

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ: ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ
ΣΤΟΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΧΩΡΟ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ
ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ.**



**Επιμελητής: Ματούλας Αθανάσιος
Σπουδαστής: Καρπούζης Αθανάσιος**

Ακαδημαϊκό έτος: 2015-2016

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία των περιβαλλοντικών προβλημάτων στη ζωή των ανθρώπων είναι τεράστια. Μια ματιά στον ημερήσιο και περιοδικό τύπο μπορεί να μας πείσει για του λόγου το αληθές, αφού πλέον οι σχετικές δημοσιεύσεις καταλαμβάνουν συχνά περίοπτη θέση στις σελίδες τους. Μεταξύ αυτών το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής έχει αναμφισβήτητα την πρωτοκαθεδρία, τόσο από την άποψη της πολυπλοκότητάς του όσο και των επιπτώσεών του σε όλους σχεδόν τους τομείς της ανθρώπινης ζωής και δραστηριότητας. Καθημερινά η κοινή γνώμη βομβαρδίζεται με επιστημονικές και μη ανακοινώσεις από ανεξάρτητες πηγές που κάνουν λόγο για τις επερχόμενες αρνητικές συνέπειές της, άλλοτε μετριοπαθέστερες και άλλοτε στα όρια της κινδυνολογίας. Σε αυτές φυσικά δε συμπεριλαμβάνονται οι δημοσιεύσεις σε έγκυρα διεθνή επιστημονικά περιοδικά και οι παρουσιάσεις σε κλιματολογικά συνέδρια που πραγματοποιούνται κάθε χρόνο . Ακόμα και η κινηματογραφική βιομηχανία εμπνέεται πλέον από τα σενάρια κατάρρευσης του παγκόσμιου κλίματος (π.χ. η ταινία «Η Επόμενη Μέρα»).

Το 2009 ήταν κρίσιμη χρονιά για αυτήν την υπόθεση, αφού στο τέλος του έτους είχε λάβει χώρα στη Δανία μια διεθνής διάσκεψη για το κλίμα με στόχο την αναθεώρηση- επικαιροποίηση του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Θυμίζουμε ότι το Δεκέμβριο του 2007 στο Μπαλί της Ινδονησίας οι εκπρόσωποι 180 χωρών που πήραν μέρος στην τότε διάσκεψη για το κλίμα απέτυχαν να καταλήξουν σε μια νέα δεσμευτική συμφωνία για τον περιορισμό των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων που ενδέχεται να διαταράξουν το παγκόσμιο κλίμα. Ενδεικτικό της σημασίας του προβλήματος είναι ότι το Νόμπελ Ειρήνης του 2007 απονεμήθηκε τιμητικά στη Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές (I.P.C.C.) του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε.), για τις άοκνες προσπάθειες της να προειδοποιήσει την παγκόσμια κοινότητα σχετικά με τον κίνδυνο που διατρέχει η παγκόσμια κλιματική ισορροπία εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Σε αυτήν συμμετείχε και ο καθηγητής του τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών κύριος Χρήστος Ζερεφός, ο οποίος έγινε έτσι ο πρώτος Έλληνας επιστήμονας που τιμήθηκε με τη διεθνή αυτή διάκριση.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση της κλιματικής αλλαγής τόσο από την άποψη των αιτίων όσο και των συνεπειών της. Οι αιτίες της διακρίνονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς, αφού είναι πλέον σαφές ότι το κλίμα της Γης παρουσίαζε πάντα μεταβλητότητα. Το ζήτημα

είναι πλέον ότι άνθρωπος παρεμβαίνει στους μηχανισμούς αυτούς με μάλλον καταστροφικές επιπτώσεις. Η εξέταση των διάφορων παραγόντων και των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής γίνεται κυρίως ποιοτικά, με βάση πρόσφατα επιστημονικά δεδομένα από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Επιπλέον αναφέρονται εκτενώς τόσο τα μέτρα που πρέπει να λάβουν οι εμπλεκόμενοι φορείς, μικροί και μεγάλοι, για την αποτροπή της αλλά και η στάση που μέχρι τώρα τηρούν διάφορα κράτη απέναντι στο πρόβλημα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή, ένα από τα μεγαλύτερα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα. Έπειτα από μια εκτενή εισαγωγή, στην οποία γίνεται λόγος για τους σκοπούς της εργασίας και διευκρινίζονται κάποιοι όροι, το πρώτο κεφάλαιο έχει ως θέμα του την ατμόσφαιρα, τη δομή και τα δυναμικά χαρακτηριστικά της, όπως και το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι παρεχόμενες πληροφορίες κρίνονται απαραίτητες για την πληρέστερη κατανόηση όσων ακολουθήσουν. Στη συνέχεια εξετάζονται με λεπτομέρειες όλοι οι παράγοντες που μπορούν να συνεισφέρουν στην κλιματική αλλαγή, ανθρωπογενείς και μη, με στόχο να καταδειχτεί ότι το κλίμα της Γης άλλαζε και θα αλλάζει αλλά και ο συχνά καταστροφικός ρόλος του ανθρώπου σε αυτή τη διαδικασία. Κατόπιν γίνεται λόγος για τις πιθανές συνέπειες των ανθρωπογενών κλιματικών αλλαγών, με βάση τα μέχρι σήμερα δεδομένα των αριθμητικών κλιματικών προσομοιώσεων. Ακολουθεί ένα κεφάλαιο με θέμα τι πρέπει να κάνουν για την αντιμετώπιση του προβλήματος οι εμπλεκόμενοι φορείς (Διεθνής Οργανισμοί, εθνικές κυβερνήσεις, παραγωγικοί φορείς και απλοί πολίτες-καταναλωτές). Τέλος συζητώνται οι μέχρι σήμερα Διεθνείς Διασκέψεις για την παγκόσμια υπερθέρμανση, τα αποτελέσματά τους αλλά και η στάση αρκετών κρατών απέναντι σε αυτό το μεγάλης σημασίας ζήτημα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή/Περίληψη	2-3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	5
1.1 Παγκόσμια Θέρμανση	5
1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	6
1.3 Ενισχυμένο φαινόμενο του Θερμοκηπίου	7
1.3.1 Τα αέρια του θερμοκηπίου	8
1.3.2 Μελλοντικά Σενάρια	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΚΛΙΜΑ	18
2.1 Το Κλίμα της Γης	18
2.2 Κλιματικές Αλλαγές	18
2.3 Κλιματικές μεταβολές λόγω ανθρωπογενούς παρέμβασης	23
2.4 Πρόγνωση της Κλιματικής Αλλαγής - Μαθηματικά Μοντέλα	24
2.5 Κλιματικά Μοντέλα	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	26
3.1 Επιπτώσεις των Κλιματικών Αλλαγών και του Ανθρωπογενούς Φαινόμενου του Θερμοκηπίου	26
3.2.2 Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	26
3.2.2.1 Μέση Στάθμη της θάλασσας	26
3.2.2.2 Παράγοντες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας	27
3.2.2.3 Τάσεις	29
3.2.2.4 Προβλέψεις για τη στάθμη της θάλασσας	30
3.2.2.5 Επιπτώσεις λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας	31
3.3 Ακραία καιρικά φαινόμενα	34
3.4 Αύξηση των βροχοπτώσεων	35
3.5 Κίνδυνοι για τα οικοσυστήματα και την βιοποικιλότητα	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΩΡΟ	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	45
5.1 Συμπεράσματα	45
5.2 Προτάσεις	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47

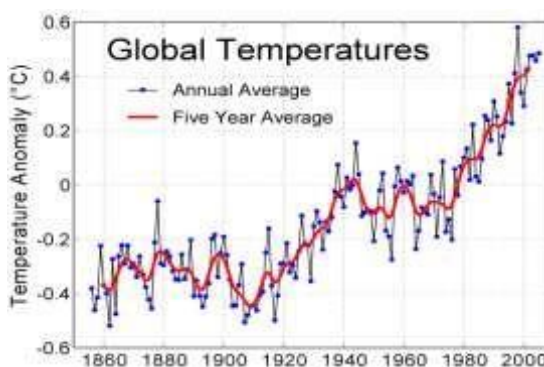
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

1.1 Παγκόσμια Θέρμανση

Ο όρος **παγκόσμια θέρμανση** (global warming) δηλώνει μια ειδική περίπτωση κλιματικής αλλαγής και αναφέρεται στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης και

των ωκεανών. Ο όρος είναι εν γένει ουδέτερος ως προς τα αίτια πρόκλησης της θέρμανσης του πλανήτη, ωστόσο έχει επικρατήσει να υπονοεί την ανθρωπίνη παρέμβαση. Αποδίδεται συχνά με διαφορετικό τρόπο, ως πλανητική υπερθέρμανση ή παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ άλλες φορές ταυτίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου που αποτελεί έναν μηχανισμό παγκόσμιας θέρμανσης.[1]

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί $0,6 \pm 0,2$ °C από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα και πως η αύξηση αυτή οφείλεται σημαντικά στην ανθρωπίνη δραστηριότητα των τελευταίων 50 ετών.[2] Σχήμα 1, 2.

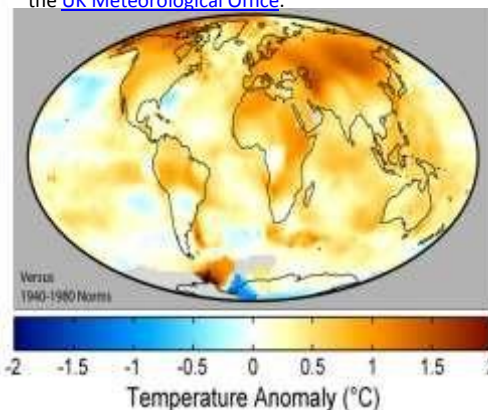


Σχήμα 1. Μέση παγκόσμια θερμοκρασία από το 1856 μέχρι το 2005 Πηγή: [Climatic Research Unit](#) of the [University of East Anglia](#) and the [Hadley Centre](#) of the [UK Meteorological Office](#).

Σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες της IPCC* η θερμοκρασία της Γης ενδέχεται να αυξηθεί 1,4 – 5,8 °C εντός της χρονικής περιόδου 1990 και 2100.[2]

Μία αύξηση κατά 5,8 °C είναι άκρως προβληματική. Τα τελευταία 1 εκατομμύριο χρόνια η διαφορά της μέγιστης μέσης θερμοκρασίας, κοντά στην επιφάνεια της γης από την ελάχιστη θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της, δεν ξεπερνούσε τους περίπου 7,0 °C. Η μέγιστη αυτή διαφορά των 7 βαθμών Κελσίου πραγματοποιήθηκε σε μία περίοδο περίπου 50.000 ετών και όχι μόνο σε 110 χρόνια. (από το 1990 έως το 2100). [3]

Οι συνέπειες μιας τέτοιας ενδεχόμενης αύξησης, επεκτείνονται και σε άλλου είδους μεταβολές, όπως αύξηση της στάθμης των



Σχήμα 2. Χάρτης που απεικονίζει διαφορές στις θερμοκρασίες, όπως αυτές μετρήθηκαν από τον Ιανουάριο του 1995 μέχρι το 2004, σε σύγκριση με τις θερμοκρασίες της περιόδου 1940 – 1980. Η μέση αύξηση είναι 0,42 °C και αποτελεί μία παράμετρο του φαινομένου της παγκόσμιας θέρμανσης. Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/global_warming

* IPCC: (Intergovernmental Panel on Climate Change) Η διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος (IPCC) ιδρύθηκε από κοινού από την Παγκόσμια Μετεωρολογική οργάνωση (WMO) και το πρόγραμμα περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) το 1988.

θαλασσών, δημιουργία ακραίων καιρικών φαινομένων όπως πλημμύρες, τυφώνες ή εξαφάνιση βιολογικών ειδών. Αν και το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης αναμένεται να αυξήσει την ένταση και τη συχνότητα τέτοιων μεταβολών, θεωρείται δύσκολο να συνδεθεί κάθε μεμονωμένο γεγονός ως άμεσο αποτέλεσμα της.

Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας της Γης τα τελευταία χρόνια σχετίζεται άμεσα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου που ενισχύεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

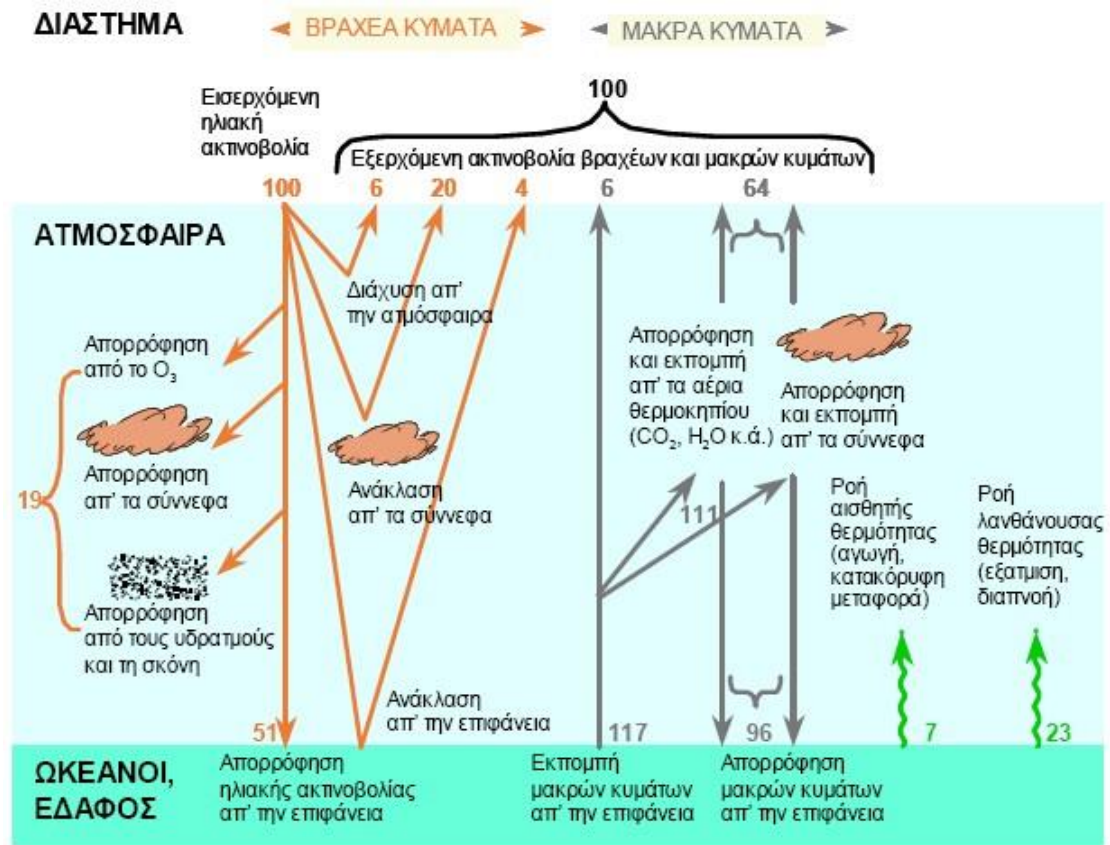
Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο και η αρχή που το διέπει είναι γνωστή. Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από τον Γάλλο μαθηματικό και φυσικό Fourier, το 1824 ενώ διερευνήθηκε συστηματικά από τον Σουηδό χημικό Svante Arrhenius το 1896.

Το σχήμα 3. περιγράφει σχηματικά την ενεργειακή κατάσταση της γης και της ατμόσφαιρας. Από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος, μόνο περίπου 51% εισέρχεται, φτάνει στο έδαφος και απορροφάται. Είκοσι έξι % της εισερχόμενης ακτινοβολίας αντανακλάται από τα σύννεφα, την σκόνη και την ομίχλη. Όταν η ενέργεια που προέρχεται από την ακτινοβολία φθάσει στη γη και απορροφάται, συμβαίνει αύξηση της θερμοκρασίας και η ενέργεια επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, σύμφωνα με το νόμο των Stefan-Boltzmann, για τη ραδιενέργεια μαύρων σωμάτων. Τελικά 70% της ενέργειας που απορροφάται από τη γη επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τη μορφή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Όμως οι υδρατμοί τα σύννεφα, το CO₂ και άλλα αέρια απορροφούν την ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης και προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.[4]

Οπότε το μεγαλύτερο ποσοστό του φαινομένου του θερμοκηπίου προκαλείται από φυσικά αίτια, δηλαδή από τους υδρατμούς τα σύννεφα και το CO₂ που δεν προέρχεται από βιομηχανικές εφαρμογές. Χωρίς την παρουσία αυτών των αερίων η γη θα ήταν τόσο κρύα που θα ήταν μη κατοικήσιμη, περίπου 33⁰C πιο κρύα από ότι είναι σήμερα. Ο ετήσιος μέσος όρος της θερμοκρασίας της γης είναι 15⁰C, οπότε η θερμοκρασία της γης χωρίς την παρουσία των αερίων αυτών θα ήταν - 18⁰C. [4]

Έτσι τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα απορροφώντας τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει η γη, θερμαίνονται και με τη σειρά τους εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία προς όλες τις διευθύνσεις. Ένα μέρος αυτής της ακτινοβολίας φτάνει πίσω στη γη θερμαίνοντας την. Αυτό ονομάζεται «φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου» επειδή υπήρχε και πριν ο άνθρωπος αλλάξει σημαντικά τη σύσταση της ατμόσφαιρας.[3]

Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι πολύ σημαντικό για τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής πάνω στη γη.



Σχήμα 3. Ενεργειακό ισοζύγιο στην ατμόσφαιρα (τα μεγέθη δίνονται ως ποσοστά επί της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας). Εισερχόμενη ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος απορροφάται και θερμαίνει την ατμόσφαιρα. Ένα τμήμα της επιστρέφει πίσω και το υπόλοιπο εκπέμπεται ως εξερχόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία.

πηγή: Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

1.3 Ενισχυμένο φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι φυσικό, ωστόσο ενισχύεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου καθώς και στην έκλυση άλλων ενώσεων, όπως οι [χλωροφθοροάνθρακες](#) (CFC's).

Το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης, που οφείλεται στην ανθρωπογενή εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου, ονομάζεται πρόσθετο ή ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το πραγματικό πρόβλημα για την ανθρωπότητα είναι αυτό ακριβώς το φαινόμενο. Πολλές φορές το αποκαλούμε χάρη συντομίας και απλά φαινόμενο του θερμοκηπίου.[3]

Τα τελευταία χρόνια, καταγράφεται μία αύξηση στη συγκέντρωση αρκετών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ ειδικότερα στην περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα, η αύξηση αυτή ήταν 31% την περίοδο 1750-1998. Τα τρία τέταρτα της ανθρωπογενούς παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. οφείλεται σε χούση οοοκτών καυσίωων. ενώ το υπόλοιπο μέοοο

δίνονται τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου όπως αυτά καταγράφονται σε έκθεση της IPCC.

Αέρια θερμοκηπίου με τη μεγαλύτερη αύξηση συγκέντρωσης (Πηγή: [IPCC](#))

Αέριο	Επίπεδα 1998	Αύξηση από το 1750	Ποσοστό αύξησης
Διοξείδιο του άνθρακα	365 ppm	87 ppm	31%
Μεθάνιο	1,745 ppb	1,045 ppb	150%
Οξείδιο του Αζώτου	314 ppb	44 ppb	16%
CFC-11 (CFCI ₃)	268pppt	268pppt	
CFC-12 (CF ₂ Cl ₂)	533pppt	533pppt	
CFC-13 (CCIF ₃)	4pppt	4pppt	
CFC-113 (C ₂ F ₃ Cl ₃)	84pppt	84pppt	
CFC-114 (C ₂ F ₄ Cl ₂)	15pppt	15pppt	
CFC-115 (C ₂ F ₅ Cl)	7pppt	7pppt	

Κάθε μεταβολή στις συγκεντρώσεις αυτών των αερίων , διαταράσσει το ενεργειακό ισοζύγιο, προκαλεί μεταβολή της θερμοκρασίας και ως εκ τούτου κλιματικές αλλαγές.

Η δυνατότητα μιας παγκόσμιας θέρμανσης λαμβάνει υπόψη τις διαφορετικές ιδιότητες της απορρόφησης της ακτινοβολίας των αερίων μαζί με τη διάρκεια ζωής τους στην ατμόσφαιρα. Οι αυξήσεις στην περιεκτικότητα προέρχονται από τη διαφορά μεταξύ των διαδικασιών εκπομπής και διοχέτευσης. Λόγω της μεγάλης χρονικής διάρκειας εκπομπής των περισσότερων αερίων και των υπαρχουσών περιεκτικότητων των αερίων του θερμοκηπίου, οδηγούν τη γη σε μία αύξηση της θερμότητας που θα κρατήσει αιώνες. Η ουσιαστική και άμεση μείωση των σημερινών επιπέδων εκπομπής αερίων, της τάξης του 60%, είναι αναγκαία για να σταθεροποιηθεί η ακτινοβολούμενη επίδραση αυτών των αερίων και συνεπώς να σταθεροποιηθεί το παγκόσμιο κλίμα (IPCC 1990). [5]

1.3.1 Τα αέρια του θερμοκηπίου

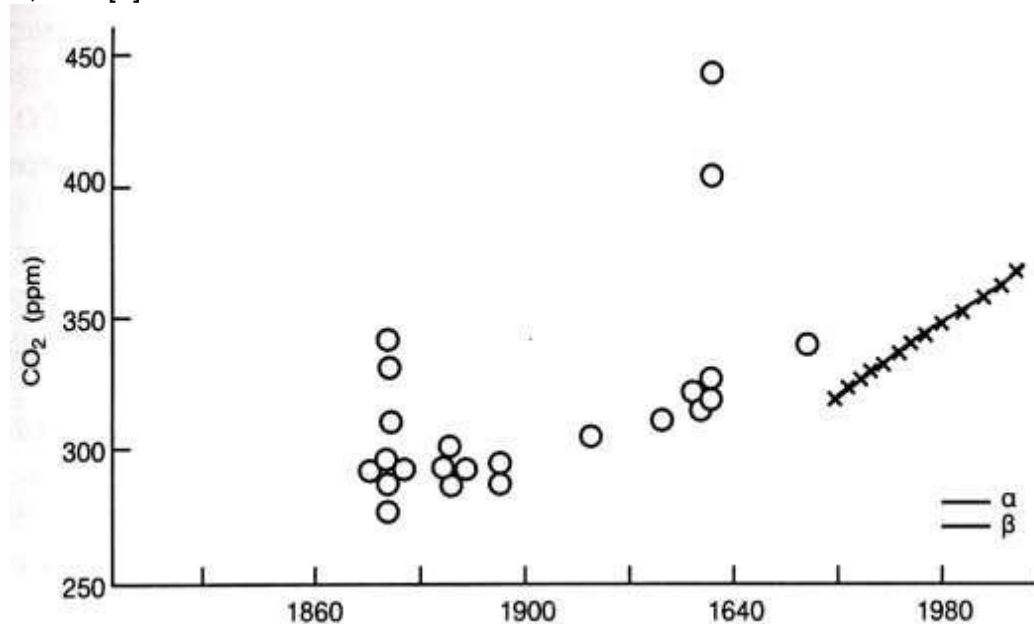
Πηγές προέλευσης και χώροι παραγωγής

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται σε δυναμική (και όχι στατική) ισορροπία στην ατμόσφαιρα ακολουθώντας ένα σύνθετο παγκόσμιο κύκλο, τον κύκλο του άνθρακα. Εισέρχεται στην ατμόσφαιρα από την αναπνοή, την καύση οργανικών ενώσεων, την αποσύνθεση οργανισμών, διάφορες εδαφικές διεργασίες, αλλά εκλύεται και από τα ηφαίστεια και τη θάλασσα. Εξέρχεται με τη διάλυση του στη θάλασσα η οποία είναι μία αχανής δεξαμενή διοξειδίου του άνθρακα, και με τη φωτοσύνθεση.[6]

Όπως συμβαίνει και με το όζον, και στην περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα υπάρχει μια σχετικά πρόσφατη ανθρωπογενής διαταραχή του φυσικού κύκλου. Οι καύσεις ορυκτών καυσίμων (άνθρακα πετρελαίου) και οι αλλαγές στη χρήση γης και τη φυτοκάλυψη, οδηγούν σε αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και αύξηση της συγκέντρωσής του κυρίως στην ατμόσφαιρα και δευτερευόντως στη θάλασσα. Έτσι υπάρχει ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, η οποία σύμφωνα με την αιτιοκρατική λογική θα επισύρει αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και αλλαγές στο κλίμα. [6]

Κατά το 1990, η ετήσια εκπομπή CO₂ σε παγκόσμια κλίμακα έφτασε τα 5.900 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου άνθρακα. Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση παρουσιάζει συνεχή αύξηση κατά τα τελευταία 150 χρόνια. (Σχήμα 4). Αιτία είναι ο συνεχώς αυξανόμενος ρυθμός κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, αν συνεχίσει ο ίδιος ρυθμός αύξησης των καύσεων πάνω στον πλανήτη, η συγκέντρωση του CO₂ το έτος 2030 θα είναι περίπου 600 ppm, δηλαδή διπλάσια απ' όσο ήταν κατά την προβιομηχανική εποχή. Μια τέτοια αύξηση πιθανολογείται ότι θα προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3-5 °C. Στο Σχήμα 5. δίνεται η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη χρονική περίοδο 1861-1989. Όπως φαίνεται στα τελευταία 100 χρόνια, η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας έχει αυξηθεί κατά 0,3-0,6°C. [7]



Σχήμα 4. Διαχρονικές τάσεις της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Ο παλαιότερες μετρήσεις

Χ σειρά μετρήσεων που ελήφθησαν στο παρατηρητήριο Mauna Loa στη Hawaii κατά την περίοδο 1958-1994.

α, β Εκτιμήσεις της συγκέντρωσης CO₂ κατά την προ-βιομηχανική εποχή, όπως προέκυψαν από μετρήσεις σε φυσαλίδες αέρα εγκλωβισμένες σε δακτυλίους δέντρων και πάγου αντίστοιχα.

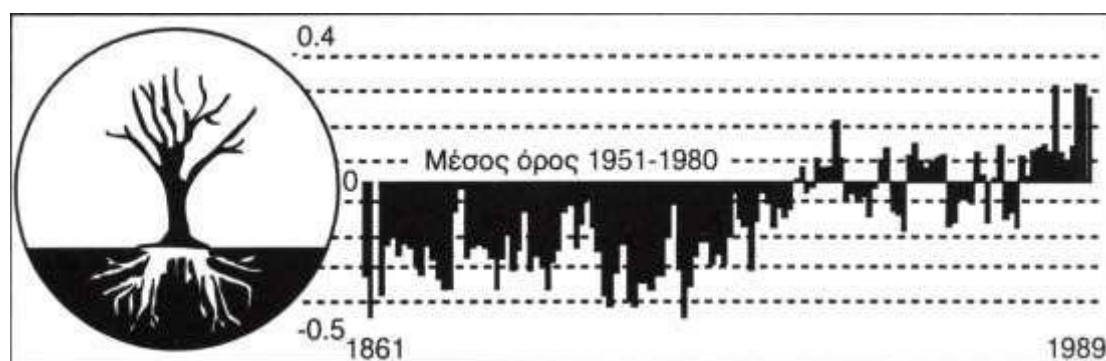
Πηγή: Κουϊμτζή Θ., Φυτιάνου Κ., Σαμαρά Κ., Χημεία Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 1998.

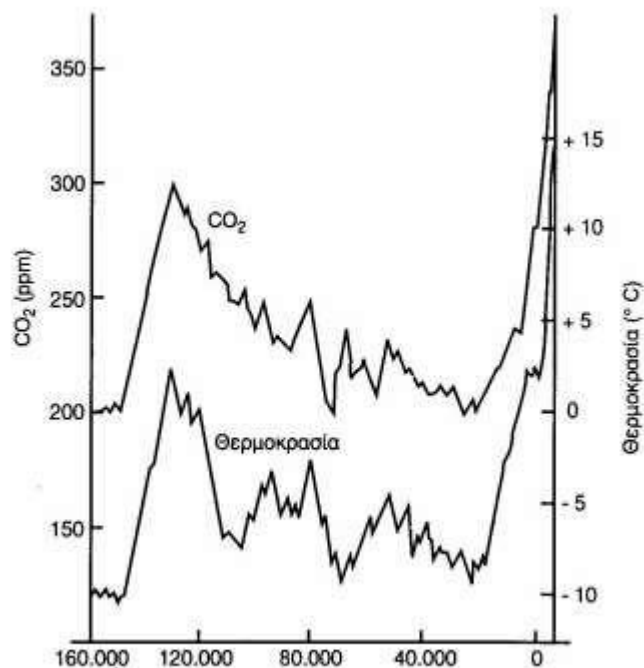
Σχήμα 5. Μεταβολή της θερμοκρασίας της γήινης ατμόσφαιρας κατά το διάστημα 1861-1989 ($^{\circ}\text{C}$). Απόκλιση (+ή -) από το μέσο όρο της θερμοκρασίας που επικράτησε στο χρονικό διάστημα 1951-1980.

Πηγή: Κουϊμτζή Θ., Φυτιάνου Κ., Σαμαρά Κ., Χημεία Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 1998.

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μετράται με πολύ καλή ακρίβεια από το 1957 σε δύο σταθμούς στον κόσμο. Ο πρώτος βρίσκεται στο Maunua Loa στη Χαβάη και ο δεύτερος στο Νότιο Πόλο. Και οι δύο σταθμοί παρέχουν σημαντικότερες πληροφορίες για τη διαχρονική εξέλιξη του διοξειδίου του άνθρακα.

Η διαχρονική εξέλιξη της συγκέντρωσης του CO_2 και της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας από το 160.000 π.Χ. μέχρι σήμερα δίνεται στο σχήμα 6.





Σχήμα 6. Μεταβολή της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα και της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας από το 160.000 π.Χ. μέχρι σήμερα.

Πηγή: Κουϊμτζή Θ., Φυτιάνου Κ., Σαμαρά Κ., Χημεία Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 1998.

Το κατά πόσο μπορεί να προβλεφθεί η μελλοντική εξέλιξη των συγκεντρώσεων του CO₂, εξαρτάται από την ικανότητα εκτίμησης της ποσότητας των ορυκτών καυσίμων που θα καταναλωθούν κατά τα επόμενα έτη και του ποσοστού του εκπεμπόμενου CO₂ που θα παραμείνει στην ατμόσφαιρα. Αν η παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων συνεχιστεί με τον ίδιο ρυθμό, εκτιμάται ότι θα παρατηρείται αύξηση του CO₂ κατά περίπου 4% ανά δεκαετία. Συγχρόνως όμως, αναμένεται μία ελάττωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων σαν συνέπεια της αυξανόμενης χρήσης των ήπιων μορφών ενέργειας. Επίσης, δεν θα πρέπει να λησμονήσουμε τη σημαντική συνεισφορά των ωκεανών στα επίπεδα του CO₂. Οι ωκεανοί λειτουργούν σαν μια τεράστια αποθήκη CO₂, το οποίο δεσμεύεται από το φυτοπλαγκτόν κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Με το θάνατο των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, ένα μεγάλο ποσοστό του παραμένει κάτω από την επιφάνεια των ωκεανών. Μια αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας (λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου) ενδέχεται να οδηγήσει σε άνθηση του φυτοπλαγκτού και κατά συνέπεια σε αύξηση της δέσμευσης του ατμοσφαιρικού CO₂. Παρόλα αυτά, δεν αναμένεται ο ρυθμός αύξησης του CO₂ στην ατμόσφαιρα να γίνει μικρότερος από 2% ανά δεκαετία, για τις πρώτες δεκαετίες του 21ου αιώνα.[8]

Ο μέσος χρόνος παραμονής του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα εκτιμάται σε 100 χρόνια περίπου. Η εξέλιξη των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ανασυστάθηκε από τις μετρήσεις της ποσότητάς του στις φυσσαλλίδες του αέρα που ήταν παγιδευμένος στους πάγους των πολικών περιοχών του πλανήτη. Σήμερα η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό 0,4% ή 1,5 ppm. Το διοξείδιο του άνθρακα απορροφά τη μισή περίπου ποσότητα της

υπέρυθρης ακτινοβολίας σε μήκη κύματος μεταξύ 14 και 16 μm , με μέγιστη απορρόφηση στα 15 μm . [9]

Μεθάνιο (CH_4)

Οι πηγές μεθανίου (CH_4) περιλαμβάνουν τη διαδικασία αναερόβιας αποσύνθεσης στους βάλτους (έλη), στις φυτείες ρυζιού και στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, στην καύση των δασών και της βλάστησης, την εξόρυξη άνθρακα, την παροχή φυσικού αερίου στο περιβάλλον και τις πεπτικές διαδικασίες των μυρμηκαστικών και των τερμιτών. Το μεθάνιο προέρχεται από διάφορες ατμοσφαιρικές, χημικές αντιδράσεις, κατά κανόνα την αντίδραση των υδροξυλικών ριζών (OH) στην τροπόσφαιρα. Η οξειδωση του μεθανίου με το (OH) προκαλεί την παραγωγή του CO_2 και τους στρατοσφαιρικούς υδρατμούς, οι οποίοι συντελούν στην επίδραση του φαινόμενου του θερμοκηπίου. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες θεωρούνται υπεύθυνες για τα 2/3 σχεδόν του μεθανίου που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. (IPCC 1990, 1992) [5]

Ο μέσος χρόνος παραμονής του μεθανίου στην τροπόσφαιρα είναι γύρω στα 15 χρόνια. Τα αρχεία των πολικών πάγων μας πληροφορούν ότι η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του μεθανίου έχει σχεδόν διπλασιαστεί από τη βιομηχανική επανάσταση και μετά, από 0,75 ppm πριν από το 1750, σε 1,7 ppm κατά τη δεκαετία του 1980. Σήμερα ο ρυθμός αύξησης της συγκέντρωσης του μεθανίου εκτιμάται σε 1-2% το χρόνο. [9]

Τα μόρια του μεθανίου απορροφούν πολύ μεγαλύτερο τμήμα φωτονίων στην περιοχή του υπέρυθρου απ' ό,τι τα μόρια του διοξειδίου του άνθρακα. Ένα μόριο μεθανίου απορροφά κατά 25 φορές περίπου περισσότερη υπέρυθρη ακτινοβολία από ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα. Η μεγάλη διαφορά στις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα (360 ppm) και μεθανίου (1,7 ppm) στην ατμόσφαιρα καθώς και η σημαντική διαφορά που υπάρχει στον ετήσιο ρυθμό αύξησης των συγκεντρώσεών τους (το διοξείδιο του άνθρακα έχει ετήσιο ρυθμό αύξησης της συγκέντρωσης κατά περίπου 80% μεγαλύτερο από αυτόν που αντιστοιχεί στο μεθάνιο), ερμηνεύουν το γεγονός ότι το διοξείδιο του άνθρακα παραμένει το πιο σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου. [9]

Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) παράγεται από τη διάσπαση του αζώτου στο έδαφος, τα απόβλητα των κτηνοτροφικών μονάδων, τη διάθεση των υγρών αποχετευτικών αποβλήτων, την κατασκευή νάιλον, την καύση της βιομάζας και από τα αυτοκίνητα με τριών δρόμους καταλύτες. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες θεωρούνται υπεύθυνες για το 1/3 του συνόλου των εκπομπών (IPCC 1992, Khalil and Rasmussen 1992).

Δεν υπάρχει κανένας μηχανισμός ή διεργασία η οποία να απομακρύνει το πρωτοξείδιο του αζώτου από την τροπόσφαιρα. Ο χρόνος παραμονής του είναι πολύ μεγάλος της τάξης των 150 χρόνων. Μεταφέρεται με πολύ αργούς ρυθμούς στη στρατόσφαιρα όπου φωτολύεται από υπεριώδη ακτινοβολία. Η συγκέντρωση του πρωτοξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα παρέμεινε σταθερή μέχρι πριν από 300 περίπου χρόνια. Από τότε αυξάνεται μέχρι σήμερα με συνολικό ρυθμό 9% περίπου. [9]

Χλωροφθοράνθρακες (CFC's)

Δεν έχουν καμία φυσική προέλευση στην ατμόσφαιρα. Παρουσιάστηκαν στην ατμόσφαιρα το 1930 και από τότε έχουν απελευθερωθεί μεγάλες ποσότητες από τα μόρια αυτά που χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλους χρόνους παραμονής (μεγαλύτερους των 100 ετών) στην τροπόσφαιρα.

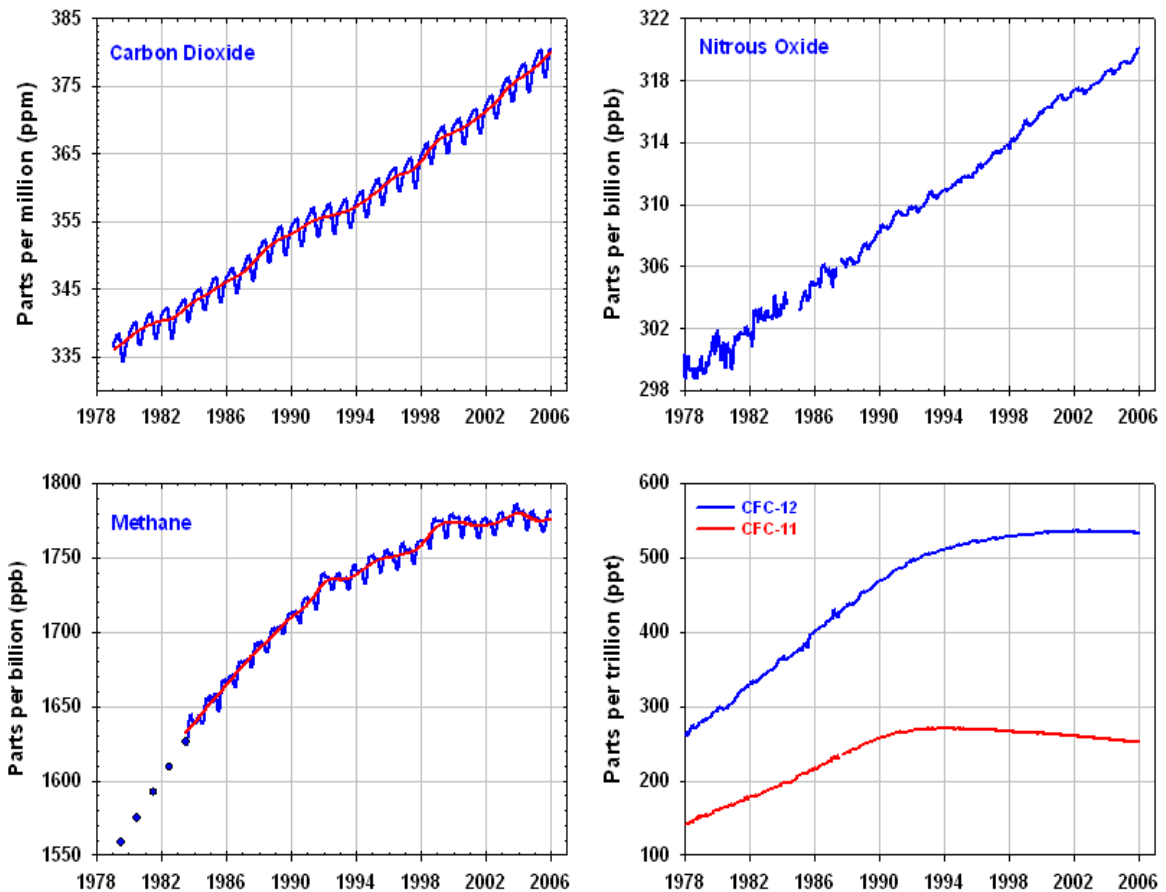
Οι ενώσεις αυτές για σειρά ετών είχαν ευρύτατη χρήση σε διάφορα προϊόντα, όπως ψυκτικά, προωθητικά των αεροζόλ αφρώδη πλαστικά και μονώσεις, συστήματα πυρόσβεσης, καθαριστικά ηλεκτρονικών και βιομηχανικών προϊόντων κ.α. Οι CFC's είναι πολύ σταθεροί μέχρι τα 20 km. Η διάρκεια ζωής τους στο ύψος αυτό υπολογίστηκε ότι κυμαίνεται από 30 μέχρι 300 χρόνια. Όταν όμως διαχέονται υψηλότερα στη στρατόσφαιρα (~ 30 km) διασπώνται με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας. [7]

Όζον

Το όζον στην τροπόσφαιρα παράγεται κύρια από τη φωτοχημική διάσπαση του διοξειδίου του αζώτου. Απορροφάει υπέρυθρη ακτινοβολία μεταξύ 9 και 10 μm. Οι απορροφήσεις που οφείλονται στις δονήσεις αυξομείωσης της γωνίας των δεσμών, συμπίπτουν στην περιοχή του υπέρυθρου με αυτές του διοξειδίου του άνθρακα και έτσι το όζον δεν συμμετέχει σημαντικά σε αυτές τις απορροφήσεις, επειδή ήδη το διοξείδιο του άνθρακα απορροφά αυτές τις συχνότητες.

Το τροποσφαιρικό όζον συμμετέχει σε πολλές χημικές αντιδράσεις και έχει μικρό χρόνο παραμονής στην τροπόσφαιρα. Για το λόγο αυτό η συμμετοχή του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου θεωρείται μικρή.[9]

Στο σχήμα 7. φαίνεται η αυξητική τάση στη συγκέντρωση βασικών αερίων του θερμοκηπίου.



Σχήμα 7. Πηγή: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration http://www.cmdl.noaa.gov/albums/cmdl_overview/Slide11.sized.png)

Η αύξηση της θερμοκρασίας για κάθε αέριο του θερμοκηπίου θα είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι:

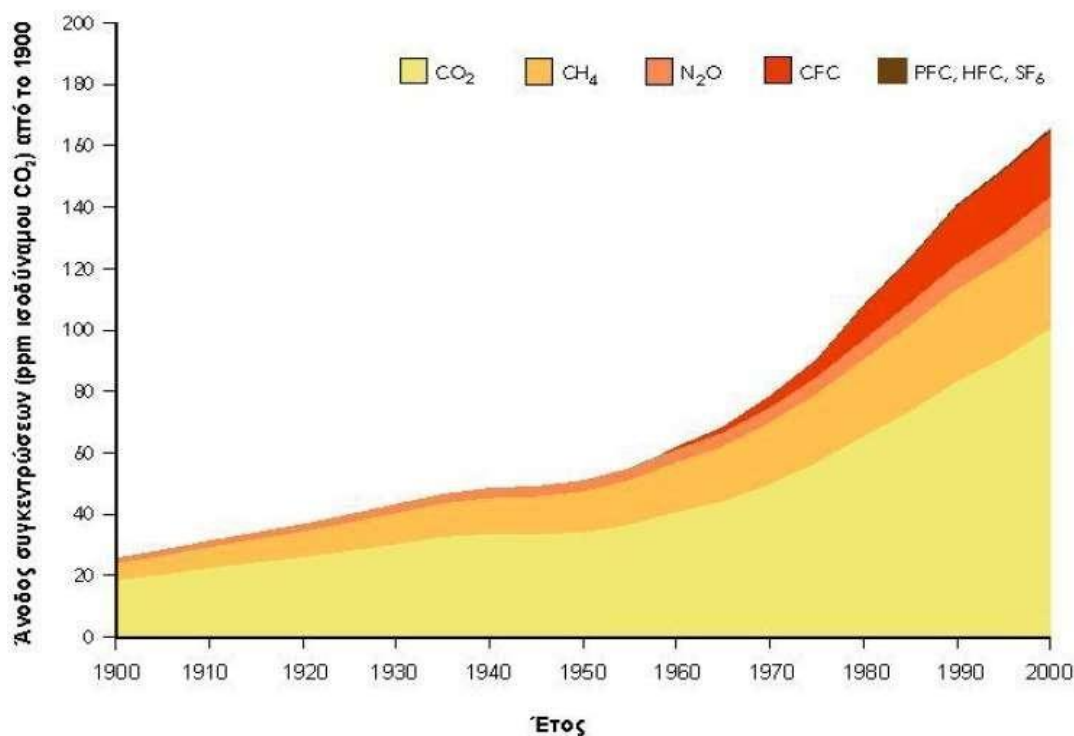
- η διάρκεια ζωής του αερίου στην ατμόσφαιρα
- η δυνατότητα ενός μορίου του αερίου να απορροφά τη θερμότητα που εκπέμπει η γη προς το διάστημα (αφού προηγουμένως θερμανθεί η γη από τον ήλιο)
- από τις τωρινές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.

Η σχέση αυτή των αερίων του θερμοκηπίου μεταξύ τους ονομάζεται «Δείκτης Δυναμικού Παγκόσμιας Αύξησης της Θερμοκρασίας» (Global Warming Potential GWP). Με τις GWP τιμές γίνεται δυνατή όχι μόνο η συγκριτική αξιολόγηση των αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και η συνολική αξιολόγηση τους.[3]

Η συνολική συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου έχει αυξηθεί κατά 170 ppm ισοδύναμου CO₂ σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο –278 ppm (Σχήμα 8.). Η συνεισφορά σε αυτήν την αύξηση κατανέμεται ως CO₂ (61%), CH₄ (19%), N₂O (6%), CFCs και HCFCs (13%) PFCs, HFCs και SF₆ (0.7%).

[11]

Οι συγκεντρώσεις των CO₂ και N₂O συνεχίζουν να αυξάνονται με ρυθμούς παραπλήσιους με αυτούς των προηγούμενων δεκαετιών. Οι συγκεντρώσεις των φθοριωμένων αερίων του θερμοκηπίου όπως PFCs, HFCs και SF₆ όμως, αυξάνονται με γρηγορότερο ρυθμό. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα, η συγκέντρωση CH₄ έχει σταθεροποιηθεί, κατά τα τελευταία χρόνια, ενώ η πλειονότητα των HCFCs, που είναι επίσης αέρια του θερμοκηπίου, μεταβάλλονται με πολύ αργότερους ρυθμούς, ως αποτέλεσμα των περιορισμών στη χρήση και παραγωγή τους από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ.[11]



Σχήμα 8. Άνοδος των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με το 1750 (πηγή IPCC, 2001a). [11]

1.3.2 Μελλοντικά Σενάρια

Το IPCC έχει θεωρήσει μια σειρά από μελλοντικά σενάρια για τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2100 (IPCC, 2001a), υιοθετώντας διάφορες υποθέσεις όσον αφορά στην κοινωνικο-οικονομική, τεχνολογική και δημογραφική εξέλιξη στον κόσμο. Συγκεκριμένα, οι τέσσερις βασικές κατηγορίες μελλοντικών σεναρίων εκπομπών του IPCC είναι:

A1. Η κατηγορία A1 αναφέρεται σε γρήγορη οικονομική ανάπτυξη, κορύφωση του πληθυσμού στα μέσα του αιώνα και μείωση από κει και ύστερα, καθώς και γρήγορη απορρόφηση νέας και περισσότερο αποτελεσματικής τεχνολογίας. [11]

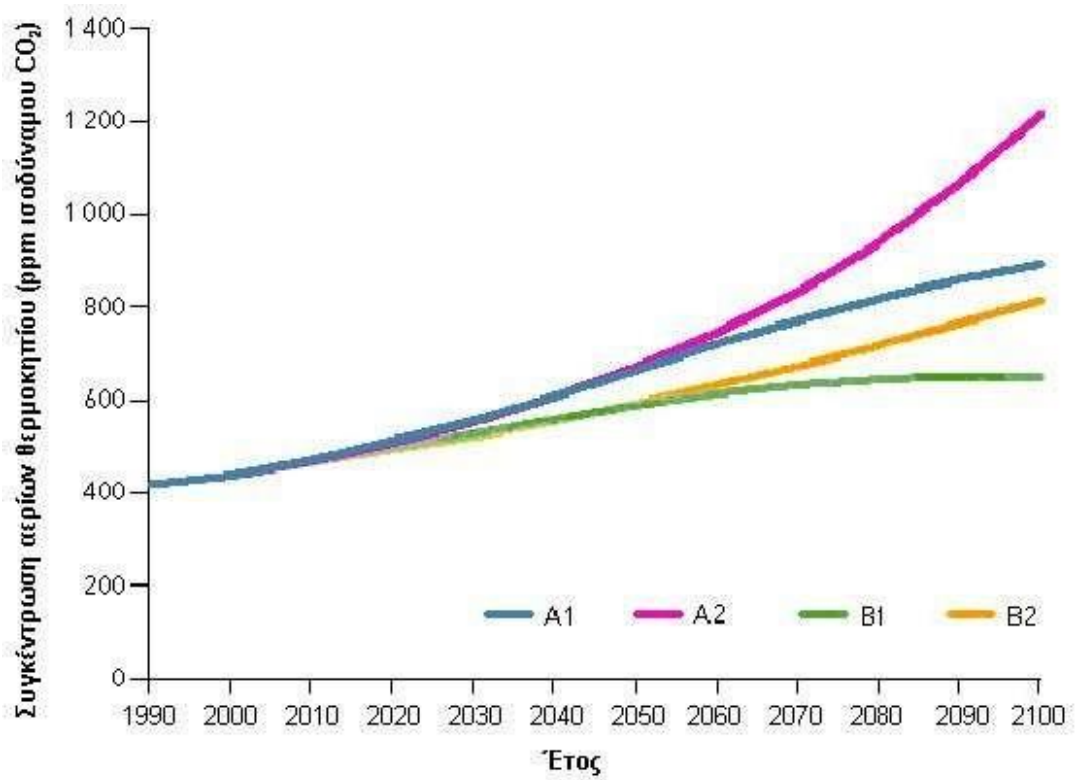
A2. Η κατηγορία A2 περιγράφει έναν πολύ ανομοιογενή κόσμο. Οι τοπικές ιδιαιτερότητες του πληθυσμού διατηρούνται, η κοινωνικο – οικονομική σύγκλιση των κρατών συντελείται με πολύ αργούς ρυθμούς και η πληθυσμιακή αύξηση είναι συνεχής. Η οικονομική ανάπτυξη καθορίζεται σε εθνικό επίπεδο και η τεχνολογική εξέλιξη είναι περισσότερο περιορισμένη και αργότερη σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα σενάρια. [11]

B1. Στα σενάρια αυτής της κατηγορίας περιγράφεται μία συγκλίνουσα παγκόσμια ανάπτυξη με την ίδια πληθυσμιακή εξέλιξη, όπως και στην κατηγορία A1. Σε αυτήν την περίπτωση, η οικονομική δραστηριότητα εξελίσσεται κυρίως στον τομέα της πληροφορίας και της παροχής υπηρεσιών, περιορίζεται ο πρωτογενής τομέας (χρήση πρώτων υλών), ενώ υιοθετούνται καθαρές και ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Δίνεται έμφαση στην εφαρμογή παγκόσμιων λύσεων για οικονομικό – κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα, συμπεριλαμβανομένης της κοινωνικής δικαιοσύνης, χωρίς όμως υιοθέτηση επιπρόσθετων πρωτοβουλιών για το κλίμα.[11]

B2. Σε αυτήν την περίπτωση περιγράφεται μία κοινωνία με έμφαση σε τοπικές λύσεις οικονομικό – κοινωνικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Η αύξηση του πληθυσμού είναι συνεχής, σε μικρότερο όμως βαθμό από την κατηγορία A2, προβλέπονται ενδιάμεσα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης, και λιγότερο γρήγορη και περισσότερο αποκλίνουσα τεχνολογική εξέλιξη σε σχέση με τις κατηγορίες A1 και B1. Αν και γενικά υιοθετείται νοοτροπία προστασίας του περιβάλλοντος και κοινωνικής δικαιοσύνης, αυτή εστιάζεται περισσότερο σε τοπικό και εθνικό επίπεδο.[11]

Όλα τα σενάρια αυτά υποθέτουν ότι δεν λαμβάνονται μέτρα περιβαλλοντικής πρόνοιας στην πολιτική της ενεργειακής διαχείρισης. Με αυτό ως δεδομένο, εκτιμάται ότι η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου θα ανέλθει σε 650 – 1.215 ppm ισοδύναμου CO₂ έως το 2100 (Σχήμα 9). Η κυριότερη αιτία αυτής της ανόδου μέσα στον 21ο αιώνα, θεωρείται ότι θα είναι οι καύσεις πετρελαιοειδών (Folland et al., 2001; IPCC, 2001a,b; International Energy Agency -IEA, 2002; EEA, 2004a; Odell, 2004). [11]

Το IPCC επικεντρώθηκε επιπλέον και στις ενέργειες που απαιτούνται ώστε να σταθεροποιηθεί η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO₂. Αν οι συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂ μειωθούν στα επίπεδα του 1990 επιτυγχάνεται μία περίπου σταθερή συγκέντρωση 450 ppm για τις αμέσως επόμενες δεκαετίες, που όμως αυξάνεται σε 650 ppm στο τέλος του αιώνα και περίπου σε 1000 ppm σε διακόσια χρόνια από σήμερα.[11]



Σχήμα 9. Εκτιμώμενη αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα βάσει τεσσάρων μελλοντικών σεναρίων (πηγή IPCC, 2001a). [11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΚΛΙΜΑ

2.1 Το Κλίμα της Γης

Το κλίμα είναι το σύνολο των μέσων τιμών των διαφόρων στοιχείων που ορίζουν τον καιρό, όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, οι βροχές, οι άνεμοι, το χιόνι καθώς και βίαια φαινόμενα όπως οι καταιγίδες, οι τυφώνες κ.λπ. Όλα αυτά είναι εκδηλώσεις των κινήσεων και μεταβολών της κατώτερης ατμόσφαιρας (τροπόςφαιρα) που αλληλεπιδρούν με τις διάφορες φυσικοχημικές διεργασίες, τη δράση των ζωντανών οργανισμών και έκτακτα περιστατικά όπως οι εκρήξεις των ηφαιστείων. Κινητήρια δύναμη όλου αυτού του συστήματος είναι η ηλιακή ενέργεια που παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα. Επομένως, η ισχυροποίηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, που σημαίνει περισσότερη ενέργεια στην ατμόσφαιρα, δεν συνεπάγεται μόνο άνοδο της θερμοκρασίας αλλά και ευρύτερη διατάραξη του κλίματος του πλανήτη. [10]

2.2 Κλιματικές Αλλαγές

Αν και υποψιαζόμαστε πως οι ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν μεταβολές στο κλίμα, γνωρίζουμε πως το κλίμα του πλανήτη μπορεί να αλλάξει και χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Υπήρχαν ψυχρές περίοδοι στην εποχή των παγετώνων, κατά τις οποίες τεράστιες εκτάσεις γης, στο βόρειο ημισφαίριο καλύπτονταν από συμπαγή στρώματα πάγου. Η πιο πρόσφατη Εποχή των Παγετώνων κορυφώθηκε πριν από 18.000 χρόνια, αλλά υπήρχαν και άλλες περίοδοι παγετώνων στην ιστορία της γης. Τα τελευταία 5 εκατομμύρια χρόνια, η ιστορία του κλίματος χαρακτηρίζεται από εναλλαγή των εποχών των παγετώνων με θερμές περιόδους όπως αυτή που διανύουμε σήμερα. Επίσης υπάρχουν περίοδοι στην ιστορία του κλίματος που ήταν θερμότερες από τις παρούσες, για παράδειγμα πριν 65-200 εκατομμύρια χρόνια, στη διάρκεια της μεσοζωικής εποχής, όταν ζούσαν οι δεινόσαυροι. Η μελέτη των κλιμάτων του παρελθόντος έχει πολλά να μας διδάξει για τις αλλαγές του κλίματος, στα πλαίσια της έκτασης και της ταχύτητας αλλαγής του κλίματος.[5]

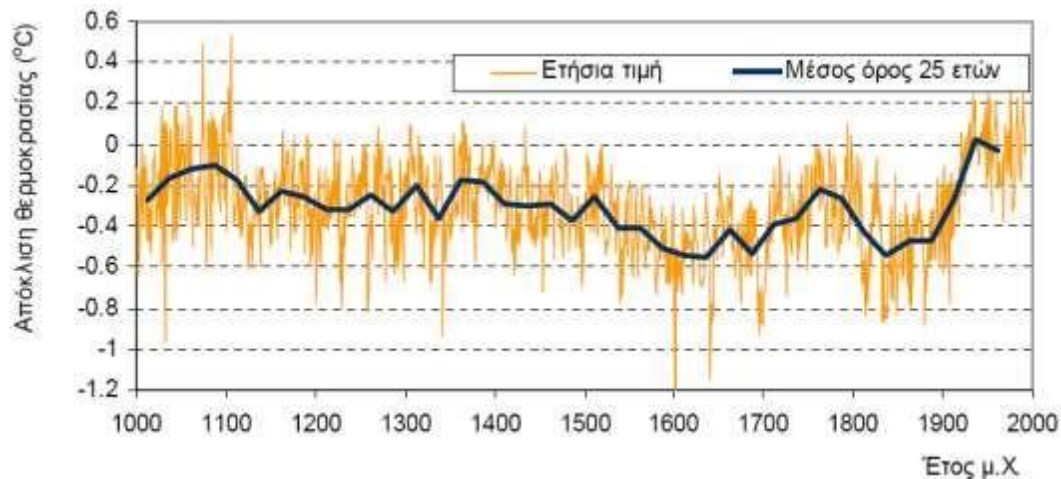
Σήμερα είναι διαπιστωμένο ότι το κλίμα δεν είναι σταθερό σε ένα τόπο αλλά μεταβάλλεται συνεχώς και σε όλες τις χρονικές κλίμακες. Βεβαίως, οι μετρήσεις που έχουμε για τη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση και άλλα στοιχεία του κλίματος δεν ξεκινούν παρά τον 17ο αιώνα σε λίγες περιπτώσεις, και μόνο τον 20ο αιώνα έχουν διαδοθεί. Ωστόσο, η επιστήμη της παλαιοκλιματολογίας είναι σε θέση να «ανακατασκευάσει» το κλίμα του παρελθόντος, χρησιμοποιώντας διάφορους δείκτες του κλίματος (υποκατάστατα δεδομένα), όπως ιστορικές πηγές, πάχη των δακτυλίων δέντρων, κοράλλια, κόκκους γύρης στα ιζήματα, πυρήνες πάγου και πυρήνες ιζημάτων από λίμνες ή απ' τη θάλασσα. [6]

Στο Σχήμα 10. βλέπουμε ένα ανακατασκευασμένο δείγμα θερμοκρασίας της τελευταίας χιλιετίας. Είναι εμφανές ότι σήμερα οι θερμοκρασίες είναι υψηλές,

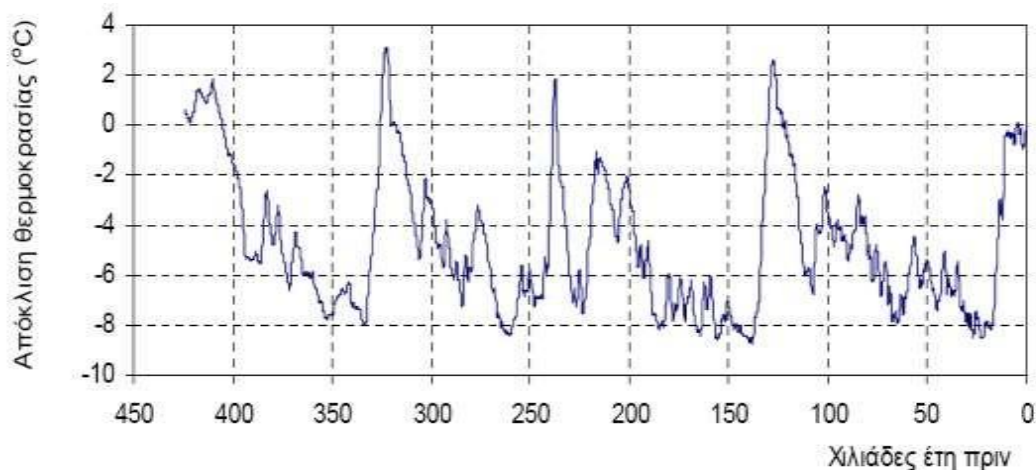
αλλά ήταν επίσης υψηλές και τον 11ο αιώνα, ενώ τον 16ο-17ο καθώς και τον 19ο ήταν χαμηλές. Εξ άλλου, στο Σχήμα 11. βλέπουμε ένα ανακατασκευασμένο δείγμα θερμοκρασίας των τελευταίων 420.000 ετών, όπως προέκυψε από τη μελέτη δειγμάτων πάγου στην Ανταρκτική. Και εδώ παρατηρούμε τις υψηλές τωρινές σημερινές θερμοκρασίες που διατηρούνται σε παρόμοια επίπεδα τα τελευταία 10.000 χρόνια. Σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας, περίπου 8°C, ξεκινά εδώ και 20.000 χρόνια και λήγει στα 10.000 χρόνια πριν, οπότε και τελειώσε η πιο πρόσφατη (τεταρτογενής) εποχή των παγετώνων.[6]

Προχωρώντας πιο πίσω βλέπουμε ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες κυριαρχούν. Οι περίοδοι χαμηλών θερμοκρασιών είναι παγετωνικές και εναλλάσσονται με πιο σύντομες μεσοπαγετωνικές περιόδους στις οποίες υποχωρούν οι πάγοι. Στις μεσοπαγετωνικές περιόδους που παρουσιάζουν θερμοκρασιακές αιχμές γύρω στα 125, 240, 325 και 410 χιλιάδες χρόνια πριν, φαίνεται ότι έχουν επικρατήσει θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τις σημερινές.[6]

Οι σημαντικές αυτές διακυμάνσεις αποδίδονται πρωτίστως σε αστρονομικούς παράγοντες, όπως είναι οι γεωμετρικές διακυμάνσεις της τροχιάς της Γης και η αλλαγή διεύθυνσης του άξονα περιστροφής της Γης. Φυσικά, υπάρχει και μια σειρά άλλων παραγόντων που επηρεάζουν το κλιματικό σύστημα της Γης, όπως είναι οι μεταβολές στην ηλιακή δραστηριότητα, οι μετακινήσεις των ηπείρων, οι εκρήξεις ηφαιστειών, οι μεταβολές στην ανακλαστικότητα της Γης (και εδώ παίζει σημαντικό ρόλο η εξάπλωση των πάγων), οι μεταβολές στη βιόσφαιρα και την υδρόσφαιρα κ.ά., ενώ, σήμερα έχουν προστεθεί και ανθρωπογενείς παράγοντες επηρεασμού του κλίματος.[6]



Σχήμα 10. Ανακατασκευασμένο δείγμα θερμοκρασίας του Βόρειου Ημισφαιρίου (απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας από τη μέση τιμή των ετών 1960-90) για την τελευταία χιλιετία με βάση συνδυασμό διάφορων υποκατάστατων δεδομένων. Πηγή δεδομένων: Jones, P. D., et al. (1998), High-resolution paleoclimatic records for the last millennium: interpretation, integration and comparison with General Circulation Model control-run temperatures. *Holocene* 8(4), 455–471.



Σχήμα 11. Ανακατασκευασμένο δείγμα θερμοκρασίας (απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας από τη σημερινή τιμή) για τα τελευταία 420.000 χρόνια με βάση αναλύσεις πυρήνα πάγου από το Βοστόκ στην Ανταρκτική. Πηγή δεδομένων: Petit, J.R., et al. (2001), Vostok Ice Core Data for 420,000 Years, IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology, NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.

Η κατανόηση του πώς και γιατί το κλίμα έχει αλλάξει τις τελευταίες δεκαετίες είναι σημαντική για διάφορους λόγους συμπεριλαμβανομένων: (α) της ανίχνευσης και της καταχώρισης των επιπτώσεων που αποδίδονται στις κλιματικές αλλαγές και θα αποτελέσουν βάση για μελλοντικές προβλέψεις αλλαγής κλίματος και (β) για τη διερεύνηση της τρωτότητας της κοινωνίας στη σημερινή μεταβλητότητα κλίματος και στις μελλοντικές αλλαγές του. Η Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της IPCC συνοψίζει τα αυξανόμενα αποδεικτικά στοιχεία παρατήρησης της κλιματικής αλλαγής κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40-50 ετών (η περίοδος για την οποία υπάρχουν αρκετά δεδομένα), καθώς επίσης σε μεγαλύτερες χρονικές περιόδους.

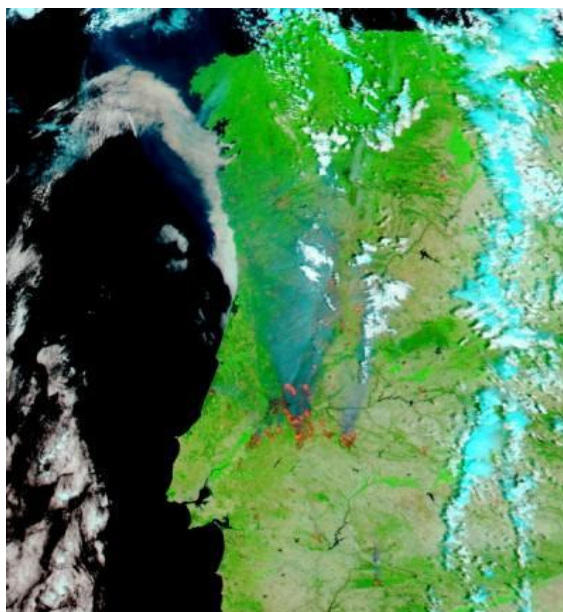
Στοιχεία της πρόσφατης αλλαγής κλίματος

«Η θέρμανση του κλιματικού συστήματος είναι σαφής, όπως προκύπτει από παρατηρήσεις, σε παγκόσμιο επίπεδο, των αυξήσεων των μέσων θερμοκρασιών του αέρα και των ωκεανών, της εκτεταμένης τήξης χιονιού και πάγου και της ανόδου της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας.

Έχουν παρατηρηθεί πολυάριθμες μακροχρόνιες κλιματικές αλλαγές σε κλίμακα ηπείρου, περιφέρειας και ωκεανού, Αυτές περιλαμβάνουν τις εκτεταμένες αλλαγές στην ποσότητα των βροχοπτώσεων, την αλατότητα των ωκεανών, την κατανομή των αερίων μαζών και τα ακραία καιρικά φαινόμενα συμπεριλαμβανομένων των ξηρασιών, των ραγδαίων βροχοπτώσεων, των καυσώνων και των εντάσεων των τροπικών

κυκλώνων».

Η πιο λεπτομερής πρόσφατη εκτίμηση της παρατηρηθείσας Μεσογειακής μεταβλητότητας κλίματος δημοσιεύθηκε από τους επιστήμονες που συμμετέχουν στο διεθνές πρόγραμμα MedCLIVAR το 2006. Αυτή η δημοσίευση παρέχει μια λεπτομερή ανάλυση της Μεσογειακής μεταβλητότητας του κλίματος κατά τη διάρκεια των τελευταίων αιώνων και εξετάζει επίσης τις σχέσεις με ατμοσφαιρικά



Εικόνα 1: Επεξεργασμένη δορυφορική εικόνα πυρκαγιών και καπνού στην Πορτογαλία, 3 Αυγούστου 2003. Η Ορατή Γη, NASA,

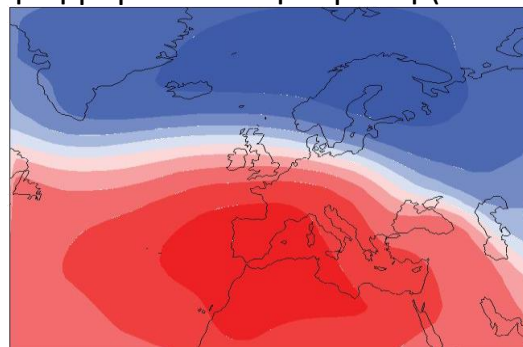
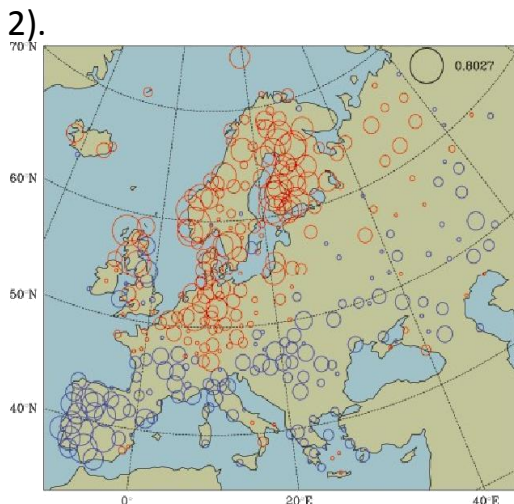
συστήματα διακύμανσης όπως η Περιοδική Μεταβολή στο Βόρειο Ατλαντικό (NAO) καθώς επίσης και άλλα καιρικά συστήματα όπως το El Niño (ENSO). Το κύριο αποτέλεσμα της ανάλυσης των τελευταίων 40-50 ετών είναι η αύξηση της θερμοκρασίας συμπεριλαμβανομένων συχνότερων εμφανίσεων ακραίων υψηλών θερμοκρασιών και σπανιότερων εμφανίσεων ακραίων χαμηλών θερμοκρασιών σε όλες τις περιοχές της Μεσογείου - εκτός από μερικά μέρη της ανατολικής Μεσογείου. Για παράδειγμα, πάνω στον Ελλαδικό ηπειρωτικό χώρο εμφανίζονται κάποιες ενδείξεις προς χαμηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες το χειμώνα, που συνδυάζονται με αύξηση του αριθμού των ημερών παγετού και συνδέονται με την αυξανόμενη συχνότητα εμφάνισης συνθηκών αντικυκλώνα. Αναφορικά με τις επιπτώσεις στον άνθρωπο, οι παρατηρηθείσες ακραίες τιμές υψηλών θερμοκρασιών αποτελούν τη σημαντικότερη ανησυχία, ειδικά μετά από το θερμό καλοκαίρι του 2003 (Εικόνα 1), που είναι πιθανότατα το θερμότερο των τελευταίων πεντακοσίων ετών στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης της Μεσογείου.

Η γενική τάση στη Μεσόγειο είναι προς την κατεύθυνση μείωσης της βροχόπτωσης σε όλες τις εποχές κατά τη διάρκεια του τελευταίου μισού-αιώνα, που παρατηρείται ταυτόχρονα τόσο στα χαμηλότερα επίπεδα βροχοπτώσεων όσο και στις μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας.

Οι παρατηρηθείσες αλλαγές δεν είναι πάντα στατιστικά σημαντικές – γεγονός που μπορεί εν μέρει να είναι το αποτέλεσμα της μεγάλης διαχρονικής μεταβλητότητας βροχοπτώσεων σε αυτή την περιοχή. Η χωρική και εποχιακή κατανομή της κλιματικής αλλαγής είναι επίσης

πολύπλοκη. Για παράδειγμα, υπάρχουν στοιχεία αυξανόμενων βροχοπτώσεων την άνοιξη στους κόλπους της Γένοβας και της Λυών.

Οι παρατηρηθείσες μειώσεις στις χειμερινές βροχοπτώσεις στη δυτική και βόρεια Μεσόγειο έχουν αποδειχθεί ότι συνδέονται με το σύστημα NAO. Η τάση προς θετικότερες τιμές δεικτών NAO τα τελευταία χρόνια συνδέεται με τις χαμηλότερες βροχοπτώσεις στη Μεσόγειο και τις υψηλότερες βροχοπτώσεις σε ολόκληρη τη βορειοδυτική Ευρώπη (εικόνα 2).



Εικόνα 2 - Σχέση μεταξύ των αλλαγών στον αριθμό των ημερών ισχυρών χειμερινών βροχοπτώσεων και της βαρομετρικής πίεσης στη στάθμη της θάλασσας κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών. (α) Η κύρια (πρώτη κανονική) μορφή της αλλαγής στις ημέρες ισχυρών χειμερινών βροχοπτώσεων (οι κόκκινοι κύκλοι δείχνουν μια θετική τάση/σχέση, οι μπλε κύκλοι μια αρνητική τάση/σχέση) και (β) το συνδεόμενο σύστημα ανωμαλίας πίεσης στο επίπεδο θαλάσσης (μονάδες χωρίς διαστάσεις, αυτό είναι θετικό του συστήματος NAO).



Εικόνα 3: Αποξηραμένη γη. (πηγή: Fotolia)

2.3 Κλιματικές μεταβολές λόγω ανθρωπογενούς παρέμβασης

Από την αρχή του 20ου αιώνα το κλίμα της γης έχει παρουσιάσει σημαντική σταδιακή συνολική θέρμανση κατά περίπου 0.7 °C σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ στην Ευρώπη η αύξηση αυτή ανέρχεται στους 0.95 °C (Climatic Research Unit, CRU, 2004a). Το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης αυτής παρατηρείται σε δύο περιόδους, 1910-45 και από το 1975 και μετά. Ο ρυθμός θέρμανσης από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 έχει ιδιαίτερα αυξηθεί με τα οκτώ πιο θερμά έτη, που έχουν καταγραφεί στην ιστορία, να εμφανίζονται μετά το 1983 (World Meteorological Organization -WMO, 1997; CRU, 1997; CRU, 2004a). [11]

Η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη της χιλιετίας για το βόρειο ημισφαίριο (IPCC, 2001a). Ιδιαίτερα οι θερινές θερμοκρασίες των τελευταίων δεκαετιών, στο βόρειο ημισφαίριο, ήταν οι υψηλότερες των έξι, τουλάχιστον, τελευταίων αιώνων. Το 1999 ήταν το πέμπτο πιο θερμό έτος που καταγράφηκε στην ιστορία, με θερμοκρασία 0.33°C μεγαλύτερη από τη μέση τιμή της περιόδου 1961-90 (IPCC, 2001a). Η μικρή μείωση στη μέση θερμοκρασία που παρατηρήθηκε το 1999, σε σχέση με το 1998, αποδίδεται στην παράλληλη εμφάνιση του φαινομένου La Nina στον τροπικό Ειρηνικό Ωκεανό κατά τα τέλη του 1998. Παρόλα αυτά κανένα έτος στα χρονικά με παράλληλη εμφάνιση του La Nina δεν ήταν τόσο θερμό όσο το 1999 (Parker et al., 2000). [11]

Οι παραπάνω αλλαγές αυτές θεωρούνται ασυνήθιστες τόσο όσον αφορά στο μέγεθος όσο και στην ταχύτητα της συντελούμενης μεταβολής. Η άνοδος της θερμοκρασίας ξεπερνά κατά πολύ όλες τις φυσικές μεταβολές του κλίματος των τελευταίων 1000 ετών (IPCC, 2001a; Jones et al., 1999), ενώ εκτιμάται ότι η θερμοκρασία θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο στο μέλλον.

Η φυσική μεταβλητότητα του κλίματος δεν μπορεί από μόνη της να ερμηνεύσει την παρατηρούμενη ένταση της παγκόσμιας θέρμανσης. Αντίθετα, προκύπτουν ολοένα και περισσότερα επιστημονικά στοιχεία που συνηγορούν στο ότι το μεγαλύτερο μέρος της παρατηρούμενης ανόδου της θερμοκρασίας, οφείλεται κυρίως σε ανθρωπογενείς αιτίες και συγκεκριμένα στην αυξημένη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου (Folland et al., 2001; Environmental Protection Agency- EPA, 2004). [11]

2.4 Πρόγνωση της Κλιματικής Αλλαγής - Μαθηματικά Μοντέλα

Το μέγεθος των μελλοντικών κλιματικών αλλαγών, τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε τοπικό επίπεδο, θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από τις μελλοντικές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Δεδομένων συγκεκριμένων υποθέσεων για τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου το μέγεθος των μελλοντικών κλιματικών αλλαγών εκτιμάται από αριθμητικά μοντέλα τα οποία προσομοιώνουν τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο σύστημα ωκεανού - ατμόσφαιρας - θαλάσσιου πάγου – ξηράς, που καθορίζουν τις αλλαγές αυτές. Οι σημαντικότεροι παράγοντες από τους οποίους θα καθοριστεί η μελλοντική εξέλιξη του κλίματος είναι:

- η ευαισθησία του κλίματος στις μεταβολές των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου,
- η επίδραση των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων στο ισοζύγιο ακτινοβολίας και
- η θερμική αδράνεια των ωκεανών, που δημιουργεί καθυστέρηση στην αντίδραση του κλιματικού συστήματος και επιβραδύνει το ρυθμό της αύξησης της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τα πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενα κλιματικά μοντέλα είναι τα Ατμοσφαιρικά – Ωκεάνια Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (ΑΩΜΓΚ) (Atmospheric-Ocean General Circulation Models, AOGCMs), τα οποία εκτιμούν τη μελλοντική εξέλιξη των τιμών κλιματικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η υγρασία κ.α. Με βάση τα προτεινόμενα σενάρια μελλοντικών ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου του IPCC (2001a, b) η σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, αναμένεται να οδηγήσει, μέχρι το 2100, στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 1.4 - 5.8 °C, στην άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας κατά 22 – 75 cm, ενώ αναμένεται να σημειωθούν αλλαγές και στα χωρικά και χρονικά χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων. [11]

Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για τις αλλαγές σε περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο χαρακτηρίζονται από μεγάλη αβεβαιότητα. Γενικά, αναφέρεται αύξηση της θερμοκρασίας στις άνωδρες περιοχές για όλες τις εποχές. Ακόμη υπάρχουν ενδείξεις ότι η ένταση της θέρμανσης θα αυξάνεται από τα μέσα προς τα υψηλά γεωγραφικά πλάτη, ενώ θα είναι μεγαλύτερη κατά το χειμώνα σε σχέση με το θέρος. Η θέρμανση στους τροπικούς αναμένεται να είναι μικρότερη από το μέσο όρο (IPCC, 2001a; EEA, 2004a). [11]

2.5 Κλιματικά Μοντέλα

Τα Ατμοσφαιρικά - Ωκεάνεια Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (ΑΩΜΓΚ) αποτελούν τα πιο σύνθετα κλιματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ευαισθησίας του κλίματος στις αλλαγές της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Τα υπολογιστικά αυτά μοντέλα χωρίζουν το γήινο κλιματικό σύστημα σε πολλά μικρότερα τμήματα χρησιμοποιώντας συνδυασμένα πλέγματα σε οριζόντια και κατακόρυφη διάσταση. Τα ΑΩΜΓΚ προσπαθούν να αναπαραστήσουν τις φυσικές διαδικασίες που απαρτίζουν το σύστημα της ατμόσφαιρας-ωκεανών ικανοποιώντας μια σειρά θεμελιωδών εξισώσεων σε κάθε σημείο πλέγματος. Σύνθετες διεργασίες οι οποίες επηρεάζουν το κλίμα, όπως η τήξη των πάγων της θάλασσας και ο σχηματισμός των υδρατμών, λαμβάνονται επίσης υπόψη.[11]

Μεταβάλλοντας τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, που αποτελούν τα δεδομένα εισόδου των ΑΩΜΓΚ, οι επιστήμονες μπορούν να εκτιμήσουν την επίδραση των αυξανόμενων συγκεντρώσεων των αερίων αυτών στο κλιματικό σύστημα. Υπάρχουν δύο είδη κλιματικών μοντέλων:

1. Ισόρροπης απόκρισης (equilibrium response) τα οποία εκτιμούν την τελική επίπτωση στο κλίμα, μετά από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ενός ξαφνικού διπλασιασμού των συγκεντρώσεων του CO₂. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των πειραμάτων.[11]

2. Εξελισσόμενης απόκρισης (transient response) τα οποία εκτιμούν σε πραγματικό χρόνο και σε συνεχή βάση τις κλιματικές αλλαγές που οφείλονται σε προοδευτική αύξηση των συγκεντρώσεων του CO₂ (συνήθως 1% ανά έτος). Τα μοντέλα αυτά θεωρούνται τα πιο ρεαλιστικά, απαιτούν όμως πολύ μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ και χρόνο για την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. [11]

Η επιστημονική κοινότητα εμπιστεύεται τα αποτελέσματα των ΑΩΜΓΚ για την εκτίμηση των κλιματικών αλλαγών σε μεγάλη κλίμακα, αν και η αποδοχή των σχετικών αποτελεσμάτων σε περιοχική και τοπική κλίμακα είναι μικρότερη καθώς τα περισσότερα μοντέλα δεν αναπαριστούν ικανοποιητικά τις κλιματικές διεργασίες σε αυτή την κλίμακα και οι τελικές εκτιμήσεις διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Σε γενικές γραμμές, τα ΑΩΜΓΚ αποτελούν το καλύτερο διαθέσιμο εργαλείο για την εκτίμηση των μελλοντικών κλιματικών αλλαγών ενώ ολοένα αυξανόμενες είναι οι προσπάθειες εφαρμογής ΠΚΜ με σκοπό την ακριβέστερη αποτίμηση των κλιματικών αλλαγών σε περιοχικό και τοπικό επίπεδο.[11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ /ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΧΩΡΟ

3.1 Επιπτώσεις των Κλιματικών Αλλαγών και του Ανθρωπογενούς Φαινομένου του Θερμοκηπίου

Οι συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι δύσκολο να προεκτιμηθούν εξαιτίας του γεγονότος ότι η άνοδος της θερμοκρασίας συνδέεται με παράγοντες των οποίων ο ρόλος δεν είναι πλήρως γνωστός. Οι σημαντικότερες από τις πιθανολογούμενες συνέπειες είναι:

- Άνοδος της στάθμης της θάλασσας
- Όξυνση των ακραίων καιρικών φαινομένων
- Αύξηση (κατά μέσο όρο παγκοσμίως) της εξάτμισης του νερού από ωκεανούς , θάλασσες, λίμνες, ποτάμια κλπ), της υγρασίας της ατμόσφαιρας και των βροχοπτώσεων.
- Επίδραση στο παγκόσμιο κλίμα με μετακίνηση των ζωνών βροχοπτώσεων από τον Ισημερινό προς Βορρά και ερημοποίηση του κάτω τμήματος της εύκρατης ζώνης, ανάμεσα στον 20ό και 40ό παράλληλο.
- Κίνδυνοι για τα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα.
- Επιπτώσεις στην γεωργία και την παραγωγή τροφής ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες με ανεπαρκείς υποδομές.
- Επιπτώσεις στην Υγεία.
- Μακροοικονομικές επιπτώσεις.
- Ερημοποίηση.

3.2.2 Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

3.2.2.1 Μέση Στάθμη της θάλασσας.

Η δημιουργία των ωκεανών και της ατμόσφαιρας συνέβη παράλληλα με το σχηματισμό της γης. Η σημερινή εικόνα της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας οφείλεται σε τέτοιες μεταβολές, που η απαρχή τους εντοπίζεται δισεκατομμύρια έτη πριν, όταν σχηματιζόταν η γη. Η τελευταία πιο ισχυρή αλλαγή στη στάθμη ολοκληρώθηκε 6.000 χρόνια πριν και καθόρισε τη θέση της σημερινής ακτογραμμής, ενώ μικρότερες αλλαγές και η δράση άλλων φυσικών διεργασιών, που ακολούθησαν, προκάλεσαν λιγότερο ισχυρές μετατοπίσεις σ'αυτήν. [10]

Η επιφάνεια της θάλασσας είναι μία επιφάνεια δυναμική, γιατί αλλαγές στο επίπεδο της συμβαίνουν όχι μόνο ανά τους αιώνες και τις δεκαετίες, αλλά μέσα σε ώρες ή λεπτά. Από γεωλογική άποψη το επίπεδο της θάλασσας είναι ένα επίπεδο ισορροπίας . Θεωρητικά προκύπτει ότι, καθώς οι ωκεάνιες λεκάνες επικοινωνούν μεταξύ τους, υπάρχει ένα παγκόσμιο μέσο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας.[10]

Επειδή όμως η επιφάνεια των ωκεανών είναι λιγότερο σταθερή από την τοπογραφική επιφάνεια και μεταβάλλεται συνεχώς συναρτήσει του χρόνου από την επίδραση διαφόρων παραγόντων, χρησιμοποιείται Η Μέση Στάθμη της Θάλασσας (Μ.Σ.Θ) ως πιο ακίνητη επιφάνεια.

Έτσι λοιπόν η Μέση Στάθμη της Θάλασσας είναι ο μέσος όρος των στιγμιαίων σταθμών της θάλασσας για μία μεγάλη χρονική περίοδο. Συνήθως, σαν Μ.Σ.Θ. παίρνεται ο μέσος όρος των ωριαίων υψών κατά τη διάρκεια ενός χρόνου, γιατί έτσι περιέχεται όλος ο αριθμός των επιδράσεων των έλξεων Ήλιου και σελήνης, που ο μέσος όρος τους θα είναι μηδέν, και προσδιορίζεται από την ανάλυση παλιρροιογραφικών στοιχείων τοπικών σταθμών μέτρησης με ακρίβεια ± 1 cm.[10]

Οι παρατηρήσεις για τον προσδιορισμό της Μ.Σ.Θ. μπορούν να γίνουν με ειδικά όργανα. Τα όργανα αυτά είναι τα παλιρροιόμετρα και οι παλιρροιογράφοι. Θεωρητικά, ένα αρχείο πολλών παρατηρήσεων των υψών της θάλασσας σε ένα τόπο αποτελεί θεμελιώδη βάση για τον προσδιορισμό της Μ.Σ.Θ. εφόσον είναι συνεχές και διαρκεί περίπου 19 χρόνια. Έτσι εξαλείφονται οι διαφορές στα ύψη των παλιρροιών που προκαλούν οι επιδράσεις της Σελήνης και του Ηλίου. Η Μ.Σ.Θ. σε παγκόσμια κλίμακα προσδιορίζεται σήμερα με τη βοήθεια των τεχνητών δορυφόρων με ακρίβεια λίγων εκατοστών. Επιπλέον η ύπαρξη των μετεωρολογικών δορυφόρων βοηθάει σημαντικά στην παρατήρηση των κινήσεων των ωκεανών και των διαταραχών που συμβαίνουν σαυτούς.[10]

3.2.2.2 Παράγοντες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας

Οι μεταβολές που έχουν συμβεί ή και συμβαίνουν στη στάθμη της θάλασσας ποικίλουν, όπως και τα φυσικά φαινόμενα που οδηγούν σε αυτές. Έτσι διακρίνουμε αυτές που συνέβησαν στο παρελθόν με αρκετά μεγάλη διάρκεια και αυτές με μικρότερη διάρκεια και ένταση.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί μία από τις πιο αρνητικές επιπτώσεις της θέρμανσης του κλίματος λόγω του φαινομένου θερμοκηπίου. Σε παγκόσμια κλίμακα μπορεί να απειλήσει ολόκληρες πολιτείες που είναι εγκατεστημένες στα παράλια ή σε νησιά. **Παράγοντες που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και προκαλούν την άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι:**[11]

- **Η θερμική διαστολή του νερού**
- **η τήξη των πάγων (πολικών και ορεινών)**

Θεωρώντας σταθερή την μάζα των ωκεανών, ο όγκος των ωκεάνιων υδάτων, και κατά συνέπεια η στάθμη της θάλασσας, εξαρτάται από τις μεταβολές της πυκνότητας του νερού. Η πυκνότητα με τη σειρά της εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την αλατότητα με τη θερμοκρασία να είναι υπεύθυνη για περισσότερο από το 90% της διαστολής του όγκου των ωκεανών, σε παγκόσμιο επίπεδο (Cazenave and Nerem, 2004). Καθώς λοιπόν το κλίμα γίνεται πιο θερμό, η πυκνότητα των ωκεάνιων υδάτων μειώνεται, ο όγκος τους

αυξάνεται και η επειδή οι διαδικασίες εξισορρόπησης της θερμικής διαστολής από τόπο σε τόπο είναι πολύ αργές, σε περίπτωση μιας απότομης κλιματικής αλλαγής, ο ρυθμός μεταβολής της στάθμης της θάλασσας ενδέχεται να αυξηθεί σε κάποιες περιοχές πιο γρήγορα από κάποιες άλλες.[11]

Η τήξη των πάγων των ορεινών όγκων, λόγω της θέρμανσης του κλίματος, είναι ο δεύτερος πιο σημαντικός παράγοντας που συνεισφέρει στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, μετά τη θερμική διαστολή, καθώς αναμένεται να είναι πολύ πιο έντονη από την τήξη των πολικών πάγων (IPCC, 2001a).

Οι πολικοί πάγοι περιέχουν το 99% του γλυκού νερού στη Γη και αν έλιωναν θα οδηγούσαν σε άνοδο της επιφάνειας της θάλασσας κατά 68 μέτρα: 61 από τους πάγους της Ανταρκτικής και 7 από αυτούς της Γροιλανδίας (Gregory et al., 2004). Εν τούτοις η τρέχουσα συνεισφορά τους στην παρατηρούμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι ακόμη αβέβαιη κυρίως λόγω δυσκολιών στην συλλογή δεδομένων.

Στην Ανταρκτική οι μεταβολές του στρώματος πάγου οφείλονται κατά κύριο λόγο σε τήξη της βάσης των παγετώνων και σε αποκόλληση παγόβουνων, καθώς οι θερμοκρασίες είναι αρκετά χαμηλές με αποτέλεσμα να συμβαίνει πολύ μικρής έκτασης επιφανειακή τήξη. Αντιθέτως η επιφανειακή τήξη των πάγων της Γροιλανδίας λόγω της αλλαγής του κλίματος είναι σημαντική. Συνολικά η Γροιλανδία εκτιμάται ότι έχει πολύ σημαντικότερη συμμετοχή από την Ανταρκτική στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας σε παγκόσμιο επίπεδο (IPCC, 2001a; Cazenave and Nerem, 2004).[11]

Άλλοι παράγοντες που συνεισφέρουν στη μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης είναι οι ανθρωπογενείς, κυρίως, παρεμβάσεις στα υδάτινα σώματα της ξηράς, τόσο υπόγεια όσο και επιφανειακά, ενώ σε τοπικό επίπεδο σημαντικές είναι οι γεωλογικές κινήσεις (ανοδικές - καθοδικές), η εναπόθεση ιζημάτων στον πυθμένα καθώς και αλλαγές στους ανέμους και τα θαλάσσια ρεύματα. Μετρήσεις της θαλάσσιας στάθμης είναι διαθέσιμες σε διάφορα σημεία της Ευρώπης κάνοντας αρκετά αξιόπιστη τη μελέτη των τάσεων ανόδου της θαλάσσιας στάθμης σε επίπεδο ηπείρου, ενώ από το 1990, υπάρχουν και δορυφορικές μετρήσεις από το δορυφόρο TOPEX/POSEIDON με παγκόσμια κάλυψη.[11]

Στο σχήμα 12. απεικονίζονται οι παράγοντες που προκαλούν μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας.

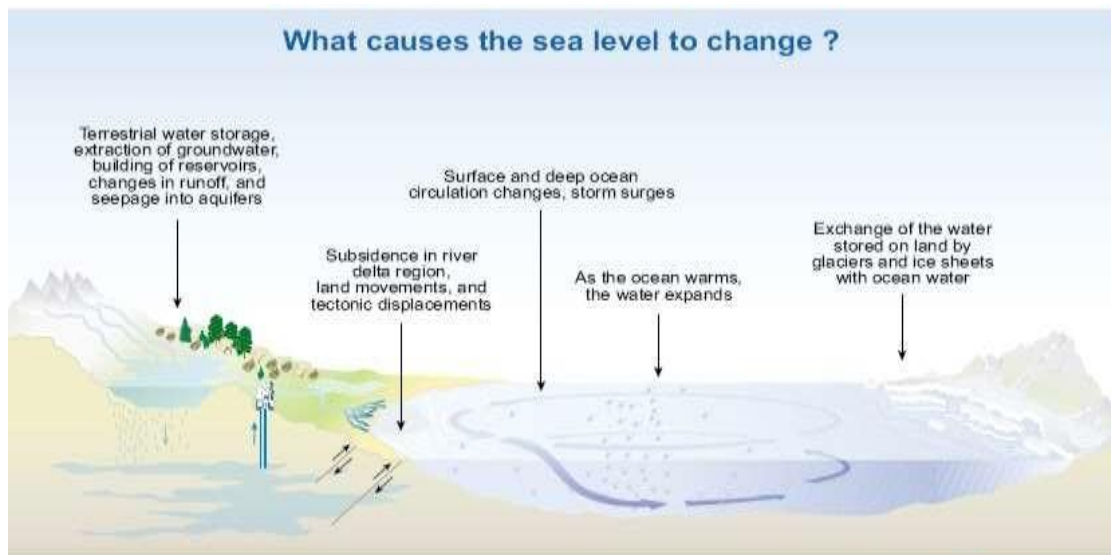


Figure 3.4: The level of the sea at the shoreline is determined by many factors in the global environment that operate on a great range of time scales, from hours (tidal) to millions of years (ocean basin changes due to tectonics and sedimentation). On the time scale of decades to centuries, some of the largest influences on the average levels of the sea are linked to climate and climate change processes.

WGI TARI Box TS-2

Σχήμα 12. πηγή: IPCC [12]

3.2.2.3 Τάσεις

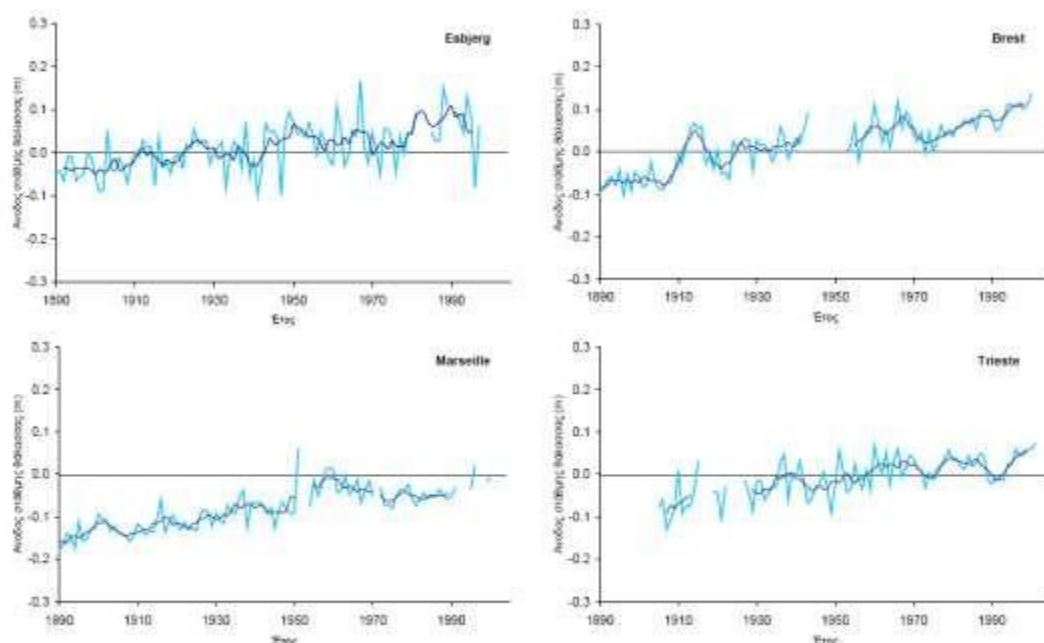
Οι μετρήσεις για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας λαμβάνονται συνήθως από μετρητές παλίρροιας (tide gauge). Οι μετρήσεις αυτού του είδους όμως δεν μπορούν να λάβουν υπόψη τις κατακόρυφες κινήσεις του εδάφους οι οποίες επηρεάζουν τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας σε σχέση με το έδαφος. Εφαρμόζοντας στις μετρήσεις των μετρητών παλίρροιας τις κατάλληλες διορθώσεις για το φαινόμενο της κατακόρυφης μετακίνησης του εδάφους μετά την υποχώρηση των παγετώνων (Post-Glacial Rebound, PGR), η άνοδος της στάθμης της θάλασσας σε παγκόσμιο επίπεδο κατά τον 20ο αιώνα εκτιμάται σε 1.84 ± 0.35 mm/έτος (Peltier, 2001).[11]

Σύμφωνα πάντως, με την έκθεση του IPCC (2001a) τα τελευταία 100 χρόνια, η στάθμη της θάλασσας σε Ευρωπαϊκό και σε παγκόσμιο επίπεδο έχει ανέβει κατά 10 – 20 cm, με μέση τιμή περίπου τα 15 cm. Την τρέχουσα περίοδο, ο ρυθμός ανόδου στην Ευρώπη εκτιμάται από 0.8 mm/year έως 3.0 mm/year (Σχήμα 13.).

Πρόσφατα, οι Woodworth et al. (2004) υπολόγισαν ότι μετά το 1990, ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας αποκλειστικά λόγω της αλλαγής της πυκνότητάς της, είναι 1.5 mm/έτος έναντι 0.5 mm/έτος κατά τις περασμένες δεκαετίες. Η επιτάχυνση αυτή της διαστολής σε συνδυασμό με την αναφερόμενη αυξημένη τήξη των πολικών πάγων, ενισχύει την πιθανότητα τα δύο φαινόμενα να έχουν κοινή αιτία, την αυξανόμενη παγκόσμια θέρμανση.[11]

Γενικά, φαίνεται ότι η θερμική διαστολή των ωκεανών και η τήξη των ορεινών πάγων έχουν συνεισφέρει εξ' ίσου στην παρατηρούμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας, αλλά υπάρχουν μεγάλες αβεβαιότητες σε σχέση με τη συνεισφορά των υπολοίπων παραγόντων, ιδιαίτερα των πολικών πάγων και του ισοζυγίου των υδάτων της ξηράς. Το συνολικό εύρος της αβεβαιότητας (-

19 έως 37 cm) της συνεισφοράς των διαφόρων κλιματικών παραγόντων στην παρατηρούμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι μεγάλο και υπερκαλύπτει το εύρος των παρατηρούμενων τιμών (10 έως 25 cm). Η αβεβαιότητα αυτή οφείλεται στην αδυναμία υπολογισμού του κλάσματος της μάζας των πολικών πάγων που θα λιώσει.



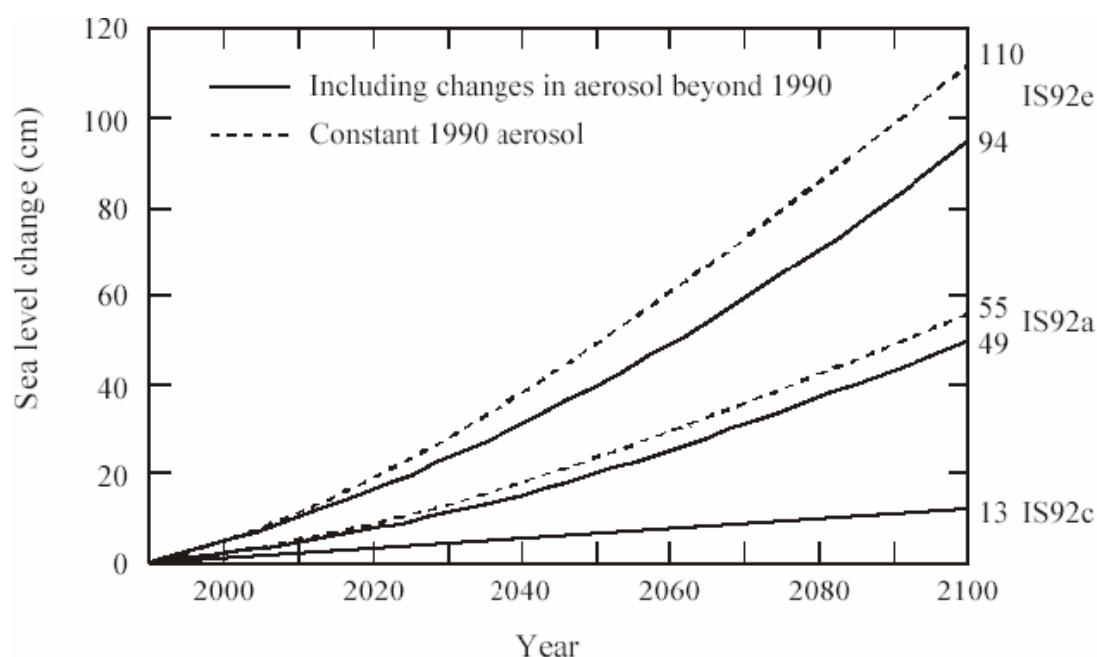
Σχήμα 13. Άνοδος της θάλασσας στάθμης σε διάφορους Ευρωπαϊκούς σταθμούς (πηγές PSMSL,2004 Woodworth and Player, 2003).[11]

Ειδικά για την περίπτωση της Ελλάδας δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία συστηματική έρευνα που να μελετάει τις μακροχρόνιες τάσεις μεταβολής της στάθμης της θάλασσας.

3.2.2.4 Προβλέψεις για τη στάθμη της θάλασσας

Στον αιώνα που πέρασε, το παγκόσμιο επίπεδο της θάλασσας έχει ανέβει από 10 έως 20 cm. Παρά το ότι τα τελευταία χρόνια η θερμοκρασία του πλανήτη ανήλθε κατά 0,6° C και η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί κατά 30%, φαίνεται πως δεν έχει συμβεί καμία δραματική επιτάχυνση στην άνοδο της μ.σ.θ.. Όμως, μέχρι τα έτη 2025 – 2030, η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να ανέβει 2 με 3 φορές γρηγορότερα από ότι στο παρελθόν, σε άμεση ανταπόκριση στο διπλασιασμό των ποσοτήτων CO₂ στην ατμόσφαιρα. Η αναμενόμενη άνοδος της μ.σ.θ. σύμφωνα με την IPCC ενδέχεται να είναι της τάξης του ενός μέτρου και θα συμβεί σταδιακά μέσα στα επόμενα 100 χρόνια . Βάσει των προβλέψεων για το κλίμα και των σεναρίων εκπομπής, η IPCC έχει υπολογίσει το μέγεθος της μελλοντικής αλλαγής της στάθμης της θάλασσας για την περίοδο 1990-2100, ως αποτέλεσμα της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Για μια άνοδο της θερμοκρασίας 1,5-4,5° C τα μοντέλα υπολογίζουν μια παγκόσμια μέση άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 13-94 cm την περίοδο 1990-2100. Σχήμα 14. [12]

Οι αλλαγές στη μελλοντική στάθμη της θάλασσας δεν θα είναι ομοιόμορφες σε όλο το κόσμο. Το αποτέλεσμα στις θάλασσες διαφόρων περιοχών μπορεί να είναι πολύ διαφορετικό και θα εξαρτηθεί από τους τοπικούς παράγοντες. Τα τοπικά χαρακτηριστικά κλίματος, όπως οι διαφορές θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, ανέμων και πίεσης, καθώς επίσης και αλλαγές στην ωκεάνια κυκλοφορία και πυκνότητα νερού θα είναι σημαντικά για τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την τοπική άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι οι μετακινήσεις εδάφους που προκαλούνται από φυσικές και ανθρωπογενείς αιτίες, όπως οι τεκτονικές μετακινήσεις, η καθίζηση, η φυσική άνοδος, η διάβρωση ή μείωση των ιζημάτων [12].



Σχήμα 14. Μελλοντικές μεταβολές της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας σύμφωνα με την IPCC. Πηγή:[12]

3.2.2.5 Επιπτώσεις λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας

- Αυξανόμενη παράκτια διάβρωση.
- Προέλαση της θάλασσας και αλλοίωση της μορφολογίας των ακτών.
- Αλλαγές στην ποιότητα των επιφανειακών νερών και των χαρακτηριστικών των υπόγειων νερών.
- Μεταβολές της αλατότητας και οικολογίας των λιμνοθαλασσών και υγρότοπων.
- Υφαλμίριση των υδροφόρων οριζόντων λόγω διείσδυσης της θάλασσας.
- Αλλαγή στην κυκλοφορία των υδάτων στις εστούρες.

Οι σχετικές κοινωνικοοικονομικές επιδράσεις μπορούν να περιλάβουν τα εξής:

- Αυξανόμενη απώλεια ιδιοκτησίας και παράκτιων βιότοπων.
- Αυξανόμενος κίνδυνος πλημμυρών και πιθανή απώλεια ζωής.
- Ζημία στις παράκτιες εργασίες προστασίας και άλλη υποδομή.

- Αυξανόμενος κίνδυνος ασθενειών.
- Απώλεια τουρισμού, αναψυχής.
- Απώλεια μη νομισματικών πολιτιστικών πόρων και αξιών.
- Επιδράσεις στη γεωργία και την υδατοκαλλιέργεια

Παραλιακές ζώνες και μικρά νησιά είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε αυτή την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Οι παραλιακές ζώνες με μικρή ή μηδενική κλίση θα αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο να κατακλυστούν από το θαλασσινό νερό.

Τα 2/5 του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε παραθαλάσσιες πόλεις (π.χ. Λος Άντζελες, Ν. Υόρκη, Μαϊάμι, Ρίο ντε Τζανέιρο, Άμστερνταμ, Βενετία, Αλεξάνδρεια, Βομβάη, Σύδνεϋ) και σε περίπτωση ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας θα υπάρξουν μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών σε μεγαλύτερα υψόμετρα, αφού προηγουμένως αν υπάρχει χρόνος και οικονομικά μέσα κατασκευαστούν μεγάλα αντιπλημμυρικά έργα.[13]

Ιδιαίτερο πρόβλημα θα αντιμετωπίσουν οι χώρες του τρίτου κόσμου λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής προστατευτικών έργων αλλά και όλες οι παραθαλάσσιες μεγαλουπόλεις εξ' αιτίας της δυσκολίας μετακίνησης του τεράστιου αριθμού ανθρώπων που κατοικούν σε αυτές (περίπου ο μισός πληθυσμός της Γης).

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα έχει σαν συνέπεια να προχωρήσουν τα θαλάσσια νερά βαθύτερα στην ξηρά, σε βαθμό που να προκληθούν φυσικές και υλικές καταστροφές στα δέλτα των ποταμών, στις παράκτιες πόλεις, στις τουριστικές εγκαταστάσεις, στις καλλιέργειες και αλλού. Ορισμένες περιοχές θα καταστούν ιδιαίτερα ευάλωτες λόγω και της φυσικής βύθισης της ξηράς ως προς τη θάλασσα, ενώ παράλληλα θα ενισχυθεί η φυσική διάβρωση των ακτογραμμών [10].

Αποτέλεσμα του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι να πλημμυρίσουν επίσης και χαμηλές γεωργικές περιοχές συνήθως γύρω από τα δέλτα των ποταμών με άμεσο αρνητικό αντίκτυπο στην παραγωγή τροφίμων και στην αλάτωση του υδροφόρου ορίζοντα των πλημμυροπαθών περιοχών. Οι περιοχές αυτές για αρκετές δεκαετίες τώρα στερούνται φερτών υλικών λόγω κατασκευής πολλών φραγμάτων ανάντη. Επίσης στις χαμηλές αυτές περιοχές υπάρχουν πολλές γεωτρήσεις οι οποίες αντλούν τεράστιες ποσότητες υπεδάφινου νερού για τις ανάγκες της γεωργίας και των γειτονικών πόλεων με αποτέλεσμα να είναι έντονα τα φαινόμενα της συνίζησης των εδαφών.

Παράδειγμα το Μπαγκλαντές, όπου τα 4/5 της χώρας αυτής αποτελούν τα δέλτα των ποταμών Γάγγη, Βραχμαπούτρα και Μέγκνα. Η μισή χώρα είναι κάτω των 4,5 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας και υφίσταται συνίζηση συνεχώς λόγω της λειτουργίας 120.000 γεωτρήσεων για την άντληση πόσιμου νερού. Το ίδιο ισχύει και για το δέλτα του Νείλου της Αιγύπτου. Σε περίπτωση ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας οι περιοχές αυτές είναι ευάλωτες στις πλημμύρες με θαλασσινό νερό αφενός και καταστροφής των υπόγειων νερών αφετέρου, λόγω εισόδου θαλασσινού νερού σ' αυτά.[13]

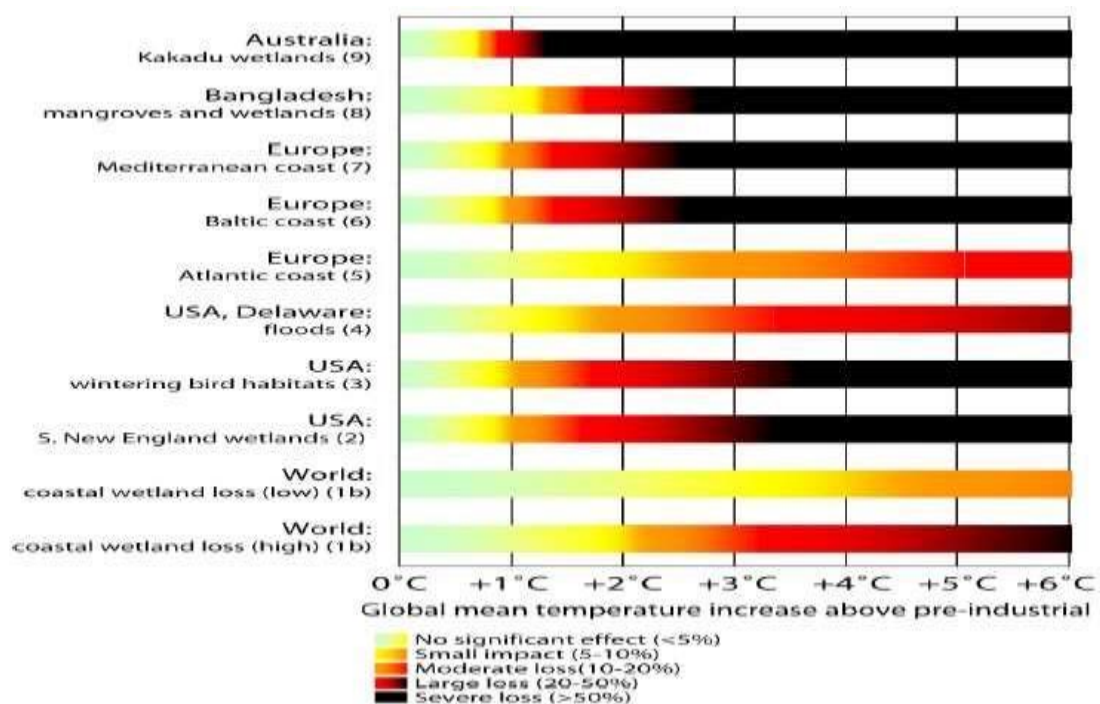
Οι παράκτιες περιοχές χρησιμοποιούνται ως βιότοποι από πολλά είδη πτηνών και ζώων, αλλά και από τους ανθρώπους σαν τόποι παραγωγής μεγάλης ποσότητας

τροφίμων π.χ. αλιεία. Ακόμη σημαντικότερα είναι τα υποθαλάσσια οικοσυστήματα μερικά από τα οποία είναι πολύ ευαίσθητα και στη θερμοκρασία (π.χ. κοράλλια) αλλά και στις άλλες παραμέτρους της κλιματικής αλλαγής.[8]

Πολύ σημαντική, επίσης, είναι η επίδραση της μείωσης των πάγων πάνω στην αλλαγή του κλίματος. Οι πάγοι χαρακτηρίζονται από υψηλό ποσοστό ανακλαστικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η μείωση τους θα αυξήσει την απορρόφηση αυτής της ακτινοβολίας συμβάλλοντας περαιτέρω στη θέρμανση της γης. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση των υδάτινων μαζών θα μειώσει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα καθώς είναι γνωστό ότι το αέριο αυτό απορροφάται από τη θάλασσα. Ακόμη θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η δημιουργία νεφών που μειώνουν την ηλιακή ακτινοβολία στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Τέλος, τεράστια είναι η σημασία των ωκεάνιων ρευμάτων στην εξέλιξη του κλίματος, ρεύματα που δημιουργούνται ή μεταβάλλονται από την τήξη των πάγων.[8]

Καθώς περίπου το 66% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε απόσταση μερικών μόνο χιλιομέτρων από τη θάλασσα, αυτό συνεπάγεται ότι οι πιο ζωτικές και συγχρόνως οι πιο εντατικές για την επιβίωση του ανθρώπου δραστηριότητες θα επηρεαστούν δραστικά από την άνοδο στη στάθμη της θάλασσας [10].

Επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές από την αύξηση της θερμοκρασίας



Σχήμα 15. Source: B. Hare (2005), "Relationship between increases in global mean temperature and impacts on ecosystems, food production, water and socio-economic systems"

3.3 Ακραία καιρικά φαινόμενα

Ως ακραία καιρικά φαινόμενα, θεωρούνται ασυνήθιστες μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες απέχουν σημαντικά από τις, κατά μέσο όρο, τοπικά αναμενόμενες.

Η εμφάνιση ακραίων γεγονότων θερμοκρασίας και υετού, όπως οι καύσωνες, οι ξηρασίες ή οι πλημμύρες, μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και στην κοινωνία (βιοποικιλότητα, γεωργία, υδατικοί πόροι κ.λ.π.). Οι αρνητικές αυτές συνέπειες μπορεί επιπλέον να οδηγήσουν και σε σημαντικές οικονομικές απώλειες, π.χ. η ξηρασία του 1999 κόστισε περισσότερο από 3 δισ. ευρώ στην Ισπανία (ΕΕΑ, 2004b).[11]

Λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος των επιπτώσεων των ακραίων καιρικών φαινομένων στην κοινωνική και στην οικονομική ζωή, οποιαδήποτε ένδειξη αλλαγής, με το χρόνο, της συχνότητας εμφάνισης και της έντασης τους, λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου ενδιαφέρουν άμεσα.[11]

Η σύνδεση των ακραίων τιμών και της κλιματικής αλλαγής είναι ακόμη υπό διερεύνηση λόγω της σχετικής έλλειψης στοιχείων και της ανεπαρκούς γνώσης των μηχανισμών του κλιματικού συστήματος. Εξ' ορισμού, τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι σχετικά λίγα σε αριθμό και τα διαθέσιμα ιστορικά αρχεία δεν είναι αρκετά μέχρι στιγμής για να διακρίνουμε μια αξιόπιστη τάση ή περιοδική μεταβολή σε αυτά. Μόνο πρόσφατα, κάποιες πρώτες εκτιμήσεις συνηγορούν στη εντονότερη μεταβολή των ακραίων φαινομένων σε σχέση με το μέσο κλίμα. Οι Schär et al. (2004), εστιάζουν στην ταυτόχρονη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας και της διακύμανσης της, ως αποτέλεσμα της ανθρωπογενούς παρέμβασης στο κλίμα. Ο συνδυασμός των δύο αυξητικών τάσεων δίνει μία απαισιόδοξη προοπτική, αύξησης της συχνότητας εμφάνισης ακραίων θερμοκρασιών στο μέλλον.[11]

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα ποικίλων κλιματικών μοντέλων οι Kattenberg et al. (1996) συγκλίνουν στα ακόλουθα:

- Μικρές αλλαγές τόσο στο μέσο κλίμα όσο και στη μεταβλητότητα του κλίματος μπορεί να προκαλέσουν σχετικά μεγάλες αλλαγές στη συχνότητα των ακραίων φαινομένων. Μία μικρή αλλαγή στην μεταβλητότητα του κλίματος όμως έχει μεγαλύτερη επίδραση από ότι μία παρόμοια αλλαγή στη μέση τιμή του κλίματος.
- Γενικά η παγκόσμια θέρμανση τείνει να οδηγήσει σε μία αύξηση των ακραίων υψηλών θερμοκρασιών και σε μία μείωση των χειμερινών ημερών με εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες.
- Αρκετά μοντέλα καταλήγουν σε αύξηση στην ένταση της βροχόπτωσης, παρουσιάζοντας μεγαλύτερη πιθανότητα για εκδήλωση πιο ακραίων φαινομένων με ισχυρές βροχοπτώσεις. Σε μερικές περιπτώσεις τα μοντέλα

υποδεικνύουν επίσης εμφάνιση περιόδων ξηρασίας με μεγαλύτερη συχνότητα ή ένταση.

- Αναμένεται αύξηση των ακραίων φαινόμενων ισχυρών βροχοπτώσεων σε ένα πιο θερμό πλανήτη λόγω της ενίσχυσης του υδρολογικού κύκλου.

Στην 3η Έκθεση Εκτίμησης του IPCC (2001a) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής των Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization- CSIRO και Hadley Center μοντέλων από τους Hennessy et al. (1997). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά, σε περίπτωση διπλασιασμού της συγκέντρωσης του CO₂, η ένταση των ακραίων επεισοδίων βροχόπτωσης στην Ευρώπη, με ενός έτους περίοδο επιστροφής, θα αυξηθεί από 10-25%.

Στην ίδια έκθεση εκτιμάται αύξηση της θερινής ξηρασίας στο εσωτερικό των ηπείρων λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και της δυνητικής εξάτμισης σε συνδυασμό με την μείωση της βροχόπτωσης. Και στις δύο εκθέσεις προβλέπεται ότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας οδηγεί σε περισσότερο ακραίες υψηλές θερμοκρασίες και λιγότερο ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες. Οι νυχτερινές ελάχιστες θερμοκρασίες σε πολλές περιοχές αυξάνονται περισσότερο από τις ημερήσιες μέγιστες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να μειώνεται το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος.[11]

3.4 Αύξηση των βροχοπτώσεων

Η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης έχει σαν συνέπεια την αύξηση της εξάτμισης του νερού και την αύξηση του μέσου όρου του «ύψους» των βροχοπτώσεων. Το ύψος της βροχής εκφράζει την ποσότητα του νερού, που πέφτει από την βροχή και είναι το ύψος στο οποίο θα έφτανε η στάθμη του νερού της βροχής πάνω από μια οριζόντια επιφάνεια, αν το νερό αυτό δεν το απορροφούσε το έδαφος και δεν εξατμιζόταν.

Οι υπολογισμοί της IPCC προβλέπουν ότι όταν η συγκέντρωση του CO₂ διπλασιαστεί σε σχέση με το 1990 (κάτι που προβλέπεται να συμβεί περίπου το 2060) το μέσο ύψος της βροχής θα έχει αυξηθεί (σε σχέση με το 1990) κατά 10-15%. Το πρόβλημα με την αύξηση του μέσου ύψους της βροχής κατά 10-15% είναι, ότι θα υπάρξουν περιοχές, που το ύψος της βροχής θα είναι ακόμη μεγαλύτερο απ' αυτό το ποσοστό και άλλες περιοχές, που θα υπάρχει μείωση σε σχέση με το 1990.[3]

Όλα τα μαθηματικά μοντέλα συμφωνούν στο ότι στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη το μέσο ύψος της βροχής θα είναι μεγαλύτερο, ενώ στα μεσαία βόρεια γεωγραφικά πλάτη το μέσο ύψος της βροχής θα είναι μεγαλύτερο το χειμώνα και μικρότερο το καλοκαίρι. Αυτό ήδη επιβεβαιώνεται από το γεγονός, ότι ήδη η ξηρασία τα καλοκαίρια στην περιοχή της μεσογείου έχει μετατοπιστεί σιγά σιγά προς το βορρά με αποτέλεσμα στη Νότιο Γερμανία να βρέχει τα καλοκαίρια λιγότερο.[3]

3.5 Κίνδυνοι για τα οικοσυστήματα και την βιοποικιλότητα

Τα οικοσυστήματα παρέχουν βασικά αγαθά όπως τρόφιμα, στέγη και καύσιμα καθώς και υπηρεσίες όπως ανάλυση αποβλήτων και ρύπων, καθαρισμός του ύδατος και διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Τα παράκτια οικοσυστήματα όπως τα μαγγρόβια δάση και οι κοραλλιογενείς ύφαλοι προστατεύουν την ακτογραμμή από τη διάβρωση. Ωστόσο οι κλιματικές μεταβολές αναμένεται να μεταβάλλουν τη λειτουργία των οικοσυστημάτων με περίπλοκους και αβέβαιους τρόπους έτσι που να μην είναι πλέον σε θέση, ή να έχουν διαρκώς μικρότερη ικανότητα, να εκτελούν το ρόλο τους ως σημαντικά συστήματα στήριξης της ζωής και να καθιστούν ευπρόσβλητα τα άτομα που εξαρτώνται από τα αγαθά και τις υπηρεσίες τους.[14]

Αλλαγή στις ζώνες θερμοκρασίας προκαλούμενη από τις κλιματικές μεταβολές θα μπορούσε να επηρεάσει σοβαρά τη βιοποικιλότητα και να οδηγήσει σε γεωγραφική μετατόπιση της εμφάνισης των διαφόρων ειδών ή και της εξαφάνισης ειδών σε πολλά μέρη καθώς τα οικοσυστήματα του πλανήτη δεν θα είναι σε θέση να προσαρμόζονται με το ρυθμό των κλιματικών μεταβολών.[14] Ετήσια έκθεση CGIAR (Συμβουλευτική Ομάδα για τη Διεθνή Γεωργική Έρευνα) 2000.

Εκτιμάται ότι χιλιάδες ζωικά και φυτικά είδη απειλούνται ευθέως από την αποσταθεροποίηση του κλίματος. Σ'αυτά περιλαμβάνονται είδη υπό εξαφάνιση, αποδημητικά πουλιά, απομονωμένοι πληθυσμοί, είδη που περιορίζονται σε παράκτιες περιοχές και είδη με μειωμένη γενετική ικανότητα προσαρμογής. Δεδομένου ότι η χωρική κατανομή των οικοσυστημάτων είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών, μια αλλαγή του κλίματος θα άλλαζε, όχι μόνο τη σύσταση των οικοσυστημάτων αλλά και τη γεωγραφική κατανομή τους. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις θα αλλάξουν τις υδάτινες απορροές, την υγρασία του εδάφους, τους ρυθμούς διάβρωσης και την ανακύκλωση της οργανικής ύλης και των θρεπτικών συστατικών. Αυτά με τη σειρά τους θα επηρεάσουν την παραγωγικότητα, τον ανταγωνισμό των ειδών, τη βιοποικιλότητα, την εξάπλωση των ζιζανίων, διαμορφώνοντας έτσι μια ολόκληρη διαφορετική κατάσταση στα διάφορα οικοσυστήματα.[15]

Αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και η προβλεπόμενη ανύψωση της στάθμης των επιφανειακών νερών (λόγω τήξης των πάγων) πιθανότατα να προκαλέσουν την εξαφάνιση των ειδών που δε θα προλάβουν να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες και θα μειώσουν σημαντικά την αποδοτικότητα των καλλιεργειών. Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η διατήρηση της υπάρχουσας βιοποικιλότητας κρίνεται αναγκαία έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η επιβίωση ειδών ή/και η δημιουργία νέων προσαρμοσμένων στο μελλοντικό κλιματικό καθεστώς, δυνητικά εκμεταλλεύσιμων (π.χ. για καλλιέργεια) από τον άνθρωπο.

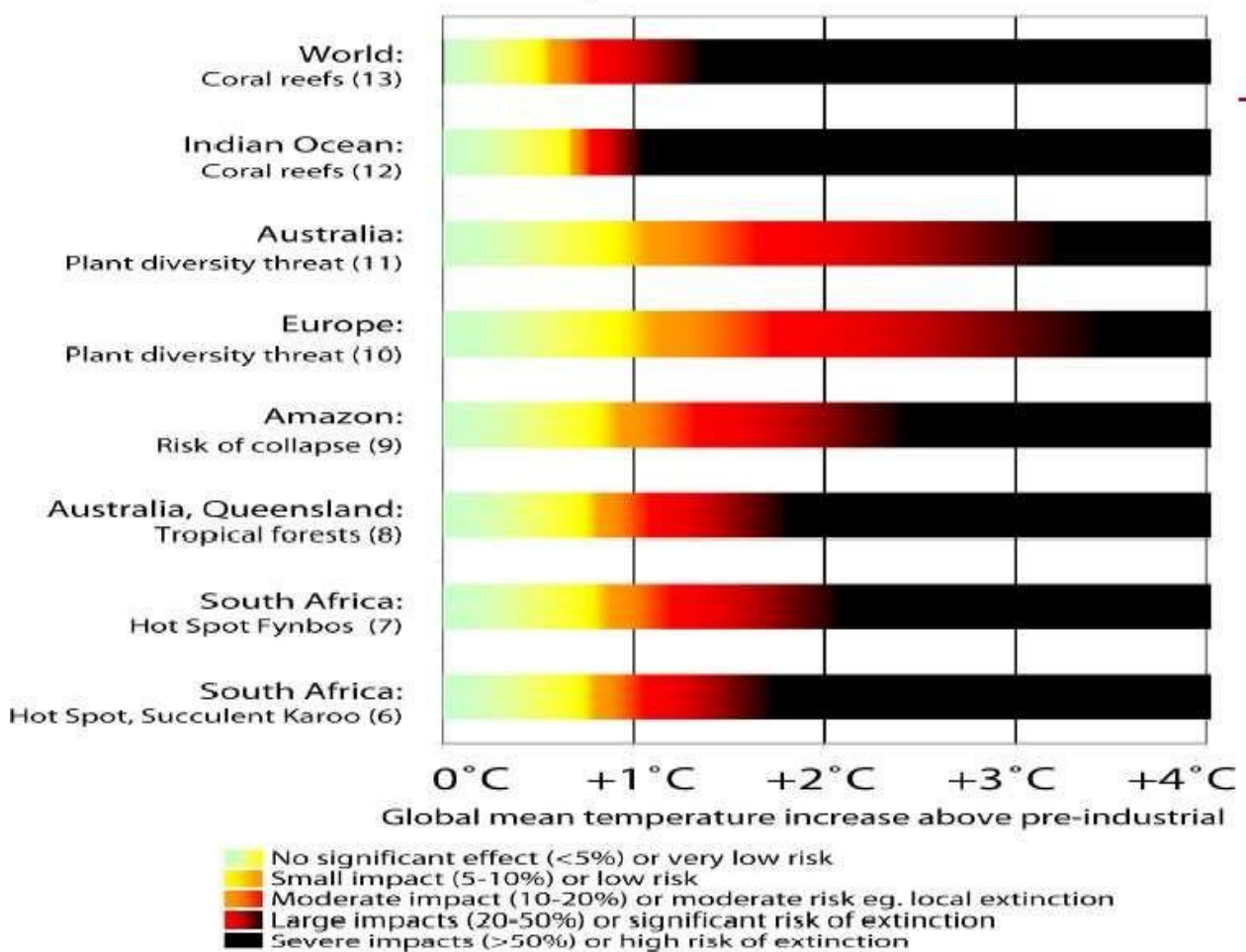
Κλιματικές αλλαγές μπορεί να προκαλέσουν τροποποιήσεις στη σύνθεση των βιοκοινοτήτων αφού πιθανές μεταναστεύσεις ειδών και η εξαφάνιση άλλων θα φέρει σε επαφή γεωγραφικά απομακρυσμένους πληθυσμούς του ίδιου ή διαφορετικών ειδών και θα απλουστεύσει, θα μειώσει δηλαδή τη γενετική ποικιλότητα ειδών και τον αριθμό των ειδών σε κάποιες βιοκοινότητες. Οι νέες αυτές ενδοειδικές και διαειδικές σχέσεις που θα αναπτυχθούν μπορεί να επιφέρουν εντάσεις (stress) που θα οδηγήσουν κάποιους πληθυσμούς ή και είδη σε εξαφάνιση [16].

Τα δάση, τα σημαντικότερα από όλα τα οικοσυστήματα, βρίσκονται ήδη σε μια αργή πορεία προς την εξαφάνιση, λόγω της πολύ αργής προσαρμογής τους στις κλιματικές αλλαγές. Γνωρίζουμε, από παρατηρήσεις αλλά και εργαστηριακά πειράματα, ότι μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 1°C επηρεάζει τη λειτουργικότητα και σύνθεση των δασών σε πολύ μεγάλο βαθμό. Υπολογίζεται ότι μέσα στον 21ο αιώνα θα επηρεαστεί αρνητικά το ένα τρίτο των παγκόσμιων δασικών οικοσυστημάτων. Ολόκληρα είδη δασών μπορεί να εξαφανιστούν ενώ δεν αποκλείεται να εμφανιστούν καινούρια. Πυρκαγιές αλλά και διάφορες αρρώστιες των δέντρων είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν δυσχεραίνοντας την κατάσταση. Περισσότερο πάντως αναμένεται να επηρεαστούν τα φυλλοβόλα δάση που βρίσκονται κυρίως στην κεντρική Ευρώπη και τις ανατολικές ΗΠΑ, παρά τα τροπικά και τα μεσογειακά εφόσον τα γεωγραφικά πλάτη που βρίσκονται θα θερμανθούν περισσότερο. Η καταστροφή των δασών είναι ίσως το χειρότερο πλήγμα για το περιβάλλον αφού τα δάση επηρεάζουν σε τοπική, ηπειρωτική και παγκόσμια κλίμακα την παραγωγή οξυγόνου, τη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα, την υγρασία, τη θερμοκρασία του εδάφους, τις υδατοπτώσεις, τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής και πολλά άλλα φαινόμενα.[8]

Παράλληλα με την ελάττωση των δασών αναμένεται να ενταθεί το φαινόμενο της ερημοποίησης. Το ερημικό κλίμα θα γίνει πιο ζεστό αλλά είναι αμφίβολο αν θα γίνει και πιο υγρό, απειλώντας έτσι τη λιγιστή αλλά σημαντική πανίδα των οικοσυστημάτων αυτών. Τέλος, πρόβλημα θα παρουσιαστεί στις οριακές περιοχές που δεν έχουν περιθώρια μετατόπισης. Για παράδειγμα, αν άνθρωποι και οικοσυστήματα μεταναστεύσουν μισό χιλιόμετρο ψηλότερα, τότε τα εκεί υπάρχοντα οικοσυστήματα θα πρέπει να εξαφανιστούν. Μαζί τους θα εξαφανιστεί και κάθε είδους δραστηριότητα όπως χειμερινός τουρισμός, υλοτόμηση, φυσικές πηγές νερού και ενέργειας και όλα όσα ευδοκιμούν σε μεγάλα υψόμετρα. [8]

Σχήμα 16. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η σχέση μεταξύ της αύξησης της θερμοκρασίας και των επιπτώσεων στα οικοσυστήματα σε διάφορες περιοχές του πλανήτη.

Source: B. Hare (2005), "Relationship between increases in global mean temperature and impacts on ecosystems, food production, water and socio-economic systems"



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΩΡΟ

Η Κλιματική Αλλαγή αισθητή στην Ευρώπη

Σύμφωνα με την έκθεση «Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012en» (Κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις και ευπάθεια στην Ευρώπη 2012), έχει παρατηρηθεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε ολόκληρη την Ευρώπη, καθώς επίσης μείωση των βροχοπτώσεων στις νότιες περιοχές κι αύξηση των βροχοπτώσεων στη Βόρεια Ευρώπη. Το στρώμα πάγου της Γροιλανδίας, οι θαλάσσιοι πάγοι της Αρκτικής και αρκετοί παγετώνες της Ευρώπης λιώνουν, η χιονοκάλυψη έχει μειωθεί και η θερμοκρασία των περισσότερων μονίμως παγωμένων εδαφών έχει αυξηθεί.

Τα τελευταία χρόνια, ακραία καιρικά φαινόμενα όπως καύσωνες, πλημμύρες και ξηρασία έχουν προκαλέσει αύξηση του κόστους ζημιών στην Ευρώπη. Αν και απαιτούνται περισσότερα στοιχεία προκειμένου να καθοριστεί η συμβολή της κλιματικής αλλαγής στην τάση αυτή, η αυξανόμενη ανθρώπινη δραστηριότητα σε περιοχές που είναι επιρρεπείς σε κινδύνους παίζει καθοριστικό ρόλο. Η αλλαγή του κλίματος στο μέλλον αναμένεται να ενισχύσει την ευπάθεια των περιοχών αυτών, καθώς τα ακραία καιρικά φαινόμενα αναμένεται να γίνουν εντονότερα και συχνότερα. Σύμφωνα με την έκθεση, το κόστος ζημιών εκτιμάται ότι θα συνεχίσει να αυξάνεται, εφόσον οι ευρωπαϊκές κοινωνίες δεν προσαρμοστούν.

Όπως αναφέρει η έκθεση, δεν θα έχουν όλες οι περιοχές την ίδια δυνατότητα προσαρμογής στην αλλαγή του κλίματος, εν μέρει εξαιτίας της οικονομικής ανισότητας στην Ευρώπη. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ενδέχεται να εντείνουν αυτές την ανισότητα αυτή.

Η Jacqueline McGlade, Εκτελεστική Διευθύντρια του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος δήλωσε: «Η αλλαγή του κλίματος αποτελεί γεγονός σε όλο τον κόσμο, και η έκταση και ταχύτητα της αλλαγής γίνονται ακόμη πιο εμφανείς. Αυτό σημαίνει ότι κάθε τμήμα της οικονομίας, συμπεριλαμβανομένων των νοικοκυριών, πρέπει να προσαρμοστεί, καθώς επίσης και να μειώσει τις εκπομπές».

Παρατηρούμενη αλλαγή του κλίματος και μελλοντικές προβλέψεις – βασικά πορίσματα

Η τελευταία δεκαετία (2002–2011) καταγράφηκε ως η θερμότερη στην Ευρώπη. Η θερμοκρασία στις χερσαίες περιοχές της Ευρώπης έχει αυξηθεί κατά 1,3° C σε σχέση με τα μέσα επίπεδα της προ-βιομηχανικής εποχής. Οι προβλέψεις διαφόρων μοντέλων υποδεικνύουν ότι η θερμοκρασία στην Ευρώπη μπορεί να αυξηθεί προς το τέλος του 21ου αιώνα κατά 2,5–4° C σε σύγκριση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1961–1990.

Οι καύσωνες έχουν ενταθεί τόσο σε συχνότητα όσο και σε διάρκεια, προκαλώντας δεκάδες θανάτους στο διάστημα της τελευταίας δεκαετίας. Με βάση την έκθεση, εάν οι κοινωνίες δεν προσαρμοστούν, η προβλεπόμενη αύξηση των καυσώνων μπορεί να επιφέρει αύξηση στον αριθμό των θανάτων τις επόμενες δεκαετίες. Παρόλα αυτά, οι θάνατοι λόγω ψύχους προβλέπεται να μειωθούν σε πολλές χώρες.

Σύμφωνα με την έκθεση, οι βροχοπτώσεις στις νότιες περιοχές μειώνονται, ενώ στη Βόρεια Ευρώπη αυξάνονται. κι αυτή η τάση αναμένεται να συνεχιστεί. Η αλλαγή του κλίματος προβλέπεται να επιφέρει αύξηση στις πλημμύρες των ποταμών, ιδιαίτερα στη Βόρεια Ευρώπη, καθώς οι υψηλότερες θερμοκρασίες ενισχύουν τον υδρολογικό κύκλο. Ωστόσο, είναι δύσκολο να καθοριστεί η επίδραση της αλλαγής

του κλίματος στα καταγεγραμμένα στοιχεία πλημμύρων του παρελθόντος.

Η ξηρασία των ποταμών εμφανίζεται σοβαρότερη και συχνότερη στη Νότια Ευρώπη. Οι ελάχιστες ποτάμιες ροές προβλέπεται να μειωθούν σημαντικά κατά τις θερινές περιόδους στη Νότια Ευρώπη, αλλά και σε πολλές άλλες περιοχές της Ευρώπης, σε κυμαινόμενο βαθμό.

Η Αρκτική παρουσιάζει ταχύτερη άνοδο της θερμοκρασίας σε σχέση με άλλες περιοχές. Η έκταση των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής διαμορφώθηκε σε πρωτοφανή χαμηλά επίπεδα το 2007, το 2011 και το 2012, υποχωρώντας περίπου στο μισό σε σχέση με την έκταση που είχε τη δεκαετία του 1980. Η τήξη του στρώματος πάγου της Γροιλανδίας έχει διπλασιαστεί από τη δεκαετία του 1990, με αποτέλεσμα την απώλεια κατά μέσο όρο 250 δισεκατομμυρίων τόνων μάζας ετησίως στο διάστημα 2005 με 2009. Οι παγετώνες των Άλπεων έχουν απολέσει περίπου τα δύο τρίτα του όγκου τους από το 1850, και οι τάσεις αυτές προβλέπεται να συνεχιστούν στο μέλλον.

Η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται, γεγονός που ενισχύει τον κίνδυνο παράκτιων πλημμύρων κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Τον 20^ο αιώνα, η μέση τιμή της θαλάσσιας στάθμης παγκοσμίως αυξήθηκε με ρυθμό 1,7 χιλιοστά ανά έτος, φτάνοντας τα 3 χιλιοστά ανά έτος τις τελευταίες δεκαετίες. Οι προβλέψεις για το μέλλον ποικίλλουν σε σημαντικό βαθμό, όμως είναι πιθανό η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης να είναι μεγαλύτερη τον 21^ο αιώνα σε σχέση με τον 20^ο. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας ποικίλλει στις ευρωπαϊκές ακτές, για παράδειγμα λόγω της τοπικής μετακίνησης τουεδάφους.

Όπως αναφέρεται και στην έκθεση, εκτός από τις επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με τη ζέστη, υπάρχουν κι άλλες, εξίσου σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία,. Η αλλαγή του κλίματος συμβάλλει στη μετάδοση ορισμένων ασθενειών. Για παράδειγμα, επιτρέπει στο είδος ακάρεος *Ixodes ricinus* να αναπτύσσεται βορειότερα, ενώ η περαιτέρω άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί να διαμορφώσει καταλληλότερες συνθήκες σε ορισμένες περιοχές της Ευρώπης για κουνούπια και σκνίπες τα οποία είναι φορείς ασθενειών. Η περίοδος επικονίασης είναι μεγαλύτερη και ξεκινά 10 ημέρες νωρίτερα απ' ό,τι πριν από 50 χρόνια, γεγονός που επίσης επηρεάζει την υγεία του ανθρώπου.

Πολλές μελέτες έχουν καταγράψει εκτεταμένες μεταβολές στα χαρακτηριστικά φυτών και ζώων. Για παράδειγμα, τα φυτά ανθίζουν νωρίτερα, ενώ νωρίτερα εμφανίζεται επίσης η άνθιση του φυτοπλαγκτού και του ζωοπλαγκτού στο γλυκόνερο. Άλλα ζώα και φυτά μετακινούνται βορειότερα ή σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο, καθώς ανεβαίνει η θερμοκρασία των οικοτόπων τους. Καθώς ο ρυθμός μετανάστευσης πολλών ειδών είναι δυσανάλογος της ταχύτητας που παρουσιάζει η αλλαγή του κλίματος, τα είδη αυτά ενδέχεται να αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο εξαφάνισης στο μέλλον.

Ενώ σε κάποιες περιοχές της Νότιας Ευρώπης η διαθεσιμότητα των ύδατων για χρήση στον γεωργικό τομέα μπορεί να περιοριστεί, σε άλλες περιοχές οι συνθήκες βλάστησης μπορεί να βελτιωθούν. Η περίοδος βλάστησης αρκετών καλλιεργειών στην Ευρώπη έχει παραταθεί, κάτι που προβλέπεται να συνεχιστεί, παράλληλα με την εξάπλωση καλλιεργιών θερινής περιόδου σε πιο βόρειες περιοχές. Ωστόσο η απόδοση κάποιων καλλιεργειών προβλέπεται να μειώνεται λόγω των κυμάτων καύσωνα και ξηρασίας στην Κεντρική και τη Νότια Ευρώπη.

Όσο η θερμοκρασία κινείται ανοδικά, μειώνεται επίσης η ζήτηση για θέρμανση, γεγονός που συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, αυτό θα πρέπει να εξισορροπηθεί με την υψηλότερη ζήτηση για ενέργειας για ψύξη στη διάρκεια των θερμότερων καλοκαιριών.

Όσον αφορά στη γειτονιά μας, δηλαδή τη Νότια Ευρώπη, η έκθεση επισημαίνει ότι θα καταγραφούν:

*συχνότερα και μεγαλύτερης διάρκειας κύματα καύσωνα, με αποτέλεσμα χιλιάδες θανάτους.

*Ξηρασίες, μείωση ροής και στέρεμα ποταμών και ρεμάτων.

*Εξάπλωση ασθενειών, αλλά και ξενικών ειδών εντόμων (πχ κουνούπι τίγρης).

*Μεταβολή των κύκλων της φύσης (άνθηση φυτών, εμφάνιση πλαγκτόν κ.ά).

*Εξαφάνιση ειδών χλωρίδας και πανίδας που δεν θα καταφέρουν να προσαρμοστούν.

*Μείωση αγροτικής παραγωγής.

*Μείωση κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, αλλά αύξηση για ψύξη. Για πολιτικές προσαρμογής στις νέες συνθήκες η ΕΕ έχει δημιουργήσει την ιστοσελίδα Climate-ADAPT.

Αύξηση αερίων του θερμοκηπίου

Οι συγκεντρώσεις των σημαντικότερων αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου -διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και μονοξείδιο του αζώτου- εκτινάχθηκαν σε νέο ρεκόρ το 2011, ανακοίνωσε την Τρίτη ο Παγκόσμιος Οργανισμός Μετεωρολογίας (WMO) του ΟΗΕ.

Το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, του οποίου τα επίπεδα έφτασαν πέρυσι τα 390,9 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm), δύο ppm περισσότερα σε σύγκριση με το 2010.

Η συγκέντρωση CO2 στην ατμόσφαιρα είναι πλέον 140% υψηλότερη από τα προβιομηχανικά επίπεδα του έτους 1750, σημειώνει στην ετήσια έκθεσή του

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συμπεράσματα

Οι υπάρχουσες επιστημονικές γνώσεις δεν επιτρέπουν ακριβείς προβλέψεις για τη χρονική διάρκεια και την τοπική διανομή μιας μελλοντικής αλλαγής στο κλίμα και πιθανόν, οι επιστήμονες να χρειαστούν δεκαετίες ολόκληρες πριν δώσουν στοιχεία με περισσότερη ακρίβεια. Από την άλλη πλευρά, οι ταχύτατα αυξανόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αλλάζουν σίγουρα την ισορροπία της ακτινοβολίας προς τη γη, οδηγώντας έτσι σε ταχύτατη αλλαγή του κλίματος. Η ουσιαστική αλλαγή στο κλίμα θα έχει σοβαρές συνέπειες στον άνθρωπο και τα οικοσυστήματα. Η μεγάλη διάρκεια ζωής των περισσότερων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σημαίνει ότι πρέπει να προσαρμοστούμε στις μεγάλες αλλαγές του κλίματος πριν αυτές γίνουν εμφανείς. Όλα τα έθνη πρέπει να ταχθούν υπέρ της παρεμπόδισης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, ώστε να μη προκληθούν επικίνδυνες αλλαγές στο κλίμα. Οι αβεβαιότητες για τις κλιματικές αλλαγές, οι ενδεχόμενα μεγάλες συνέπειές τους, οι αβέβαιες δαπάνες και η ανάγκη για μια παγκόσμια αντίδραση, καθιστούν το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής ένα από τα πιο δύσκολα, που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι σήμερα.[5]

Είναι προφανές ότι αν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, πέρα από τη μείωση των εκπομπών CO₂, θα συμβάλλουν ταυτόχρονα στη μείωση και άλλων ρυπαντικών φορτίων που εκλύονται από τις δραστηριότητες κυρίως του ενεργειακού τομέα. Με την υλοποίησή τους λοιπόν, αναμένεται να επιτευχθεί σημαντική βελτίωση της ποιότητας ζωής και αναβάθμιση του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος [10].

Η Greenpeace αναγνωρίζει ότι κάθε προσπάθεια για ποσοτική εκτίμηση των επιπτώσεων των μελλοντικών κλιματικών αλλαγών χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά μεγάλες αβεβαιότητες. Όμως το γεγονός αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιείται ως δικαιολογία για τη μη λήψη συγκεκριμένων μέτρων. Αντίθετα, η αρχή της πρόληψης πρέπει να εφαρμοσθεί άμεσα. Ας σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο κλιματικό σύστημα ενδέχεται να οδηγήσουν σε καταστροφικότερες μεταβολές από τις προβλεπόμενες μέχρι σήμερα και αυτό θα γίνεται διαρκώς πιθανότερο όσο καθυστερεί η ανάληψη δράσης [15].

Λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση που έχει διαμορφωθεί μέχρι σήμερα, η Greenpeace πιστεύει ότι οι κύριοι στόχοι για την προστασία του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο πρέπει να είναι οι ακόλουθοι [15]:

- Περιορισμός της μακροπρόθεσμης αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από 1° C σε σχέση με την παγκόσμια μέση θερμοκρασία της προβιομηχανικής περιόδου.
- Ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας πρέπει να περιορισθεί το συντομότερο δυνατό (δηλαδή μέσα στις επόμενες δεκαετίες) κάτω από 0,1° C ανά δεκαετία.
- Περιορισμός της μακροπρόθεσμης ανόδου της στάθμης της θάλασσας κάτω από 20 cm, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.
- Ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας πρέπει να περιορισθεί κάτω των 20 mm ανά δεκαετία [15].

Βέβαια, οι μεταβολές αυτές αφορούν κυρίως μη εμπορεύσιμα – περιβαλλοντικά αγαθά (π.χ. ανθρώπινη υγεία, διατήρηση βιοποικιλότητας, ποιότητα οικοσυστημάτων, κλπ.), τα οποία είναι πολύ δύσκολο να αποτιμηθούν οικονομικά, και συνιστούν εξωτερικό κόστος όταν δεν λαμβάνονται υπόψη κατά την οικονομική αξιολόγηση των σχεδιαζόμενων παρεμβάσεων και συνεπώς κατά τη λήψη των αποφάσεων [10].

5.2 Προτάσεις για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου

Για την αποφυγή έντασης του φαινομένου του θερμοκηπίου στο μέλλον θα πρέπει να ελαττωθούν οι εκλύσεις του CO₂ και των αερίων εκείνων τα οποία ενισχύουν το φαινόμενο. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να οδηγηθούμε σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (όπως αιολική, ηλιακή, γεωθερμία) και προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας τα οποία δεν θα προσθέτουν CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Για το CH₄ που τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί οι εκπομπές του στη ατμόσφαιρα, θα μπορούσαν να προταθούν:[13]

- 5.2.1 Αποφυγή διαρροών κατά τη διακίνηση και χρησιμοποίηση φυσικού αερίου.
- 5.2.2 Περιορισμός κατά το δυνατόν των διαρροών από τα ορυχεία άνθρακα, πετρελαιοπηγές και διυλιστήρια πετρελαίου.
- 5.2.3 Ελάττωση των πυρκαγιών σαβάνας, τροπικών και μεσογειακών δασών.
- 5.2.4 Αποφυγή αναερόβιας βιοαποικοδόμησης οργανικής ύλης.

Υλοποίηση των προτάσεων προστασίας της στοιβάδας του O₃.

Χωροταξικές προβλέψεις για την αποφυγή κατοικιών και λοιπών δραστηριοτήτων σε χαμηλές παραθαλάσσιες περιοχές, όπως και η αποφυγή συνιζήσεων παραλιακών εκτάσεων κοντά σε κατοικημένες περιοχές ή σε περιοχές με μεγάλη αξία, με έλεγχο του αντλούμενου νερού ή της κατασκευής φραγμάτων, θα απαλύνει τις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου.[13]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming
2. 3^η έκθεση της IPCC http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/007.html
3. Μπινιάρης Σ., Το Περιβάλλον Ρύπανση και Προστασία, 2006
4. Jerald L. Schnoor, Περιβαλλοντικά Μοντέλα ,Τύχη και μεταφορά Ρύπων στον Αέρα, Νερό και Έδαφος, μετάφραση από Γκέκας Χ., 2003
5. William J. Makofske, Eric F. Karlin, Τεχνολογία και Παγκόσμια Περιβαλλοντικά Προβλήματα, μετάφραση από Μαρία Ταλαντοπούλου ,1997
6. Κουτσογιάννης Δ., Ατμόσφαιρα και κλίμα, Άνθρωπος και Περιβάλλον στον 21^ο αιώνα, Τα κρίσιμα Προβλήματα, 1,6 σελίδες, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Γουλανδρή, Αθήνα 2003.
7. Κουϊμτζή Θ., Φυτιάνου Κ., Σαμαρά Κ., Χημεία Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 1998.
8. Μελάς Δ., κά, Κλιματικές αλλαγές , Αθήνα 2000
9. Γεωργιάδης Θ., κά., Διάθεση Αποβλήτων και οι Επιπτώσεις τους στο Περιβάλλον, Ε.Α.Π Πάτρα,2004
10. Δουκάκης Ε., Ανάπτυξη Παράκτιας Ζώνης, Αθήνα Ιανουάριος 2005.
11. Ακύλας Ε., Λυκούδης Σ., Λάλας Δ., Παρατηρητήριο Κλιματικών Αλλαγών, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Κλιματική Αλλαγή στον Ελλαδικό χώρο, Ανάλυση Παρατηρήσεων: τάσεις των τελευταίων 100 ετών, Αθήνα 2005.
12. Brochier F. and E. Ramieri, Climate Change Impacts on the Mediterranean Coastal Zones, Fondazione Eni Enrico Mattei, Nota di Lavoro 27.2001, 2001.
13. Τσιούρης Σ., Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 2001.
14. <http://www.europa.eu.int/smartapi/cgi>
15. Ψωμάς Σ., Κλιματικές Αλλαγές στην Κρήτη, Greenpeace, Αθήνα Νοέμβριος 2000.
16. http://kpe-kastor.kas.sch.gr/istoselida-biodiversity/b/climatic_change.htm
17. <http://www.nomosphysis.org.gr>
18. EUROPA – Περιβάλλον, Αρ 19, Μάρτιος 2005.
19. <http://www.tee.gr/online/afieromata/1998/2005/ermeps.htm>
20. Κόρμαλη Α., «Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Medalus για την Ερημοποίηση των Εδαφών», μεταπεριβ@λλον, τχ. 15, Μάρτιος Ιούνιος 2006, σ.8-9.
21. <http://www.helmepacadets.gr/gr/shipping/ships-and-environment/effects/oil-pollution>
22. <http://excellence.minedu.gov.gr/listing/82-cleanmag>
23. www.martrans.org/ Νικόλαος Π. Βεντικός και Χαρίλαος Ν. Ψαραύτης