλεσμα είναι μια ανοδική μεταφορά υπέρυθρης ακτινοβολίας από θερμότερα επίπεδα κοντά στην επιφάνεια της Γης, σε ψυχρότερα που βρίσκονται σε μεγαλύτερα ύψη. Η υπέρυθη ακτινοβολία επανεκπέμπεται αποτελεσματικά πίσω στο διάστημα, από υψόμετρα που έχουν θερμοκρασία κατά μέσο όρο $-19^{\circ}C$, σε ισορροπία με την εισερχόμενη ακτινοβολία, ενώ η επιφάνεια της Γης διατηρείται σε πολύ υψηλότερη θερμοκρασία, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης και της τροπόσφαιρας κατά $33^{\circ}C$, φτάνοντας στους $14^{\circ}C$ κατά μέσο όρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η θερμοκρασία της κατώτερης ατμόσφαιρας δεν είναι σταθερή (ισοθερμική), αλλά μειώνεται με το υψόμετρο. Το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μέρος της ενεργειακής ισορροπίας της Γης και καθιστά δυνατή την ζωή στον πλανήτη μας.

Τα σύννεφα επίσης απορροφούν και εκπέμπουν υπέρυθη ακτινοβολία και συνεισφέρουν κατ' αυτόν τον τρόπο στη θέρμανση της επιφάνειας της Γης, όπως ακριβώς τα αέρια του θερμοκηπίου. Όμως εκτός από την ιδιότητα αυτή, τα περισσότερα σύννεφα είναι λαμπεροί ανακλαστήρες της ηλιακής ακτινοβολίας και τείνουν να ψύξουν το κλίμα. Το μέσο καθαρό αποτέλεσμα της κάλυψης της Γης από τα σύννεφα στο σημερινό κλίμα είναι μια ελαφριά ψύχρανση. Ωστόσο, το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερος ευμετάβλητο, εξαρτώμενο από το υψόμετρο, τον τύπο και τις οπτικές ιδιότητες των σύννεφων [3,4,6].

♦ **Τεκτονικές πλάκες** Στις ανώτερες χρονικές κλίμακες, οι τεκτονικές πλάκες τοποθετούν ηπείρους διαμορφώνουν ωκεανούς, φτιάχνουν και καταστρέφουν βουνά και γενικά σχεδιάζουν τη γεωλογική βαθμίδα στην οποία υπάρχει το κλίμα. Για παράδειγμα, οι κινήσεις των πλακών ευθύνονται για την εντατικοποίηση της εποχής των παγετώνων, 3 εκατομμύρια χρόνια πριν, καθώς η Βόρεια και η Νότια Αμερικάνικη πλάκα συγκρούστηκαν,

σχηματίζοντας τον Ισθμό του Παναμά και αποκόπτοντάς την απ' ευθείας ανάμιξη του Ατλαντικού με τον Ειρηνικό ωκεανό.

♦ **Μεταβολή στην ηλιακή ακτινοβολία** Ο ήλιος, ως η απόλυτη πηγή όλης σχεδόν της ενέργειας στο κλιματικό σύστημα είναι αναπόσπαστο μέρος της διαμόρφωσης του κλίματος της Γης. Σε ανώτερες χρονικές κλίμακες, ο ήλιος γίνεται φωτεινότερος καθώς συνεχίζει τη φυσική του πορεία εξέλιξης. Στις απαρχές της ιστορίας της Γης ο ήλιος πιστεύεται πως ήταν τόσο κρύος, ώστε δεν μπορούσε να υποστηρίξει την υγρή μορφή του νερού στην επιφάνεια της γης.

♦ **Μεταβολές στην τροχιά της γης** Η επίδραση που έχουν στο κλίμα οι τροχιακές μεταβολές είναι κατά κάποιον τρόπο προέκταση των μεταβολών στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς μικρές αλλαγές στην γήινη τροχιά προκαλούν διαφορές στην κατανομή και την αφθονία της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης. Τέτοιου είδους τροχιακές μεταβολές, γνωστοί ως κύκλοι Milankovitch, μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια μέσω εφαρμογής βασικών νόμων της φυσικής στις αμοιβαίες αλληλεπιδράσεις μεταξύ της γης, της σελήνης και των άλλων πλανητών. Οι μεταβολές αυτές θεωρούνται από τους βασικούς παράγοντες που οδήγησαν στις παγετώνιες και μεσοπαγετώνιες περιόδους, αλλά και για πιο ανεπαίσθητες μεταβολές όπως η επαναλαμβανόμενη επέκταση και υποχώρηση της ερήμου Σαχάρα.

♦ **Ηφαιστεια** Μια απλή έκρηξη από αυτές που συμβαίνουν αρκετές φορές σε έναν αιώνα, επιδρούν ελάχιστα στο κλίμα, προκαλώντας απλώς μια ψύξη για ορισμένα χρόνια. Για παράδειγμα, η καταστροφική έκρηξη του ηφαιστείου Pinatubo το 1991 πέρασε σχεδόν απαρατήρητη στο διάγραμμα της θερμοκρασίας της γης. Μεγάλες όμως εκρήξεις όπως αυτές που συμβαίνουν λίγες φορές κάθε εκατό εκατομμύρια χρόνια μπορούν να αναδιαμορφώσουν το κλίμα για χιλιάδες χρόνια [2].

1.1.Δ Ανθρωπογενείς Επιδράσεις

♦ **Ορυκτά Καύσιμα** Για περίπου χίλια χρόνια πριν τη βιομηχανική επανάσταση, η ποσότητα αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα παρέμεινε σχετικά σταθερή. Μετά την βιομηχανική επανάσταση όμως και με διαρκώς αυξανόμενους ρυθμούς, η ανθρώπινη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα την ανάλογη αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Το ποσοστό αύξησης είναι μεγαλύτερο από 30% από την προβιομηχανική περίοδο, ενώ αυξάνεται ακόμα με τον πρωτοφανή ρυθμό του 0,4% κατά μέσο όρο το χρόνο, κυρίως λόγω της καύσης των ορυκτών καυσίμων και της αποψίλωσης.

Είναι γνωστό ότι η αύξηση αυτή είναι ανθρωπογενής, διότι η αλλαγή της ισοτοπικής σύστασης του ατμοσφαιρικού CO₂ προδίδει την ορυκτή της προέλευση [7,8].

♦ **Αερολύματα** Τα ανθρωπογενή αερολύματα (στερεά ή υγρά αερομεταφερόμενα σωματίδια διαστάσεων 0.01-10μm) και ιδιαίτερα τα θειικά αερολύματα από την καύση ορυκτών καυσίμων, ασκούν μια ψυχραντική επίδραση στο κλίμα, λόγω σκέδασης μέρους της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα. Ορισμένα αερολύματα, όπως η αιθάλη, απορροφούν απ' ευθείας ηλιακή ακτινοβολία που άγει σε τοπική θέρμανση της ατμόσφαιρας, ή απορροφούν και εκπέμπουν υπέρυθη ακτινοβολία. Τα αερολύματα ακόμα επενεργούν στον αριθμό, την πυκνότητα και το μέγεθος των σταγονιδίων των συννέφων. Αυτό μπορεί να αλλάξει την ποσότητα και τις οπτικές ιδιότητες των συννέφων, και κατά συνέπεια την ανάκλαση και απορρόφηση τους, ενώ μπορεί επιπλέον να επιδρά καθοριστικά σε φαινόμενα κατακρήμνισης [9,10].

♦ **Χρήση της γης** Πριν την ευρεία χρήση των ορυκτών καυσίμων, η μεγαλύτερη ανθρωπογενής παρέμβαση στα τοπικά κλίματα προέρχονταν από τη χρήση της γης. Η άρδευση, η αποψίλωση και η γεωργία, αλλά ακόμα η αστικοποίηση και η οδική κυκλοφορία άλλαξαν θεμελιωδώς το περιβάλλον, επιφέροντας σημαντικές αλλαγές, όπως στο ισοζύγιο του νερού σε μια δεδομένη περιοχή ή την αντανακλαστική ικανότητα του εδάφους με την τροποποίηση της επιφάνειας του και την αλλαγή στην ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται. Η αστικοποίηση μπορεί να επηρεάσει το τοπικό κλίμα μιας περιοχής λόγω της επίδρασης στην τραχύτητα του εδάφους. Μπορεί επίσης να μετατρέψει ένα τοπικό κλίμα σε σημαντικά θερμότερο από την περιβάλλουσα ύπαιθρο, λόγω της θερμότητας που απελευθερώνεται από πυκνοκατοικημένες ανθρώπινες εγκαταστάσεις, αλλαγών στις ιδιότητες της εξάτμισης και την τροποποίηση της εξερχόμενης μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας μέσω της ανακοπής της από ψηλά κτίρια. Αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο της αστικής θερμής νήσου και η επίδραση στο περιφερειακό κλίμα είναι αισθητή αλλά μικρή. Μπορεί όμως να είναι σημαντική στα αρχαία μακροχρόνιων μετρήσεων από σταθμούς που επηρεάζονται από την επέκταση της αστικοποίησης [11,12,13].

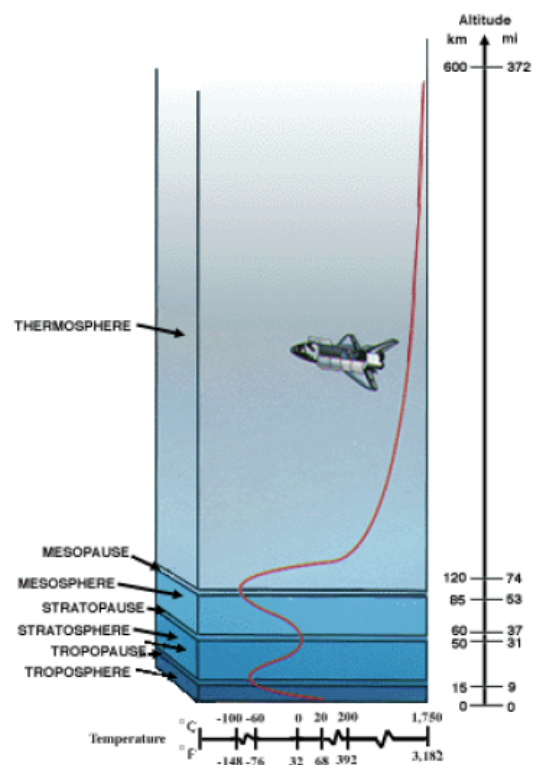
Η συγκέντρωση άλλων φυσικών ενεργειακά δραστήριων ατμοσφαιρικών συστατικών, όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, αυξάνονται και αυτά λόγω αγροτικών, βιομηχανικών και άλλων δραστηριοτήτων [14]. Η συγκέντρωση των οξειδίων του αζώτου (NO και NO₂) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) αυξάνονται επίσης. Παρόλο που τα τελευταία δεν είναι τα ίδια αέρια του θερμοκηπίου, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ατμοσφαιρική χημεία και έχουν οδηγήσει στην αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος, που

συγκαταλέγεται στα θερμοκηπιακά αέρια, κατά 40 % από τους προβιομηχανικούς χρόνους. Όσον αφορά στο NO_2 , απορροφά ισχυρά ορατή ηλιακή ακτινοβολία [15] και συμμετέχει σε σημαντικές φωτοχημικές διεργασίες που σχετίζονται με τα αποθεματα τροποσφαιρικού όζοντος και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι χλωροφθοράνθρακες και ορισμένες άλλες αλογονούχες ενώσεις δεν χαρακτηρίζονται από φυσικές πηγές, αλλά εκλύονται στην ατμόσφαιρα μέσω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, συνδράμοντας σημαντικά πέρα από την καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος, στην ενίσχυση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου. Η υπερθέρμανση που προκαλούν αντισταθμίζεται μερικώς μόνο από την καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος. Όλα αυτά τα αέρια εκτός από το τροποσφαιρικό όζον και τις πρόδρομες ενώσεις του, έχουν μεγάλους έως πολύ μεγάλους χρόνους ατμοσφαιρικής ζωής και για το λόγο αυτό καταλήγουν καλά αναμεμειγμένα στην ατμόσφαιρα [16,17,18].

1.1.Ε Αλληλεπίδραση των Παραγόντων

Στην κατάσταση ισορροπίας του κλίματος ο καθαρός μέσος όρος της ενέργειας στο πάνω μέρος της ατμόσφαιρας είναι μηδέν. Οποιαδήποτε αλλαγή είτε στην ηλιακή ακτινοβολία είτε στην υπέρυθη ακτινοβολία θα μεταβάλλει την ενεργειακή ισορροπία. Μια τέτοια μεταβολή ονομάζεται *ενεργειακή διαταραχή* και είναι ένα μέτρο της επίδρασης που έχει ένας παράγοντας στην αλλαγή της ισορροπίας της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας στο σύστημα γη-ατμόσφαιρα. Ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιείται επίσης ως μέτρο της σπουδαιότητας του μηχανισμού της αλλαγής του κλίματος.

Για το σκοπό αυτό, ως κορυφή της ατμόσφαιρας θεωρείται το πάνω τμήμα της τροπόσφαιρας (η τροπόπαυση), διότι η στρατόσφαιρα προσαρμόζεται σε περίοδο ορισμένων μηνών σε αλλαγές στην ενεργειακή ισορροπία, αντίθετα από το σύστημα επιφάνειας-τροπόσφαιρας που προσαρμόζεται πολύ πιο αργά, λόγω κυρίως της μεγάλης θερμικής αδράνειας



Σχήμα 1.4: Διαμερισμός της ατμόσφαιρας [5]

των ωκεανών. Περαιτέρω, η ενεργειακή διαταραχή στο σύστημα επιφάνειας-τροπόσφαιρας είναι η μεταβολή στο ισοζύγιο της ακτινοβολίας στην τροπόπαυση, αφού οι στρατοσφαιρικές θερμοκρασίες επαναπροσαρμοστούν στην ενεργειακή ισορροπία, ενώ οι επιφανειακές και τροποσφαιρικές θερμοκρασίες και καταστάσεις να παραμένουν σταθερές στις αδιατάραχτες τιμές.

Εξωτερικές διαταραχές, όπως η ηλιακή ακτινοβολία ή μεγάλες ποσότητες αερολυμάτων εκτοξευμένες από την έκρηξη ηφαιστείου στην ατμόσφαιρα, μπορεί να ποικίλουν ανά καιρούς, προκαλώντας φυσικές ενεργειακές διαταραχές. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να είναι αρνητικές ή θετικές, αλλά και στις δύο περιπτώσεις το κλίμα πρέπει να αντιδράσει για να αποκαταστήσει τη ισορροπία. Μια θετική ενεργειακή διαταραχή τείνει να θερμάνει κατά μέσο όρο την ατμόσφαιρα, ενώ αντίθετα μια αρνητική ενεργειακή διαταραχή να την ψύξει. Οι εσωτερικές κλιματικές διαδικασίες που μπορούν επίσης να προκαλέσουν μεταβολές στην ενεργειακή ισορροπία μέσω της επίδρασης τους στην ανακλώμενη ή στην εκπεμπόμενη υπέρυθη ακτινοβολία, δεν θεωρούνται μέρος ενεργειακής διαταραχής [4,5].

Η απόκριση του κλίματος στην εσωτερική μεταβλητότητα του συστήματος και στις εξωτερικές διαταραχές είναι ακόμα πιο μπερδεμένες λόγω αναδράσεων και μη γραμμικών αποκρίσεων των συστατικών. Υπάρχουν πολλοί μηχανισμοί ανάδρασης στο σύστημα του κλίματος που μπορούν είτε να ενισχύσουν (θετική ανάδραση) είτε να ελαττώσουν (αρνητική ανάδραση) τα αποτελέσματα μιας κλιματικής διαταραχής. Για παράδειγμα, καθώς αυξανόμενες συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου θερμαίνουν το κλίμα της γης, το χιόνι και ο πάγος αρχίζουν να λειώνουν. Αυτή η τήξη αποκαλύπτει σκοτεινότερες επιφάνειες εδάφους και ύδατος που ήταν κάτω από το χιόνι και τον πάγο, και αυτές οι σκοτεινότερες επιφάνειες απορροφούν περισσότερο τη θερμότητα του ήλιου, προκαλώντας περισσότερη θέρμανση, η οποία προκαλεί μεγαλύτερη τήξη σε έναν αυτοτροφοδοτούμενο κύκλο (ανάδραση albedo).

Συνήθως, γίνεται διάκριση μεταξύ φυσικών αναδράσεων που αφορούν φυσικές κλιματικές διαδικασίες και βιογεωχημικών αναδράσεων που προέρχονται από συζευγμένες βιολογικές, γεωλογικές και χημικές διαδικασίες. Ένα παράδειγμα φυσικής ανάδρασης είναι η περίπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ σύννεφων στην ενεργειακή ισορροπία, ενώ παράδειγμα βιογεωχημικής ανάδρασης είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του CO₂ και του άνθρακα που λαμβάνεται από την επιφάνεια της Γης και τους ωκεανούς [3,4,5].

Πολλές διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις του συστήματος του κλίματος είναι μη γραμμικές. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει απλή αναλογική σχέση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος. Ένα σύνθετο, μη γραμμικό σύστημα μπορεί να επιδεικνύει αυτό που τεχνικά

καλείται χαοτική συμπεριφορά. Αυτό σημαίνει ότι η συμπεριφορά του συστήματος εξαρτάται αποφασιστικά από πολύ μικρές αλλαγές των αρχικών συνθηκών, χωρίς να συνεπάγεται, εντούτοις, ότι αυτή είναι εντελώς απρόβλεπτη ή χαοτική. Ωστόσο, έχει σημαντικές συνέπειες στη φύση της μεταβλητότητας και την προβλεψιμότητα των μεταβολών του συστήματος, όπως παράδειγμα τις ημερήσιες καιρικές συνθήκες. Η εξέλιξη των συστημάτων του καιρού που είναι υπεύθυνα για τον καθημερινό καιρό, ρυθμίζονται από τέτοιου είδους μη γραμμικές-χαοτικές δυναμικές. Αυτό δεν αποκλείει την επιτυχημένη πρόβλεψη του καιρού, άλλα η εγκυρότητά της περιορίζεται σε μια περίοδο δύο εβδομάδων. Ομοίως, παρόλο που το σύστημα του κλίματος είναι εξαιρετικά μη γραμμικό, η φαινομενικά γραμμική απόκριση πολλών μοντέλων για σημερινά και προβλεπόμενα επίπεδα εξωτερικής ενεργειακής διαταραχής υποδεικνύει ότι η μεγάλης κλίμακας όψεις της ανθρωπογενούς αλλαγής του κλίματος μπορεί να είναι προβλέψιμες, παρόλο που η απρόβλεπτη συμπεριφορά μη γραμμικών συστημάτων δεν μπορεί να αποκλειστεί.

Το κλίμα όπως διατυπώθηκε παραπάνω είναι συνυφασμένο με μια συγκεκριμένη κατανομή πιθανοτήτων των καιρικών φαινομένων. Καιρικά φαινόμενα των οποίων η ένταση είναι αρκετά μακριά από το μέσο όρο (όπως θερμά κύματα, ξηρασίες και πλημμύρες) είναι εξ' ορισμού πολύ λιγότερο πιθανά για να συμβούν στατιστικά, και ονομάζονται **ακραία φαινόμενα (extreme events)**. Ακραία φαινόμενα σε μια περιοχή (όπως ένα θερμό κύμα) μπορεί να θεωρούνται φυσιολογικά σε μιαν άλλη. Και στις δύο περιοχές φύση και κοινωνία προσαρμόζονται στον τοπικό καιρό του οποίου ο μέσος όρος υπολογίζεται για πιο μακροχρόνιες περιόδους, και πολύ λιγότερο από τα ακραία φαινόμενα. Για παράδειγμα οι τροπικές αφρικάνικες θερμοκρασίες θα κατέστρεφαν δριμύτατα τη βλάστηση ή την ανθρώπινη υγεία αν συνέβαιναν στη Βόρεια Ευρώπη. Οι επιδράσεις των ακραίων φαινομένων γίνονται ισχυρά αισθητές από τα οικοσυστήματα και την κοινωνία και μπορεί να είναι καταστροφικές [5].

1.1.ΣΤ Πρόβλεψη Κλίματος

Μικρές αλλαγές στο κλίμα μπορεί να έχουν, όχι απαραίτητα, μεγάλες επιδράσεις στην κατανομή πιθανότητας των καιρικών συνθηκών σε χώρο, χρόνο και ένταση ακραίων φαινομένων. Η φύση και η κοινωνία είναι πολλές φορές ελλιπώς προετοιμασμένες και ευαίσθητες σε τέτοιες αλλαγές. Αυτός είναι ο λόγος που μετά τις πρόσφατες αναφορές για την αλλαγή του κλίματος δίνεται πολύ μεγαλύτερη προσοχή στα παρατηρούμενα ακραία φαινόμενα. Τα μόνα διαθέσιμα μέσα για την ποσοτικοποίηση της μη γραμμικής απόκρισης του κλίματος είναι η χρήση αριθμητικών μοντέλων του κλίματος που βασίζονται σε καλά

εδραιωμένες φυσικές, χημικές και βιολογικές αρχές, πιθανόν συνδυασμένες με εμπειρικές και στατιστικές μεθόδους. Χρησιμοποιώντας κλιματικά μοντέλα που ακολουθούν τους βασικούς φυσικούς νόμους, οι επιστήμονες μπορούν τώρα να αξιολογήσουν το πιθανό εύρος της θέρμανσης για ένα δεδομένο επίπεδο αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Είναι βεβαία αδύνατο ακόμα να επισημανθεί η ακριβής αλλαγή στη θερμοκρασία που θα συνδεθεί με το επίπεδο αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Εντούτοις, τα όλο και περισσότερο περίπλοκα κλιματικά μοντέλα είναι σε θέση να συλλάβουν αρκετά από τη χαοτική φύση του κλίματος, που επιτρέπει στους επιστήμονες να αναπτύξουν πληρέστερα την κατανόηση των πολλών περίπλοκων αλληλεπιδράσεων του συστήματος και να εκτιμήσουν πώς τα μεταβαλλόμενα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου έχουν επιπτώσεις στο κλίμα. Τα κλιματικά μοντέλα χρησιμοποιούν τους νόμους της φύσης για να μιμηθούν την ενεργειακή ισορροπία και τις ροές ενέργειας και ύλης, καλύπτοντας τις πολλαπλές διαστάσεις, από τη θερμοκρασία σε διάφορα ύψη στην ατμόσφαιρα, έως τις ταχύτητες του ανέμου και την κάλυψη του χιονιού. Η ακρίβεια των προβλέψεων για το κλίμα περιορίζεται από τη δύναμη των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Το γεγονός αυτό περιορίζει την κλίμακα της λεπτομέρειας των μοντέλων, που σημαίνει ότι μικρής κλίμακας διαδικασίες πρέπει να περιληφθούν μέσω ιδιαίτερα απλουστευμένων υπολογισμών. Είναι σημαντικό να συνεχιστούν οι έρευνες για την ανάπτυξη ισχυρότερων προτύπων κλίματος, ώστε να μειωθούν οι υπόλοιπες αβεβαιότητες των κλιματικών εκτιμήσεων [5].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ Ι

1. Finlayson-Pitts B. J., Jr. Pitts J. N.: *Upper and Lower Atmosphere*, California Academic Press, San Diego, 1999
2. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_Change
3. IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) : “Climate Change 2007 : The Physical Science Basis”, *Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. et al. (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007
4. Μ. Καννακίδου : *Ειδικά Κεφάλαια Περιβαλλοντικής Χημείας*, ΕΠΕΑΕΚ Επιστήμες και Μηχανική Περιβάλλοντος, 2001
5. IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) : “Climate Change 2001 : The scientific basis”, *Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J. et al. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 2001
6. URL: <http://www.epa.gov/globalwarming/kids/greenhouse.html>
7. Houghton R.A.: “Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management”, *Tellus*, **55B**, 378–390, 2003
8. Prentice I.C., et al.: “The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide”, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Houghton J.T., et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 184– 238, 2001
9. Haywood J.M., Boucher O.: “Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: A review”, *Rev. Geophys.*, **38**, 513–543, 2000
10. Penner J.E., et al.: “Aerosols, their direct and indirect effects”, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Houghton, J.T., et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 289– 348, 2001
11. Betts R.A., Best M.J.: *Relative impact of radiative forcing, landscape effects and local heat sources on simulated climate change in urban areas*, BETWIXT Technical Briefing Note No. 6, Met Office, Exeter, UK, 15, 2004
12. Crutzen P.J.: “New directions: the growing urban heat and pollution “island” effect - impact on chemistry and climate”, *Atmos. Environ.*, **38**, 3539–3540, 2004
13. Loveland T.R., et al.: “Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data”, *Int. J. Remote Sens.*, **21**, 1303–1330, 2000

14. Prather M.J., et al.: “Atmospheric chemistry and greenhouse gases”, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Houghton, J.T., et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 239– 287, 2001
15. Montzka S.A., et al.: “Controlled substances and other source gases”, *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002*, World Meteorological Organization, Geneva, 1.1–1.83, 2003
16. Velders et al.: “Chemical and radiative effects of halocarbons and their replacement compounds”, *Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons*, Metz, B., et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 133–180, 2005
17. WMO: *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002*, Global Ozone Research and Monitoring Project Report No. 47, World Meteorological Organization, Geneva, 498, 2003
18. IPCC/TEAP: *Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons*, Metz, B., et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 488, 2005

ΙΙ. Σκοπός Εργασίας

Η παρούσα διατριβή αποσκοπεί στη σύνθεση και διαχείριση των δεδομένων που προκύπτουν από τα πεδία των Επιστημών και της Οικονομίας Περιβάλλοντος, που σχετίζονται με την Κλιματική Αλλαγή, με ορίζοντα τη χάραξη στρατηγικών για τη λήψη έγκαιρων και δραστικών πολιτικών αποφάσεων. Η διαφαινόμενη Υπερθέρμανση του Πλανήτη και οι σοβαρές επιπτώσεις της, αφορούν σε κρίσιμους και νευραλγικούς τομείς της Πλανητικής Κοινωνίας, που πέραν από τον Άνθρωπο και τις κοινωνικές προεκτάσεις τους, επιδρούν σημαντικά στη μορφοποίηση και τη βιωσιμότητα ποικίλων οικοσυστημάτων, διαταράσσοντας την ισορροπία στον Πλανήτη.

Στα συγκεκριμένα πλαίσια, παρατίθενται οι σημαντικότερες επιστημονικές παρατηρήσεις του πεδίου των Επιστημών Περιβάλλοντος, που αφορούν σε μετρήσεις πεδίου και παγκόσμια φωτοχημικά μοντέλα προσομοίωσης της ατμόσφαιρας και το πρίσμα υπό το οποίο η Οικονομία Περιβάλλοντος αντιμετωπίζει τις επικείμενες επιπτώσεις τους. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύσσεται η προσέγγιση μέσω της οποίας απτά επιστημονικά δεδομένα μετατρέπονται σε οικονομικοπολιτικούς όρους και διερευνώνται τα διάφορα πολιτικά σενάρια αναλύοντας επίσης τις δυνητικές τους επιπτώσεις στο σύνολο της κοινωνίας. Με τον τρόπο αυτό και την αμφίπλευρη ροή πληροφοριών μεταξύ των πεδίων Επιστημών και Οικονομίας Περιβάλλοντος είναι δυνατόν να καλυφθούν συνολικότερα και πιο ενδελεχώς οι διάφορες πτυχές του προβλήματος και να ληφθούν, ακόμα και σε επίπεδο πρόληψης τα κατάλληλα αντίμετρα.

ΙΙΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

ΙΙΙ.1 Ιστορικό

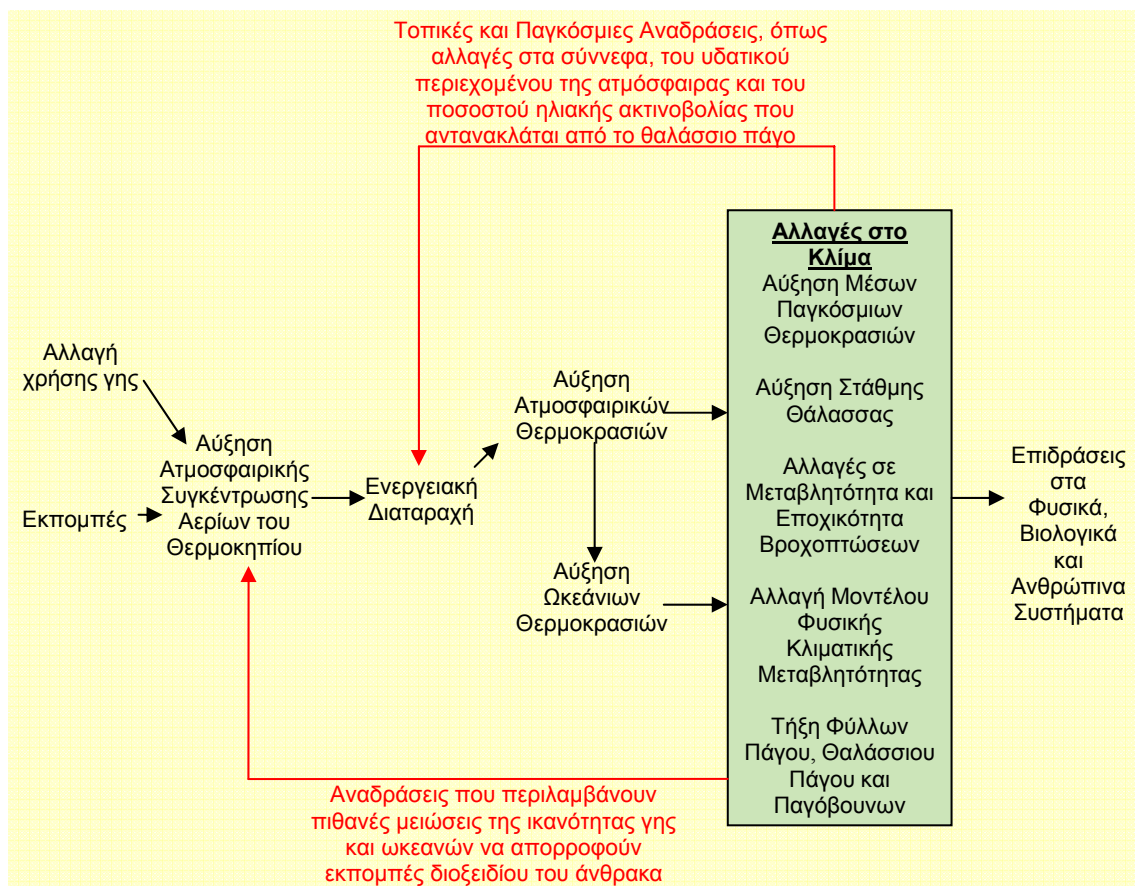
Ο κεντρικός ρόλος που παίζουν τα αέρια του θερμοκηπίου στο κλίμα της γης αναγνωρίστηκε πρώτη φορά το 1827 από τον Jean-Baptiste Fourier, περισσότερο γνωστό για την προσφορά του στα μαθηματικά. Ο Fourier το 1827 πρότεινε ότι η θερμότητα παγιδεύεται μέσα στην ατμόσφαιρα, όπως ακριβώς στο τζάμι ενός θερμοκηπίου, παρομοίωση που οδήγησε τη διεργασία αυτή να πάρει το όνομα «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Το 1861 ο John Tyndall έδειξε ότι το O_2 , το N_2 και το H_2 δεν απορροφούν υπέρυθρη ακτινοβολία, ενώ μέτρησε την απορρόφηση που έχουν στις αντίστοιχες συχνότητες το CO_2 και οι υδρατμοί. Πρότεινε ακόμα ότι οι παγετώνες περίοδοι ίσως οφείλονταν σε μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου του CO_2 . Ακολούθως, ο Arrhenius το 1896 μέτρησε την επίδραση της αυξανόμενης συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του, διπλασιασμός της συγκέντρωσης του CO_2 θα ανέβαζε τη μέση παγκόσμια θερμοκρασία κατά 5 με 6 °C, μια εκτίμηση πολύ κοντά στα σημερινά δεδομένα. Ο Chamberlin ξεκινώντας κι αυτός στα τέλη του 19^{ου} αιώνα ερεύνησε τη σχέση μεταξύ της σύνθεσης της ατμόσφαιρας και του κλίματος και το 1940 ο G. S. Callendar ήταν ο πρώτος που υπολόγισε τη θερμότητα που οφείλεται στην αύξηση του CO_2 από την καύση ορυκτών καυσίμων.



Η πρώτη έκφραση ενδιαφέροντος για την αλλαγή του κλίματος που μπορεί να προέλθει από την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου έγινε το 1957, όταν ο Roger Revelle και ο Hans Suess του Scripps Institute of Oceanography της Καλιφόρνιας εξέδωσαν μια δημοσίευση στην οποία επισήμαιναν ότι με τη συγκέντρωση CO_2 στην ατμόσφαιρα, το ανθρώπινο είδος διεκπεραιώνει ένα ευρεία κλίμακας γεωφυσικό πείραμα. Την ίδια χρονιά, τακτικές μετρήσεις CO_2 ξεκίνησαν στο αστεροσκοπείο της Mauna Kea στη Χαβάη. Η ραγδαία αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων από τότε, μαζί με το όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το περιβάλλον, οδήγησε στο θέμα της παγκόσμιας θέρμανσης που τέθηκε στην ημερήσια διάταξη από τη δεκαετία του '80 [1,4].

ΙΙΙ.2 Αέρια του Θερμοκηπίου και Κλίμα

Από τότε, οι επιστήμονες έχουν βελτιώσει σημαντικά το πλαίσιο κατανόησης του τρόπου με τον οποίο τα αέρια του θερμοκηπίου απορροφούν την ακτινοβολία, επιτρέποντας τούς να πραγματοποιούν ακριβέστερους υπολογισμούς για τη συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου και των θερμοκρασιών.

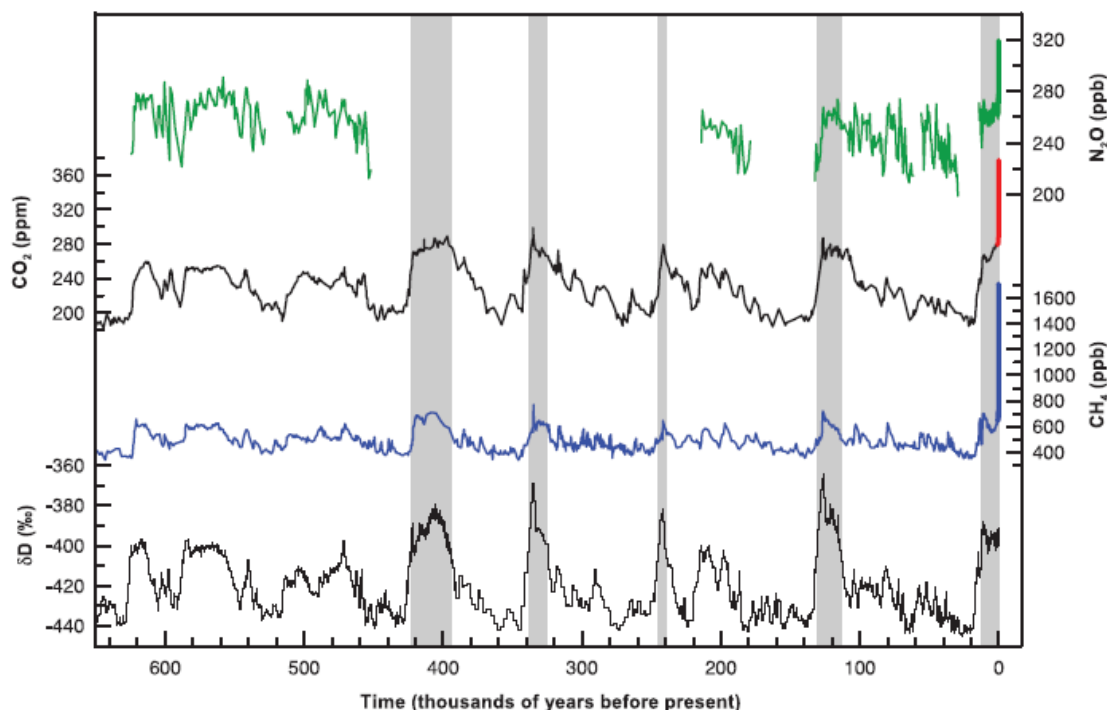


Σχήμα ΙΙΙ.1 : Συσχετισμός μεταξύ αερίων του θερμοκηπίου και αλλαγής κλίματος [84]

Για παράδειγμα, έχει αποδειχτεί πλέον ότι η θερμαντική επίδραση του CO₂ αυξάνεται σχεδόν λογαριθμικά με την αύξηση της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα. Από απλούς υπολογισμούς στην κατάσταση ενεργειακής ισορροπίας, αναμένεται ότι ο διπλασιασμός των συγκεντρώσεων του CO₂ θα οδηγούσε σε μια μέση θέρμανση της επιφάνειας περίπου 1°C. Αλλά η ατμόσφαιρα είναι πιο περίπλοκη από ότι αυτά τα απλά πρότυπα προτείνουν. Η θέρμανση που προκύπτει θα είναι στην πραγματικότητα πολύ μεγαλύτερη από 1°C λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αναδράσεων στην ατμόσφαιρα που ενεργούν για να ενισχύσουν ή να υγράνουν την άμεση θέρμανση. Η κύρια θετική ανάδραση προέρχεται από τους υδρατμούς, ένα πολύ ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Τα στοιχεία δείχνουν ότι όπως προβλέπει και η βασική φυσική, μια θερμότερη ατμόσφαιρα κρατά περισσότερους

υδρατμούς και παγιδεύει περισσότερη θερμότητα, ενισχύοντας την αρχική θέρμανση [1,5].

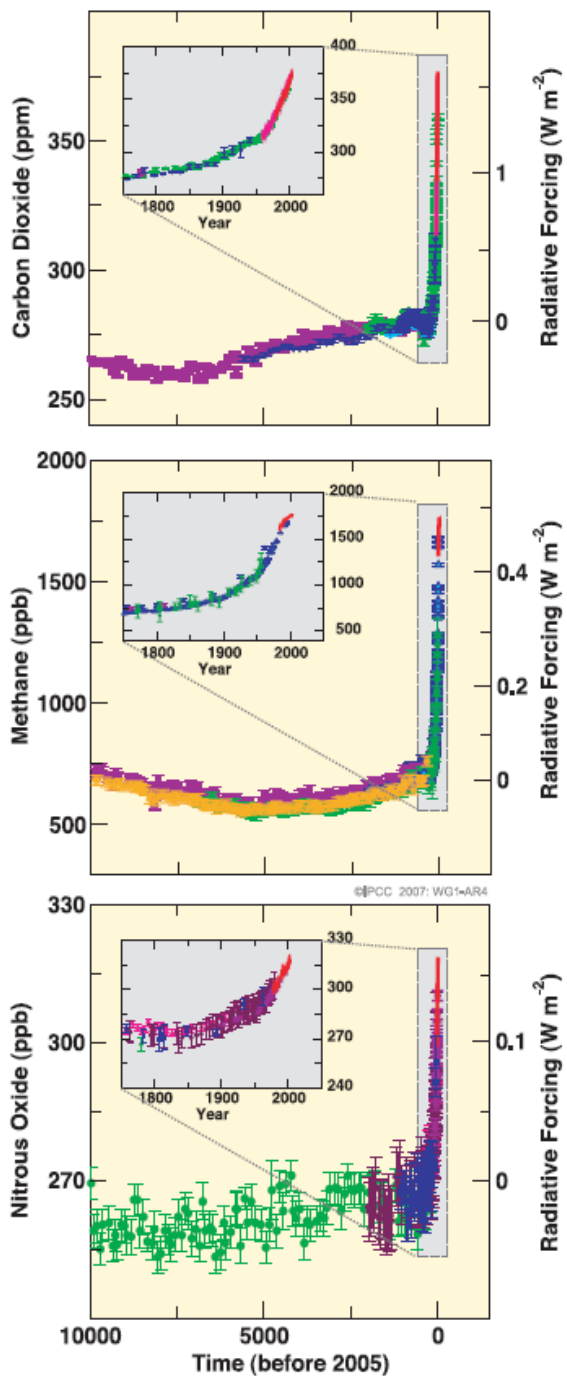
Σήμερα, ένα πλήθος επιστημονικών στοιχείων δείχνει ότι το κλίμα της γης αλλάζει γρήγορα, κυρίως ως αποτέλεσμα των αυξήσεων στα αέρια θερμοκηπίου που προκαλούνται από τις ανθρωπίνες δραστηριότητες. Οι παγκόσμιες ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του CO₂, του CH₄ και του N₂O έχουν αυξηθεί εμφανώς ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων από το 1750 και τώρα υπερβαίνουν κατά πολύ τις προβιομηχανικές τιμές που υπολογίζονται από τους πάγους για χιλιετίες πριν [6,7,8,9].



Σχήμα ΙΙΙ.2 : Μεταβολές του δευτέρου (δD) στον ανταρκτικό πάγο, ενδεικτικό στοιχείο για την τοπική θερμοκρασία, και οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των αερίων θερμοκηπίου CO₂, CH₄, και N₂O από τον αέρα που παγιδεύεται μέσα στον πάγο και από πρόσφατες ατμοσφαιρικές μετρήσεις. Τα στοιχεία καλύπτουν 650.000 έτη και οι σκιασμένες ζώνες δείχνουν τις τρέχουσες και προηγούμενες μεσοπαγετώνιες θερμές περιόδους [6]

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το σημαντικότερο ανθρωπογενές θερμοκηπιακό αέριο. Η παγκόσμια ατμοσφαιρική συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα έχει αυξηθεί από μια προβιομηχανική τιμή περίπου 280 ppm σε 379 ppm το 2005 και υπερβαίνει κατά πολύ τη φυσική σειρά κατά τη διάρκεια των τελευταίων 650.000 ετών (180 έως 300ppm). Το ετήσιο ποσοστό αύξησης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα ήταν μεγαλύτερο κατά τη διάρκεια των τελευταίων 10 ετών (μέσος όρος του 1995-2005: 1,9ppm ετησίως), από την αρχή των τακτικών ατμοσφαιρικών μετρήσεων (μέσος όρος του 1960-2005: 1,4 ppm ετησίως), αν και

υπάρχει μια ετήσια μεταβολή στα ποσοστά αύξησης. Η κύρια πηγή της



Σχήμα ΙΙΙ.3: Ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του CO₂, CH₄, και N₂O κατά τη διάρκεια των τελευταίων 10.000 ετών και από 1750 (εσωτερικά σχήματα). Οι μετρήσεις παρουσιάζονται από μετρήσεις πάγων (σύμβολα με τα διαφορετικά χρώματα για τις διαφορετικές μελέτες) και τα ατμοσφαιρικά δείγματα (κόκκινες γραμμές). Οι αντίστοιχες ενεργειακές διαταραχές παρουσιάζονται στους δεξιούς άξονες [1]

αυξανόμενης ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα από την προβιομηχανική περίοδο είναι η χρήση ορυκτών καυσίμων, με την αλλαγή χρήσης της γης να παρέχει άλλη μια σημαντική, αλλά μικρότερη συμβολή [8]. Οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από ορυκτά καύσιμα αυξήθηκαν από έναν μέσο όρο 6,4 [6,0 σε 6.8] GtC (23,5 [22,0 έως 25,0] GtCO₂) ετησίως στη δεκαετία του '90, σε 7,2 [6,9 έως 7,5] GtC (26,4 [25,3 έως 27,5] GtCO₂) ετησίως το 2000-2005. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που συνδέονται με την αλλαγή χρήσης της γης υπολογίζονται στους 1,6 [0,5 έως 2,7] GtC (5,9 [1,8 έως 9,9] GtCO₂) ετησίως κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90, αν και αυτές οι εκτιμήσεις εμπεριέχουν μεγάλη αβεβαιότητα [10].

Η παγκόσμια ατμοσφαιρική συγκέντρωση του μεθανίου έχει αυξηθεί από μια προβιομηχανική τιμή ~715 ppb στα 1732 ppb στις αρχές της δεκαετίας του '90, ενώ το 2005 έφτασε τα 1774 ppb. Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του

μεθανίου το 2005 υπερβαίνει κατά πολύ τη φυσική σειρά των τελευταίων 650.000 ετών (320 έως 790 ppb) [9,11]. Τα ποσοστά αύξησης έχουν μειωθεί από την αρχή

της δεκαετίας του '90, σύμφωνα με τις συνολικές εκπομπές (άθροισμα ανθρωπογενών και φυσικών πηγών) που είναι σχεδόν σταθερές κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Είναι *πολύ πιθανό* (90% πιθανότητα) ότι η παρατηρούμενη αύξηση στη συγκέντρωση μεθανίου οφείλεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, με κυριότερες τη γεωργία και τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο, οι σχετικές συνεισφορές από τους διαφορετικούς τύπους πηγών δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια [3].

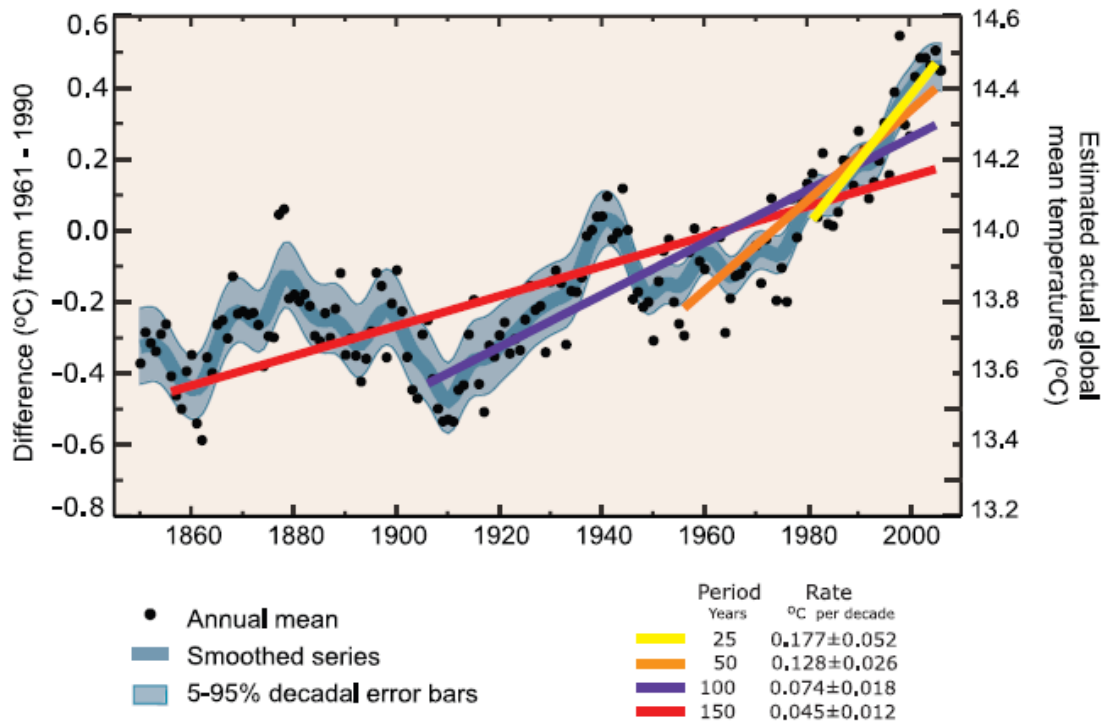
Η παγκόσμια ατμοσφαιρική συγκέντρωση του υποξειδίου του αζώτου αυξήθηκε από τα ~270 ppb προβιομηχανικά, στα 319 ppb το 2005. Το ποσοστό αύξησης είναι περίπου σταθερό από το 1980 [12,13]. Περισσότερο από το ένα τρίτο των εκπομπών του υποξειδίου του αζώτου είναι ανθρωπογενούς προέλευσης και οφείλονται κυρίως στη γεωργία [3].

ΙΙΙ.3 Παρατηρήσεις Αλλαγής Κλίματος

Η θέρμανση του κλιματικού συστήματος είναι πλέον αδιαμφισβήτητη, από τις πολυάριθμες παρατηρήσεις που συντείνουν ότι υπάρχει παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας στον μέσο όρο της ατμόσφαιρας και τους ωκεανούς, εκτεταμένη τήξη του χιονιού και του πάγου, παγκόσμια άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας. Επίσης σε ηπειρωτική, περιφερειακή και ωκεάνια κλίμακα, οι μακροπρόθεσμες αλλαγές περιλαμβάνουν μεταβολές στις αρκτικές θερμοκρασίες και τον πάγο, στα ποσοστά βροχόπτωσης, στην ωκεάνια αλατότητα, στους τύπους αέρα και στην εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων όπως ξηρασιών, βαριάς βροχόπτωσης, κυμάτων θερμότητας και σφοδρών τροπικών κυκλώνων [1].

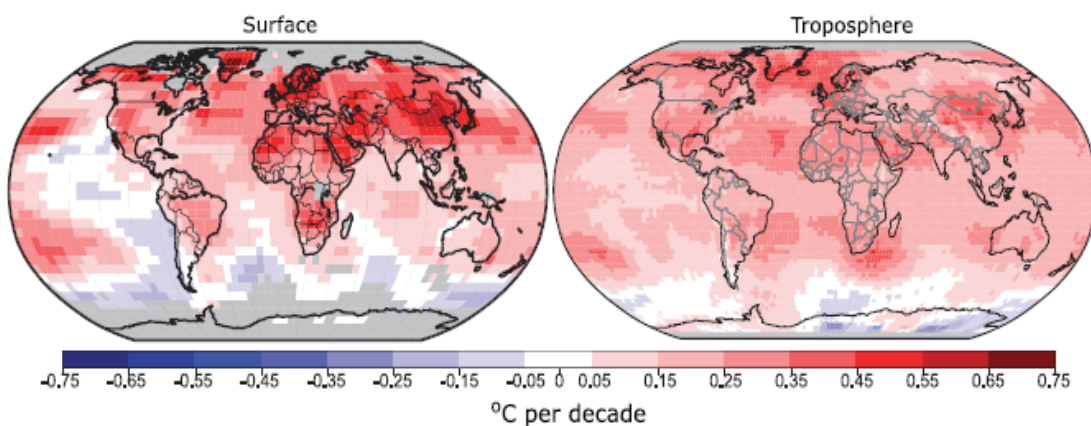
■ Έντεκα από τα τελευταία δώδεκα χρόνια (1995-2006) κατατάσσονται μεταξύ των 12 θερμότερων στο αρχείο της παγκόσμιας επιφανειακής θερμοκρασίας (από το 1850). Η γραμμική τάση θέρμανσης κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών (0.13°C [0.10°C - 0.16°C] ανά δεκαετία) είναι σχεδόν διπλάσια από αυτή για τα τελευταία 100 χρόνια. Η συνολική αύξηση θερμοκρασίας από 1850-1899 έως το 2001-2005 είναι 0.76°C [0.57°C - 0.95°C]. Το φαινόμενο της θερμής αστικής νήσου είναι ενεργό, αλλά μόνο σε τοπικό επίπεδο, και έχει αμελητέα επίδραση (λιγότερο από 0.006°C ανά δεκαετία στη γη και 0°C στους ωκεανούς) [14,15,16,17,18].

■ Νέες αναλύσεις αεροστατικών και δορυφορικών μετρήσεων της χαμηλότερης και



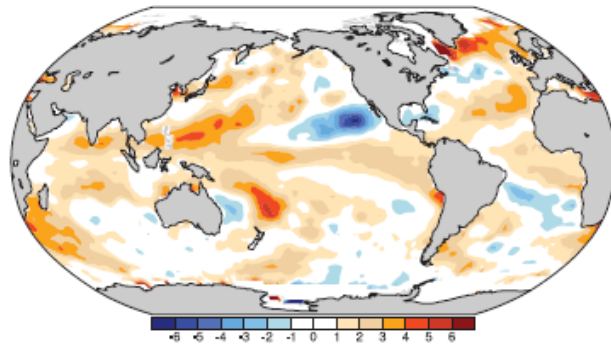
Σχήμα ΙΙΙ.4: Ετήσιες παγκόσμιες μέσες θερμοκρασίες (μαύρα σημεία). Ο αριστερός άξονας παρουσιάζει ανωμαλίες θερμοκρασίας σε σχέση με το μέσο όρο της περιόδου 1961-1990 ενώ ο δεξιός παρουσιάζει τις εκτιμώμενες πραγματικές θερμοκρασίες, και οι δύο σε °C. Οι γραμμικές τάσεις παρουσιάζονται για τα τελευταία 25 (κίτρινο), 50 (πορτοκαλί), 100 (μωβ) και 150 (κόκκινο) χρόνια. Η μπλε καμπύλη παρουσιάζει τις μεταβολές ανά δεκαετία. Το δεκαετές 90% εύρος σφάλματος παρουσιάζεται ως γαλάζια ζώνη για την αντίστοιχη γραμμή [1]

μέσης τροποσφαιρικής θερμοκρασίας παρουσιάζει ποσοστά θέρμανσης που είναι παρόμοια με εκείνα του αρχείου της επιφανειακής θερμοκρασίας και συνεπή με τις αντίστοιχες αβεβαιότητές τους [19,20].

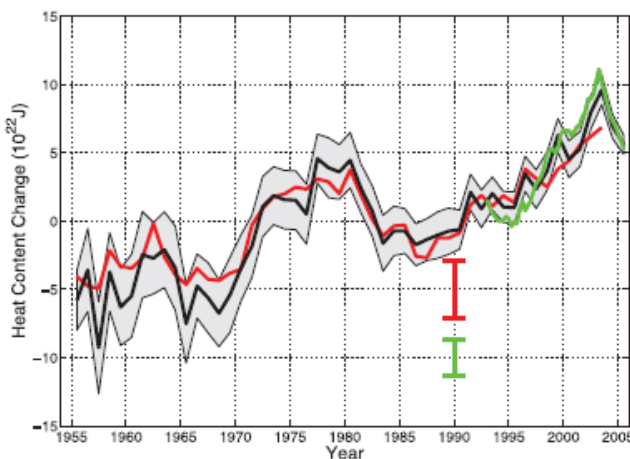


Σχήμα ΙΙΙ.5: Σχεδιαγράμματα των παγκόσμιων γραμμικών τάσεων της θερμοκρασίας για την περίοδο 1979-2005 για την επιφάνεια (αριστερά) και για την τροπόσφαιρα από δορυφορικά δεδομένα (δεξιά). Οι γκρίζες περιοχές έχουν ελλειπή στοιχεία [1]

■ Η μέση ατμοσφαιρική περιεκτικότητα σε υδατμούς έχει αυξηθεί σημαντικά, τουλάχιστον από τη δεκαετία του '80, πάνω από το έδαφος και τον ωκεανό καθώς επίσης και στην ανώτερη τροπόσφαιρα. Η αύξηση είναι σύμφωνη με τους πρόσθετους υδατμούς που ο θερμότερος αέρας μπορεί να συγκρατήσει [21,22].



Σχήμα ΙΙΙ.6: Γραμμικές τάσεις νερού που κατακρημνείται (συνολικός υδατμός στήλης) την περίοδο 1988- 2004 (% ανά δεκαετία) [21]



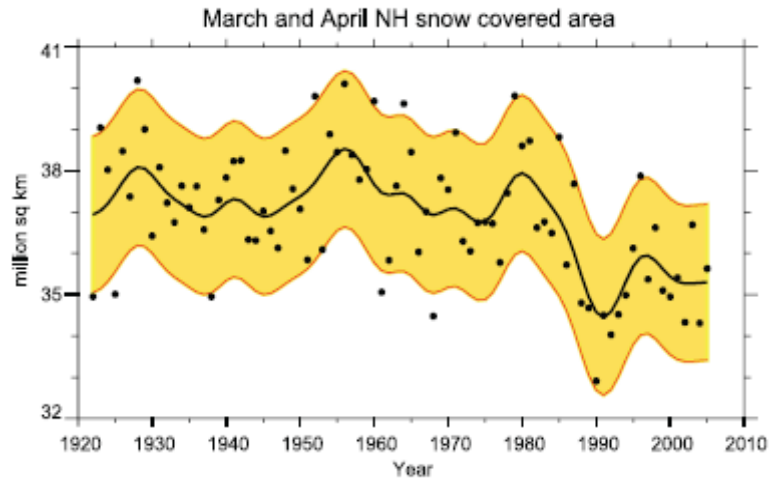
Σχήμα ΙΙΙ.7: Χρονικό διάγραμμα παγκόσμιου περιεχομένου θερμότητας των ωκεανών (10^{22} J) για το στρώμα 0- 700 m. Οι τρεις χρωματισμένες γραμμές είναι ανεξάρτητες αναλύσεις των ωκεανογραφικών δεδομένων. Οι μαύρες και κόκκινες καμπύλες υποδεικνύουν την απόκλιση από τον μέσο όρο της περιόδου 1961-1990 και η κοντύτερη πράσινη καμπύλη δείχνει την απόκλιση από το μέσο όρο της μαύρης καμπύλης για την περίοδο 1993-2003. Το 90% εύρος αβεβαιότητας για τη μαύρη καμπύλη υποδεικνύεται με την γκριζα σκίαση και για τις άλλες καμπύλες από τις αντίστοιχες μπάρες[23]

ημισφαίρια. Οι εκτεταμένες αυτές μειώσεις έχουν συμβάλει στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας (χωρίς να περιλαμβάνονται οι συνεισφορές από τη Γροιλανδία και οι στοιβάδες πάγου της Ανταρκτικής) [26,27,28,29].

■ Οι παρατηρήσεις από το 1961 δείχνουν ότι η μέση θερμοκρασία του παγκόσμιου ωκεανού έχει αυξηθεί σε βάθη τουλάχιστον 3000m και ότι ο ωκεανός έχει απορροφήσει περισσότερο από 80% της θερμότητας που προστίθεται στο σύστημα του κλίματος. Τέτοια θέρμανση αναγκάζει το νερό της θάλασσας να επεκταθεί, συμβάλλοντας στην άνοδο στάθμης της θάλασσας [23,24,25].

■ Οι ορεινοί παγετώνες και η κάλυψη χιονιού έχουν μειωθεί κατά μέσον όρο και στα δύο

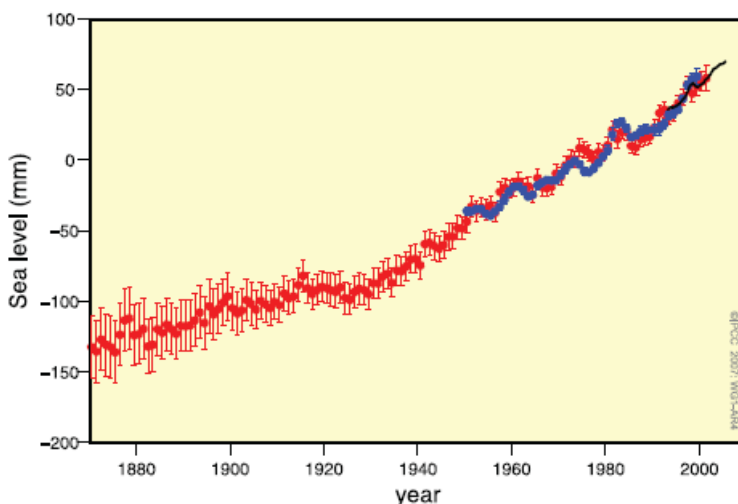
■ Στοιχεία δείχνουν ότι οι απώλειες από οι στοιβάδες πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής έχουν πολύ πιθανόν συμβάλει στην άνοδο στάθμης της θάλασσας από το 1993 ως το 2003. Η ταχύτητα ροής έχει αυξηθεί για τους παγετώνες στις παρυφές της Γροιλανδίας και της



Σχήμα ΙΙΙ.8: Περιοχή Βόρειου Ημισφαιρίου καλυμμένη από χιόνι την περίοδο Μαρτίου-Απριλίου. Η μαύρη καμπύλη παρουσιάζει μεταβολές ανά δεκαετία, ενώ το 5-95% εύρος δεδομένων σκιάζεται με κίτρινο [29]

Ανταρκτικής, οι οποίοι αποστραγγίζουν πάγους από το εσωτερικό των στοιβάδων πάγου. Η αντίστοιχη αυξανόμενη απώλεια μάζας των στοιβάδων πάγου έχει συχνά ως αποτέλεσμα τη λέπτυνση, τη μείωση ή την απώλεια των στοιβάδων. Τέτοια δυναμική απώλεια πάγου εξηγεί επαρκώς την απώλεια του μεγαλύτερου μέρους της καθαρής μάζας της Ανταρκτικής και την απώλεια περίπου της μισής καθαρής μάζας της Γροιλανδίας. Το υπόλοιπο της απώλειας πάγου από τη Γροιλανδία έχει εμφανιστεί επειδή οι απώλειες από την τήξη έχουν υπερβεί τη συσσώρευση λόγω χιονόπτωσης [30,31,32,33,34].

■ Η μέση στάθμη της θάλασσας σε παγκόσμιο επίπεδο ανήλθε κατά ένα μέσο



Σχήμα ΙΙΙ.9: Ετήσιοι μέσοι όροι της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας βασισμένης σε αναδημιουργημένες περιοχές στάθμης της θάλασσας από το 1870 (κόκκινο), τις μετρήσεις μετρητών παλίρροιας από το 1950 (μπλε) και υψομετρία από δορυφόρο από το 1992 (μαύρο). Οι μονάδες είναι σε mm σε σχέση με το μέσο όρο 1961-1990, ενώ οι μπάρες σφάλματος απεικονίζουν 90% εύρος εμπιστοσύνης [36]

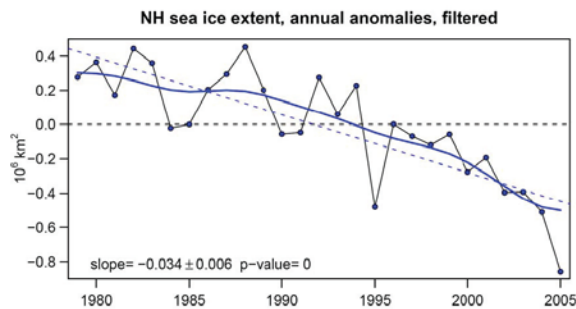
ποσοστό 1,8 [1,3-2,3] mm ετησίως από το 1961 ως το 2003. Το ποσοστό αυτό ήταν μεγαλύτερο την περίοδο 1993-2003, περίπου 3,1 [2,4-3,8] mm ετησίως. Εάν το ταχύτερο ποσοστό για το 1993-2003 εκφράζει τη δεκαετή μεταβολή ή μια αύξηση στην πιο μακροπρόθεσμη γενική κατεύθυνση είναι

ασαφές. Υπάρχει *υψηλή εμπιστοσύνη* (8 στις 10 πιθανότητες) ότι το ποσοστό της ανόδου αυξήθηκε από το 19^ο στον 20^ο αιώνα. Η συνολική άνοδος για τον 20^ο αιώνα υπολογίζεται 0,17 [0,12-0,22] m [35,36,37,38].

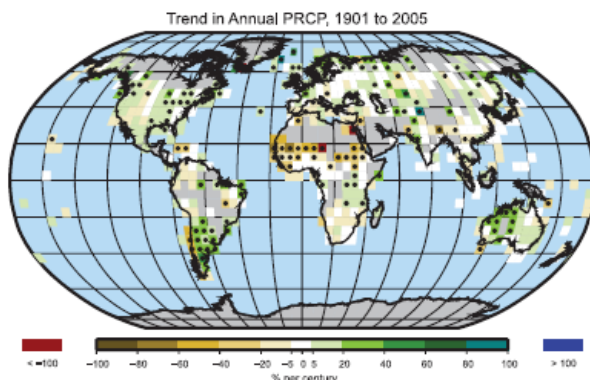
■ Οι μέσες αρκτικές θερμοκρασίες αυξήθηκαν σχεδόν όσο δύο φορές το μέσο παγκόσμιο ποσοστό στα προηγούμενα 100 έτη. Οι αρκτικές θερμοκρασίες έχουν την πιο υψηλή μεταβολή ανά δεκαετία, ενώ μια θερμή περίοδος παρατηρήθηκε επίσης από το 1925 ως το 1945 [39].

■ Στοιχεία από δορυφόρο που λαμβάνονται από το 1978 δείχνουν ότι ο ετήσιος μέσος όρος του αρκτικού θαλάσσιου πάγου έχει συρρικνωθεί κατά 2,7 [2,1 ως 3.3]% ανά δεκαετία, με τις μεγαλύτερες μειώσεις το καλοκαίρι 7,4 [5,0 ως 9.8]% ανά δεκαετία [40].

■ Οι θερμοκρασίες στην κορυφή της αιώνιας παγωμένης στοιβάδας έχουν αυξηθεί γενικά από τη δεκαετία του '80 στην Αρκτική (μέχρι και 3°C). Η ανώτατη περιοχή που καλύπτεται από εποχιακά παγωμένο έδαφος έχει μειωθεί κατά περίπου 7% στο Βόρειο Ημισφαίριο από το 1900, με μια μείωση την άνοιξη μέχρι και 15% [41,42,43,44,45,46].



Σχήμα ΙΙΙ.10: Ανωμαλίες στο εύρος του θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική. Τα σημεία υποδεικνύουν τις ετήσιες τιμές ενώ οι μπλε καμπύλες παρουσιάζουν τις μεταβολές ανά δεκαετία. Οι διακεκομμένη γραμμή δείχνει τη γραμμική τάση, ίση με περίπου -2,7% ανά δεκαετία (95% εύρος εμπιστοσύνης) [40]

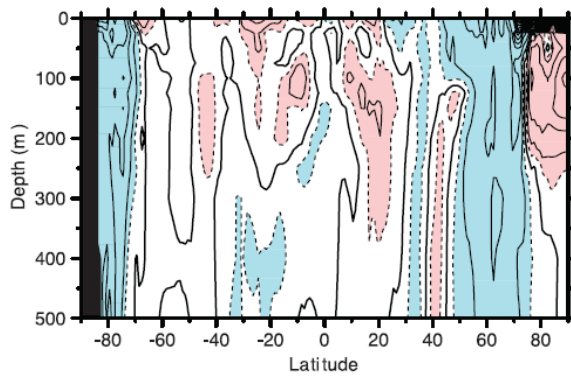


Σχήμα ΙΙΙ.11: Κατανομή των γραμμικών τάσεων της ετήσιας βροχόπτωσης στην ξηρά κατά την περίοδο 1901 ως 2005 (% ανά αιώνα). Οι γκριζες περιοχές έχουν ανεπαρκή στοιχεία για να παράγουν αξιόπιστες τάσεις [1].

σε περιοχές της νότιας Ασίας. Η πτώση είναι ιδιαίτερα μεταβλητή χωρικά και χρονικά, και τα στοιχεία είναι περιορισμένα για μερικές περιοχές. Μακροπρόθεσμες

■ Μακροπρόθεσμες τάσεις από το 1900 ως το 2005 έχουν παρατηρηθεί στα ποσοστά βροχόπτωσης σε πολλές και εκτενείς περιοχές. Ιδιαίτερα αυξημένη βροχόπτωση έχει παρατηρηθεί στα ανατολικά της Βόρειας και Νότιας Αμερικής, στη βόρεια Ευρώπη και στη βόρεια και κεντρική Ασία. Ξήρανση έχει παρατηρηθεί στην κεντρική Αφρική, τη Μεσόγειο, τη νότια Αφρική και

τάσεις δεν έχουν παρατηρηθεί για τις άλλες μεγάλες περιοχές που υπολογίστηκαν [47,48,49,50].



Σχήμα ΙΙΙ.12: Γραμμικές τάσεις (1955-1998) του μέσου όρου της ζωνικής αλατότητας για τον παγκόσμιο ωκεανό. Τα περιγράμματα εντός υποδεικνύουν 0,01 ανά δεκαετία, ενώ τα διακεκομμένα περιγράμματα είναι ± 0.005 ανά δεκαετία. Η μαύρη συμπαγής γραμμή δηλώνει μηδενική τάση. Η κόκκινη σκίαση δείχνει τιμές ίσες ή μεγαλύτερες από 0,005 ανά δεκαετία και η μπλε σκίαση δείχνει τιμές ίσες ή λιγότερο από -0.005 ανά δεκαετία [51]

■ Αλλαγές στην βροχόπτωση και την εξάτμιση πάνω από τους ωκεανούς υποδεικνύονται από φρέσκα νερά σε μέσα και υψηλά γεωγραφικά πλάτη, μαζί με την αυξανόμενη αλατότητα στα ύδατα στα αντίστοιχα χαμηλά [51,52,53,54].

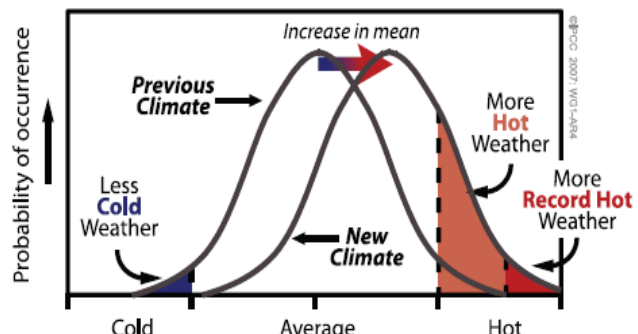
■ Δυτικοί άνεμοι σε μέσα γεωγραφικά πλάτη δυτικά έχουν ενισχυθεί και στα δύο ημισφαίρια από τη δεκαετία του '60 [55].

■ Οι εντονότερες και πιο μακροχρόνιες ανομβρίες έχουν

παρατηρηθεί σε ευρύτερες περιοχές από τη δεκαετία του '70, ιδιαίτερα στους τροπικούς και υποτροπικούς κύκλους. Η αυξανόμενη ξήρανση που συνδέεται με τις υψηλότερες θερμοκρασίες και τη μειωμένη βροχόπτωση έχει συμβάλει στις αλλαγές στην ανομβρία. Οι αλλαγές στις θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας, ο τύπος των ανέμων και η μειωμένη χιονόπτωση και κάλυψη χιονιού έχουν συνδεθεί επίσης με τις ξηρασίες [50,56,57,58].

■ Η συχνότητα των σφοδρών βροχοπτώσεων έχει αυξηθεί πάνω από τις περισσότερες περιοχές του εδάφους, σε συνέπεια με τη θέρμανση και την παρατηρούμενη αύξηση των υδρατμών της ατμόσφαιρας [47,59,60,61].

■ Εκτεταμένες αλλαγές στις ακραίες θερμοκρασίες έχουν παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών. Οι κρύες ημέρες, οι κρύες νύχτες και ο παγετός έχουν γίνει λιγότερο συχνόι, ενώ οι ζεστές ημέρες, οι ζεστές νύχτες και οι καύσωνες έχουν γίνει συχνότερες [60,62].

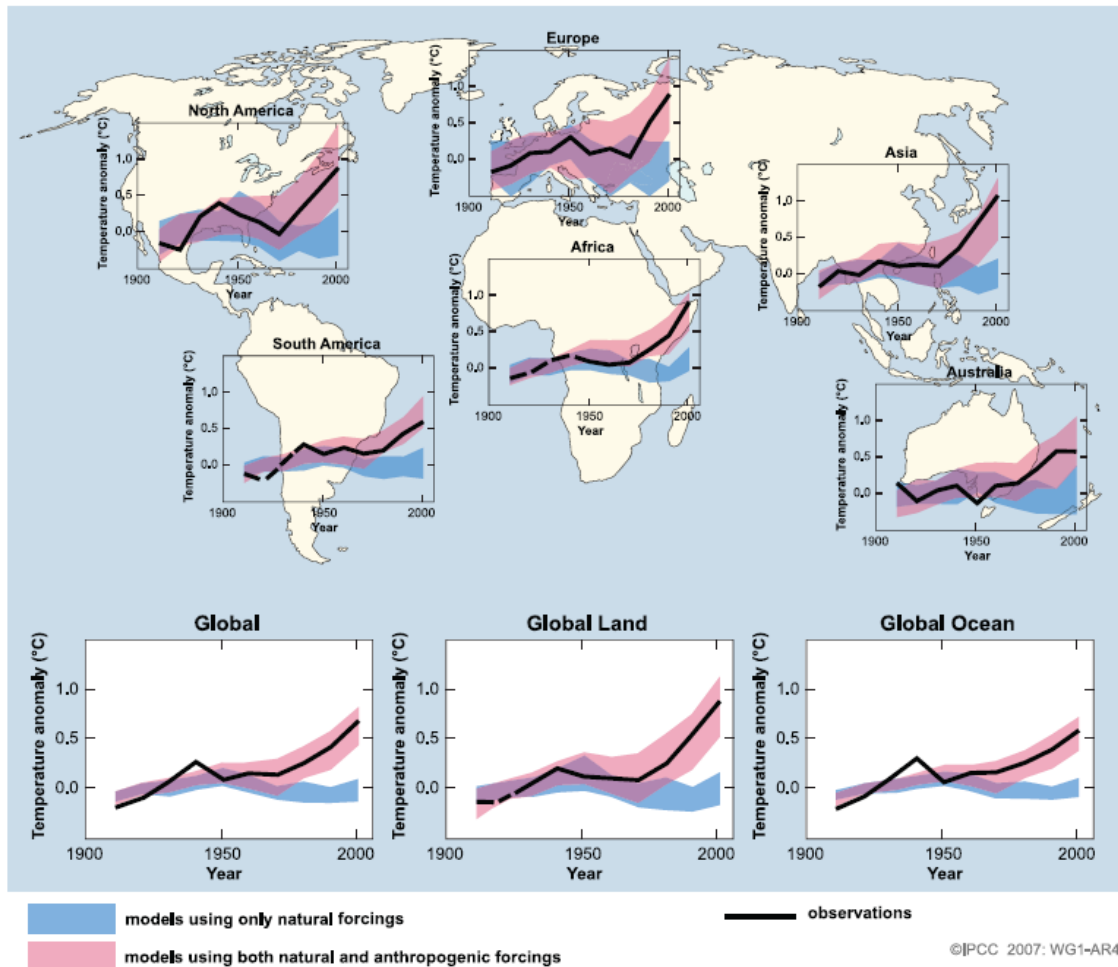


Σχήμα ΙΙΙ.13: Σχηματική αναπαράσταση που παρουσιάζει την επίδραση στις ακραίες θερμοκρασίες όταν οι μέσες θερμοκρασίες αυξάνουν σε κανονική κατανομή θερμοκρασίας [1]

■ Υπάρχουν στοιχεία για μια αύξηση στη σφοδρή δραστηριότητα των τροπικών κυκλώνων στο Βόρειο Ατλαντικό από περίπου το 1970, που σχετίζεται με τις αυξήσεις των επιφανειακών θερμοκρασιών στις τροπικές θάλασσες, ενώ υπάρχουν επίσης στοιχεία για αυξανόμενη δραστηριότητα των κυκλώνων σε μερικές άλλες περιοχές, όπου δεν υπάρχουν όμως ασφαλή δεδομένα. Η μεταβλητότητα ανά δεκαετία και η ποιότητα των δεδομένων για τους τροπικούς κυκλώνες πριν τις καθημερινές δορυφορικές παρατηρήσεις από το 1970 δυσχεραίνουν την ανίχνευση μακροπρόθεσμων τάσεων της δραστηριότητας των τροπικών κυκλώνων, ώστε να μη φαίνεται καθαρή τάση στον ετήσιο αριθμό τους [63,64,65,66].

III.4 Προέλευση Αλλαγής Κλίματος

Το μεγαλύτερο μέρος της παρατηρούμενης αύξησης στις παγκόσμιες μέσες θερμοκρασίες από το μέσο του 20^{ου} αιώνα οφείλεται πολύ πιθανόν (90% πιθανότητα) στην αντίστοιχη παρατηρούμενη αύξηση στα ανθρωπογενή προέλευσης των αερίων του θερμοκηπίου. Περαιτέρω, είναι πιθανό (66% πιθανότητα) ότι οι αυξήσεις στις συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου θα είχαν προκαλέσει υψηλότερη θέρμανση από την παρατηρούμενη, επειδή τα ηφαιστειακά και ανθρωπογενή αερολύματα έχουν αντισταθμίσει ένα ποσό θερμότητας, που ειδιάλλως θα είχε εμφανιστεί. Η εκτεταμένη θέρμανση της ατμόσφαιρας και του ωκεανού, μαζί με τη μαζική απώλεια πάγου, συνηγορούν στο συμπέρασμα ότι είναι *εξαιρετικά απίθανο* (πιθανότητα<5%) η παγκόσμια αλλαγή κλίματος που παρατηρείται τα τελευταία 50 χρόνια να μπορεί να εξηγηθεί χωρίς εξωτερική διαταραχή, και *το πλέον πιθανό* είναι ότι δεν οφείλεται μονό στις γνωστές φυσικές αιτίες. Τα χαρακτηριστικά διαγράμματα της θέρμανσης, που περιλαμβάνουν μεγαλύτερη θέρμανση πάνω από το έδαφος παρά πάνω από τον ωκεανό, και οι αλλαγές τους κατά τη διάρκεια του χρόνου, προσομοιώνονται μόνο από μοντέλα που συμπεριλαμβάνουν την ανθρωπογενή διαταραχή [67,68,69,70,71,72]. Οι δυσκολίες παραμένουν στην αξιόπιστη προσομοίωση και απόδοση των παρατηρούμενων αλλαγών θερμοκρασίας σε μικρότερες κλίμακες, λόγω του γεγονότος ότι σε αυτές τις κλίμακες, η φυσική μεταβλητότητα είναι σχετικά μεγαλύτερη, καθιστώντας δυσδιάκριτες τις αλλαγές που αναμένονται από τις εξωτερικές διαταραχές και τον υπολογισμό της συμβολής των αερίων του θερμοκηπίου [73,74,75].



Σχήμα ΙΙΙ.14: Σύγκριση παρατηρούμενων ηπειρωτικών και παγκόσμιας κλίμακας αλλαγών στην επιφανειακή θερμοκρασία με τα αποτελέσματα προσομοιωμένα από μοντέλα που χρησιμοποιούν φυσικές και ανθρωπογενείς επιδράσεις. Οι μέσοι όροι των παρατηρήσεων ανά δεκαετία παρουσιάζονται για την περίοδο 1906 ως 2005 (μαύρη γραμμή) σχεδιασμένοι επί το κέντρο της δεκαετίας και αναλογικά με τον αντίστοιχο μέσο όρο για την περίοδο 1901-1950. Οι διακεκομμένες γραμμές χρησιμοποιούνται όπου η χωρική κάλυψη είναι λιγότερο από 50%. Οι μπλε σκιασμένες ζώνες παρουσιάζουν ένα εύρος 5-95% για 19 προσομοιώσεις από 5 κλιματικά μοντέλα που χρησιμοποίησαν μόνο φυσικές διαταραχές από ηλιακή και ηφαιστειακή δραστηριότητα. Οι κόκκινες σκιασμένες ζώνες παρουσιάζουν το εύρος 5-95% για 58 προσομοιώσεις από 14 κλιματικά μοντέλα που χρησιμοποιούν και φυσικές και ανθρωπογενείς διαταραχές [1]

Παρόλα αυτά, ο μεγάλος πλέον αριθμός προσομοιώσεων, διαθέσιμων από μια ευρύτερη σειρά μοντέλων, σε συνδυασμό με πρόσθετες πληροφορίες και περιορισμούς από παρατηρήσεις, παρέχουν μια ποσοτική βάση πιθανοτήτων για πολλές πτυχές της μελλοντικής αλλαγής κλίματος. Ένας από αυτούς τους δείκτες είναι η ευαισθησία του κλίματος, ο οποίος αποτελεί μέτρο της απόκρισης του συστήματος του κλίματος στην υφιστάμενη εξωτερική διαταραχή. Καθορίζεται ως η παγκόσμια μέση επιφανειακή θέρμανση που προκύπτει από το διπλασιασμό των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα. Είναι πιθανόν να έχει ένα εύρος 2 ως 4.5°C με βέλτιστη εκτίμηση περίπου 3°C, ενώ είναι σχεδόν απίθανο (πιθανότητα < 10%) να είναι λιγότερο από 1.5°C. Η ποσοτικοποίηση της

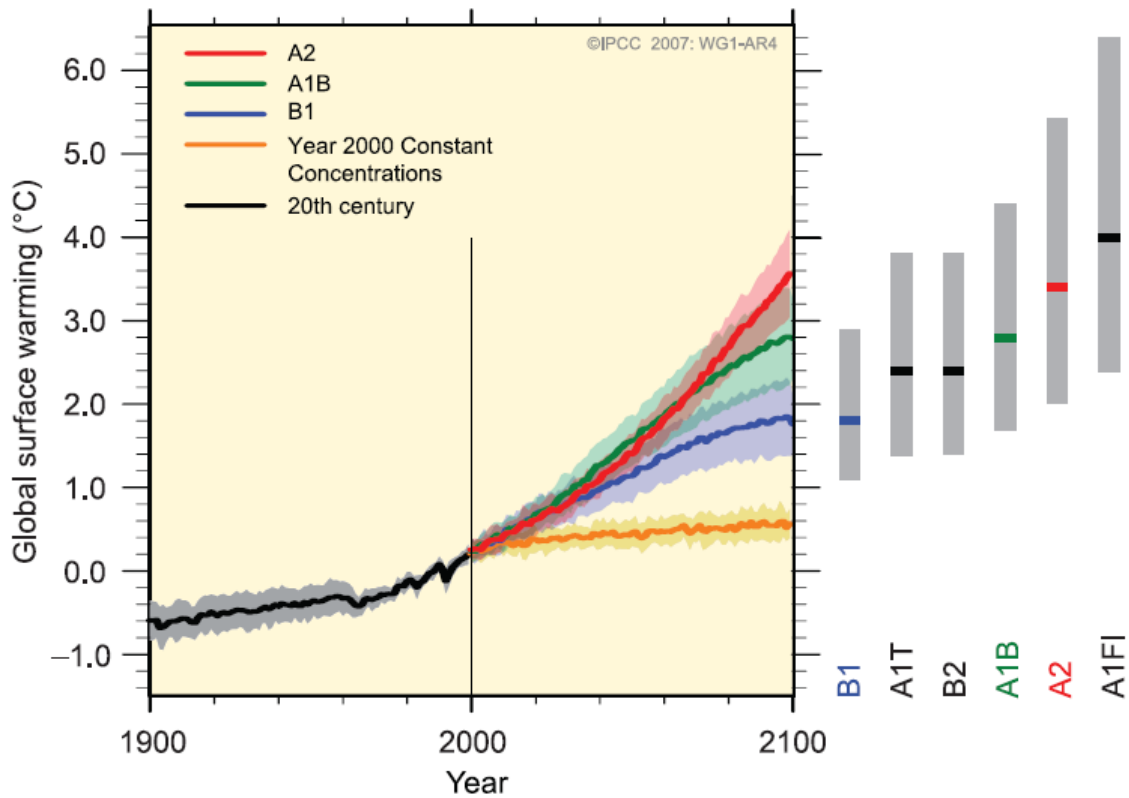
ευαισθησίας του κλίματος επιτρέπει τον υπολογισμό της καλύτερης εκτίμησης των θερμοκρασιών ισορροπίας και του εύρους τους, που αναμένονται κατά τη σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων του CO₂ σε διάφορα επίπεδα που βασίζονται σε μελέτες της παγκόσμιας ενεργειακής ισορροπίας, με την ανάδραση που προκαλούν τα σύννεφα να παραμένει η μεγαλύτερη πηγή αβεβαιότητας. [76,77,78,79,80,81,82]

ΙΙΙ.5 Μελλοντικές Εκτιμήσεις

Οι πρότυπες προσομοιώσεις παρέχουν, μια σειρά πιθανών μελλοντικών εξιδανικευμένων υποθέσεων εκπομπής ή συγκέντρωσης, που περιλαμβάνουν τα ενδεικτικά σενάρια SRES14 για την περίοδο 2000-2100. Σύμφωνα με τα σενάρια αυτά, για τις επόμενες δύο δεκαετίες, αναμένεται θέρμανση του πλανήτη με ρυθμό περίπου 0.2°C ανά δεκαετία, ενώ ακόμα κι αν οι συγκεντρώσεις όλων των αερίων θερμοκηπίου και των αερολυμάτων παρέμεναν σταθερές στα επίπεδα του 2000, αναμένεται μια περαιτέρω θέρμανση περίπου 0.1°C ανά δεκαετία, κυρίως λόγω της αργής απόκρισης των ωκεανών. Οι συνεχείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πάντως στα ή πάνω από τα τρέχοντα ποσοστά θα προκαλούσαν περαιτέρω θέρμανση προκαλώντας πολλές αλλαγές στο παγκόσμιο σύστημα κλίματος τον 21^ο αιώνα, που πολύ πιθανόν να είναι μεγαλύτερες από αυτές που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. Για παράδειγμα, η καλύτερη εκτίμηση για το χαμηλό σενάριο (B1) είναι 1.8°C (πιθανό εύρος 1.1°C ως 2.9°C), και η καλύτερη εκτίμηση για το υψηλό σενάριο (A1F1) είναι 4°C (πιθανό εύρος 2.4°C ως 6.4°C), με αντίστοιχη άνοδο της στάθμης της θάλασσας 0.18-0.38m και 0.26-0.59m. Γενικά, οι πιο πολλές μελέτες σύγκρισης μεταξύ των μοντέλων, εστιάζονται στα σενάρια B1, A1B και A2.

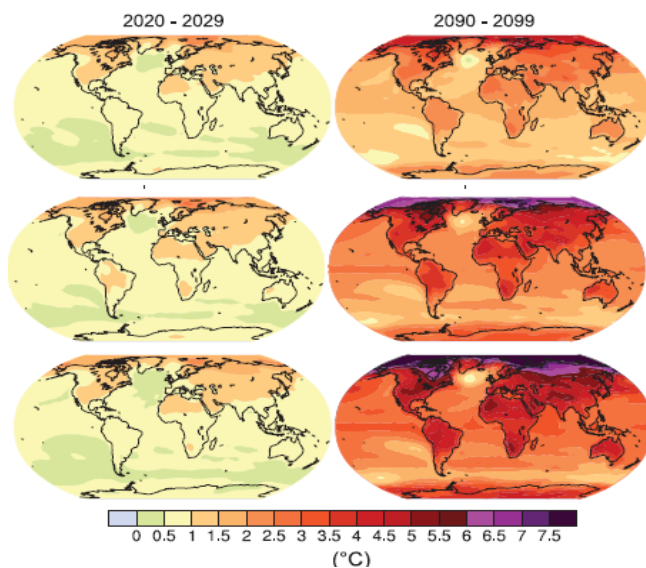
Πίνακας ΙΙΙ.1: Εκτιμώμενη παγκόσμια μέση επιφανειακή θέρμανση και άνοδος στάθμης της θάλασσας στο τέλος του 21^{ου} αιώνα [1]

Υπόθεση	Αλλαγή Θερμοκρασίας (°C 2090-2099 σε σχέση με 1980-1999)		Άνοδος Στάθμης της Θάλασσας (m 2090-2099 σε σχέση με 1980-1999)
	Καλύτερη εκτίμηση	Πιθανό εύρος	Εύρος βασισμένο σε μοντέλα, χωρίς γρήγορες δυναμικές αλλαγές στη ροή πάγου
Συγκεντρώσεις 2000	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 σενάριο	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T σενάριο	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 σενάριο	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B σενάριο	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 σενάριο	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1F1 σενάριο	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59



Σχήμα ΙΙΙ.15: Οι γραμμές αναπαριστούν τους μέσους όρους της παγκόσμιας επιφανειακής θέρμανσης (σχετικά με το 1980-1999) για τα σενάρια A2, A1B και B1 και παρουσιάζονται ως συνεχείς των προσομοιώσεων του 20^{ου} αιώνα. Η σκίαση δείχνει το εύρος της ±1 σταθερής απόκλισης των ετήσιων μέσων όρων από τα μεμονωμένα μοντέλα. Η πορτοκαλί γραμμή απεικονίζει το πείραμα όπου οι συγκεντρώσεις παραμένουν σταθερές στις τιμές του 2000. Οι γκριζες ζώνες δεξιά υποδεικνύουν την καλύτερη εκτίμηση (γραμμή μέσα σε κάθε ζώνη) και το πιθανό εύρος που εκτιμάται για τα έξι ενδεικτικά σενάρια SRES [1]

Η εκτιμωμένη θέρμανση για τον 21^ο αιώνα παρουσιάζει γεωγραφικά



Σχήμα ΙΙΙ.16: Η εκτιμωμένη αλλαγές στην επιφανειακή θερμοκρασία για τις αρχές και τα τέλη του 21^{ου} αιώνα σε σχέση με την περίοδο 1980-1999, για τα B1 (πάνω), A1B (μέση) και A2 (κάτω) σενάρια SRES, για τις δεκαετίες 2020-2029 και 2090-2099 [1]

χαρακτηριστικά, ανεξάρτητα από τα σενάρια, παρόμοια με εκείνα που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών. Η θέρμανση αναμένεται να είναι υψηλότερη πάνω από την ξηρά και σε βόρεια μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, και χαμηλότερη πάνω από το Νότιο Ωκεανό και περιοχές του Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού.

Η γραμμή αιώνιου χιονιού εκτιμάται να συσταλεί.

Εκτεταμένες αυξήσεις στο βάθος της τήξης εκτιμώνται στις περισσότερες αιώνια παγωμένες περιοχές.

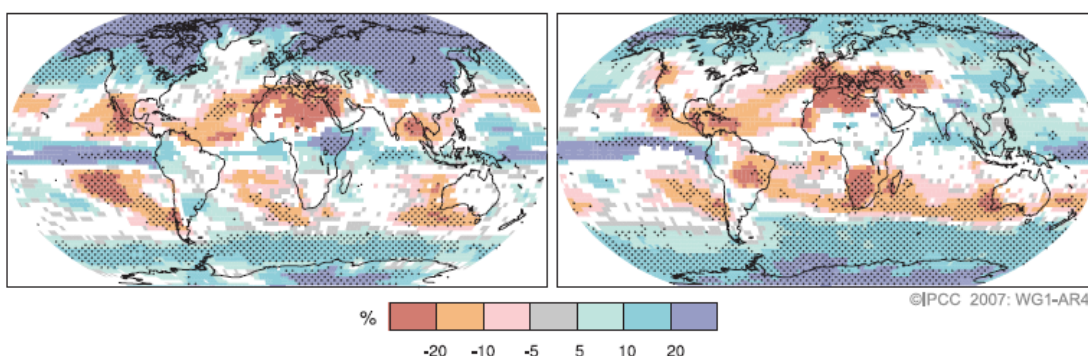
➤ Ο θαλάσσιος πάγος αναμένεται να συρρικνωθεί σε Αρκτική και Ανταρκτική σε όλα τα σενάρια SRES. Σε μερικές εκτιμήσεις, ο αρκτικός θαλάσσιος πάγος του όψιμου καλοκαιριού εξαφανίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στα τέλη του 21^{ου} αιώνα.

➤ Είναι πολύ πιθανό ότι ακραίες υψηλές θερμοκρασίες, κύματα καύσωνα και σφοδρές βροχοπτώσεις θα συνεχίσουν να παρουσιάζονται συχνότερα.

➤ Με βάση μια σειρά των μοντέλων, είναι πιθανό ότι οι μελλοντικοί τροπικοί κυκλώνες (τυφώνες και καταιγίδες) θα γίνουν εντονότεροι, με μεγαλύτερες μέγιστες ταχύτητες αέρα και περισσότερη βαριά βροχόπτωση λόγω των αυξήσεων των επιφανειακών θερμοκρασιών στις τροπικές θάλασσες. Υπάρχει μικρότερη βεβαιότητα στις εκτιμήσεις μιας παγκόσμιας μείωσης στον αριθμό των τροπικών κυκλώνων. Η φανερή αύξηση στο ποσοστό των πολύ έντονων θυελλών από το 1970 σε μερικές περιοχές, είναι πολύ μεγαλύτερη από την προσομοιωμένη με τα τρέχοντα μοντέλα για την περίοδο αυτή.

➤ Οι τροχιές των υπερτροπικών καταιγίδων αναμένεται να κινήσουν προς τους πόλους, με επακόλουθες αλλαγές στα γεωγραφικά διαγράμματα αέρα, βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, συνεχίζοντας το ευρύ διάγραμμα των παρατηρούμενων τάσεων το τελευταίο μισό του αιώνα.

➤ Αυξήσεις στο ποσό βροχόπτωσης είναι πολύ πιθανές στα υψηλά γεωγραφικά πλάτη, ενώ είναι πιθανές μειώσεις στις περισσότερες υποτροπικές περιοχές.

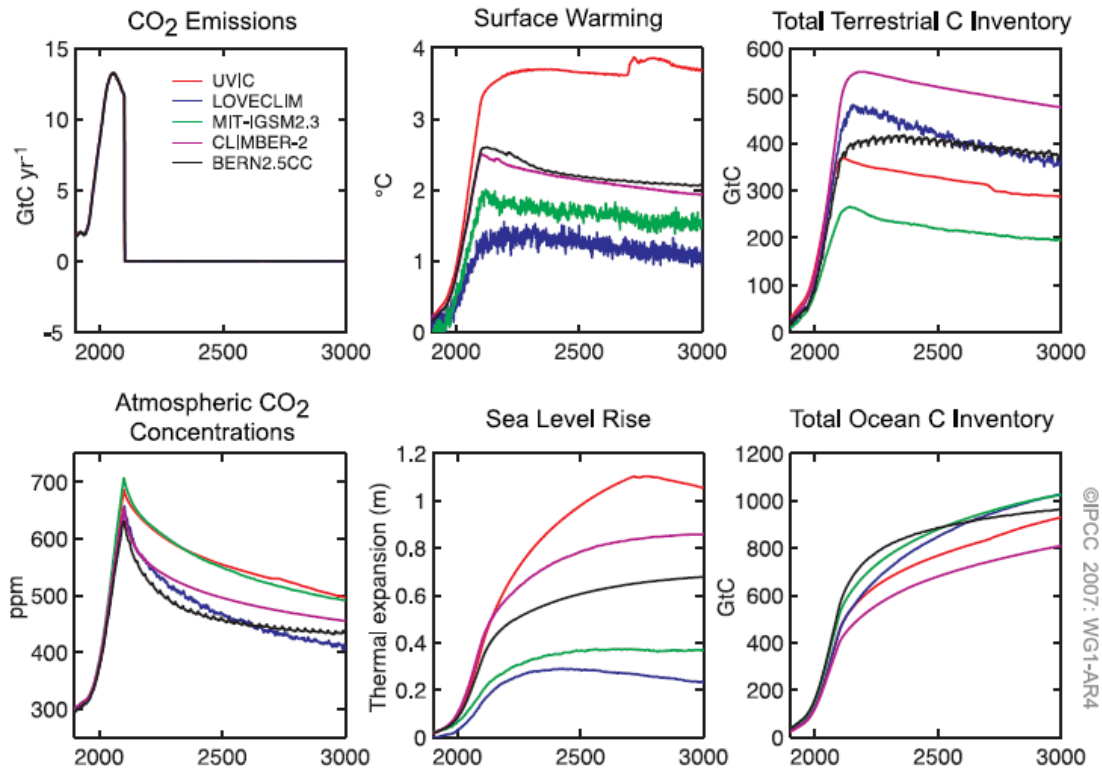


Σχήμα ΙΙΙ.17: Αλλαγές στο ποσοστό βροχόπτωσης για την περίοδο 2090-2099, σε σχέση με την 1980-1999. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι βασισμένοι στο A1B σενάριο SRES για το Δεκέμβριο μέχρι τον Φεβρουάριο (αριστερά) και τον Ιούνιο μέχρι τον Αύγουστο (δεξιά). Οι άσπρες περιοχές είναι αυτές όπου λιγότερο από το 66% των μοντέλων συμφωνούν στην ένδειξη της αλλαγής και οι διαστιγμένες περιοχές είναι αυτές που περισσότερο από 90% των μοντέλων συμφωνούν στην ένδειξη της αλλαγής [1]

Οι προηγούμενες και μελλοντικές ανθρωπογενείς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα συνεχίσουν να συμβάλλουν στην άνοδο της θερμοκρασίας και της στάθμης της θάλασσας για περισσότερο από μια χιλιετία, λόγω του χρονικού διαστήματος που απαιτείται για την αφαίρεσή του από την ατμόσφαιρα και των αναδράσεων, ακόμα κι αν οι συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου σταθεροποιούνται [83].

Πίνακας ΙΙΙ.2: Καλύτερη εκτίμηση, πιθανά εύρη και πολύ πιθανά κατώτατα όρια της αύξησης της μέσης παγκόσμιας επιφανειακής θερμοκρασίας (°C) πάνω από της προβιομηχανικές θερμοκρασίες για διάφορα επίπεδα ενεργειακής διαταραχής του CO₂, όπως προκύπτουν από την ευαισθησία του κλίματος [1]

Ισορροπία CO ₂ (ppm)	Καλύτερη Εκτίμηση	Αύξηση Θερμοκρασίας (°C)	
		Πολύ Πιθανόν Υψηλότερα	Πιθανόν μέσα στο εύρος
350	1.0	0.5	0.6 – 1.4
450	2.1	1.0	1.4 – 3.1
550	2.9	1.5	1.9 – 4.4
650	3.6	1.8	2.4 – 5.5
750	4.3	2.1	2.8 – 6.4
1000	5.5	2.8	3.7 – 8.3
1200	6.3	3.1	4.2 – 9.4



Σχήμα ΙΙΙ.18: Υπολογισμός της δέσμευσης στην αλλαγή κλίματος λόγω των προηγούμενων εκπομπών για 5 διαφορετικά EMICs (Earth System Models of Intermediate Complexity) και ένα εξιδανικευμένο σενάριο όπου οι εκπομπές ακολουθούν μια πορεία που οδηγεί στη σταθεροποίηση του ατμοσφαιρικού CO₂ στα 750 ppm, αλλά πριν φτάσουν στον στόχο, μειώνονται στιγμιαία σε μηδέν το 2100. (Αριστερά) Εκπομπές και ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις CO₂, (κέντρο) επιφανειακή θέρμανση και άνοδος στάθμης της θάλασσας λόγω θερμικής διαστολής, (δεξιά) αλλαγή στη συνολική γήινη και ωκεάνια συσσώρευση άνθρακα από την προβιομηχανική εποχή [1]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΙΙΙ

1. IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) : “Climate Change 2007 : The Physical Science Basis”, *Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. et al. (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007
2. Prentice I.C., et al.: “The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide”, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Houghton J.T., et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 184– 238, 2001
3. Prather M.J., et al.: “Atmospheric chemistry and greenhouse gases”, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Houghton, J.T., et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 239– 287, 2001
4. Houghton J. T.: *Global Warming: The Complete Briefing*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997
5. Soden B.J., Jackson D.L., Ramaswamy V., et al.: “The radiative signature of upper tropospheric moistening”, *Science*, **310**, 841-844, 2005
6. EPICA community members: “Eight glacial cycles from an Antarctic ice core”, *Nature*, **429**, 6992, 623–628, 2004
7. Siegenthaler U., et al.: “Stable carbon cycle-climate relationship during the late Pleistocene”, *Science*, **310**, 5752, 1313–1317, 2005
8. Siegenthaler U. et al.: “Supporting evidence from the EPICA Dronning Maud Land ice core for atmospheric CO₂ changes during the past millennium”, *Tellus*, **57B**(1), 51–57, 2005
9. Spahni R., et al.: “Atmospheric methane and nitrous oxide of the late Pleistocene from Antarctic ice cores”, *Science*, **310**(5752), 1317–1321, 2005
10. Brovkin V.M., et al.: “Role of land cover changes for atmospheric CO₂ increase and climate change during the last 150 years”, *Global Change Biol.*, **10**, 1253–1266, 2004
11. Dlugokencky E.J., et al.: “Conversion of NOAA CMDL atmospheric dry air CH₄ mole fractions to a gravimetrically prepared standard scale”, *J. Geophys. Res.*, **110**, D18306, 2005
12. URL: <http://cdiac.esd.ornl.gov/ndps/alegage.html>
13. Thompson T.M., et al.: “Halocarbons and other atmospheric trace species”, *Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory, Summary Report No. 27*, Schnell, R.C., A.-M. Buggle, and R.M. Rosson (eds.), NOAA CMDL, Boulder, CO, 115–135, 2004
14. Smith T.M., Reynolds R.W.: “A global merged land and sea surface temperature reconstruction based on historical observations (1880–1997)”, *J. Clim.*, **18**, 2021–2036, 2005

15. Vose R.S., D.R. Easterling, Gleason B.: "Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004", *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L23822, 2005
16. Brohan P., et al.: "Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new dataset from 1850", *J. Geophys. Res.*, **111**, D12106, 2006
17. Rayner N.A., et al.: "Improved analyses of changes and uncertainties in sea surface temperature measured *in situ* since the mid-nineteenth century: the HadSST2 dataset", *J. Clim.*, **19**, 446–469, 2006
18. Parker D.E.: "A demonstration that large-scale warming is not urban. *J. Clim.*, **19**, 2882–2895, 2006
19. URL: <http://www.climate.gov/Library/sap/sap1-1/finalreport/default.htm>
20. Fu Q., et al.: "Contribution of stratospheric cooling to satellite inferred tropospheric temperature trends", *Nature*, **429**, 55–58, 2004
21. Trenberth K.E., Fasullo J., Smith L.: "Trends and variability in column integrated atmospheric water vapour", *Clim. Dyn.*, **24**, 741–758, 2005
22. Soden B.J., et al.: The radiative signature of upper tropospheric moistening. *Science*, **310**, 841–844, 2005
23. Levitus S., Antonov J.I., Boyer T.P.: "Warming of the World Ocean, 1955–2003", *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L02604, 2005
24. Ishii M., Kimoto M., Sakamoto K., Iwasaki S.I.: "Steric sea level changes estimated from historical ocean subsurface temperature and salinity analyses", *J. Oceanogr.*, **62**(2), 155–170, 2006
25. Willis J.K., Roemmich D., Cornuelle B.: "Interannual variability in upper-ocean heat content, temperature and thermosteric expansion on global scales", *J. Geophys. Res.*, **109**, C12036, 2004
26. Raper S.C.B., Braithwaite R.J.: "The potential for sea level rise: New estimates from glacier and ice cap area and volume distribution", *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L05502, 2005
27. Ohmura A.: "Cryosphere during the twentieth century", *The State of the Planet: Frontiers and Challenges in Geophysics*, Sparks, R.S.J. and C.J. Hawkesworth (eds.), Geophysical Monograph 150, International Union of Geodesy and Geophysics, Boulder, CO and American Geophysical Union, Washington, DC, 239–257, 2004
28. Dyurgerov M., Meier M.F.: *Glaciers and the Changing Earth System: A 2004 Snapshot*, Occasional Paper 58, Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado, Boulder, CO, 118, 2005
29. Brown R.D.: Northern hemisphere snow cover variability and change, 1915–97. *J. Clim.*, **13**, 2339–2355, 2000
30. Box J.E. et al.: "Greenland ice-sheet surface mass balance variability (1988–2004) from calibrated Polar MM5 output", *J. Clim.*, **19**(12), 2783–2800, 2006

31. Hanna E., et al.: "Runoff and mass balance of the Greenland ice sheet: 1958-2003", *J. Geophys. Res.*, **110**, D13108, 2005
32. Van de Berg W.J., van den Broeke M.R., Reijmer C.H., van Meijgaard E.: "Reassessment of the Antarctic surface mass balance using calibrated output of a regional atmospheric climate model", *J. Geophys. Res.*, **111**, D11104, 2006
33. Rignot E., et al.: "Recent ice loss from the Fleming and other glaciers, Wordie Bay, West Antarctic Peninsula", *Geophys. Res. Lett.*, **32**(7), 1-4, 2005
34. Rignot, E., and P. Kanagaratnam: "Changes in the velocity structure of the Greenland Ice Sheet", *Science*, **311**, 986-990, 2006
35. Miller L., Douglas B.C.: "Mass and volume contributions to 20th century global sea level rise", *Nature*, **428**, 406-409, 2004
36. Church J.A., White N.J., Hunter J.R.: "Sea-level rise at tropical Pacific and Indian Ocean islands", *Global Planet. Change*, **53**, 155-168, 2006
37. Holgate S.J., Woodworth P.L.: "Evidence for enhanced coastal sea level rise during the 1990s", *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L07305, 2004
38. Leuliette E.W., Nerem R.S., Mitchum G.T.: "Calibration of TOPEX/Poseidon and Jason altimeter data to construct a continuous record of mean sea level change", *Mar. Geodesy*, **27**(1-2), 79-94, 2004
39. Polyakov I.V., et al.: "Variability and trends of air temperature in the Maritime Arctic, 1875-2000", *J. Clim.*, **16**, 2067-2077, 2003
40. Comiso J.C.: "A rapidly declining perennial sea ice cover in the Arctic", *Geophys. Res. Lett.*, **29**, 1956-1959, 2002
41. Smith S.L., Burgess M.M., Riseborough D., Nixon F.M.: "Recent trends from Canadian permafrost thermal monitoring network sites", *Permafrost and Periglacial Processes*, **16**, 19-30, 2005
42. Pavlov A.V.: "Permafrost-climate monitoring of Russia: analysis of field data and forecast", *Polar Geogr.*, **20**(1), 44-64, 1996
43. Oberman N.G., Mazhitova G.G.: "Permafrost dynamics in the northeast of European Russia at the end of the 20th century", *Norwegian J. Geogr.*, **55**, 241-244, 2001
44. Sharkhuu N.: "Recent changes in the permafrost of Mongolia", *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost, 21-25 July 2003, Zurich, Switzerland* Phillips, M., S.M. Springman, and L.U. Arenson (eds.), A.A. Balkema, Lisse, the Netherlands, 1029-1034, 2003
45. Nelson F.E. (ed.): "Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) Workshop", *Permafrost and Periglacial Processes*, **15**(2), 99-188, 2004
46. McDonald K.C., et al.: "Variability in springtime thaw in the terrestrial high latitudes: monitoring a major control on the biospheric assimilation of atmospheric CO₂ with spaceborne microwave remote sensing. *Earth Interactions*, **8**, Paper No. 20, 2004

47. Trenberth K.E., et al.: "The changing character of precipitation", *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **84**, 1205–1217, 2003
48. Vose R.S., et al.: "*The Global Historical Climatology Network: Long-Term Monthly Temperature, Precipitation, Sea Level Pressure, and Station Pressure Data*", ORNL/CDIAC-53, NDP-041, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, 325, 1992
49. Peterson T.C., R.S. Vose: "An overview of the Global Historical Climatology Network temperature database", *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **78**, 2837–2848, 1997
50. Huntington T.G.: "Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis", *J. Hydrol.*, **319**, 83–95, 2006
51. Boyer T.P., Antonov J.I., Levitus S., Locarnini R.: "Linear trends of salinity for the world ocean, 1955-1998", *Geophys. Res. Lett.*, **32**, 2005
52. Curry R., Dickson B., Yashayaev I.: "A change in the freshwater balance of the Atlantic Ocean over the past four decades", *Nature*, **426**(6968), 826–829, 2003
53. Wong A.P.S., Bindoff N.L., J.A. Church: "Large-scale freshening of intermediate waters in the Pacific and Indian oceans", *Nature*, **400**(6743), 440–443, 1999
54. Häkkinen S.: "Surface salinity variability in the northern North Atlantic during recent decades", *J. Geophys. Res.*, **107**(C12), 2002
55. Tibaldi S., et al.: "Northern and Southern Hemisphere seasonal variability of blocking frequency and predictability", *Mon. Weather Rev.*, **122**, 1971–2003, 1994
56. Dai A., Trenberth K.E., Qian T.: "A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming", *J. Hydrometeorol.*, **5**, 1117–1130, 2004
57. Barlow M., Cullen H., Lyon B.: "Drought in central and southwest Asia: La Niña, the warm pool, and Indian Ocean precipitation", *J. Clim.*, **15**, 697–700, 2002
58. Dai A., et al.: "The recent Sahel drought is real" *Int. J. Climatol.*, **24**, 1323–1331, 2004
59. Allen M.R., Ingram W.J.: "Constraints on future changes in climate and the hydrological cycle", *Nature*, **419**, 2224–2232, 2002
60. Alexander L.V., et al.: "Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation" *J. Geophys. Res.*, **111**, D05109, 2006
61. Groisman P.Ya., et al.: "Trends in intense precipitation in the climate record", *J. Clim.*, **18**, 1326–1350, 2005
62. Caesar J., Alexander L., Vose R.: "Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: Creation and analysis of a new gridded data set", *J. Geophys. Res.*, **111**, D05101, 2006
63. Levinson D.H. (ed.): "State of the climate in 2004", *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **86**(6), S1–S84, 2005

64. Trenberth K.E., Shea D.J.: "Atlantic hurricanes and natural variability in 2005", *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L12704, 2006
65. Wang X.L., Swail V.R., Zwiers F.W.: "Climatology and changes of extratropical storm tracks and cyclone activity: Comparison of ERA-40 with NCEP/NCAR Reanalysis for 1958–2001", *J. Clim.*, **19**, 3145–3166, 2006
66. Landsea C.W.: "Hurricanes and global warming: Arising from Emanuel 2005a.", *Nature*, **438**, E11–E13, 2005
67. Stott P.A., et al.: "Transient climate simulations with the HadGEM1 model: causes of past warming and future climate change", *J. Clim.*, **19**, 2763–2782, 2006
68. Knutson T.R., et al.: "Assessment of twentieth-century regional surface temperature trends using the GFDL CM2 coupled models", *J. Clim.*, **19**, 1624–1651, 2006
69. Meehl G.A., et al.: "Combinations of natural and anthropogenic forcings in 20th century climate", *J. Clim.*, **17**, 3721–3727, 2004
70. Broccoli A.J., et al.: "Twentieth-century temperature and precipitation trends in ensemble climate simulations including natural and anthropogenic forcing", *J. Geophys. Res.*, **108**(D24), 4798, 2003
71. Tett S.F.B., et al.: "Estimation of natural and anthropogenic contributions to twentieth century temperature change", *J. Geophys. Res.*, **107**(D16), 4306, 2002
72. Smith R.L., Wigley T.M.L., Santer B.D.: "A bivariate time series approach to anthropogenic trend detection in hemispheric mean temperatures", *J. Clim.*, **16**, 1228–1240, 2003
73. IDAG (International Ad Hoc Detection and Attribution Group): "Detecting and attributing external influences on the climate system: A review of recent advances", *J. Clim.*, **18**, 1291–1314, 2005
74. Barnett T.P., et al.: "Detection and attribution of recent climate change", *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **80**, 2631–2659, 1999
75. Knutson T.R., et al.: "Assessment of twentieth-century regional surface temperature trends using the GFDL CM2 coupled models", *J. Clim.*, **19**, 1624–1651, 2006
76. Cubasch U., et al.: "Projections of future climate change", *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Houghton J.T., et al. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 525–582, 2001
77. Hegerl G.C., Crowley T.J., Hyde W.T., Frame D.J.: "Climate sensitivity constrained by temperature reconstructions over the past seven centuries", *Nature*, **440**, 1029–1032, 2006
78. Forster P.M.D., Taylor K.E.: "Climate forcings and climate sensitivities diagnosed from coupled climate model integrations", *J. Clim.*, **19**, 6181–6194, 2006
79. Forest C.E., Stone P.H., Sokolov A.P.: "Estimated PDFs of climate system properties including natural and anthropogenic forcings", *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L01705, 2006

80. Frame D.J., et al.: "Constraining climate forecasts: The role of prior assumptions", *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L09702, 2005
81. Stowasser M., Hamilton K., Boer G.J.: "Local and global climate feedbacks in models with differing climate sensitivity". *J. Clim.*, **19**, 193–209, 2006
82. Bony S., Dufresne J.-L.: "Marine boundary-layer clouds at the heart of tropical cloud feedback uncertainties in climate models", *Geophys. Res. Lett.*, **32**(20), L20806, 2005
83. Meehl G.A., et al.: "Global Climate Projections", *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis, Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. et al. (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007
84. URL: <http://www.sternreview.org.uk>

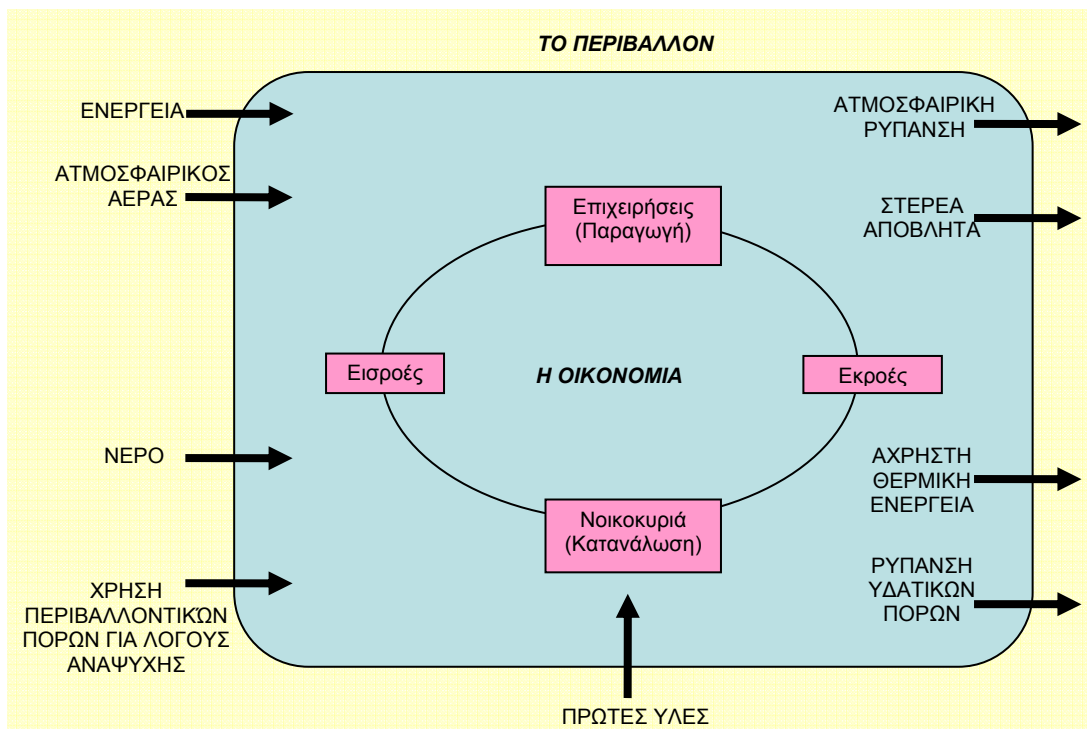
Τα κοινά στερεότυπα για τους όρους της προστασίας του περιβάλλοντος και της οικονομικής ανάπτυξης δημιουργούν δύο εικονικά αγεφύρωτες έννοιες. Ωστόσο, το περιβάλλον συνδέεται άρρηκτα με την οικονομία αφού αποτελεί την πηγή των φυσικών πόρων και τον αποδέκτη των αποβλήτων της, ενώ σε όλα τα περιβαλλοντικά ζητήματα οι αιτίες και οι λύσεις έχουν άμεση σχέση με την οικονομία. Η χρήση των ορυκτών καυσίμων ως κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή στις βιομηχανικές οικονομίες είναι η κυριότερη αιτία του φαινομένου της αλλαγής κλίματος και μια από τις πολλές προτεινόμενες λύσεις του προβλήματος είναι η επιβολή ειδικού ενεργειακού φόρου που θα δημιουργήσει οικονομικό κίνητρο να στραφούν οι βιομηχανίες σε πιο φιλικές μορφές ενέργειας. Σε αντίθεση λοιπόν με τα στερεότυπα το περιβάλλον και η οικονομία πρέπει να βρίσκονται σε μια όλο και πιο στενή διαπλοκή για την επίτευξη μιας ανάπτυξης που θα σεβαστεί τον πλανήτη και τους ενοίκους του.

IV.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

IV.1.A Οικονομικοί Όροι Περιβάλλοντος

Για την οικονομία το περιβάλλον θεωρείται ένα σύνθετο περιουσιακό στοιχείο που προσφέρει διάφορες υπηρεσίες, αν και πολύ ειδικό αφού παρέχει τα συστήματα επιβίωσης που εξασφαλίζουν την ίδια την ύπαρξη. Το περιβάλλον εφοδιάζει την οικονομία με πρώτες ύλες, που μετασχηματίζονται σε καταναλωτικά προϊόντα μέσω της παραγωγικής διαδικασίας, και ενέργεια που τροφοδοτεί το μετασχηματισμό αυτό, ενώ οι πρώτες ύλες και η ενέργεια επιστρέφουν στο περιβάλλον ως απόβλητα. Επίσης όμως παρέχει άμεσες υπηρεσίες προς τους καταναλωτές από τον αέρα και της θρεπτικές ουσίες που εξασφαλίζουν τη ζωή ως την ομορφιά ενός ηλιοβασιλέματος. Αν το περιβάλλον οριστεί αρκετά πλατιά, η σχέση του με την οικονομία μπορεί να θεωρηθεί ως κλειστό σύστημα, δηλαδή δεν λαμβάνονται εισροές από έξω και δε μεταφέρονται εκροές έξω από αυτό, ενώ αντίθετα ως ανοιχτό σύστημα εισάγει και εξάγει ύλες και ενέργεια.

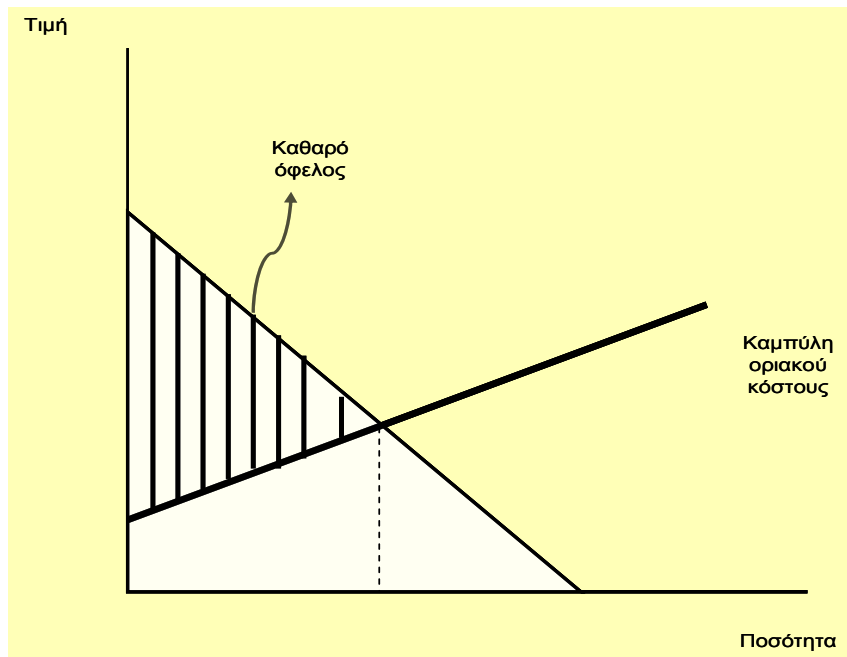
Για την καλύτερη κατανόηση μεταξύ οικονομίας και περιβάλλοντος μπορούν να εφαρμοστούν δύο τύποι οικονομικής ανάλυσης η θετική, που περιγράφει το τι είναι, τι ήταν και τι θα είναι και η *δεοντολογική*, που ασχολείται με το δέον. Η θετική ανάλυση αν και μπορεί να δείξει πως θα επηρεάζονταν για παράδειγμα οι



Σχήμα IV.1: Το οικονομικό σύστημα και το περιβάλλον [1]

ροές υπηρεσιών από την ανακάλυψη μια καινούργιας παραγωγικής διαδικασίας δεν είναι επαρκής για να δώσει μια κατεύθυνση ως προς το αν οι ροές αυτές είναι βέλτιστες. Αυτή είναι η ουσία της δεοντολογικής προσέγγισης, η οποία επιδιώκει να μεγιστοποιήσει την αξία του περιβάλλοντος ως περιουσιακού στοιχείου, δημιουργώντας μια ισορροπία μεταξύ της διατήρησης και της χρησιμοποίησης του στοιχείου αυτού, προτείνοντας δύο κριτήρια της αποτελεσματικότητας και της αειφορίας.

Το κύριο δεοντολογικό οικονομικό κριτήριο για την επιλογή μεταξύ διάφορων κατανομών πόρων που πραγματοποιούνται ταυτόχρονα είναι η **αποτελεσματικότητα**. Μια κατανομή πόρων θεωρείται ότι ικανοποιεί το κριτήριο της αποτελεσματικότητας αν από την κατανομή αυτή, μεγιστοποιείται το καθαρό όφελος που προσπορίζεται από τη χρησιμοποίηση των πόρων αυτών. Το καθαρό όφελος είναι η αλγεβρική διαφορά μεταξύ των οφελών και του κόστους που συνεπάγεται η συγκεκριμένη κατανομή. **Οριακό κόστος** είναι το επιπρόσθετο κόστος από την αύξηση μιας δραστηριότητας, άμεσο αποτέλεσμα της αύξησης της παραγωγής μιας επιχείρησης κατά μία μονάδα, ενώ το όφελος από την αύξηση καλείται **οριακό όφελος**. Τα καθαρά οφέλη μεγιστοποιούνται όταν το οριακό όφελος ισούται με το οριακό κόστος, μια συνθήκη που ονομάζεται άριστο κατά Παρέτο και από την οποία καθορίζονται οι αποτελεσματικές κατανομές.



Σχήμα IV.2: Υπολογισμός καθαρού οφέλους [1]

Το κριτήριο της αποτελεσματικότητας είναι χρήσιμο για τη σύγκριση κατανομών πόρων όταν ο παράγοντας χρόνος δεν είναι σημαντικός, όμως πολλές από τις αποφάσεις που λαμβάνονται σήμερα επηρεάζουν την αξία του περιουσιακού στοιχείου για τις μελλοντικές γενιές. Το κριτήριο που χρησιμοποιείται στην περίπτωση αυτή είναι η **δυναμική αποτελεσματικότητα**, γενίκευση της έννοιας της αποτελεσματικότητας, στην οποία ενσωματώνεται το στοιχείο του χρόνου με την έννοια της **παρούσας αξίας**. Η παρούσα αξία επιτρέπει ένα τρόπο σύγκρισης του καθαρού απολαμβανόμενου οφέλους σε μια περίοδο με το αντίστοιχο σε μια άλλη. Η διαδικασία υπολογισμού της παρούσας αξίας ονομάζεται **προεξόφληση ή αναγωγή**, ενώ το επιτόκιο που καθορίζει τη διαφορά **προεξοφλητικό επιτόκιο**. Γενικότερα, τα υψηλότερα προεξοφλητικά επιτόκια τείνουν να μεροληπτούν υπέρ της χρήσης πόρων στο παρόν επειδή δίνουν μικρότερο βάρος στο μέλλον, όταν σταθμίζουν τη σχετική αξία της σημερινής και της μελλοντικής χρήσης των πόρων. Αυτό είναι ένα ιδιαίτερα δύσκολο ζήτημα, αφού αντίθετα με άλλες ομάδες που μπορεί να εξασφαλιστεί δίκαιη μεταχείριση, οι μελλοντικές γενιές δεν μπορούν να αρθρώσουν τις επιθυμίες τους και πολύ λιγότερο να διαπραγματευτούν και να τις διεκδικήσουν από τις σημερινές γενιές. Η κατάφορη αδικία των κατανομών που φτωχαίνουν τις μελλοντικές γενιές προκειμένου να πλουτίσουν οι τωρινές υποδηλώνεται από το **κριτήριο της διατηρησιμότητας ή αειφορίας**, που επιτρέπει την εκτίμηση όχι του πόσο αποτελεσματικές είναι οι διαχρονικές αυτές κατανομές, αλλά πόσο δίκαιες.

Οι μηχανισμοί της αγοράς δεν διασφαλίζουν πάντοτε την επίτευξη αποτελεσματικών κατανομών, με αποτέλεσμα να μη μεγιστοποιείται η παρούσα αξία του καθαρού οφέλους. Μια περίπτωση που θα μπορούσε να οδηγήσει σε αναποτελεσματική κατανομή πόρων είναι η *εξωτερικότητα*, κατά την οποία η ευημερία κάποιου φορέα εξαρτάται άμεσα και από τις δικές του δραστηριότητες και από τις δραστηριότητες που βρίσκονται υπό τον έλεγχο ενός άλλου φορέα. Για παράδειγμα, όταν σε ένα ποτάμι βρίσκονται μια επιχείρηση που παράγει χάλυβα και παρακάτω ένα τουριστικό ξενοδοχείο, όπου η μια χρησιμοποιεί το ποτάμι ως αποδέκτη αποβλήτων και η άλλη για προσέλκυση πελατών για αναψυχή, είναι απίθανο να προκύψει αποτελεσματική χρήση των υδάτων. Αφού η χαλυβουργία δε φέρει το κόστος που συνεπάγεται η μείωση της πελατείας στο θέρετρο εξαιτίας των αποβλήτων που απορρίπτονται στο ποτάμι, το πιθανότερο να μην το λάβει υπόψη της κατά τη διαδικασία λήψης των σχετικών αποφάσεων με αποτέλεσμα να δημιουργεί ένα εξωτερικό κόστος στο θέρετρο. Με τον ίδιο τρόπο δημιουργείται εξωτερικό κόστος στις μελλοντικές γενιές αφού η ευημερία τους εξαρτάται από τις δραστηριότητες των προγόνων τους στο περιβάλλον.

Ακόμα όμως και στην περίπτωση που οι εξωτερικότητες αναγνωρίζονται ένα σημαντικό πρόβλημα είναι οι αβεβαιότητες στις συνέπειες που θα έχει μια συγκεκριμένη πολιτική, λόγω της αντίστοιχης ανασφάλειας στην ακρίβεια των επιστημονικών εκτιμήσεων. Ο χειρισμός του ρίσκου στη διαδικασία διαμόρφωσης περιβαλλοντικής πολιτικής έχει δύο σημαντικές πτυχές, τον εντοπισμό και την ποσοτικοποίηση των κινδύνων και την απόφαση ως προς το βαθμό του κινδύνου που είναι αποδεκτός. Η πρώτη διάσταση είναι κυρίως επιστημονική και περιγραφική, ενώ η δεύτερη περισσότερο αξιολογική και δεοντολογική [1].

IV.1.B Αλλαγή Κλίματος ως Αποτυγία της Αγοράς

Η αλλαγή κλίματος είναι αποτέλεσμα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που προέρχονται από τις οικονομικές δραστηριότητες συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, της βιομηχανίας, των μεταφορών και της αλλαγής χρήσης του εδάφους. Όπως και πολλά άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα, η ανθρωπογενής αλλαγή κλίματος είναι βασικά μια εξωτερικότητα. Εκείνοι που παράγουν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου επιφέρουν την αλλαγή κλίματος, επιβάλλοντας δαπάνες στην ανθρωπότητα και τις μελλοντικές γενιές, όμως δεν αντιμετωπίζουν άμεσα, ούτε μέσω των αγορών ούτε με άλλους τρόπους, τις πλήρεις

συνέπειες του κόστους των ενεργειών τους. Οι υπεύθυνοι των εκπομπών, δεν έχουν οικονομικά κίνητρα για να μειώσουν τις εκπομπές, ούτε είναι απαραίτητο να αποζημιώσουν αυτούς που χάνουν από την αλλαγή του κλίματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η αλλαγή κλίματος είναι μια εξωτερικότητα, που δεν διορθώνεται μέσω οποιουδήποτε θεσμού ή αγοράς, παρά μόνο με πολιτικές παρεμβάσεις [2].

Το κλίμα είναι ένα δημόσιο αγαθό, άρα δεν μπορούν να αποκλειστούν από την απόλαυση των οφελών του όσοι δεν πληρώνουν, ενώ η απόλαυση του κλίματος από ένα πρόσωπο δεν πρέπει να μειώνει την ικανότητα των άλλων να το απολαύσουν [3]. Ωστόσο, οι αγορές δεν παρέχουν αυτόματα το σωστό τύπο και ποσότητα των δημόσιων αγαθών, επειδή ελλείπει δημόσιας πολιτικής, είναι περιορισμένες ή ανύπαρκτες οι πιέσεις στους ιδιωτικούς επενδυτές για να το σεβαστούν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι αγορές για τα σχετικά αγαθά και τις υπηρεσίες (ενέργεια, χρήση εδάφους, καινοτομίες,...) δεν απεικονίζουν τις συνέπειες των διαφορετικών επιλογών κατανάλωσης και επένδυσης για το κλίμα. Κατά συνέπεια, η αλλαγή κλίματος είναι ένα παράδειγμα αποτυχίας της αγοράς και δεδομένου του μεγέθους και της φύσης των αποτελεσμάτων, πρέπει να θεωρηθεί ως η μεγαλύτερη αποτυχία αγοράς που ο κόσμος έχει δει.

Η αλλαγή κλίματος έχει ορισμένα χαρακτηριστικά που την καθιστούν πολύ ιδιαίτερη για την τυποποιημένη οικονομική θεωρία των εξωτερικότητων.

- Η αλλαγή κλίματος είναι μια παγκόσμια εξωτερικότητα και στις αιτίες της και συνέπειες. Η επίδραση ενός τόνου αερίων του θερμοκηπίου στην αλλαγή κλίματος είναι ανεξάρτητη από το που στον κόσμο εκπέμπεται (αντίθετα από άλλες αρνητικές επιδράσεις όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση και το κόστος της στη δημόσια υγεία), επειδή τα αέρια του θερμοκηπίου διαχέονται στην ατμόσφαιρα και επειδή οι τοπικές κλιματολογικές αλλαγές εξαρτώνται από το παγκόσμιο σύστημα κλίματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ενώ διαφορετικές χώρες παράγουν διαφορετικούς όγκους η οριακή ζημία μιας πρόσθετης μονάδας είναι ανεξάρτητη από την προέλευση της.

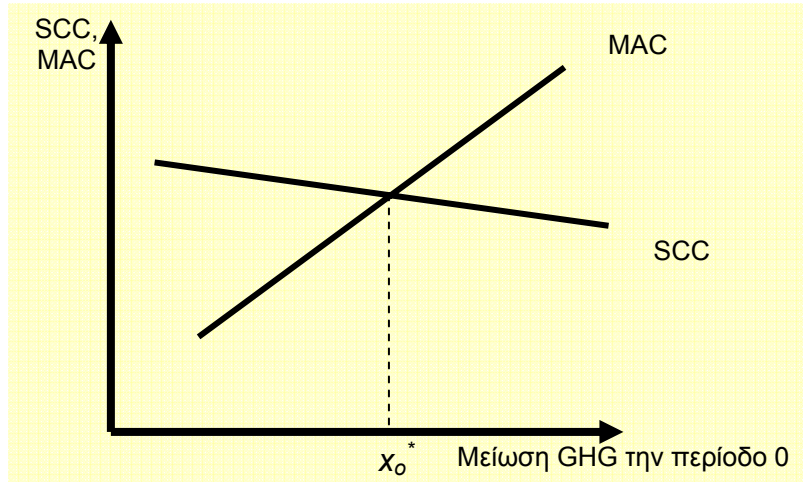
- Οι επιδράσεις της αλλαγής κλίματος είναι επίμονες και αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του χρόνου. Έπειτα από την εκπομπή τους στην ατμόσφαιρα, κάποια αέρια του θερμοκηπίου παραμένουν εκεί για εκατοντάδες χρόνια. Το σύστημα του κλίματος αποκρίνεται αργά στις αυξήσεις των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων τους, ενώ υπάρχουν ακόμα περισσότερες καθυστερήσεις στην οικονομική και κοινωνική αντίδραση στην αλλαγή κλίματος. Τα αποτελέσματα των αερίων του θερμοκηπίου βιώνονται τώρα και θα συνεχίσουν να απασχολούν για μακροχρόνιο διάστημα.

- Οι αβεβαιότητες είναι σημαντικές, και για το πιθανό μέγεθος, τύπο και χρόνο των επιδράσεων αλλά και για το κόστος καταπολέμησης της αλλαγής κλίματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το πλαίσιο που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι σε θέση να χειριστεί το ρίσκο και την αβεβαιότητα.
- Οι επιδράσεις της αλλαγής κλίματος είναι πιθανό να έχουν σημαντική επίδραση στην παγκόσμια οικονομία εάν δεν ληφθούν μέτρα για να την αποτρέψουν. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η ανάλυση πρέπει να εξετάσει πιθανές μη οριακές αλλαγές στις κοινωνίες, και όχι απλώς μικρές αλλαγές που υπόκεινται στα συνηθισμένα προγράμματα αξιολόγησης.

Η δυναμική φύση της συσσώρευσης αερίων του θερμοκηπίου στη διάρκεια του χρόνου υποδεικνύεται, στην πολιτική έναντι της αλλαγής κλίματος από την άποψη του οριακού κοινωνικού κόστους του άνθρακα (SCC) και την οριακή μείωση του (MAC). Το κοινωνικό κόστος του άνθρακα ορίζεται ως η συνολική ζημία από τώρα στο αόριστο μέλλον, της εκπομπής μιας πρόσθετης μονάδας αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η απλούστερη μορφή της φύσης του προβλήματος είναι ότι το απόθεμα των αερίων στην ατμόσφαιρα αυξάνεται με την καθαρή ροή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε μια περίοδο, και κατά τον ίδιο τρόπο μειώνεται με τη μείωση. Επομένως, η καμπύλη SCC έχει κατηφορική κλίση κατά τη μείωση του άνθρακα σε οποιαδήποτε δεδομένη περίοδο, αφού όσο χαμηλότερο είναι το απόθεμα σε οποιοδήποτε σημείο στο μέλλον, τόσο μικρότερη θα είναι η οριακή ζημία. Ανάλογα η καμπύλη MAC θα έχει ανηφορική κλίση κατά τη μείωση, αφού στο όριο είναι δαπανηρότερο να γίνει μεγαλύτερη μείωση. Το άριστο επίπεδο μείωσης πρέπει να ικανοποιεί το κριτήριο το MAC να είναι ίσο με το SCC. Αν για παράδειγμα το SCC ήταν μεγαλύτερο από το MAC, το κοινωνικό κέρδος από μια πρόσθετη μονάδα μείωσης θα ήταν μικρότερο από το κόστος.

Είναι σαφές ότι η καμπύλη SCC αυτήν την περίοδο εξαρτάται από τις μελλοντικές εκπομπές. Αν οι υποθέσεις για τις μελλοντικές εκπομπές ήταν αυξημένες, ολόκληρη η καμπύλη SCC θα μετατοπιζόταν προς τα πάνω, καθώς και το βέλτιστο επίπεδο μείωσης της περιόδου. Κατά συνέπεια, εάν θεωρηθεί μια βέλτιστη πορεία κατά τη διάρκεια του χρόνου, παρά απλά μια βέλτιστη εκπομπή για τη δεδομένη περίοδο, είναι φανερό ότι η καμπύλη SCC για οποιαδήποτε περίοδο εξαρτάται από το μελλοντικό απόθεμα, άρα από τη μελλοντική πορεία των εκπομπών. Δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί ένα SCC χωρίς να υπάρχει μια συγκεκριμένη πορεία για τις μελλοντικές εκπομπές και τα αποθέματα για

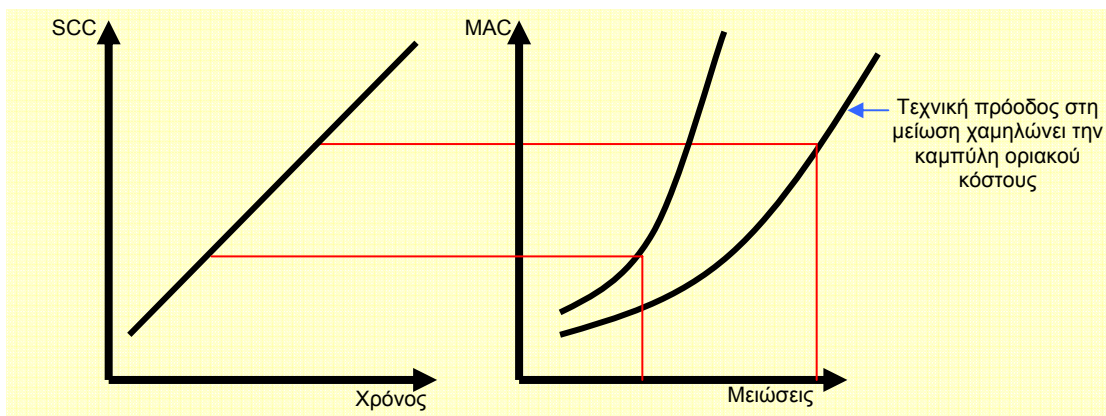
διαφορετικές πορείες, το SCC θα είναι διαφορετικό. Για παράδειγμα, θα είναι πολύ υψηλότερο σε μια πορεία που ακολουθεί το πλάνο «business as usual» (BAU) από μια πορεία που περιλαμβάνει ισχυρές περικοπές στις εκπομπές και τελικά σταθεροποιεί τις συγκεντρώσεις.



Σχήμα IV.3: Βέλτιστο επίπεδο μείωσης σε δεδομένη περίοδο [4]

Αν το SCC αυξάνεται στο χρόνο κατά μήκος μιας πορείας για την επίτευξη του βέλτιστου, το ίδιο θα πρέπει και το MAC. Εξάλλου είναι πολύ πιθανό ότι το SCC θα αυξηθεί κατά τη διάρκεια του χρόνου, δεδομένης της αύξησης στα αποθέματα αερίων του θερμοκηπίου όσο πραγματοποιούνται περαιτέρω εκπομπές, μέχρι το σημείο όπου σταθεροποιούνται, άρα και η διατομή των καμπύλων MAC και SCC θα δηλώνει την απαίτηση μεγαλύτερης μείωσης. Αυτό ισχύει ακόμα κι αν ολόκληρη η καμπύλη της MAC είναι χαμηλότερη για οποιοδήποτε βαθμό μείωσης στο μέλλον.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, χρειάζεται διαφορετική σκιαγράφηση της φύσης του προβλήματος στο χρόνο. Η μορφή του χρονοδιαγράμματος για το SCC εξαρτάται από το σημείο που επιλέγεται η σταθεροποίηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης των αερίων θερμοκηπίου, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από το πώς οι αναμενόμενες παρούσες τιμές (από την άποψη της προεξοφλημένης χρησιμότητας) του κόστους και των κερδών της άμβλυνσης αλλάζουν κατά τη διάρκεια του χρόνου, καθώς αλλάζει το επίπεδο σταθεροποίησης. Ως εκ τούτου, η επιλογή του σημείου σταθεροποίησης υπονοεί μια άποψη για το τι είναι πιθανό να συμβεί στο κόστος μείωσης κατά τη διάρκεια του χρόνου. Οι αντίστοιχες μετατοπίσεις μεταφέρονται στην καμπύλη της MAC, ανάλογα με το χρόνο που επιλέγεται το σημείο σταθεροποίησης.



Σχήμα IV.4: Η πορεία του SCC καθορίζει το μέγεθος της μείωσης [4]

Αν εισαχθεί στα παραπάνω και η εκτίμηση της αβεβαιότητας το πρόβλημα γίνεται πιο σύνθετο. Η ανάλυση της αβεβαιότητας σε οποιαδήποτε περίοδο κι αν εξεταστεί θα οδηγούσε σε μια αναθεώρηση των απόψεων για τις μελλοντικές κατανομές πιθανότητας στις δαπάνες μείωσης και τις ζημίες της αλλαγής κλίματος. Αν για παράδειγμα υπάρχουν απροσδόκητα καλές ειδήσεις ότι η μείωση είναι πιθανό να είναι πολύ φτηνότερη από αυτή που αναμενόταν, τότε θα χρησιμοποιούνταν ένας χαμηλότερος στόχος σταθεροποίησης και μια μεγαλύτερη μείωση κατά τη διάρκεια του χρόνου, από ότι ήταν αρχικά προγραμματισμένα. Το γεγονός αυτό θα μείωνε το SCC από το σημείο που θα ήταν, αν και μια καλή περίοδος για το κόστος δεν υπονοεί απαραίτητα ότι όλοι οι μελλοντικές περιόδους θα είναι εξίσου καλές. Μια διαρκώς γρηγορότερη τεχνική πρόοδος από το αναμενόμενο (σε αντιδιαστολή με τις τυχαίες διακυμάνσεις της MAC γύρω από την αναμενόμενη αξία του) θα οδηγούσε σε μια αναθεώρηση του στόχου σταθεροποίησης χαμηλότερα και ως εκ τούτου μια προς τα κάτω μετατόπιση στο χρονοδιάγραμμα του SCC [4].

IV.2 ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

IV.2.A Ευημερία και Οικονομική Πολιτική

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της εξωτερικότητας της αλλαγής του κλίματος καθιστούν ιδιαίτερα δύσκολο τον καθορισμό πολιτικής γραμμής μέσω της τυπικής προσέγγισης της οικονομικής ευημερίας. Γενικά, οι φτωχές χώρες, και οι φτωχοί άνθρωποι σε οποιαδήποτε χώρα, υφίστανται περισσότερο την αλλαγή, παρόλο που οι πλούσιες χώρες είναι αρμόδιες για την μεγάλη πλειονότητα όλων των προηγούμενων εκπομπών. Κατ' αυτόν τον τρόπο και σε συνδυασμό με το γεγονός

ότι ασκούν επίδραση σε πολλές διαστάσεις της ανθρώπινης ευημερίας, φέρνουν στην επιφάνεια υποκείμενες δεοντολογικές αντιλήψεις και ανάλογες υποθέσεις που υποστηρίζονται, συχνά σιωπηρά, στο πλαίσιο της κλασσικής πολιτικής ανάλυσης [5,6].

Οι αντιλήψεις και υποθέσεις αυτές εστιάζουν στις συνέπειες της πολιτικής από την κατανάλωση αγαθών και υπηρεσιών των ατόμων σε μια κοινότητα, οι οποίες παράγονται από την εργασία, την αποταμίευση, τη γνώση και τους φυσικούς πόρους. Η άποψη αυτή βλέπει τα άτομα να έχουν χρησιμότητα ή ευημερία, που προκύπτει από αυτήν την κατανάλωση. Σε αυτήν την προσέγγιση, ο στόχος είναι να επεξεργαστούν οι πολιτικές που θα τεθούν από έναν ιθύνοντα που εκπροσωπεί την κοινότητα, και του οποίου ο ρόλος είναι να βελτιώσει, ή να μεγιστοποιήσει, τη γενική κοινωνική ευημερία. Για πολλές εφαρμογές της τυποποιημένης θεωρίας, η κοινότητα αυτή ορίζεται ως το έθνος κράτος και ο ιθύνων ερμηνεύεται ως η κυβέρνηση, χωρίς βέβαια να παραμερίζονται οι περιπλοκές και οι πιέσεις των πολιτικών συστημάτων. Η ευημερία εξαρτάται από τη μεμονωμένη ευημερία κάθε ατόμου στην κοινότητα και όταν τα αγαθά και οι υπηρεσίες καθορίζονται με έναν ευρύ τρόπο, μπορούν να περιλάβουν την εκπαίδευση, την υγεία και άλλα αγαθά που εμφανίζονται σε διαφορετικούς χρόνους και περιστάσεις. Κατά συνέπεια η θεωρία αυτή καλύπτει το χρόνο και την αβεβαιότητα, και στο σημείο που τα άτομα εκτιμούν το περιβάλλον, μπορεί και αυτό να περιληφθεί στην ανάλυση. Τα αποτελέσματα αυτής της προσέγγισης αποτελούν περισσότερο ένα δεοντολογικό σημείο αναφοράς, παρά ένα περιγραφικό μοντέλο του τρόπου λήψεως πολιτικών αποφάσεων. Παρόλα αυτά, ζητήματα που έχουν να κάνουν για παράδειγμα με την αξία των ατόμων, τη σχέση τους με τις αποφάσεις και τη λήψη αποφάσεων, τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και του προσδιορισμού των ιθυνόντων προκύπτουν άμεσα και επιτακτικά στη δεοντολογική ανάλυση της αλλαγής κλίματος.

Ένα άλλο σημείο που εστιάζει η κλασσική οικονομική θεωρία είναι οι ροές των αγαθών ή των υπηρεσιών κατά τη διάρκεια του χρόνου και η κατανομή τους στα άτομα. Ο κατάλογος αγαθών ή υπηρεσιών πρέπει να περιλαμβάνει την κατανάλωση (συνήθως νομισματική ή με αντίτιμο), την εκπαίδευση, την υγεία και το περιβάλλον. Αυτά είναι συνήθως και τα πεδία που εστιάζονται οι διακρατικές συγκρίσεις βιοτικού επιπέδου, όπως για παράδειγμα οι Δείκτες Παγκόσμιας Ανάπτυξης της Παγκόσμιας Τράπεζας, η Έκθεση Ανθρώπινης Ανάπτυξης του UNDP, και οι Στόχοι Ανάπτυξης της Χιλιετίας (MDGs) που συμφωνήθηκαν στα Ηνωμένα Έθνη στο

γύρισμα της χλιετίας. Τα αποθέματα του πλούτου, οι υποδομές, το φυσικό περιβάλλον εισάγονται όλα στην ανάλυση από την άποψη της επίδρασης τους στις ροές. Μέσω της επιλογής των τελευταίων ως κεντρικών δεδομένων και αντίστοιχων στόχων, η διεθνής κοινότητα έχει προσδιορίσει μια ισχυρή, ευρέως συμμεριζόμενη άποψη σχετικά με τις βασικές διαστάσεις της ανθρώπινης ευημερίας. Οι επιλογές αυτές είναι δυνατόν να προέλθουν από διάφορες διαφορετικές δεοντολογικές προοπτικές. Το δεοντολογικό πλαίσιο όμως των καθιερωμένων οικονομικών ευημερίας εξετάζει μόνο τις συνέπειες των ενεργειών και έπειτα τις αξιολογεί από την άποψη των επιδράσεων στη χρησιμότητα, χωρίς να περιλαμβάνει τις δεοντολογικές διαστάσεις σχετικά με τις διαδικασίες μέσω των οποίων επιτυγχάνονται τα αποτελέσματα, όπως δικαιώματα, δικαιοσύνη και ελευθερίες. Για παράδειγμα, η εστίαση στις δυνατότητες και τις ελευθερίες των ατόμων ώστε να ζήσουν μια ζωή που έχουν λόγο να εκτιμήσουν, παρά στις δέσμες αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνουν και στις ευκαιρίες και τις διαδικασίες που τις δημιουργούν, και όχι μόνο στις συνέπειες.

Παρόλα αυτά, οι συνέπειες στις οποίες οι περισσότερες από αυτές τις αντιλήψεις θα εστίαζαν για κάθε γενιά έχουν συχνά ισχυρές ομοιότητες, αφού προέχουν η κατανάλωση, η εκπαίδευση, η υγεία και το περιβάλλον. Περαιτέρω, όλες οι απόψεις θα λάμβαναν υπόψη την κατανομή των αποτελεσμάτων διαμέσου των γενιών και τα ρίσκα που περιλαμβάνουν διαφορετικές ενέργειες, τώρα και κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η σημασία που δίνεται στις τέσσερις αυτές διαστάσεις ποικίλει ανάλογα με τη δεοντολογική θέση που υιοθετείται. Ο τρόπος με τον οποίο οι ιθύνοντες αθροίζουν τις συνέπειες μέσα στις γενιές, κατά τη διάρκεια του χρόνου και ανάλογα με το ρίσκο είναι κρίσιμος για τον πολιτικό σχεδιασμό και την επιλογή. Το άθροισμα αυτό απαιτεί ποσοτικοποίηση των συγκρινόμενων συνεπειών για διαφορετικά είδη και για διαφορετικούς ανθρώπους, αν και κατά τη λήψη μιας απόφασης ή άποψης, δεν είναι πάντα απαραίτητο να παραχθεί ένας αριθμός, που θα δίνει το πλήρες ποσοτικό περιεχόμενο και κατάλληλο βάρος σε όλες τις διαστάσεις και στοιχεία που εμπεριέχει [7,8,9,10,11].

Η αλλαγή κλίματος είναι μια εξωτερικότητα που είναι παγκόσμια και στις αιτίες και στις συνέπειες της, οι οποίες περιλαμβάνουν βαθιές πολιτικές ανισότητες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επαυξητική επίδραση ενός τόνου αερίων του θερμοκηπίου είναι ανεξάρτητη από το που στον κόσμο εκπέμπεται, ενώ ο όγκος αυτός παγκοσμίως δεν εκπέμπεται ομοιόμορφα, μιας και ιστορικά, οι πλούσιες

χώρες έχουν παράγει την πλειονότητα των εκπομπών. Αν και όλες οι χώρες επηρεάζονται από την αλλαγή κλίματος, αυτό γίνεται με διαφορετικούς τρόπους και σε διαφορετικά μεγέθη. Οι αναπτυσσόμενες χώρες πλήττονται περισσότερο εξαιτίας της γεωγραφίας τους, της μεγαλύτερης εξάρτησής από τη γεωργία και των ασθενέστερων πόρων τους, που τις καθιστούν ιδιαίτερα ευαίσθητες. Υπάρχει επομένως μια διπλή αδικία στην αλλαγή κλίματος, οι πλούσιες χώρες έχουν την ευθύνη για την αλλαγή κλίματος και για τις συνέπειες της, ενώ οι φτωχές χώρες είναι αυτές που πλήττονται περισσότερο.

Το κλασικό πλαίσιο των οικονομικών ευημερίας έχει ένα και μόνο κριτήριο, που υπονοεί ένα μόνο κυβερνητικό τρόπο λήψης αποφάσεων. Αν και μπορεί να είναι χρήσιμο στην παροχή ενός σημείου αναφοράς για τη θεώρηση μιας εξωτερικά δίκαιης παγκόσμιας πολιτικής, η ίδια η παγκόσμια φύση της αλλαγής κλίματος υποδηλώνει ότι η απλή οικονομική θεωρία με μία αρμοδιότητα, έναν ιθύνοντα, και μία συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί επακριβώς. Αντίθετα, η διαμόρφωση πρέπει να περιλαμβάνει τον τρόπο που οι διάφοροι παράγοντες και χώρες θα αλληλεπιδράσουν, θέτοντας το δεοντολογικό ζήτημα του πώς οι άνθρωποι μιας χώρας ή περιοχής πρέπει να αντιδράσουν όταν οι επιδράσεις των πράξεων τους επηρεάζουν αυτούς που ζουν σε μια άλλη. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το ιδιαίτερο γνώρισμα της συνάρτησης κοινωνικής ευημερίας είναι η εκτίμησή της, μεταξύ χωρών με διαφορετικά επίπεδα ανάπτυξης και μεταξύ διαφορετικών οικονομιών και επιπέδων κατανάλωσης [4].

Η βασική θεώρηση των οικονομικών ευημερίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εκτίμηση του πιθανού κόστους της αλλαγής κλίματος. Ο σκοπός όμως της πολιτικής θεωρείται η μεγιστοποίηση του ποσού ανάμεσα στα άτομα των κοινωνικών χρησιμοτήτων της κατανάλωσης, μέσω της συνάθροισης των επιδράσεων μεταξύ των ατόμων, χρησιμοποιώντας κρίσεις κοινωνικής αξίας. Ειδικότερα, η κατανάλωση περιλαμβάνει μια ευρεία σειρά αγαθών και υπηρεσιών όπως την εκπαίδευση, την υγεία και το περιβάλλον. Η σχέση μεταξύ του μέτρου της κοινωνικής ευημερίας, δηλαδή του ποσού των κοινωνικών χρησιμοτήτων, και των αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται από κάθε νοικοκυριό, από τα οποία εξαρτάται, αποτελούν τη συνάρτηση κοινωνικής ευημερίας. Για τον σχεδιασμό της συνάρτησης αυτής, χρειάζονται συγκεκριμένες κρίσεις τιμών για την κατανομή της κατανάλωσης μεταξύ των ατόμων, όπως για παράδειγμα, το μέγεθος της διαφοράς εάν μια δεδομένη απώλεια ευκαιριών κατανάλωσης έχει επιπτώσεις σε ένα πλούσιο

πρόσωπο παρά σε ένα φτωχό πρόσωπο, ή κάποιον σήμερα παρά έπειτα από την πάροδο εκατό ετών. Κατ' αυτόν τον τρόπο το μοντέλο, θέτει θέματα ως προς το πώς η ευημερία των ανθρώπων με πολύ διαφορετικό βιοτικό επίπεδο πρέπει να εκτιμηθεί και να συνδυαστεί για διαμόρφωση κρίσεων στην πολιτική. [7,12]

Η συνάθροιση της εκπαίδευσης, της υγείας, του εισοδήματος και του περιβάλλοντος έχει έντονες δυσκολίες, ιδιαίτερα όταν γίνονται συγκρίσεις μεταξύ ατόμων. Κάποιο κοινό νόμισμα είναι απαραίτητο και ο πιο κοινός τρόπος για την έκφραση ενός συνολικού μέτρου ευημερίας είναι μέσω του πραγματικού εισοδήματος. Αυτό όμως δημιουργεί τη δυσκολία έκφρασης της υγείας (συμπεριλαμβανομένης της θνησιμότητας) και της περιβαλλοντικής ποιότητας στα πλαίσια του εισοδήματος, η οποία ενισχύεται στις χώρες όπου σημαντικές διαφορές στο εισόδημα έχουν επιπτώσεις στην προθυμία και τη δυνατότητα των ατόμων να πληρώσουν για αυτά. Για παράδειγμα, το γεγονός ότι ένα πολύ φτωχό πρόσωπο μπορεί να μην είναι πρόθυμο να ασφαλίσει τη ζωή του, ενώ ένα πλούσιο πρόσωπο μπορεί να προετοιμαστεί να καταβάλει ένα πολύ μεγάλο ποσό, ίσως οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η ζωή ενός φτωχού προσώπου ή η υγεία είναι επομένως λιγότερο πολύτιμη. Μέσα στη σφαίρα μιας ευαισθητοποιημένης πραγματείας δεν είναι δυνατόν να μην περιληφθούν οι συνέπειες των διαφορετικών στρατηγικών, ταυτόχρονα για την οικονομία, το βιοτικό επίπεδο και το περιβάλλον και όπου είναι δυνατόν να ενσωματώνεται το χρηματικό ισοδύναμο των επιδράσεων της αλλαγής κλίματος στις ευρύτερες διαστάσεις της ευημερίας [13,14].

IV.2.B Μακροπρόθεσμες Εκτιμήσεις και Προεξόφληση

Τα αποτελέσματα των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται σήμερα θα γίνονται αισθητά για έναν μακροχρόνιο διάστημα, γεγονός που καθιστά αναπόφευκτη κάποια μορφή εκτίμησης ή συνάθροισης των επιδράσεων διαμέσου των γενιών. Οι δεοντολογικές αποφάσεις και προσεγγίσεις, σε αυτό το ζήτημα είναι πολύ σημαντικές για τον καθορισμό της πολιτικής που θα ακολουθηθεί. Χαρακτηριστικά, κατά την εφαρμογή της θεωρίας των οικονομικών ευημερίας στην αξιολόγηση των προγραμμάτων και της πολιτικής, μια αύξηση στη μελλοντική κατανάλωση θεωρείται να αξίζει λιγότερο από μια αύξηση στην παρούσα κατανάλωση, για δύο λόγους. Αν η κατανάλωση αυξάνεται, οι άνθρωποι είναι καλύτερα στο μέλλον και μια πρόσθετη μονάδα κατανάλωσης λαμβάνεται να αξίζει γενικά λιγότερο, όσο πλουσιότεροι είναι οι άνθρωποι. Ακόμα, μερικές φορές

προτείνεται ότι οι άνθρωποι προτιμούν τα καλά πράγματα νωρίτερα παρά αργότερα στα πλαίσια καθαρά χρονικής προτίμησης, το οποίο οφείλεται κατά ένα μέρος σε μια εκτίμηση των πιθανοτήτων να είναι ζωντανοί για να απολαύσουν την κατανάλωση και σε ένα άλλο σε καθαρή ανυπομονησία.

Για να αξιολογηθούν φυσικά οι επιδράσεις κατά τη διάρκεια ενός πολύ μεγάλου χρονικού διαστήματος πρέπει να δοθεί έμφαση στο πρόβλημα ότι οι μελλοντικές γενιές δεν αντιπροσωπεύονται πλήρως στην τρέχουσα συζήτηση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, στα πλαίσια της προεξοφλημένης μελλοντικής κατανάλωσης, η πιο απλή υπόθεση είναι ότι αν μια μελλοντική γενιά ήταν παρούσα, θα είχε ίδιες αξιώσεις για δεοντολογική προσοχή με την τρέχουσα, ενώ η πιθανότητα οι μελλοντικές γενιές να είναι πλουσιότερες ή φτωχότερες, λαμβάνεται άμεσα υπόψη αθροίζοντας τη χρησιμότητα της κατανάλωσης.

Η προεξόφληση, όπως γενικά χρησιμοποιείται στα οικονομικά, είναι μια τεχνική για τις οριακές διαταράξεις γύρω από μια δεδομένη πορεία ανάπτυξης. Ένα προεξοφλητικό επιτόκιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για την εκτίμηση προγραμμάτων που περιλαμβάνουν διαταράξεις γύρω από μια πορεία και όχι για τη σύγκριση πολύ διαφορετικών πορειών. Για τις οριακές διαταράξεις χρησιμοποιείται ο παράγοντας προεξόφλησης, δηλαδή η αξία μιας αύξησης στην κατανάλωση σε μια περίοδο στο μέλλον σε σχέση με σήμερα. Ο παράγοντας προεξόφλησης εξαρτάται γενικά στο σχετικό επίπεδο κατανάλωσης στο μέλλον, όπως στην ανάπτυξη και στη συνάρτηση κοινωνικής χρησιμότητας ή ευημερίας, που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει την κατανάλωση. Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι το ποσοστό πτώσης του παράγοντα προεξόφλησης και δεν θεωρείται σταθερό κατά τη διάρκεια του χρόνου, αφού εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο η κατανάλωση αυξάνεται κατά τη διάρκεια του χρόνου.

- Εάν μειώνεται η κατανάλωση κατά μήκος μιας πορείας, το προεξοφλητικό επιτόκιο μπορεί να είναι αρνητικό
- Εάν αυξάνεται η ανισότητα κατά τη διάρκεια του χρόνου, αυτό θα λειτουργούσε για να μειώσει το προεξοφλητικό επιτόκιο, για τις συναρτήσεις κοινωνικής ευημερίας που χρησιμοποιούνται συνήθως
- Εάν αυξάνεται η αβεβαιότητα όπως αυτή προβλέπεται για τις μελλοντικές συνέπειες, αυτό θα λειτουργούσε για να μειώσει το προεξοφλητικό επιτόκιο, με τις συναρτήσεις ευημερίας που χρησιμοποιούνται συνήθως. Η ποσοτικοποίηση αυτής

της επίδρασης απαιτεί τον προσδιορισμό της μορφής της αβεβαιότητας, και του τρόπου που αλλάζει, καθώς και της συνάρτησης χρησιμότητας.

Με πολλά αγαθά και νοικοκυριά, θα υπάρξουν πολλά προεξοφλητικά επιτόκια. Για παράδειγμα, εάν η συμβατική κατανάλωση αυξάνεται και η κατάσταση του περιβάλλοντος επιδεινώνεται, το προεξοφλητικό επιτόκιο για την κατανάλωση θα ήταν θετικό αλλά για το περιβάλλον αρνητικό. Ομοίως, εάν η κατανάλωση μιας ομάδας αυξάνεται, ενώ μιας άλλης μειώνεται, το προεξοφλητικό επιτόκιο θα ήταν θετικό για την πρώτη αλλά αρνητικό για τη δεύτερη.

Το τυποποιημένο πλαίσιο ευημερίας είναι ιδιαίτερα σχετικό ως θεωρητική βάση για τις στρατηγικές και τα προγράμματα στα πλαίσια της αλλαγής κλίματος. Παρόλα αυτά οι συνεπαγωγές της θεωρίας αυτής είναι πολύ διαφορετικές από εκείνες των τεχνικών που χρησιμοποιούνται συχνά στην ανάλυση κόστους-κέρδους και κατ' αυτόν τον τρόπο, ένα ενιαίο σταθερό προεξοφλητικό επιτόκιο θεωρείται γενικά απαράδεκτο για την εξέταση των μακροπρόθεσμων, παγκόσμιων, μη-οριακών επιδράσεων της αλλαγής κλίματος. Εάν τοποθετηθεί ελάχιστη ή καθόλου αξία στις προοπτικές για το μακροπρόθεσμο μέλλον, η αλλαγή κλίματος μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν αποτελεί πρόβλημα. Η εισαγωγή όμως της δεοντολογικής θεώρησης στα οικονομικά της αλλαγής κλίματος, σύμφωνα με τους όρους των περισσότερων τυποποιημένων δεοντολογικών πλαισίων, υποδεικνύει ότι υπάρχει κάθε λόγος να αντιμετωπιστούν αυτές οι προοπτικές πολύ σοβαρά [4,15,16,17].

IV.2.Γ Ρίσκο και Αβεβαιότητα

Οι κίνδυνοι και οι αβεβαιότητες γύρω από τα κόστη και τα κέρδη της πολιτικής κλίματος είναι μεγάλοι και κατ' αυτόν τον τρόπο το αναλυτικό πλαίσιο πρέπει να είναι σε θέση να χειριστεί τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα με σαφείς όρους. Η αβεβαιότητα επηρεάζει κάθε κρίκο της αλυσίδας από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ως στις επιδράσεις τους, όπως τα μελλοντικά ποσοστά οικονομικής ανάπτυξης, τον όγκο των εκπομπών που θα ακολουθήσει, τις αυξήσεις στη θερμοκρασία ως αποτέλεσμα των εκπομπών και τις επιδράσεις αυτών των αυξήσεων της θερμοκρασίας. Ομοίως, υπάρχουν αβεβαιότητες που συνδέονται με την οικονομική απόκριση στα πολιτικά μέτρα, και ως εκ τούτου για το πόσο θα κοστίζει η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η ενσωμάτωση της αβεβαιότητας επίσημα στα μοντέλα, προσθέτει χρησιμότητες για τις πιθανές καταστάσεις του κόσμου που μπορεί να προκύψουν από την αλλαγή κλίματος,

έχοντας βάρος ανάλογο με την πιθανότητα τους. Κατ' αυτόν τον τρόπο παράγεται αυτό που είναι γνωστό ως αναμενόμενη χρησιμότητα, η επέκταση ουσιαστικά της κοινωνικής προσέγγισης της χρησιμότητας σε έναν αβέβαιο ή πιθανολογικό περιβάλλον.

Η βάση τέτοιων πιθανοτήτων πρέπει να προέρχεται από τη σύγχρονη γνώση της επιστήμης και των οικονομικών, που ισοδυναμεί με την προσέγγιση της υποκειμενικής πιθανότητας. Αυτό είναι μια πραγματιστική απόκριση στο γεγονός ότι πολλές από τις αληθινές αβεβαιότητες γύρω από την πολιτική αλλαγής κλίματος δεν μπορούν να παρατηρηθούν και να ποσοτικοποιηθούν ακριβώς, όπως μπορούν για παράδειγμα σε πολλά προβλήματα εφαρμοσμένης μηχανικής. Το τυποποιημένο πλαίσιο της αναμενόμενης χρησιμότητας περιλαμβάνει την αποστροφή στον κίνδυνο και υπό τη στενή αυτήν έννοια μια προληπτική αρχή. Αυτή η προσέγγιση στην αβεβαιότητα, σε συνδυασμό με την υπόθεση ότι η κοινωνική οριακή χρησιμότητα της προσόδου μειώνεται καθώς η πρόσοδος αυξάνεται, υπονοεί ότι η κοινωνία θα είναι πρόθυμη να πληρώσει ένα ασφάλιστρο, για να αποφύγει ένα απλό δίκαιο τυχερό παιχνίδι όπου οι πιθανές απώλειες και τα κέρδη είναι μεγάλα [18]. Οι σύγχρονες θεωρίες ενσωματώνοντας μια διάκριση μεταξύ της αβεβαιότητας και του κινδύνου προτείνουν μια συγκεκριμένη προληπτική αρχή, πέρα από αυτήν που προκύπτει από την τυποποιημένη θεωρία της αναμενόμενης χρησιμότητας. Η διάκριση βέβαια μεταξύ της αβεβαιότητας και του ρίσκου ξεκινάει από παλιά και πιο συγκεκριμένα από τότε που κάποιος μπόρεσε να κάνει κάποια εκτίμηση των πιθανοτήτων και της αβεβαιότητας, χωρίς να έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τις πιθανότητες [19,20].

Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιήθηκαν σε προβλήματα της επιστήμης και συνδέθηκαν με τις σύγχρονες θεωρίες της συμπεριφοράς προς το ρίσκο. Δύο σημαντικά παραδείγματα επεξηγούν τη σημασία μιας προληπτικής αρχής κατά την παρουσία της αβεβαιότητας. Το πρώτο παράδειγμα είναι η σύνδεση μεταξύ της βοοειδούς σπογγοειδούς εγκεφαλοπάθειας (EBS) στις αγελάδες και την ασθένεια Creutzfeld-Jacob (CJD) στους ανθρώπους, όπου οι Βρετανοί επιστήμονες βεβαίωσαν για αρκετό διάστημα ότι δεν θα μπορούσε να υπάρξει καμία σύνδεση λόγω περιορισμού μεταξύ των ειδών. Παρόλα αυτά, το 1991 μια επιστημονική ομάδα στο Μπρίστολ πέτυχε τον εμβολιασμό μιας γάτας με την EBS και η υπόθεσης του περιορισμού καταστράφηκε, ενώ τον ίδιο χρόνο, προσδιορίστηκαν και πρωτεϊνικές μεταλλάξεις που θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση μιας σύνδεσης. Τα

αποτελέσματα αυτά δεν συνιστούσαν πιθανότητες αλλά καταστρέψανε τη βεβαιότητα. Με την εισαγωγή της αβεβαιότητας, μια απόφαση άνοιξε την πιθανότητα εφαρμογής μιας προληπτικής αρχής. Το δεύτερο παράδειγμα είναι μια πιθανή σύνδεση μεταξύ του αμιάντου και πνευμονοειδών ασθενειών που προτάθηκε το 1898 από τους επιθεωρητές υγείας στη Μεγάλη Βρετανία, και το 1911 σε επιστημονικότερη βάση μετά από τα πειράματα σε αρουραίους. Πάλι η εργασία δεν μπορούσε να λάβει υπόψη πιθανότητες αλλά παρείχε λόγους για προφύλαξη. Δυστυχώς, η πίεση της βιομηχανίας απέτρεψε μια απαγόρευση στον αμιάντο και η καθυστέρηση πενήντα ετών οδήγησε σε σημαντικές απώλειες ζωών, που η εφαρμογή μιας προληπτικής αρχής θα μπορούσε να έχει σώσει, ενώ οι ασφαλιστικές εταιρείες καταβάλλουν ακόμα και σήμερα μεγάλα ποσά ως αποζημίωση για τις συνέπειες της χρήσης του [21].

Στη συγκεκριμένη διαμόρφωση της προληπτικής αρχής, υπάρχουν διάφορες κατανομές πιθανότητας αποτελεσμάτων που θα μπορούσαν να προκύψουν από κάποια δράση. Αλλά ο ιθύνων, που προσπαθεί να επιλέξει ποια δράση να ακολουθήσει, δεν ξέρει ποια από αυτές τις κατανομές είναι περισσότερο ή λιγότερο πιθανές για οποιαδήποτε δεδομένη δράση. Σύμφωνα, με συμβατικές αλλά λογικές υποθέσεις συνήθως θα ενεργούσε σαν να επιλέγει τη δράση που μεγιστοποιεί έναν σταθμισμένο μέσο όρο της χειρότερης αναμενόμενης χρησιμότητας και της καλύτερα αναμενόμενης χρησιμότητας, όπου το καλύτερο και το χειρότερο υπολογίζεται με τη σύγκριση των αναμενόμενων χρησιμοτήτων χρησιμοποιώντας τις διαφορετικές κατανομές πιθανότητας. Το βάρος που τοποθετείται στη χειρότερη έκβαση θα επηρεαζόταν από την ανησυχία του ατόμου για το μέγεθος των σχετικών απειλών, ή την απαισιοδοξία, και ενδεχομένως οποιοδήποτε διαίσθηση για το ποια πιθανότητα μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο αληθοφανής. Είναι μια σαφής ενσωμάτωση της αποστροφής στην αβεβαιότητα, που καλείται μερικές φορές αποστροφή στην ασάφεια, και είναι μια έκφραση της προληπτικής αρχής. Είναι διαφορετικό και πρόσθετο στην ιδέα της αποστροφής στο ρίσκο και προέρχεται από την αναμενόμενη χρησιμότητα.

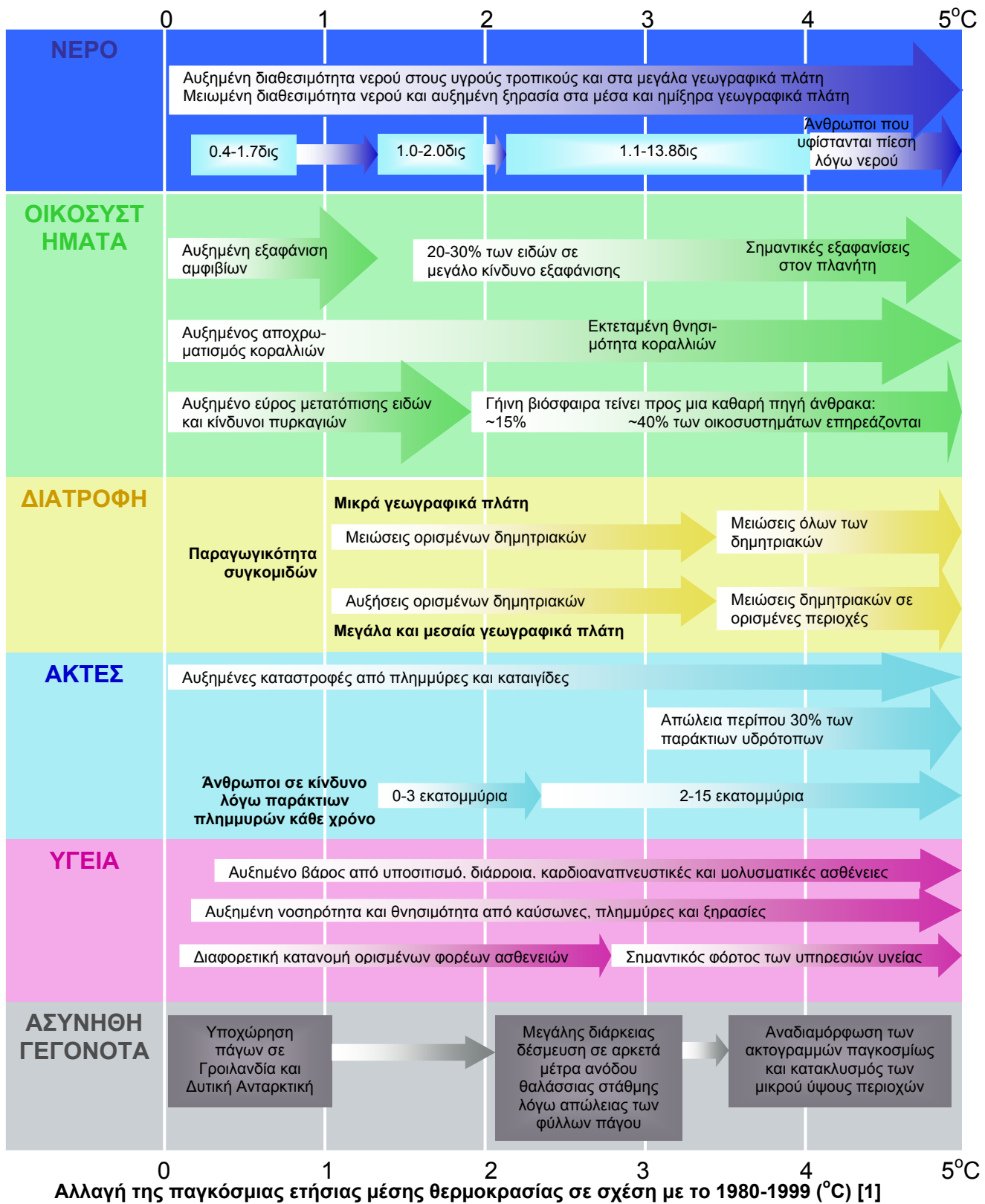
Η δυνατότητα εισαγωγής κατανομών πιθανότητας στην ανάλυση της αλλαγής κλίματος φαίνεται στο κεφάλαιο III.5, αλλά υπάρχει αληθινή αβεβαιότητα για το ποια από αυτές τις κατανομές θα ισχύσει. Ειδικότερα, οι εκτιμήσεις της επιστήμης και των οικονομικών είναι ιδιαίτερα σποραδικές στα υψηλότερα όρια, όπως στις υψηλές θερμοκρασίες που είναι πλέον πιθανές. Η αβεβαιότητα στις

κατανομές πιθανότητας είναι η κατάσταση που αντιμετωπίζεται κατά τη μοντελοποίηση, αλλά η αβεβαιότητα αυτή δεν πρέπει να διογκώνεται και να επικαλείται ως άλλοθι για την απραξία [21,22,23,24,25].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ IV

1. Tietenberg T. : *Environmental and Natural Resource Economics*, Harper Collins College Publishers, 1996
2. Pigou A. C.: *Wealth and Welfare*, Macmillan, London, 1912
3. Samuelson P.: "The pure theory of public expenditure", *Review of Economics and Statistics*, 36(4), 387-389, 1954
4. URL: <http://www.sternreview.org.uk>
5. Beckerman W., Pasek J.: *Justice, Posterity and the Environment*, Oxford, Oxford University Press, 2001
6. Gardiner S.: "Ethics and global climate change", *Ethics*, **114**, 555-600, 2004
7. Sen A.: *Development as Freedom*, Anchor Books, London, 1999
8. World Development Report: *Equity and Development*, World Bank, Washington DC, 2006
9. Stern N.H., Dethier J-J, Rogers F.H.: *Growth and Empowerment: Making Development Happen*, Munich Lectures in Economics, Massachusetts, MIT Press, 2005
10. Atkinson A.B., Hills J.: "Social exclusion, poverty and unemployment", *Exclusion, Employment and Opportunity*, A.B. Atkinson and J. Hills, London, London School of Economics, CASE Paper 4, 1998
11. Hills J., Stewart K.: *A More Equal Society: New Labour, Poverty, Inequality and Exclusion*, Bristol, Policy Press, 2005
12. Sen A., Williams B. (eds.): *Utilitarianism and Beyond*, Cambridge: Cambridge University Press/Maison des Sciences de l'Homme, 1982
13. Arrow K. : *Individual Values and Social Choice*, New York, Wiley, 1951
14. Sen A.K.: "Social Choice Theory", *Handbook of Mathematical Economics*, K.J. Arrow and M. Intriligator, Vol3, Amsterdam: North-Holland, 1986
15. Dasgupta P.S.: "On some alternative criteria for justice between generations", *Journal of Public Economics*, 3(4), 405-423, 1974
16. Anand S., Sen A.K.: "Human development and economic sustainability", *World Development*, **28**(12), 2029-2049, 2000
17. Broome J.: *Weighing lives*, Oxford, Oxford University Press, 2004
18. Ramsey F.P.: *Foundations of Mathematics and Other Logical Essays*, New York, Harcourt Brace, 1931
19. Knight F.: *Risk, Uncertainty and Profit*, New York, Kelly, 1921
20. Keynes J.M.: *A Treatise on Probability*, London, Macmillan, 1921
21. Henry C.: "Decision - Making Under Scientific, Political and Economic Uncertainty", *Cahier no.DDX-06-12*, Chaire Developpement Durable, Paris, Laboratoire d'Econometrie de l'Ecole Polytechnique, 2006
22. URL: <http://web.econ.unito.it/gma/fabio/mmr-r.pdf>

- 23.** Klibanoff P., Marinacci M., S.Mukerji : “A smooth model of decision-making under ambiguity”, *Econometrica*, **73**, 1849-1892, 2005
- 24.** Chichilnisky G.: “An axiomatic approach to choice under uncertainty with catastrophic risk”, *Resource and Energy Economics*, **22**, 221-31, 2000
- 25.** Gollier C.: *The Economics of Risk and Time*, Cambridge, MA, MIT Press, 2001



V.1 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

V.1.A Παρατηρούμενες Επιδράσεις

Στοιχεία παρατηρούμενα σε όλες τις ηπείρους και τους περισσότερους ωκεανούς δείχνουν ότι πολλά φυσικά συστήματα επηρεάζονται από τις περιφερειακές αλλαγές κλίματος, ιδιαίτερα από τις αυξήσεις της θερμοκρασίας. Όσον αφορά τις αλλαγές στο χιόνι, τον πάγο και το παγωμένο έδαφος, υπάρχει *υψηλή εμπιστοσύνη* (8 στις 10 πιθανότητες να είναι σωστό) ότι τα φυσικά συστήματα επηρεάζονται από την αλλαγή [1].

- Διεύρυνση και αυξημένοι αριθμοί παγετωδών λιμνών [2,3,4]
- Αυξανόμενη επίγεια αστάθεια στις περιοχές αιώνιου πάγου, και κατολισθήσεις στις ορεινές περιοχές [5]
- Αλλαγές σε ορισμένα Αρκτικά και Ανταρκτικά οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένων αμφιβίων θάλασσας-πάγου και αρπακτικών υψηλά στην τροφική αλυσίδα [6,7,8,9,10]

Υπάρχει *υψηλή εμπιστοσύνη* ότι στα υδρολογικά συστήματα εμφανίζονται:

- Αυξανόμενη απορροή και εμφάνιση της, πιο πρώιμα την άνοιξη σε πολλά ποτάμια παγετώνων και χιονιού [11,12,13,14,15,16]
- Θέρμανση των λιμνών και των ποταμών σε πολλές περιοχές, με τα αποτελέσματα στη δομή της θερμότητας εντός αυτών και την ποιότητα νερού [17,18,19,20].

Υπάρχει *πολύ υψηλή εμπιστοσύνη* (9 στις 10 πιθανότητες), βασισμένη σε περισσότερα στοιχεία από ένα ευρύτερο φάσμα ειδών, ότι η πρόσφατη θέρμανση έχει επιπτώσεις έντονα στα επίγεια βιολογικά συστήματα.

- Πρώιμα ανοιξιάτικα γεγονότα, όπως η φυλλοφορία, η μετανάστευση πουλιών και η γέννηση αυγών.[21,22,23,24]
- Ανοδικές και προς τους πόλους μετατοπίσεις σε περιοχές φυτών και ζωικών ειδών. [25,26,27,28].

Με βάση και δορυφορικές παρατηρήσεις από τις αρχές της δεκαετίας του '80, υπάρχει *υψηλή εμπιστοσύνη* ότι έχει υπάρξει μια τάση σε πολλές περιοχές προς πρώιμη βλάστηση την άνοιξη που συνδέεται με τις μακρύτερες θερμές εποχές λόγω της πρόσφατης θέρμανσης [29,30].

Υπάρχει *υψηλή εμπιστοσύνη* ότι οι παρατηρούμενες αλλαγές στα θαλάσσια και εσωτερικών υδάτων βιολογικά συστήματα συνδέονται με τις αυξανόμενες

θερμοκρασίες ύδατος, καθώς επίσης και τις σχετικές αλλαγές στην κάλυψη πάγου, την αλατότητα, τα επίπεδα οξυγόνου και την κυκλοφορία [31,31,32,33,34,35]:

- μετατοπίσεις στις περιοχές και αλλαγές στην αφθονία φυκών, πλαγκτόν και ψαριών στους ωκεανούς στα υψηλά γεωγραφικά πλάτη [36,37,38,39]
- αυξήσεις στην αφθονία φυκών και ζωοπλαγκτόν σε λίμνες υψηλού γεωγραφικού πλάτους και μεγάλου υψομέτρου [40,41,42]
- Αλλαγές περιοχών και πρώιμες μεταναστεύσεις των ψαριών στους ποταμούς [43,44,45,46]

Η λήψη ανθρωπογενούς άνθρακα από το 1750 έχει οδηγήσει στην όξυνση του ωκεανού, με μια μέση μείωση 0,1 μονάδων στο pH. Εντούτοις, τα αποτελέσματα της παρατηρούμενης όξυνσης στη θαλάσσια βίοςφαιρα είναι μέχρι τώρα ατεκμηρίωτα [47].

Ορισμένες άλλες επιδράσεις των περιφερειακών αλλαγών κλίματος που εμφανίζονται στα φυσικά και ανθρώπινα περιβάλλοντα, είναι δύσκολο να διακριθούν λόγω προσαρμογής και μη-κλιματικών οδηγών και έχουν τεκμηριωθεί με *μέτρια εμπιστοσύνη* (5 στις 10 πιθανότητες):

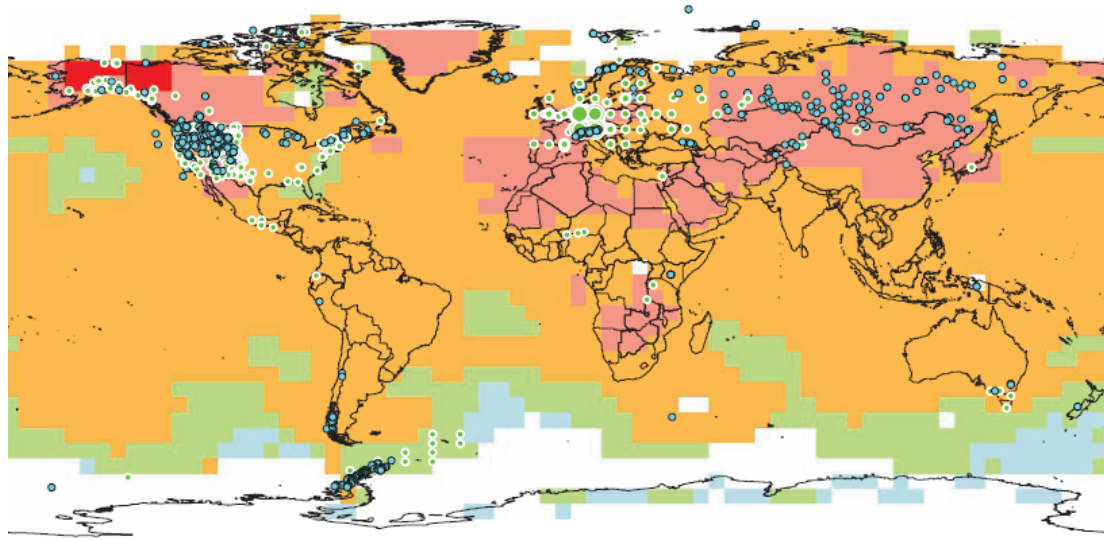
- Επιδράσεις στη γεωργική και δασική διαχείριση στα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη του Βόρειου Ημισφαιρίου [48,49]
- Επιδράσεις σε μερικές όψεις της ανθρώπινης υγείας, όπως θνησιμότητα λόγω θερμότητας στην Ευρώπη, μολυσματικούς φορείς ασθενειών σε μερικές περιοχές και αλλεργιογόνος γύρη σε υψηλά και μέσα γεωγραφικά πλάτη στο Βόρειο Ημισφαίριο [50,51,52,53,54,55,56]
- Επιδράσεις σε μερικές ανθρώπινες δραστηριότητες στην Αρκτική (όπως κυνήγι και ταξίδι σε χιόνι και πάγο) και στις χαμηλές αλπικές περιοχές (όπως ορεινά σπορ) [57]

Ορισμένες ακόμα επιδράσεις δεν έχουν αρχίσει ακόμα να συνιστούν τάσεις.

- Κατασταλάγματα νερού σε ορεινές περιοχές παγετωδών λιμνών έχουν επικινδυνότητα να προκαλέσουν πλημμύρες λόγω τήξης των παγετώνων. Θεσμικές κυβερνήσεις όργανα σε μερικές περιοχές έχουν αρχίσει να αποκρίνονται με την οικοδόμηση φραγμάτων και αποξηραντικών εργασιών [58,59].
- Σε περιοχές της Κεντρικής Αφρικής (Sahel), οι θερμότερες και ξηρότερες συνθήκες έχουν οδηγήσει σε ένα μειωμένο εύρος της εποχής καλλιεργειών με καταστρεπτικά αποτελέσματα στις συγκομιδές. Στη Νότια Αφρική, οι μακρύτερες

ξηρασίας περίοδοι και οι πιο αβέβαιες βροχοπτώσεις υπαγορεύουν μέτρα προσαρμογής [60,61].

- Η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης και η ανθρώπινη ανάπτυξη συμβάλλουν στις απώλειες παράκτιων υγρότοπων και μαγροβίων και της καταστροφής από παράκτιες πλημμύρες σε πολλές περιοχές [62,63,64].

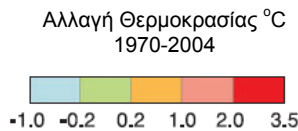


NAM		LA		EUR ^{28,115}		AFR		AS		ANZ		PR*		TER ^{28,586}		MFW**		GLO ^{28,671}	
355	455	53	5	119	28,115	5	2	106	8	6	0	120	24	764	28,586	1	85	765	28,671
94%	92%	98%	100%	94%	89%	100%	100%	96%	100%	100%	—	91%	100%	94%	90%	100%	99%	94%	90%

Παρατηρούμενα δεδομένα

- Φυσικά συστήματα (χιόνι, πάγος και παγωμένο έδαφος-υδρολογία- παράκτιες προσεγγίσεις)
- Βιολογικά συστήματα (γήινα, θαλάσσια και εσωτερικών υδάτων)

Europe ***	
○	1-30
○	31-100
○	101-800
○	801-1,200
○	1,201 -7,500



Φυσικές	Βιολογικές
Αριθμός παρατηρούμενων αλλαγών	Αριθμός παρατηρούμενων αλλαγών
Αριθμός παρατηρούμενων αλλαγών συνεπής με τη θέρμανση	Αριθμός παρατηρούμενων αλλαγών συνεπής με τη θέρμανση

*Οι πολικές περιοχές περιλαμβάνουν παρατηρούμενες αλλαγές στα θαλάσσια και εσωτερικού νερού βιολογικά συστήματα

**Θαλάσσια και εσωτερικού νερού περιλαμβάνουν παρατηρούμενες αλλαγές σε θέσεις και ευρείες περιοχές ωκεανών, μικρών νησιών και ηπείρων. Τοποθεσίες αλλαγών σε μεγάλες περιοχές της θάλασσας δεν εμφανίζονται στο χάρτη.

***Οι κύκλοι στην Ευρώπη αντιπροσωπεύουν τις 1-7500 σειρές δεδομένων

Σχήμα V.1: Θέσεις σημαντικών αλλαγών στη σειρά δεδομένων φυσικών και βιολογικών συστημάτων σε σχέση με την αλλαγές θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα κατά τη διάρκεια της περιόδου 1970-2004. Τα 2 X 2 κουτιά δείχνουν το συνολικό αριθμό δεδομένων με σημαντικές αλλαγές (πάνω σειρά) και το ποσοστό εκείνων που συμφωνούν με τη θέρμανση (κάτω σειρά) για (i) ηπειρωτικές περιοχές: Βόρεια Αμερική (NAM), Λατινική Αμερική (LA), Ευρώπη (EUR), Αφρική (AFR), Ασία (AS), Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία (ANZ), και Πολικές Περιοχές (PR) και (ii) παγκόσμια κλίμακα: Επίγειες (TER), θαλάσσιες και εσωτερικών υδάτων (MFW) και παγκόσμια (GLO) [1]

V.1.B Νερό

Οι άνθρωποι θα αισθανθούν την επίδραση της αλλαγής κλίματος εντονότερα μέσω των αλλαγών στη διανομή του ύδατος σε όλο τον κόσμο και την εποχιακή και ετήσια μεταβλητότά του. Το νερό είναι ένας ουσιαστικός πόρος για όλη της μορφές ζωής και προαπαιτούμενο για καλή υγεία και υγιεινή, ενώ είναι ένας ζωτικός πόρος για όλη σχεδόν την παραγωγή και ουσιαστικός για τη βιώσιμη ανάπτυξη και τη μείωση της φτώχειας [65]. Παγκοσμίως, περίπου το 70% της διαθέσιμης ποσότητας γλυκού νερού χρησιμοποιείται για την άρδευση που εξασφαλίζει την παροχή των τροφίμων, το 22% χρησιμοποιείται για παραγωγή και ενέργεια (για ψύξη στους σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και για παραγωγή της υδροηλεκτρικής ενέργειας), ενώ μόνο 8% χρησιμοποιείται άμεσα από τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις για κατανάλωση, υγιεινή, και αναψυχή [66].

Η αλλαγή κλίματος θα αλλάξει τα σχέδια της διαθεσιμότητας του νερού αυξάνοντας τις αντιθέσεις στον κύκλο του νερού, εντείνοντας τις ξηρασίες και τις πλημμύρες σε πολλές περιοχές. Μέχρι τα μέσα του αιώνα η ετήσια μέση απορροή των ποταμών και η διαθεσιμότητα νερού εκτιμάται να αυξηθεί 10-40% στα υψηλά γεωγραφικά πλάτη και σε ορισμένες υγρές τροπικές περιοχές, και να μειωθεί 10-30% σε ορισμένες ξηρές περιοχές σε μέσα γεωγραφικά πλάτη και στους ξηρούς τροπικούς, αν και σε μερικές τοποθεσίες και σε συγκεκριμένες εποχές οι αλλαγές διαφέρουν από της ετήσιες μορφές [67]. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι περιοχές που είναι ήδη σχετικά ξηρές, όπως η λεκάνη της Μεσογείου και τα μέρη της Νότιας Αφρικής και της Νότιας Αμερικής, είναι πιθανό να υποστούν περαιτέρω μειώσεις στη διαθεσιμότητα νερού, αντίθετα με τη Νότια Ασία και μέρη της Βόρειας Ευρώπης και της Ρωσίας που θα δοκιμάσουν φαινόμενα σφοδρών βροχοπτώσεων [68,69,70]. Περαιτέρω, οι αλλαγές στον ετήσιο όγκο νερού που λαμβάνει κάθε περιοχή έχει διαφορές από την εποχιακή μεταβλητότητα. Μια αύξηση στις ετήσιες ροές ποταμών δεν είναι απαραίτητα ευεργετική, επειδή δεν υπάρχει ικανοποιητική αποθήκευση για να κρατήσει το πρόσθετο νερό προς χρήση κατά τη διάρκεια της ξηρής εποχής, ενώ οι ποταμοί πλημμυρίζουν συχνότερα κατά την υγρή [71].

Περίπου 1/3 του σημερινού παγκόσμιου πληθυσμού διαμένει σε χώρες που υφίστανται μέτρια ως υψηλή πίεση λόγω του νερού, ενώ 1,1 δις στερείται την πρόσβαση στο ασφαλές νερό. Η πίεση λόγω νερού είναι ένας κοινός χρήσιμος δείκτης της διαθεσιμότητας του νερού σε μια περιοχή (υπολογίζεται διαιρώντας τη μέση ετήσια απορροή σε μια λεκάνη απορροής με τον αριθμό των ανθρώπων που

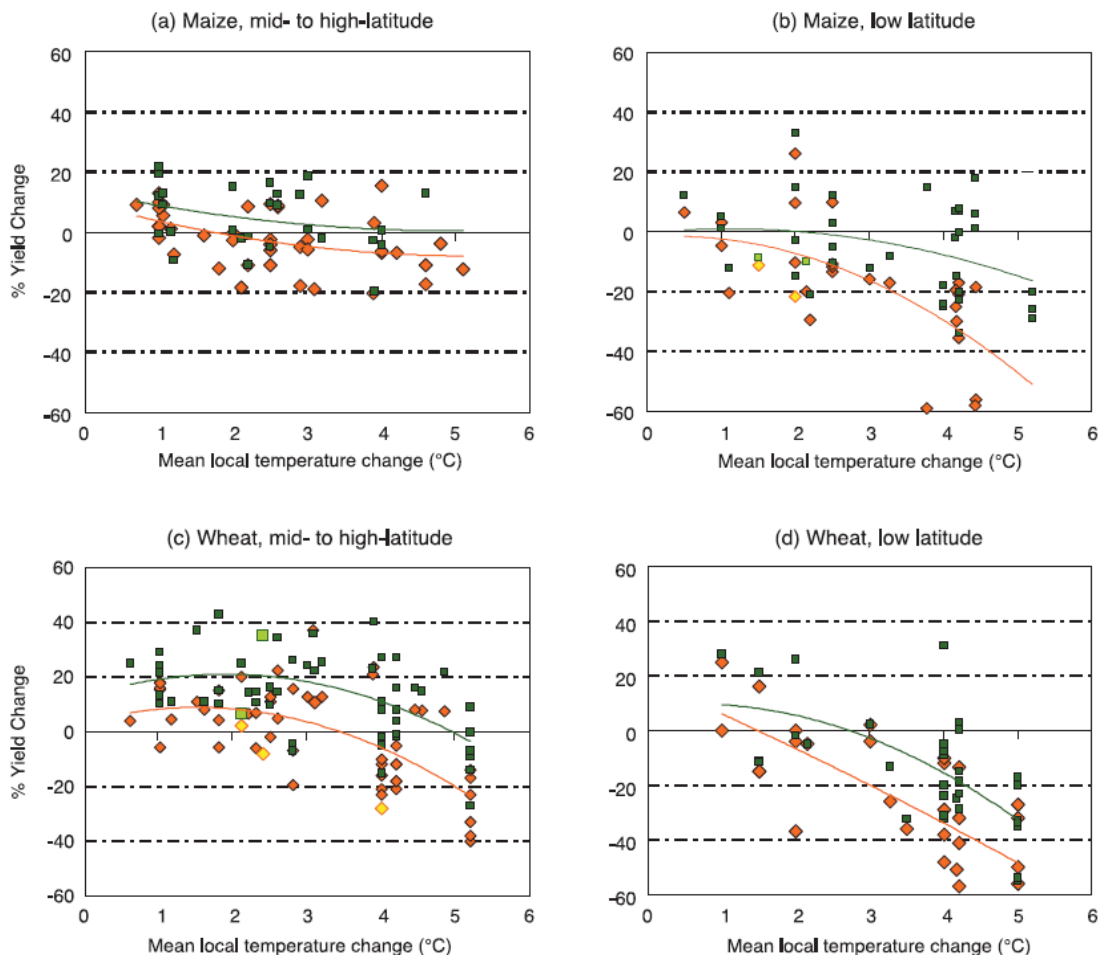
την εκμεταλλεύονται), αλλά δεν απεικονίζει απαραίτητως την πρόσβαση στο ασφαλές νερό [72]. Ακόμη και χωρίς αλλαγή κλίματος, η αύξηση του πληθυσμού μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά δισεκατομμύρια παραπάνω να ζουν σε περιοχές περιορισμένης διαθεσιμότητας νερού, ενώ στην Αφρική, τη Μέση Ανατολή, τη Νότια Ευρώπη, και ορισμένες της Νότιας και Κεντρικής Αμερικής η διαχείριση του νερού είναι ήδη κρίσιμη για την ανάπτυξη τους [73]. Περαιτέρω, οι προμήθειες νερού που είναι αποθηκευμένες με μορφή παγετώνων και κάλυψης χιονιού εκτιμάται να ελαττωθούν, μειώνοντας τη διαθεσιμότητα νερού και αυξάνοντας τον κίνδυνο πλημμυρών κατά τη διάρκεια της υγρής εποχής, σε περιοχές που σήμερα ζει το ένα έκτο του παγκόσμιου πληθυσμού (πάνω από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι σήμερα). Ο συνολικός πληθυσμός που θα είναι σε κίνδυνο να αντιμετωπίσει πίεση λόγω του νερού για όλα τα σενάρια SRES εκτιμάται να είναι 0.4-1.7 δις, 1.0-2.0 δις και 1.1-3.8 δις το 2020, 2050 και το 2080 αντίστοιχα [74].

V.1.Γ Διατροφή

Σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη ακόμα και μικρά ποσά θέρμανσης θα οδηγήσουν σε πτώση της συγκομιδής, ενώ σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, οι αποδόσεις των συγκομιδών μπορεί να αυξηθούν αρχικά για μέτριες αυξήσεις στη μέση θερμοκρασία, αλλά υψηλότερες θερμοκρασίες θα οδηγήσουν σε σημαντική πτώση στην παραγωγή δημητριακών σε όλο τον κόσμο [75,76,77,78]. Η γεωργία αποτελεί αυτήν την περίοδο 24% της συνολικής παραγωγής προϊόντων, απασχολεί 22% του παγκόσμιου πληθυσμού και καταλαμβάνει 40% της περιοχής εδάφους. Το 75% των φτωχότερων ανθρώπων στον κόσμο (των 1 δις ανθρώπων που ζουν με λιγότερο από 1\$ ημερησίως) ζουν σε αγροτικές περιοχές και στηρίζονται στη γεωργία για τα προς το ζην [79].

Χαμηλά επίπεδα θέρμανσης (1-3°C) σε μέσα και υψηλά γεωγραφικά πλάτη μπορεί να βελτιώσουν τις συνθήκες για μικρή αύξηση των συγκομιδών (ανάλογα το είδος της καλλιέργειας) και των αποδόσεων των βοσκοτόπων, λόγω της αύξησης της καλλιεργήσιμης περιόδου και του ανοίγματος νέων περιοχών για τη γεωργία. Περαιτέρω, το αυξημένο ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα ενισχύσει το φαινόμενο λίπανσης διοξειδίου του άνθρακα, δηλαδή της τόνωσης της φωτοσύνθεσης των φυτών λόγω των αυξημένων αυτών συγκεντρώσεων, που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής. Γενικά, τα φυτά της κατηγορίας C₃ (σιτάρι, ρύζι, πατάτες, λαχανικά κα) παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόκριση στη

λίπανση διοξειδίου του άνθρακα από τα αντίστοιχα C₄(καλαμπόκι, ζαχαροκάλαμο, σόργο κα). Παγκοσμίως, η ικανότητα αύξησης διατροφικής παραγωγής εκτιμάται να αυξηθεί με αυξήσεις των τοπικών μέσων θερμοκρασιών εύρους 1-3°C, περαιτέρω αύξηση όμως θα προκαλέσει μείωση και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (5 ή 6°C) είναι δυνατή γεωργική κατάρρευση σε μεγάλες περιοχές του κόσμου αλλά σαφή εμπειρικά στοιχεία είναι ακόμα περιορισμένα [80,81,82].



Σχήμα V.2: Ευαισθησία της παραγωγής δημητριακών στην αλλαγή κλίματος για το καλαμπόκι και το σιτάρι. Οι αποκρίσεις περιλαμβάνουν τις περιπτώσεις χωρίς προσαρμογή (πορτοκαλί σημεία) και με προσαρμογή (πράσινα σημεία). Οι μελέτες στις οποίες είναι βασισμένο το σχήμα, εκτείνονται για μια σειρά αλλαγών βροχόπτωσης και συγκεντρώσεων του CO₂, και ποικίλλουν στον τρόπο που αντιπροσωπεύουν τις μελλοντικές αλλαγές στη μεταβλητότητα κλίματος [82]

Ιδιαίτερα στα μικρά γεωγραφικά πλάτη και κυρίως στις εποχιακά ξηρές και τροπικές περιοχές η απόδοση των συγκομιδών εκτιμάται να μειωθεί ακόμη και με μικρές αυξήσεις των τοπικών θερμοκρασιών (1-2°C), αυξάνοντας τον κίνδυνο του λιμού. Στις περιοχές αυτές η καλλιέργεια γίνεται ήδη κοντά στην κρίσιμη ανώτατη θερμοκρασία, και μικρά ποσά θέρμανσης μπορεί να μειώσουν τις παραγωγές μέχρι το μισό, στην περίπτωση που λαμβάνουν χώρα σε κρίσιμη φάση του κύκλου της

συγκομιδής, όπως το άνθισμα [83]. Περαιτέρω, η αυξημένη συχνότητα ακραίων υψηλών θερμοκρασιών, ξηρασιών και πλημμυρών επιδρούν αρνητικά στις καλλιέργειες πέρα από τα αποτελέσματα της μέσης αλλαγής κλίματος, δημιουργώντας την πιθανότητα εκπλήξεων με επιδράσεις μεγαλύτερης έκτασης, που συμβαίνουν νωρίτερα από ότι προβλέπεται στις μέσες μεταβολές [84]. Η κλιματική μεταβλητότητα και αλλαγή μεταβάλλουν επίσης τον κίνδυνο πυρκαγιών και της έκρηξης ζιζανίων και παθογόνων μικροοργανισμών [85,86,87,88]

Καθώς οι επιδράσεις θα είναι οι ισχυρότερες στην Αφρική και τη δυτική Ασία, οι χώρες που θα πληγούν περισσότερο έχουν περιορισμένη ικανότητα να διενεργήσουν τις ευρείες οικονομικές προσαρμογές που είναι απαραίτητες στα μοντέλα των καλλιεργειών τους, μιας και πολλά από τα αποτελέσματα της αλλαγής κλίματος στη γεωργία θα εξαρτηθούν από το βαθμό προσαρμογής στα επίπεδα των εισοδημάτων, στη δομή αγοράς και στον τύπο των καλλιεργειών, όπως βρόχινες ή αρδευτικές [89]. Οι μειωμένες παραγωγές συγκομιδών είναι πιθανό να αφήσουν εκατοντάδες εκατομμυρίων ανθρώπους χωρίς τη δυνατότητα να παράγουν ή να αγοράσουν τα απαραίτητα τρόφιμα, ιδιαίτερα στα φτωχότερα μέρη του κόσμου. Αυτήν την περίοδο, 820 εκατομμύρια άνθρωποι (~12% του παγκόσμιου πληθυσμού) είναι στον κίνδυνο της πείνας, ενώ ο υποσιτισμός είναι υπεύθυνος για τα περί 4 εκατομμύρια θανάτους ετησίως, με τους μισούς σχεδόν στην Αφρική [90]. Σύμφωνα με τα SRES σενάρια κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης η αλλαγή κλίματος θα είναι υπεύθυνη για την αύξηση έως και 140 εκατομμυρίων υποσιτιζόμενων παραπάνω, για τα σενάρια A1, B1 και B2, και έως 530 σύμφωνα με το A2 σενάριο, στο 2080. Πάνω από το μισό των ανθρώπων αυτών θα είναι στην Αφρική και τη δυτική Ασία, όπου οι πτώσεις στην παραγωγή είναι μέγιστες, η εξάρτηση από τη γεωργία υψηλότερη και η αγοραστική δύναμη περιορισμένη. Εάν οι αποκρίσεις των καλλιεργειών στο φαινόμενο της λίπανσης του διοξειδίου του άνθρακα είναι σημαντικές, τα αποτελέσματα της θέρμανσης στον κίνδυνο πείνας θα είναι αρκετά μικρότερα. Αλλά στις υψηλότερες θερμοκρασίες, οι επιδράσεις είναι πιθανό να είναι καταστρεπτικές ανεξάρτητα από την επίδραση του φαινομένου, καθώς μεγάλες περιοχές του πλανήτη γίνονται πάρα πολύ θερμές ή πάρα πολύ ξηρές για τη γεωργική παραγωγή [91,92].

Περιφερειακές αλλαγές στην κατανομή και την παραγωγή συγκεκριμένων ειδών ψαριών είναι αναμενόμενες λόγω της παρατεινόμενης θέρμανσης, με δυσμενείς επιδράσεις στην αλιεία και τις ιχθυοκαλλιέργειες. Περαιτέρω, αναμένεται

εξαφάνιση σε τοπικό επίπεδο ορισμένων ειδών ψαριών στις παρυφές των περιοχών τους και ιδιαίτερα σε γλυκού νερού και μεταναστευτικά (όπως ο σολομός και ο οξύρυγχος) ψάρια [93,94]. Παρόλα αυτά, σε ορισμένες περιπτώσεις οι υψηλότερες ωκεάνιες θερμοκρασίες μπορεί να αυξήσουν την παραγωγικότητα και το εύρος μερικών ψαριών, οι μειωμένες όμως θρεπτικές προμήθειες λόγω θέρμανσης ενδέχεται να περιορίσουν την αύξηση. Η αυξανόμενη ωκεάνια οξύτητα δυσχεραίνει την επιβίωση πολλών ωκεάνιων όντων και εμποδίζει τον κανονικό ρυθμό των θαλάσσιων οικοσυστημάτων [95]. Στο μικρότερο επίπεδο ανακόπτει την ανάπτυξη των κοραλλιών, τα οποία παρέχουν κατοικία για τα εμπορικά ψάρια και καταστρέφει μαλάκια και συγκεκριμένους τύπους πλαγκτόν που βρίσκονται στη βάση της τροφικής αλυσίδας, για πολλά είδη όπως ο σολομός, το σκουμπρί και οι φάλαινες [96]. Τέτοιες αλλαγές αναμένονται για να ασκήσουν σοβαρές ευρύτερες επιδράσεις, που δεν έχουν ποσοτικοποιηθεί, ένα σημαντικό χάσμα στη γνώση με δεδομένο ότι περίπου ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι παγκοσμίως (ένα έκτο του παγκόσμιου πληθυσμού) στηρίζονται στα ψάρια ως αρχική πηγή ζωικών πρωτεϊνών [97].

V.1.Α Υγεία

Η αλλαγή κλίματος ήδη συνεισφέρει στο παγκόσμιο φάσμα ασθενειών και πρώιμων θανάτων άμεσα μέσω των αλλαγών στις καιρικές συνθήκες, με εντονότερα και συχνότερα ακραία φαινόμενα και έμμεσα μέσω αλλαγών στο νερό, τον αέρα, την ποιότητα και ποσότητα του φαγητού, τα οικοσυστήματα, τη γεωργία και την οικονομία. Στο αρχικό αυτό στάδιο οι επιδράσεις είναι μικρές, άλλα εκτιμάται να αυξηθεί προοδευτικά σε όλες τις χώρες και περιοχές του πλανήτη [98,99,100]. Η υγεία του παγκόσμιου πληθυσμού έχει βελτιωθεί εντυπωσιακά κατά τη διάρκεια των 50 προηγούμενων ετών, αν και παραμένουν εντυπωσιακές ανισότητες. Οι εξαθλιωμένοι πληθυσμοί των αστικών περιοχών εκτίθενται ιδιαίτερα σε ασθένειες, λόγω κακής ατμοσφαιρικής ποιότητας, υπερθέρμανσης και περιορισμένης πρόσβασης σε καθαρό νερό, ενώ σε μερικές τροπικές περιοχές οι θερμοκρασίες μπορεί ήδη να είναι στο όριο της ανθρώπινης ανθεκτικότητας [101]. Αντίθετα, στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη η παγκόσμια θέρμανση μπορεί να υπονοεί λιγότερους θανάτους συνολικά, επειδή περισσότεροι άνθρωποι σώζονται από το θάνατο λόγω κρύου το χειμώνα από θερμοπληξίες το καλοκαίρι. Οι καύσωνες όμως στις πόλεις θα γίνουν όλο και περισσότερο επικίνδυνοι, καθώς η περιφερειακή θέρμανση σε συνδυασμό με το φαινόμενο της θερμής αστικής νήσου, θα οδηγήσουν σε

περισσότερα γεγονότα ακραίων θερμοκρασιών και επικίνδυνης ατμοσφαιρικής ρύπανσης [102].

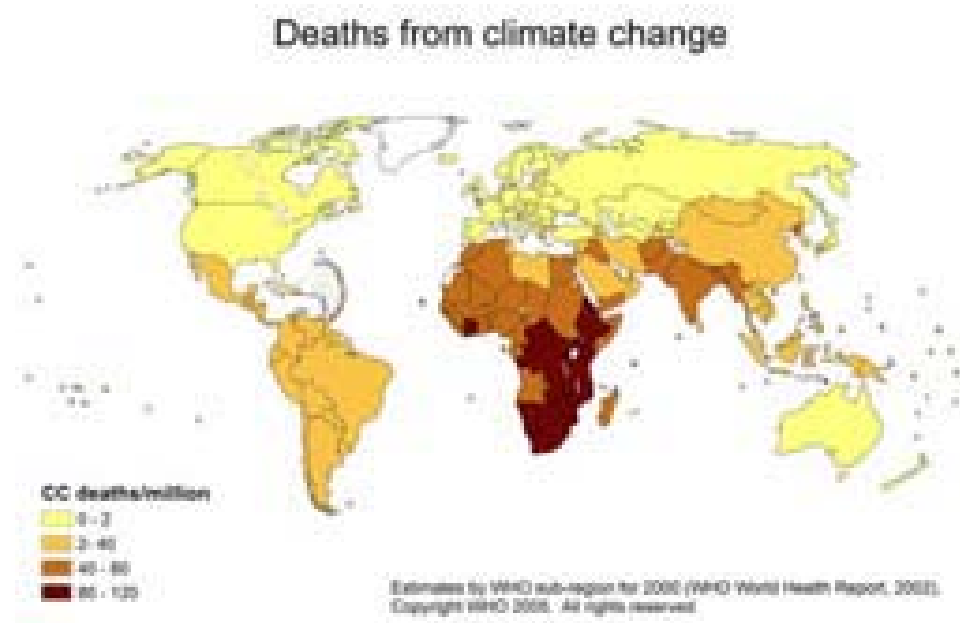
Οι εκτιμώμενες εκθέσεις λόγω της κλιματικής αλλαγής είναι πιθανό να έχουν επιπτώσεις στην κατάσταση της υγείας εκατομμυρίων ανθρώπων, και ιδιαίτερα εκείνων με χαμηλή προσαρμοστική ικανότητα, μέσω:

- αυξήσεων του υποσιτισμού και των επακόλουθων παθήσεων, με επιπτώσεις στην ανάπτυξη και εξέλιξη των παιδιών [103,104]
- αυξανόμενων θανάτων, ασθενειών και βλαβών λόγω καυσώνων, πλημμυρών, καταιγίδων, πυρκαγιών και ξηρασιών [105,106,107,108,109]
- αυξανόμενου βάρους ασθενειών που σχετίζονται με τη διάρροια [110, 111]
- δυνατότητας μετάδοσης ελονοσίας στην Αφρική, με μικτά αποτελέσματα στο εύρος (αυξήσεις και μειώσεις) [112,113,114]
- αυξανόμενης συχνότητας των καρδιοαναπνευστικών ασθενειών λόγω των υψηλότερων συγκεντρώσεων όζοντος στο επιπέδου του εδάφους, λόγω της αλλαγής κλίματος [115,116,117]
- αλλαγμένη χωρική κατανομή μερικών φορέων μολυσματικών ασθενειών [118,119,120]

Η αλλαγή κλίματος θα ενισχύσει τις διαφορές υγείας μεταξύ των πλούσιων και φτωχών μερών του κόσμου. Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) υπολογίζει ότι η αλλαγή κλίματος από τη δεκαετία του '70 είναι ήδη υπεύθυνη για πάνω από 150.000 θανάτους ετησίως μέσω των αυξανόμενων επιπτώσεων της διάρροιας, της ελονοσίας και του υποσιτισμού, κυρίως στην Αφρική και τις άλλες αναπτυσσόμενες περιοχές [121]. Μια αύξηση 1°C στην παγκόσμια θερμοκρασία από τα προβιομηχανικά επίπεδα μπορεί να διπλασιάσει τους ετήσιους θανάτους από την αλλαγή κλίματος σε τουλάχιστον 300.000 σύμφωνα με τη WHO [122]. Αυτοί οι αριθμοί δεν λαμβάνουν υπ' όψη μειώσεις των θανάτων από κρύο, που θα μπορούσαν να είναι σημαντικοί, και επιπτώσεις στην υγεία μέσω άλλων ασθενειών που δεν περιλαμβάνονται στο μοντέλο της WHO [102, 123].

Γενικά, ορισμένα κέρδη που αναμένονται από την αλλαγή κλίματος (κυρίως στις βιομηχανοποιημένες χώρες) εκτιμάται πως θα αντισταθμιστούν από τις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των αυξανόμενων θερμοκρασιών παγκοσμίως, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η ισορροπία των θετικών και αρνητικών επιδράσεων υγείας θα ποικίλει από μια τοποθεσία σε άλλη, και θα αλλάζει κατά τη διάρκεια του χρόνου δεδομένου ότι οι θερμοκρασίες συνεχίζουν να αυξάνονται. Οι ομάδες με

μεγαλύτερο κίνδυνο περιλαμβάνουν, σε όλες τις χώρες, τους αστικούς φτωχούς, τους ηλικιωμένους και τα παιδιά, τις παραδοσιακές κοινωνίες, τους αγρότες επιβίωσης, και τους παράκτιους πληθυσμούς [124]. Η οικονομική ανάπτυξη είναι ένα σημαντικό συστατικό της προσαρμογής, αλλά από μόνο του δεν θα προστατεύσει τον παγκόσμιο πληθυσμό από ασθένειες και βλάβες που προκαλεί η του αλλαγή κλίματος. Αποφασιστικά σημαντικός θα είναι ο τρόπος με τον οποίο η οικονομική ανάπτυξη λαμβάνει χώρα, η κατανομή των οφελών της αύξησης, και παράγοντες που διαμορφώνουν άμεσα την υγεία των πληθυσμών, όπως η εκπαίδευση, η υγειονομική περίθαλψη, και η υποδομή δημόσιας υγείας [125,126].



Ασθένεια/Πάθηση	Ετήσιοι Θάνατοι (εκατομμύρια)	Συνιστώσα Αλλαγής Κλίματος (θάνατοι / % συνόλου)
Ασθένειες Διάρροιας	2.0	47,000 / 2%
Ελονοσία	1.1	27,000 / 2%
Υποσιτισμός	3.7	77,000 / 2%
Καρδιοαναπνευστικές Ασθένειες	17.5	Συνολική θέρμανση / δεν υπάρχουν δεδομένα κρύου
HIV/AIDS	2.8	Κανένα στοιχείο αλλαγής κλίματος
Καρκίνος	2.6	Κανένα στοιχείο αλλαγής κλίματος

Σχήμα V.3: Κατανομή και εκτιμήσεις των πρόσθετων θανάτων (ανά εκατομμύρια ανθρώπους) λόγω αλλαγής κλίματος το 2000 από την WHO [121]

V.1.E Ακτές

Η άνοδος σταθμών θάλασσας θα αυξήσει τις παράκτιες πλημμύρες, θα αυξήσει τα κόστη της παράκτιας προστασίας, θα οδηγήσει σε απώλεια οικοσυστημάτων και παράκτια διάβρωση, και θα αυξήσει την παρείσδυση αλμυρού νερού στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Οι παράκτιες περιοχές είναι μεταξύ των πιο πυκνοκατοικημένων περιοχών στον κόσμο και υποστηρίζουν μερικά σημαντικά οικοσυστήματα από τα οποία και εξαρτώνται οι τοπικές κοινότητες. Σημαντικές υποδομές συγκεντρώνεται συχνά γύρω από τις ακτές, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων καθαρισμού πετρελαίου, τους σταθμούς πυρηνικής ενέργειας, λιμάνια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις [127]. Αυτήν την περίοδο, περισσότεροι από 200 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε παράκτιες κοίτες σε όλο τον κόσμο που βρίσκονται λιγότερο από 1m επάνω από την τρέχουσα στάθμη θάλασσα, σε 2 εκατομμύρια km² του εδάφους και περιουσιακά στοιχεία αξίας 1 τρισεκατομμυρίων δολαρίων. Από αυτούς, περίπου 120 εκατομμύρια άνθρωποι ετησίως εκτίθενται στους τροπικούς κινδύνους κυκλώνων, που σκότωσαν 250.000 ανθρώπους από το 1980 ως το 2000 [128].

Οι εκτιμώμενες αλλαγές σε σχέση με το κλίμα περιλαμβάνουν την αυξανόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας από 0.2 ως 0.6 m ή παραπάνω ως το 2100 και πιο ακραία και ορμητική κίνηση των κυμάτων και των καταιγίδων [129]. Τα φαινόμενα αυτά θα ποικίλλουν σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, αλλά οι επιδράσεις είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα είναι συντριπτικά αρνητικές [130]. Οι εκατοντάδες των εκατομμυρίων ανθρώπων και σημαντικών περιουσιακών στοιχείων που είναι σε κίνδυνο στις ακτές υπόκεινται σε πρόσθετες πιέσεις από τη χρήση του εδάφους και τις υδρολογικές αλλαγές στη συλλογή νερού, συμπεριλαμβανομένων των φραγμάτων που μειώνουν τον ανεφοδιασμό ιζημάτων στην ακτή [131].

Τρία κύρια κοινωνικά ευπαθή σημεία είναι τα δέλτα, ειδικά τα επτά ασιατικά μεγαδέλτα, με έναν συνολικό πληθυσμό που ήδη υπερβαίνει τα 200 εκατομμύρια, οι παράκτιες αστικές περιοχές, ειδικά εκείνες επιρρεπής σε καθίζηση, και μικροί κοραλλιογενείς νήσοι [132,133,134,135]. Η Νότια και Ανατολική Ασία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες περιοχές λόγω των μεγάλων παράκτιων πληθυσμών τους, όπως το Μπαγκλαντές (όπου το ένα τέταρτο του πληθυσμού του, περίπου 35 εκατομμύρια άνθρωποι, ζει μέσα σε παράκτια κοίτη) [136], το Βιετνάμ, και περιοχές της Κίνας και της Ινδίας. Ακόμα, εκατομμύρια άνθρωποι θα διατρέξουν επίσης κίνδυνο γύρω από την ακτή της Αφρικής, ιδιαίτερα στο δέλτα του Νείλου και κατά μήκος της



Σχήμα V.4: Σχετική ευαισθησία των παράκτιων δέλτα όπως υποδεικνύεται από τις εκτιμήσεις του πληθυσμού που ενδεχομένως να εκτοπιστεί από τις σύγχρονες τάσεις ανόδου της στάθμης της θάλασσάς έως το 2050 (Extreme > 1 εκατομμύριο, High: 1 εκατομμύριο έως 50.000, Medium 50.000 έως 5.000) [136]

δυτικής ακτής. Πολλές από τις μεγαλουπόλεις του πλανήτη (22 από τις πρώτες 50) διατρέχουν τον κίνδυνο πλημμύρας από τα παράκτια κύματα, συμπεριλαμβανομένου του Τόκιο, της Σαγγάης, του Χόνγκ Κόνγκ, του Μουμπάι, της Καλκούτας, του Καράτσι, του Μπουένος Άιρες, της Αγία Πετρούπολη, της Νέας Υόρκης, του Μαϊάμι και του Λονδίνου. Σε κάθε περίπτωση, οι πόλεις στηρίζονται σε δαπανηρά έργα προστασίας από πλημμύρες, όμως ακόμα κι αν είναι προστατευμένες, θα βρίσκονταν κάτω από τη στάθμη θάλασσας με τον κίνδυνο να παραμείνει, όπως τη Νέα Ορλεάνη σήμερα [137]. Τα μικρά κράτη νησιών στην Καραϊβική και στον Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό (όπως Μικρονησία, Πολυνησία, Μαλβίδες, Τουβαλού) απειλούνται έντονα, λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων ανάπτυξής τους κατά μήκος της ακτής. Στην Καραϊβική για παράδειγμα περισσότερο από το μισό πληθυσμό ζει εντός 1.5 km από την ακτή. Μερικές εκτιμήσεις προτείνουν ότι 150 - 200 εκατομμύρια άνθρωποι μπορούν να γίνουν μόνιμα μετατοπισμένοι από τα μέσα του αιώνα λόγω της αυξανόμενης στάθμης της θάλασσας, τις συχνότερες πλημμύρες, και τις εντονότερες ξηρασίες, ενώ η αυξανόμενη ένταση των τρικυμιών θα μπορούσε να έχει παρόμοιες επιδράσεις και να επιδεινώσει τα αποτελέσματα της ανόδου της στάθμης της θάλασσας [138].

Η θέρμανση από τον τελευταίο αιώνα έχει δεσμεύσει ήδη τον κόσμο σε αύξηση της θαλάσσιας στάθμης για τους επόμενους αιώνες, ενώ περαιτέρω θέρμανση αυτόν τον αιώνα θα αυξήσει περισσότερο αυτή τη δέσμευση και το ποσό εδάφους που χάνεται, των ανθρώπων που εκτοπίζονται λόγω στο μόνιμης πλημμυρίδας, ενώ οι δαπάνες προστασίας των ακτών θα αυξάνονται σχεδόν τετραγωνικά με το απαιτούμενο ύψος [139,140]. Η κατάρρευση των φύλλων πάγου

της Δυτικής Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας θα καθιστούσε αυτήν την μακροπρόθεσμη άνοδο σημαντικά μεγαλύτερη. Για τη Γροιλανδία, η θερμοκρασία κατάρρευσης υπολογίζεται περίπου στους 1,1-3.8°C επάνω από τη σημερινή παγκόσμια μέση θερμοκρασία και είναι πιθανό να συμβεί το 2100 σύμφωνα με το A1B σενάριο. Παρόλα αυτά, ο ακριβής ρόλος της θαλάσσιας ανόδου είναι δύσκολο να καθοριστεί λόγω των ιδιαίτερων περιφερειακών και τοπικών παραλλαγών, που οφείλονται σε άλλους παράγοντες [129].

V.1.ΣΤ Υποδομές και Κοινωνία

Η ευαισθησία των υποδομών και της κοινωνίας στην αλλαγή κλίματος οφείλεται κυρίως στα ακραία καιρικά φαινόμενα παρά στη βαθμιαία αλλαγή κλίματος, αν και οι βαθμιαίες αλλαγές μπορούν να συνδεθούν με τα κατώτατα όρια πέρα από τα οποία οι επιδράσεις γίνονται σημαντικές. Γενικά, η καταστροφή των υποδομών λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων θα αυξηθεί σημαντικά από μικρές μόνο αυξήσεις στην ένταση των φαινομένων [141,142]. Σχεδόν όλοι οι άνθρωποι του κόσμου ζουν σε εγκαταστάσεις, και πολλοί εξαρτώνται από τη βιομηχανία, τις υπηρεσίες και τις υποδομές για την εργασία, την ευημερία και την κινητικότητα [143]. Η αλλαγή κλίματος προσθέτει μια νέα πρόκληση για τη βιώσιμη ανάπτυξη των κοινωνιών σε όλο τον πλανήτη, που οι επιδράσεις της θα καθοριστούν κυρίως από τις τάσεις των ανθρώπινων συστημάτων στις μελλοντικές δεκαετίες, δεδομένου ότι οι όροι κλίματος επιδεινώνουν ή αμβλύνουν τις πιέσεις που σχετίζονται με άλλα, μη κλιματικά συστήματα [144]. Οι εγγενής αβεβαιότητες στην πρόβλεψη της πορείας της τεχνολογικής και θεσμικής αλλαγής και οι τάσεις στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη για μία περίοδο πολλών δεκαετιών περιορίζουν τη δυνατότητα στις μελλοντικές εκτιμήσεις. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η έρευνα τείνει να εστιάσει στις ευαισθησίες των επιδράσεων παρά στις εκτιμήσεις της αλλαγής, υποδεικνύοντας περισσότερο για αυτά που μπορεί να συμβούν παρά για αυτά που αναμένεται για να συμβούν [141,142]. Οι βασικές ευαισθησίες των υποδομών και της κοινωνίας σχετίζονται συχνότερα με κλιματικά φαινόμενα που υπερβαίνουν τα όρια για προσαρμογή, σε σχέση με το ποσοστό και το μέγεθος της αλλαγής κλίματος (ιδιαίτερα ακραία καιρικά φαινόμενα και απότομη αλλαγή κλίματος), και την περιορισμένη πρόσβαση στους πόρους (οικονομικούς, ανθρώπινους, θεσμικούς) για να αντιμετωπίσουν, ριζικά ζητήματα του πλαισίου ανάπτυξης [145,146].

Τα κόστη καταστροφής των υποδομών θα αυξηθούν σημαντικά ακόμη και για μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας της θάλασσας. Οι μέγιστες ταχύτητες αέρα των τροπικών θυελλών είναι εκθετική συνάρτηση της θερμοκρασίας, που αυξάνεται κατά περίπου 15 - 20% για μια αύξηση 3°C στην επιφανειακή θερμοκρασία των τροπικών θαλασσών [147], ενώ τα κόστη της καταστροφής κλιμακώνονται κυβικά σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου ή και περισσότερο [148]. Οι καταιγίδες και οι αντίστοιχες πλημμύρες είναι ήδη η δαπανηρότερη φυσική καταστροφή σήμερα, αποτελώντας σχεδόν το 90% των συνολικών απωλειών από φυσικές καταστροφές το 2005 (184 δισεκατομμύρια δολάρια μόνο από ανεμοθύελλες, κυρίως κυκλώνες και τυφώνες) [149]. Ένα μεγάλο ποσοστό των οικονομικών απωλειών εμπίπτει στον αναπτυσσόμενο κόσμο, λόγω της υψηλής αξίας και του μεγάλου ποσού των υποδομών που βρίσκονται σε κίνδυνο. Οι περιοχές υψηλού γεωγραφικού πλάτους δοκιμάζουν ήδη τα αποτελέσματα της θέρμανσης στο πρώην παγωμένο έδαφος, αφού η τήξη αποδυναμώνει τους εδαφολογικές συνθήκες και μπορεί να προκαλέσει καθίζηση ορισμένων υποδομών [150]. Για παράδειγμα, ο σιδηρόδρομος Τσιντάο-Θιβέτ, που θα διατρέξει πάνω από 500 km αιώνιου πάγου, σχεδιάζεται με μια σύνθετη και δαπανηρή μόνωση και ένα σύστημα ψύξης για να εμποδίσει την τήξη του στρώματος αιώνιου πάγου. Το μεγαλύτερο μέρος όμως των υποδομών που υπάρχουν σήμερα δεν είναι επαρκώς σχεδιασμένα για να αντιμετωπίσουν την τήξη των αιώνιων πάγων και την αστάθεια του εδάφους, όπως εγκαταστάσεις και δρόμοι στον Καναδά και σε περιοχές της Ρωσίας που είναι κατασκευασμένα πάνω σε τέτοια υποστρώματα [151, 152].

Η σημασία της βαθμιαίας αλλαγής κλίματος, όπως των αυξήσεων στη μέση θερμοκρασία, βρίσκονται κυρίως στη μεταβλητότητα και την αστάθεια, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στην ένταση και τη συχνότητα των ακραίων φαινομένων, εκτός όμως από αυτά, η αλλαγή κλίματος είναι σπάνια ο βασικός παράγοντας πίεσης της αειφορίας [141,142]. Η σημασία της αλλαγής κλίματος (θετικής ή αρνητικής) βρίσκεται στις αλληλεπιδράσεις της με άλλες πηγές αλλαγής και πίεσης, και οι επιδράσεις της πρέπει να εξεταστούν σε ένα πλαίσιο πολλών αιτιών [153,154]. Οι ευαίσθησιες στην αλλαγή κλίματος εξαρτώνται σημαντικά από τα σχετιζόμενα συγκεκριμένα γεωγραφικά και τομεακά πλαίσια και δεν μπορούν να υπολογιστούν αξιόπιστα από μεγάλης κλίμακας μοντελοποιήσεις και εκτιμήσεις [155,156]. Οι επιδράσεις της αλλαγής κλίματος διαδίδονται από τις άμεσα πληγέντες περιοχές και τομείς σε άλλες περιοχές και τομείς μέσω εκτενών και

σύνθετων συνδέσμων, για αυτό το λόγο οι συνολικές επιδράσεις είναι ανεπαρκώς υπολογισμένες με την εξέταση μόνο των άμεσων επιδράσεων [157,158,159].

V.1.Z Οικοσυστήματα

Η προσαρμοστικότητα πολλών οικοσυστημάτων (η δυνατότητά τους να απορροφήσουν τις διαταραχές διατηρώντας την ίδια βασική δομή και τρόπους λειτουργίας) είναι πιθανό να ξεπεραστεί ως το 2100 από έναν πρωτοφανή συνδυασμό αλλαγής στο κλίμα και των σχετικών διαταραχών (όπως πλημμύρες, ξηρασίες, πυρκαγιές, έντομα, όξυνση των ωκεανών), καθώς και άλλες κινητήριες αλλαγές (όπως αλλαγή χρήσης της γης, ρύπανση, υπερεκμετάλλευση των πόρων) [160,161,162]. Το γεωλογικό παρελθόν δείχνει ότι τα οικοσυστήματα έχουν κάποια ικανότητα να προσαρμοστούν φυσικά στην αλλαγή κλίματος, αλλά η προσαρμογή αυτή δεν είχε να αντιμετωπίσει ποτέ έναν τόσο μεγάλο παγκόσμιο ανθρώπινο πληθυσμό και τις πολύπλευρες απαιτήσεις του από τα οικοσυστήματα [163,164,165]. Τα οικοσυστήματα αυτά είναι πολύ πιθανό να εκτεθούν σε ατμοσφαιρικά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα πολύ υψηλότερα από τα προηγούμενα 650.000 χρόνια, και παγκόσμιες μέσες θερμοκρασίες τουλάχιστον ψηλές όσο εκείνες των προηγούμενων 740.000 χρόνων [166]. Ως το 2100, το pH των ωκεανών είναι πολύ πιθανό να είναι χαμηλότερο από όσο κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 εκατομμυρίων χρόνων [167]. Η εξαγωγική χρήση και ο τεμαχισμός των άγριων βιότοπων είναι πολύ πιθανό να εξασθενίσουν την προσαρμογή των ειδών [168]. Η υπέρβαση της προσαρμοστικότητας του οικοσυστήματος είναι πολύ πιθανό να χαρακτηρίζεται από αποκρίσεις που ξεπερνούν τα όρια, πολλές αμετάκλητες στην κλίμακα του χρόνου σχετικά με την ανθρώπινη κοινωνία, όπως η απώλεια βιοποικιλότητας μέσω της εξαφάνισης, η διάσπαση των οικολογικών αλληλεπιδράσεων των ειδών, και σημαντικών αλλαγών στα καθεστώτα δομών και διαταραχής του οικοσυστήματος (ειδικά πυρκαγιές και έντομα) [169,170,171].

Η θέρμανση του 20^{ου} αιώνα έχει ήδη επηρεάσει τα οικοσυστήματα άμεσα. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 40 ετών, τα είδη κινούνται προς τους πόλους κατά 6 km μέσο όρο ανά δεκαετία, και τα εποχιακά γεγονότα, όπως το άνθισμα ή η γέννηση αυγών, λαμβάνουν χώρα νωρίτερα κάθε δεκαετία [172,173]. Η λεύκανση των κοραλλιών έχει γίνει αρκετά διαδεδομένη από τη δεκαετία του 80'. Αρκτικά και ορεινά οικοσυστήματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα, καθώς οι πολικές αρκούδες, οι канаδικοί τάρανδοι και οι άσπρες ερυθρελάτες έχουν υποστεί μειώσεις [174]. Η

πρόσφατη αλλαγή κλίματος έχει ήδη συνεισφέρει στην εξάλειψη πάνω από το 1% των παγκόσμιων αμφίβιων ειδών των τροπικών βουνών [175].

Τα οικοσυστήματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην αλλαγή κλίματος και για πολλά είδη ο ρυθμός της θέρμανσης θα είναι ιδιαίτερα γρήγορος για να αντέξουν. Πολλά από αυτά θα πρέπει να μεταναστεύσουν στα τεμαχισμένα τοπία για να μείνουν μέσα στο «φάκελο κλίματός» τους (σε ποσοστά που πολλά δεν θα είναι σε θέση να επιτύχουν). Σε μερικές περιπτώσεις, ο «φάκελος κλίματος» ενός είδους δεν μπορεί να κινηθεί εκτός πεδίου, για παράδειγμα ψηλότερα από τις κορυφές των βουνών ή πέρα από τις ακτές. Άλλες πιέσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της αλλαγής χρήσης της γης, της συγκομιδής, του κυνηγιού, της ρύπανσης και της μεταφοράς ξένων ειδών σε όλο τον κόσμο, είχαν ήδη μια δραματική επίδραση στα είδη. Από το 1500, 245 εξαλείψεις έχουν καταγραφεί στις περισσότερες σημαντικές ομάδες ειδών, συμπεριλαμβανομένων των θηλαστικών, των πουλιών, των ερπετών, των αμφιβίων, και των δέντρων, ενώ 800 γνωστά είδη αυτών των ομάδων απειλούνται με εξαφάνιση [176].

Η περαιτέρω θέρμανση του πλανήτη θα επιταχύνει τις εξαλείψεις ειδών και έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει στην αμετάκλητη απώλεια πολλών ειδών σε όλο τον κόσμο, επηρεάζοντας τα περισσότερα είδη ζώων και φυτών. Κατά προσέγγιση 20 σε 30% (ποικίλλοντας μεταξύ των περιφερειακών βιοσυστημάτων από 1-80%) των ειδών που εκτιμήθηκαν μέχρι τώρα (σε ένα αμερόληπτο δείγμα) είναι πιθανό να διατρέξουν μεγάλο κίνδυνο εξαφάνισης κατά την αύξηση 2 σε 3°C των μέσων παγκόσμιων θερμοκρασιών πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι αναμένονται να αποχρωματίζονται ετησίως σε πολλές περιοχές, έχοντας επιπτώσεις δεκάδες εκατομμυρίων ανθρώπων που στηρίζονται στις κοραλλιογενείς υφάλους για τους πόρους ή τη προμήθεια τροφής [177], ενώ το επίπεδο αυτό θέρμανσης αναμένεται να οδηγήσει στην απώλεια απέραντων περιοχών τούντρας και δάσους [178]. Τα αυξανόμενα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα ασκούν μερικές άμεσες επιδράσεις στα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα, ενώ εκτιμάται ότι η γήινη βιόσφαιρα θα γίνει μια καθαρή πηγή διοξειδίου του άνθρακα ως το 2100 [179,180].

Η βασική κατανόηση των οικολογικών διαδικασιών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πολλά από τα αποτελέσματα στα οικοσυστήματα, θα συνδυαστούν με τα αυξανόμενα επίπεδα θέρμανσης, αφού ακόμα και μικρές μετατοπίσεις στη σύνθεση των οικοσυστημάτων ή της χρονικής περιόδου που λαμβάνουν χώρα τα βιολογικά

φαινόμενα θα έχουν ισχυρό αντίκτυπο μέσω της τροφικής αλυσίδας (όπως απώλεια προμήθειας τροφίμων ή επικονίασης) [181]. Οι πρακτικές συντήρησης είναι γενικά ανεπαρκώς προετοιμασμένες για την αλλαγή κλίματος, και οι αποτελεσματικές απαντήσεις προσαρμογής είναι πιθανό να είναι δαπανηρές για να εφαρμοστούν [182]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ V

1. IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) : “Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of the Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, [Parry M., Canziani O., Palutikof J., Van der Linden P., Hanson C. et al. (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007
2. Richardson S.D., Reynolds J.M.: “An overview of glacial hazards in the Himalayas”, *Quatern. Int.*, **65/66**, 31-47, 2000
3. Kaser G., H. Osmaston,: *Tropical Glaciers*. Cambridge University Press, Cambridge, 2002
4. Kaab A., Huggel C., Fischer L., Guex S., Paul F., Roer I., Salzmann N., Schlaefli S., Schmutz K., Schneider D., Strozzi T., Weidmann Y.: “Remote sensing of glacier- and permafrost-related hazards in high mountains: an overview”, *Nat. Hazard. Earth Sys.*, **5**, 527-554, 2005
5. Watson R.T., Haeberli W.: “Environmental threats, mitigation strategies and high mountain areas”, *Mountain Areas: A Global Resource. Ambio*, **13**, 2-10, 2004
6. Jones G.A., Henry G.H.R.: “Primary plant succession on recently deglaciated terrain in the Canadian High Arctic”, *J. Biogeogr.*, **30**, 277-296, 2003
7. Gitay H., S. Brown, W. Easterling and B. Jallow,: “Ecosystems and their goods and services”, *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. McCarthy, J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., White K.S., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 2001
8. Sakshaug E., Bjorge A., Gulliksen B., Loeng H., Mehlum F.: “Structure, biomass distribution and energetics of the pelagic ecosystem in the Barents Sea: a synopsis”, *Polar Biol.*, **14**, 405-411, 1994
9. Loeng H., Brander K., Carmack E., Denisenko S., Drinkwater K., Hansen B., Kovacs K., Livingston P., McLaughlin F., Sakshaug E.: “Marine systems”, *Arctic Climate Impact Assessment, ACIA*, C. Symon, L.Arris and B. Heal, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 453-538, 2005
10. Constable A.J., de la Mare W.K., Agnew D.J., Everson I., Miller D.: “Managing fisheries to conserve the Antarctic marine ecosystem: practical implementation of the Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR)”, *ICES J. Mar. Sci.*, **57**, 778-791, 2000
11. Serreze M., Bromwich D., Clark M., Etringer A., Zhang T., Lammers R.: “Large scale hydroclimatology of the terrestrial Arctic drainage system,” *J. Geophys. Res.-Atmos.*, **108**, 8160, 2002

12. Yang D.Q., Kane D.L., Hinzman L.D., Zhang X.B., Zhang T.J., H.C.Ye: "Siberian Lena River hydrologic regime and recent change", *J. Geophys. Res.- Atmos.*, **107**(D23), 4694, 2002
13. Lammers, R.B., A.I. Shiklomanov, C.J. Vorosmarty, B.M. Fekete and B.J. Peterson: Assessment of contemporary Arctic river runoff based on observational discharge records. *J. Geophys. Res.-Atmos.*, **106**(D4), 3321-3334, 2001
14. Regonda S.K., Rajagopalan B., Clark M., Pitlick J.: "Seasonal cycle shifts in hydroclimatology over the western United States", *J. Climate*, **18**, 372-384, 2005
15. Dery S.J., Wood E.F.: "Decreasing river discharge in northern Canada", *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L10401, 2005
16. Ye H.C., Ellison M.: "Changes in transitional snowfall season length in northern Eurasia", *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 1252, 2003
17. Le Treut H., Somerville R., Cubasch U., Ding Y., Mauritzen C., Mokssit A., Peterson T., Prather M.: "Historical overview of climate change science" *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 93-128, 2007
18. O'Reilly C.M., Alin S.R., Plisnier P.D, Cohen A.S., McKee B.A.: "Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa", *Nature*, **424**, 766-768, 2003
19. Vesely J., Majer V., Kopacek J., Norton S.A.: "Increasing temperature decreases aluminium concentrations in Central European lakes recovering from acidification", *Limnol. Oceanogr.*, **48**, 2346-2354, 2003
20. Bodaly R.A., Rudd J.W.M, Fudge R.J.P., Kelly C.A.: "Mercury concentrations in fish related to size of remote Canadian shield lakes", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **50**, 980-987, 1993
21. Parmesan C.: "Ecological and evolutionary responses to recent climate change", *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.*, **37**, 637-669, 2006
22. Linderholm H.W.: "Growing season changes in the last century", *Agr. Forest Meteorol.*, **137**, 1-14, 2006
23. Walther G.-R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J.M., Hoegh-Guldberg O., Bairlein F.: "Ecological responses to recent climate change", *Nature*, **416**, 389-395, 2003
24. Menzel A.: "Phenology: its importance to the global change community", *Climatic Change*, **54**, 379-385, 2002
25. Thomas C.D., Bodsworth E.J., Wilson R.J., Simmons A.D., Davies Z.G., Musche M., Conradt L.: "Ecological and evolutionary processes at expanding range margins", *Nature*, **411**, 577-581, 2001

26. Both C., Visser M.E.: "The effect of climate change on the correlation between avian life-history traits", *Glob. Change Biol.*, **11**, 1606-1613, 2005
27. Brommer J.E.: "The range margins of northern birds shift polewards", *Ann. Zool. Fenn.*, **41**, 391-397, 2004
28. Boisvenue C., Running S.W.: "Impacts of climate change on natural forest productivity - evidence since the middle of the 20th century", *Global Change Biol.*, **12**, 862-882, 2006
29. Nemani R.R., Keeling C.D., Hashimoto H., Jolly W.M., Piper S.C., Tucker C.J., Myneni R.B., Running S.W.: "Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999", *Science*, **300**, 1560-15, 2003
30. Lucht W., Prentice I.C., Myneni R.B., Sitch S., Friedlingstein P., Cramer W., Bousquet P., Buermann W., Smith B.: "Climate control of the high-latitude vegetation greening trend and Pinatubo effect", *Science*, **296**, 1687-1689, 2002
31. Field D.B., Baumgartner T.R., Charles C.D., Ferreira-Bartrina V., Ohman M.D.: "Planktonic foraminifera of the California Current reflect 20th-century warming", *Science*, **311**, 63-66, 2006
32. Grebmeier J.M., Overland J.E., Moore S.E., E.V. Farley, Carmack E.C., Cooper L.W., Frey K.E., Helle J.H., McLaughlin F.A., McNutt S.L.: "A major ecosystem shift in the northern Bering Sea", *Science*, **311**, 1461-1464, 2006
33. Stirling I., Parkinson C.L.: "Possible effects of climate warming on selected populations of polar bears (*Ursus maritimus*) in the Canadian Arctic", *Arctic*, **59**, 261-275, 2006
34. Ozaki N., Fukushima T., Harasawa H., Kojiri T., Kawashima K., Ono M.: "Statistical analyses on the effects of air temperature fluctuations on river water qualities", *Hydrol. Process.*, **17**, 2837-285, 2003
35. Worrall F., T. Burt, Shedden R.: "Long term records of riverine dissolved organic matter", *Biogeochemistry*, **64**, 165-17, 2003
36. Beaugrand G., Reid P.C., Ibanez F., Lindley J.A., Edwards M.: "Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate", *Science*, **296**, 1692-1694, 2002
37. Johns D.G., Edwards M., Batten S.D.: "Arctic boreal plankton species in the Northwest Atlantic", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **58**, 2121-2124., 2001
38. Perry A.L., Low P.J., Ellis J.R., Reynolds J.D.: "Climate change and distribution shifts in marine fishes", *Science*, **308**, 1912-1915, 2005
39. Grebmeier J.M., Overland J.E., Moore S.E., Farley E.V., Carmack E.C., Cooper L.W., Frey K.E., Helle J.H., McLaughlin F.A., McNutt S.L.: "A major ecosystem shift in the northern Bering Sea", *Science*, **311**, 1461-1464, 2006
40. Schindler D.E., Rogers D.E., Scheuerell M.D., Abrey C.A.: "Effects of changing climate on zooplankton and juvenile sockeye salmon growth in southwestern Alaska," *Ecology*, **86**, 198-209, 2005

41. Karst-Riddoch T.L., Pisaric M.F.J., Smol J.P.: "Diatom responses to 20th century climate-related environmental changes in high-elevation mountain lakes of the northern Canadian Cordillera", *J. Paleolimnol.*, **33**, 265-282, 2005
42. Smol J.P., Wolfe A.P., Birks H.J.B., Douglas M.S.V., Jones V.J., Korhola A., Pienitz R., Ruhland K., Sorvari S., Antoniades D., S.J. Brooks, Fallu M.A., Hughes M., Keatley B.E., Laing T.E., Michelutti N., L. Nazarova, Nyman M., A.M. Paterson, Perren B., Quinlan R., Rautio M., Saulnier-Talbot E., Siitonen S., Solovieva N., Weckstrom J.: "Climate-driven regime shifts in the biological communities of arctic lakes", *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **102**, 4397-4402, 2005
43. Juanes F., Gephard S., Beland K.: "Long-term changes in migration timing of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the southern edge of the species distribution", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **61**, 2392-2400, 2004
44. Cooke S.J., Hinch S.G., Farrell A.P., Lapointe M.F., Jones S.R.M., Macdonald J.S., Patterson D.A., Healey M.C., Van Der Kraak G.: "Abnormal migration timing and high en route mortality of sockeye salmon in the Fraser River, British Columbia", *Fisheries*, **29**, 22-33, 2004
45. Huntington T.G., Hodgkins G.A., Dudley R.W.: "Historical trends in river ice thickness and coherence in hydroclimatological trends in Maine", *Climatic Change*, **61**, 217-236, 2003
46. Rose G.A., O'Driscoll R.L.: "Capelin are good for cod: can the northern stock rebuild without them?", *ICES J. Mar. Sci.*, **59**, 1018-1026, 2002
47. Feely R.A., Sabine C.L., K. Lee, Berelson W., Kleypas J., Fabry V.J., Millero F.J.: "Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans", *Science*, **305**, 362-366, 2004
48. Nabuurs G.J., Pussinen A., Karjalainen T., Erhard M., Kramer K.: "Stem wood volume increment changes in European forests due to climate change: a simulation study with the EFISCEN model", *Glob. Change Biol.*, **8**, 304-316, 2002
49. Zhou L., Kaufmann R.K., Tian Y., Myneni R.B., Tucker C.J.: "Relation between interannual variations in satellite measures of northern forest greenness and climate between 1982 and 1999", *J. Geophys. Res.*, **108**, 4004, 2003
50. Kysely J., 2004: "Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic", *Int. J. Biometeorol.*, **49**, 91-97, 2004
51. Beniston M.: "The 2003 heat wave in Europe: a shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations", *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L02202, 2004
52. Davis R.E., Knappenberger P.C., Novicoff W.M., Michaels P.J.: "Decadal changes in summer mortality in US cities", *Int. J. Biometeorol.*, **47**, 166-175, 2003
53. Danielova V., Rudenko N., Daniel M., Holubova J., Materna J., Golovchenko M., Schwarzova L.: "Extension of *Ixodes ricinus* ticks and agents of tickborne diseases to mountain areas in the Czech Republic", *Int. J. Med. Microbiol.*, **296**, 48-53, 2006

54. Randolph S.E.: "The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe", *Philos. T. Roy. Soc. B*, **356**, 1045- 1056, 2001
55. Beggs P.J.: "Impacts of climate change on aeroallergens: past and future", *Clin. Exp. Allergy*, **34**, 1507-1513, 2004
56. Levetin E.: "Effects of climate change on airborne pollen", *J. Allergy Clin. Immun.*, **107**, S172-S172, 2001
57. Coudrain A., Francou B., Kundzewicz Z.W.: "Glacier shrinkage in the Andes and consequences for water resources: editorial", *Hydrolog. Sci. J.*, **50**, 925- 932, 2005
58. Richardson S.D., Reynolds J.M.: "An overview of glacial hazards in the Himalayas", *Quatern. Int.*, **65/66**, 31-47, 2000
59. Ames A.: "Adocumentation of glacier tongue variations and lake development in the Cordillera Blanca, Peru" *Zeitschrift fur Gletscherkunde and Glazialgeologie*, **34**, 1-26, 1998
60. Ben Mohamed A., Duivenbooden N.V., Abdoussallam S.: "Impact of climate change on agricultural production in the Sahel. Part 1. Methodological approach and case study for millet in Niger", *Climatic Change*, **54**, 327-348, 2002
61. Andreadis K.M., Clark E.A., Wood A.W., Hamlet A.F., Lettenmaier D.P.: "Twentieth-century drought in the conterminous United States", *J.Hydrometeorol.*, **6**, 985-1001, 2005
62. Bindoff N., Willebrand J., Artale V., Cazenave A., Gregory J., Gulev S., Hanawa K., Le Quere C., Levitus S., Nojiri Y., Shum C.K., Talley L., Unnikrishnan A.: "Observations: oceanic climate change and sea level" *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 385-432, 2007
63. Church J.A., White N.J.: "A20th century acceleration in global sea-level rise", *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L01602, 2006
64. Thampanya U., Vermaat J.E, Sinsakul S., Papapitukkul N.: "Coastal erosion and mangrove progradation of southern Thailand", *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **68**, 75-85, 2006
65. Grey D., and C. Sadoff, "Water for growth and development", *Thematic documents of the IV World Water Forum*, Mexico City, Comisvon Nacional del Agua, 2006
66. URL: <http://www.unesco.org/water/wwap>
67. Gedney N., P.M. Cox, R.A. Betts, et al.: "Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records", *Nature*, **439**, 835 - 838, 2006
68. Arnell N.W.: "Effects of IPCC SRES emissions scenarios on river runoff: a global perspective", *Hydrol. Earth Syst. Sc.*, **7**, 619-6, 2003
69. Nohara D., Kitoh A., Hosaka M., Oki T.: "Impact of climate change on river runoff", *J. Hydrometeorol.*, **7**, 1076-1089, 2006
70. Milly P.C.D., K.A. Dunne Vecchia A.V.: "Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate", *Nature*, **438**, 347-350, 2005

71. Milly P.C.D., Wetherald R.T., Dunne K.A., and Delworth T.L.: "Increasing risk of great floods in a changing climate", *Nature*, **415**, 514-517, 2002
72. Falkenmark, M., Lunquist J., Widstrand C.: "Macro-scale water scarcity requires micro-scale Approaches", *Natural Resources Forum*, **13**, 1989
73. Warren, R.: "Impacts of global climate change at different annual mean global temperature increases", *Avoiding dangerous climate change*, H.J. Schellnhuber (eds.), Cambridge, Cambridge University Press, 2006
74. Arnell N.W.: "Climate change and global water resources: SRES scenarios and socio-economic scenarios", *Global Environ. Change*, **14**, 31-52, 2004
75. Parsons D.J., Armstrong A.C., Turnpenny J.R., Matthews A.M., Cooper K., Clark J.A.: "Integrated models of livestock systems for climate change studies. 1. Grazing systems", *Glob. Change Biol.*, **7**, 93-112., 2001
76. Riedo M., Gyalistras D., Fuhrer J.: "Pasture responses to elevated temperature and doubled CO₂ concentration: assessing the spatial pattern across an alpine landscape", *Climate Res.*, **17**, 19-31, 2001
77. Dukes J.S., Chiariello N.R., Cleland E.E., Moore L.A., Shaw M.R., Thayer S., Tobeck T., Mooney H.A., Field C.B.: "Responses of grassland production to single and multiple global environmental changes", *PLOS Biol.*, **3**, 1829-1837, 2005
78. Batima P., Bat B., Tserendash L., Bayarbaatar S., Shiirev-Adya S., Tuvaansuren G., Natsagdorj L., Chuluun T.: *Adaptation to Climate Change*, Vol. 90, ADMON Publishing, Ulaanbaatar, 2005
79. Bruinsma J. (ed.) : "World agriculture: towards 2015/2030", FAO, London, Earthscan, 2003
80. Aggarwal P.K., Banerjee B., Daryaei M.G., Bhatia A., Bala A., Rani S.: "InfoCrop: a dynamic simulation model for the assessment of crop yields, losses due to pests, and environmental impact of agro-ecosystems in tropical environments. II. Performance of the model", *Agr. Syst.*, **89**, 47-67, 2006
81. Stigter C.J., Dawei Z., Onyewotu L.O.Z., Xurong M.: "Using traditional methods and indigenous technologies for coping with climate variability", *Climatic Change*, **70**, 255-271, 2005
82. FAO : *World agriculture: towards 2030/2050 - Interim report: prospects for food, nutrition, agriculture and major commodity groups*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 78, 2006
83. Ciais P., Reichstein M., Viovy N.F.: "Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003", *Nature*, **437**, 529 - 533, 2005
84. Porter, J.R., Semenov M.A.: "Crop responses to climatic variation", *Philos. T. Royal Soc. B*, **360**, 2021-2035, 2005

85. Hogg E.H., Bernier P.Y.: "Climate change impacts on drought-prone forests in western Canada", *Forest Chron.*, **81**, 675-682, 2005
86. Westerling A.L., Hidalgo H.G., Cayan D.R., Swetnam T.W.: "Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity", *Science*, **313**, 940-943, 2006
87. Bale J.S., Masters G.J., Hodkinson I.D.: "Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores", *Glob. Change Biol.*, **8**, 1-16, 2002
88. Todd M.C., Washington R., Cheke R.A., Kniveton D.: "Brown locust outbreaks and climate variability in southern Africa", *J. Appl. Ecol.*, **39**, 31-42, 2002
89. Parry M.L., Rosenzweig C., Livermore M.: "Climate change, global food supply and risk of Hunger", *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **360**, 2125 - 2136, 2005
90. Parry M.L., Rosenzweig C., Iglesias A. et al.: "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios", *Global Environmental Change*, **14**, 53 - 67, 2004
91. Parry M.L.: "Global impacts of climate change under the SRES scenarios", *Global Environ. Change*, **14**, 1-2, 2004
92. Tubiello F.N., J.A. Amthor, Boote K., Donatelli M., Easterling W.E., Fisher G., Gifford R., Howden M., Reilly J., Rosenzweig C.: "Crop response to elevated CO₂ and world food supply", *Eur. J. Agron.*, **26**, 215-223, 2007
93. Reynolds J.D., Webb T.J., Hawkins L.A.: "Life history and ecological correlates of extinction risk in European freshwater fishes", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **62**, 854-862, 2005
94. Friedland K.D., Reddin D.G., McMenemy J.R., Drinkwater K.F.: "Multidecadal trends in North American Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks and climate trends relevant to juvenile survival", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **60**, 563- 583, 2003
95. Morgan I., McDonald D.G., Wood C.M.: "The cost of living for freshwater fish in a warmer, more polluted world", *Glob. Change Biol.*, **7**, 345-355, 2001
96. Graham N.A.J., Wilson S.K., Jennings S., Polunin N.V.C., Bijoux J.P., Robinson J.: "Dynamic fragility of oceanic coral reef ecosystems", *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 8425-8429, 2006
97. Turley C., Blackford J.C., Widdicombe S., et al.: "Reviewing the impact of increased atmospheric CO₂ on oceanic pH and the marine ecosystem", *Avoiding dangerous climate change*, H.J. Schellnhuber (eds.), Cambridge, Cambridge University Press, 65 - 70, 2006
98. McMichael A.J., McKee M., Shkolnikov V., Valkonen T.: "Mortality trends and setbacks: global convergence or divergence?", *Lancet*, **363**, 1155-1159, 2004
99. Ezzati M., Lopez A., Rodgers A., Murray C., Eds.: *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease due to Selected Major Risk Factors, Vols. 1 and 2*, World Health Organization, Geneva, 2235, 2004

100. Campbell-Lendrum D., Pruss-Ustun A., Corvalan C.: "How much disease could climate change cause?", *Climate Change and Human Health: Risks and Responses*, A. McMichael, D. Campbell-Lendrum, C. Corvalan, K. Ebi, A. Githeko, J. Scheraga, A. Woodward, Eds., WHO/WMO/UNEP, Geneva, 133- 159, 2003
101. McMichael A., Campbell-Lendrum D., Kovats S., et al: "Global climate change", M.J. Ezzati, et al. (eds.), *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease due to selected major risk factors*, Geneva, World Health Organisation, 1543 – 1649, 2004
102. Tol R.S.J.: "Estimates of the damage costs of climate change, Part I: Benchmark estimates", *Environmental and Resource Economics*, **21**, 47 – 73, 2002
103. Menne B., Bertollini R.: "The health impacts of desertification and drought", *Down to Earth*, **14**, 4-6, 2000
104. Hari Kumar R., Venkaiah K., Arlappa N., Kumar S., Brahmam G., Vijayaraghavan K.: "Diet and nutritional status of the population in the severely drought affected areas of Gujarat", *J. Hum. Ecol.*, **18**, 319-326, 2005
105. Hayhoe K.: "Emissions pathways, climate change, and impacts on California", *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **101**, 12422, 2004
106. Donaldson G.C., Kovats R.S., Keatinge W.R, McMichael A.: "Heat- and cold-related mortality and morbidity and climate change", *Health Effects of Climate Change in the UK*, Department of Health, London, 70-80, 2001
107. Armstrong B., Mangtani P., Fletcher A., Kovats R.S., McMichael A.J., Pattenden S., Wilkinson P.: "Effect of influenza vaccination on excess deaths occurring during periods of high circulation of influenza: cohort study in elderly people", *Brit. Med. J.*, **329**, 660-663, 2004
108. URL: <http://www.em-dat.net>.
109. WHO: *Injury Chart Book: Graphical Overview of the Burden of Injuries*, World Health Organization, Geneva, 81, 2002
110. Hijioka Y., Takahashi K., Matsuoka Y., Harasawa H.: "Impact of global warming on waterborne diseases", *J. Jpn. Soc. Water Environ.*, **25**, 647-652, 2002
111. McMichael A.J., Woodruff R., Whetton P., Hennessy K., Nicholls N., Hales S., Woodward A., Kjellstrom T.: *Human Health and Climate Change in Oceania: Risk Assessment 2002*. Department of Health and Ageing, Canberra, 128, 2003
112. Van Lieshout M., Kovats R.S., Livermore M.T.J, Martens P.: "Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios", *Global Environ. Chang.*, **14**, 87-99, 2004
113. Tanser F.C., Sharp B., Le Sueur D.: "Potential effect of climate change on malaria transmission in Africa", *Lancet Infect. Dis.*, **362**, 1792-1798, 2003
114. Thomas C.J., Davies G., Dunn C.E.: "Mixed picture for changes in stable malaria distribution with future climate in Africa", *Trends Parasitol.*, **20**, 216- 220, 2004

115. Knowlton K., Rosenthal J.E., Hogrefe C., Lynn B., Gaffin S., Goldberg R., Rosenzweig C., Civerolo K., Ku J.Y., Kinney P.L.: "Assessing ozone-related health impacts under a changing climate", *Environ. Health Persp.*, **112**, 1557- 1563, 2004
116. Bell M.L., Goldberg R., Hogrefe C., Kinney P.L., Knowlton K., Lynn B., Rosenthal J., Rosenzweig C., Patz J.A.: "Climate change, ambient ozone, and health in 50 US cities", *Climatic Change*, **82**, 61-76, 2007
117. Anderson H.R., Derwent R.G., Stedman J.: "Air pollution and climate change", *Health Effects of Climate Change in the UK*, Department of Health, London, 193-217, 2001
118. Hales S., De Wet N., Maindonald J., Woodward A.: "Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model", *Lancet*, **360**, 830-834, 2002
119. Ogden N.H., Maarouf A., Barker I.K., Bigras-Poulin M., Lindsay L.R., Morshed M.G., O'Callaghan C.J., Ramay F., Waltner-Toews D., Charron D.F.: "Climate change and the potential for range expansion of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada", *Int. J. Parasitol.*, **36**, 63-70, 2006
120. Randolph S.E., Rogers D.J.: "Fragile transmission cycles of tick-borne encephalitis virus may be disrupted by predicted climate change", *Philos. T. Roy. Soc. Lond. B*, **267**, 1741-1744, 2000
121. URL: <http://www.who.int/heli/risks/climate/climatechange>
122. Patz J.A., Campbell-Lendrum D., Holloway T., Foley J.A.: "Impact of regional climate change on human health", *Nature*, **438**, 310 - 317, 2005
123. Bosello F., Roson R., Tol R.S.J. et al.: "Economy-wide estimates of the implications of climate change: human health", *Ecological Economics*, **58**, 579-591, 2006
124. Haines A., Kovats R.S., Campbell-Lendrum D., Corvalan C.: "Climate change and human health: impacts, vulnerability, and mitigation", *Lancet*, **367**, 2101-2109, 2006
125. UNEP, WCMC: *Human Development Report 2002: Deepening Democracy in a Fragmented World*, Oxford University Press, New York and Oxford, 276, 2002
126. McKee M., Suhrcke M.: "Commentary: health and economic transition", *Int. J. Epidemiol.*, **34**, 1203-1206, 2005
127. URL: <http://www.sternreview.org.uk>
128. UNDP: "Reducing disaster risk: A challenge for development", Disaster Reduction Unit, Bureau for Crisis Prevention and Recovery, 161, 2004
129. Meehl G.A., Stocker T.F., Collins W., Friedlingstein P., Gaye A., Gregory J., Kitoh A., Knutti R. and Co-authors, "2007: Global climate projections", *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 747-846, 2007

130. Van Aalst M.K.: "The impacts of climate change on the risk of natural disasters", *Disasters*, **30**, 5-18, 2006
131. Harvey N.: "Rates and impacts of global sea level change", *New Frontiers in Environmental Research*, M.P. Glazer, Ed., Nova Science Publishers, Hauppauge, New York, 2006
132. Ericson J.P., Vorosmarty C.J., Dingman S.L., Ward L.G., Meybeck M.: "Effective sea-level rise and deltas: causes of change and human dimension implications", *Global Planet Change*, **50**, 63-82, 2006
133. Few R., Ahern M., Matthies F., Kovats S.: *Floods, Health and Climate Change: A Strategic Review*, Working Paper 63, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, Norfolk, 138, 2004
134. Hunt J.C.R.: "Floods in a changing climate: a review", *Philos. T. Roy. Soc. A*, **360**, 1531-1543, 2002
135. Barnett J., Adger W.N.: "Climate dangers and atoll countries" *Climatic Change*, **61**, 321-337, 2003
136. URL: <http://www.survas.mdx.ac.uk/pdfs/3anwaral.pdf>
137. Munich Re: "Megacities – megarisks", Munich Re Group, Munich, 2005
138. URL: <http://www.ifrc.org/publicat/wdr2001>
139. Meehl G.A., Washington W.M., Collins W.D., Arblaster J.M., Hu A., Buja L.E., Strand W.G., Teng H.: "How much more global warming and sea-level rise?", *Science*, **307**, 1769-1772, 2005
140. Wigley T.M.L.: "The climate change commitment" *Science*, **307**, 1766-1769, 2005
141. Turner B.L.: "A framework for vulnerability analysis in sustainability science", *P. Natl. Acad. Sci.*, **100**, 8074-8079, 2003
142. Clark W.C.: "Assessing Vulnerability to Global Environmental Risks. Discussion Paper 2000-12", *Report of the Workshop on Vulnerability to Global Environmental Change: Challenges for Research, Assessment and Decision Making*. Warrenton, Virginia. Belfer Center for Science and International Affairs (BCSIA), Environment and Natural Resources Program, Kennedy School of Government, Harvard University, 14, 2000
143. World Bank: *World Development Indicators*, The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, Washington District of Columbia, 242, 2006
144. O'Brien, K.L., Leichenko R.M.: "Winners and losers in the context of global change", *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, **93**, 89-103, 2003
145. NACC: *Climate Change Impacts on the United States: The Potential Consequences of Climate Variability and Change*, U.S. Global Change Research Program, Washington, District of Columbia, 154, 2000

146. Parry M., Arnell N., McMichael T., Nicholls R., Martens P., Kovats S., Livermore M., Rosenzweig C., Iglesias A., Fischer G.: "Millions at risk: defining critical climate change threats and targets", *Global Environ. Chang.*, **11**, 181-83, 2001
147. Emanuel K.A.: "The dependence of hurricane intensity on climate", *Nature*, **326**, 483 – 485, 1987
148. URL: <http://nordhaus.econ.yale.edu/hurricanes.pdf>
149. Munich Re: "Annual review: natural catastrophes 2005", Munich Re Group, Munich, 2006
150. Mills B., Andrey J.: "Climate change and transportation: potential interactions and impacts", *Summary and Discussion Papers of a Federal Research Partnership Workshop on The Potential Impacts of Climate Change on Transportation*, Washington, District of Columbia, US Department of Transport, 77-88, 2002
151. Nelson F.E.: "(Un)frozen in Time", *Science*, **299**, 1673 – 1675, 2003
152. ACIA (Arctic Climate Impact Assessment): *Impacts of a Warming Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, 1042, 2004
153. NRC: *Understanding Multiple Environmental Stresses: Report of a Workshop*, National Academies Press, Washington, District of Columbia, 142, 2006
154. Arsenault R.: "The end of the long hot summer: the air conditioner and southern culture", *J. Southern Hist.*, **50**, 597-628, 1984
155. Abler R.F.: *Global change in local places: estimating, understanding, and reducing greenhouse gases*, Association of American Geographers Global Change and Local Places Research Group, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 290, 2003
156. Wilbanks T.J., : "Geographic scaling issues in integrated assessments of climate change", *Scaling Issues in Integrated Assessment*, J. Rotmans and D. Rothman, Eds., Swets and Zeitlinger, Lisse, 5-34, 2003
157. URL: <http://www.unisdr.org/eng/>
158. Wisner B.: "Disaster risk reduction in megacities: making the best of human and social capital", *Building Safer Cities: The Future of Climate Change*, Kreimer A., Arnold M. Carlin A., Eds., World Bank, Washington, District of Columbia, 181-196, 2003
159. Mendelsohn R.: *Global Warming and the American Economy: A Regional Assessment of Climate Change Impacts*. Edward Elgar Publisher, Aldershot, Hampshire, 209, 2001
160. Forster P., Ramaswamy V., Araxo P., Bernsten T., Betts R.A., Fahey D.W., Haywood J., Lean J., Lowe D.C., Myhre G., Nganga J., Prinn R., Raga G., Schulze M., Van Dorland R.: "Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing", *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 130-234, 2007

161. Lovejoy T.E., Hannah L., Eds.: *Climate Change and Biodiversity*, Yale University Press, New Haven, Connecticut, 418, 2005
162. Bush M.B., Silman M.R., Urrego D.H.: "48,000 years of climate and forest change in a biodiversity hot spot", *Science*, **303**, 827-829, 2004
163. Folke C., Carpenter S., Walker B., Scheffer M., Elmqvist T., Gunderson L., Holling C.S.: "Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management", *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **35**, 557-581, 2004
164. Harrison S.P., Prentice A.I.: "Climate and CO₂ controls on global vegetation distribution at the last glacial maximum: analysis based on palaeovegetation data, biomemodelling and palaeoclimate simulations", *Global Change Biol.*, **9**, 983-1004, 2003
165. Jump A.S., Penuelas J.: "Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change", *Ecol. Lett.*, **8**, 1010-1020, 2005
166. Jansen E., Overpeck J., Briffa K.R., Duplessy J.-C., Joos F., Masson-Delmotte V., Olago D.O., Otto-Bliesner B., Richard Pelteir Wm., Rahmstorf S., R. Ramesh, Raynaud D., Rind D.H., Solomina O., Villalba R., Zhang D.: "Paleoclimate", *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 434-496, 2007
167. Turley C., Blackford J., Widdicombe S., Lowe D., Nightingale P.: "Reviewing the impact of increased atmospheric CO₂ on oceanic pH and the marine ecosystem", *Avoiding Dangerous Climate Change*, Schellnhuber H.J., Cramer W., Nakićenović N., Wigley T.M.L., Yohe G., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 65-70, 2006
168. Fahrig L.: "Effects of habitat fragmentation on biodiversity", *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **34**, 487-515, 2003
169. Diaz S., Fargione J., Chapin F.S., Tilman D.: "Biodiversity loss threatens human well-being", *PLoS Biol.*, **4**, 1300-1305, 2006
170. Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., J.H. Lawton, Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardle D.A.: "Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge", *Ecol. Monogr.*, **75**, 3-35, 2005
171. Duraiappah A., Naeem S., Agardi T., Ash N., Cooper D., Diaz S., Faith D.P., Mace G., McNeilly J.A., Mooney H.A., Oteng-Yeboah A.A., Pereira H.M., Polasky S., C. Prip, Reid W.V., Samper C., Schei P.J., Scholes R., Schutyser F., van Jaarsveld A., Eds.: *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*, Island Press, Washington, District of Columbia, 100, 2005

172. Root T.L., MacMynowski D.P., Mastrandrea M.D., Schneider S.H.: "Human-modified temperatures induce species changes", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **102**, 7465 -7469, 2005
173. Parmesan C., Yohe G.: "A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems", *Nature*, **421**, 37 - 42, 2003
174. Arctic Climate Impacts Assessment: *Impacts of a warming Arctic*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004
175. Pounds J.A., Bustamante M.R., Coloma L.A.: "Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming", *Nature*, **439**, 161 - 167, 2006
176. Ricketts T.H., Dinerstein E., Boucher T., et al.: "Pinpointing and preventing imminent extinctions", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **102**, 18497 - 18501, 2005
177. Donner S.D, Skirving W.J., Little C.M. et al.: "Global assessment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate change", *Global Change Biology*, **11**, 2251 - 2265, 2005
178. Leemans, R., Eickhout B.: "Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change", *Global and Environmental Change*, **14**, 219 - 228, 2004
179. Lucht W., Schaphoff S., Erbrecht T., Heyder U., Cramer W.: "Terrestrial vegetation redistribution and carbon balance under climate change", *Carbon Balance Manage.*, **1**, 6, 2006
180. Schaphoff S., Lucht W., Gerten D., Sitch S., Cramer W., Prentice I.C.: "Terrestrial biosphere carbon storage under alternative climate projections", *Climatic Change*, **74**, 97-122, 2006
181. Both C., Bouwhius S., Lessells C.M., M.E. Visser: "Climate change and population declines in a long-distance migratory bird", *Nature*, **441**, 81 - 83, 2006
182. Hansen L.J., Biringer J.L., Hoffmann J.R.: *Buying Time: A User's Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems*, WWF Climate Change Program, Berlin, 246, 2003

VI. Σύνοψη – Προοπτικές

Τα επιστημονικά στοιχεία είναι πλέον καταληκτικά: η Κλιματική Αλλαγή παρουσιάζει πολύ σοβαρούς και παγκόσμιους βεληνεκούς κινδύνους και απαιτεί μια επείγουσα και διεθνή αντιμετώπιση. Κίνητρο και στόχος για την παρούσα εργασία ήταν η συμβολή στην παράθεση των επιστημονικών στοιχείων από την πλευρά των Επιστημών Περιβάλλοντος και την οικοδόμηση της κατανόησης των οικονομικών της αλλαγής κλίματος. Στα συγκεκριμένα πλαίσια εξετάστηκαν αρχικά τα στοιχεία των οικονομικών επιδράσεων της Κλιματικής Αλλαγής καθεαυτής, και διερευνήθηκε η σταθεροποίηση των αερίων του Θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, από οικονομικής απόψεως. Ακολούθως, παρατέθηκαν και αναλύθηκαν οι σύνθετες πολιτικές που απαιτούνται για τη διαχείριση της μετάβασης σε μια χαμηλού-άνθρακα (low-carbon) οικονομία, με τρόπο τέτοιο, ώστε να μην πληγούν οι κοινωνίες από τις πλέον αναπόφευκτες συνέπειες της Κλιματικής Αλλαγής. Η Κλιματική Αλλαγή έχει παγκόσμιο αντίκτυπο τόσο όσον αφορά στις αιτίες, όσο και στις συνέπειές της. Συνεπώς, η διεθνής συλλογική δράση είναι κρίσιμη προκειμένου να δομηθεί μια αποτελεσματική, αποδοτική και κοινωνικά ισορροπημένη δράση στην κλίμακα που απαιτείται. Η συγκεκριμένη δράση προϋποθέτει τη βαθύτερη διεθνή συνεργασία σε πολλαπλά επίπεδα, με κρισιμότερο τη διαμόρφωση των τιμών αγοράς για τον άνθρακα, που βρίσκεται στο επίκεντρο της τεχνολογικής έρευνας και ανάπτυξης και που προωθεί την προσαρμογή στα νέα δεδομένα, ιδιαίτερα για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η Κλιματική Αλλαγή αποτελεί μοναδική πρόκληση για τον τομέα της Οικονομίας Περιβάλλοντος: Αποτελεί τη μεγαλύτερη και ευρύτερα κυμαινόμενη αποτυχία της αγοράς στο σύνολο της ιστορίας της. Επομένως, η οικονομική ανάλυση του φαινομένου απαιτεί τη συλλογική συνδρομή όλων των σημαντικών τομέων της οικονομίας σε παγκόσμια κλίμακα, με στόχο να διερευνηθούν μακροπρόθεσμοι ορίζοντες, με επίκεντρο τους οικονομικούς κινδύνους και αβεβαιότητες και να εξετασθεί ως προοπτική η οριστική, μη-οριακή αλλαγή.

Η πολιτική διαχείριση του φαινομένου χρίζει ιδιαίτερης προσοχής και απαιτεί πίστωση χρόνου. Τα οφέλη των όποιων δράσεων δεν θα είναι παρά ελάχιστα εμφανή σε χρονικό ορίζοντα 40 - 50 ετών. Εντούτοις, η συστηματική και ορθή αντιμετώπιση του φαινομένου για τα επόμενα 10 με 20 έτη θα έχει σημαντική επίδραση στο κλίμα κατά το δεύτερο μισό του αιώνα που διανύουμε και θα διανοίξει τις προοπτικές για τον επόμενο.

Οι συνέπειες της συντελούμενης Κλιματικής Αλλαγής είναι αδύνατον να προσδιοριστούν με πλήρη βεβαιότητα. Ωστόσο, οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες έχουν τροφοδοτήσει την κοινωνία με σημαντική γνώση, ώστε να είναι καταληπτή η επικινδυνότητά της. Η οικονομική διάσταση της μείωσης των εκπομπών Θερμοκηπιακών Αερίων είναι η αντιμετώπισή της ως επένδυση για τη διεθνή κοινωνία, με στόχο την αποφυγή δυσάρεστων συνεπειών στο μέλλον. Η ορθή πολιτική διαχείριση των δαπανών, προωθώντας τα κατάλληλα σήματα στην αγορά και έχοντας σαν κέντρο ανάπτυξης το μετριασμό του κινδύνου για τις αναπτυσσόμενες χώρες, θα δημιουργήσει ένα ευρύ φάσμα ευκαιριών και σε Παγκόσμιο επίπεδο και θα καταστήσει εφικτή την αντιστάθμιση των δαπανών της σταδιακής ελάττωσης των Θερμοκηπιακών Αερίων (GHG). Στην παρούσα εργασία παρατέθηκαν τρία προτεινόμενα σενάρια για την ορθή δράση μείωσης των GHGs:

1. Η ενδεδειγμένη διερεύνηση των φυσικών επιδράσεων της Κλιματικής Αλλαγής στην οικονομία, τον άνθρωπο και το περιβάλλον, σε συνδυασμό με την εξέταση του κόστους των διαφόρων προτεινόμενων τεχνολογιών και στρατηγικών για τη μείωση των εκπομπών των GHG.
2. Η χρήση οικονομικών προτύπων, συμπεριλαμβανομένων των ενσωματωμένων προτύπων αξιολόγησης που υπολογίζουν τις οικονομικές επιδράσεις της Κλιματικής Αλλαγής και τα μακροοικονομικά πρότυπα που αντιπροσωπεύουν τις δαπάνες και τα αποτελέσματα της μετάβασης στα low-carbon ενεργειακά συστήματα, για την οικονομία συνολικά
3. Χρησιμοποιώντας τις συγκρίσεις του τρέχοντος επιπέδου και των μελλοντικών τροχιών του “κοινωνικού κόστους του άνθρακα” (το κόστος της επίδρασης που αφορά σε μια επιπλέον μονάδα των εκπομπών GHG) με το ασήμαντο κόστος μείωσης (οι δαπάνες που συνδέονται με τις κλιμακωτές μειώσεις των μονάδων των εκπομπών).

Το αποκύημα του συνόλου των προοπτικών είναι ότι το όφελος της ισχυρής, πρόωρης δράσης αντισταθμίζει σημαντικά τις αντίστοιχες δαπάνες. Όπως καταδεικνύεται από τα υπάρχοντα στοιχεία, η “αδιαφορία” για την Κλιματική Αλλαγή θα πλήξει σημαντικά την οικονομική ανάπτυξη και μπορεί να επιφέρει σύντομα (στη διάρκεια του αιώνα που διανύουμε) σημαντικές ρήξεις στην οικονομική και κοινωνική δραστηριότητα, χωρίς περιθώρια αντιστροφής των επικείμενων συνεπειών.

Οι βασικές δομικές μονάδες για οποιαδήποτε συλλογική δράση περιλαμβάνουν:

α. την ανάπτυξη μιας κοινής κατανόησης των μακροπρόθεσμων στόχων για την πολιτική και την οικονομία του Κλίματος και β. τη δόμηση αποτελεσματικών οργάνων συντονισμού και ελέγχου της συνεργασίας, που θα ηγηθούν των αλλαγών και θα διασφαλίσουν την αμοιβαία εμπιστοσύνη. Η απουσία σαφούς και μακροπρόθεσμης προοπτικής, για τη σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων GHG στην ατμόσφαιρα, θα οδηγήσει με βεβαιότητα στην καθολική αποτυχία των ορισμένων στόχων. Η δράση πρέπει να περιλάβει το μετριασμό, την καινοτομία και την προσαρμογή. Το υπέδαφος για την οργανωμένη έναρξη της δράσης ήδη υπάρχει. Τα όργανα που θα υποστηρίξουν τη συνεργασία ήδη δημιουργούνται, ενώ το πρώτο στάδιο είναι καλώς ορισμένο: Η δημιουργία κατάλληλων τιμών αγοράς για τον άνθρακα, ώστε να επιταχυνθεί η καινοτομία και η επέκταση των low-carbon τεχνολογιών και να αντιστραφούν άμεσα οι εκπομπές GHG από την αλλαγή χρήσης του εδάφους. Η συγκεκριμένη δράση θα βοηθήσει επίσης σημαντικά τις φτωχές χώρες να προσαρμοστούν στις χειρότερες επιδράσεις της Κλιματικής Αλλαγής. Είναι σαφές ότι η αμεσότητα έναρξης της δράσης είναι επιταγή και φέρεται ως η μόνη διέξοδος από τις σοβαρές πολιτικο-οικονομικές συνέπειες της Κλιματικής Αλλαγής. Η σκυτάλη στον αγώνα για την αντιμετώπιση του πλέον Παγκοσμίου προβλήματος, με βαθιές και απροσδιόριστες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις δίνεται στους επιστήμονες και τους οικονομολόγους, που θα πρέπει να δομήσουν έναν ενεργό διάυλο επικοινωνίας και να παράσχουν στον ιδιωτικό τομέα τα σωστά κίνητρα, προκειμένου να ενεργοποιηθεί και να παραδώσει τις λύσεις. Η σταθεροποίηση των GHG στην ατμόσφαιρα είναι εφικτή, με σημαντικές αλλά εύχρηστες δαπάνες. Τα πολιτικά εργαλεία υπάρχουν για να δημιουργήσουν τα κίνητρα που απαιτούνται για να αλλάξουν τα σχέδια επένδυσης και να κινήσουν την Παγκόσμια οικονομία στις ράγες μίας low-carbon πορείας. Η διαχείριση και μείωση των πολυδιάστατων κινδύνων της Κλιματικής Αλλαγής προϋποθέτει τη συλλογική δράση και απαιτεί τη συνεργασία μεταξύ του συνόλου χωρών, μέσω διεθνών πλαισίων συνεργασίας με ορίζοντα την επίτευξη κοινών στόχων. Η συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, θα πρέπει να είναι δέσμευση και να αντιμετωπιστεί σαν μία άρρηκτη κοινωνία πολιτών και με δομικούς λίθους τα άτομα.

Οι σοβαρές επιδράσεις της Κλιματικής Αλλαγής είναι δυνατόν ακόμα να αποφευχθούν, αλλά απαιτείται ισχυρή και άμεση συλλογική δραστηριοποίηση. Η οποιαδήποτε καθυστέρηση είναι δαπανηρή και επικίνδυνη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. ΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΤΟΥ IPCC (SRES)

⇒ **A1.** Η υπόθεση και η οικογένεια σεναρίων A1 περιγράφουν έναν μελλοντικό κόσμο γρήγορης οικονομικής ανάπτυξης, στον οποίο ο παγκόσμιος πληθυσμός φτάνει στο ζενίθ στα μέσα του αιώνα και έπειτα φθίνει, καθώς και τη γρήγορη εισαγωγή νέων και περισσότερων επαρκών τεχνολογιών. Σημαντικά ελλοχεύοντα θέματα είναι σύγκλιση μεταξύ των περιοχών, δημιουργία υποδομής και αυξανόμενες πολιτιστικές και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, με μια ουσιαστική μείωση των περιφερειακών διαφορών στο κατά κεφαλήν εισόδημα. Η οικογένεια σεναρίου A1 αναπτύσσεται σε τρεις ομάδες που περιγράφουν τις εναλλακτικές κατευθύνσεις της τεχνολογικής αλλαγής στο ενεργειακό σύστημα. Οι τρεις ομάδες A1 διακρίνονται από την τεχνολογική έμφασή τους: εντατικά ορυκτά (A1FI), μη ορυκτές πηγές ενέργειας (A1T) ή μια ισορροπία σε όλες τις πηγές (A1B) (όπου ισορροπία προσδιορίζεται ως η μη στήριξη σε μεγάλο ποσοστό σε μια ιδιαίτερη πηγή ενέργειας, υποθέτοντας ότι τα παρόμοια ποσοστά βελτίωσης ισχύουν για όλες τις τεχνολογίες ενεργειακού ανεφοδιασμού και τελικής χρήσης).

⇒ **A2.** Η υπόθεση και η οικογένεια σεναρίων A2 περιγράφουν έναν πολύ ετερογενή κόσμο. Το ελλοχεύον θέμα είναι αυτάρκεια και συντήρηση των τοπικών ταυτοτήτων. Τα σχέδια γονιμότητας στις περιοχές συγκλίνουν πολύ αργά, γεγονός που οδηγεί σε συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό. Η οικονομική ανάπτυξη είναι πρώτιστα περιφερειακά προσανατολισμένη και η κατά κεφαλήν οικονομική ανάπτυξη και τεχνολογική αλλαγή είναι πιο αποσπασματικές και πιο αργές από τα άλλα σενάρια.

⇒ **B1.** Η υπόθεση και η οικογένεια σεναρίων B1 περιγράφουν έναν συγκλίνοντα κόσμο με τον ίδιο παγκόσμιο πληθυσμό, ο οποίος φτάνει στο ζενίθ στα μέσα του αιώνα και έπειτα φθίνει, όπως στο σενάριο A1, αλλά με τη γρήγορη αλλαγή στις οικονομικές δομές προς μια οικονομία υπηρεσιών και πληροφοριών, με μειώσεις της έντασης προς τα υλικά και της εισαγωγής καθαρών και επαρκών στους πόρους τεχνολογιών. Η έμφαση δίνεται στις παγκόσμιες λύσεις στην οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική αειφορία, συμπεριλαμβανομένης της βελτιωμένης δικαιοσύνης, αλλά χωρίς πρόσθετες πρωτοβουλίες για το κλίμα.

⇒ **B2.** Η υπόθεση και η οικογένεια σεναρίων B2 περιγράφουν έναν κόσμο στον οποίο η έμφαση είναι στις τοπικές λύσεις στην οικονομική, κοινωνική και

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

περιβαλλοντική αειφορία. Είναι ένας κόσμος με συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό, σε ένα ποσοστό χαμηλότερο από A2, ενδιάμεσα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης, και λιγότερο γρήγορης και ποικίλης τεχνολογικής αλλαγής από τα σενάρια B1 και A1. Ενώ το σενάριο προσανατολίζεται επίσης προς την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική δικαιοσύνη, εστιάζει στο τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) : “Climate Change 2007 : The Physical Science Basis. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. et al. (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007

