



ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



HELLENIC
OPEN
UNIVERSITY

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ,
ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΕΜΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΩΠΟΥ.***

ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΛΥΚΕΙΟΥ.

ΒΛΑΧΙΩΤΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

A.M. 100580

ΟΝΟΜΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΣΚΟΡΙΛΑΣ

ΑΘΗΝΑ 2019

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2019

Η παρούσα διατριβή, η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ΘΕ ΚΦΕ53, και τα λοιπά αποτελέσματα της αντίστοιχης Διπλωματικής Εργασίας (ΔΕ) καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε η ΔΕ, καθώς και τον επιβλέποντα και την επιτροπή κρίσης.



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ,
ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΕΜΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΩΠΟΥ.**

ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΛΥΚΕΙΟΥ.

ΒΛΑΧΙΩΤΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

A.M. 100580

Επιβλέπων Καθηγητής:
ΑΝΔΡΕΑΣ ΣΚΟΡΙΛΑΣ

Επιβλέπων Αξιολογητής:
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2019

Περίληψη

Η μελέτη του φαινομένου του θερμοκηπίου συμβάλλει στη κατανόηση του φαινομένου των κλιματικών αλλαγών και επιπλέον υποδεικνύει τις αιτίες των διακυμάνσεων του παγκόσμιου κλίματος. Οι στόχοι της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του φαινομένου του θερμοκηπίου, των μηχανισμών δημιουργίας του και πως αυτό επιδρά στα έμβια συστήματα και στη ζωή του ανθρώπου. Αναλύουμε τη σχέση του φαινομένου του θερμοκηπίου με την κλιματική αλλαγή, τη μείωση της βιοποικιλότητας και καταγράφουμε τις φυσικές και ανθρωπογενείς αιτίες που το προκαλούν.

Ο ρόλος όλων των έμβιων όντων στη βιοποικιλότητα του οικοσυστήματος, στη ρύθμιση του κλίματος και σε πολλούς οικονομικούς κλάδους (όπως η γεωργία, η ενέργεια, η βιομηχανία και η αλιεία) είναι καταλυτικός. Παράλληλα, οι δυσμενείς επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής στους ζώντες οργανισμούς, στη φυσιολογία τους και στα οικοσυστήματα είναι τεράστιες.

Εντοπίζουμε ποιες ανθρώπινες δραστηριότητες οξύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες ενισχύουν το φαινόμενο, με συνέπεια την υπερθέρμανση του πλανήτη και των συνεπαγόμενων επιπτώσεών του. Η αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού και άρα η ανάγκη του για φυσικούς πόρους, οδηγούν στον ανταγωνισμό του ανθρώπου με τη φυσική χλωρίδα και πανίδα.

Αναφέρουμε ποιες οι εκτιμήσεις των επιστημόνων για τη μείωση της βιοποικιλότητας παγκοσμίως και ποια είδη κινδυνεύουν με εξαφάνιση σε όλο τον πλανήτη. Όσον αφορά τον ανθρώπινο πληθυσμό, εστιάζουμε σε παράγοντες όπως τα ακραία καιρικά φαινόμενα, την ανομβρία, τη ρύπανση του αέρα, τη βλαβερή επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, τις μεταδιδόμενες ασθένειες, άλλες συνεπαγόμενες συνέπειες στη ζωή μας, καθώς και στις περιβαλλοντικές συνθήκες που προκύπτουν από την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Επιπλέον, καταγράφουμε τα μέτρα που καλούνται να λάβουν οι εμπλεκόμενοι φορείς και οι πολίτες για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Στο τέλος της διπλωματικής εργασίας γίνεται μεταφορά της επιστημονικής γνώσης στην εκπαιδευτική διαδικασία με τρόπο εκλαϊκευμένο. Θα αναπτυχθεί ένα επιμορφωτικό σεμινάριο σε μαθητές Λυκείου.

Λέξεις κλειδιά: φαινόμενο του θερμοκηπίου, κλιματική αλλαγή, φυσικά και ανθρωπογενή αίτια, επιπτώσεις στα φυτά και στα ζώα, επίδραση στην υγεία του ανθρώπου, μέτρα αντιμετώπισης, επιμορφωτικό σεμινάριο.



Greenhouse effect. Creation mechanisms, effects on living systems and on human health. Educational seminar for high school students.

VLACHIOTIS ANTONIOS
A.M. 100580

Supervisor

Scorilas Andreas

Co – Supervisor

Stathopoulos Konstantinos

Abstract

The study of the greenhouse effect helps to understand the phenomenon of climate change and furthermore indicates the causes of global climate fluctuations. The objectives of this paper are the study of the greenhouse effect, the mechanisms of its creation and how it affects the living systems and the life of the human being. We analyze the relationship of the greenhouse effect with climate change, the reduction of biodiversity and record the natural and anthropogenic causes that cause it.

The role of all living creatures in biodiversity in the ecosystem, in climate regulation and in many economic sectors such as agriculture, energy, industry and fisheries is catalytic. However, the adverse effects of the greenhouse effect and climate change on living organisms, their physiology and ecosystems are enormous.

Increasing the human population and hence the need for natural resources lead to man's competition with natural flora and fauna. As far as the human population is concerned, we focus extensively on factors such as extreme weather, drought, air pollution, the harmful effects of solar radiation, transmitted diseases and all the resulting consequences on life as well as the conditions resulting from overheating of the planet.

In addition, we record the measures that stakeholders and citizens are called upon to take to mitigate climate change. At the end of the diploma thesis we transfer the scientific knowledge to the educational process in a popular way. A training seminar will be developed for High School students.

Keywords: greenhouse effect, climate change, natural and anthropogenic causes, effects on plants and animals, impact on human health, response measures, training seminar.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Σπουδών «Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση Καθηγητών Φυσικών Επιστημών» της Σχολής Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας του ΕΑΠ, υπό την καθοδήγηση του επιβλέποντα καθηγητή κ. Ανδρέα Σκορίλα, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για τις υποδείξεις και τη βοήθειά του.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα όλους τους καθηγητές μου στο ΕΑΠ, για τους νέους ορίζοντες που μου άνοιξαν και την νέα γνώση που μου τροφοδότησαν, κατά τη διάρκεια αυτού του μεταπτυχιακού. Η γνώση αυτή είναι ιδιαίτερα ουσιαστική και χρήσιμη για μένα ως εκπαιδευτικός μέσα στη σχολική τάξη.

Την παρούσα εργασία αφιερώνω σε όλα τα μέλη της οικογένειάς μου, διότι μου συμπαραστάθηκαν καθόλα τη διάρκεια των σπουδών μου και με ενθάρρυναν μέχρι και το τέλος της παρούσας εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	iv
Abstract	vii
Ευχαριστίες	viii
Πίνακας περιεχομένων	ix
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	xii
Κατάλογος Πινάκων	xiv
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	xv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
ΜΕΡΟΣ Α	4
Κεφάλαιο 1 ^ο : Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι αλληλεπιδράσεις του	4
1.1. Εισαγωγή στην ατμόσφαιρα της Γης.....	4
1.2. Φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και η σημασία του για τη ζωή.....	5
1.3. Ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου	8
1.3.1. Εισαγωγή στην ατμοσφαιρική ρύπανση	8
1.3.2. Ιστορική αναδρομή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου	11
1.3.3. Η έννοια της τροποποίησης του ισοζυγίου της ακτινοβολίας.....	12
1.3.4. Η τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας από τα θερμοκηπικά αέρια και μέθοδοι αναδρομικής μελέτης τους	14
1.3.5. Τα αέρια του θερμοκηπίου και η ανθρώπινη επίδραση	16
1.3.6. Η συσχέτιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της λέπτυνσης της στιβάδας του όζοντος	22
1.4. Σενάρια και επιστημονικές εκτιμήσεις για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις επιδράσεις του	24
Κεφάλαιο 2 ^ο : Συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου στο περιβάλλον και στα έμβια συστήματα.....	28
2.1. Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα	28
2.1.1. Άνοδος μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας	28
2.1.2. Υπερθέρμανση ωκεανών και συνέπειες.....	32
2.1.3. Ακραία καιρικά φαινόμενα και συνέπειες στην γεωργία.....	38

2.1.4	Ξηρασία - Ερημοποίηση	40
2.1.5	Αλλαγές στην επίδραση των νεφών	42
2.2	Επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα	43
2.3	Επιπτώσεις στη φυσιολογία φυτών και ζώων	47
2.3.1	Επίδραση στους φυτικούς οργανισμούς.....	47
2.3.2	Επίδραση στους ζωικούς οργανισμούς	51
2.4	Οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο.....	56
Κεφάλαιο 3 ^ο : Επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ανθρώπινη υγεία		63
3.1	Εισαγωγή	63
3.2	Επιπτώσεις από την υπεριώδη ακτινοβολία	66
3.3	Επιπτώσεις από τις μεταβολές της θερμοκρασίας.....	67
3.4	Επιπτώσεις από ακραία καιρικά φαινόμενα	70
3.5	Καρδιαγγειακά και εγκεφαλικά επεισόδια	72
3.6	Έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία	73
3.6.1.	Εισαγωγή.....	73
3.6.2.	Υποσιτισμός - Τροφιμογενείς και Υδατογενείς ασθένειες	74
3.6.3.	Επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα	76
3.6.3.1.	Ο ρόλος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης	77
3.6.3.2.	Η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος	78
3.6.3.3.	Ο ρόλος των πυρκαγιών και των αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων.....	79
3.6.3.4.	Τα αλλεργιογόνα και οι αλλεργικές αντιδράσεις	80
3.6.4.	Μεταδιδόμενες λοιμώξεις και ασθένειες από φορείς.....	81
3.6.5.	Ψυχικές ασθένειες και διαταραχές	85
3.7	Τι προβλέπεται στο μέλλον για τη Μεσόγειο.....	85
3.8	Άλλες επιπτώσεις στη ζωή του ανθρώπου	86
3.8.1.	Χώροι εργασίας.....	86
3.8.2.	Υποδομές – Οικισμοί – Περιβαλλοντικοί πρόσφυγες	87
3.8.3.	Οικονομικές επιπτώσεις	89
Κεφάλαιο 4 ^ο : Περιβαλλοντική πολιτική		90
4.1	Ιστορική αναδρομή.....	90

4.2	Μέτρα μείωσης εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.....	93
4.3	Οι στόχοι για το μέλλον και τα προβλήματα εφαρμογής των μέτρων	95
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....		101
ΜΕΡΟΣ Β.....		111
ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΤΑ ΕΜΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΩΣ ΘΕΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....		111

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1. Παράσταση της στρωμάτωσης της ατμόσφαιρας και εξάρτηση της θερμοκρασίας από το ύψος.....	5
Εικόνα 2. Αλληλεπίδραση ηλιακής ακτινοβολίας και επιφάνειας της Γης.....	6
Εικόνα 3. Απεικόνιση της επιφάνειας της Γης ως πομπός υπέρυθρης ακτινοβολίας. ..	6
Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.	7
Εικόνα 5. Σχηματική απεικόνιση διασποράς των αέριων ρύπων.	9
Εικόνα 6. Γεωγραφική κατανομή της μέσης ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας.....	13
Εικόνα 7. Το ισοζύγιο ακτινοβολίας ανά παράγοντα από το 1750 έως το 2011.....	15
Εικόνα 8. Σύγκριση διακυμάνσεων της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (μπλε γραμμή) και της μέσης θερμοκρασίας (κόκκινη γραμμή) τα τελευταία 1000 έτη	16
Εικόνα 9. Συγκεντρώσεις των σημαντικότερων αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2000 ετών.....	17
Εικόνα 10. Εκπομπές θερμοκηπικών αερίων ανά κλάδο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (2003)	18
Εικόνα 11. Ποσοστιαίες εκπομπές των κύριων θερμοκηπικών αερίων	19
Εικόνα 12. Απεικόνιση της μεταβολής της συγκέντρωσης των χλωροφθορανθράκων CFC-11 και CFC-12 στην ατμόσφαιρα τις τελευταίες δεκαετίες.....	22
Εικόνα 13. Αίτια και συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου.....	28
Εικόνα 14. Προβλέψεις για την επιφανειακή θερμοκρασία την περίοδο 2050-2059 σύμφωνα με τρία σενάρια της IPCC: A1B μέτρια αύξηση εκπομπών, A2 μεγάλη αύξηση εκπομπών, B1 χαμηλές εκπομπές.	29
Εικόνα 15. Επιδράσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη στο κλιματικό σύστημα. ...	30
Εικόνα 16. Απεικόνιση της μεταβολής της μέσης παγκόσμιας επιφανειακής θερμοκρασίας.....	31
Εικόνα 17. Απεικόνιση της μεταβολής της μέσης στάθμης της θάλασσας.....	34
Εικόνα 18. Απεικόνιση ακραίων καιρικών φαινομένων έως το 2100.....	39
Εικόνα 19. Απεικόνιση των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα.	40
Εικόνα 20. Απεικόνιση των μηχανισμών ανάδρασης των νεφών	42
Εικόνα 21. Επιπτώσεις της ανόδου της θερμοκρασίας στα φυτά και τη γύρη.....	50

Εικόνα 22. Απεικόνιση των επιπτώσεων της κλιματικής διαταραχής στην Ελλάδα..	57
Εικόνα 23. Συνοπτική απεικόνιση των επιπτώσεων της υπερθέρμανσης στην Ευρώπη.....	58
Εικόνα 24. Απεικόνιση επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία.....	64
Εικόνα 25. Απεικόνιση της σχέσης μεταξύ ημερήσιας θερμοκρασίας και ημερήσιας θνησιμότητας.	69
Εικόνα 26. Απεικόνιση της σχέσης θνησιμότητας και θερμοκρασίας σε λογαριθμική κλίμακα	70
Εικόνα 27. Ποσοστιαία μεταβολή του εργατικού δυναμικού διαχρονικά στη περίπτωση που η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μένει σταθερή (μπλε γραμμή) και στη περίπτωση που συνεχίσει να αυξάνει έως το 2020 (κόκκινη γραμμή)	87
Εικόνα 28. Απεικόνιση της συμφωνίας των Παρισίων.....	95

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Τα κυριότερα αέρια της ατμόσφαιρας.....	4
Πίνακας 2. Τα καυσαέρια της ατμόσφαιρας.....	11
Πίνακας 3. Αλληλεπιδράσεις μεταξύ φαινομένων του θερμοκηπίου και της λέπτυνσης της στιβάδας του όζοντος.....	24
Πίνακας 4. Οι υπηρεσίες που προσφέρει η βιοποικιλότητα στον άνθρωπο.....	43
Πίνακας 5. Κύριες αιτίες απώλειας βιοποικιλότητας.....	44
Πίνακας 6. Επιπτώσεις στα είδη φυτών και ζώων.....	55
Πίνακας 7. Επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας στην Ελλάδα.....	58
Πίνακας 8. Συγκεντρωτικός πίνακας των επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου στη Μεσόγειο.....	60
Πίνακας 9. Οι κατηγορίες των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία.....	65
Πίνακας 10. Επιπτώσεις πλημμυρών στον άνθρωπο.	71
Πίνακας 11. Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο αναπνευστικό σύστημα.....	77
Πίνακας 12. Συνέπειες του όζοντος στην ανθρώπινη υγεία.....	78
Πίνακας 13. Επιπτώσεις αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα.	79
Πίνακας 14. Κύριες μεταδιδόμενες ασθένειες από φορείς παγκοσμίως.....	84

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΠΛΗΡΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
CCS	Carbon Capture and Storage	Μέθοδος δέσμευσης και η αποθήκευσης του άνθρακα
CDC	Centers for Disease Control and Prevention	Κέντρα ελέγχου και πρόληψης ασθενειών
CFC's		Χλωροφθοράνθρακες
G/S C	Green / Sustainable Chemistry	Πράσινη – Βιώσιμη Χημεία
GHG	Greenhouse gases	Θερμοκηπικά αέρια
HCFC's	Hydrochlorofluorocarbons	Υδροχλωροφθοράνθρακες
HEAL	Health and Environment Alliance	Συμμαχία για την Υγεία και το Περιβάλλον
HFC's	Hydrofluorocarbons	Υδροφθοράνθρακες
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή
IR	Infrared radiation	Υπέρυθρη ακτινοβολία
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	Εθνικό Συμβούλιο για τους Ωκεανούς
PESETA	Projection of Economic Impacts of Climate Change in Sectors of the European Union based on Bottom-Up Analysis	Προβολή των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους τομείς της Ευρωπαϊκής Ένωσης με βάση την Ανάλυση από κάτω προς τα πάνω
SARS	Severe acute respiratory syndrome	Οξύ αναπνευστικό σύνδρομο
UNEP	United Nations Environment Programme	Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Σύμβαση Πλαίσιο του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή
UV	Ultraviolet	Υπεριώδης ακτινοβολία
VOCs	Volatile organic compounds	Πτητικές οργανικές ενώσεις
WHO	World Health Organization	Παγκόσμιος Οργανισμός

		Υγείας
WMO	World Meteorological Organization	Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός
WWF	World Wildlife Fund	Παγκόσμιο Ταμείο για την άγρια φύση
ACS	American Chemistry Society	Αμερικάνικη Χημική Εταιρεία
ΑΑΣ		Αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια
ΕΕ		Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΛΓΑ		Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων
ΕΟΠ		Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
ΙΣΤΑΜΕ		Ινστιτούτο Στρατηγικών και Αναπτυξιακών Μελετών
ΚΕΛΠΝΟ		Κέντρο ελέγχου και πρόληψης νοσημάτων
ΟΗΕ		Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
ΟΟΣΑ		Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
Π.Ο.Υ.		Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας
ΣΕΔΕ		Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της ΕΕ
ΤΠΕ		Τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνίας
ΥΠΕΚΑ		Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΥΠΕΧΩΔΕ		Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΧΑΠ		Χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρουσία ζωής στον πλανήτη μας και η ανάπτυξη των φυτών και ζώων, οφείλεται στο γεγονός ότι η ατμόσφαιρα της Γης κατακρατεί την ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή λειτουργεί σαν θερμοκήπιο. Ως γνωστό η ενέργεια του ήλιου εισέρχεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή φωτεινών κυμάτων, ζεσταίνοντας τον πλανήτη μας, ενώ μέρος της επιστρέφει στο διάστημα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ως φαινόμενο του θερμοκηπίου ονομάζουμε την υπερθέρμανση του πλανήτη, που οφείλεται στις τεράστιες ποσότητες του CO₂ και άλλων επιβλαβών αερίων που εκπέμπονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι συνυφασμένο με τη κλιματική αλλαγή και δεν αποτελεί πραγματικότητα της σύγχρονης εποχής μόνο. Αλλαγές στο παγκόσμιο κλίμα και τις μετεωρολογικές συνθήκες έχουν συμβεί και στο παρελθόν, αλλά ολοκληρώθηκαν σε πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι αλλαγές οφείλονται είτε σε φυσικούς παράγοντες (όπως ηλιακές κηλίδες, ηφαιστειακές εκρήξεις, μεταβολές στο σύστημα λιθόσφαιρα – υδρόσφαιρα – ατμόσφαιρα), είτε σε ανθρωπογενείς επιδράσεις που επηρεάζουν το παγκόσμιο κλίμα. Αυτές συνδέονται με την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος και ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με έκθεση της IPCC (2013), η ραγδαία άνοδος της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα και στους ωκεανούς από το 1950 και μετά (βιομηχανική επανάσταση), οφείλεται στις δραστηριότητες του ανθρώπου, οι οποίες ολοένα επιβαρύνουν με εκπομπή αερίων την ατμόσφαιρα, αλλάζοντας ταυτόχρονα την επιφάνεια της Γης, τη βιοποικιλότητα και το ενεργειακό της ισοζύγιο. Η ατμοσφαιρική ρύπανση, η όξινη βροχή, οι περιβαλλοντικές καταστροφές, η εξαφάνιση ειδών φυτών και ζώων και η μόλυνση των υπόγειων υδάτων είναι ορισμένες ενδείξεις για το τι αντιμετωπίζουμε στην εποχή μας.

Επιπλέον, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή επηρεάζουν δυσμενώς την ανθρώπινη υγεία καθώς αυξάνουν τη θνησιμότητα, τη νοσηρότητα και την εμφάνιση αναδυόμενων μεταδοτικών και μη ασθενειών. Υπάρχουν συνέπειες οι οποίες προέρχονται άμεσα από τα ακραία καιρικά φαινόμενα (ραγδαίες μεταβολές της θερμοκρασίας, ξηρασία, καύσωνες) αλλά και έμμεσα από αυτά (μείωση του πόσιμου νερού, του καθαρού αέρα, της υγιεινής τροφής). Εμφανίζονται νοσήματα, επιδημίες, αλλεργίες και λοιμώξεις που εξαρτώνται από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και αναμένεται να

εξαπλωθούν στο μέλλον. Οι περιβαλλοντικές αυτές αλλαγές και το γεωχημικό περιβάλλον αποδυναμώνουν την υποστήριξη της ζωής στον πλανήτη μας.

Οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου επιβαρύνουν πολλούς οικονομικούς τομείς όπως της βιομηχανίας, της γεωργίας, της αλιείας, της σίτισης, της ενέργειας, των μεταφορών. Επιπλέον, εμφανίζεται το φαινόμενο των γεωγραφικών προσφύγων, λόγω αδυναμίας προσαρμογής στα νέα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής όπου ζούσαν.

Η προσαρμογή των έμβιων όντων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής είναι επιτακτική, όπως και η εφαρμογή μέτρων μετριασμού και αντιμετώπισης τους. Οι επιστήμονες διαθέτοντας πλέον μοντέλα καταγραφής των φαινομένων, μας παρουσιάζουν τακτικά νέα σενάρια πρόβλεψης για το μέλλον. Αυτά οδηγούν τις κυβερνήσεις των κρατών του πλανήτη μας σε διεθνείς συμφωνίες που αφορούν τη συγκράτηση των φαινομένων, χαράσσοντας νέες κοινωνικοοικονομικές πολιτικές.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου ως περιβαλλοντικό πρόβλημα, θα απασχολήσει σοβαρά τις επόμενες γενεές, επομένως και τους μαθητές μας. Ως εκπαιδευτικοί καλούμαστε να γνωρίσουμε στους μαθητές τις συνέπειες του φαινομένου στο φυσικό περιβάλλον, αλλά και πώς να διαχειρίζονται αυτές στη ζωή τους. Με τη χρήση κατάλληλων σχεδίων μαθήματος, την χρήση ΤΠΕ και την εκπόνηση περιβαλλοντικών προγραμμάτων, μπορούμε να διδάξουμε αποτελεσματικότερα το φαινόμενο, συμβάλλοντας στην ευαισθητοποίηση και στον ενεργό κοινωνικό τους ρόλο.

ΜΕΡΟΣ Α

Κεφάλαιο 1^ο : Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι αλληλεπιδράσεις του

1.1. Εισαγωγή στην ατμόσφαιρα της Γης

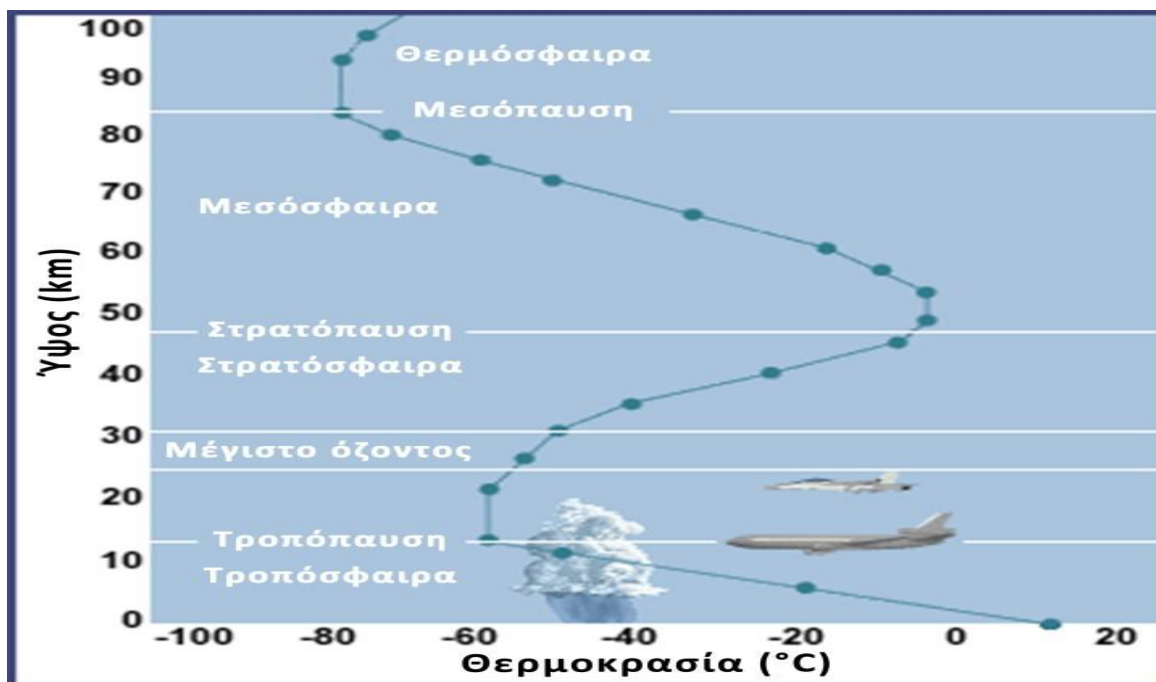
Για να κατανοήσουμε φαινόμενα που σχετίζονται με τη κλιματική αλλαγή, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος, πρέπει να γνωρίσουμε τη γήινη ατμόσφαιρα και τη σύστασή της. Αυτή αποτελείται από ένα σύνολο αερίων σωματιδίων που συνθέτουν τον αέρα, ο οποίος περιβάλλει το πλανήτη και συγκρατείται από τη βαρύτητα. Με τη πάροδο του χρόνου, η συγκέντρωση των αερίων μεταβάλλεται και μαζί με τις διεργασίες οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης της ατμόσφαιρας με την υδρόσφαιρα, με τη λιθόσφαιρα, με την βιόσφαιρα και με την ηλιακή ακτινοβολία, επηρεάζουν το κλίμα και τη ζωή των έμβιων όντων στον πλανήτη μας (Πίνακας 1). (1)

Πίνακας 1. Τα κυριότερα αέρια της ατμόσφαιρας. (Πηγή: Zecchini, 2011)

ΑΕΡΙΟ	ΕΚΑΤΟΣΤΙΑΙΑ ΑΝΑΛΟΓΙΑ (%)
Άζωτο (N ₂)	78.084
Οξυγόνο (O ₂)	20.946
Αργό (Ar)	0.934
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	0.033
Ήλιο (He)	< 0.003
Νέο (Ne)	
Ξένο (Xe)	
Κρυπτό (Kr)	
Υδρογόνο (H ₂)	
Μεθάνιο (CH ₄)	
Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O)	

Η ατμόσφαιρα χωρίζεται σε στρώματα κυρίως με βάση τη θερμοκρασία, η οποία μειώνεται περίπου κατά 6,5° C ανά Km σε σχέση με το ύψος (Εικόνα 1). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται κατακόρυφη θερμοβαθμίδα (*vertical temperature gradients*). Η θερμοκρασία σχετίζεται με την απώλεια ακτινοβολίας εντός της ατμόσφαιρας, εξαιτίας

των ατμοσφαιρικών αερίων και σωματιδίων που προκαλούν ανάκλαση, διάχυση και απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. (1)



Εικόνα 1. Παράσταση της στρωμάτωσης της ατμόσφαιρας και εξάρτηση της θερμοκρασίας από το ύψος. (Πηγή: <http://www.meted.ucar.edu>)

1.2. Φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και η σημασία του για τη ζωή

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο με ουσιαστικό ρόλο στο κλίμα της Γης, που είναι απαραίτητο για την εμφάνιση, διατήρηση και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη μας. Οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο τα οξείδια του αζώτου και οι χλωροφθοράνθρακες αποτελούν διαφανή αέρια στη προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια, η οποία τα διαπερνά και φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Τα παραπάνω αέρια είναι σχετικά διαφανή στο ορατό φάσμα (λόγω της υψηλής θερμοκρασίας ηλιακής εκπομπής), ενώ απορροφούν στο υπέρυθρο φάσμα (IR) και επιπλέον επανεκπέμπουν προς το έδαφος, μέρος της υπέρυθρης (θερμικής) ακτινοβολίας που προέρχεται από την επιφάνεια της Γης. Όπως φαίνεται παρακάτω (Εικόνες 2,3), το 51% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από το έδαφος και αξιοποιείται για τη θέρμανση της επιφάνειας του πλανήτη και της χαμηλότερης ατμόσφαιρας, τη τήξη των πάγων, την εξάτμιση των υδάτων και τη φωτοσύνθεση στα φυτά. Ένα ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται από την επιφάνεια της Γης και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *λευκαύγεια*, το οποίο εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας και τη γωνία

πρόσπτωσης της ακτινοβολίας. Το διοξείδιο του άνθρακα, οι υδρατμοί και τα νέφη απορροφούν τις υπέρυθρες ακτίνες, συμβάλλοντας στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, ενώ το ποσοστό απορρόφησης εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες (υπολογίζεται περίπου 10% όταν ο ουρανός είναι καθαρός και 30% όταν είναι συννεφιασμένος). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου*.

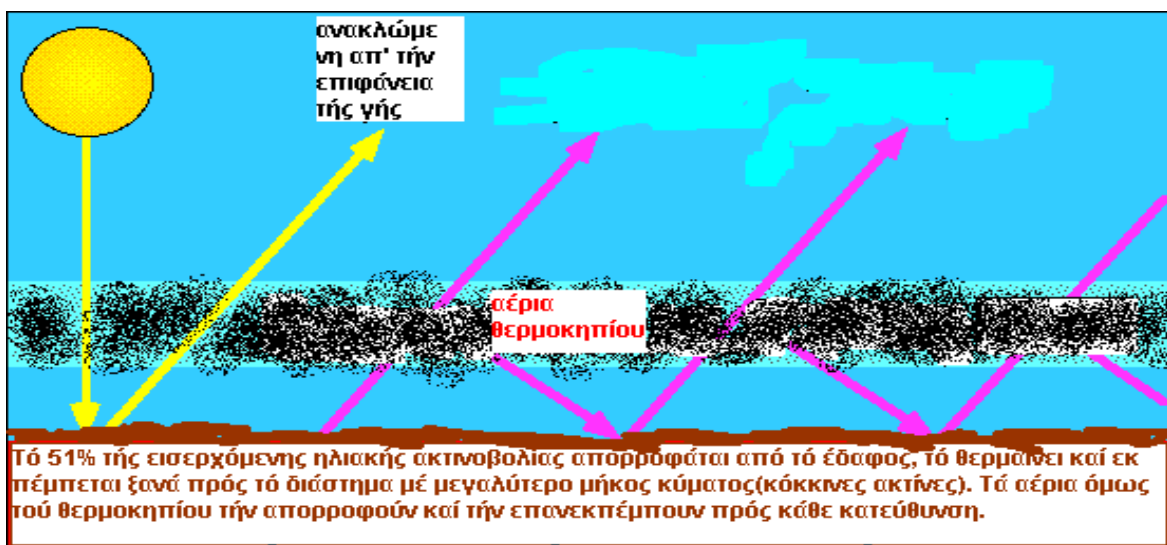
Η συνολική ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα θερμαίνει τη Γη και η εκπεμπόμενη γήινη θερμική ακτινοβολία εξισορροπεί την αύξηση της θερμοκρασίας. (1)

(2)



Εικόνα 2. Αλληλεπίδραση ηλιακής ακτινοβολίας και επιφάνειας της Γης.

(Πηγή: <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/FainThermoKip.htm>)

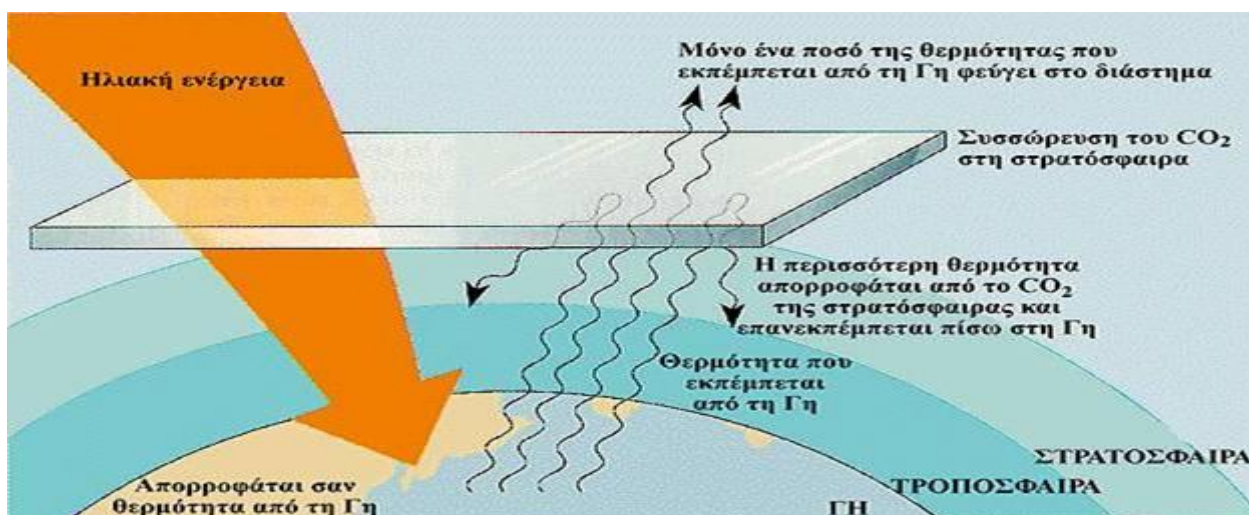


Εικόνα 3. Απεικόνιση της επιφάνειας της Γης ως πομπός υπέρυθρης ακτινοβολίας.

(Πηγή: <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/FainThermoKip.ht>)

Αν δεν υπήρχε το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η ανακλώμενη από τον πλανήτη μας υπέρυθρη ακτινοβολία θα διέφευγε στο διάστημα, με αποτέλεσμα ο πλανήτης μας θα ήταν παγωμένος με θερμοκρασία περίπου -18°C . Αντίθετα, τα τελευταία 500.000 έτη, η μέση θερμοκρασία της Γης είναι μεταξύ $15^{\circ} - 27^{\circ}\text{C}$, διατηρώντας την θερμότητα ώστε να υποστηρίζεται το φαινόμενο της ζωής.

Το προστατευτικό κάλυμμα των αερίων λειτουργεί όπως το γυαλί ενός θερμοκηπίου, το οποίο επιτρέπει τη διέλευση του ορατού φωτός στο εσωτερικό και την απορρόφησή του από τα φυτά και το έδαφος, καθώς ο αέρας απορροφά τα εκπεμπόμενα από την επιφάνεια φωτόνια (Εικόνα 4). (3)



Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

(Πηγή: <http://www1.aegean.gr/gympeir/thermokipio.htm>)

Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες η συγκέντρωση των θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί δραματικά λόγω διάφορων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την εμφάνιση τεράστιων προβλημάτων στο κλίμα, στη βιοποικιλότητα και στην υγεία του ανθρώπου.

Η σύγχρονη ανάγκη του ανθρώπου για κατανάλωση ενέργειας, οδηγεί στην υπερβολική καύση ορυκτών καυσίμων και εκπομπή αερίων, με συνέπεια τη συγκέντρωση πολύ μεγαλύτερου ποσού υπέρυθρης ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα. Το αποτέλεσμα είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη που επάγει και την κλιματική αλλαγή, λόγω της διαταραχής του παγκόσμιου οικοσυστήματος.

Στα σημερινά μοντέλα, θεωρείται ότι ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα δύναται να αυξήσει την θερμοκρασία κατά 1°C , ενώ και άλλες θερμοκηπικές ουσίες, όπως οι υδρατμοί και τα νέφη, ενισχύουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης. Η ενίσχυση του συγκεκριμένου φαινομένου πάνω από την επιφάνεια της Γης είναι τέτοια που δεν της επιτρέπει τη ψύξη από την εκπεμπόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία. (4)

Ομοίως, στη μελέτη των *Dunne & Harte* (2001), αιτία δημιουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου, ορίζεται η δέσμευση της ανακλώμενης από το έδαφος υπέρυθρης ακτινοβολίας και άρα της θερμότητας. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες αύξησαν σημαντικά τις εκπομπές CO_2 στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την επιδείνωση του φαινομένου. (5)

1.3. Ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου

1.3.1. Εισαγωγή στην ατμοσφαιρική ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζουμε την ύπαρξη στην ατμόσφαιρα χημικών ουσιών ή ακτινοβολιών που προσδιορίζονται σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια και μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στα έμβια όντα, στα οικοσυστήματα και στην ανθρώπινη υγεία. Η ρύπανση προκαλείται από τους ρύπους δηλαδή από τα επιβλαβή αέρια που απελευθερώνονται από τα καυσαέρια, εντομοκτόνα και παρασιτοκτόνα, τις επιβλαβείς ακτινοβολίες (ραδιενέργεια) και άλλες πηγές που ενισχύονται κυρίως λόγω των αυξανόμενων ανθρώπινων αναγκών και δραστηριοτήτων.

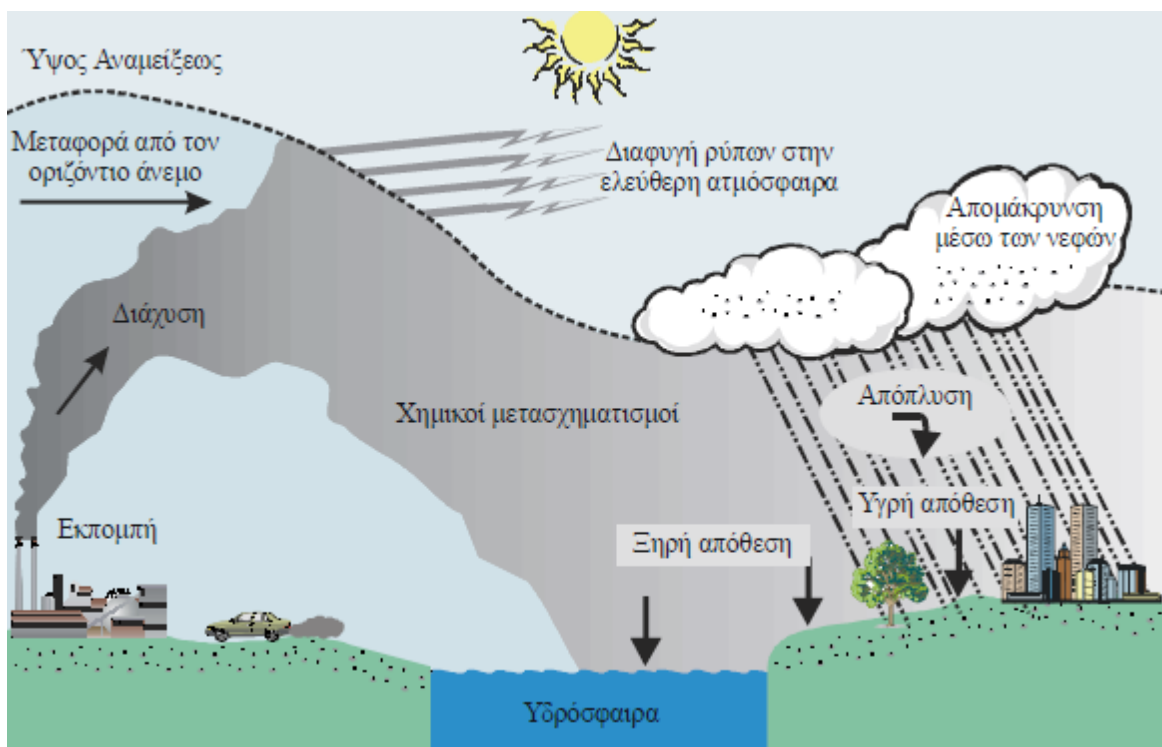
Οι αέριοι ρύποι διασκορπίζονται μέσα στην ατμόσφαιρα και αναμιγνύονται με τον καθαρό αέρα μέσω της κίνησης των αερίων μαζών (άνεμοι, ρεύματα, ανεμοστρόβιλοι κλπ), οπότε η διάχυση και δράση τους εξαρτάται από τη συγκέντρωση, την ποιότητα και τις μετεωρολογικές συνθήκες (**Εικόνα 5**).

Οι ρύποι αυτοί προέρχονται είτε από φυσικές είτε από ανθρωπογενείς πηγές και διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύπους. Οι πρωτογενείς ρύποι (μονοξείδιο του άνθρακα CO , διοξείδιο του θείου SO_2 , μονοξείδιο του αζώτου NO και άκαυστοι υδρογονάνθρακες) απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα σε φυσική μορφή, ενώ οι δευτερογενείς ρύποι (όζον O_3) παράγονται από τους πρωτογενείς με φυσικοχημικές διεργασίες, παρουσία φωτός και οξυγόνου και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *φωτοξείδωση (photooxidation)*. (1) (6) (7)

➤ Κύριες φυσικές πηγές αερίων ρύπων

Οι φυσικές πηγές εκπομπής αερίων ρύπων δεν οφείλονται στην ανθρώπινη παρέμβαση, από μόνες τους δεν οδηγούν σε ασυνήθιστες υψηλές συγκεντρώσεις και περιορίζονται σε συγκεκριμένα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Η χλωρίδα της Γης αποτελεί πρώτη κύρια φυσική πηγή, καθώς τα φυτά και τα δέντρα αποτελούν μεγάλη πηγή υδρογονανθράκων. Οι ωκεανοί αποτελούν φυσική πηγή, καθώς μικροοργανισμοί τους (π.χ φυτοπλαγκτόν) παράγουν μεγάλες συγκεντρώσεις θειούχων ενώσεων, ενώ τα κύματα διαβρώνουν πετρώματα και παράγουν αιωρούμενα σωματίδια. Επιπλέον, οι άνεμοι παράγουν ατμοσφαιρικά αιωρήματα καθώς είτε παρασύρουν υδροσταγονίδια που περιέχουν άλατα, είτε παρασύρουν στοιχεία από το έδαφος (σκόνη, άμμος) που μπορούν σε υψηλές συγκεντρώσεις να μειώσουν την ορατότητα (*καπνομίχλη*). Η καύση της βιομάζας αποτελεί φυσική πηγή και προέρχεται από πυρκαγιές σε δάση και λιβάδια που οφείλονται σε υψηλές θερμοκρασίες, ισχυρές καταιγίδες ή κεραυνούς. Ακόμη, τα ηφαίστεια παράγουν υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων και αερίων (π.χ μεθάνιο, υδρόθειο) που μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα, όπου παραμένουν για μεγάλες χρονικές περιόδους.



Εικόνα 5. Σχηματική απεικόνιση διασποράς των αερίων ρύπων. (Πηγή: Μελάς, 2000)

➤ Ανθρώπινες πηγές αερίων ρύπων

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που συνδέονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ποικίλες και συνοψίζονται στη βιομηχανική δραστηριότητα και παραγωγής ενέργειας, στις μεταφορές και στις κεντρικές θερμάνσεις.

Τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία συνεπάγονται τη παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, βαρέων μετάλλων αλλά και ποσοτήτων μολύβδου, χαλκού και καδμίου.

Στις μηχανές εσωτερικής καύσης (π.χ. μηχανές αυτοκινήτων) οι καύσεις δεν είναι τέλειες, η ρύπανση προέρχεται από τα προϊόντα της καύσης και από την εξάτμιση των μηχανών (άκαυστοι υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου).

Οι ρύποι που προέρχονται από τις κεντρικές θερμάνσεις κυμαίνονται σε μικρότερο ποσοστό σε σχέση με τους παραπάνω ρύπους, είναι εποχικοί και το διοξείδιο του θείου είναι ο σημαντικότερος ρύπος της κατηγορίας αυτής. (8)

➤ Επιπτώσεις

Οι αρνητικές συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι πλέον αντιληπτές από όλους μας και συνδέονται με την ανθρώπινη υγεία, τα οικοσυστήματα και κλάδους της οικονομίας, όπως η γεωργία.

Η *όξινη βροχή* προέρχεται από την αντίδραση εκπομπών διοξειδίου του θείου με το νερό της βροχής, οπότε σχηματίζεται το θειώδες οξύ (H_2SO_3) και το θειικό οξύ (H_2SO_4) που προκαλούν βλάβες μεταξύ άλλων σε μνημεία, κτίρια και κατασκευές.

Επίσης, στις σύγχρονες μεγαλουπόλεις οι εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και υδρογονανθράκων αντιδρούν μεταξύ τους, παρουσία ηλιακού φωτός και σχηματίζουν τη *φωτοχημική αιθαλομίχλη* (*photochemical smog*). Το φαινόμενο στις αστικές πόλεις συνδέεται κυρίως με την υψηλή ηλιοφάνεια και τα πολλά τροχοφόρα οχήματα (**Πίνακας 2**). (1) (9)

Πίνακας 2. Τα καυσαέρια της ατμόσφαιρας.

Κατηγορίες καυσαερίων	Μοριακοί τύποι αερίων	Παρατηρήσεις
Αδρανή (μη τοξικά) αέρια	H ₂ O, CO ₂	Δεν είναι τοξικά, αποτελούν θερμοκηπικά αέρια.
Τοξικά αέρια	NO, NO ₂	Τα οξείδια του αζώτου συμβάλλουν στη δημιουργία φωτοχημικού νέφους, όξινης βροχής και όζοντος στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας.
Τοξικά αέρια	CO	Είναι δηλητηριώδες, δεσμεύεται από την αιμοσφαιρίνη του αίματος, προκαλεί θάνατο.
Τοξικά αέρια	SO ₂ , SO ₃	Τα οξείδια του θείου ευθύνονται για την όξινη βροχή, προβλήματα αναπνευστικού συστήματος.

1.3.2. Ιστορική αναδρομή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου έγινε γνωστό από τον 18^ο αιώνα για τις φυσικές του λειτουργίες και όχι για τις αρνητικές του επιδράσεις, ενώ από το 1950 συνδέθηκε με το κλίμα. Πριν τη βιομηχανική επανάσταση πολλές φυλές ζούσαν ως νομάδες μακριά από τα απόβλητα ζώων και ανθρώπων. Η ανακάλυψη της φωτιάς και της καμινάδας αύξησαν τη ρύπανση του αέρα με προϊόντα ατελούς καύσης. Τον 19^ο αιώνα η βιομηχανική επανάσταση οδήγησε την ανθρωπότητα στη χρήση κάρβουνου, πετρελαίου, ατμομηχανών, πλοίων και κεντρικών θερμάνσεων με συνέπεια τις αυξανόμενες εκπομπές καπνού και στάχτης.

Τον 20^ο αιώνα διάφορα γεγονότα που οδήγησαν σε χιλιάδες θανάτους ανθρώπων (λόγω αιθαλομίχλης είχαμε 1000 θανάτους στην Γλασκώβη το 1909, 60 θανάτους στο Βέλγιο το 1930, 4000 θανάτους στο Λονδίνο το 1952), υπογράμμισαν τις διαστάσεις του προβλήματος και την ανάγκη ελέγχου της ποιότητας αέρα που αναπνέουμε. Σήμερα είναι πλέον γνωστό το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά και ότι χωρίς αυτό δεν θα υπήρχε ζωή στον πλανήτη.

Ο Joseph Fourier (1768-1830) για πρώτη φορά το 1800 ανέφερε ότι η ατμόσφαιρα θερμαίνεται από αέρια της και την παρομοίωσε με το γυαλί ενός θερμοκηπίου που

θερμαίνει τον πλανήτη. Στην Αγγλία ο John Tyndall (1820-1893) απέδειξε πειραματικά ότι οι υδρατμοί και το διοξείδιο του άνθρακα απορροφούν θερμότητα μέσω ακτινοβολίας και υπολόγισε την αύξηση της θερμοκρασίας. Το 1896 ο Svante Arrhenious (1859-1927) από την Σουηδία, προέβλεψε ότι ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα απέφερε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της κατά 5-6 °C. Επίσης, ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε τους υδρατμούς ως αέριο ενίσχυσης της θέρμανσης. Το 1980 ο Σουηδός Μπέρτ Μπολίν τόνισε ότι η Γη υπερθερμαίνεται τον τελευταίο αιώνα. Μελέτη των Hansen *et al.* (1999) έδειξε ότι η μέση παγκόσμια θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 0,9° C τα τελευταία 140 χρόνια (από 13,5° C σε 14,4° C).

Η μεταβολή της σύνθεσης της ατμόσφαιρας λόγω της ανθρωπογενούς επίδρασης και της υπερεκμετάλλευσης των φυσικών πόρων συνέβαλαν τελικά στη κλιματική αλλαγή.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα αυξάνεται τα τελευταία 150 χρόνια, ότι απορροφά θερμότητα με υπέρυθρη ακτινοβολία και ότι ο πλανήτης μας υπερθερμαίνεται. Είναι πλέον γνωστό ότι τα αέρια που ονομάζονται άζωτο και οξυγόνο βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στην ατμόσφαιρα και δεν απορροφούν ή εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία, ενώ οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα και κάποια άλλα αέρια μικρότερης συγκέντρωσης την απορροφούν και για αυτό το λόγο αποκαλούνται *αέρια του θερμοκηπίου*. (1) (8) (10) (11)

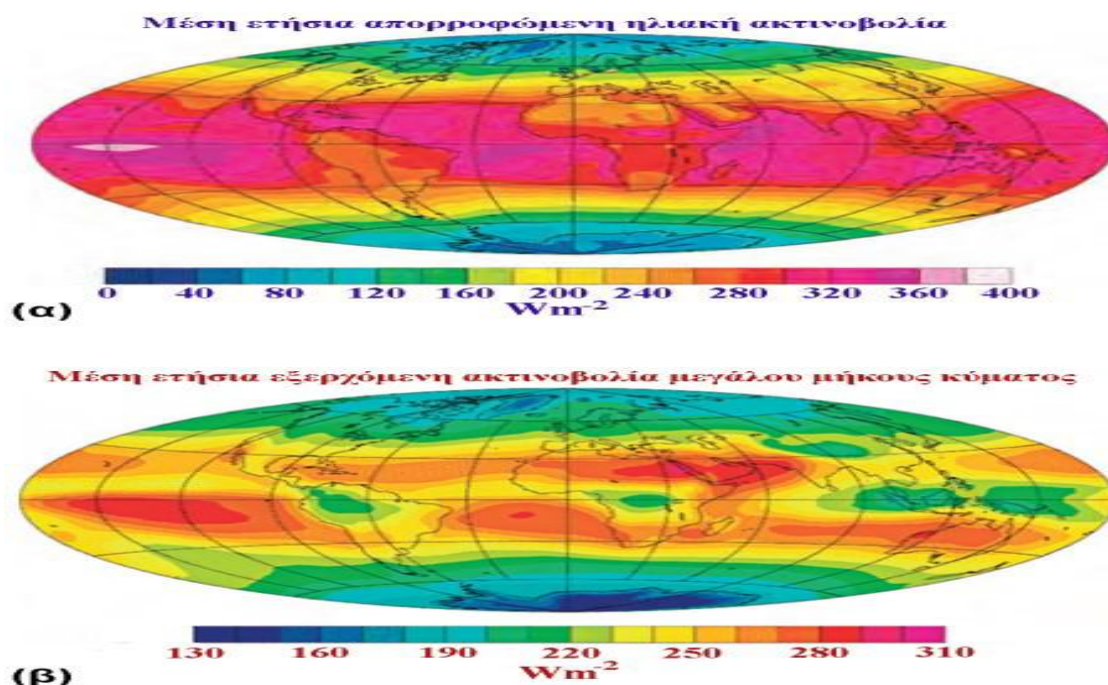
Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι πλέον γεγονός και συνδέεται άμεσα με τη κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με την UNFCCC (1992), ως *κλιματική αλλαγή* ορίζουμε τη διαταραχή του κλίματος λόγω των άμεσων ή έμμεσων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Οι εκτεταμένες παρεμβάσεις και η αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών οικοσυστημάτων, φέρνει τον ανθρώπινο πληθυσμό αντιμέτωπο με μια πραγματικότητα η οποία είναι δύσκολα αναστρέψιμη. Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις γίνονται κυρίως στα χερσαία οικοσυστήματα, επειδή από αυτά ο άνθρωπος εξαρτάται άμεσα και λαμβάνει τις πρώτες ύλες που χρειάζεται στη ζωή του. (12)

1.3.3. Η έννοια της τροποποίησης του ισοζυγίου της ακτινοβολίας

Τα διάφορα συστατικά της βιόσφαιρας εναλλάσσουν συνεχώς ενέργεια και ύλη ώστε η Γη να βρίσκεται σε ενεργειακή ισορροπία. Όση ενέργεια (ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος) προσλαμβάνει από τον Ήλιο, τόση ενέργεια (ακτινοβολία μεγάλου μήκους

κύματος) αποβάλλει. Η ηλιακή ενέργεια δεν απορροφάται ομοιόμορφα από την επιφάνεια της Γης, ούτε εκπέμπεται ομοιόμορφα από αυτήν.

Συγκεκριμένα, τη μέγιστη απορρόφηση επιτυγχάνει η τροπική ζώνη λόγω της μικρής γωνίας πρόσπτωσης της ακτινοβολίας, ενώ η ελάχιστη απορρόφηση επιτυγχάνεται στους πόλους της Γης, λόγω της μεγάλης γωνίας πρόσπτωσης και των μεγάλων τιμών ανακλαστικότητας της ακτινοβολίας (εξαιτίας των πάγων). Επίσης, η μέγιστη εκπομπή ακτινοβολίας παρουσιάζεται πάνω από τους ωκεανούς και τις ερήμους, λόγω περιορισμένης νεφοκάλυψης, ενώ χαμηλή εκπομπή παρουσιάζεται στις περιοχές του Ισημερινού (Εικόνα 6). (13)



Εικόνα 6. Γεωγραφική κατανομή της μέσης ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας.

Πηγή: πείραμα της NASA Earth Radiation Budget (τροποποίηση από Wallace J.M. and P.V. Hobbs, Atmospheric Science, An Introductory Survey)

Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι ψυχρά ($-30^{\circ}C$ έως $-50^{\circ}C$), απορροφούν ένα ποσοστό της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από την επιφάνεια και επανεκπέμπουν μικρότερα ποσά ενέργειας προς το διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο, θερμαίνουν το στρώμα μεταξύ της επιφάνειας της Γης και της μέσης τροπόσφαιρας. Παράλληλα, τα νέφη λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο καθώς απορροφούν και εκπέμπουν ηλιακή ακτινοβολία.

Οι διαδικασίες εκτελούνται ανταγωνιστικά, ώστε η επιφανειακή θερμοκρασία και η ατμόσφαιρα να βρίσκονται σε ενεργειακή ισορροπία.

Η συγκέντρωση των υδρατμών εξαρτάται από την εξάτμιση της επιφάνειας των ωκεανών και όχι άμεσα από τον άνθρωπο. Αντίθετα, η συγκέντρωση των υπόλοιπων αερίων αυξάνουν σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της βιομηχανικής επανάστασης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αυτές έχουν οδηγήσει σε μεταβολές της σύστασης της ατμόσφαιρας, των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της Γης και της ηλιακής δραστηριότητας.

Η *τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας* αποτελεί δείκτη της μεταβολής της ενέργειας του συστήματος Γης - ατμόσφαιρας λόγω των παραπάνω διαταραχών, μετριέται σε μονάδες Wm^{-2} και αναφέρεται στη θετική ή αρνητική ποσότητα ενέργειας που παρακρατείται από το σύστημα λόγω των μεταβολών αυτών. Η θετική μεταβολή αποφέρει θέρμανση, ενώ η αρνητική μεταβολή αποφέρει ψύξη με συνεπαγόμενες συνέπειες στη μεταβολή της μέσης παγκόσμιας επιφανειακής θερμοκρασίας. (10)

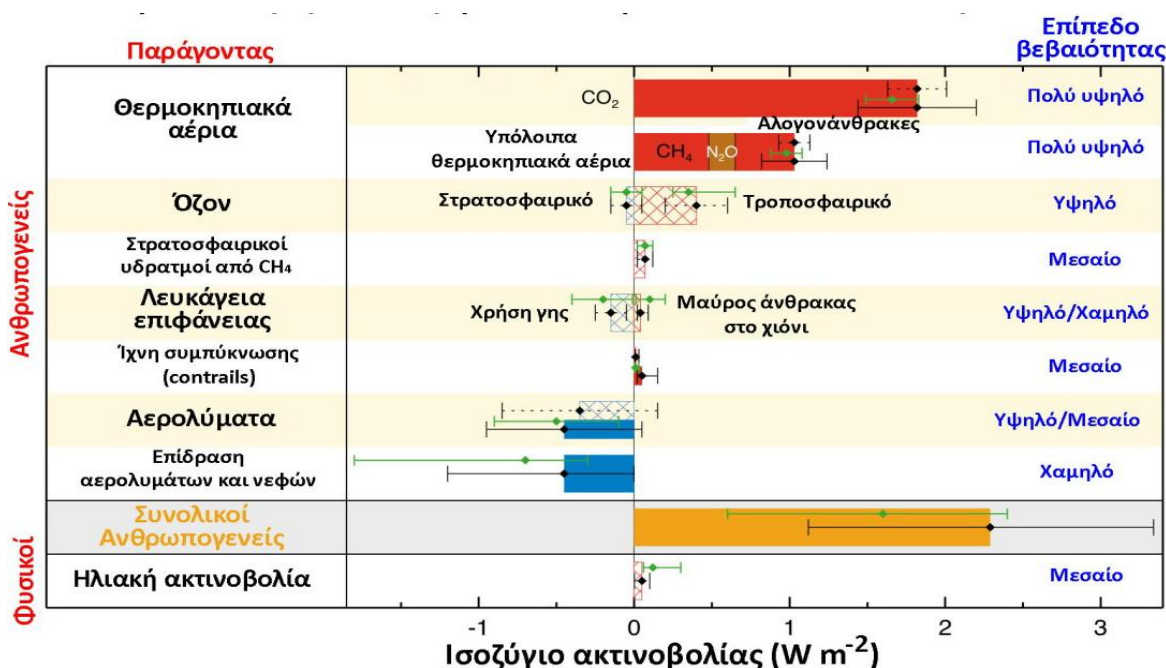
1.3.4. Η τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας από τα θερμοκηπικά αέρια και μέθοδοι αναδρομικής μελέτης τους

Τα τελευταία 15 έτη, το διοξείδιο του άνθρακα πρωταγωνιστεί στη τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας, προκαλώντας ρυθμό αύξησης $0.3 Wm^{-2}$ ανά δεκαετία κι αυτό λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Αντίστοιχα, οι συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου έχουν αυξηθεί κατά 6% από το 2005 έως το 2011 και συνεχίζουν να αυξάνουν, η επίδραση των αλογονανθράκων παραμένει σχετικά σταθερή, ενώ το όζον και οι υδρατμοί της στρατόσφαιρας συνεισφέρουν στην τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας (**Εικόνα 7**).

Το Εθνικό Συμβούλιο για τους Ωκεανούς (NOAA) αποφάνθηκε ότι σε ορισμένες περιοχές της Γης, η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε κατά $5^{\circ} C$ από το 1950 έως το 1999. Όμως, πειραματικές αποδείξεις τελευταίων ετών έδειξαν ότι η υπερθέρμανση δεν οφείλεται μόνο στα θερμοκηπικά αέρια.

Επομένως, απαιτείται η αποσαφήνιση του ακριβούς ρόλου των αερίων στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στη κλιματική αλλαγή, όπως και η μοντελοποίηση του προβλήματος και των παραμέτρων του. (1) (10)



Εικόνα 7. Το ισοζύγιο ακτινοβολίας ανά παράγοντα από το 1750 έως το 2011.

(Πηγή: IPCC 2013)

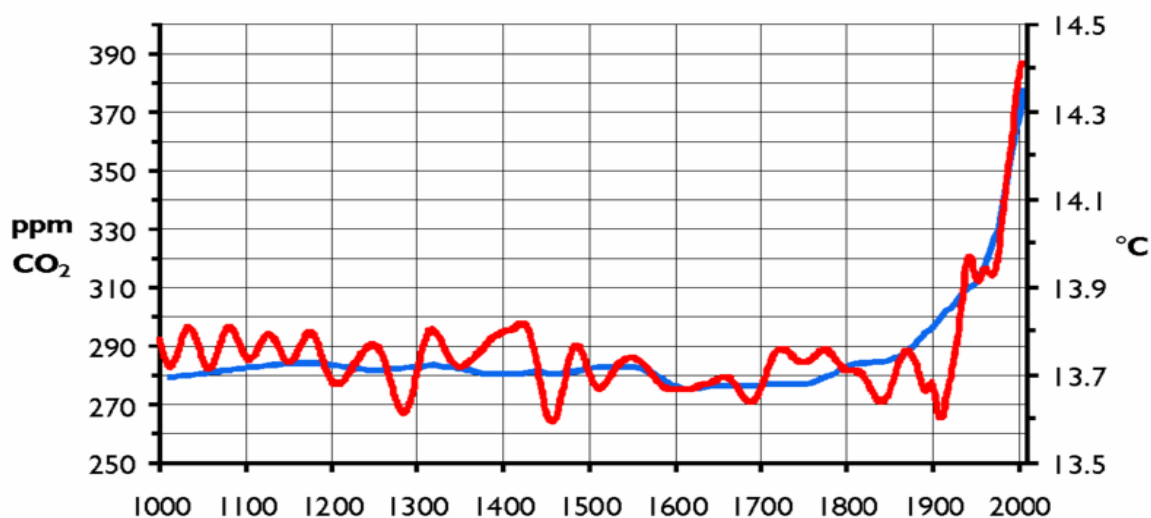
Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μετά την βιομηχανική επανάσταση προκαλούν αύξηση της εκπομπής θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα, είτε με άμεσο τρόπο, είτε έμμεσα μέσω ατμοσφαιρικών χημικών αντιδράσεων. Επιπλέον, τα ανθρωπογενή αερολύματα συμβάλλουν στο παραπάνω φαινόμενο με διεργασίες οι οποίες σχετίζονται με την αλληλεπίδραση των αερολυμάτων με την ηλιακή ακτινοβολία και τα νέφη. Η τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας μπορεί στις μέρες μας να εκτιμηθεί, καθώς γίνονται αναδρομικές έρευνες για τη συγκέντρωση των θερμοκηπικών αερίων σε προγενέστερες εποχές.

Αυτό μπορεί να γίνει με μετρήσεις και καταγραφές της σύστασης των ηφαιστειακών αερίων ή την μέτρηση του CO₂ στους ωκεανούς, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό του μετατράπηκε αργότερα σε θαλάσσια ανθρακικά ιζήματα. Τα ιζήματα σε κατάλληλες συνθήκες σχηματίζουν πετρώματα τα οποία μπορεί να εμπεριέχουν συστατικά (πλαγκτόν, γύρη), τα οποία αναδεικνύουν χαρακτηριστικά κλιματικών ζωνών, της θερμοκρασίας σχηματισμού τους, καθώς και τη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας.

Με τη μελέτη των πυρήνων γεώτρησης στα βάθη των ωκεανών, μπορούμε να ερευνήσουμε τα υποθαλάσσια στρώματα, τους μικροοργανισμούς που ζούσαν στις εποχές εκείνες, καθώς και την ηλικία τους.

Επίσης, η καταγραφή πυρήνων πάγου και η χημική ανάλυση μικρών φυσαλίδων που βρίσκονται πάνω στον πάγο, μας βοηθούν να εκτιμήσουμε τη συγκέντρωση του CO₂ και των άλλων αερίων της ατμόσφαιρας.

Με τη χρήση των παραπάνω τεχνικών, έχουν γίνει έρευνες για περιόδους χιλιάδων ετών πριν έως και σχετικά πρόσφατα. Αυτές έδειξαν ότι η συγκέντρωση του CO₂ και της μέσης θερμοκρασίας της Γης, έχουν παρουσιάσει ανάλογες διακυμάνσεις που φανερώνουν την αλληλεξάρτησή τους (Εικόνα 8). (1)



Εικόνα 8. Σύγκριση διακυμάνσεων της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (μπλε γραμμή) και της μέσης θερμοκρασίας (κόκκινη γραμμή) τα τελευταία 1000 έτη

(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:CO2-Temp.png>)

1.3.5. Τα αέρια του θερμοκηπίου και η ανθρώπινη επίδραση

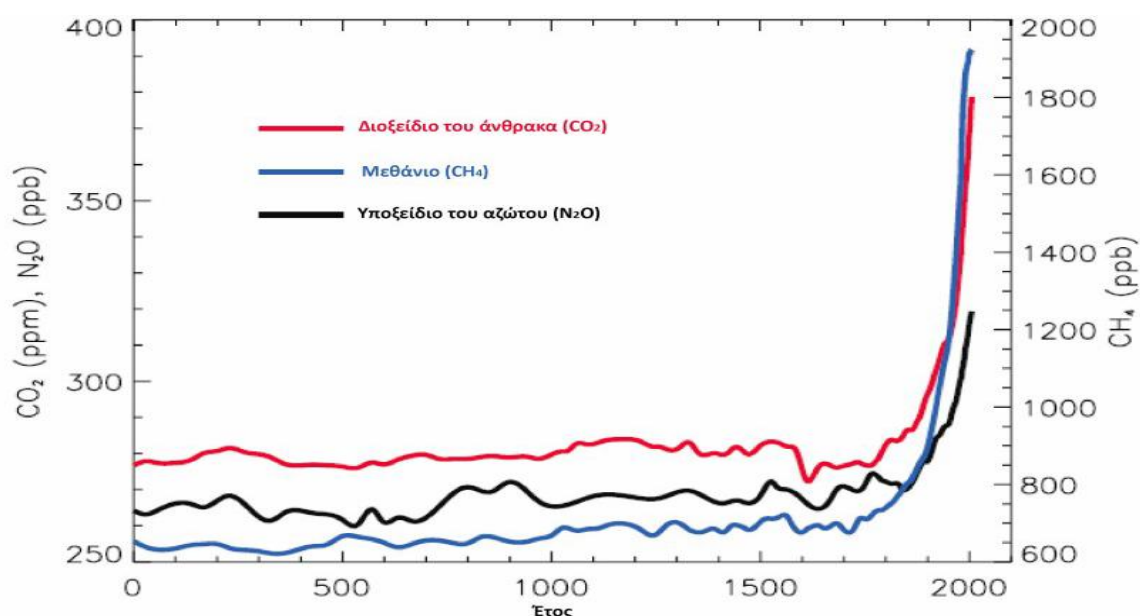
Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), οι υδρατμοί (H₂O) και τα υποξείδια του αζώτου (N₂O) είναι τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου. Τα άτομα των μορίων τους συνδέονται με χαλαρούς δεσμούς, απορροφούν υπέρυθρη ακτινοβολία, ταλαντώνονται και την επανεκπέμπουν πιθανότατα σε άλλα μόρια θερμοκηπικών αερίων. Έτσι, η διαδικασία αυτή συμβάλλει στο να παραμένει θερμή η γήινη ατμόσφαιρα.

Από την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης οι συγκεντρώσεις των παραπάνω αερίων στην ατμόσφαιρα συνεχώς αυξάνουν, διότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν προς αυτή τη κατεύθυνση. Αυτές αφορούν βασικά στον ενεργειακό τομέα, στις μεταφορές, στη παραγωγή και στη χρήση χημικών ουσιών, στην αποψίλωση δασικών

εκτάσεων και στις γεωργικές δραστηριότητες (Εικόνες 9,10). Η αύξηση των συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων διαταράσσει το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη, οδηγεί στην υπερθέρμανση και στην κλιματική αλλαγή.

➤ Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ προκαλείται από τις αυξανόμενες καύσεις για την παραγωγή ενέργειας και υλικών, καθώς και από τη μείωση της φωτοσύνθεσης.

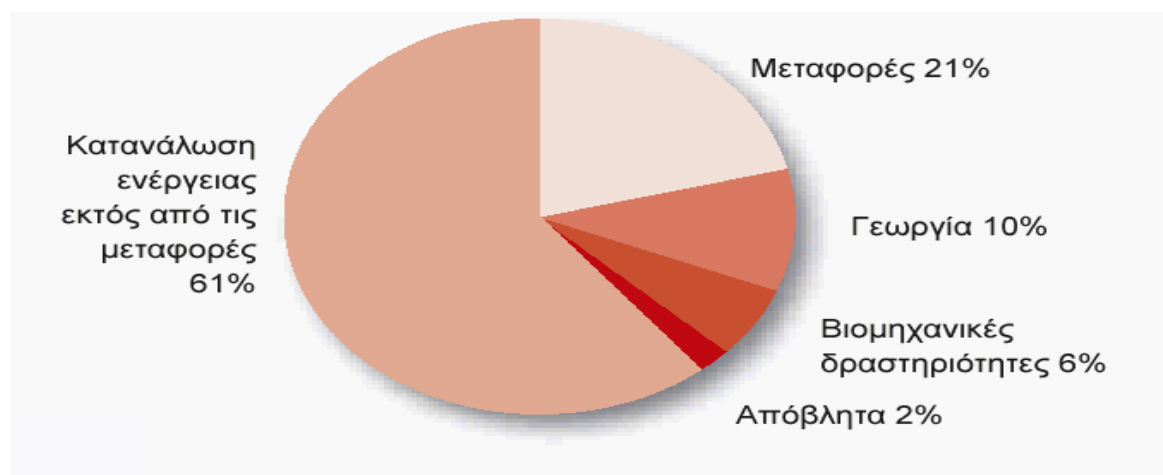


Εικόνα 9. Συγκεντρώσεις των σημαντικότερων αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2000 ετών

(Πηγή: IPCC, 2007)

Η συνεχής χρήση ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές, τη θέρμανση και τη ψύξη, τη παρασκευή τσιμέντου και άλλων προϊόντων, όπως και η αποψίλωση των δασών απελευθερώνουν CO₂. Είναι ο πιο επιβαρυντικός για την ατμόσφαιρα ρύπος και συνδέεται με το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Στις μέρες μας εκτιμάται ότι η παραγωγή του CO₂ στην ατμόσφαιρα φτάνει στους 11 δισεκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων οι περίπου 7 δισεκατομμύρια τόνοι οφείλονται στον άνθρωπο. Επιπλέον, το CO₂ απελευθερώνεται με φυσικές διεργασίες, όπως με την εκπνοή, την αποσύνθεση της οργανικής ύλης, με τις φυσικές ηφαιστειακές εκπομπές και από τα ανθρακικά άλατα των βράχων.



Εικόνα 10. Εκπομπές θερμοκηπικών αερίων ανά κλάδο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (2003)

(Πηγή: http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/teachers_el.htm)

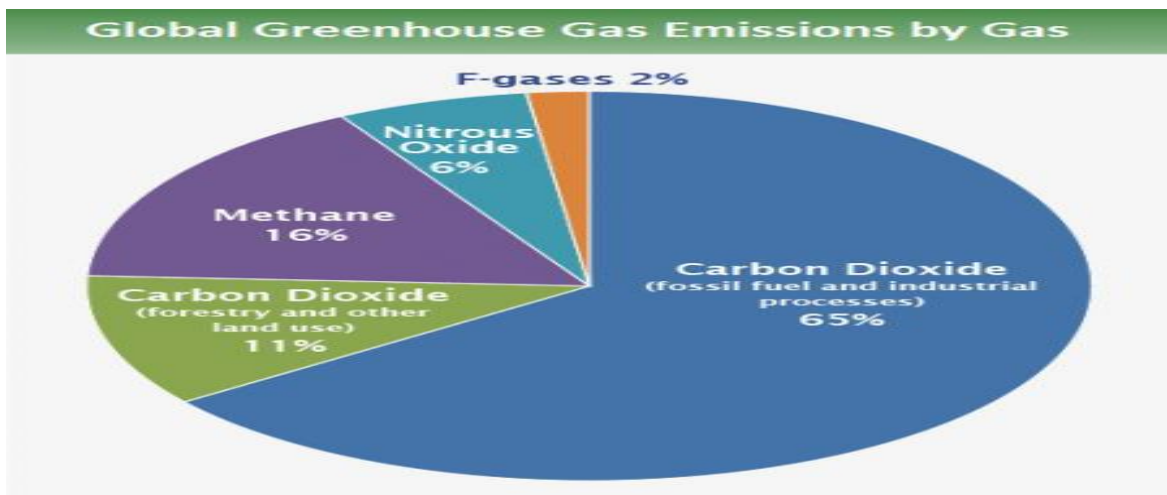
Η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, κυρίως λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων, της αποψίλωσης και της αλλαγής χρήσης εκτάσεων γης για γεωργικούς σκοπούς (Goldberg *et al.*, 2012). Η αύξηση αυτή ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα περισσότερα κλιματικά μοντέλα εκτιμούν ότι η θερμοκρασία του πλανήτη θα αυξηθεί 1-4° C έως το 2050.

➤ Μεθάνιο (CH₄)

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), έχει αποφανθεί ότι στο μεθάνιο οφείλεται σε ποσοστό 16% το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη και ότι αυτό εκλύεται μέσω πολλών φυσικών και ανθρώπινων διεργασιών (Εικόνα 11).

Οι φυσικές διεργασίες πραγματοποιούνται στο υπέδαφος, στα έλη, στους υδροτόπους, με την αποσύνθεση της φυτικής βιομάζας, από τα ωκεάνια ιζήματα, τους βάλτους, από τα μόνιμα στρώματα πάγου και από τις σχισμές των βράχων.

Επιπλέον, ο άνθρωπος τεχνητά αυξάνει την παραγωγή του μεθανίου με δραστηριότητες, όπως η γεωργία, η ζωοτεχνολογία, τα βοσκοτόπια βοοειδών, με την εξόρυξη και διανομή φυσικού αερίου.



Εικόνα 11. Ποσοστιαίες εκπομπές των κύριων θερμοκηπικών αερίων

(Πηγή: IPCC, 2014)

➤ Όζον (O₃)

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), το όζον αποτελεί τον τρίτο αέριο ρύπο που συμβάλλει στο ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Είναι δευτερογενής ρύπος που παράγεται και καταστρέφεται στην ατμόσφαιρα μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων, συμβάλλοντας έμμεσα στο φαινόμενο, καθώς επηρεάζει τη παρουσία άλλων αερίων του θερμοκηπίου.

Για παράδειγμα, συνδέεται με το μεθάνιο, τους υδροχλωροφθοράνθρακες και με οξειδωτικά χημικά είδη, όπως τις ρίζες υδροξυλίου (OH) και τριοξειδίου του αζώτου (NO₃).

Στην στρατόσφαιρα το όζον παράγεται με φυσικό τρόπο και προστατεύει την επιφάνεια της Γης από την υπεριώδη ακτινοβολία. Στην τροπόσφαιρα το όζον αποτελεί θερμοκηπικό αέριο και ο άνθρωπος έχει συμβάλλει στην αύξηση παραγωγής του, με δραστηριότητες που απελευθερώνουν μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου, τα οποία αντιδρούν φωτοχημικά και παράγουν όζον.

Μέχρι το 1950 η συγκέντρωση του όζοντος στα χαμηλά στρώματα της τροπόσφαιρας παρέμενε σταθερή, ενώ από τότε έως πρόσφατα οι μετρήσεις έδειξαν αύξηση κατά 1% ετησίως.

➤ **Τα οξειδία και υποξειδία του αζώτου (NO_2 , NO , N_2O)**

Η συγκέντρωση των οξειδίων (NO_2 , NO) και υποξειδίων του αζώτου, αυξάνεται κατά 0,25% ετησίως την τελευταία δεκαετία και δρουν ενισχυτικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Απελευθερώνονται με φυσικό τρόπο από το έδαφος και τους ωκεανούς, ενώ το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) απελευθερώνεται με βακτηριακή διεργασία από τον κύκλο του αζώτου.

Ειδικότερα, το μονοξείδιο του αζώτου (NO) παράγεται από βακτηριακή διεργασία και από τις μηχανές καύσης. Επιπλέον, το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) παράγεται από την οξείδωση του NO με φωτοχημικές διεργασίες.

Επίσης, οι φωτοχημικές αντιδράσεις των NO_2 , NO και O_3 προκαλούν τη *φωτοχημική αιθαλομίχλη*, που οφείλεται στην απορρόφηση του κυανού και κίτρινου μέρους του υπέρυθρου φάσματος από το NO_2 .

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν στην αύξηση εκπομπής των παραπάνω οξειδίων και υποξειδίων, σχετίζονται με τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, τη καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας, όπως και την αποψίλωση των δασών.

➤ **Υδρατμοί**

Οι υδρατμοί είναι από τα σημαντικότερα θερμοκηπικά αέρια και σε αφθονία στην ατμόσφαιρα. Η συγκέντρωση των υδρατμών επηρεάζεται άμεσα από τη κλιματική αλλαγή, καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας συμβάλλει στην συγκράτησή τους στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, η εκπομπή μεθανίου λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων επηρεάζει τους υδρατμούς καθώς αυτό διασπάται στην στρατόσφαιρα παράγοντας υδρατμούς.

➤ **Αερολύματα (aerosols)**

Τα πρωτογενή αερολύματα είναι μικρά στερεά ή υγρά αιωρούμενα σωματίδια (διάμετρο $<1\mu\text{m}$) τα οποία εκπέμπονται απευθείας από φυσικές και ανθρώπινες διεργασίες στην αρχική τους μορφή.

Τα δευτερογενή αερολύματα προκύπτουν από τα πρωτογενή με χημικές διαδικασίες εντός της ατμόσφαιρας.

Η σκόνη που προέρχεται από τις ερήμους, το θαλάσσιο άλας, η απελευθέρωση θείου και τέφρας από τις ηφαιστειακές εκρήξεις αποτελούν φυσικές πηγές εκπομπής τους.

Ανθρωπογενείς πηγές αποτελούν οι καύσεις ορυκτών καυσίμων και βιομάζας (θειούχες και οργανικές ενώσεις), οι εξορύξεις και οι κατασκευές. Γενικά, τα ατμοσφαιρικά αερολύματα είναι μικρά σωματίδια θειικού αμμωνίου $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, που προκύπτουν από αντιδράσεις διαφόρων ενώσεων του αζώτου και του διοξειδίου του θείου, λόγω των παραπάνω διεργασιών.

➤ Αέριοι αλογονάνθρακες

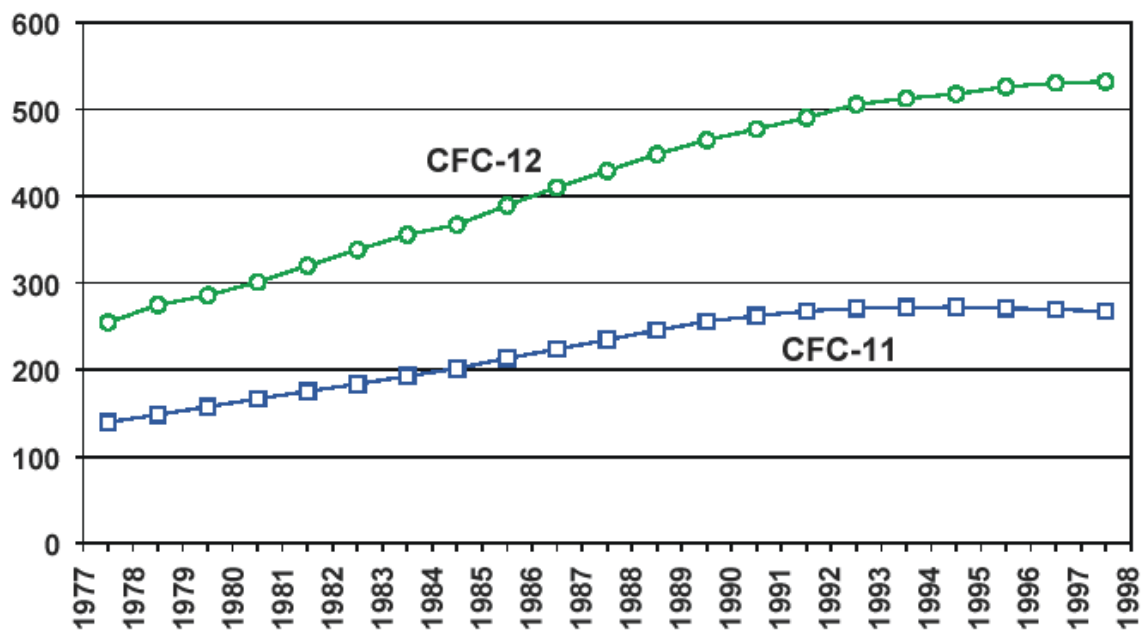
Οι αέριοι αλογονάνθρακες έχουν καθαρά ανθρωπογενή προέλευση με κυριότερους τους χλωροφθοράνθρακες CFC's (γνωστοί ως Freons).

Η παραγωγή τους ξεκίνησε περίπου το 1930 σε συσκευασίες ψεκασμού, ως προωθητικά αέρια, ως ψυκτικά υγρά στα ψυγεία, στα κλιματιστικά και για άλλες βιομηχανικές χρήσεις. Όμως, συνδέονται με τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος και την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Κι αυτό γιατί δεσμεύουν στη Γη μήκη κύματος της υπέρυθρου φάσματος (8-11 μm), με αποτέλεσμα να τα απορροφούν και να συμβάλλουν στη παγκόσμια υπερθέρμανση (**Εικόνα 12**).

Για αυτό το λόγο, οι διεθνείς κανονισμοί που υιοθετήθηκαν για την προστασία του στρατοσφαιρικού όζοντος, συνιστούν σταδιακή μείωση χρήση τους στις βιομηχανοποιημένες χώρες και οριστική διακοπή τους από το 2020.

Από το 1980 χρησιμοποιούνται ενώσεις με λιγότερη συγκέντρωση χλωρίου που είναι πιο ασφαλείς για το όζον, όπως οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC's) και οι υδροφθοράνθρακες (HFC's). Επιπλέον, οι τελευταίοι έχουν και μικρότερη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα σε σχέση με τους αλογονάνθρακες.

(4) (10) (14) (15)



Εικόνα 12. Απεικόνιση της μεταβολής της συγκέντρωσης των χλωροφθορανθράκων CFC-11 και CFC-12 στην ατμόσφαιρα τις τελευταίες δεκαετίες (Πηγή: Κατσαφάδος et al., 2015)

1.3.6 Η συσχέτιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της λέπτυνσης της στιβάδας του όζοντος

Το στρώμα του όζοντος της στρατόσφαιρας βρίσκεται κατά 90% σε ύψος 20 – 35 Km από την επιφάνεια της Γης και έχει ευεγερτικό ρόλο για τον πλανήτη, καθώς ανακόπτει σημαντική ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) με κατεύθυνση προς αυτήν. Συγκεκριμένα, το όζον (O_3) σχηματίζεται φωτοχημικά από το διατομικό οξυγόνο με απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας. Αντίθετα, το όζον της τροπόσφαιρας σε ύψος 0-10 Km από την επιφάνεια της Γης είναι ρυπαντής και προκαλεί βλάβες στον πλανήτη και στα έμβια όντα, καθώς μπορεί να προκαλέσει γενετικές διαταραχές.

Τα δύο παραπάνω στρώματα όζοντος δεν επικοινωνούν μεταξύ τους και καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η λέπτυνση της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες, που οδηγούν στην αύξηση της παρουσίας πολλών αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα και στο φαινόμενο της φωτοχημικής ρύπανσης.

Η φυσική διαδικασία παραγωγής όζοντος διαταράσσεται με την παρουσία αλογόνων χλωρίου (Cl) και βρωμίου (Br), καθώς αυτά διασπών τα μόρια του όζοντος, καταστρέφοντας έτσι τη στιβάδα του. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, οι χλωροφθοράνθρακες CFC's περιέχουν τα παραπάνω αλογόνα και ευθύνονται κατά πολύ για το φαινόμενο αυτό.

Σύμφωνα με μετρήσεις, ένα άτομο χλωρίου μπορεί να διασπάσει έως και 100.000 μόρια όζοντος.

Το φαινόμενο της *τρύπας του όζοντος* συμβαίνει κάθε χρόνο στην Ανταρκτική, όπου το φαινόμενο είναι εντονότερο εξαιτίας διάφορων φυσικών διακυμάνσεων. Από το 1980 έως σήμερα, παρατηρείται δραστική μείωση της συγκέντρωσης του όζοντος στην συγκεκριμένη περιοχή, λόγω ρύπων ανθρωπογενούς προέλευσης. Από το 1987 έχει απομείνει το μισό όζον πάνω από την Ανταρκτική, ενώ αρχικά είχε έκταση μεγαλύτερη και από το εμβαδόν της Ευρώπης. Επίσης, έχει εξευρεθεί μια μικρότερη τρύπα του όζοντος στον Βόρειο Πόλο, πάνω από την Αρκτική θάλασσα.

Σημαντικός παράγοντας για την κατανόηση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, είναι η συσχέτιση της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος με το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου (**Πίνακας 3**).

Η μείωση των συγκεντρώσεων του όζοντος ψύχει την στρατόσφαιρα, αφού το όζον έχει την ικανότητα να απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία και να την θερμαίνει. Τα θερμοκηπικά αέρια ενισχύονται με την απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας κοντά στο έδαφος, θερμαίνουν τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και συμβάλλουν στη ψύξη της στρατόσφαιρας. Έτσι, ευνοείται ο σχηματισμός πολικών στρατοσφαιρικών νεφών, τα οποία ευθύνονται και αυτά για τη καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος. (6) (8) (13) (15)

Πίνακας 3. Αλληλεπιδράσεις μεταξύ φαινομένων του θερμοκηπίου και της λέπτυνσης της στιβάδας του όζοντος.

(Πηγή: Fulvio Zecchini, 2011)

Παράγοντες	Φαινόμενο του θερμοκηπίου	Λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος
Εμπλεκόμενο ατμοσφαιρικό στρώμα	Η κυρίως τροπόσφαιρα	Στρατόσφαιρα.
Εμπλεκόμενα αέρια	Αέρια του θερμοκηπίου: CO ₂ , H ₂ O, CH ₄ , N ₂ O, CFC's, HCFC's, HFC's, PFC's, SF ₆ , και το τροπόσφαιρικό O ₃ .	O ₂ , στρατοσφαιρικό O ₃ , NO ₂ και HNO ₃ , CFC's (freons), HCFC's, βρωμο-φθοράνθρακες (halons).
Εμπλεκόμενη ακτινοβολία	IR, απορροφώμενη από την ατμόσφαιρα και μερικώς ξαναεκπεμπόμενη προς τη Γη.	Η UV ακτινοβολία διασπά τα αλογονωμένα αέρια της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα την έκλυση Cl [•] και Br [•] , που ξεκινούν τις αλυσιδωτές αντιδράσεις καταστροφής του όζοντος.
Φύση του προβλήματος	Η αύξηση στην ατμόσφαιρα της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου συμβάλλει στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας.	Η συνεχώς μειούμενη συγκέντρωση του όζοντος προκαλεί αύξηση της UV ακτινοβολίας που φτάνει στη γήινη επιφάνεια. Λόγω της χαμηλότερης συγκέντρωσης O ₃ , οι UV-C ακτίνες μπορούν να φτάσουν στη γήινη επιφάνεια.
Κύριες αιτίες	Υπερβολική εκπομπή CO ₂ λόγω της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και της αποψίλωσης, αυξημένες εκπομπές CH ₄ από αγροτικές και ζωοτεχνολογικές πρακτικές.	Εκπομπή χλωροφθοροανθράκων και βρωμοφθοροανθράκων από τις συσκευές ψεκασμού, τα συστήματα ψύξης, τα μέσα αφρισμού και τους διαλύτες. Όλα αυτά απελευθερώνουν Cl [•] και Br [•] που καταστρέφουν το O ₃ .
Πιθανές συνέπειες	Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας με κλιματικές αλλαγές και μεταβολή της παραγωγής των καλλιεργειών. Μερική τήξη των πάγων στους πόλους με επακόλουθο την αύξηση της στάθμης των θαλασσών και των ωκεανών.	Αυξημένος αριθμός περιπτώσεων καρκίνου του δέρματος, βλάβες στο φυτοπλαγκτόν με επακόλουθο τη δυστροφία των θαλάσσιων οργανισμών.
Πιθανές λύσεις	Μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, διακοπή της αποψίλωσης.	Υποκατάσταση των CFC's και των άλλων μορίων που συμβάλλουν στην καταστροφή του όζοντος με οικολογικά συμβατές χημικές ενώσεις.

1.4. Σενάρια και επιστημονικές εκτιμήσεις για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις επιδράσεις του

Σήμερα, γίνεται μοντελοποίηση όλων των παραγόντων που συνδέονται με την αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας. Από αυτήν απορρέουν διάφορα πιθανά σενάρια για την εξέλιξη του φαινομένου, αλλά και αντιπαραθέσεις σχετικά με την ανθρώπινη επίδραση και την επίδραση των θερμοκηπικών αερίων.

Μερικά από αυτά τα σενάρια είναι μάλλον δυσοίωνα, προμηνύουν γεγονότα με σταδιακή εξέλιξη για την βιόσφαιρα και για αυτό υπογραμμίζουν την ανάγκη της ανθρώπινης παρέμβασης για αντίμετρα και ουσιαστική περιβαλλοντική πολιτική.

Βασικό θέμα αποτελεί η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου (GHG's), η οποία αυξάνει κατά 1.5% ετησίως λόγω των βιομηχανικών, αγροτικών και άλλων αναγκών του ανθρώπινου πληθυσμού. Ο πληθυσμός του πλανήτη συνεχώς αυξάνει, το ίδιο η παραγωγή ενέργειας και η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων (κατά 23%), ενώ η βιομηχανική παραγωγή αναμένεται να δεκαπλασιαστεί τις επόμενες δεκαετίες.

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα συνεχώς αυξάνει και αναμένεται να διπλασιαστεί κατά τη διάρκεια της εικοσαετίας 2030-2050, συγκρινόμενη με τις εκτιμήσεις του 1860. Για όλους τους παραπάνω λόγους, οι μελλοντικές προβλέψεις σήμερα κάνουν λόγο για θέρμανση του πλανήτη κατά 1-3.5° C. (15)

Σύμφωνα με μοντέλα προσομοίωσης και την τελευταία έκθεση της IPCC για την χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής, το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου συμβάλλει στη πρόσφατη αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας της Γης περίπου κατά το 1/3 και προβλέπεται περαιτέρω αύξηση κατά 0.4° C ανά αιώνα. Όμως, έρευνες προσομοίωσης δείχνουν ότι ο λόγος της θέρμανσης της τροπικής ανώτερης τροπόσφαιρας προς την επιφανειακή θέρμανση υπολογίζεται σε 2.5:1, ανεξάρτητα από την ευαισθησία του μοντέλου προσομοίωσης.

Γενικά, η θέρμανση στην περιοχή των τροπικών είναι μεγαλύτερη (2-3 φορές) από ότι κοντά στην επιφάνεια λόγω ατμοσφαιρικών κινήσεων. Πρόσφατη έρευνα του Hadley Centre του Ηνωμένου Βασιλείου, βασίστηκε στη μέθοδο των *μπαλονιών* (κάνοντας χρήση δορυφορικών αισθητήρων μικροκυμάτων) που έδειξε ότι η τάση θέρμανσης στην τροπόσφαιρα έχει ένα σχετικό μέγιστο 0.1° C ανά δεκαετία, ενώ στην επιφάνεια μεταξύ 0.03 °C -0.05° C ανά δεκαετία. (4)

Οι αποκλίσεις των θεωρητικών εκτιμήσεων για τη διαταραχή του όζοντος, αποτελούν άλλον ένα λόγο για επιστημονική αντιπαράθεση. Αυτές οφείλονται στη χημεία του όζοντος και στην πολύ ευαίσθητη κατανομή των χημικών ενώσεων που εμπλέκονται, όπως τα οξείδια του αζώτου, το όζον, το νιτρικό οξύ και τα υδροξύλια. Σύμφωνα με την μελέτη *Dameris et.al* (1908), οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου εμφανίζονται εποχιακά στην ανώτερη τροπόσφαιρα τους θερινούς μήνες, λόγω φυσικών ή ανθρωπογενών αιτιών.

Επίσης, η εκπομπή θερμοκηπικών αερίων (διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμοί), η εκπομπή παραγόμενων ενεργών ουσιών που μεταβάλλουν τη συγκέντρωση του όζοντος, αλλά και η δημιουργία πρόσθετων νεφών (ιχνοτροχιές) από δραστηριότητες (όπως οι αυξανόμενες

εκπομπές αεροσκαφών), λειτουργούν προσθετικά στη μεταβολή του ισοζυγίου της ακτινοβολίας της Γης.

Πιο συγκεκριμένα, λόγω της συνεχιζόμενης αύξησης της παγκόσμιας εναέριας κυκλοφορίας (6%-8% ανά έτος τη τελευταία δεκαετία), οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον και ίσως να πενταπλασιαστούν έως το 2100. Παράλληλα, η κλιματική απόκριση λόγω διάφορων εσωτερικών αναδράσεων της ατμόσφαιρας, καθιστούν τα φαινόμενα πολύπλοκα και οι μετρήσεις συχνά εμφανίζουν διαφορές. (16)

Συμπερασματικά, οι περισσότεροι κλιματολόγοι συμφωνούν για την υπερθέρμανση του πλανήτη τον τελευταίο αιώνα, ενώ κάποιοι διαφωνούν για τις αιτίες του φαινομένου. Στην τρίτη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την κλιματική αλλαγή (IPCC) το 2001, τα συμπεράσματα ήταν τα ακόλουθα:

- Συμβαίνει υπερθέρμανση του πλανήτη κατά 0.6°C - 0.8°C το τελευταίο αιώνα και ιδιαίτερα κατά 0.17°C ανά δεκαετία, τα τελευταία τριάντα έτη.
- Η βασικότερη πηγή υπερθέρμανσης αποδίδεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες.
- Με τους υπάρχοντες ρυθμούς εκπομπής των θερμοκηπικών αερίων, η αύξηση της θερμοκρασίας θα φτάσει στους 1.4°C - 5.8°C έως το 2100, με συνεπαγόμενα φαινόμενα την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας έως 88cm και με δυναμικές μεταβολές των πάγων της Ανταρκτικής. (IPCC, 2001)

Για τον 21^ο αιώνα προβλέπεται περαιτέρω αύξηση της στάθμης της θάλασσας, αύξηση του CO_2 στην ατμόσφαιρα κατά 90% έως το 2030, έλλειψη νερού στην Αφρική για εκατομμύρια ανθρώπους, ερημοποίηση περιοχών της Νοτιοανατολικής Μεσογείου, μεγάλη συχνότητα πλημμυρών στην Ασία, ενισχυμένους καύσωνες στη Βόρειο Αμερική και απώλεια φυτικής και ζωικής ποικιλότητας στην Ευρώπη (Salinger et al., 2005). Οι παραπάνω εκτιμήσεις αναμένεται να οδηγήσουν σε γεωγραφικές μεταφορές καλλιεργειών, αρνητικές επιδράσεις σε γεωργία και τρόφιμα, μείωση αποθεμάτων νερού και αύξηση της υπερϊώδους ακτινοβολίας.

Επιπλέον, πρόσφατες γεωλογικές μελέτες έδειξαν ότι οι πολικές περιοχές είναι πιο ευάλωτες στο ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το λιώσιμο των πάγων στη Δυτική Ανταρκτική μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της στάθμης της θάλασσας έως 5m, με συνέπεια την μεταφορά θερμού νερού και τις αρκτικές περιοχές να βιώσουν νέες μακρές περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες και αρκετή υγρασία (μεσοπαγετώνες).

Στις παραπάνω παραδοχές πολλοί επιστήμονες άσκησαν κριτική και έκαναν διαφορετικές τοποθετήσεις, όπως για παράδειγμα:

- Ο Vincent R. Gray, χημικός και ιδρυτής της κλιματολογικής ένωσης της Ν. Ζηλανδίας, αμφισβήτησε την ύπαρξη της υπερθέρμανσης υποστηρίζοντας ότι τα βασικά επιχειρήματα της IPCC είναι εσφαλμένα.
- Ο Antonino Zichichi, καθηγητής Πυρηνικής Φυσικής και πρόεδρος της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Επιστημόνων, ισχυρίστηκε ότι: *«τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται από την IPCC είναι ασυναφή και άχρηστα από μια επιστημονική οπτική γωνία».*
- Ο Sallie Baliunas, αστρονόμος στο κέντρο Αστροφυσικής του Χάρβαρντ, είπε ότι: *«η πρόσφατη τάση αύξησης της επιφανειακής θερμοκρασίας που καταγράφεται, δεν μπορεί να προκαλείται από την αύξηση των ανθρωπογενών αερίων του θερμοκηπίου».*
- Ο Khabibullo Abdusamatov, μαθηματικός και αστρονόμος στο Παρατηρητήριο Πούλκοβο της Ρωσικής Ακαδημίας Επιστημόνων, είπε: *«η απόδοση των ιδιοτήτων του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα της Γης δεν είναι επιστημονικά τεκμηριωμένη. Τα θερμαινόμενα αέρια του θερμοκηπίου ανέρχονται στην ατμόσφαιρα μόνο για να αποβάλλουν την απορροφηθείσα θερμότητα».*
- Ο William R. Cotton, καθηγητής ατμοσφαιρικών επιστημών στο Πανεπιστήμιο της Πολιτείας του Κολοράντο, ανέφερε: *«είναι ανοιχτό το ερώτημα αν οι παραγόμενες από τον άνθρωπο αλλαγές στο κλίμα είναι αρκετά μεγάλες ώστε να ανιχνευτούν από το θόρυβο της φυσικής ποικιλότητας του κλιματικού συστήματος».* (4) (17)

Κεφάλαιο 2^ο : Συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου στο περιβάλλον και στα έμβια συστήματα

2.1 Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα

2.1.1 Άνοδος μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας

Επειδή το φαινόμενο του θερμοκηπίου ενισχύεται τις τελευταίες δεκαετίες, αυξάνεται σταδιακά η μέση παγκόσμια θερμοκρασία, με συνέπεια τη κλιματική αλλαγή. Οι ενδείξεις που έχουμε προκύπτουν από τα βάθη των ωκεανών μέχρι και τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αυτές συνδέουν την επιφανειακή, ατμοσφαιρική και ωκεάνια θέρμανση, με τα ακραία καιρικά φαινόμενα, το λιώσιμο των πάγων, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την αύξηση των ατμοσφαιρικών υδρατμών και της υγρασίας (Εικόνες 13,15). (10) (18)



Εικόνα 13. Αίτια και συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου

(Πηγή: Χημεία Β' Γυμνασίου, 2017)

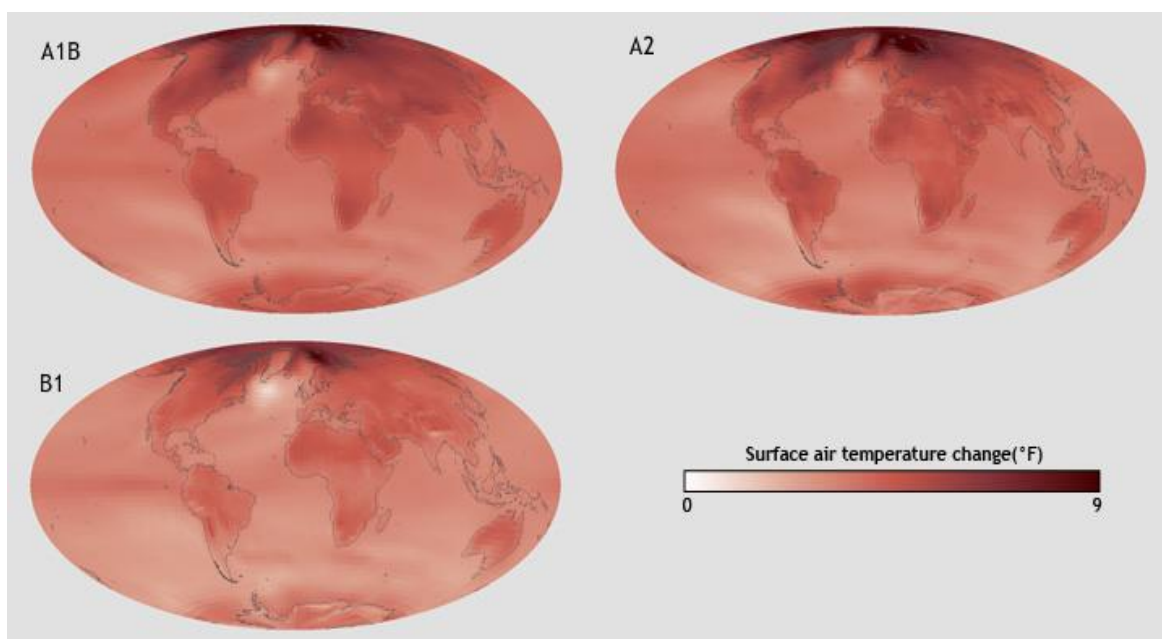
Πρόσφατη έρευνα (IPCC, 2012) επιβεβαίωσε τους παραπάνω ισχυρισμούς και μάλιστα παρουσίασε υψηλή την πιθανότητα να βιώνουμε στο μέλλον ιδιαίτερα ασυνήθιστα θερμές ημέρες και νύκτες παγκοσμίως. Αντίστοιχα, έως το 2100 καταγράφει ουσιαστική μείωση της συχνότητας των ασυνήθιστα ψυχρών ημερών και νυκτών, καθώς και αύξηση των θερμών διαστημάτων (καύσωνες), κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα στις ηπειρωτικές περιοχές. (19)

Στην 5η έκθεση αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την ατμοσφαιρική θερμοκρασία, καταγράφεται μέση άνοδος της θερμοκρασίας κατά 0,85°C μετά το 1880. Η υπερθέρμανση του πλανήτη σημείωσε το ταχύτερο ρυθμό στην Αρκτική. Επίσης, η δεκαετία 2001 έως 2010 ήταν η πιο θερμή από όλες.

Να σημειώσουμε, ότι στην 4η έκθεση αξιολόγησης, η μέση παγκόσμια υπερθέρμανση κατά τον προηγούμενο αιώνα ήταν περίπου 0,74°C. (20)

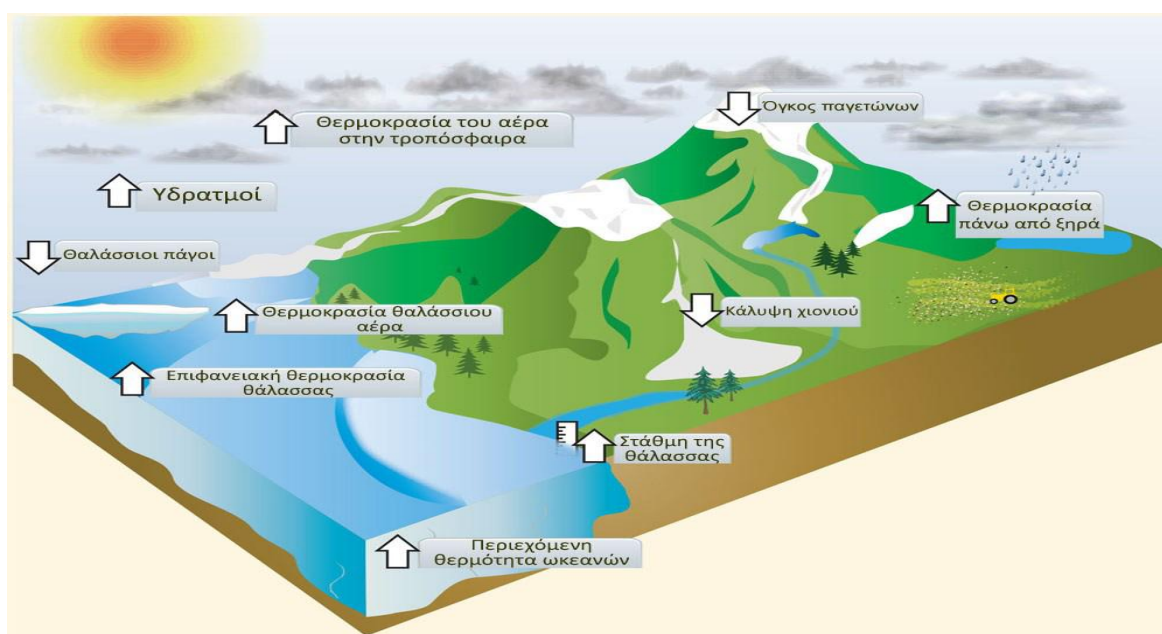
Από την άλλη πλευρά, εκτιμάται ότι θα υπάρχουν μεγάλες κλιματικές διαφοροποιήσεις από περιοχές σε περιοχές, εξαιτίας του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου (**Εικόνα 14**). Οι νότιες και ανατολικές περιοχές (κυρίως ηπειρωτικές) της Μεσογείου θα πληγούν περισσότερο, με σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας, καύσωνες, μείωση των βροχών και ξηρασίες.

Αντίστοιχα φαινόμενα αναμένονται και στην Ελλάδα, με μεγαλύτερες θερμοκρασίες (περισσότερο στην Βόρεια και Κεντρική Ελλάδα) και υψηλότερη φωτοχημική ρύπανση. Αυτά τα φαινόμενα θα παρουσιάζονται συχνότερα, με αυξανόμενη ένταση και με δυσμενείς συνέπειες στα οικοσυστήματα, στον άνθρωπο και σε κοινωνικοοικονομικούς τομείς. (21)



Εικόνα 14. Προβλέψεις για την επιφανειακή θερμοκρασία την περίοδο 2050-2059 σύμφωνα με τρία σενάρια της IPCC: A1B μέτρια αύξηση εκπομπών, A2 μεγάλη αύξηση εκπομπών, B1 χαμηλές εκπομπές.

(Πηγή: NOAA Climate.gov, 2012)



Εικόνα 15. Επιδράσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη στο κλιματικό σύστημα.

(Πηγή: IPCC, 2013)

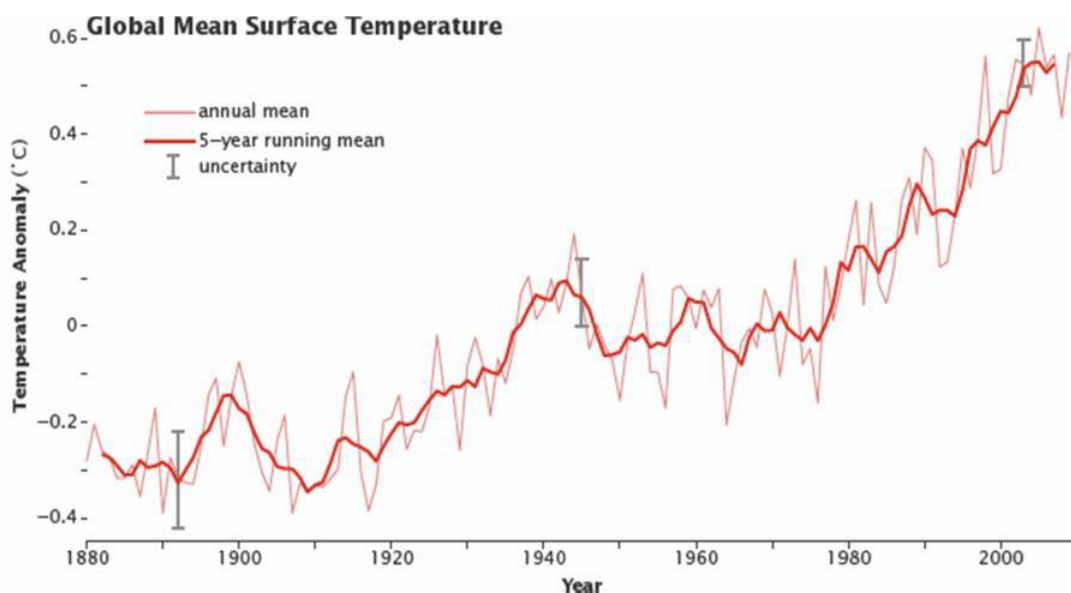
Οι πρώτες αλλαγές στην θερμοκρασία της Γης οφείλονταν στη μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια, όπως εξηγεί η θεωρία των κύκλων Μιλάνκοβιτς. Όμως η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα ενίσχυσε το φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή την υπερθέρμανση του πλανήτη (Εικόνα 16).

Μετρήσεις τις ψυχρές περιόδους των παγετώνων, έδειξαν μείωση του CO₂ κατά 30% (Φλόκας & Χρονοπούλου, 2010).

Η συγκέντρωση του CO₂ στους ωκεανούς εξαρτάται από την θερμοκρασία τους και απελευθερώνεται όταν αυτή είναι πολύ υψηλή (Hughes *et al.*, 1999).

Τα πιο πρόσφατα κλιματικά μοντέλα δείχνουν άνοδο της επιφανειακής θερμοκρασίας της Γης από 1.4° C – 5.8° C έως το 2100.

Επιπλέον, η υπερθέρμανση οδηγεί στην αύξηση της εξάτμισης, δηλαδή σε αύξηση των ατμοσφαιρικών υδρατμών. Οι υδρατμοί ως θερμοκηπικό αέριο συντελούν περαιτέρω στην υπερθέρμανση του πλανήτη. (22) (23) (24)



Εικόνα 16. Απεικόνιση της μεταβολής της μέσης παγκόσμιας επιφανειακής θερμοκρασίας.

(Πηγή: NASA/GISS)

Οι επιπτώσεις του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου δεν είναι ίδιες σε όλα τα οικοσυστήματα του πλανήτη. Οι έρευνες σε Αμερική και Ευρώπη, τονίζουν ότι η υπερθέρμανση συνδέεται με την αύξηση της συχνότητας ακραίων καιρικών φαινομένων και οδηγεί στις παρακάτω πιθανότερες συνέπειες:

- ✓ Ακραίες μεταβολές της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.
- ✓ Μείωση των αποθεμάτων πόσιμου νερού.
- ✓ Καύσωνες, ξηρασία, ερημοποίηση.
- ✓ Αύξηση της στάθμης της θάλασσας, υποβάθμιση παράκτιων περιοχών και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.
- ✓ Κλιματικοί πρόσφυγες, μετακίνηση αγαθών. (6)

Ομοίως, οι *Dunne & Harte* (2001) προέβλεψαν για τις μελλοντικές συνέπειες:

- ✓ Διπλασιασμός της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, θα επιφέρει αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 1° C έως 3,5° C. Όσο μεγαλύτερο υψίσταται το υψόμετρο μιας περιοχής, τόσο μεγαλύτερη εκτιμάται η μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας της.
- ✓ Η θερμοκρασία των πόλων μπορεί να ανέβει περίπου 10° C, ενώ στον ισημερινό έως 1° C.
- ✓ Αναμένεται μεγαλύτερη άνοδος των μέσων θερμοκρασιών κατά τους χειμερινούς μήνες, σε σχέση με τους θερινούς μήνες του έτους.

- ✓ Η αύξηση της θερμοκρασίας θα επιφέρει ενισχυμένη εξάτμιση, με συνέπεια περισσότερη νεφοκάλυψη όπως και αύξηση των κατακρημνίσεων. Περιοχές με μεγάλα υψόμετρα θα δέχονται εντονότερες βροχοπτώσεις.
- ✓ Θα μειωθεί η υγρασία στα εδάφη κατά τους θερινούς μήνες, ενώ λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας το λιώσιμο των πάγων θα συμβαίνει πρόωρα.
- ✓ Θα αυξηθεί η συχνότητα και η ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι ξηρασίες, οι καύσωνες και οι τυφώνες.
- ✓ Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας πιθανότατα να πλησιάσει ακόμα και τα 95 εκατοστά. (5)

Σε κάθε περίπτωση, υπάρχουν πολλές εκτιμήσεις για τις συνέπειες της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας και η παραδοχή ότι τελικά αυτή μπορεί να αλλοιώσει σημαντικά την ισορροπία των οικοσυστημάτων του πλανήτη μας. (25)

2.1.2 Υπερθέρμανση ωκεανών και συνέπειες

Οι ωκεανοί χαρακτηρίζονται για τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα και τη σχετικά αργή κυκλοφορία τους. Έτσι, ενώ η αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας θα επιβραδυνόταν εάν η συγκέντρωση των θερμοκηπικών αερίων παρέμενε σταθερή, αντίθετα στα βάθη των ωκεανών η θερμοκρασία θα συνέχιζε να αυξάνει επί χιλιετίες, όπως και η στάθμη της θάλασσας.

Η επιπλέον θερμική ενέργεια που απορροφά η Γη, σε σχέση με την εκπεμπόμενη, αποθηκεύεται στους ωκεανούς. Συγκεκριμένα για την περίοδο 1971-2010, αποθηκεύτηκε στους ωκεανούς το 93% της θερμότητας από το σύστημα ατμόσφαιρα-έδαφος-θάλασσα-πάγοι. Πρόσφατες μετρήσεις έδειξαν ότι από το 2008 οι ωκεανοί αυξάνουν τη θερμοκρασία τους σταθερά, άλλοτε πιο γρήγορα κι άλλοτε πιο αργά. Η θέρμανση των βαθιών υδάτων συμβάλλει στη συνολική θέρμανση των ωκεανών, αν και οι ρυθμοί τους είναι μικρότεροι από τους ρυθμούς θέρμανσης της επιφάνειας (0.03°C ανά δεκαετία στη Ανταρκτική). Η μέση θερμοκρασία των υδάτων κοντά στην επιφάνεια έχει αυξηθεί την περίοδο 1971-2012, με μέσο όρο 0.11°C ανά δεκαετία.

Γενικά, οι ωκεανοί αποτελούν κύρια παράμετρος του κλιματικού συστήματος καθώς αποθηκεύουν τεράστια ποσά ενέργειας, ενώ αποτελούν και δεξαμενή δέσμευσης του CO_2 . Όμως η ωκεάνια κυκλοφορία κινδυνεύει να αλλάζει όταν συντρέχουν φαινόμενα της

κλιματικής αλλαγής. Τέτοιες είναι η αύξηση των βροχοπτώσεων, το λιώσιμο των πάγων, η μεταβολή της αλατότητας και της θερμοκρασίας των υδάτων.

Έρευνες έδειξαν ότι αύξηση της θερμοκρασίας 3°C-5°C είναι ικανή να προκαλέσει μεταβολές στην ωκεάνια κυκλοφορία. (26)

✓ Αλλαγές στο ρυθμό μεταβολής της στάθμης της θάλασσας

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί ένα ουσιαστικό δείκτη της κλιματικής αλλαγής, καθώς μετρήσεις των 150 τελευταίων ετών (με μετρητές παλίρροιας και μέσω δορυφορικών δεδομένων) δείχνουν άνοδο της μέσης στάθμης (IPCC, 2012).

Συγκεκριμένα, τη χρονική περίοδο 1900-2010 η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε κατά 19cm, ενώ από το 1993 και μετά το ποσοστό ανόδου ήταν πάντα αυξημένο (Εικόνα 17). Αξιοσημείωτες είναι οι μετρήσεις τον τελευταίο αιώνα, που δείχνουν ότι ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας είναι εξαιρετικά υψηλός, συγκριτικά με τα τελευταία 2000 έτη. Όσον αφορά στον 21ο αιώνα, οι προβλέψεις με σενάριο χαμηλών εκπομπών εκτιμούν άνοδο από 0.26-0.55m έως το 2100, ενώ με σενάριο υψηλών εκπομπών δείχνουν άνοδο από 0.52-0.98 m. (20)

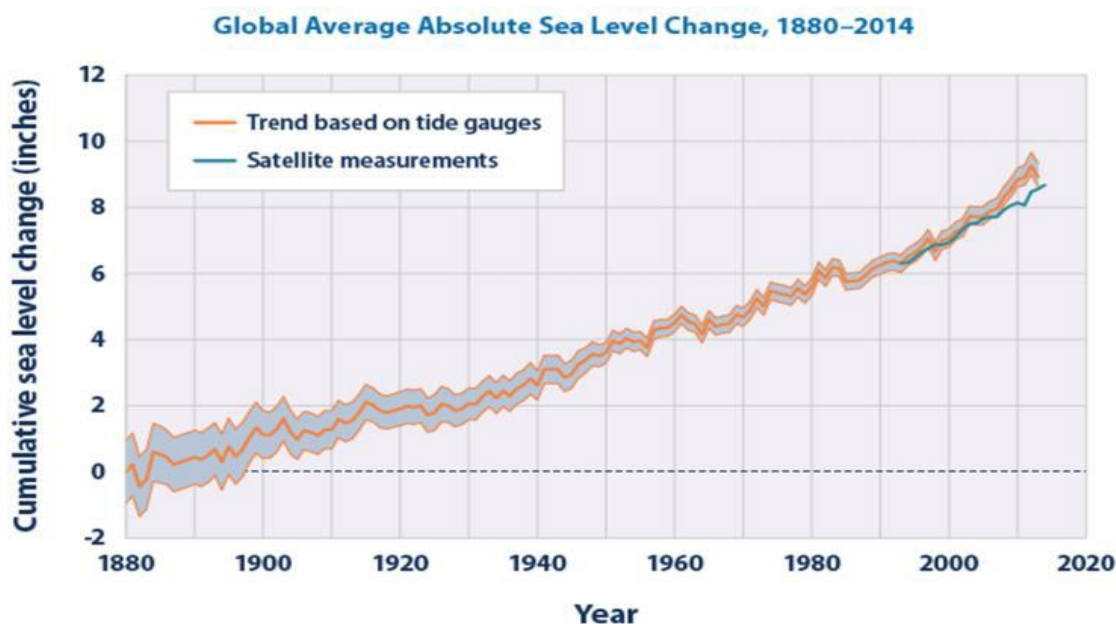
Γενικά, το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας εξαρτάται από γεωφυσικούς και κλιματικούς παράγοντες. Η κλιματική αλλαγή προκαλεί μεταβολή της θερμοκρασίας, μεταβολή του όγκου των παγετώνων και των πάγων, καθώς και αποκλίσεις στα ωκεάνια ρεύματα. Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου συνδέεται με τον παγκόσμιο ρυθμό ανόδου της στάθμης της θάλασσας, ενώ ο ρυθμός του διπλασιάζεται τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Αν αυτό ισχύσει μέχρι το 2050, εκτιμάται ότι θα σημειωθούν σημαντικότητα περιβαλλοντικά προβλήματα στις χαμηλού υψομέτρου πυκνοκατοικημένες παράκτιες περιοχές. Ολόκληρα νησιά στον Ειρηνικό και Ινδικό ωκεανό κινδυνεύουν να πλημμυρίσουν, όπως και πολλοί παράκτιοι υγρότοποι.

Στην Ελλάδα το 33% των υπόγειων υδάτων απειλείται (Georgas et al., 1996). Επίσης, στην Κρήτη πολλές παράκτιες περιοχές κινδυνεύουν να χάσουν τη μισή τους έκταση αν η στάθμη της θάλασσας ανέβει κατά 50cm (Brochier & Ramieri, 2001). Εκτιμήσεις της IPCC αναφέρουν ότι η μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί από 9 έως 88 cm, μέχρι το 2100 (IPCC, 2001). (27)

Γενικά, οι εκτιμήσεις για το 2100 παρομοιάζουν την κατάσταση του πλανήτη με αυτή που βρισκόταν πριν 130.000 έτη. Δηλαδή, με λιγότερους πολικούς πάγους, με υψηλότερη

στάθμη της θάλασσας κατά 5m και μέση θερμοκρασία 16° C. Με αυτό το σενάριο πολλά νησιά και χώρες θα πλημμυρίζαν όπως η Ολλανδία, το Μπαγκλαντές και εκατομμύρια άνθρωποι θα εγκατέλειπαν τη στέγη τους.

Λόγω της τήξης του πάγου η στάθμη της θάλασσας θα ανέβαινε ώστε θα κινδύνευαν μεγάλες παράκτιες πόλεις, όπως η Νέα Υόρκη, η Βενετία και το Μαϊάμι. (15)



Εικόνα 17. Απεικόνιση της μεταβολής της μέσης στάθμης της θάλασσας.

(Πηγή: NOAA, 2015)

✓ Αλλαγές στον κύκλο του νερού

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (νετός) είναι η ποσότητα νερού που πέφτει από τα σύννεφα στη Γη με τη μορφή βροχής, χιονιού και χαλαζιού. Όταν ο αέρας κοντά στην επιφάνεια θερμαίνεται, συναντά ψυχρό αέρα που βρίσκεται ψηλότερα, ανυψώνεται, δημιουργεί νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης και τελικά προσδίδει έντονες βροχοπτώσεις. Όσο θερμότερος είναι ο αέρας τόσο αυξάνει η συγκέντρωση των υδρατμών που συγκρατεί και για αυτό οι βροχοπτώσεις είναι εντονότερες στις περιοχές που υπερθερμαίνονται και λιγότερες στους πόλους.

Υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για τις μεταβολές στον κύκλο του νερού λόγω υπερθέρμανσης του πλανήτη, οι οποίες αφορούν αλλαγές στη συγκέντρωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας και αλλαγές στη κατανομή της αλατότητας των ωκεανών.

Συγκεκριμένα, μετρήσεις από το 1970 και μετά δείχνουν αύξηση των υδρατμών στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, καθώς η ατμόσφαιρα παρακρατά 7% περισσότερους υδρατμούς με άνοδο της θερμοκρασίας κατά 1° C.

Επίσης, η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας οδηγεί στη μείωση της διαλυτότητας των αερίων στο νερό. Τότε, οι ωκεανοί και τα υπόλοιπα επιφανειακά ύδατα απελευθερώνουν περισσότερο CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Όσο το κλίμα θερμαίνεται τόσο ενισχύονται οι εξατμίσεις και οι κατακρημνίσεις. Αυτές επηρεάζουν την αλατότητα των ωκεανών, καθώς και η τήξη των πάγων και οι κινούμενοι θαλάσσιοι παγετώνες. Τα τελευταία 50 έτη σημειώνονται αλλαγές στην αλατότητα τόσο στην επιφάνεια, όσο και σε μικρά βάθη των ωκεανών.

Σε παγκόσμια κλίμακα, ο υετός αυξήθηκε κατά 2% τον 20^ο αιώνα, ενώ στο Βόρειο Ημισφαίριο αυξήθηκε 7-12%. Μείωση του υετού σημειώθηκε στα βόρεια υποτροπικά και τροπικά πλάτη, όπου εμφανίζονται αυξημένες ξηρασίες. Τα πιο χαμηλά επίπεδα υετού εμφανίστηκαν στις περιοχές του Ισημερινού τη δεκαετία του '90.

Γενικά, η ανθρωπογενής επίδραση στη κλιματική αλλαγή και στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου επιδρά σε παραμέτρους του κύκλου του νερού, όπως ο υετός και η τήξη του χιονιού που οδηγούν σε πλημμύρες. Παράλληλα, οι ενισχυμένες βροχοπτώσεις συμβάλλουν στις πλημμύρες σε ορεινές περιοχές και λεκάνες απορροής. Η επίδραση που ασκούν είναι δυσμενής, καθώς τα νερά των έντονων βροχοπτώσεων απορρέουν επιφανειακά και προκαλούν διάβρωση του εδάφους. Επιπλέον, επιδρούν αρνητικά στην καρποφορία και στην επικονίαση φυτικών ειδών. Τα παραπάνω φαινόμενα εμφανίζονται σε πολλές περιοχές της Γης, κυρίως στα τροπικά και υψηλά πλάτη, ενώ το χειμώνα στα βόρεια μεσαία πλάτη.

✓ Ανθρωπογενής όξυνση των ωκεανών

Η ανθρωπογενής όξυνση των ωκεανών οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, καθώς τα θαλάσσια ύδατα απορροφούν το 30% της συγκέντρωσης αυτής. Συνέπεια αυτού είναι η μείωση του pH των ωκεανών για μακρά χρονική περίοδο. Σύμφωνα με την 5^η αξιολόγηση της Διακυβερνητικής Επιτροπής, το μέσο pH της επιφάνειας των ωκεάνιων υδάτων έχει μειωθεί κατά 0.1 μονάδες περίπου από τις αρχές της βιομηχανικής επανάστασης και οι μελλοντικές εκτιμήσεις κάνουν λόγο για περαιτέρω μείωση έως 0.4 μονάδες σε σχέση με τα σημερινά δεδομένα.

Η αύξηση της όξυνσης των ωκεανών αποτελεί κίνδυνο για τους κοραλλιογενείς υφάλους, που παίζουν σημαντικό ρόλο στο τομέα της αλιείας, του τουρισμού και της προστασίας των ακτών.

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι θεωρούνται ως μια μεγάλη αποθήκη θαλάσσιας βιοποικιλότητας και η υπερθέρμανση των ωκεανών επιδεινώνουν σημαντικά την υγεία τους.

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η όξυνση των ωκεανών λειτουργούν παράλληλα, καθώς η θέρμανση των ωκεανών μειώνει την διαλυτότητα του CO₂ στα θαλάσσια ύδατα. Ο διπλασιασμός του CO₂ στην ατμόσφαιρα με άνοδο 2° C της θερμοκρασίας, οδηγεί σε μείωση διάλυσης του CO₂ κατά 10%. (20) (28) (29)

✓ **Μεταβολές στους θαλάσσιους πάγους και παγετώνες**

Οι έρευνες δείχνουν ότι η μέση ετήσια έκταση του θαλάσσιου πάγου στον Αρκτικό Ωκεανό έχει μειωθεί με ρυθμό από 3,5% έως 4,1% ανά δεκαετία, για τη χρονική περίοδο 1979 έως 2012. Η συγκεκριμένη έκταση έχει μειωθεί σχεδόν στο μισό μετά το 1950. Αξιοσημείωτο είναι ότι ο πάγος που υπάρχει κατά τη θερινή περίοδο μειώνεται πάνω από 11% ανά δεκαετία. (20)

Γενικά, η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας οδηγεί στη μείωση της έκτασης των παγωμένων περιοχών. Αυτό επάγει μείωση της λευκαύγειας, μείωση της ανάκλασης και επομένως αύξηση απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η χιονοκάλυψη της επιφάνειας της Γης αποτελεί βασικό ρυθμιστή της θερμοκρασίας της και εμπλουτίζει το έδαφος με νερό. Μειώνει τον ρυθμό απορροής και τη συχνότητα πλημμύρων. Αντίθετα λόγω της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου, η τήξη των πάγων και οι έντονες καταιγίδες αυξάνουν τον κίνδυνο των πλημμύρων (Κωτούλας, 2001). (30) Επίσης, οι μετακινήσεις των παγετώνων σηματοδοτούν τις κλιματικές αλλαγές και την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Φλόκας & Χρονοπούλου, 2010). (23)

Η κάλυψη των θαλάσσιων πάγων στις περιοχές γύρω από την Ανταρκτική και τον Αρκτικό ωκεανό μεταβάλλεται από χρονική περίοδο σε χρονική περίοδο. Τη χρονική περίοδο 1979-2012 υπήρξε μείωση της μέσης έκτασης του θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική κατά 3.8% ανά δεκαετία, ενώ το πάχος του πάγου κατά τη περίοδο 1978-2008 μειώθηκε κατά 1.8m. Ο ρυθμός υπερθέρμανσης εκεί είναι 2-3 φορές μεγαλύτερος σε σχέση με τον υπόλοιπο πλανήτη. Συνέπεια αυτού είναι η Αρκτική να αντανakλά λιγότερη θερμότητα πίσω στο διάστημα και να συμβάλλει στο φαινόμενο της υπερθέρμανσης.

Υπολογίζεται ότι μέχρι το τέλος του αιώνα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να φτάσει στο 1m, με το 15% της ανόδου να οφείλεται στη θέρμανση της Αρκτικής.

Οι εκπομπές μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα από τα μόνιμα παγωμένα στρώματα και τις ωκεάνιες πλαγιές θα προκαλέσουν θετική κλιματική ανάδραση και θα εντείνονται σε διάρκεια χιλιετιών. Ειδικά το μεθάνιο ρηχών υδάτων (π.χ Αρκτική, Ανατολική Σιβηρία) έχει τη δυνατότητα να περάσει συνολικά στην ατμόσφαιρα επηρεάζοντας το κλίμα.

Επιπλέον, λόγω της αύξησης της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας πολλοί παγετώνες σε ορεινές περιοχές εξαφανίζονται, ενώ οι πάγοι στη θάλασσα και η τούνδρα τείνουν να λιώσουν. Για παράδειγμα, περισσότεροι από 600 παγετώνες έχουν εξαφανιστεί στον Αρκτικό Καναδά, στις Ευρωπαϊκές Άλπεις, στην Κεντρική Ασία και στα τροπικά βουνά της Αφρικής, της Νότιας Αμερικής και της Ασίας.

Επειδή η προσαρμογή των παγετώνων στις κλιματικές μεταβολές μπορεί να διαρκέσει δεκαετίες, αναμένεται περαιτέρω συρρίκνωση αυτών τα επόμενα χρόνια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, η αύξηση του ρυθμού τήξης του Φύλλου Πάγου της Γροιλανδίας κατά 16% τα τελευταία 23 έτη, με την εκτίμηση ότι όταν λιώσει ολοκληρωτικά, θα οδηγήσει σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 7m τους επόμενους αιώνες.

Επίσης, όσο ο όγκος του πάγου μειώνεται τόσο γίνεται λεπτότερος. Η συνέπεια αυτού είναι ο πάγος να προκαλεί μικρότερη αντίσταση στους ανέμους, μεταβάλλοντας επομένως το πεδίο και την ισχύ τους (Kwok *et al.*, 2009). (31)

✓ **Μεταβολές στα παράκτια οικοσυστήματα**

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η επαγόμενη θέρμανση των υδάτων ενισχύουν φαινόμενα, όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η διάβρωση των ακτών, η υποβάθμιση των παράκτιων υγροτόπων, η ενίσχυση των θυελλών και καταιγίδων.

Στη σύγχρονη εποχή οι παράκτιοι υγρότοποι βιώνουν οικιστική, οικονομική ανάπτυξη, αλλά και συγχρόνως οικολογική υποβάθμιση. Η τελευταία ενισχύεται με τη κλιματική αλλαγή και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, καθώς οι ακτές υποχωρούν εσωτερικά και χάνουν σταδιακά την ιδιότητα της φυσικής προσαρμογής που είχαν λόγω των παραλιών, των εκβολών, των αμμόλοφων κλπ.

Τα δέλτα μεγάλων ποταμών απειλούνται και εκατομμύρια άνθρωποι αναμένεται να μετακινηθούν από εκεί έως το 2050. Τα μικρά νησιά ήδη βιώνουν τις συνέπειες, ενώ και

οι υποδομές σε κτίρια, ενέργεια, μεταφορές, ύδρευσης θίγονται άμεσα. Έτσι, πλήττονται σημαντικοί κλάδοι της οικονομίας στις παράκτιες ζώνες, όπως της γεωργίας και του τουρισμού.

Οι παράκτιοι υγρότοποι των Μεσογειακών χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης κινδυνεύουν με ολοκληρωτική καταστροφή από το 2080 (Brochier & Ramieri, 2001). Το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών εκτίμησε ότι οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής θα είναι εμφανείς πρώτα στα υδάτινα οικοσυστήματα της Μεσογείου (UNEP 1990). (10) (17) (32) (33)

2.1.3 Ακραία καιρικά φαινόμενα και συνέπειες στην γεωργία

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η συνδεδεμένη κλιματική αλλαγή επάγουν την εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι ξηρασίες, οι πλημμύρες, οι λειψυδρίες, η υδατοπόνηση ή μείωση αποθεμάτων νερού, που προκαλούν επιπτώσεις σε πολλούς παραγωγικούς τομείς. Γενικά, το κλίμα εμφανίζει μια εσωτερική μεταβλητότητα στην οποία δρουν εξωτερικοί μηχανισμοί, όπως οι ηφαιστειακές εκρήξεις και η αύξηση των θερμοκηπικών αερίων λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων (Salinger et al., 2000). (34)

Με βάση τα κλιματικά μοντέλα, έχουν παρουσιαστεί 42 σενάρια τα οποία υπογραμμίζουν την υπερθέρμανση του πλανήτη (με μεγαλύτερο ρυθμό στις πεδινές εδαφικές περιοχές) και την αύξηση του νετού στα μέσα και βόρεια πλάτη. Η πιθανότητα εμφάνισης ακραίων φαινομένων με μεγάλη συχνότητα αυξάνει λόγω μετατόπισης των μεσαίων τιμών τους, με τις επιπτώσεις των φαινομένων αυτών να πλήττουν σημαντικά την γεωργία (Εικόνα 18). Κι αυτό γιατί η αγροτική παραγωγή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη γεωργική παραγωγή είναι το νερό, η θερμοκρασία και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

Για παράδειγμα, η συνεχής άνοδος της θερμοκρασίας και η μειωμένη διαθεσιμότητα νερού, οδηγούν σε μείωση της παραγωγής των σιτηρών σε πολλές περιοχές της Μεσογείου. Επίσης πολλές σοδειές καταστρέφονται λόγω χαλαζιού και καταιγίδων.

Έτσι, έχουμε αρνητικές επιπτώσεις στη συγκομιδή, στη διαχείριση του ζωικού κεφαλαίου και στη γεωγραφική κατανομή της παραγωγής. Όσον αφορά στα εδάφη, έχουμε επιπτώσεις στη συχνότητα στράγγισης, στην απομάκρυνση οργανικών υλών, στη διάβρωση και στη γονιμότητα.

Συμπληρωματικά, η υποβάθμιση των εδαφών και των υδάτων αποφέρει αρνητικές συνέπειες στην παραγωγικότητα των δασών, στη βιοποικιλότητα, στην αλιεία και στις υδατοκαλλιέργειες (Εικόνα 19).

Αλλαγή στο φαινόμενο	Εφικτότητα της προβαλλόμενης αλλαγής*
Υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες, περισσότερες θερμές μέρες.	Πολύ πιθανό.
Υψηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες, λιγότερες ψυχρές ημέρες και ημέρες παγετού.	Πολύ πιθανό.
Αύξηση του δείκτη καύσωνα.	Πολύ πιθανό, στις περισσότερες περιοχές.
Περισσότερα επεισόδια έντονης βροχόπτωσης.	Πολύ πιθανό, σε πολλές περιοχές.
Αυξημένη θερινή ηπειρωτική ξηρότητα και συνδυαζόμενο ρίσκο ξηρασίας.	Πιθανό, στις περισσότερες ηπειρωτικές περιοχές μέσω γεωγραφικών πλατών.
Αύξηση της αιχμής σε ριπές ανέμου και των εντάσεων υετού σε τροπικούς κυκλώνες.	Πιθανό σε κάποιες περιοχές.
*Αιτιολογημένες εκτιμήσεις εμπιστοσύνης από την IPCC. Πολύ πιθανό: 90-99%. Πιθανό: 66-90%.	

Εικόνα 18. Απεικόνιση ακραίων καιρικών φαινομένων έως το 2100.

(Πηγή: IPCC, 2001)

Τα στατιστικά δεδομένα του ΕΛΓΑ (2007), αναφέρουν ζημιές στο φυτικό τομέα με ποσοστό 33% από καύσωνες, με 14% λόγω ισχυρών βροχοπτώσεων και με 11% λόγω χαλαζόπτωσης. Τα φυσικά αίτια έπληξαν με ποσοστό 18% αντίστοιχα το ζωικό κεφάλαιο. Επίσης, η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να στρέψει τις καλλιέργειες στις υποπολικές περιοχές, οι οποίες δεν προτιμούνταν έως τώρα λόγω του μικρού βιολογικού τους κύκλου. Από την άλλη πλευρά, ο ανταγωνισμός, η αύξηση της γεωργικής ζήτησης και η αύξηση του πληθυσμού, θα εντείνουν την ανισότητα μεταξύ των ανεπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων χωρών για τα τρόφιμα και το πόσιμο νερό (Smith et al., 2003). (17) (19)



Εικόνα 19. Απεικόνιση των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα.

(Πηγή: Δαλέζιος, 2015)

2.1.4 Ξηρασία - Ερημοποίηση

Η *ξηρασία* οφείλεται στο μη φυσιολογικό ξηρό καιρό, που προκαλεί τις υδρολογικές διαταραχές. Οι επιπτώσεις στον άνθρωπο είναι οικονομικές και όχι μόνο, εφόσον οι δραστηριότητες του εξαρτώνται από το κλίμα. Επίσης, προκαλεί αρνητικές συνέπειες στη σίτιση, ιδίως στις υπανάπτυκτες περιοχές.

Σημειώνεται αύξηση των ξηρασιών από το 1970 έως και σήμερα, σε πολλές περιοχές της Γης, με εντονότερες στη Νότια Ευρώπη και Δυτική Αφρική. Η ανθρώπινη επίδραση και η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου έχουν συνεισφέρει στη μεταβολή της κλίμακας των ξηρασιών. Έως το 2100 εκτιμάται ότι θα αυξηθεί η ισχύς και η διάρκεια των ξηρασιών κυρίως σε περιοχές, όπως η νοτιοανατολική και κεντρική Ευρώπη, η κεντρική και βόρεια Αμερική, η νοτιοανατολική Βραζιλία και η νότια Αφρική.

Παράλληλα, η υποβάθμιση του εδάφους οδηγεί σε σταδιακή μείωση βιολογικής παραγωγικότητας και τελικά σε *ερημοποίηση*. Η τελευταία ορίζεται ως «υποβάθμιση της

γης σε άνυδρες, ημιάνυδρες και ξηρές υπούγρες περιοχές, που προκύπτει από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των κλιματικών μεταβολών και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων» (ΟΗΕ, 1992).

Η πλανητική υπερθέρμανση συμβάλλει στις μειωμένες μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις αλλά αυξημένης έντασης, σε έλλειμμα της υγρασίας και διάβρωση του εδάφους και σε αυξημένες θερμοκρασίες κατά τη βλαστική περίοδο. Στην Αφρική τα τελευταία 5.000 έτη σημειώνεται γενική αύξηση της ξηρασίας, με μεταβολές στη μέση ετήσια κλίμακα. Η αλληλεξάρτηση μεταξύ κοινωνικών και οικονομικών συμφερόντων της ανθρώπινης κοινότητας με την ισορροπία των οικοσυστημάτων, εξηγεί το λόγο που η ξηρασία και η ερημοποίηση αποτελούν σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα. (19) (35)

Σύμφωνα με τη μελέτη των Cox & Moore (1993), πολλές περιοχές του πλανήτη όπου οι βροχοπτώσεις μειώνονται σημαντικά κινδυνεύουν με ερημοποίηση. Επιπλέον, το φαινόμενο οδηγεί και σε επέκταση των γεωγραφικών ορίων των υπαρχόντων ερήμων. Για παράδειγμα, η έρημος Σαχάρα επεκτάθηκε νότια (250.000 km²) προς βοσκήσιμες γαίες τα τελευταία 50 έτη. Αυτό είναι επιβλαβές για τα μεταναστευτικά πτηνά για διάφορους λόγους (π.χ οι περιοχές αυτές μπορεί να αποτελούν χρήσιμοι σταθμοί κατά την μετανάστευσή τους). Η ανάπτυξη της γεωργίας σε περιοχές με μικρά ποσοστά υγρασίας, η λανθασμένη χρήση γης, οι εκτεταμένες καλλιέργειες με υψηλή κατανάλωση νερού και η υπερβόσκηση σε ημίξηρες περιοχές, ενισχύουν το φαινόμενο της ερημοποίησης (Shouckri & Zachariadis, 2012). (36) (37)

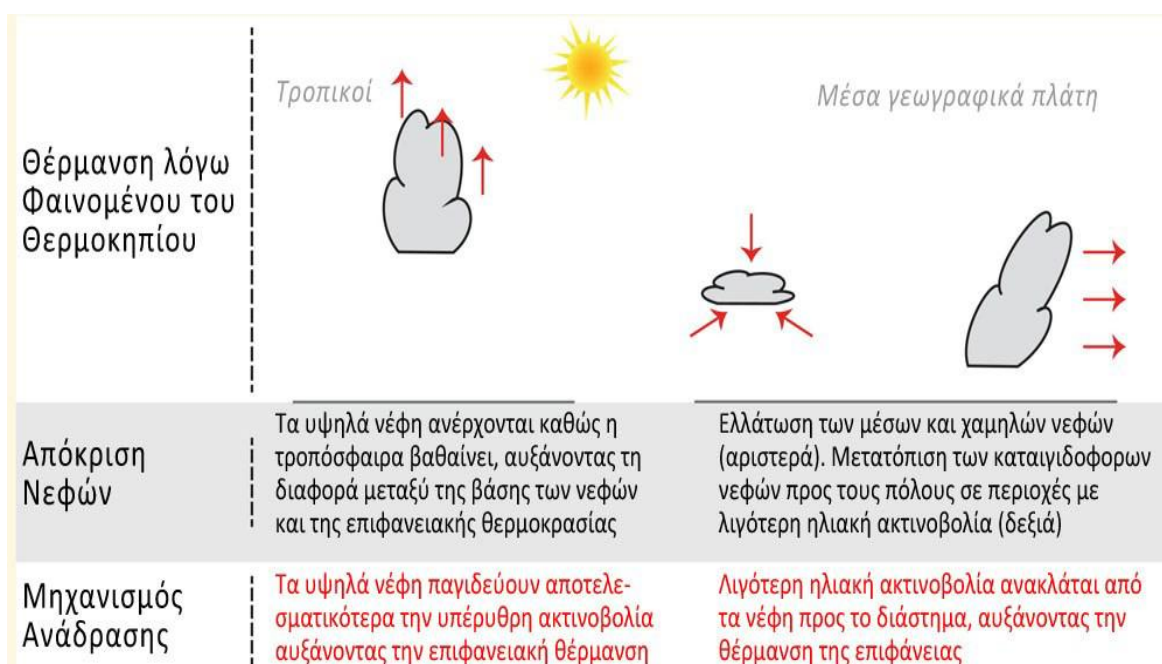
Συμπερασματικά, οι ξηρασίες, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες εμφανίζονται πολύ έντονα τα τελευταία χρόνια σε πολλές περιοχές της Γης. Είναι καιρικά φαινόμενα που αλληλοσυνδέονται, καθώς όπου εμφανίζονται βροχοπτώσεις όλο το χρόνο, δεν εμφανίζονται συχνά πλημμύρες (π.χ Ισημερινός). Αντίθετα, σε ξηρές περιοχές όταν βρέχει, συχνά ακολουθούν πλημμύρες (π.χ Ινδική χερσόνησος). Οι ξηρασίες σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και την εκπομπή θερμοκηπικών αερίων.

Η ατμοσφαιρική θέρμανση και η αποθήκευση της ενέργειας πάνω από την επιφάνεια της Γης πρέπει να εκτονωθούν κι αυτό γίνεται με τη μορφή ακραίων καιρικών φαινομένων. (33)

2.1.5 Αλλαγές στην επίδραση των νεφών

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία, το κλίμα επηρεάζεται από τα νέφη και η ανάδραση μεταξύ τους ενισχύει τη θέρμανση του πλανήτη. Πολλά μοντέλα προσομοίωσης οδηγούν σε διαφορετικές εκτιμήσεις και σε σφάλματα, με αποτέλεσμα η ένταση της ανάδρασης αυτής να παραμένει απροσδιόριστη. Όμως, από το 1970 αναγνωρίζεται η αλληλεπίδραση των νεφών με το κλιματικό σύστημα μέσω διεργασιών, τα κατακρημνίσματα. Αυτά προσφέρουν ενέργεια στην ατμόσφαιρα, επηρεάζουν τη ροή της ηλιακής ακτινοβολίας προς το έδαφος και τελικά τη θέρμανση του πλανήτη. Άρα, οι μεταβολές στα νεφικά συστήματα επηρεάζουν δυναμικά το κλίμα.

Συγκεκριμένα, τα υψηλά νέφη επηρεάζουν την εκπεμπόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία από το σύστημα ατμόσφαιρα-επιφάνεια και εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Μοντέλα προσομοίωσης της IPCC δείχνουν ότι η αύξηση των θερμοκηπικών αερίων οδηγεί στη μείωση των χαμηλών και μεσαίων νεφών και στη περαιτέρω υπερθέρμανση. Επιπλέον, μεταβολές στο σύστημα ανέμων και στις τροχιές των καταιγίδων, επηρεάζουν τη νεφοκάλυψη και τις κατακρημνίσεις. Η μετατόπιση των νεφών σε περιοχές που απορροφούν λιγότερη ηλιακή ενέργεια μπορεί να ενισχύσει την υπερθέρμανση του πλανήτη. Ακόμη, το σύστημα νεφών – επιφάνειας μπορεί να μεταβάλλεται πάνω από τα ωκεάνια ύδατα λόγω τήξης των πάγων, καθώς και πάνω από το έδαφος επειδή μειώνεται η διαπνοή των φυτών. (10)



Εικόνα 20. Απεικόνιση των μηχανισμών ανάδρασης των νεφών (Πηγή: IPCC, 2013)

2.2 Επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα

Η βιοποικιλότητα αναφέρεται στη ποικιλία των φαινομένων ζωής στους οργανισμούς, τα είδη, τις βιοκοινότητες και τα οικοσυστήματα. Η βιοποικιλότητα εκφράζει τη φύση με όλες τις δυνατές μορφές της (Πίνακας 4).

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει οδηγήσει στη μείωση της βιοποικιλότητας, καθώς ενισχύεται η τάση εξαφάνισης διάφορων φυτικών και ζωικών ειδών. Πολλές περιβαλλοντικές οργανώσεις εκτιμούν ότι έως τα τέλη του 21^{ου} αιώνα, μεγάλο ποσοστό των υπαρχόντων ειδών και οργανισμών θα εξαφανιστεί ή θα μειωθεί. Πολλοί υγρότοποι (δέλτα ποταμών, ποτάμια, έλη κλπ) που διακρίνονται για την μεγάλη παραγωγικότητα και τα θρεπτικά συστατικά τους, διαταράσσονται λόγω της κλιματικής αλλαγής, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η υδρόβια και η χερσαία χλωρίδα.

Το κόστος αυτών των διαταραχών επωμίζονται επιπλέον τα μεταναστευτικά πουλιά, διάφορα έντομα, ερπετά, αμφίβια και ψάρια.

Πίνακας 4. Οι υπηρεσίες που προσφέρει η βιοποικιλότητα στον άνθρωπο.

(Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2014)

ΕΙΔΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1. Υποστηρικτικές (supporting)	<ul style="list-style-type: none"> • Προστασία του κύκλου των θρεπτικών στοιχείων • Σχηματισμός και συντήρηση του εδάφους • Στήριξη της πρωτογενούς παραγωγής
2. Προμηθευτικές (provisioning)	Παροχή αγαθών (πχ. για διατροφή, νερό, ξυλεία, φυσικές ίνες, καύσιμη ύλη και φαρμακευτικά υλικά)
3. Ρυθμιστικές (regulating)	<ul style="list-style-type: none"> • Προστασία από ακραία καιρικά φαινόμενα • Αναβάθμιση πολύτιμων φυσικών πόρων. • Προστασία της ποιότητας των υδάτων.
4. Πολιτισμικές (cultural)	Η βιοποικιλότητα συμβάλλει στην αισθητική, πνευματική και πολιτισμική ανάπτυξη του ανθρώπου

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν στην υποβάθμιση των τροπικών δασών και άλλων οικοσυστημάτων και οδηγούν σε άγονα εδάφη με μικρή παραγωγικότητα και βιομάζα (Πίνακας 5). Ειδικά στα μεσογειακά οικοσυστήματα επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, ξηρασίες και πυρκαγιές που δρουν ανασταλτικά στην επανάκαμψή τους.

Τα δάση παίζουν σημαντικό ρόλο στην δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα, στον κύκλο του αζώτου, στην απορρόφηση αέριων ρύπων (π.χ οξείδια του αζώτου, διοξείδιο του θείου), στη πρόληψη πλημμύρων και στην αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Με την αποψίλωση των δασών απορροφάται λιγότερο CO₂, ενώ όταν καίγονται τα δάση απελευθερώνεται το αποθηκευμένο CO₂ στην ατμόσφαιρα, ενισχύοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπλέον, καταστρέφεται ο βιότοπος πολλών ζώων του δάσους και επηρεάζεται δυσμενώς η κατανομή βροχοπτώσεων.

Πίνακας 5. Κύριες αιτίες απώλειας βιοποικιλότητας

(Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2014)

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Η καταστροφή και οι μεταβολές των ενδιαιτημάτων
2	Η εισαγωγή ξενικών ειδών
3	Η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων και των ειδών χλωρίδας και πανίδας
4	Μορφές ρύπανσης (ατμοσφαιρική, χερσαία, υδατική)
5	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική διαταραχή
6	Διάφορες ασθένειες που ευνοούνται από την μετακίνηση ειδών, το εμπόριο, τις μονοκαλλιέργειες

Από την άλλη πλευρά, οι κάτοικοι των βορειότερων χωρών ευελπιστούν, ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα καταστήσει το κλίμα τους θερμότερο και ευνοϊκότερο για καλλιέργειες. Τα κωνοφόρα δάση τους θα υποστούν μεγάλη επίδραση από τα φαινόμενα, ενώ θα αυξηθεί η εξάτμιση στην αρκτική τούνδρα και θα μειωθεί η υπεδάφεια στάθμη των υδάτων.

Τα βόρεια κωνοφόρα δάση αποτελούν μεγάλες αποθήκες άνθρακα, ο οποίος εάν απελευθερωνόταν, θα οδηγούσε σε αύξηση κατά 50% της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Οι ακραίες κλιματικές μεταβολές και το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου διαταράσσουν τον κύκλο του νερού, τη θερμορύθμιση των φυτικών και ζωικών οργανισμών, τους βιογεωχημικούς κύκλους και τη πρωτογενή παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων. Κι αυτό γιατί η υπερθέρμανση της κατώτερης ατμόσφαιρας, η ξηρασία, οι καύσωνες και όλα τα ακραία καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν κύριες παραμέτρους της πρωτογενούς παραγωγικότητας, όπως τη διαθεσιμότητα του νερού και τη θερμοκρασία. (38) (39) (40) (41)

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και το κλιματικό σύστημα επηρεάζουν το περιβάλλον και τους έμβιους οργανισμούς, καθώς ρυθμίζουν την εδαφογένεση, τη διαχείριση των υδάτινων πόρων, τις ζώνες βλάστησης και τη κατανομή των έμβιων όντων πάνω στον πλανήτη (Ντάφης, 1986). Ειδικά τα έμβια όντα έχουν άμεση αίσθηση των ακραίων μεταβολών της θερμοκρασίας (Ahrens, 2003). (42) (43)

Λόγω της βιομηχανοποίησης και των γεωργικών δραστηριοτήτων, η φύση έχει βιομηχανοποιηθεί με συνέπεια η βιοποικιλότητα να απειλείται μακροσκοπικά και μικροσκοπικά. Έρευνα από την Ένωση Βρετανών Μελισσοκόμων, έδειξε ότι ο πληθυσμός των ήμερων μελισσών έπεσε κατά 30% τη διετία 2007-2008, ενώ οι άγριες μέλισσες έχουν εξαφανιστεί σε πολλές περιοχές της Ευρώπης.

Λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της τήξης των πάγων, όλα τα έμβια όντα των περιοχών (μικροσκοπικά όντα που ζουν μέσα στους πάγους, πολικές αρκούδες, άνθρωποι) βιώνουν τις αρνητικές συνέπειες. Η μείωση των πεταλούδων κατά 60% αποτελεί ένα ευαίσθητο περιβαλλοντικό δείκτη για τη κλιματική αλλαγή που βιώνουμε.

Πρόσφατη έκθεση του ΕΟΠ (2010) υπογραμμίζει ότι οι εκπομπές του CO₂ από το έδαφος, τους ωκεανούς και τα δάση είναι σημαντική παράμετρος της κλιματικής αλλαγής με συνέπειες στην υποβάθμιση στη ζωτικότητα των οικοσυστημάτων, στα αποθέματα καθαρού νερού, στη γονιμότητα των εδαφών και στη ποικιλία των ειδών. Από τα 122 κοινά είδη πουλιών της Ευρώπης, βρέθηκε ότι τα 92 είδη επηρεάζονται δυσμενώς από τις αλλαγές της θερμοκρασίας, ενώ οι πεταλούδες των χορτολιβαδικών περιοχών μειώνονται συνεχώς από το 1990 έως σήμερα. (44)

Σύμφωνα με την περιβαλλοντική οργάνωση WWF-UK, αν η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 2° C, οι συνέπειες για τον άνθρωπο και την

άγρια πανίδα θα είναι πολύ δυσάρεστες. Κι αυτό γιατί πολλά φυτά και ζώα δεν θα μπορούν να προσαρμοστούν στη κλιματική αλλαγή και θα εξαφανιστούν. Πάνω από 1.000.000 χερσαία είδη απειλούνται με εξαφάνιση μέσα στα επόμενα 50 έτη και αυτό γιατί ένα μεγάλο μέρος της άγριας φύσης καταστρέφεται. Εκτιμάται ότι το 1/3 της χλωρίδας και πανίδας θα προσβληθεί έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα, όπως επίσης και το 1/3 των δασικών εκτάσεων με τα έμβια είδη που ζουν εκεί.

Όσον αφορά στις περιοχές της Μεσογείου, η άνοδος της θερμοκρασίας των υδάτων μπορεί να επιφέρει μεγάλη μείωση στα αποθέματα βακαλάου. Αν η άνοδος ξεπεράσει 2° C, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα αλλάξει τη σύσταση των παράκτιων υγροτόπων, θα εξαφανιστούν κάποια είδη και θα επιβιώσουν ορισμένα μόνο τα ανθεκτικά δάση. Στη Βόρεια Μεσόγειο θα εξαφανιστούν φυτικά είδη σε ποσοστό 50%, ενώ στη Βόρεια- Κεντρική Ισπανία και στα βουνά της Γαλλίας το ποσοστό θα φτάσει το 80%. (32)

Στην έκθεση IPCC (2007) εκτιμάται, ότι η κλιματική αλλαγή θα επιδεινώσει την απώλεια των ειδών και ιδίως τα είδη των οποίων οι κλιματικές και οικολογικές προσαρμογές είναι περιορισμένες, ενώ οι ικανότητες μετανάστευσής τους είναι πολύ μικρές.

Συμπερασματικά, η διαταραχή του παγκόσμιου οικοσυστήματος επάγει τη κλιματική αλλαγή και διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα όπως το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη μείωση της βιοποικιλότητας. Το φυσικό περιβάλλον δεν μπορεί να ανατρέψει τις συνέπειες των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα να διαταράσσεται η σταθερότητα και η ισορροπία του. Πολλά είδη σήμερα κινδυνεύουν λόγω καταστροφής ή συρρίκνωσης των ενδιαιτημάτων τους, ενώ άλλα έμμεσα αφανίζονται λόγω της τροφικής ή άλλης εξάρτησης από αυτά. Η μείωση της βιοποικιλότητας είναι παγκόσμιο φαινόμενο και εκτιμάται ότι έως το 2050 θα αφανιστούν το 30% των θηλαστικών και το 15% των πτηνών σε όλη τη Γη.

Όσον αφορά στην Ελλάδα, απειλούνται το 15% των σπονδυλωτών ζώων και πολλά καλλιεργήσιμα φυτά, ιδίως παραδοσιακές ποικιλίες. Το σημαντικότερο πρόβλημα για τα ελληνικά φυτά αποτελεί η μακρά, θερμή και άνυδρη θερινή περίοδος. Γενικά, όπως αναφέρουν οι Malcolm et al. (2006), τα σπονδυλωτά και τα ενδημικά φυτά της Μεσογειακής λεκάνης απειλούνται από την υπερθέρμανση και τις κλιματικές διαταραχές. Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες με πλούσια χλωρίδα ενώ αριθμεί περίπου 5.500 είδη και υποείδη. Το 13% αποτελεί ενδημικά είδη και το 4% αυτών απειλούνται με αφανισμό.

Οι μεγαλύτερες μειώσεις στην αφθονία των ειδών προβλέπεται να συμβούν σε περιοχές της νότιας Ευρώπης και σε περιοχές της Ιταλίας, Ελλάδας και Ιβηρικής Χερσονήσου όπου νησιά των περιοχών αυτών αναμένεται να χάσουν πολύ μεγάλο ποσοστό της τρέχουσας αφθονίας των ειδών τους, λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. (5) (45) (46) (47)

2.3 Επιπτώσεις στη φυσιολογία φυτών και ζώων

2.3.1 Επίδραση στους φυτικούς οργανισμούς

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι διαταραχές του κλίματος επηρεάζουν άμεσα τα φυτά, καθώς καθορίζουν τη θερμοκρασία τους και την απώλεια νερού από το μηχανισμό της διαπνοής. Οι καταπονήσεις των φυτών οφείλονται κύρια στη ξηρασία, το χαλάζι, τις πλημμύρες, τους ισχυρούς ανέμους και τον παγετό.

Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση οδηγεί σε φαινόμενα (π.χ όξινη βροχή) που διαβρώνουν τα εδάφη, επηρεάζουν τη σπορά, τα έντομα και την υγρασία του εδάφους. Όλα τα παραπάνω έχουν επιπτώσεις στη ποσότητα και τη ποιότητα των καλλιεργειών. Οι φαινολογικές αναλύσεις προσδιορίζουν τη δυναμική του κλίματος και του κύκλου των φυτών. Οι μελέτες αυτές αποτελούν φυσικούς δείκτες της υπερθέρμανσης του πλανήτη και των κλιματικών διαταραχών, δίνοντας σημαντικές πληροφορίες για την αγροτική παραγωγή (π.χ οι παγετοί της άνοιξης ή του φθινοπώρου, οι ημερομηνίες σποράς ή συγκομιδής). (48)

Η απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας UV και η θέρμανση των υδάτων μπορεί να αποδειχτεί βλαβερή για τους μικροσκοπικούς θαλάσσιους οργανισμούς και τα φυτά. Η υπεριώδης ακτινοβολία διαταράσσει την υγεία του φυτοπλαγκτόν, διότι ο αμυντικός μηχανισμός των κυττάρων που παράγουν χλωροφύλλη και απορροφούν το φως, δεν λειτουργεί στην αυξανόμενη υπεριώδη ακτινοβολία. Άλλη πιθανή αντίδραση του πλαγκτόν είναι να εισχωρεί πιο βαθιά στα νερά, μειώνοντας την απορρόφηση του φωτός που απαιτείται για τη φωτοσύνθεση. Συνέπεια αυτού είναι η μείωση της τροφής και του οξυγόνου που παράγονται από το φυτοπλαγκτόν. Άρα, η απορρόφηση αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας θα μπορούσε να επιδράσει αρνητικά στη ποικιλία του φυτοπλαγκτόν και γενικά σε όλο το θαλάσσιο οικοσύστημα. Σε έρευνα για το φυτοπλαγκτόν της Ανταρκτικής, σημειώθηκε συνολική μείωση 2-4% στη παραγωγικότητά του.

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αυξημένη παραγωγή όζοντος στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, συλλειτουργούν αρνητικά και στα ανώτερα φυτά. Πολλά φυτά είναι πολύ ευαίσθητα στην φωτοχημική καπνομίχλη και οι βλάβες της είναι μη αντιστρεπτές. Επίσης, η υπέρμετρη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσει μείωση της επιφάνειας των φύλλων τους που παράγουν τη φωτοσύνθεση. Έρευνα σε 200 αγροτικά φυτά έδειξε ότι πάνω από τα μισά ήταν ευαίσθητα στην απορρόφηση ακτινοβολίας UV-B, ενώ η σοδειά της σόγιας μπορεί να μειωθεί κατά 25% με την απορρόφηση μεγάλων ποσών υπεριώδους ακτινοβολίας. Γενικά, τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν διακυμάνσεις και δείχνουν ότι τα άγρια φυτικά συστήματα είναι ανθεκτικότερα στην υπερθέρμανση σε σχέση με τα αγροτικά. (15)

Εργαστηριακές μελέτες έδειξαν ότι η μείωση της φυτικής βιομάζας μπορεί να προκληθεί από την εκπομπή των θερμοκηπικών και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα, με συνέπειες στη φωτοσύνθεση, στην απόκριση των στομάτων και στη λειτουργία του μεταβολισμού τους.

Ιδιαίτερα επιβλαβείς ρύποι για τα φυτά είναι το όζον (ιδιαίτερα για τα κηπευτικά και τον καπνό), το διοξείδιο του θείου και το διοξείδιο του αζώτου (προκαλούν όξινη βροχή, εκθέτουν τα δέντρα στα έντομα και τη ξηρασία), οι φθοριούχες ενώσεις (ιδιαίτερα για τα οπωροφόρα δέντρα) και οι πτητικές ενώσεις (VOC's) που κάνουν ζημιά στα φύλλα και στα άνθη.

Η βλάστηση των φυτών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως: η ρύπανση του αέρα, η ξηρασία, η αυξημένη υγρασία, οι ραγδαίες μεταβολές της θερμοκρασίας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα.

Η απώλεια σοδειάς μπορεί να οφείλεται σε ποσοστό έως 5% στην ατμοσφαιρική ρύπανση, διαφέρει από περιοχή σε περιοχή καθώς και στο είδος της καλλιέργειας. Οι αέριοι ρύποι μπορούν να επηρεάσουν τη κυτταρική δομή των φύλλων και κατά συνέπεια την αναπνοή και την φωτοσύνθεση των φυτών. Επιπλέον, μπορούν να επηρεάσουν το ριζικό τους σύστημα, οπότε διαταράσσεται η διαδικασία απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών από το έδαφος.

Οι συνέπειες των θερμοκηπικών αερίων στα φυτά μπορούν να είναι ορατές, όπως αλλαγή στο χρώμα των φυλλωμάτων, πρόωμη γήρανση ή και την πτώση των φύλλων. Ο μίσχος του φύλλου μπορεί να αλλοιωθεί, ενώ τα άνθη και οι καρποί των οπωροφόρων δέντρων παρουσιάζουν βλάβες. Οι μη ορατές συνέπειες έχουν να κάνουν με τη μη φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών και αλλαγές στο κύκλο αναπαραγωγής τους. (8)

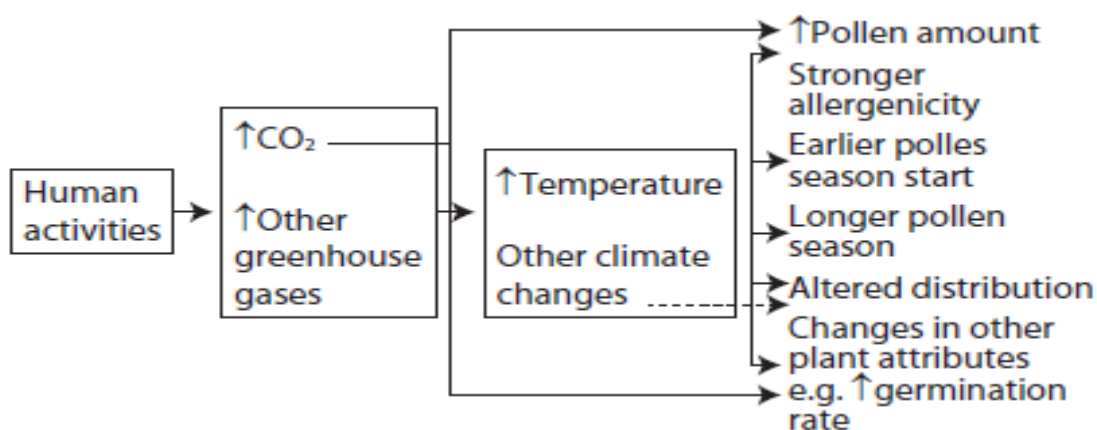
Με την όξινη βροχή καταστρέφεται το φύλλωμα των δέντρων, υποβαθμίζεται η γονιμότητα του εδάφους και αυξάνει η θνησιμότητα φυτικών και ζωικών οργανισμών στα υδάτινα οικοσυστήματα. (49)

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται για την βιοποικιλότητα σε φυτά, μικροπανίδα και νησίδες ενδημισμού. Η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι εκπομπές ρύπων που προέρχονται από ανθρωπογενείς αιτίες τα υποβαθμίζουν και οδηγούν στη διάβρωση του εδάφους. Η εξάτμιση ενισχύεται και αυξάνει η αλατότητα των εδαφών. Το διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται τις νύχτες από την ατμόσφαιρα, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών και της ελάχιστης διαπνοής. Τότε προσαρμόζονται καλύτερα τα φυτά με το μεγαλύτερο σάρκωμα (λιγότερη εξάτμιση) και εναλλακτικούς φωτοσυνθετικούς μηχανισμούς. Τέτοια φυτά είναι η βελανιδιά και το πεύκο που είναι από τα πιο ανθεκτικά είδη και έχουν τη δυνατότητα προσαρμογής σε μια εξωτερική περιβαλλοντική μεταβολή. Όμως, είναι αμφίβολο πόσα φυτικά συστήματα μπορούν να ανταποκριθούν σε μια μεγάλη εξωτερική επίδραση, όπως το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και με ποιο ρυθμό. Η αλληλεπίδραση των συστημάτων αυτών με άλλους οργανισμούς δημιουργεί αλυσιδωτές μεταβολές, οπότε κάποια είδη ευνοούνται και κάποια άλλα εξασθενίζουν. (5) (50)

Η υπερθέρμανση του πλανήτη επιδρά στη φυσιολογία και στη φαινολογία των φυτών. Πρώτο χαρακτηριστικό παράδειγμα της επίδρασης αυτής αποτελεί η πρόωμη άνθηση των φυτών (IPCC, 2007). Δεύτερο παράδειγμα αποτελεί η ξήρανση της Κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica*) που την καθιστά ευάλωτη σε διάφορα έντομα. (51) (46)

Συμπερασματικά, η άνοδος της θερμοκρασίας και η αύξηση εκπομπής CO₂ επηρεάζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό τα δέντρα και μετά τα χορτάρια και τους θάμνους. Γενικά, προκαλούν στα φυτά: **(Εικόνα 21)** (52)

- αλλαγές στο χρόνο και στη διάρκεια της ανθοφορίας,
- μεταβολές στη βλάστηση,
- αλλαγές στη γεωγραφική κατανομή τους,
- μεταβολές στη γύρη και στα αλλεργιογόνα. (53) (54)



Εικόνα 21. Επιπτώσεις της ανόδου της θερμοκρασίας στα φυτά και τη γύρη.

(Πηγή: Beggs, 2004)

Είναι γεγονός ότι τα είδη βλάστησης και η κατανομή τους άλλαξε τις τελευταίες δεκαετίες. Στην Ευρώπη μελέτες έδειξαν ότι κάποια φυτά, η ελιά, το περδικάκι και το ζιζάνιο αμβροσία επεκτάθηκαν στον Βορρά. Λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής ενισχύθηκε η μετακίνηση και το εμπόριο φυτών και κατά συνέπεια η εξάπλωση των αλλεργιογόνων. Στην Ελλάδα έφτασαν εισαγόμενα είδη κυπαρισσιού (π.χ *Lusitanica*, *Cupressus arizonica*) και η γύρη τους θεωρείται πιο αλλεργιογόνος από το δικό μας είδος (*Cupressus sempervirens*). (55) (56)

Επιπλέον, η άνοδος της θερμοκρασίας οδηγεί σε πρόωμη γυρεοφορία. Για παράδειγμα, στην Ισπανία κατά το διάστημα 1982-2001 σημειώθηκε πρόωμη γυρεοφορία της ελιάς έως και 3 εβδομάδες. Επίσης, το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στη περίπτωση του δρυ τα τελευταία 50 χρόνια. Εκτιμάται ότι η υπερθέρμανση της ατμόσφαιρας και ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης CO₂ στις περιοχές της Μεσογείου, θα οδηγήσουν σε πρόωμη άνθιση της ελιάς κατά ένα μήνα και σε περισσότερη παραγωγή γύρης κατά 50%. (57)

Υπάρχουν μελέτες που αποδεικνύουν ότι η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας δρα συνδυαστικά με την αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα. Για παράδειγμα, εξαετής έρευνα στην Αμερική έδειξε ότι με σημαντική αύξηση του CO₂ εμφανίστηκε δηλητηριώδης κισσός πάνω σε πεύκα. Η φωτοσύνθεση του κισσού αυξήθηκε, όπως οι απαιτήσεις νερού και η βιομάζα του. Επιπλέον, αυξήθηκε η αλλεργιογόνος ουσία urushiol και μαζί οι αλλεργικές αντιδράσεις που οφείλονταν σε αυτό. (58)

Άλλη έρευνα έδειξε αντίστοιχα αύξηση της αμβροσίας μαζί με την άνοδο της θερμοκρασίας και του CO₂. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιτάχυνε την γυρεοφορία και την άνθιση, ενώ η αύξηση του CO₂ συνέβαλλε στην αύξηση της βιομάζας και της γύρης. (59)

Μια ακόμη έρευνα στις ΗΠΑ έδειξε ότι στις αστικές περιοχές η αμβροσία εμφάνισε μεγαλύτερη ανάπτυξη, παραγωγή γύρης και βιομάζας σε σχέση με τις άλλες περιοχές. Επίσης, εμφάνισε πρώιμη ανθοφορία και διπλάσια συγκέντρωση του αλλεργιογόνου Amb al. (60) (53)

Επιπλέον, η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της εξάτμισης των επιφανειακών υδάτων και επομένως μειωμένη διαθεσιμότητα νερού για την αποσύνθεση της οργανικής ύλης στο έδαφος. Συνέπεια αυτού είναι η υπερσυσσώρευση νεκρής οργανικής ύλης στο έδαφος που μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά στη περίπτωση μιας πυρκαγιάς (Βερεσόγλου 2004). (39)

Όλα τα μεσογειακά οικοσυστήματα είναι ευάλωτα σε πυρκαγιές μεγάλης έντασης και επομένως κινδυνεύουν ιδιαίτερα τα πυρόφιλα είδη δέντρων, λόγω εκτεταμένων πυρκαγιών. (Shouckri & Zachariadis 2012). (37)

Συμπερασματικά, τα είδη τα οποία κινδυνεύουν περισσότερο είναι όσα ζουν σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, όσα βρίσκονται σε παραλιακά και νησιωτικά οικοσυστήματα και εκείνα που έχουν μικρούς ή απομονωμένους πληθυσμούς. Κι αυτό γιατί θα σημειώνουν μεγαλύτερες απώλειες σε διαταραχές που οφείλονται στην άνοδο της θερμοκρασίας ή στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας. (5)

2.3.2 Επίδραση στους ζωικούς οργανισμούς

Η λειτουργία των ζωντανών οργανισμών επηρεάζεται άμεσα από το φυσικό περιβάλλον και τις συνθήκες του, καθώς για διάφορες φυσικές αιτίες μπορεί να κινδυνεύει η ασφάλεια τους και να προκληθούν τραυματισμοί, ασθένειες ή θάνατος. Οι πολύ υψηλές ή οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν την υγεία των ζωικών οργανισμών και η υπέρμετρη έκθεση του οργανισμού οδηγεί σε θερμική ή ψυχρή καταπόνηση αντίστοιχα. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η συνδεδεμένη κλιματική αλλαγή αποφέρουν επιδημιολογικές ασθένειες, κινδύνους από έντομα και γενικότερα ένα σύνολο βιολογικών κινδύνων. Οι επιπτώσεις των φαινομένων στα οικοσυστήματα δεν αφορούν μόνο στον άνθρωπο, αλλά και στα ζώα. Οι μεταβολές στον υδρολογικό κύκλο, στη διατροφή και στους φορείς ασθενειών δρουν έμμεσα στην υγεία των ζώων.

Τα ζώα ζουν πιο φυσιολογικά σε θερμοουδέτερη κατάσταση και για αυτό το λόγο, σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες ή μικρότερες της κρίσιμης θερμοκρασίας, καταπονούνται και επηρεάζεται η παραγωγική τους διαδικασία. Τα ζώα προσπαθούν με φυσικό ή τεχνητό τρόπο να προσαρμοστούν σε ακραίες συνθήκες, μεταβάλλοντας τα φυσιολογικά ή μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Όπως οι άνθρωποι έτσι και τα ζώα προσπαθούν να προσαρμοστούν στο περιβάλλον ή με τη μετακίνηση να αποφεύγουν τις δυσμενείς συνθήκες. Η θερμότητα, ο ηλιασμός, η τροφική αλυσίδα και το υπάρχον ισοζύγιο ενέργειας αποτελούν τους σημαντικότερους βιοδείκτες τους. (48)

Η απόκριση των ζώων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μελετάται από το περιβαλλοντικό στρες που εκδηλώνουν κατά την έκθεσή τους. Οι μεταβολές στο αναπνευστικό τους μηχανισμό, της θερμοκρασίας σώματος και της καρδιακής τους λειτουργίας χρησιμοποιούνται ως παράμετροι αξιολόγησης για τη θερμική τους καταπόνηση. Η εφίδρωση των ζώων αποτελεί επίσης έναν παράγοντα αξιολόγησης (π.χ για τα πρόβατα, τα άλογα).

Η όξυνση των ωκεανών, πολλών λιμνών και υδάτινων ρευμάτων αποτελεί μια από τις συνέπειες της υπερθέρμανσης και έχει προκαλέσει αφανισμό ορισμένων ειδών των ψαριών (π.χ ενδημικών). Ο πληθυσμός των ψαριών έχει αλλοιωθεί σε εκατοντάδες λίμνες στη Βόρεια Ευρώπη, Αμερική και Καναδά λόγω της όξυνσης των υδάτων. Συνήθως οι άνθρωποι καταφεύγουν να ρίχνουν ανθρακικό ασβέστιο στα ύδατα εκεί, προκειμένου να πετύχουν μείωση του pH. Επίσης, η φθορίωση των ζώων προκαλεί βλάβες και αφανισμό διάφορων ειδών (άγριων ή κτηνοτροφικών) διότι προκαλεί διαταραχές στα οστά και στα δόντια.

Για παράδειγμα, έρευνες έδειξαν μείωση παραγωγής γάλακτος στις αγελάδες. Η φθορίωση των ζώων παρατηρείται ιδιαίτερα στις βιομηχανικές περιοχές, αλλά μπορεί να προκύψει και μέσα από την τροφή τους (χόρτα ή άχυρα). Στις περιοχές αυτές έχει σημειωθεί σημαντική θνησιμότητα στις μέλισσες και στους μεταξοσκώληκες. (8)

Η σημαντική άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα αφανίσει διαπαλλοιριακά οικοσυστήματα και θα επηρεάσει τη τροφική αλυσίδα των θαλάσσιων όντων. Παράκτια οικοσυστήματα κινδυνεύουν με αφανισμό και μαζί διαταράσσεται η υδρολογία και η ισορροπία των βιοκοινοτήτων τους.

Η όξυνση των θαλάσσιων υδάτων λόγω της υπερθέρμανσης (απορρόφησης CO₂) επηρεάζει αρνητικά θαλάσσιους οργανισμούς, όπως τα κοράλλια και τα οστρακόδερμα, που χρησιμοποιούν ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃) για τη σύνθεση του σκελετού τους.

Συγκεκριμένα, η διάλυση του CO₂ στα ύδατα διαταράσσει την χημική ισορροπία και εμποδίζει την καθίζηση του ανθρακικού ασβεστίου, το οποίο είναι αναγκαίο για τον σκελετό των κοραλλίων. Επιπλέον, τα κοράλλια είναι ευαίσθητα στους ρύπους και στην υπερθέρμανση των ωκεανών, αφού η άνοδος της θερμοκρασίας άνω των 29.5° C προκαλεί απώλεια της χλωροφύλλης από τους ιστούς. Έτσι, οι ιστοί τους καθίστανται ημιδιαφανείς και τα κοράλλια ασπρίζουν.

Στη σύγχρονη εποχή η αποψίλωση των δασών οδηγεί σε απώλεια 50-170.000 τετρ.χλμ. έκτασης κάθε χρόνο. Αυτή οδηγεί σε κίνδυνο αφανισμού περίπου 1.000 είδη πτηνών, που αποτελούν το 85% του συνόλου τους. Σε πολλές βιομηχανικές περιοχές (όπως στις ΗΠΑ) το φαινόμενο αντιμετωπίστηκε με την καλλιέργεια νέων φυτειών, με νεαρά δέντρα σε κανονική διάταξη. Η απλουστευμένη αυτή όμως μορφή φύσης, δεν μπορούσε να υποκαταστήσει το άγριο δάσος και το ρόλο του. Έρευνες σε δάση της Φινλανδίας έδειξαν ότι η ποικιλότητα των ζωικών οργανισμών μειωνόταν όσο απομακρύνονταν τα παλαιά και πεθαμένα δέντρα, όπως και εάν μειωνόταν η ποικιλία των φυλλοβόλων ή των αειθαλών δέντρων.

Τα δάση και οι υγρότοποι αποτελούν τη μεγαλύτερη δεξαμενή βιολογικής ύλης και με πολλά αλληλοεξαρτώμενα είδη έμβιων όντων, μεγάλης οικολογικής σημασίας. Ο ρυθμός της βιοποικιλότητας αυξάνει εκεί όπου ξηρά και νερό συνυπάρχουν. Εκεί πρωταγωνιστούν τα πουλιά, αλλά συνυπάρχουν αμφίβια, ψάρια, μπορεί και θηλαστικά. Όμως, τον τελευταίο αιώνα καταστράφηκε περίπου το 50% των υγροτόπων σε παγκόσμια κλίμακα, ενώ στην Ελλάδα το ποσοστό φτάνει στο 60-70%. Έτσι, πολλά είδη παραυδάτιων πτηνών αναγκάζονται να μεταναστεύουν, ταξιδεύοντας πολλά χιλιόμετρα κάθε χρόνο για να βρουν καλύτερες κλιματολογικές συνθήκες.

Τα μικρότερα πουλιά, τα λιγότερα εξοπλισμένα και λιγότερο ανθεκτικά, δεν καταφέρνουν να επιβιώσουν ή φτάνουν στον τόπο αναπαραγωγής καθυστερημένα. Άλλη χαρακτηριστική ένδειξη αποτελεί η πρόωμη ωοτοκία των πουλιών όταν επικρατούν αυξημένες θερμοκρασίες.

Γίνεται σαφές ότι οποιαδήποτε κλιματική διαταραχή, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, επηρεάζει αρνητικά την ισορροπία και τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων. Είναι αμφίβολο πόσο γρήγορα μπορούν να ανταποκριθούν στις διαταραχές αυτές όλα τα ζωικά συστήματα και το πότε θα κληθούν να το κάνουν. Η μετανάστευση, η συρρίκνωση των ειδών και η ανάπτυξη ανταγωνισμού μεταξύ των

έμβιων όντων για την επιβίωση, αποτελούν ορισμένες επιπτώσεις των παραπάνω φαινομένων. (50)

Η αλληλεπίδραση των ζωικών συστημάτων με την ατμόσφαιρα είναι σύνθετη και απαιτεί γνώση του ισοζυγίου ενέργειας, που περιλαμβάνει τη τροφική αλυσίδα, τον ηλιασμό (insolation) και τη θερμική ενέργεια. Όπως ο άνθρωπος έτσι και οι ζωικοί οργανισμοί αποφεύγουν τις ακραίες μεταβολές θερμοκρασίας. Τόσο η υψηλή υγρασία όσο και η ηλιακή ακτινοβολία επιβαρύνουν τις συνέπειες των υψηλών θερμοκρασιών. Η υψηλή υγρασία επιδεινώνει την ικανότητα δερμικής και αναπνευστικής εξάτμισης, ενώ η ηλιακή ακτινοβολία επιβαρύνει το μηχανισμό διατήρησης της θερμοκρασίας του σώματος.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη καθιστά αναγκαία τη θερμορύθμιση των ζώων. Τα ζώα που ζουν σε τροπικές περιοχές και ξηρό κλίμα καλούνται να αποβάλλουν τη περίσσεια θερμότητας μέσω του δέρματος και της αναπνευστικής οδού.

Επιπλέον, η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στο DNA και RNA των ζωντανών οργανισμών. Για αυτό τα ζώα αποφεύγουν την υπεριώδη ακτινοβολία και αναπτύσσουν μηχανισμούς προστασίας. Κάποια ζώα έχουν ορισμένες χρωστικές δέσμευσης στο δέρμα τους ή μηχανισμούς επιδιόρθωσης του γενετικού τους υλικού. Οι μηχανισμοί αυτοί όμως αποδεικνύονται ανεπαρκείς, αν μειωθεί περαιτέρω το όζον που οδηγεί σε αύξηση απορρόφησης της υπεριώδους ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα.

Κατά κανόνα κρίνεται απαραίτητη η αλλαγή του μικροκλίματος των ζώων με ενσταβλισμό ή μεταβάλλοντας κάποιους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία του αέρα, η σκίαση και η αγωγιμότητα των επιφανειών με τις οποίες έρχονται σε επαφή. (15)

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή φέρουν δυσμενείς επιπτώσεις στους βοσκοτόπους και στις ημιάνυδρες εκτάσεις. Αυτές αποτελούν το 30% της συνολικής έκτασης της Γης, με βαρυσήμαντο ρόλο στα ζωικά συστήματα και την κτηνοτροφία (WMO, 2000). Οι συχνές ξηρασίες μειώνουν τις χορτονομές και οδηγούν σε απώλειες ζώων, οπότε απαιτείται αναβλάστηση του χόρτου και δεντροφύτευση, ώστε να παρέχεται περισσότερη τροφή αλλά και προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία (WMO, 2004). (61) (62)

Ομοίως, τα παραπάνω φαινόμενα επιδρούν στη θερμοκρασία των υδάτων, οπότε επηρεάζεται η παραγωγικότητα των χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων και κατά συνέπεια τα αλιευτικά είδη. Οι υδατοκαλλιέργειες χρειάζονται έναν σταθερό τρόπο ανεφοδιασμού νερού που είναι το νερό της βροχής. Το μέσο ετήσιο ύψος του νετού καθώς

και η κατανομή του, αποτελούν βασικές παράμετροι για την αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες σε εσωτερικά ύδατα. Η υπερθέρμανση και η ξηρασία λειτουργούν δυσμενώς καθώς καταστρέφουν τις λεκάνες απορροής, υποβαθμίζουν τη ποιότητα του νερού, αυξάνουν την εξάτμιση των λιμνών, μειώνουν την ανατροφοδότηση των υδάτων και προκαλούν συνωστισμό των ψαριών. Σε ετήσια βάση σημειώνονται διαφορές στην αλιευτική παραγωγή λόγω των μεταβολών στη θερμοκρασία, στην ηλιακή ακτινοβολία και στη φωτοσύνθεση.

Το φυτοπλαγκτόν, τα βακτήρια και πολλοί μικροοργανισμοί αντιδρούν στην θέρμανση, οπότε μεταβάλλεται ο μεταβολισμός τους. Χαρακτηριστικές βιοχημικές διεργασίες που επιταχύνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας είναι η αναπνοή, η φωτοσύνθεση, η νιτροποίηση και η απονιτροποίηση. Όμως, η διάλυση του οξυγόνου στο νερό μειώνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού, οπότε τα υδρόβια ζώα καταπονούνται και κινδυνεύουν να νοσήσουν ή να μολυνθούν από παράσιτα. Γενικά, η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες μειώνει τη διαθεσιμότητα τροφής, το ρυθμό ανάπτυξης, αλλά αυξάνει την ανάγκη για περισσότερο οξυγόνο και τον κίνδυνο έκθεσης σε νοσήματα (Neill & Bryan, 1991). (63)

Συμπερασματικά, οι ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας επηρεάζουν αρνητικά την αναπαραγωγή, την ανάπτυξη και την επιβίωση πολλών ψαριών και υδρόβιων οργανισμών σε φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα και υδατοκαλλιέργειες. (48)

Επιπροσθέτως, τα είδη που έχουν μικρή ή μηδενική μεταναστευτική ικανότητα, τα σπάνια είδη, τα oligoθερμικά είδη και όσα εξαρτώνται από υδρολογικά φαινόμενα κινδυνεύουν περισσότερο προς εξαφάνιση. Τα φαινόμενα πολλές φορές συμβαίνουν ταχύτατα, οπότε δεν δίνεται η δυνατότητα στα συγκεκριμένα είδη να επιβιώσουν. (5)

Τα συμπεράσματα των επιπτώσεων των κλιματικών διαταραχών και της υπερθέρμανσης του πλανήτη στα είδη φυτών και ζώων, σύμφωνα με τη μελέτη των Dunne & Harte, παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6): (5) (47)

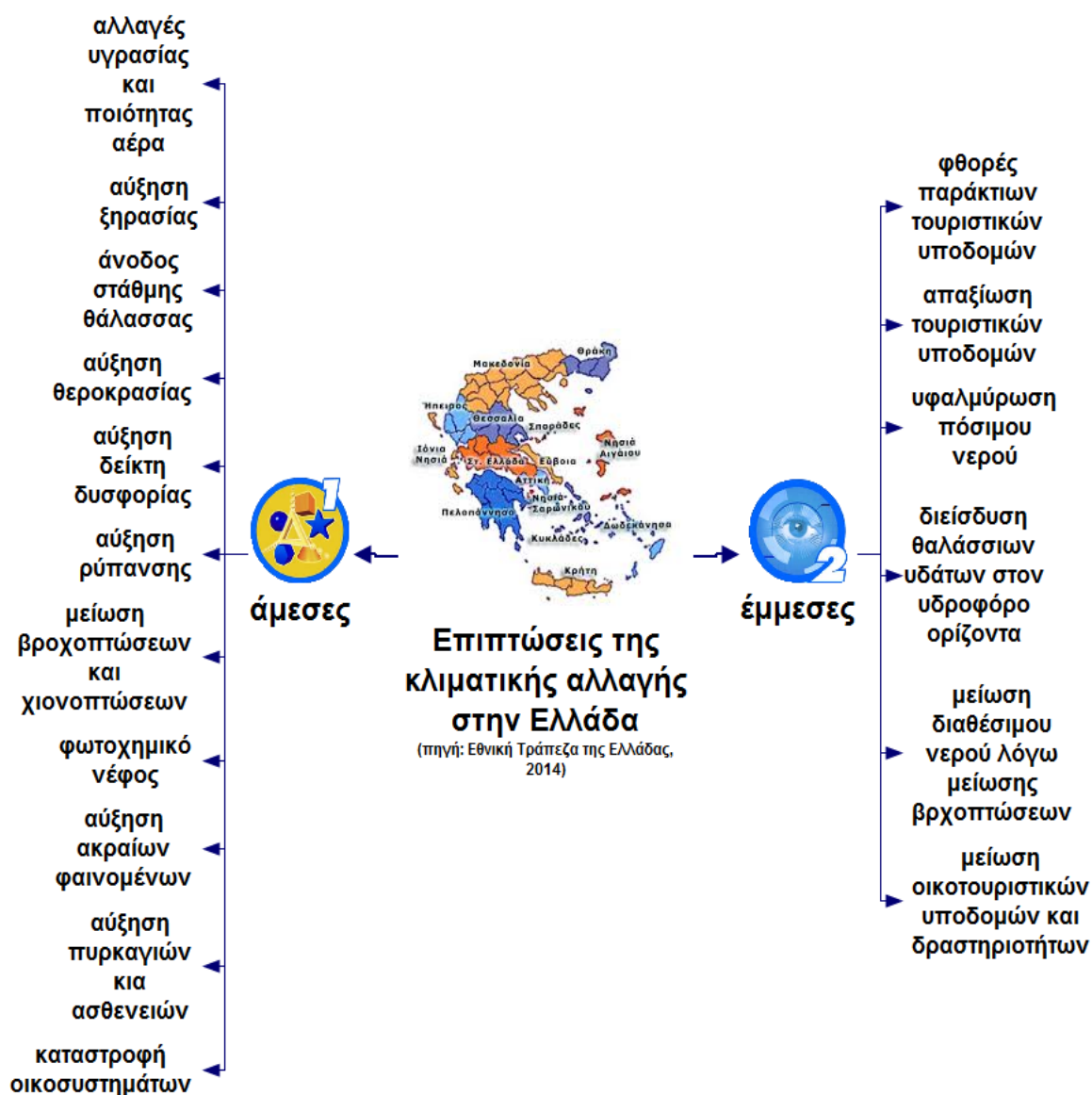
Πίνακας 6. Επιπτώσεις στα είδη φυτών και ζώων.

A/A	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
1	Η γενετική προσαρμογή των οργανισμών ποικίλει από είδος σε είδος.
2	Πολλά είδη θα υποχρεωθούν να μεταναστεύσουν.
3	Τα φυτικά είδη μεταφέρονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη.

4	Πολλοί οργανισμοί θα εξαφανιστούν ή θα καταπονηθούν λόγω θερμοκρασίας.
5	Παραλιακά και νησιωτικά οικοσυστήματα θα αφανιστούν ή θα επηρεαστούν οι λειτουργίες τους.
6	Επηρεάζεται η διαθεσιμότητα της τροφής τους λόγω υδρολογικών μεταβολών.
7	Μεταβάλλεται η διασπορά των αναπαραγωγικών οργάνων των φυτών.
8	Τα σπάνια είδη είναι πιο ευάλωτα προς εξαφάνιση λόγω μικρής γενετικής παραλλακτικότητας.
9	Οι κλιματικές διαταραχές μπορεί να ευνοήσουν κάποια είδη και να εξασθενήσουν κάποια άλλα είδη οργανισμών.
10	Πολλά είδη οργανισμών επηρεάζονται αρνητικά από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.
11	Τα μικρά σε πλήθος είδη οργανισμών και τα πιο απομονωμένα, κινδυνεύουν περισσότερο προς αφανισμό.

2.4 Οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο

Η Ελλάδα συμπεριλαμβάνεται στις χώρες που ήδη πλήττεται από την άνοδο της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας, όπως συμβαίνει σχεδόν σε ολόκληρη τη Μεσόγειο. Η αύξηση της θερμοκρασίας και η ραγδαία μείωση των βροχοπτώσεων θα οδηγούν σε καύσωνες και ξηρασίες, με επιπτώσεις μοιραία στην υγεία, στο περιβάλλον και στην εγχώρια οικονομία (Εικόνα 22).



Εικόνα 22. Απεικόνιση των επιπτώσεων της κλιματικής διαταραχής στην Ελλάδα

(Πηγή: Εθνική Τράπεζα Ελλάδος, 2014)

Η Νότια Ευρώπη και ειδικά η χώρα μας αντιμετωπίζει μεγάλο κίνδυνο παρατεταμένων ξηρασιών, με άμεση συνέπεια τη μείωση διαθέσιμου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα. Αυτό οδηγεί σε μεταβολές των φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών χαρακτηριστικών των εγχώριων οικοσυστημάτων (Andreopoulos et al., 2015). (64)

Οι αρνητικές επιπτώσεις των φαινομένων θα πλήξουν χώρες, όπως η Μάλτα, η Κύπρος, η Ισπανία και η Ελλάδα. Οι χώρες της Ανατολικής Μεσογείου θα υποδέχονται λιγότερους τουρίστες τις θερμές περιόδους, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και της έλλειψης νερού (Ehmer & Heymann, 2008). (Εικόνα 23) (65) (66)

Επίδραση	Βόρεια Ευρώπη	Κεντρική & Ανατολική Ευρώπη	Μεσογειακή Ευρώπη
Απώλειες από έντονα καιρικά φαινόμενα	M(-)	M(-)	Y(-)
Πλημμύρες ποταμών	M(-)	Y(-)	X(-)
Πλημμύρες σε παράκτιες περιοχές	Y(-)	M(-)	Y(-)
Ποιότητα πόσιμου νερού	X(-)	X(-)	Y(-)
Γεωργική παραγωγή	Y(+)	M(-)	Y(-)
Δασική παραγωγή	M(+)	X(-)	Y(-)
Βιοποικιλότητα	M(+)	M(-)	Y(-)
Ενεργειακές ανάγκες	M(+)	X(+)	Y(-)
Τουρισμός	M(+)	X(+)	M(-)
Υγεία	X(-)	M(-)	Y(-)

Σημ.: Y: Υψηλή, M: Μεσαία, X: Χαμηλή επίδραση. (+): Θετική, (-): Αρνητική επίδραση

Εικόνα 23. Συνοπτική απεικόνιση των επιπτώσεων της υπερθέρμανσης στην Ευρώπη.

(Πηγή: Ζαχαριάδης, 2012)

Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού για το 2005, το μεσογειακό κλίμα της Ελλάδας υφίσταται αλλοιώσεις και διαταράσσεται. Γίνεται ολοένα θερμότερο και τα φαινόμενα που το συνοδεύουν παρουσιάζονται ενισχυμένα. Στην Αττική ενισχύεται η φωτοχημική ρύπανση, ενώ η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας ήταν αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με την Κρήτη και τα νησιά του Αιγαίου. Οι επιστήμονες αναφέρουν ότι οι μεταβολές οφείλονται στο ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι ενδεικτικές για τις ευρύτερες επιπτώσεις του στην Ανατολική Μεσόγειο. (41)

Σύμφωνα με μελέτη για τη χώρα μας (Γιαννακόπουλος et al., 2009), η υπερθέρμανση και η κλιματική διαταραχή συντελούν σε γεγονότα που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 7**): (67)

Πίνακας 7. Επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας στην Ελλάδα

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1.	Θα επιμηκυνθεί η τουριστική περίοδος.
2.	Λόγω της κατανομής των τουριστών θα αναδιανέμεται το νερό και η ενέργεια τη θερινή περίοδο.
3.	Θα αναζητηθούν εναλλακτικοί τρόποι παροχής και παραγωγής ενέργειας.

4.	Θα αυξηθούν οι θερμές ημέρες με θερμοκρασίες άνω των 35° C.
5.	Θα αυξηθεί η δυσφορία των ανθρώπων λόγω καύσωνα.
6.	Θα αυξηθεί η ανάγκη για παροχή ψύξης λόγω των υψηλών θερμοκρασιών.
7.	Αυξάνει συνεχώς ο κίνδυνος πυρκαγιών.

Πολλές έρευνες από πανεπιστημιακούς και ερευνητικούς κύκλους καταλήγουν στα παρακάτω συμπεράσματα, όσον αφορά στη κατάσταση στην Ελλάδα (ΙΣΤΑΜΕ 2007):

- ✓ Η θερμοκρασία εμφανίζει μια ανοδική τάση τα τελευταία 30 έτη.
- ✓ Οι θερμοκρασιακές μεταβολές και το μέγεθός τους, διαφοροποιούν τη κατάσταση στην Ελλάδα από τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης.
- ✓ Τη χειμερινή περίοδο σημειώνεται συνεχιζόμενη ψύξη της ατμόσφαιρας, ενώ τη θερινή περίοδο εντονότερη θέρμανση λόγω των εξασθετισμένων ανέμων.
- ✓ Υπάρχει σαφέστατη μείωση βροχοπτώσεων από τα μισά του 20^{ου} αιώνα. Μόνο τη περίοδο 1970-1997 είχαμε τις πιο έντονες βροχοπτώσεις.
- ✓ Τη δεκαετία του 1990 παρουσιάστηκε τριπλάσια αύξηση καυσώνων από ότι υπήρξε 30 χρόνια πριν.
- ✓ Δεν υπήρξε μεταβολή στη συχνότητα των παγετών.
- ✓ Εμφανίζεται τάση ανόδου της στάθμης της θάλασσας, όπως και στη πλειονότητα των σημείων μελέτης της Μεσογείου. Οι πιο αξιόπιστες έρευνες και καταγραφές ξεκίνησαν μόλις το 1985 (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002β).
- ✓ Απειλείται ο κλάδος της γεωργίας, ιδιαίτερα στις περιοχές που αντιμετωπίζουν ξηρασία. (68) (69)

Είναι γεγονός ότι οι συνθήκες ζωής στην Ελλάδα κατά τους θερινούς μήνες χειροτερεύουν και γίνονται οριακές, ενώ γίνονται πολύ καλύτερες το Φθινόπωρο και την Άνοιξη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την άνοδο της τουριστικής κίνησης στις συγκεκριμένες εποχές. Ταυτόχρονα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί κίνδυνο για τις παραλίες και τα τουριστικά συγκροτήματα, με συνέπειες για όλους τους τομείς της τουριστικής βιομηχανίας (Alexandrakis et al. 2013). (70)

Γενικά, η τουριστική κίνηση σημειώνεται από Βορρά προς Νότο, δηλαδή προς τις παράκτιες ζώνες. Όμως, η υπερθέρμανση και η αλλαγή του κλίματος θα αλλάξει τις προτιμήσεις των τουριστών. Επομένως, ενδέχεται οι δημοφιλείς προορισμοί των τουριστών σήμερα, να μην προτιμώνται λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας.

Από την άλλη πλευρά, οι προορισμοί που παρουσιάζουν χαμηλές θερμοκρασίες στην εποχή μας, αναμένεται να παρουσιάσουν αυξημένο τουριστικό ρεύμα (*Bujosa et al. 2015*). (71) (72)

Ειδικά όσον αφορά στην Ελλάδα, οι εκπομπές CO₂ ανά κάτοικο υπολογίζονται σε 9 τόνους, δηλαδή 10% παραπάνω από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο.

Συνολικά, οι εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου (CO₂, CH₄ και N₂O) είναι αυξημένες κατά 24% σε σχέση με τα επίπεδα του έτους βάσης, δηλαδή του έτους 1990 (εκτός των φθοριούχων ενώσεων που είχαν έτος βάσης το 1995).

Η κύρια πηγή εκπομπής των θερμοκηπικών αερίων στη χώρα μας είναι ενεργειακής προέλευσης, δηλαδή προέρχονται από τον κλάδο των μεταφορών, βιομηχανίας, γεωργίας, οικισμών και τα καύσιμα.

Ο σημαντικότερος λόγος είναι η μεγάλη εξάρτηση της Ελλάδος από τον ρυπογόνο λιγνίτη για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η χρήση πετρελαίου. Αντίθετα, σημειώνεται μικρή διείσδυση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παίζουν ο μεγάλος αριθμός πυρκαγιών (τριπλάσιος σε σχέση με το μέσο όρο της περιόδου 1990-1999) και η αλλαγή χρήσης γης και δασών. (32) (68)

Συγκεντρωτικά, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επιπτώσεις του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο, σύμφωνα με την έκθεση του WWF- UK (**Πίνακας 8**): (32)

Πίνακας 8. Συγκεντρωτικός πίνακας των επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου στη Μεσόγειο.

ΤΟΜΕΑΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Κλίμα	✓ Ξηρότερο, θερμότερο και ευμετάβλητο

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αύξηση καυσώνων ✓ Μείωση βροχοπτώσεων κατά 30% ✓ Οι μέγιστες θερμοκρασίες θα ανέβουν έως και 5° C ✓ Η Ανατολική Ελλάδα θα βιώσει μακρές ξηρασίες μεγαλύτερες των 2 εβδομάδων ✓ Έντονες βροχοπτώσεις στη Δυτική Ελλάδα, Ιταλία, Νότια Γαλλία, Βορειοδυτική Ιβηρική χερσόνησο
Στάθμη της θάλασσας	<ul style="list-style-type: none"> • Πολλοί παράκτιοι υγρότοποι θα χαθούν • Θα απειληθούν παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδος και των νησιών
Κατοικίες	<ul style="list-style-type: none"> • Οι κατοικίες θα απειληθούν λόγω θυελλών και πλημμύρων • Θα σημειωθεί διάβρωση του εδάφους
Υγεία	<ul style="list-style-type: none"> • Θα αυξηθούν οι ασθένειες και η θνησιμότητα λόγω καύσωνα, ξηρασίας και πυρκαγιών • Θα αυξηθεί η ένταση του παγετού, χιονοπτώσεων και των ψυχρών περιόδων • Μείωση νεφοκάλυψης, μεγαλύτερη έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία • Αύξηση των αλλεργιών και των δηλητηριάσεων
Πυρκαγιές	<ul style="list-style-type: none"> • Όλη η Νότια Μεσόγειος απειλείται από πυρκαγιές καθόλα τη διάρκεια του έτους • Για τα Βαλκάνια, Βόρεια Ιταλία και Ιβηρική χερσόνησο, αυξάνει η περίοδος εκδήλωσης πυρκαγιάς έως 6 εβδομάδες

Γεωργία	<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση της σοδειάς (περισσότερο για τη Νότια Μεσόγειο έως και 40%) • Θα πληγούν περισσότερο σοδειές, όπως φασόλια, φακές και σόγια • Υιοθέτηση νέων αγροτικών μεθόδων ανθεκτικότερες στο κλίμα • Αυξημένες ανάγκες για νερό
Νερό	<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση απορροής του νερού από το έδαφος • Μείωση βροχοπτώσεων
Τουρισμός	Θα μειωθεί η τουριστική κίνηση τους θερμούς μήνες του καλοκαιριού, ενώ μπορεί να διατηρηθεί την Άνοιξη και το Φθινόπωρο
Αλιεία	Ραγδαία μείωση στα αποθέματα βακαλάου
Βιοποικιλότητα	<ul style="list-style-type: none"> • Απώλεια της φυτικής ποικιλότητας στη Βόρεια Μεσόγειο πάνω από 50% • Απώλεια της φυτικής ποικιλότητας στη Βόρειο & κεντρική Ιβηρική χερσόνησο, όπως και στα βουνά της Γαλλίας άνω του 80% • Οι διαταραχές στους παράκτιους υγροτόπους οδηγούν στην εξαφάνιση ή μετακίνηση ειδών • Οι μεταβολές στα δασικά οικοσυστήματα ευνοούν την επιβίωση μόνο των πιο ανθεκτικών ειδών

Κεφάλαιο 3^ο : Επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ανθρώπινη υγεία

3.1 Εισαγωγή

Η Γη βιώνει μια παγκόσμια περιβαλλοντική διαταραχή. Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένας περιβαλλοντικός παράγοντας υπεύθυνος για την ανθρώπινη υγεία, καθώς αυξάνει τη νοσηρότητα, τη θνησιμότητα και συμβάλλει στην εμφάνιση αναδυόμενων μεταδοτικών και μη ασθeneιών. Η υπερθέρμανση του πλανήτη σε συνδυασμό με τη ρύπανση του περιβάλλοντος είναι υπεύθυνα για σοβαρές ασθένειες, όπως καρδιαγγειακές, αναπνευστικές, νεφρολογικές, καθώς επίσης για εγκεφαλικά επεισόδια και λοιμώξεις. Οι παρατεταμένοι καύσωνες, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, αυξάνουν τη πιθανότητα αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων λόγω θρομβωτικής – ισχαιμικής αιτίας. Επιπλέον, επιδεινώνεται η νοσηρότητα ασθενών χρόνιων νόσων, όπως ο καρκίνος, η καρδιακή και η νεφρική ανεπάρκεια. (49)

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε συνδυασμό με τα άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα (τρύπα του όζοντος, όξινη βροχή, φωτοχημικά ρύπανση) υποβαθμίζουν τη ποιότητα του αέρα και ενισχύουν τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι επιπτώσεις αναφορικά με τον ανθρώπινο πληθυσμό είναι κοινωνικοοικονομικές και ιατρικές. Η ανθρώπινη υγεία επηρεάζεται βασικά (Εικόνα 24) :

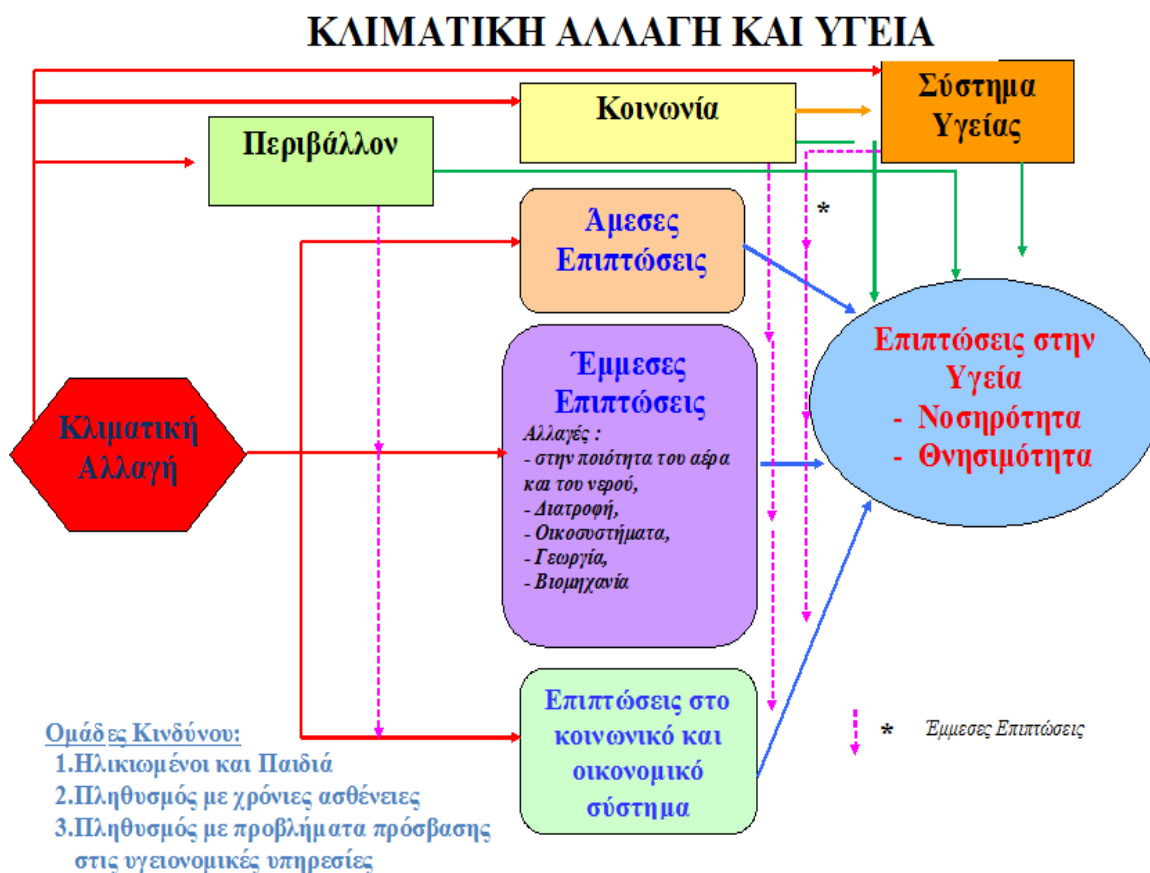
- Άμεσα από την ένταση και τη διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως καύσωνες, πλημμύρες, ξηρασίες, έντονες βροχοπτώσεις, καθώς και από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Έμμεσα μέσα από τις διαταραχές του φυσικού περιβάλλοντος που οδηγούν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και κατά συνέπεια στη νοσηρότητα και στη θνησιμότητα.
- Έμμεσα μέσα από τον κλονισμό της ψυχικής υγείας, τη μετάδοση τροφιμογενών και υδατογενών ασθενειών.
- Έμμεσα από την επανεμφάνιση ασθενειών (πχ φυματίωση) και τη μετάδοση νέων, ανθεκτικότερων μικροβίων. (73)

Η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας και η αυξημένη υγρασία συντελούν στην εμφάνιση παθογόνων μικροοργανισμών, ακόμα και σε περιοχές που ποτέ δεν

εμφανίζονταν. Τα αλλεργικά νοσήματα αυξάνουν όπως η εποχικότητα και η διάρκεια των αλλεργικών διαταραχών (π.χ ρινίτιδα, άσθμα).

Η θέρμανση των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας αυξάνει το βλαβερό όζον και τα αιωρούμενα σωματίδια, με συνέπειες την φωτοχημική ρύπανση και τα καρδιοαναπνευστικά προβλήματα. Ο κίνδυνος αυξάνει περισσότερο για τις ευπαθείς ομάδες, τους χρόνιους ασθενείς, τα μικρά παιδιά και τα βρέφη.

Αν συνεχιστούν οι ρυθμοί υπερθέρμανσης του πλανήτη και υποβάθμισης των οικοσυστημάτων πέραν του 2050, ο ανθρώπινος πληθυσμός δεν θα είναι σε θέση να διαχειριστεί τις συνέπειες μιας μεγάλου εύρους κλιματικής αλλαγής (*Smith et al., 2014*). Είναι πλέον εύλογο ότι οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι πολυδιάστατες, δεν αφορούν μόνο στην ιατρική ή στην περιβαλλοντολογική επιστήμη και είναι επιβεβλημένες οι πολιτικές προστασίας και ανάσχεσης των φαινομένων. (73) (74) (75) (76)



Εικόνα 24. Απεικόνιση επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία.

(Πηγή: WHO, 2003)

Στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 9**) αναφέρονται οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία σύμφωνα με τις υγειονομικές αρχές των Ηνωμένων Πολιτειών (CDC, 2009): (77)

Πίνακας 9. Οι κατηγορίες των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία.

1	Ασθένειες που προέρχονται από την ατμοσφαιρική ρύπανση, άσθμα, αλλεργίες.
2	Καρδιαγγειακά προβλήματα και εμφράγματα.
3	Ασθένειες που προέρχονται από τη τροφή.
4	Υδατογενείς ασθένειες.
5	Νοσηρότητα και θνησιμότητα λόγω αύξησης της θερμοκρασίας.
6	Επιπτώσεις στην ανθρώπινη ευεξία και ανάπτυξη.
7	Ασθένειες που προέρχονται από φορείς.
8	Ασθένειες που προέρχονται από ακραία καιρικά φαινόμενα.
9	Νεοπλάσματα.
10	Κλονισμός της ψυχικής υγείας – άγχος.
11	Νευρολογικές διαταραχές.

Οι πιο άμεσες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου προκύπτουν λόγω των πολύ θερμών ή ψυχρών καιρικών συνθηκών, καθώς και λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι πλημμύρες, οι παλίρροιες, οι κυκλώνες και οι ξηρασίες. Εξαιτίας των φαινομένων αυτών μπορούν να προκληθούν θάνατοι σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Ο παράγοντας θερμοκρασία, σε συνδυασμό με την υγρασία και τον άνεμο επηρεάζουν την ‘αισθητή θερμοκρασία’ που δέχεται το ανθρώπινο σώμα. Όμως, η μικρής διάρκειας και έντονες μεταβολές στη θερμοκρασία οδηγούν σε αρνητικές επιπτώσεις και καθορίζουν τη ‘θερμοκρασία κατωφλίου’, η οποία αποτελεί τη θερμοκρασία πέραν της οποίας η ανθρώπινη υγεία κλονίζεται δραστικά.

Οι θερμοκρασίες κατωφλίου είναι σχετικές και εξαρτώνται από τοπικές συνθήκες. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ άλλη θερμοκρασία κατωφλίου έχει το St.Luis (36° C) και άλλη το Detroit (32° C). (Mills, 2004) (48) (78)

3.2 Επιπτώσεις από την υπεριώδη ακτινοβολία

Μια ομολογουμένως σημαντική επίδραση από την μακροχρόνια έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί η πρόωρη δερματική γήρανση. Κι αυτό γιατί καταστρέφει τα υγιή κύτταρα του δέρματος, είναι βλαβερή για το DNA και προκαλεί μόνιμες αλλαγές στον συνδετικό ιστό του. Επίσης, συμβάλλει στην εμφάνιση ρυτίδων.

Η υπεριώδης ακτινοβολία απορροφάται από τα μόρια του DNA και RNA με συνέπεια να διασπά τους δεσμούς των αλυσίδων τους. Παραβιάζεται ο μηχανισμός σύνδεσης των βάσεων θυμίνης. Η διαδικασία της αντιγραφής στις αλυσίδες καθυστερεί και προκαλείται αλλοίωση της έλικας του DNA. Αυτό οδηγεί σε μεταλλάξεις και σε καρκινικούς όγκους, με τον μεγαλύτερο κίνδυνο να συναντάται στους ανοιχτόχρωμους δερματικά ανθρώπους. Η πιο επικίνδυνη μορφή καρκίνου του δέρματος είναι το κακοήθες μελάνωμα. Οι επιστήμονες εκτιμούν ότι η λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος κατά 1%, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση 2% της απορροφούμενης υπεριώδους ακτινοβολίας και τελικά σε αύξηση 5% εμφάνισης καρκινωμάτων στους ανθρώπους.

Η υψηλή απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας από τον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα μάτια, κυρίως στον κερατοειδή χιτώνα. Μπορεί να προκληθεί νεφέλωμα του κερατοειδούς (*χιονοτύφλωση – snow blindness*) και ο σχηματισμός καταρράκτη. Ο τελευταίος εμφανίζεται ιδιαίτερα στα μεγάλα ύψη (π.χ Θιβέτ) και σε περιοχές κοντά στον Ισημερινό, όπου υπάρχει μεγαλύτερη ηλιοφάνεια.

Η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο *ανοσοανεπάρκεια (immunodeficiency)*, δηλαδή διαταραχές του ανοσοποιητικού του συστήματος. Συγκεκριμένα, μεταβάλλεται η διαδικασία παραγωγής αντισωμάτων και ανοσοποιητικών κυττάρων, που έχει ως συνέπεια τη μεγαλύτερη ευαισθησία του οργανισμού και τη νοσηρότητα. (15)

Η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας τις επόμενες δεκαετίες, αναμένεται να οδηγήσει στην εμφάνιση των επιπτώσεων της υπεριώδους ακτινοβολίας ιδιαίτερα στις περιοχές με εύκρατο κλίμα (*Belanger et al., 2009*). (79)

Ωστόσο, η απορρόφηση ηλιακής ενέργειας από τον ανθρώπινο οργανισμό είναι ευεγερτική, καθώς ενισχύει τη σύνθεση της βιταμίνης D συνδυάζοντας και άλλους παράγοντες όπως τη διατροφή. Ειδικό εκτιμούν ότι πολλοί πρόωροι θάνατοι οφείλονται σε έλλειψη της βιταμίνης D και μειωμένης έκθεσης στον ήλιο (*Lucas et al., 2013*). (80)

3.3 Επιπτώσεις από τις μεταβολές της θερμοκρασίας

Η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να προκαλέσει αυξημένη θνησιμότητα στον ανθρώπινο πληθυσμό, ενώ στις πιο ψυχρές χώρες η θνησιμότητα θα κυμαίνεται σε μειωμένο ποσοστό (WHO, 2003). (73)

Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (Π.Ο.Υ.) επισημαίνει ότι η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας οδηγεί στην αύξηση της νοσηρότητας και θνησιμότητας, συνδέοντας με αυτήν την υποβάθμιση της διατροφής, του νερού και του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι καύσωνες πλέον εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα και οδηγούν σε θερμοπληξίες και θερμικό στρες.

Ο καύσωνας του 2003 σε πολλές χώρες της Δυτικής Ευρώπης προκάλεσε περίπου 70.000 θανάτους πλήττοντας κυρίως τους ηλικιωμένους ανθρώπους, λόγω της μειωμένης ικανότητας θερμορύθμισης τους σώματος. Οι επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών αφορούν το καρδιαγγειακό σύστημα, καθώς και μολύνσεις του αναπνευστικού συστήματος. Η έκθεση της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας για τον ανθρώπινο πληθυσμό των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης προβλέπει ότι:

- ✓ Η θνησιμότητα θα αυξάνει σε ποσοστό 1-4% για κάθε άνοδο ενός βαθμού της θερμοκρασίας.
- ✓ Για τη χρονική περίοδο 2071-2100 οι πρόσθετοι θάνατοι θα αυξάνουν κατά 86.000 ανά έτος, εάν η μέση παγκόσμια θερμοκρασία αυξηθεί κατά 3°C. (Εικόνα 25)

Το σχέδιο PESETA (Projection of Economic Impacts of Climate Change in Sectors of the European Union based on Bottom-Up Analysis) αναφέρεται στις χρονικές περιόδους 2011 - 2040 και 2071 - 2100, με στόχο να αναδειξεί τη σχέση ανάμεσα στις κλιματικές συνθήκες και τις καταστάσεις ανθρώπινης υγείας. Επιπλέον, εκτιμά τους πρόσθετους θανάτους που αποδίδονται στις μεταβολές της θερμοκρασίας. (81)

Οι προβλέψεις αναφέρουν τα εξής (Watkiss *et al.*, 2009):

- ✓ Θα σημειωθεί μια μικρή αύξηση στην θνησιμότητα στην Ευρώπη λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας έως το 2020. Εκτιμώνται περίπου 25.000 επιπλέον θάνατοι ανά έτος. Η αύξηση θνησιμότητας θα είναι σημαντικότερη έως το 2080, με τις εκτιμήσεις να κυμαίνονται σε 105.000 επιπλέον θανάτους ανά έτος.
- ✓ Αν ο βαθμός προσαρμογής και ανάσχεσης του φαινομένου της υπερθέρμανσης από τον ανθρώπινο πληθυσμό αναχθεί σε έναν βαθμό Κελσίου ανά τρεις δεκαετίες, η

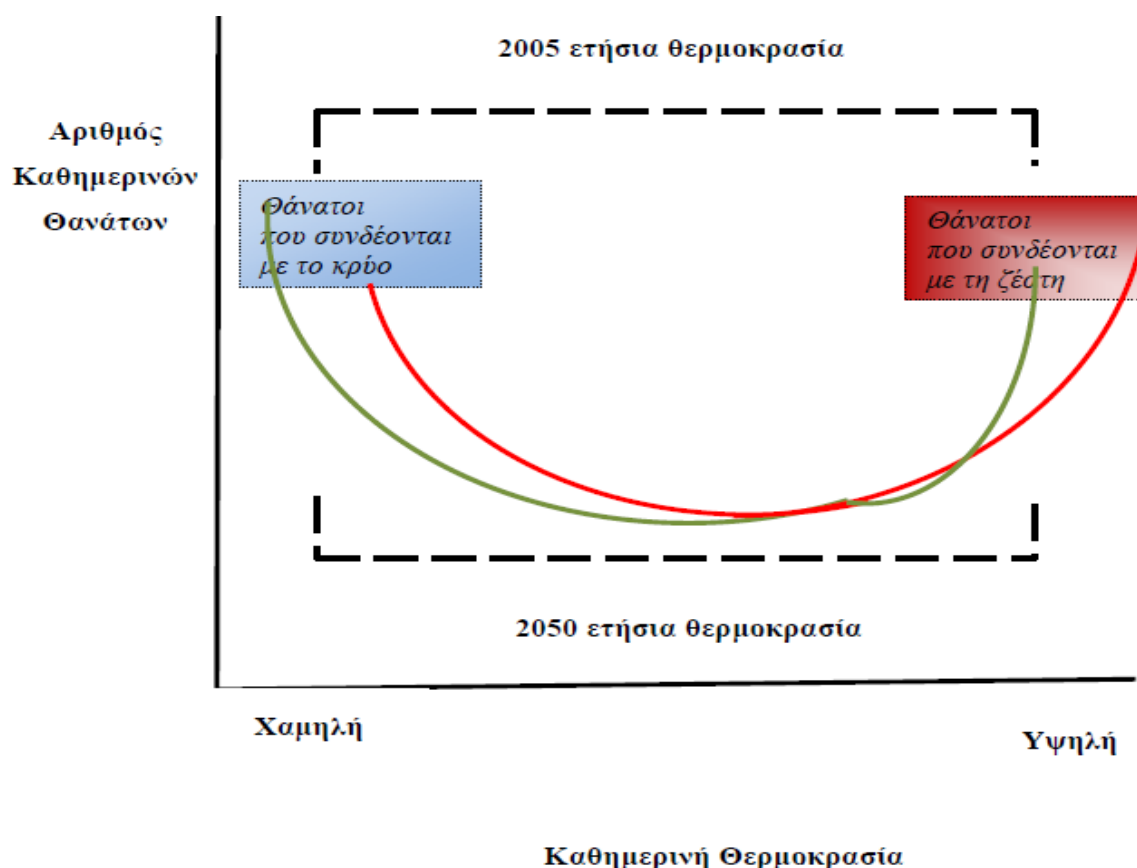
θνησιμότητα θα μπορούσε να μειωθεί στους 4.000 ετησίως για τη χρονική περίοδο 2011 έως 2040 και στους 20.000 θανάτους ετησίως, για τη χρονική περίοδο 2071 έως 2100.

✓ Λόγω ψύχους η θνησιμότητα φαίνεται να παρουσιάσει μια μικρή μείωση, καθώς εκτιμάται ότι θα μειωθούν οι θάνατοι από 50.000 έως 100.000 ετησίως για τη χρονική περίοδο 2011-2040, και 86.000 έως 184.000 θάνατοι ανά έτος για τη χρονική περίοδο 2071-2100. Όμως, οι ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας καθιστούν τους πληθυσμούς πιο ευαίσθητους στο ψύχος.

✓ Η αύξηση θνησιμότητας εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας αναμένεται να σημειωθεί στις Μεσογειακές χώρες και λιγότερο στις βόρειες χώρες της Ευρώπης. Επιπλέον, οι κεντροανατολικές χώρες της Ευρώπης παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης θνησιμότητας λόγω της κλιματικής αλλαγής. Έως το 2100, οι χώρες που θα πληγούν πιο πολύ λόγω της υπερθέρμανσης είναι η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ισπανία και η Βουλγαρία, ενώ λιγότερο συγκριτικά οι Σκανδιναβικές χώρες, η Ιρλανδία και η Μεγάλη Βρετανία.

✓ Όσον αφορά στη μείωση θνησιμότητας εξαιτίας του ψύχους, οι πιο ωφελημένες χώρες είναι οι Σκανδιναβικές και οι χώρες της Βαλτικής, ενώ λιγότερο η Μεγάλη Βρετανία, η Ιρλανδία, το Λουξεμβούργο, και ίσως ορισμένες Μεσογειακές χώρες. (75) (82)

Ομοίως, επιστήμονες από την Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Νέας Υόρκης σε πρόσφατη έρευνα τόνισαν ότι η νοσηρότητα και η θνησιμότητα θα αυξάνεται λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Τα αναπνευστικά προβλήματα θα αυξηθούν λόγω της επαγόμενης υποβάθμισης του αέρα. Οι επιπτώσεις θα πλήξουν κυρίως τις ευάλωτες ομάδες και θα ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή. (83) (84) (85)

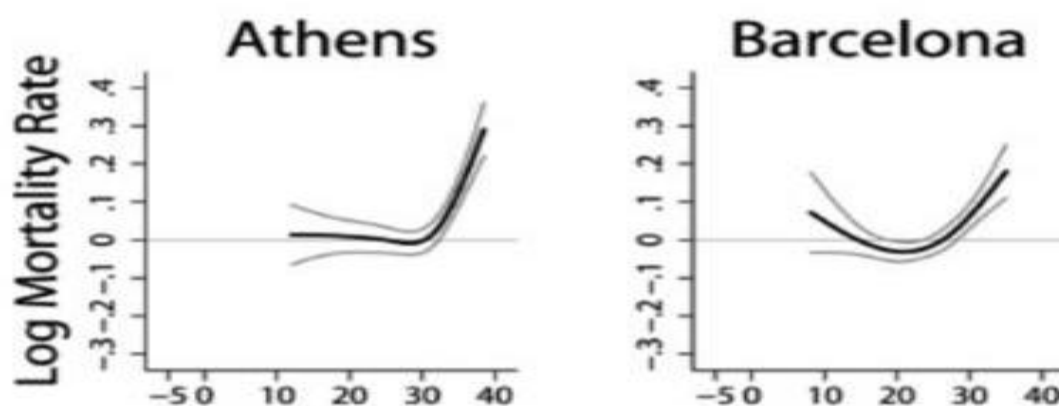


Εικόνα 25. Απεικόνιση της σχέσης μεταξύ ημερήσιας θερμοκρασίας και ημερήσιας θνησιμότητας.

(Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδος)

Αποτελεί βασική παράμετρος η θερμοκρασία για τις βιολογικές διεργασίες του ανθρώπινου οργανισμού. Άνω των 38°C έχουμε θερμική εξάντληση, οπότε επηρεάζονται οι φυσικές και οι νοητικές διεργασίες του. Άνω των 41°C υπάρχει ο κίνδυνος θερμοπληξίας, λιποθυμίας ακόμα και υπολειτουργίας ή καταστροφής οργάνων. Επιπλέον, σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζεται η κυκλοφορία του αίματος και μπορεί να προκύψει πλήρως η διαταραχή του κυκλοφορικού συστήματος του ανθρώπου. (74) (86)

Η σύνδεση της θνησιμότητας με την υπερθέρμανση αποδεικνύεται και από την έκθεση *Baccini et.al* (2008), στην οποία καταγράφεται η αύξηση των θανάτων κατά 4.2% στις Μεσογειακές χώρες λόγω της ζέστης (Εικόνα 26). (87)



Εικόνα 26. Απεικόνιση της σχέσης θνησιμότητας και θερμοκρασίας σε λογαριθμική κλίμακα

(Πηγή: Baccini et al., 2008)

3.4 Επιπτώσεις από ακραία καιρικά φαινόμενα

Η υπερθέρμανση του πλανήτη αποτελεί μια από τις κύριες αιτίες της αλλαγής του κλίματος με συνέπειες στην οικονομία, στο περιβάλλον, στην ατμόσφαιρα, αλλά και στην υγεία του ανθρώπου. Για παράδειγμα, αυξάνεται η εμφάνιση ιογενών νοσημάτων από φτωχότερες χώρες, όπως ο ιός του Δυτικού Νείλου και η ελονοσία. Αντίστοιχα, αυξάνουν οι δαπάνες για την υγεία και την πρόληψη (π.χ εμβόλια, φυτοφάρμακα κλπ).

Η αύξηση της θερμοκρασίας ενισχύει τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως έντονες βροχοπτώσεις, πλημμύρες και καύσωνες. Αυτά αποτελούν κίνδυνο για την υγεία κυρίως των παιδιών και των ηλικιωμένων, σύμφωνα με ερευνητές του Harvard. Επιπλέον, επιδεινώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση και η ρύπανση των υδάτων με βλαβερές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία. (88)

Λόγω των καυσώνων, ο κίνδυνος πρόωρου θανάτου για τα άτομα με πνευμονικά νοσήματα, είναι υπερδιπλάσιος σε σχέση με τους υπόλοιπους ανθρώπους των κρατών μελών της Συμμαχίας για την Υγεία και το Περιβάλλον (HEAL). (89)

Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) τονίζει ότι λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής, οι βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες θα ενταθούν πολύ, όπως ανοδικά θα κινηθούν και οι τυφώνες. Αυτά τα φαινόμενα θα εκτοξεύσουν την ανάγκη ιατρικών και υγειονομικών υπηρεσιών. Ακόμη και η επικρατούσα υγρασία στα κτίρια θα πληθύνει τα αναπνευστικά συμπτώματα και νοσήματα. (76) (88)

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το σχέδιο PESETA, θα αυξηθούν κατά πολύ τα κρούσματα ψυχολογικού στρες από τις πλημμύρες. Για τη χρονική περίοδο 2071 – 2100 θα μπορούσε να υπάρξει αύξηση αυτών των κρουσμάτων κατά 4 έως 5 εκατομμύρια ετησίως. (75)

Τα συμπτώματα στρες, κατάθλιψης και άγχους εμφανίζονται αυξημένα έως και πέντε φορές σε ανθρώπους που βίωσαν πλημμύρα στην οικία τους, σε σχέση με τον υπόλοιπο πληθυσμό. (90)

Γενικά, πιθανές επιπτώσεις των πλημμυρών στην ανθρώπινη υγεία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα: (91)

Πίνακας 10. Επιπτώσεις πλημμυρών στον άνθρωπο.

ΑΙΤΙΕΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Πνιγμός, έμφραγμα, υποθερμία	Θάνατος
Τραυματισμοί	Μώλωπες, γδαρσίματα, διαστρέμματα
Μόλυνση	Δερματίτιδα, λοιμώξεις, κρυολόγημα, άσθμα, αλλεργίες, επιπεφυκίτιδα
Χρόνιες ασθένειες	Ανακοπή καρδιάς, επιδείνωση άσματος, υψηλή πίεση, υψηλό ζάχαρο
Διαταραχή ψυχικής υγείας	Άγχος, πανικός, κατάθλιψη, αϋπνία, θυμός, εφιάλτες, έλλειψη συγκέντρωσης
Μεταδοτικές ασθένειες	Μετάδοση μούχλας, τσιμπήματα από έντομα κλπ

Σε κάθε περίπτωση, η συχνότητα των πλημμυρών των ποταμών αυξάνει ιδιαίτερα, ενώ η υπερθέρμανση του πλανήτη ενισχύει τα φαινόμενα. Οι μετακινήσεις του ανθρώπινου πληθυσμού σε παραλιακές περιοχές λόγω αυξημένης οικονομικής δραστηριότητας, τον κάνει πιο ευάλωτο στις πλημμύρες, καθώς τα ακραία φαινόμενα προλαβαίνουν τα όποια μέτρα ανασχεσης. (74)

3.5 Καρδιαγγειακά και εγκεφαλικά επεισόδια

Οι υψηλές θερμοκρασίες όταν συνδυάζονται με ατμοσφαιρική ρύπανση και σχετική υγρασία, δημιουργούν σοβαρά προβλήματα υγείας και ενισχύουν τη νοσηρότητα σε όσους πάσχουν από χρόνιες νόσους. Συγκεκριμένα, τα καρδιαγγειακά και τα ισχαιμικά – θρομβωτικά εγκεφαλικά επεισόδια αυξάνουν σε περιόδους καύσωνα, ενώ επιδεινώνονται οι καρκίνοι, οι χρόνιες καρδιακές και οι νεφρικές νόσοι.

Σε όλη την υφήλιο οι καρδιακές παθήσεις συνδέονται με τις μεταβαλλόμενες μετεωρολογικές συνθήκες. Οι πολύ υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες θέτουν σε κίνδυνο την υγεία, κυρίως των ευάλωτων ομάδων και ηλικιωμένων. Η ατμοσφαιρική ρύπανση σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες ενεργοποιούν μηχανισμούς, όπως η θρόμβωση, η αρρυθμία και η αθηροσκλήρωση που είναι υπεύθυνοι για τα καρδιακά επεισόδια. Επίσης, η ραγδαία πτώση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση της καρδιακής συχνότητας και της αγγειακής αντίστασης, της αρτηριακής πίεσης, με συνέπεια τις αρρυθμίες, καρδιακές λοιμώξεις και ισχαιμίες του μυοκαρδίου.

Έρευνα στη περιοχή της Αττικής έδειξε άμεση σύνδεση των μετεωρολογικών παραγόντων με το οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου. Η χαμηλή θερμοκρασία συνδέεται με την αύξηση εμφάνισης της νόσου, ενώ η αυξημένη θερμοκρασία συνδέεται με την αύξηση της θνησιμότητας εξαιτίας αυτής.

Η καρδιακή ανεπάρκεια και η στεφανιαία νόσος εμφανίζονται αυξημένες στις αστικές περιοχές και εκτιμάται ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ υψηλής θερμοκρασίας, υγρασίας και ρύπανσης με τον αστικό πληθυσμό και τη νοσηρότητα. (92) (93)

Επιπλέον, οι μετεωρολογικές συνθήκες με το γεωχημικό περιβάλλον που δημιουργείται, συνδέονται με τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια ισχαιμικής – θρομβωτικής αιτίας. Τα παραπάνω επεισόδια αυξάνουν όταν παρουσιάζεται αυξημένη θερμοκρασία, βαρομετρική πίεση και αυξημένος δείκτης δυσφορίας (humidex) τις τελευταίες ημέρες πριν την εμφάνιση του επεισοδίου. Όσο αυξάνει ο δείκτης δυσφορίας, τόσο αυξάνει και ο κίνδυνος των επεισοδίων.

Πολλές επιστημονικές δημοσιεύσεις αναφέρονται σε διήμερη βιολογική μεταβλητότητα πριν τα οξέα καρδιαγγειακά επεισόδια, όπως είναι το έμφραγμα μυοκαρδίου, η καρδιακή ανακοπή, η κοιλιακή αρρυθμία και η ισχαιμία. (49) (94)

Συμπερασματικά, η αύξηση των καρδιαγγειακών επεισοδίων σχετίζεται με την ένταση και τη διάρκεια ενός καύσωνα.

Μελέτη στην Αριζόνα κατά τους θερινούς μήνες του έτους 2000 έως το 2008, έδειξε ότι η άνοδος της θερμοκρασίας πάνω από ένα όριο οδήγησε σε αυξημένους θανάτους λόγω καρδιακού ή εγκεφαλικού επεισοδίου (Harlan *et al.*, 2014). (95) (96)

3.6 Έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία

3.6.1 Εισαγωγή

Στις έμμεσες συνέπειες του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβάνονται οι διαταραχές από τη μετάδοση μολυσματικών ασθενειών και μηχανισμών παραγωγής τροφής. Μεσομακροπρόθεσμα μπορεί να αποδειχτούν εξίσου επικίνδυνες με τις άμεσες επιπτώσεις και επιβάλλουν πλέον σωστές συνθήκες υγιεινής, ιδιαίτερα στις φτωχότερες περιοχές.

Η έντονη κλιματική μεταβλητότητα (θερμοκρασία, υγρασία) συνδέεται με τη συχνότητα και την εποχικότητα των μολύνσεων. Τρεις ασθένειες που συνδέονται με το κλίμα και τα φαινόμενα διαταραχής του, είναι η ελονοσία (*malaria*), ο δάγκειος πυρετός (*Dangue fever*) και η τρυπανοσωρίαση (*tripanosoriosis*). Η υπερθέρμανση του πλανήτη, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η υποβάθμιση της βιοποικιλότητας, η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος και η όξυνση των ωκεανών συλλειτουργούν στην έξαρση των μολύνσεων, προσβάλλοντας την ανθρώπινη υγεία και τη διαθέσιμη τροφή.

Οι φυσικές καταστροφές που αποτελούν συνέπειες των παραπάνω φαινομένων, συμβάλλουν στην επιδημιολογία ασθενειών που διακρίνονται σε επιδημικές και σε ενδημικές. Οι επιδημικές ασθένειες συνδέονται με τις συνθήκες υγείας, είναι συνήθως μεταδιδόμενες, αλλά σχετίζονται με τις φυσικές καταστροφές. Συχνά συνδέονται με την μετακίνηση πληθυσμών, τη μειωμένη διαθέσιμη τροφή και την περιορισμένη υγειονομική περίθαλψη.

Για παράδειγμα, συμπτώματα χολέρας, μηνιγγίτιδας και δυσεντερίας εμφανίζονται έπειτα από ακραία καιρικά φαινόμενα και καταστροφές, τα οποία πολλές φορές υπερβαίνουν τις διαθέσιμες υπηρεσίες υγείας. Στις πιο ανεπτυγμένες περιοχές, ο ανθρώπινος πληθυσμός με χρόνιες παθήσεις επιβαρύνεται περισσότερο λόγω των φαινομένων.

Οι πλημμύρες, η όξυνση των θαλάσσιων υδάτων και άλλα φαινόμενα επιδρούν στο νερό και την υγιεινή, συμβάλλοντας σημαντικά στη μετάδοση ασθενειών και στη μείωση του διαθέσιμου νερού (Ahern *et al.*, 2005).

Επιπλέον, υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες ο χαρακτήρας των ασθενειών μεταβάλλεται και μπορεί να αλλάξουν από επιδημικές σε ενδημικές. Αυτό συμβαίνει αν αλλάξουν οι συνθήκες, κυρίως λόγω διαταραχής των οικοσυστημάτων. Τότε υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος για μετακίνηση πληθυσμών, νοσηρότητας, θνησιμότητας, υποσιτισμού και έλλειψης επαρκών υπηρεσιών υγείας. (48) (97)

3.6.2 Υποσιτισμός - Τροφιμογενείς και Υδατογενείς ασθένειες

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου οδηγεί σε άνοδο της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας με συνέπειες τη μετατόπιση των βροχοπτώσεων και ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι καύσωνες και οι ξηρασίες. Οι συνέπειες αυτές επιδρούν στη γεωργική παραγωγή και κατά συνέπεια στη διαθεσιμότητα της τροφής για τον ανθρώπινο πληθυσμό. Μοιραία επηρεάζεται η ανθρώπινη υγεία καθώς οδηγούν στον υποσιτισμό, τη πείνα και την ανασφάλεια, ιδιαίτερα στις φτωχότερες χώρες. Έτσι, δημιουργείται μια ευπαθής ομάδα ανθρώπων που ζουν σε φτωχές περιοχές, κάτω από γενικά αντίξοες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και με δύσκολη πρόσβαση σε υγειονομικές υπηρεσίες. Οι τροφιμογενείς λοιμώξεις προκαλούνται από κατανάλωση μολυσμένης τροφής με παθογόνους μικροοργανισμούς ή τοξίνες. Οι υδατογενείς λοιμώξεις (waterborne) προκαλούνται από την πόση μολυσμένου νερού ή με έκθεση του οργανισμού σε μολυσμένο νερό. Η μόλυνση του νερού οφείλεται σε παράσιτα, βακτήρια και ιούς. Ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει την εμφάνιση των παραπάνω λοιμώξεων είναι οι κλιματικές διαταραχές.

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με μελέτη του ΚΕΛΠΝΟ (2004), έχουν καταγραφεί πολλά κρούσματα υδατογενών λοιμώξεων. Κύριο βακτηριακό αίτιο αποτέλεσαν είδη *Salmonella*, ενώ κύριο ιογενές αίτιο αποτέλεσαν οι *Noroviruses*. (98) (99)

Λόγω της διαταραχής του παγκόσμιου οικοσυστήματος, έχει επηρεαστεί η ανάπτυξη, η αντοχή και η μετάδοση παθογόνων μικροοργανισμών που είναι ευαίσθητοι στις αλλαγές του κλίματος. Ο ανθρώπινος οργανισμός εκτίθεται στη μόλυνση του νερού, της τροφής και στα θαλάσσια ύδατα. Πολλοί παθογόνοι εντερικοί οργανισμοί εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό από το στόμα, ενώ ορισμένα πρωτόζωα και βακτήρια μέσω θαλάσσιων οικοσυστημάτων. (74)

Σύμφωνα με το σχέδιο PESETA ως το 2020, τα κρούσματα σαλμονέλας θα ανέλθουν περίπου 20.000 για την περίοδο 2011-2040, ενώ για την περίοδο 2071-2100 μπορούν να

φτάσουν 40.000 κρούσματα. Σύμφωνα με τον πληθυσμό, η μεγαλύτερη αύξηση αναμένεται στη Γαλλία, Μεγάλη Βρετανία και στις χώρες της Βαλτικής. Ίδια τάση αναμένεται και για τις υπόλοιπες τροφιμογενείς ασθένειες, εκτός αν ληφθούν κατάλληλα μέτρα προστασίας για την σωστή παρασκευή και αποθήκευση των τροφίμων. (75)

Η νοσηρότητα και η θνησιμότητα του ανθρώπινου πληθυσμού, συνδέονται άμεσα με τη ρύπανση του νερού και πιο συγκεκριμένα με τη μη επάρκεια καθαρού πόσιμου νερού και αποχέτευσης. Η ρύπανση του νερού προκαλεί σοβαρά νοσήματα, όπως:

- ❖ διάρροιες,
- ❖ εντερικές λοιμώξεις,
- ❖ σχιστοσωμίαση,
- ❖ τράχωμα,
- ❖ ογκοκύστωση,
- ❖ ελονοσία. (49) (100)

Παραδείγματα παθογόνων ιών

✓ Το Δονάκειο της χολέρας (*Vibrio Cholerae*) μπορεί να μεταδοθεί στον άνθρωπο είτε με πόσιμο νερό, είτε μέσω τροφής ή θαλασσινού νερού. Ο κίνδυνος προσβολής εξαρτάται από παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η όξυνση των θαλάσσιων υδάτων και τις βροχοπτώσεις. Η ενδημική χολέρα εμφανίζεται συχνότατα σε περιοχές όπου σημειώνονται ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας, ενώ κρούσματα χολέρας έχουν συνδεθεί με την αύξηση στις στάθμες της θάλασσας και το φαινόμενο El Nino. (101) (102)

✓ Η σαλμονέλα και το καμπυλοβακτήριο έχουν εποχικό χαρακτήρα, ιδίως τις περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες. Παρουσιάζεται μια κατανομή των κρουσμάτων όλων των εντερικών ιών, ανάλογα με την εποχικότητα του έτους. Για παράδειγμα στην Αρκτική, η θερμοκρασία αποτελεί βασική παράμετρο για τη μετάδοση αυτών των ασθενειών. Κι αυτό γιατί το λιώσιμο των πάγων και η υποβάθμιση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ενισχύουν τη μετάδοση τέτοιων ιών. (103) (104)

Επιπλέον, οι εντερικές μολύνσεις εξαρτώνται από τις βροχοπτώσεις. Έρευνες έδειξαν ότι η άνοδος της θερμοκρασίας βοηθά την εξάπλωση των βακτηρίων σε παραγωγικές καλλιέργειες, όπως στο λάχανο. Από την άλλη πλευρά σε φαινόμενα ξηρασίας ή πλημμύρων, τέτοιου είδους βακτήρια αναπτύσσονται κυρίως σε φυλλώδεις καλλιέργειες. (105) (106)

Η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις επιδρούν στη διατροφή του ανθρώπινου πληθυσμού καθώς επηρεάζονται οι αγροτικές σοδειές και η κτηνοτροφία. Σε έρευνα των *Lobell et al.* (2011), η παραγωγή του Αφρικανικού καλαμποκιού μειώνεται κατά 1% αν η μέση θερμοκρασία αυξάνει κατά ένα βαθμό άνω των 30° C, ενώ μειώνεται κατά 1.7% σε συνθήκες ξηρασίας. (107)

Έρευνα των *Nelson et al.* (2009) έδειξε ότι λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, σοδειές σημαντικών προϊόντων (π.χ σιτάρι, ρύζι) θα μειωθούν έως το 2050, λόγω αλλαγών στο σύστημα ύδρευσης. Στη Νότιο Ασία θα πληγούν ιδιαίτερα οι σοδειές του καλαμποκιού και του ρυζιού. Στη συγκεκριμένη μελέτη εκτιμήθηκαν τα κόστη προσαρμογής έως το 2050 και προβλέπεται η αύξηση του υποσιτισμού κατά 20% των παιδιών κάτω των 5 ετών. Για να αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις, προτείνονται αλλαγές στις παραγωγές των προϊόντων, 60% αύξηση παραγωγής όλων των σοδειών, 25% ανάπτυξης υποδομών ύδρευσης και 30% αύξησης της κτηνοτροφίας. (108)

Μελέτη των *Lloyd et al.* (2011) υπογραμμίζει ότι τα κρούσματα υποσιτισμού πλήττουν κυρίως τον παιδικό πληθυσμό και αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον. Επιπλέον, τονίστηκαν περιπτώσεις καθυστερημένης ανάπτυξης, αλλά και παιδικής θνησιμότητας. Καταγράφεται η σύνδεση μεταξύ των μεταβολών θερμοκρασίας, των βροχοπτώσεων και του παιδικού υποσιτισμού. Τέλος, σημειώνεται ότι τα παιδιά με σοβαρή καθυστέρηση ανάπτυξης, εμφανίζουν 3-4 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο θνησιμότητας σε σχέση με τις περιπτώσεις ήπιας καθυστέρησης. (109)

3.6.3 Επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα

Η άνοδος της θερμοκρασίας της Γης και η εκτίναξη της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, συνθέτουν ένα γεωχημικό περιβάλλον το οποίο οδηγεί στην εμφάνιση χρόνιων αποφρακτικών πνευμονοπαθειών, όπως βρογχίτιδες και εμφύσημα. (110)

Οι κίνδυνοι των επιπτώσεων των παραπάνω φαινομένων στον ανθρώπινο πληθυσμό είναι ιδιαίτερα μεγάλοι σε κάποιες γεωγραφικές περιοχές. Λόγω των περιβαλλοντικών αλλαγών, τα αναπνευστικά προβλήματα θα ενισχυθούν την επόμενη δεκαετία, ενώ θα ενταθεί ιδιαίτερα και η εμφάνιση του άσθματος. (84) (111)

Γενικά, τα πνευμονολογικά νοσήματα επηρεάζονται από παράγοντες όπως: η θερμοκρασία, η υγρασία, η ρύπανση του αέρα, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και τα αλλεργιογόνα. Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή

αυξάνουν τη νοσηρότητα από άσθμα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), καρκίνο του πνεύμονα και λοιμώξεις του αναπνευστικού. Ο βαθμός επίδρασης στον ανθρώπινο πληθυσμό εξαρτάται και από τη κατανομή των ευπαθών ομάδων. (112)

Οι περιοχές που θα πληγούν περισσότερο είναι οι φτωχότερες και με περιορισμένη ιατρική φροντίδα, όσες σημειώσουν αύξηση πληθυσμού λόγω μετανάστευσης χωρίς να έχουν ανεπτυγμένες ιατρικές δομές, αλλά και τα άτομα με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις. (76) (113)

3.6.3.1 Ο ρόλος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση και το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλούνται κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, βλάπτοντας σοβαρά την ανθρώπινη υγεία. Η υποβάθμιση του αέρα προκαλεί ποικίλες συνέπειες στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα: (114)

Πίνακας 11. Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο αναπνευστικό σύστημα.

1	Αύξηση θνησιμότητας λόγω καρδιακών ή πνευμονικών νόσων
2	Αύξηση επισκέψεων σε νοσοκομεία και ιατρικές υπηρεσίες
3	Εμφάνιση ασθμάτων
4	Αύξηση πνευμονικών λοιμώξεων
5	Βρογχική αντιδραστικότητα
6	Πνευμονικές φλεγμονές
7	Μείωση αμυντικής λειτουργίας του οργανισμού και πνευμονικής λειτουργίας
8	Αναπνευστικά συμπτώματα

Σε γενικές γραμμές, η υπέρμετρη καύση ορυκτών καυσίμων αυξάνει σημαντικά τη συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, επιβαρύνοντας το κλίμα και την ανθρώπινη υγεία. Η χρόνια έκθεση προκαλεί δύσπνοιες, άσθματα και αύξηση θνησιμότητας. (115)

Η ατμοσφαιρική ρύπανση ιδιαίτερα στις πόλεις όπου κινούνται περισσότερα μεταφορικά μέσα και έχουμε μεγάλη καύση ορυκτών καυσίμων, κινδυνεύει αυξημένη νοσηλεία και θνησιμότητα από καρκίνο του πνεύμονα και άλλα αναπνευστικά νοσήματα. Τα παιδιά λόγω της ηλικίας τους διατρέχουν πενταπλάσιο κίνδυνο να παρουσιάσουν μειωμένη πνευμονική λειτουργία. (116)

Ένα ακόμη θερμοκηπικό αέριο είναι το διοξείδιο του αζώτου (NO_2), το οποίο σχηματίζεται με τη παρουσία του ηλιακού φωτός και αποτελεί τον βασικό ρύπο της όξινης βροχής και του νέφους. Η έκθεση στο NO_2 μειώνει τη λειτουργία των πνευμόνων, προκαλεί οξεία βρογχίτιδα και αλλεργικές αντιδράσεις. Όσοι υποφέρουν από άσθμα καθώς και τα παιδιά, είναι πιο ευάλωτοι στις συνέπειες του NO_2 . (76) (117)

3.6.3.2 Η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος

Η θέρμανση των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας και το φωτοχημικό νέφος αυξάνουν τη συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα. Οι συνέπειες του όζοντος στον ανθρώπινο πληθυσμό μπορεί να είναι παροδικές και υποχωρήσιμες. Όμως, από την άλλη πλευρά μπορεί να προκαλέσει ναυτία, άλγος στο στήθος και πνευμονική συμφόρηση ακόμα και σε υγιείς ανθρώπους (**Πίνακας 12**). (113) (118) (119)

Έρευνα από Αμερικάνους ερευνητές έδειξε ότι οι κάτοικοι μεγάλων αστικών πόλεων διατρέχουν τριπλάσιο κίνδυνο θνησιμότητας από πνευμονικό νόσο, σε σχέση με τους κατοίκους μικρότερων πόλεων. Προβλέπεται ότι στη Μεγάλη Βρετανία οι ετήσιοι θάνατοι λόγω του όζοντος θα αυξηθούν κατά 1.500 το 2020. (120) (121)

Πίνακας 12. Συνέπειες του όζοντος στην ανθρώπινη υγεία

1	Αύξηση νοσηρότητας και θνησιμότητας σε Ευρώπη και Αμερική
2	Ενίσχυση του άσθματος
3	Επιβράδυνση χρόνιων πνευμονολογικών νοσημάτων (ΧΑΠ)
4	Φλεγμονή στους αεραγωγούς
5	Μόνιμη ιστική βλάβη στους πνεύμονες
6	Βήχας και ερεθισμός του αναπνευστικού συστήματος
7	Ενεργοποίηση των αλλεργιογόνων
8	Επιβράδυνση της λειτουργίας των πνευμόνων

Έρευνα έχει δείξει ότι μια μικρή αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος στη κατώτερη ατμόσφαιρα μπορεί να επηρεάσει την ανθρώπινη υγεία. Όταν όμως ξεπεραστεί το ανεκτό όριο, τότε μπορούν να αυξηθούν οι πρόωροι θάνατοι. Σε 66 πόλεις των ΗΠΑ κατά το διάστημα 1982-2000, διαπιστώθηκε ότι η αύξηση του όζοντος ήταν υπεύθυνη για πολλούς καρδιοαναπνευστικούς θανάτους. Επίσης, στη περίπτωση του καύσωνα της Ευρώπης

(καλοκαίρι 2003), το 50% των θανάτων μπορεί να οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση όζοντος. (122) (123)

Συμπερασματικά, οι βραχυπρόθεσμες συνέπειες από την έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού στο όζον είναι ο βήχας, ο ερεθισμός των πνευμόνων και η επιβάρυνση μιας τυχόν προϋπάρχουσας πνευμονικής νόσου. Μακροπρόθεσμα μειώνεται η άμυνα του οργανισμού, εντείνονται τα χρόνια νοσήματα και ο καρκίνος του πνεύμονα. (76) (124)

3.6.3.3 Ο ρόλος των πυρκαγιών και των αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου συμβάλλει σημαντικά στην αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας, ενισχύοντας τη παρουσία των αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων (ΑΑΣ). Αυτά είναι μείγμα υγρών και στερεών σωματιδίων με διαφορετικό μέγεθος και χημική σύσταση. Έχουν φυσική προέλευση (π.χ σκόνη, ηφαίστεια, σταγονίδια θαλάσσιων υδάτων), αλλά και ανθρωπογενή (π.χ πυρκαγιές, μέσα μεταφοράς, ορυκτά καύσιμα). Κάποια αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια εκπέμπονται απευθείας στον αέρα, ενώ άλλα σχηματίζονται με χημικές διεργασίες από τα αέρια της ατμόσφαιρας (οξυγόνο και υδρατμοί αντιδρούν με το όζον, ρύπους και οργανικά αέρια VOCs).

Τα μικροσκοπικά σωματίδια διαμέτρου έως και 2.5μm χαρακτηρίζονται ως τα πιο κυτταροτοξικά. Κι αυτό γιατί συσσωρεύονται στις κυψελίδες των πνευμόνων και προκαλούν φλεγμονή και οξειδωτικό stress. Εκτιμάται ότι ένα ποσοστό αυτών εισέρχονται στην κυκλοφορία και μέσω αυτής σε απομακρυσμένα όργανα. Κάθε χρόνο περίπου 350.000 θάνατοι στην Ευρώπη οφείλονται στα παραπάνω σωματίδια εξαιτίας της ικανότητας τους να εισχωρούν βαθιά. Επίσης, τα εισπνεόμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10 μm (PM₁₀), έχουν την ιδιότητα να εισέρχονται και να καθιζάνουν στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα. (125) (126) (127)

Πολλές πρόσφατες μελέτες συνδέουν τα αναπνευστικά προβλήματα με τα αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα: (128)

Πίνακας 13. Επιπτώσεις αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα.

1	Μείωση πνευμονικής λειτουργίας
2	Ενίσχυση ασθμάτων
3	Εμφάνιση χρόνιων βρογχίτιδων

4	Δύσπνοιες, βήχας, ερεθισμός πνευμονικών οδών
5	Πρόωροι θάνατοι λόγω πνευμονικών νοσημάτων

Όσον αφορά στην Ελλάδα, έρευνες καταγράφουν 300 έως 400 θανάτους ανά 100.000 κατοίκους με αιτία την ατμοσφαιρική ρύπανση λόγω μικροσωματιδίων. Αυτά μπορούν να ενεργοποιήσουν αρρυθμίες, θρομβώσεις, και αθηροσκλήρωση που με τη σειρά τους οδηγούν σε καρδιακό επεισόδιο. Ειδικά στο νομό της Αττικής, η αυξημένη ατμοσφαιρική θερμοκρασία και η υγρασία είναι παράγοντες που σχετίζονται με τη σχετική αύξηση θανάτων από οξύ έμφραγμα μυοκαρδίου. (93) (94)

Η υπερθέρμανση του πλανήτη οδηγεί σε αύξηση των δασικών πυρκαγιών, οι οποίες απελευθερώνουν σωματίδια, μονοξείδιο του άνθρακα (CO), πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες και άλλες χημικές ουσίες. Έτσι ενισχύονται οι δύσπνοιες, οι πνευμονικές λοιμώξεις και μειώνεται η λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. (115) Από την αύξηση των δασικών πυρκαγιών βασικά πλήττονται τα παιδιά που πάσχουν από πνευμονικό άσθμα, ενώ αυξάνεται η θνησιμότητα των ενηλίκων και η εμφάνιση του καρκίνου του πνεύμονα. (129)

Σύμφωνα με ερευνητές του Harvard, οι πυρκαγιές απελευθερώνουν ατμοσφαιρικούς ρύπους με καρκινικούς παράγοντες που αυξάνουν τη νοσηρότητα των ανθρώπων. Εκτιμούν ότι στο μέλλον θα αυξηθεί η νοσηλεία λόγω πνευμονικών νόσων, όπως η πνευμονία και το άσθμα. (88)

3.6.3.4 Τα αλλεργιογόνα και οι αλλεργικές αντιδράσεις

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αύξηση των ατμοσφαιρικών ρύπων καθιστούν τον ανθρώπινο πληθυσμό πιο ευαίσθητο στα αερομεταφερόμενα αλλεργιογόνα. Η επίπτωσή τους στη γυρεοφορία και στη κατανομή των φυτών, επηρεάζει τα είδη και τη διάρκεια των αλλεργικών αντιδράσεων που προκαλούνται. Ωστόσο, ορισμένοι μελετητές αμφιβάλλουν για το πόσο σχετίζονται τα φαινόμενα αυτά με τις κρίσεις άσθματος, που εμφανίζονται κυρίως στη παιδική ηλικία. (130)

Οι αερομεταφερόμενοι γυρεόκοκκοι είναι ευαίσθητοι στην υπερθέρμανση της Γης, ενώ η αύξηση της γύρης αλλάζει το χρονοδιάγραμμα των προκληθέντων αλλεργιών και αυξάνει τις κρίσεις άσθματος. Επιπλέον, η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα συμβάλλει στη

πρώιμη ανάπτυξη ορισμένων μυκήτων και παραγόμενων σπορίων, που ενισχύουν τις αλλεργικές αντιδράσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό. (131) (132)

Στην Ελλάδα η εμφάνιση των αλλεργιών από τα τέλη του χειμώνα, οφείλονται στα εισαγόμενα νέα είδη φυτών, στη περιβαλλοντική ρύπανση και στο ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ορισμένα εισαγόμενα φυτά περιέχουν αλλεργιογόνα τα οποία ανθοφορούν νωρίτερα ή αργότερα από τα ντόπια φυτά, με συνέπεια η εποχικότητα των αλλεργιών να μεταβάλλεται. Η απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν τη θεραπευτική αγωγή όσων πάσχουν από αλλεργίες. Οι καταιγίδες που εμφανίζονται τη περίοδο της Άνοιξης, προκαλούν το 'άσθμα των καταιγίδων' που εμφανίζεται σε διάφορες περιοχές. (56)

Η μετακίνηση του ανθρώπινου πληθυσμού καθώς και η γεωγραφική εξάπλωση των φυτών και μυκήτων, εκθέτουν τους ανθρώπους σε νέα αλλεργιογόνα. Η έξαρση των αλλεργιογόνων σε συνδυασμό με την αύξηση του όζοντος, αυξάνουν τα συμπτώματα άσθματος και αλλεργικής ρινίτιδας. (76) (133)

Συμπερασματικά, η άνοδος της θερμοκρασίας και η κλιματική αλλαγή επιφέρουν αλλαγές στα αλλεργιογόνα επηρεάζοντας τον επιπολασμό των αλλεργικών νόσων. Η γύρη των φυτών και οι μύκητες επηρεάζονται περισσότερο. Τα αλλεργιογόνα είναι ευαίσθητα στην αύξηση της θερμοκρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα. Όσον αφορά στους μύκητες, τα σπόρια τους έχουν αλλεργιογόνο δράση και επηρεάζονται από τη ζέστη, την υγρασία και τον μολυσμένο αέρα. Η εμφάνιση νέων αλλεργιών σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες, έχουν οδηγήσει σε αύξηση νοσηλειών αλλά και της θνησιμότητας. Αυτό μοιραία οδηγεί σε κοινωνικό και οικονομικό κόστος, αφού αυξάνει το κόστος ασφάλισης - δαπανών υγείας, αλλά και των αναγκών προσαρμογής στο περιβάλλον εργασίας και διαβίωσης. (53) (134)

3.6.4 Μεταδιδόμενες λοιμώξεις και ασθένειες από φορείς

Οι ασθένειες που μεταδίδονται από φορείς (*Vector – Borne Diseases*) είναι λοιμώξεις που προκαλούνται από τσίμπημα κουνουπιών ή άλλων μικρών αρthropόδων. Χαρακτηριστικό τους αποτελεί η ευαισθησία που παρουσιάζουν στη θερμοκρασία και σε άλλους κλιματικούς παράγοντες (*Wu et al., 2009*). (135)

Οι αναδυόμενες λοιμώξεις και ασθένειες αποτελούν μια από τις εκτεταμένες συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου. Κι αυτό γιατί η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι κλιματικές διαταραχές ευθύνονται για την εξάπλωση μολυσματικών και θανατηφόρων ιών, όπως το οξύ αναπνευστικό σύνδρομο SARS και η γρίπη H1N1. (136) (137)

Ομοίως, έχουν εμφανιστεί αλλαγές όσον αφορά στην εποχιακή συχνότητα και διάρκεια του αναπνευστικού ιού RSV, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει σε μικρά παιδιά βρογχολίτιδα, πνευμονία και ωτίτιδα. (89)

Το 2006, επιστήμονες στη Μεγάλη Βρετανία, απέδωσαν τη νόσο των Λεγεωνάριων (βακτηριακή - πνευμονική λοίμωξη) στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. (138)

Μελέτη των *Chang et al. (2005)*, συσχέτισε το αναπνευστικό σύνδρομο SARS με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και τις μεταβολές της, ενώ τόνισε το ρόλο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η τελευταία ενισχύει την ανθρώπινη ευαισθησία στις λοιμώξεις και γενικότερα τα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής μεταβάλλουν τη συχνότητα των λοιμώξεων, όπως της φυματίωσης. (139)

Οι μεταδιδόμενες ασθένειες από φορείς σχετίζονται με την υπερθέρμανση του πλανήτη και τις αλλαγές του κλίματος. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για τη Κλιματική αλλαγή (IPCC) συνδέει τα παραπάνω φαινόμενα με μεταδιδόμενα νοσήματα από κουνούπια, λόγω της γεωγραφικής τους κατανομής. (140)

Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ) επισημαίνει ότι λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, αυξάνονται τα μεταδιδόμενα νοσήματα στην Ευρώπη μέσω των εντόμων. Το γεωχημικό περιβάλλον που δημιουργείται λειτουργεί προς όφελος των εντόμων και των τρωκτικών. (118) (138)

Η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ενισχύει μεταδοτικά νοσήματα που εμφανίζονταν μόνο σε τροπικές ή πολύ θερμές περιοχές. Πλέον τα κουνούπια και πολλά έντομα μετακινούνται βορειότερα και έρχονται σε επαφή με νέους πληθυσμούς. Για παράδειγμα η ελονοσία είναι μια από τις νόσους που εμφανίζεται σε νέους πληθυσμούς (π.χ της Δύσης), λόγω μετανάστευσης των φορέων της. Το *Plasmodium falciparum* αποτελεί μια επικίνδυνη μορφή της ελονοσίας, η οποία οδηγεί σε αναπνευστικό νόσημα και δείχνει την εξάπλωση της ελονοσίας σε διάφορες περιοχές της Ευρώπης. (76) (141)

Η ελονοσία είναι μια ενδημική ασθένεια σε 106 χώρες του πλανήτη και μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για τον μισό ανθρώπινο πληθυσμό. Μεταδίδεται στον άνθρωπο από τα κουνούπια και προκαλεί θάνατο περίπου σε 1.000.000 ανθρώπους κάθε χρόνο. Ομοίως, ο ιός του Δυτικού Νείλου μεταδίδεται στον άνθρωπο από τσίμπημα μολυσμένου κουνουπιού (γένους *Culex*) και σπανιότερα με μετάγγιση αίματος. Η αύξηση του πληθυσμού των κουνουπιών σε στάσιμα ύδατα, σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας ευνοούν τη μετάδοση νόσων από τα κουνούπια.

Ειδικά οι χώρες του νοτίου ημισφαιρίου της Γης αντιμετωπίζουν περιπτώσεις τέτοιων λοιμώξεων, όπως η τρυπανοσωμίαση, ο Δάγκειος πυρετός και η ελονοσία. (100)

Ο Δάγκειος πυρετός μεταδίδεται με το τσίμπημα των κουνουπιών και η συχνότητα εμφάνισης της νόσου, έχει αυξηθεί 30 φορές τα τελευταία 50 έτη. Η εξάπλωση της νόσου συνδέεται με την υπερθέρμανση του πλανήτη και το κλίμα. (142)

Σύμφωνα με την μελέτη PESETA, η εμφάνιση τέτοιων ασθενειών ενισχύεται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και εξαρτάται από τις μεταβολές των βροχοπτώσεων.

Το μέγεθος του κινδύνου από τα νοσήματα αυτά είναι διαχειρίσιμο από τον ανθρώπινο πληθυσμό, εφόσον ληφθούν τα κατάλληλα υγειονομικά μέτρα.

Όσον αφορά στις ασθένειες από τσιμπούρια και τρωκτικά, αυτές δεν συναντώνται ιδιαίτερα σε χώρες της Ευρώπης, ενώ τα κρούσματα της πανούκλας και της λεισμανίασης (προκαλείται από σκνίπες, συναντάται σε ημιξήρες περιοχές) είναι λιγοστά.

Όμως η νόσος του *Lyme* και η εγκεφαλίτιδα από τσιμπούρια, είναι ήδη ενδημικές στην Ευρώπη. Η υπερθέρμανση του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή ευνοούν τα κρούσματα και σε περιοχές με μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη και υψόμετρα. Το φαινόμενο των πλημμύρων αυξάνει το κίνδυνο από τις ασθένειες αυτές. (75)

Η νόσος του *Lyme* προκαλείται από το βακτήριο *Borrelia Burgdorferi* και είναι μια μεταδοτική ασθένεια ιδιαίτερα στην Ευρώπη, την Αμερική και τον Καναδά. Φορείς της νόσου μπορούν να είναι θηλαστικά, είδη πτηνών και οι κρότωνα. Επίσης, η επιδημική εγκεφαλίτιδα (*Tick -borne encephalitis*) συναντάται σε θερμές περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας, ενώ πολλές έρευνες έχουν συνδέσει τις παραπάνω ασθένειες με τις διαταραχές του κλίματος. (143)

Ακόμη, ο αιμορραγικός πυρετός που προκαλείται από τον ιό *Hanta*, οδηγεί περίπου 200.000 ανθρώπους σε νοσοκομεία κάθε χρόνο. Τα κρούσματα της νόσου έχουν συσχετιστεί με την άνοδο της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας, τις βροχοπτώσεις και την αυξημένη υγρασία. (144)

Η θνησιμότητα στον ανθρώπινο πληθυσμό από ασθένειες κουνουπιών, αυξάνει περισσότερο από κάθε άλλη ασθένεια. Λόγω των ασθενειών αυτών, κάθε χρόνο πεθαίνουν περίπου 300 εκατομμύρια άνθρωποι, κυρίως παιδιά (WHO, 2009). (145)

Λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη πολλά αρπακτικά εντόμων μεταναστεύουν, ενώ η αυξημένη υγρασία και οι βροχοπτώσεις ευνοούν τη μετακίνησή τους. Στα ανθρωπογενή οικοσυστήματα τα έντομα – εχθροί της ανθρώπινης υγείας δεν υφίστανται βιολογικό έλεγχο, με συνέπεια την αύξηση των κινδύνων για τον άνθρωπο. (48)

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται ενδεικτικές μεταδιδόμενες ασθένειες, οι οποίες ενισχύονται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή (Smith *et al.*, 2014). (74)

Πίνακας 14. Κύριες μεταδιδόμενες ασθένειες από φορείς παγκοσμίως

Είδος ασθένειας	Περιοχή	Αριθμός κρουσμάτων	Κλιματικοί παράγοντες
Ασθένειες από κουνούπια (Mosquito -borne diseases)			
Ελονοσία	Αφρική & Νοτιοανατολική Ασία	220 εκατ.	Θερμοκρασία, Βροχόπτωση, Υγρασία
Δάγκειος πυρετός	Ασία & περιοχές του Ειρηνικού	50 εκατ.	Θερμοκρασία, Βροχόπτωση, Υγρασία
Ασθένειες Μεταδιδόμενες από Τσιμπούρια (Tick -borne diseases)			
Επιδημική Εγκεφαλίτιδα	Ευρώπη, Ρωσία, Μογγολία, Κίνα	10.000	Θερμοκρασία
Νόσος του Lyme	Περιοχές με εύκρατο κλίμα, Ευρώπη, Ασία, Βόρεια Αμερική	20.000 στις ΗΠΑ	Θερμοκρασία, Υγρασία
Άλλες ασθένειες που μεταδίδονται από φορέα (Vector -borne diseases)			
Αιμορραγικός πυρετός	Παγκοσμίως	0.15 – 0.2 εκατ.	Θερμοκρασία, Βροχόπτωση, Υγρασία
Πανώλη	Ενδημική σε πολλές περιοχές της Γης	40.000	Θερμοκρασία, Βροχόπτωση

3.6.5 Ψυχικές ασθένειες και διαταραχές

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι παρατεταμένοι καύσωνες οδηγούν σε ψυχολογικό στρες τα υγιή άτομα, ενώ αυξάνουν τις νευρολογικές διαταραχές όσων ήδη πάσχουν από τέτοιες ασθένειες. Λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου τα ακραία καιρικά φαινόμενα αυξάνουν σε ένταση και σε διάρκεια με αποτέλεσμα:

- Αυξάνει ο κίνδυνος τραυματισμών, οπότε αυξάνουν και οι ψυχοσωματικές αντιδράσεις.
- Οι φυσικές καταστροφές αυξάνουν το άγχος και τα ψυχολογικά προβλήματα.
- Η καταστροφή περιουσιών (σπίτια, καλλιέργειες κλπ) οδηγούν σε κατάθλιψη, οργή, επιθετική συμπεριφορά ή αυτοκτονικές τάσεις (*Berry et al., 2010*). (146)
- Στην Αυστραλία, τη χρονική περίοδο 1970-2007 σημειώθηκαν αρκετές αυτοκτονίες, οι οποίες συνδέθηκαν με τις παρατεταμένες ξηρασίες (*Hanigan et al., 2012*). (147)
- Πολλοί άνθρωποι που έχουν χάσει συγγενείς, περιουσίες ή έχουν υποστεί καταστροφές από φυσικές καταστροφές, συνήθως αισθάνονται νοσταλγία και αδυναμία στη ζωή τους (*Albrecht et al., 2007*). (148)

Γενικά, οι ψυχικές διαταραχές έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανιστούν στις ευάλωτες ομάδες, όπως τα παιδιά. Ειδικά η απρόσμενη και η επιβαλλόμενη αλλαγή περιβάλλοντος λόγω των φαινομένων, επηρεάζει τη ψυχική υγεία του ανθρώπου.

Τα συμπτώματα της ψυχικής διαταραχής μπορούν να διαρκέσουν από εβδομάδες ή μήνες, ακόμη και για χρόνια. (149)

3.7 Τι προβλέπεται στο μέλλον για τη Μεσόγειο

Μελέτη του WWF-UK έδειξε ότι εάν η μέση παγκόσμια θερμοκρασία αυξηθεί κατά 2° C έως τη δεκαετία του 2050, πιθανότατα να συμβούν τα παρακάτω:

- Να απειληθούν 200 έως 300 εκατομμύρια άνθρωποι από τη νόσο της ελονοσίας.
- Ραγδαία μείωση της αγροτικής σοδειάς με συνέπεια 12 εκατομμύρια άνθρωποι να αντιμετωπίσουν τον υποσιτισμό.
- Μείωση διαθεσιμότητας νερού κυρίως στις υποτροπικές περιοχές.

Αύξηση πλημμύρων στις παράκτιες περιοχές με συνέπεια να κινδυνεύουν περίπου 20 εκατομμύρια άνθρωποι. (32)

3.8 Άλλες επιπτώσεις στη ζωή του ανθρώπου

3.8.1 Χώροι εργασίας

Οι επιπτώσεις των μεταβολών της θερμοκρασίας, όταν ο χώρος εργασίας είναι εξωτερικός, είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Για παράδειγμα, οι αγροτικές και οι οικοδομικές εργασίες όταν γίνονται σε εξωτερικούς χώρους χωρίς επαρκή σκίαση και νερό, αποτελούν κίνδυνο λόγω της ζέστης και της ηλίαςσης. (74)

Η θερμική καταπόνηση (*heat stress*) γίνεται έντονη για τους εργάτες στις τροπικές (υπό ανάπτυξη) περιοχές, αλλά και σε ανεπτυγμένες χώρες. Στις ΗΠΑ το 2006 σημειώθηκαν 423 θάνατοι εργατών λόγω της θερμοκρασίας. Επιπλέον, η άνοδος της θερμοκρασίας οδηγεί σε μείωση της αγροτικής παραγωγής λόγω της θερμικής καταπόνησης. Στην Ασία και στην Αφρική ήδη παρατηρείται μείωση της παραγωγής τις περιόδους με υψηλή θερμοκρασία και υγρασία. (150) (151)

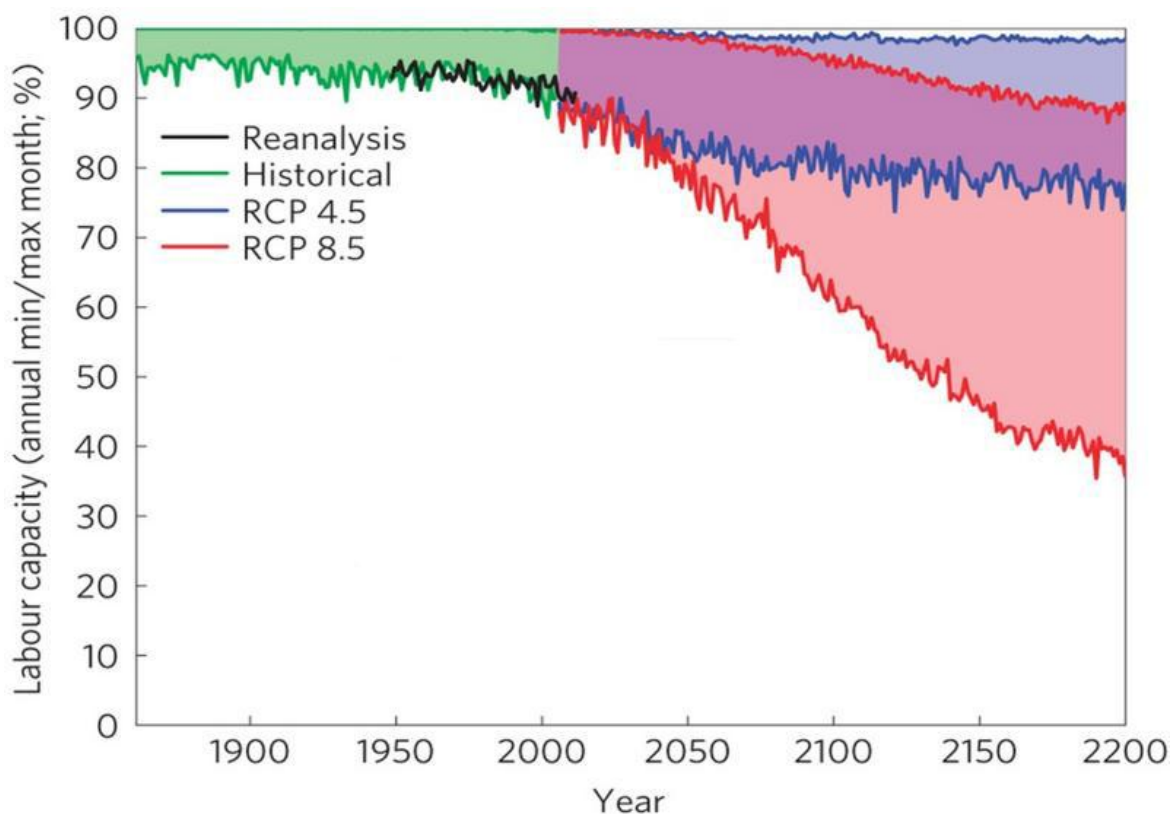
Στο σενάριο που η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO₂ συνεχίσει να αυξάνει έως το 2200, προβλέπεται μείωση του εργατικού δυναμικού κατά 60%. Αν η συγκέντρωση του CO₂ σταθεροποιηθεί έως το 2060 η επίδραση θα είναι μικρότερη, αλλά η παραγωγικότητα στις αγροτικές περιοχές θα εξακολουθήσει να μειώνεται (**Εικόνα 27**). (152)

Στις περιοχές όπου σημειώνεται αυξημένη μεταδοτικότητα ασθενειών από κουνούπια, οι άνθρωποι που εργάζονται σε εξωτερικό χώρο κινδυνεύουν να μολυνθούν περισσότερο. Λόγω της υπερθέρμανσης, οι αγρότες και λοιποί εργάτες αναγκάζονται να εργάζονται διάφορες ώρες της ημέρας, όταν είναι και πιο ενεργοί οι φορείς τέτοιων ασθενειών.

Από αυτούς όμως κινδυνεύουν να μολυνθούν οι εργαζόμενοι σε δομές υγείας, όπως και ο υπόλοιπος πληθυσμός. (145)

Επιπλέον, λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας αυξάνει ο κίνδυνος έκθεσης των εργατών σε τοξικά χημικά προϊόντα που εξατμίζονται πολύ πιο γρήγορα. Επίσης, λόγω των αυξημένων πλημμυρών, παλινρροιών και τήξης των πάγων επηρεάζεται η αλιεία, με συνέπεια οι αλιείς να αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο πνιγμού. (74)

Λόγω της υπερθέρμανσης και της διαταραχής του κλίματος, δεν επιβαρύνονται μόνο οι εξωτερικοί χώροι εργασίας, αλλά και η ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων. Η ατμοσφαιρική ρύπανση, τα άσθματα, οι αλλεργίες και τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν κίνδυνο για τους εργαζόμενους σε κλειστούς χώρους, καθώς εκεί μπορούν να μεταδοθούν εύκολα και να προσβάλλουν το αναπνευστικό τους σύστημα. (76)



Εικόνα 27. Ποσοστιαία μεταβολή του εργατικού δυναμικού διαχρονικά στη περίπτωση που η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μένει σταθερή (μπλε γραμμή) και στη περίπτωση που συνεχίσει να αυξάνει έως το 2020 (κόκκινη γραμμή)

(Πηγή: Dunne et al., 2013)

3.8.2 Υποδομές – Οικισμοί – Περιβαλλοντικοί πρόσφυγες

Υπάρχουν υποδομές οι οποίες είναι αρκετά ευαίσθητες στα ακραία καιρικά φαινόμενα. Η βιομηχανία αγροτικών προϊόντων, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αρκετές συγκοινωνιακές υποδομές πλήττονται από τα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής. Ιδιαίτερα οι εγκαταστάσεις, όπως λιμάνια, τουριστικά θέρετρα και οικοδομικά συγκροτήματα παράκτιων περιοχών, κινδυνεύουν λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Συνέπεια αυτού είναι η μετανάστευση πολλών ανθρώπων από τις παραθαλάσσιες περιοχές σε ηπειρωτικές, δημιουργώντας μεταβολές και σε αυτές. (2)

Οι περιβαλλοντικοί πρόσφυγες είναι ένα νέο σχετικά φαινόμενο που προβληματίζει την επιστημονική κοινότητα. Ο καθηγητής Norman Mayers (1994) όρισε τους περιβαλλοντικούς πρόσφυγες ως εξής:

«είναι οι άνθρωποι που δεν μπορούν να εξασφαλίσουν με ασφάλεια τα προς το ζην στον μόνιμο τόπο κατοικίας τους κυρίως λόγω της ξηρασίας, της διάβρωσης του εδάφους, της ερημοποίησης και άλλων περιβαλλοντικών προβλημάτων, αλλά και λόγω προβλημάτων κοινωνικής πίεσης και έντονης φτώχειας. Μέσα στην απελπισία τους οι άνθρωποι αυτοί κατανοούν ότι δεν έχουν άλλη εναλλακτική λύση από το να αναζητήσουν καταφύγιο σε άλλη περιοχή, λαμβάνοντας το σχετικό ρίσκο. Δεν εγκαταλείπουν όλοι απαραίτητα τη χώρα τους, πολλοί μετακινούνται απλά στο εσωτερικό της (εσωτερικώς εκτοπισμένα άτομα). Στο σύνολό τους, παρολαυτά έχουν ελάχιστες ή μηδενικές πιθανότητες να επιστρέψουν ξανά στις μόνιμες κατοικίες τους».

Ο Norman Myers υποστηρίζει ότι οι περιβαλλοντικοί πρόσφυγες θα υπερβούν τα 200 εκατομμύρια μέχρι το 2050 (Graeme 2008). (153)

Ένα βασικό αίτιο μετακίνησης των περιβαλλοντικών προσφύγων είναι οι φυσικές καταστροφές, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα, πλημμύρες, τυφώνες, τροπικοί κυκλώνες. Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου ευνοεί τα φαινόμενα αυτά, οπότε ενισχύεται το μεταναστευτικό ρεύμα τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον συμβαίνουν σταδιακές, συσσωρευμένες περιβαλλοντικές μεταβολές που ενισχύονται και συσχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η ατμοσφαιρική ρύπανση, η διάβρωση του εδάφους, η μείωση διαθέσιμου πόσιμου νερού, η ξηρασία και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας ενισχύονται από την υπερθέρμανση, επηρεάζοντας τη ζωή και τη μόνιμη κατοίκηση του ανθρώπινου πληθυσμού. (154)

Η Γερμανική Συμβουλευτική Επιτροπή για την κλιματική αλλαγή εκτιμά ότι ένα ποσοστό έως 25% της παγκόσμιου μεταναστευτικού ρεύματος, οφείλεται στη κλιματική διαταραχή και στις επιπτώσεις της. Επίσης, το Πανεπιστήμιο των Ηνωμένων Εθνών (Ινστιτούτο για το Περιβάλλον και την Ανθρώπινη Ασφάλεια) της Βόννης υποστηρίζει ότι έως το 2010 ο αριθμός των περιβαλλοντικών προσφύγων κυμαινόταν στα 50 εκατομμύρια.

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) εκτιμά ότι οι περιβαλλοντικοί πρόσφυγες ως συνέπεια της υπερθέρμανσης και των κλιματικών αλλαγών, θα φτάσουν τα 150 εκατομμύρια άτομα έως το 2050 (Acketoft 2008). (155)

Τέλος, η έκθεση Stern καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι περιβαλλοντικοί πρόσφυγες πιθανότατα να πλησιάσουν τα 200 εκατομμύρια έως το 2050 (Stern 2006). (156) (157)

3.8.3 Οικονομικές επιπτώσεις

Το οικονομικό κόστος της υπερθέρμανσης του πλανήτη ως προς την επίδρασή της στην ανθρώπινη υγεία, έχει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον και η μελέτη PESETA εστιάζει σε δύο χρονικές περιόδους:

- Για τη περίοδο 2011-2040, χωρίς μέτρα προσαρμογής, το οικονομικό κόστος της θα ανέρχεται σε 30 δις. ευρώ το χρόνο. Λαμβάνοντας υπόψη τυχόν μέτρα προσαρμογής στα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής, το κόστος μειώνεται δραστικά σε 4,5 δις. ευρώ. Από την άλλη πλευρά το οικονομικό όφελος από τη μείωση θνησιμότητας λόγω ψύχους, ανέρχεται σε 55,8 δις. ευρώ χωρίς μέτρα προσαρμογής.

Συμπεραίνουμε, ότι το ισοζύγιο προκύπτει θετικό, με την έννοια ότι τα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής δεν θα προκαλέσουν οικονομικές ζημιές, όσον αφορά στις επιπτώσεις τους στην υγεία.

- Για τη περίοδο 2071-2100, χωρίς μέτρα προσαρμογής, το οικονομικό κόστος θα ανέρχεται σε 118 δις. ευρώ το χρόνο. Λαμβάνοντας μέτρα προσαρμογής, το κόστος εκτιμάται ότι θα μειωθεί σε 56 δις. ευρώ. Για την ίδια περίοδο, το οικονομικό όφελος από τη μείωση θνησιμότητας λόγω ψύχους υπολογίζεται σε 95,8 δις. ευρώ, χωρίς μέτρα προσαρμογής.

Παρατηρούμε ότι σε αυτή τη περίοδο τα οικονομικά οφέλη από τη μείωση θνησιμότητας λόγω ψύχους, δεν είναι μεγαλύτερο από το οικονομικό κόστος της θνησιμότητας λόγω ζέστης.

Η έκθεση PESETA υπογραμμίζει ότι απαιτούνται περισσότερες επιδημιολογικές μελέτες, ώστε να προσδιοριστεί σωστά η σχέση θερμοκρασίας - θνησιμότητας και να προκύψουν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα - συμπεράσματα.

Επίσης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ενέργειες του ανθρώπινου πληθυσμού για μέτρα προσαρμογής και ανάσχεσης των φαινομένων.

Τέλος, η έκθεση υποστηρίζει ότι η ανάλυση των φαινομένων πρέπει να γίνεται πιο λεπτομερώς, ώστε να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, ακραία φαινόμενα και ασθένειες που τυχόν υπάρχουσες αναλύσεις δεν αντικατοπτρίζουν ολοκληρωμένα. (75) (82)

Κεφάλαιο 4^ο : Περιβαλλοντική πολιτική

4.1 Ιστορική αναδρομή

Είναι γεγονός ότι το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου προέκυψε ταυτόχρονα με τον προσδιορισμό ατμοσφαιρικών αερίων, όπως το CO₂, οι υδρατμοί και το μεθάνιο. Η ιδιότητά τους να απορροφούν και να εκπέμπουν το υπέρυθρο φάσμα του ηλιακού φωτός, προκάλεσε την ανησυχία και το ενδιαφέρον των επιστημόνων για έρευνες, σχετικά με τη συσχέτισή τους με την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Η Αμερικάνικη Χημική Εταιρεία (ACS) για δεκαετίες εστιάζει στο σκοπό αυτό, ώστε να διερευνήσει κατά πόσο οι ανθρώπινες δραστηριότητες και η διαρκής εκπομπή διάφορων αερίων, οδηγούν τελικά στην άνοδο της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας. Η αβεβαιότητα όμως για τα μελλοντικά σενάρια σχετικά με τις συνέπειες του φαινομένου και οι επιστημονικές μελέτες, οδήγησαν σε πολιτικές πρωτοβουλίες τις κυβερνήσεις ώστε να ληφθούν μέτρα προστασίας.

Στα πλαίσια του ΟΗΕ, το 1988 ιδρύθηκε η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), με σκοπό από ειδικούς επιστήμονες να συγκεντρώνεται κάθε φορά η έγκαιρη γνώση, αναφορικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις του.

- **Η Σύμβαση Πλαίσιο του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή**

Η Σύμβαση Πλαίσιο του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) υιοθετήθηκε το 1992 στη διάσκεψη του Ρίο, αλλά ίσχυσε από το 1994. Στη σύμβαση συμμετέχουν 196 μέλη που προσδιόρισαν ένα σύνολο αρχών, με στόχο τον έλεγχο των αερίων του θερμοκηπίου και την συγκράτηση των κλιματικών διαταραχών.

Οι αρχές αυτές αφορούν την βιώσιμη ανάπτυξη, την αρχή της πρόληψης, τον κανόνα ότι όποιος ρυπαίνει αναλαμβάνει και το οικονομικό κόστος, την αρχή της κοινής αλλά διαφοροποιημένης ευθύνης, καθώς και ένα σύνολο μέτρων για τον μετριασμό των επιπτώσεων. Οι εξελίξεις οδήγησαν τις κυβερνήσεις τελικά στο Πρωτόκολλο του Κιότο.

- **Το πρωτόκολλο του Κιότο**

Στις 11/12/1997 οι κυβερνήσεις ενέκριναν το πρωτόκολλο της UNFCCC στη πόλη Κιότο της Ιαπωνίας. Το Πρωτόκολλο του Κιότο βασίστηκε στο πλαίσιο της UNFCCC και είχε στόχο να προσδιορίσει δεσμεύσεις, ενέργειες και χρονοδιαγράμματα προς υλοποίηση της Σύμβασης Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο καθορίστηκαν τα παρακάτω έξι αέρια του θερμοκηπίου:

- ✓ Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- ✓ Μεθάνιο (CH_4)
- ✓ Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)
- ✓ Υδροφθοράνθρακες (Hydrofluorocarbons – HFCs)
- ✓ Υπερφθοράνθρακες (Perfluorocarbons – PFCs)
- ✓ Εξαφθοριούχο θείο (SF_6)

Οι στόχοι που τέθηκαν στο Κιότο ήταν πολύ φιλόδοξοι και για να επιτευχθούν θα έπρεπε να σημειωθεί μια συνολική μείωση των θερμοκηπικών αερίων από 50% έως 70%.

Η Ε.Ε. ενέκρινε το Πρωτόκολλο του Κιότο στις 23 Απριλίου 2002. Τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), δεσμεύτηκαν για μια έστω μικρή και βαθμιαία μείωση των εκπομπών, της τάξεως του 8% έως το 2012. Πραγματικά, από το 1990 έως το 2001 οι εκπομπές μειώθηκαν, εκτός από το κλάδο των μεταφορών όπου είχαμε αύξηση κατά 20%. Στην ενέργεια είχαμε μείωση 2% στις εκπομπές ρύπων, στις οικιακές χρήσεις μείωση 7%, ενώ στη διαχείριση αποβλήτων είχαμε μείωση 24% στη παραγωγή μεθανίου.

- **Η Σύνοδος της Κοπεγχάγης**

Η σύνοδος του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή στην Κοπεγχάγη πραγματοποιήθηκε στις 7/12/2009, όπου κατά γενική ομολογία έγινε παραδεκτή η ανάγκη συγκράτησης της υπερθέρμανσης του πλανήτη κάτω των 2°C , συγκριτικά με τα επίπεδα της προβιομηχανικής εποχής.

Τονίζεται η καθιέρωση αξιόπιστης έρευνας και παρακολούθησης των φαινομένων, η μείωση αποψίλωσης των δασών και ο περιορισμός αλλαγής της χρήσης γης. Ιδιαίτερα, υπογραμμίστηκε η ανάγκη δέσμευσης όλων των ανεπτυγμένων χωρών για μείωση των παραγόμενων ρύπων καθώς και του καθορισμού συγκεκριμένων μηχανισμών υλοποίησης

των στόχων, προκειμένου να εκλείψουν ή να μετριαστούν οι επώδυνες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. (15) (158)

- **Η στρατηγική της Ευρώπης για το 2020**

Οι ηγέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσυπέγραψαν μια κοινή στρατηγική για την ενέργεια και τη κλιματική αλλαγή τον Μάρτιο του 2007. Στόχος ήταν η επιβράδυνση εκπομπής των θερμοκηπικών αερίων για τα επόμενα 10-15 έτη, ώστε να φτάσουν έως το 2050 στο ήμισυ των τιμών που είχαν το 1990.

Το σχέδιο αφορούσε την ανάπτυξη νέας οικονομίας, στηριζόμενη στη γνώση, στη καινοτομία και στην αποτελεσματική εκμετάλλευση των πόρων. Η πολιτική αυτή θα ήταν φιλική προς το περιβάλλον και θα συνδύαζε τεχνολογίες με πηγές ενέργειας, που θα προκαλούσαν χαμηλές εκπομπές CO₂.

Οι βασικοί στόχοι του σχεδίου της ΕΕ, για το 2020 ήταν:

- ✓ Η μείωση εκπομπής των θερμοκηπικών αερίων, τουλάχιστον κατά 20%.
- ✓ Η αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη. Σημειωτέον, το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σήμερα, ανέρχεται στο 8.5% στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- ✓ Να επιταχυνθούν οι ενεργειακές αγορές της ΕΕ και να γίνουν ανταγωνιστικότερες, ειδικά στον τομέα του ηλεκτρισμού και του φυσικού αερίου.
- ✓ Να συγκεραστεί η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρώπης με άλλες εφαρμογές πολιτικής, όπως της έρευνας, του εμπορίου και της γεωργίας.
- ✓ Να προκαλέσει η Ευρώπη μια παγκόσμια συζήτηση γύρω από το ενεργειακό θέμα και να προβάλλει μια ενιαία άποψη.
- ✓ Να δεκαπλασιαστεί το μερίδιο των βιοκαυσίμων, με διάθεση στην αγορά αειφόρων βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς, από καλλιέργειες που δεν προορίζονται για την παραγωγή τροφίμων.
- ✓ Να σχεδιαστούν και να προωθηθούν τεχνολογίες χαμηλών (ή και μηδενικών) εκπομπών ρύπων. Σε αυτές συμπεριλαμβάνεται η μέθοδος δέσμευσης και η αποθήκευσης του άνθρακα (Carbon Capture and Storage, CCS).

Συγκεκριμένα, παρεμποδίζεται η απελευθέρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, μέσω δέσμευσης και αποθήκευσής του στο υπέδαφος σε εξαντλημένα πεδία φυσικού αερίου ή σε παλιά αλατωρυχεία. (15) (159)

4.2 Μέτρα μείωσης εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου

Για τη δραστική μείωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, έχουν προταθεί τα παρακάτω συστήματα από κυβερνητικές και επιστημονικές επιτροπές:

- Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν τα ‘ενεργά εργαλεία’ (active tools), τα οποία αποτελούν δεξαμενές αποθήκευσης του CO₂. Αυτό δύναται να συμβεί με μορφές αναδάσωσης, καθώς και με στοχευόμενες αγροτικές στρατηγικές. Εκτιμάται ότι με τις μεθόδους αυτές, μπορεί να εξασφαλιστεί το 4% της συνολικής μείωσης που προτείνεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο.
- Στον τομέα των αποβλήτων, βάσει κοινοτικής οδηγίας, προτείνεται η ενίσχυση ανάκτησης του βιοαερίου στις χωματερές. Είναι τα λεγόμενα ‘παθητικά εργαλεία’ (passive tools), τα οποία σκοπό έχουν να μειώσουν τη συγκέντρωση των θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα μέσω της μίξης και της αραίωσης.
- Η άντληση του CO₂ μέσα στον πυθμένα των ωκεανών αποτελεί μια πρόταση, η οποία είναι αμφισβητήσιμη, καθώς μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις στα μικρά τμήματα των κοραλλιών.
- Για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν στους ωκεανούς και τη μείωση του CO₂ μέσω της φωτοσύνθεσης, προτάθηκε ο εμπλουτισμός των ωκεανών με άλατα σιδήρου. Αυτή η μέθοδος εφαρμόστηκε σε μικρό εύρος κλίμακας κι αυτό γιατί ο εμπλουτισμός του φυτοπλαγκτόν ενίσχυσε τον πολλαπλασιασμό των καταστροφών του.
- Από το 1990 αναπτύσσεται μια νέα φιλοσοφία της Χημείας, η Πράσινη – Βιώσιμη Χημεία (Green / Sustainable Chemistry). Στόχος της είναι η προστασία του περιβάλλοντος, με νέες προτάσεις αναφορικά με την βιομηχανική παραγωγή και τις τεχνολογίες απορρύπανσης. Αυτό μπορεί να συμβεί με σχεδιασμό προϊόντων που σέβονται την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Επιβάλλει μηχανισμούς ελαχιστοποίησης εκπομπής ρύπων και της δημιουργίας αποβλήτων ή υπολειμμάτων. Προάγει τις ανακυκλώσιμες πρώτες ύλες και τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας. Ο ρόλος της Πράσινης – Βιώσιμης Χημείας μπορεί να είναι καθοριστικός στη μάχη κατά της υπερθέρμανσης του πλανήτη, σύμφωνα με τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ). (15)

Η «ενεργειακή κρίση» στην εποχή μας, οφείλεται στη μετατροπή μεγάλου ποσοστού της ενέργειας σε θερμότητα.

Επιπλέον, το διοξείδιο του άνθρακα ευθύνεται για την υπερθέρμανση της ατμόσφαιρας. Αυτή γίνεται ιδιαίτερα αισθητή στις μεγάλες αστικές πόλεις, οι οποίες έχουν πολύ μεγαλύτερη θερμοκρασία από την ύπαιθρο (Γ. Γραμματικάκης, 2014). (160)

Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι για να αντιμετωπιστεί σοβαρά το πρόβλημα της υπερθέρμανσης και των συνεπειών του, θα πρέπει να σταματήσει η χρήση ορυκτών καυσίμων. Πρόσφατη αξιολόγηση (Abrams, 2014) εκτιμά ότι για τις δύο επόμενες δεκαετίες, οφείλουμε να μειώσουμε τη χρήση ορυκτών καυσίμων κατά 20% και να εξαλειφθεί ο άνθρακας. Επιπλέον, άμεσα πρέπει οι επενδύσεις σε ενέργεια με χαμηλές εκπομπές άνθρακα να διπλασιαστούν. (161)

Πρόσθετα, οι κυβερνήσεις θα μπορούσαν να υιοθετήσουν την φορολόγηση του άνθρακα διεθνώς, κάτι που θα μπορούσε να εφαρμοστεί αποτελεσματικά και σχετικά γρήγορα από τους αρμόδιους (Dowdey, 2007). (162)

Όσον αφορά στις τεχνολογίες δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα, αυτές γενικά δεν ποικίλουν στην εφαρμογή τους και είναι αβέβαιη η διαθεσιμότητα και η προσβασιμότητα τους στο μέλλον (Abrams 2014). Ακόμη, η διαδικασία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, διότι το εν λόγω αέριο είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο (Maslin 2009, Carbon Dioxide Capture and Sequestration 2015). (161) (163)

Έρευνα του 2011 έδειξε ότι πάνω από το 50% του ανθρώπινου πληθυσμού ζει σε αστικές περιοχές και έως το 2050, το ποσοστό αυτό μπορεί να προσεγγίσει το 70%. Αποτελεί επιτακτική ανάγκη λοιπόν, η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων με κατάλληλη χρηματοδότηση, η ενεργειακά ωφέλιμη χρήση χώρων, καθώς και οι επενδύσεις στη δημόσια συγκοινωνία. Θα πρέπει να στραφούμε σε καύσιμα με χαμηλές εκπομπές άνθρακα (Abrams 2014). (161)

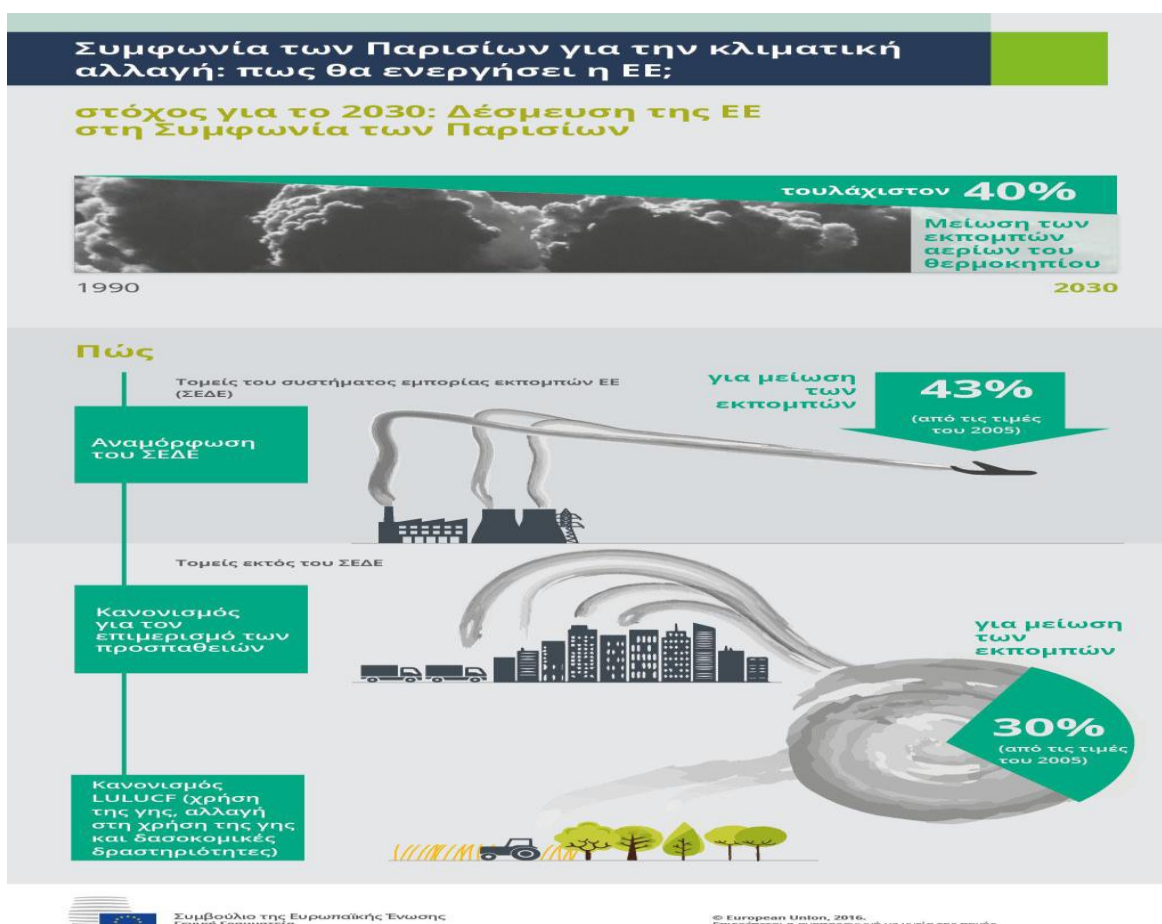
Τέλος, θα μπορούσαν να υιοθετηθούν σημαντικά μέτρα από τους πολίτες, με στόχο τη μείωση εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Τέτοια είναι η λιγότερη χρήση του ιδιωτικού μας αυτοκινήτου, η χρήση ποδηλάτου, περισσότερο περπάτημα, η εφαρμογή της ανακύκλωσης προϊόντων, ο περιορισμός κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος και η πιο ορθολογική αξιοποίηση του νερού και του ηλιακού φωτός (Climate Change 2015). (164)

4.3 Οι στόχοι για το μέλλον και τα προβλήματα εφαρμογής των μέτρων

Κατά γενική ομολογία, η Ευρωπαϊκή Ένωση κάνει σταθερά βήματα προς την επίτευξη των στόχων της με χρονικό ορίζοντα το 2020. Ωστόσο, είναι παραδεκτό ότι πρέπει σήμερα είναι να προβληματιστούμε σχετικά με τις πρόσθετες πολιτικές που απαιτούνται προς εφαρμογή έως το 2030.

Η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσε την Πράσινη Βίβλο, με την οποία καθόρισε το σχεδιάγραμμα των πολιτικών που αφορούν το κλίμα και την ενέργεια, με χρονικό ορίζοντα την επόμενη δεκαετία (Συμφωνία των Παρισίων, 12/12/2015).

Το πλαίσιο για το 2030 διδάσκει από το σημερινό, αναφορικά με το τι λειτουργεί σωστά και τι πρέπει να βελτιωθεί. Στόχοι της Επιτροπής είναι η ανάπτυξη μια ανταγωνιστικής οικονομίας χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών, ένας κοινά αποδεκτός ενεργειακός χάρτης και η αποδοχή της Λευκής Βίβλου για τις μεταφορές (Εικόνα 28).



Εικόνα 28. Απεικόνιση της συμφωνίας των Παρισίων (Πηγή: European Union, 2016)

Οι βασικές προϋποθέσεις που καθορίζονται από τους εν λόγω χάρτες πορείας, είναι οι παρακάτω:

- ✓ Η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να προσεγγίσει το 40% στην ΕΕ έως το 2030 και σε ποσοστό 80-95% έως το 2050. Επίσης, θα πρέπει να συγκρατηθεί η αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κάτω από 2° C.
- ✓ Θα πρέπει να σημειωθεί γενναία αύξηση των μεριδίων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της ενέργειας, καθώς και να αναπτυχθούν φιλικότερες υποδομές ενέργειας προς το περιβάλλον.
- ✓ Όσον αφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στον ενεργειακό χάρτη πορείας για το 2050, υπάρχει προσδοκία μεριδίου περίπου 30% έως το 2030.
- ✓ Απαιτούνται σημαντικές επενδύσεις για τον εκσυγχρονισμό των ενεργειακών υποδομών, με ότι οικονομικές συνέπειες αυτό μπορεί να επιφέρει, έως το 2030.

Ο κοινός στόχος της ΕΕ για μείωση των αερίων θερμοκηπίου κατά 20% έως το 2020 (σε σύγκριση με το 1990), υλοποιείται με τη συμβολή του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της ΕΕ (ΣΕΔΕ), σε συνδυασμό με τις εφαρμόσιμες εθνικές πολιτικές.

Μέριμνα του ΣΕΔΕ είναι μια ενιαία τιμή διοξειδίου του άνθρακα για τις μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, για τους τομείς ηλεκτροπαραγωγής και των αεροπορικών μεταφορών. Συμπεριλαμβάνει περισσότερες από 10.000 εγκαταστάσεις και περίπου το 50% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της ΕΕ. Η ύπαρξη ενιαίας τιμής άλλωστε, εξασφαλίζει ισότιμους όρους ανταγωνισμού για όλες τις επιχειρήσεις της ΕΕ.

Παρόλο που το ανώτατο όριο εκπομπών των αερίων στο πλαίσιο του ΣΕΔΕ συνεχώς μειώνεται έως το 2020, απαιτούνται νομικές εγγυήσεις και κίνητρα για επενδύσεις χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Αυτή τη στιγμή δεν παρέχονται επαρκή κίνητρα για επένδυση στον τομέα αυτό, οπότε αυξάνεται ο κίνδυνος διατήρησης της χρήσης άνθρακα.

Ορισμένες χώρες της ΕΕ αντιδρώντας στη προοπτική αυτή, προχωρούν σε εθνικά μέτρα, όπως η θέσπιση φόρου χρήσης άνθρακα. Έτσι, διαφαίνεται ο κίνδυνος μη ενιαίας πολιτικής στην αγορά, καθώς και της εφαρμογής εθνικών ή κλαδικών πρακτικών που υποθάλλουν το ρόλο του ΣΕΔΕ.

Τα κράτη μέλη διακρίνονται για τους εθνικούς στόχους που θέτουν, αλλά και για τις διαφορετικές οικονομικές τους δυνατότητες. (165)

Σε κάποια κράτη τίθεται η υποχρέωση μείωσης των εκπομπών σε σχέση με το 2005, ενώ σε ορισμένα άλλα δίνεται η ευχέρεια περιορισμένης αύξησης των εκπομπών. Εκτιμάτε ότι τα μισά από αυτά πρέπει να λάβουν συμπληρωματικά μέτρα για να πετύχουν τον εθνικό τους στόχο.

Έτσι, είναι εύλογες οι ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ. Από την άλλη πλευρά, παρέχεται η ευελιξία στα κράτη μέλη να επιτύχουν τους στόχους τους με εναλλακτικές μεθόδους, όπως είναι η σύναψη εμπορικής συναλλαγής με άλλες χώρες οι οποίες υπερβαίνουν τους στόχους που έχουν θέσει.

➤ **Ο στόχος για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τα θερμοκηπικά αέρια**

Το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της θέρμανσης και της ψύξης, εξακολουθεί να αυξάνεται και αναμένεται να έχει σχεδόν διπλασιαστεί έως το 2020. Οι αυξημένες επενδύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε έρευνα, ανάπτυξη και σε καινοτομίες στις τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, βοήθησαν στην ουσιαστική μείωση του κόστους.

Από την άλλη πλευρά, η καθολική ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ των χωρών μελών, είναι τα προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν. Επιπλέον, πρέπει να υπογραμμίσουμε τη δυσκολία πρόσβασης σε πηγές χρηματοδότησης λόγω της οικονομικής κρίσης που βιώνουμε στην εποχή μας.

Όσον αφορά στην ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, πρέπει να γίνουν εκτεταμένες επενδύσεις σε δίκτυα μεταφοράς και διανομής, καθώς και να γίνουν αυτές συμφέρουσες από πλευράς κόστους. Ταυτόχρονα, πρέπει να δοθούν οικονομικά κίνητρα για την επίτευξη υψηλής μείωσης εκπομπής θερμοκηπικών αερίων, ώστε να υπάρξει απεξάρτηση από τις επιδοτήσεις. Να ενισχυθεί η έρευνα, η καινοτομία, η ανακύκλωση των πρώτων υλών, η χρήση βιοκαυσίμων και οι εθνικές πολιτικές να είναι συμβατές με τις αρχές της ΕΕ. (165)

➤ **Ο στόχος για την εξοικονόμηση ενέργειας και τα θερμοκηπικά αέρια**

Από τη διετία 2009-2010 η ΕΕ έχει εκδώσει οδηγίες για τον οικολογικό σχεδιασμό και την ενεργειακή απόδοση των προϊόντων βιομηχανικής και οικιακής χρήσης. Η εφαρμογή των μέτρων έχει στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας για τους καταναλωτές και αφορούν ηλεκτρονικές συσκευές, αλλά και προϊόντα βιομηχανικής χρήσης, όπως κινητήρες, ανεμιστήρες, αντλίες.

Επιπλέον, η ΕΕ εξέδωσε το 2010 οδηγίες που αφορούν την ενέργεια που καταναλώνεται στις κτιριακές υποδομές, κυρίως για θέρμανση και ψύξη. Όμως, ελλοχεύει ο κίνδυνος υπονόμευσης και καθυστέρησης της συμβολής του τομέα των κτιρίων στο στόχο προς μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.

Όσον αφορά στον τομέα των μεταφορών, υπάρχουν κανόνες που αφορούν τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα και τη παραγωγή ρύπων. Οι κανόνες αυτοί συνέβαλαν στη μείωση εκπομπής θερμοκηπικών αερίων, η οποία εμφανίζεται σαφώς στον μέσο όρο εκπομπών CO₂ για το στόλο νέων οχημάτων (172 g/km το 2000, 135.7 g/km το 2011).

Οι παραπάνω στόχοι αφορούν το κλίμα και την ενέργεια και έχουν πρώτο μέλημα τη μείωση εκπομπής θερμοκηπικών αερίων. Άρα, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και συμβάλλουν από κοινού στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, το υψηλό μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να οδηγήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, εάν αυτό συνεργεί με τις υπόλοιπες πηγές ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Επιπλέον, η βελτίωση των ενεργειακών συστημάτων μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, αλλά και να αναβαθμίσει το ρόλο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Υπάρχουν όμως διαφορετικές απόψεις και δυνατότητες σχετικά με τους στόχους και κατά πόσο αυτοί πρέπει να είναι δεσμευτικοί για όλες τις χώρες μέλη.

Συμπερασματικά, τα θεμελιώδη ζητήματα που αφορούν τις χώρες της ΕΕ, είναι ο προσδιορισμός των κοινών στόχων, οι πολιτικές που θα τους υλοποιήσουν, η ανταγωνιστικότητα και η διαφορετικότητα που διακρίνει τα κράτη μέλη κατά την εφαρμογή των μέτρων. (165)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία έχει αυξηθεί περίπου $0,8^{\circ}\text{C}$ τα τελευταία 150 έτη. Στην Ευρώπη η μέση θερμοκρασία αυξάνεται πιο γοργά σε σχέση με τον υπόλοιπο πλανήτη, περίπου κατά 1°C . Οι περιβαλλοντικές συνέπειες της υπερθέρμανσης γίνονται πλέον αντιληπτές με το λιώσιμο των πάγων (Αρκτική και Άλπεις), τις μεταβολές στις βροχοπτώσεις και τις χιονοπτώσεις, τις ξηρασίες, τους καύσωνες, τους τροπικούς κυκλώνες και όλα τα ακραία καιρικά φαινόμενα.

Οι επιστήμονες εκτιμούν ότι η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη δεν πρέπει να υπερβεί τους 2°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή. Επίσης, ισχυρίζονται ότι η μέση παγκόσμια θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί έως και 6°C κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα, αν δεν ληφθούν μέτρα ανάσχεσης των φαινομένων. Τη χρονική περίοδο 1970 έως και 2004, οι εκπομπές των θερμοκηπικών αερίων παγκοσμίως αυξήθηκαν κατά 70 %. Το 40 % της αύξησης οφείλεται στη μειωμένη ικανότητα πλέον των δασών να απορροφούν το CO_2 , καθώς και στις αλλαγές χρήσης γης.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη ως φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, θα αποτελεί κύριο θέμα εκτενούς μελέτης από την επιστημονική κοινότητα για τα επόμενα χρόνια. Οι επιπτώσεις της στα χειρσαία οικοσυστήματα και στην ανθρώπινη υγεία μπορούν να είναι απρόβλεπτες και με διαφορετικές συνέπειες για τον ανθρώπινο πληθυσμό, από περιοχή σε περιοχή. Η μη πλήρης γνώση των παραγόντων που επηρεάζουν τη ζωή των έμβιων όντων αλλά και των αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μέσα στα οικοσυστήματα, δεν μας επιτρέπει να είμαστε απόλυτα σίγουροι για τα επαγόμενα αποτελέσματα που μπορεί να εμφανιστούν. Η αβεβαιότητα που περιβάλλει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κάνει επιτακτική την ανάγκη μείωσής τους. Έτσι, η ανθρωπότητα θα έχει περισσότερο διαθέσιμο χρόνο να μελετήσει τα φαινόμενα και τις αιτίες τους, να υιοθετήσει περισσότερο καθαρές και αειφόρες μορφές ενέργειας, καθώς και να μειώσει όσο είναι δυνατόν για το μέλλον τα δυσάρεστα γεγονότα (Mastrandrea & Schneider 2010, Henson 2011). (166) (167)

Από την άλλη πλευρά, αν δεν υπάρχει σαφής και μακροπρόθεσμη περιβαλλοντική πολιτική για τη σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων, τότε θα οδηγηθούμε στη καθολική αποτυχία των όποιων στόχων έχουν τεθεί. Η διεθνής δράση πρέπει να συμπεριλαμβάνει τον μετριασμό, τη καινοτομία και την προσαρμογή.

Οι επιστημονικές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα, ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη απαιτεί διεθνή αντιμετώπιση και μάλιστα άμεση. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και να συσχετιστούν τα επιστημονικά με τα οικονομικά στοιχεία που απορρέουν από την αλλαγή του κλίματος.

Όλες οι εκτιμήσεις και οι προβλέψεις που έχουν παρουσιαστεί στη συγκεκριμένη εργασία, θα έχουν μεγάλο οικονομικό κόστος για τις σύγχρονες κοινωνίες, που καλούνται να λάβουν μέτρα αντιμετώπισης ώστε να προστατευτούν στο μέλλον.

Άλλωστε, η οικονομική κρίση που βιώνουμε μας υπενθυμίζει ότι πολλές φορές η ανθρωπότητα καλείται να ξοδέψει μεγάλα χρηματικά ποσά, ώστε να αποφύγει χειρότερες συνέπειες στο μέλλον. Αυτό λοιπόν μπορεί να υιοθετηθεί ξανά για το πρόβλημα της κλιματικής διαταραχής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη (*Boyd & Tomkins, 2009*). (168)

Για αυτό το λόγο οι αναπτυγμένες χώρες έχουν ιστορική ευθύνη να λάβουν αποφάσεις, όχι μόνο λόγω της συμμετοχής τους στην ενίσχυση των φαινομένων, αλλά και επειδή έχουν τις δυνατότητες και τα μέσα για να ανταπεξέλθουν στις προκλήσεις (*Mastrandrea & Schneider 2010*). (166)

Το τελικό συμπέρασμα που απορρέει από τη παρούσα εργασία είναι, ότι η προστασία και η διατήρηση των φυσικών οικοσυστημάτων θα πρέπει να είναι άμεση προτεραιότητα των κυβερνήσεων και του ανθρώπινου πληθυσμού γενικότερα.

Τα μέτρα διαχείρισης θα πρέπει να προσβλέπουν στην αειφορία, στη προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας. Αποτελεί καθήκον όλων μας, η διατήρηση της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων, ώστε να τα παραδώσουμε στις επόμενες γενεές στη φυσική τους μορφή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. **Zecchini F.** Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή. [επιμ.] Σίσκος. Αθήνα : Ένωση Ελλήνων Φυσικών, 2011. σσ. 15-52.
2. **Μελάς Δ., Αλεξανδροπούλου Α., Αμοιρίδης Β., Κακαρίδου Μ., Σουλακέλλης Ν.** Ατμοσφαιρική Ρύπανση (Οδηγός Εκπαιδευτικών). Αθήνα : Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, 2000.
3. **Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπατσιμπα Α.** Φυσική Β' Γυμνασίου. Αθήνα : Εκδόσεις Διόφαντος, 2017. σσ. 164-165.
4. **Βαρώτσος Κ.** Ειδικά Κεφάλαια Ατμοσφαιρικής Φυσικής και Χημείας (Εφαρμογές στο κλιματικό σύστημα). Αθήνα : Συμμετρία, 2014. σσ. 391-433.
5. **Dunne J.A., Harte J.** Greenhouse effect, *Encyclopedia of Biodiversity*. San Diego : Academic Press, 2001. pp. 277-293.
6. **Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π., Κάλλης Α.** Χημεία Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας. Αθήνα : Διόφαντος, 2015. σσ. 67-71.
7. **Μαυρικάκη Ε., Γκούβρα Μ., Καμπούρη Α.** Βιολογία Β' & Γ' Γυμνασίου. Αθήνα : Διόφαντος, 2017. σσ. 51-54.
8. **Μελάς Δ., Ασωνίτης Γ., Αμοιρίδης Β.** Κλιματική αλλαγή (οδηγός εκπαιδευτικών). Αθήνα : Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων, 2000. σσ. 6-41.
9. **Θεοδωρόπουλος Π., Παπαθεοφάνους Π., Σιδέρη Φ.** Χημεία Γ' Γυμνασίου. Αθήνα : Διόφαντος, 2017. σσ. 84-86.
10. **Κατσαφάδος Π., Μαυροματίδης Η.** Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 214-266.
11. **Hansen J., Ruedy R., Glascoe J., Sato M.** GIS analysis of surface temperature change. s.l. : Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 1999. pp. 30997-31022.
12. **UNFCCC.** United Nations Framework Convention on Climate Change. s.l. : United Nations, 1992.
13. **Κατσαφάδος, Π. Μαυροματίδης, Η.** Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 146-168.
14. **Ζερεφός Χ.** Εισαγωγικά μαθήματα στην Φυσική της Ατμόσφαιρας. Αθήνα : Παπασωτηρίου, 2009. σσ. 88-92.
15. **Zecchini F.** Παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Αθήνα : Ένωση Ελλήνων Φυσικών, 2011. σσ. 65-109.
16. **Βαρώτσος Κ.** Ατμόσφαιρα (Σύγχρονα Περιβαλλοντικά Προβλήματα). Αθήνα : Συμμετρία, 2008. σσ. 209-229.
17. **Δαλέζιος Ν.** Αγρομετεωρολογία. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελλήνων Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 283-297.
18. **Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β., Καπελώνης Γ., Σινιγάλιας Π., Σπαντίδης Δ., Τρικαλίτη Α., Φίλος Γ.** Χημεία Β' Γυμνασίου. Αθήνα : Διόφαντος, 2017. σσ. 84-85.
19. **Δαλέζιος Ν.** Αγρομετεωρολογία. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελλήνων Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 406-425.

20. **Climate Change 2013. The Physical Science Basis (2013).** s.l. : Center for Climate and Energy Solutions, 2013. Ανακτήθηκε στις 20 Ιουλίου 2015 από:
<http://www.c2es.org/science-impacts/ipcc-summaries/fifth-assessment-report-working-group-1>.
21. **Δαλέζιος Ν.** Αγρομετεωρολογία. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελλήνων Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 69-70.
22. **Στάθης Δ.** Μαθήματα Δασικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 215-216.
23. **Φλόκας Α., Χρονοπούλου Α.** Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις: Ζήτη, 2010.
24. **Hughes G.B., Giegenganck R., Kritikos H.** *Spectral indications of unexpected contributors to atmospheric CO2 variability?* s.l. : International Journal of Climatology, 1999. pp. 813-819. Vol. 19(8).
25. **Τσέκουρας Β.** Μελέτη της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής σε δασικά οικοσυστήματα με τη χρήση μοντέλων. Τμήμα Περιβάλλοντος , Πανεπιστήμιο Αιγαίου. 2004.
26. **Φωτιάδη Α.** Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και Κλιματικές Μεταβολές. Αγρίνιο : Πανεπιστήμιο Πατρών, 2014. σσ. 25-29.
27. **IPCC . Climate Change 2001: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** [ed.] Watson R.T. and Core Team. s.l. : Cambridge University Press, 2001.
28. **Boyd E., Tompkins E. L.** *Climate Change: A Beginner's Guide.* Oxford : Oneworld Publications, 2010.
29. **Maslin M.** *Global Warming: A Very Short Introduction.* Oxford : Oxford University Press, 2009.
30. **Κωτούλας Δ.** Υδρολογία και Υδραυλική Φυσικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη : Α.Π.Θ, 2001.
31. **Kwok R., Cunningham G. F., Wensnahan M., Rigor I., Zwally H. J., Yi D.** *Thinning and volume loss of the Arctic Ocean sea ice cover:2003 – 2008.* s.l. : J. Geophys. Res., 2009. Vols. 114, C07005, doi:10.1029/2009JC005312.
32. **WWF.** Κλιματικό Χάος (Ενημερωτικό Υλικό για εκπαιδευτικούς)
33. **Στάθης Δ.** Μαθήματα Δασικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελλήνων Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 110-129.
34. **Salinger M.J., Stigter C.J., Das H.P.** *Agrometeorological adaptation strategies to increasing climate variability and change.* s.l. : Agriculture and Forest Meteorology, 2000. pp. 167-194. Vol. 103.
35. **Λέκκας Ε.** Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές . Β'. Αθήνα : ACCESS, 2000. σσ. 204-206.
36. **Cox C.B., Moore P.D.** *Biogeography: an Ecological and Evolutionary Approach.* 5η. Oxford : Blackwell, 1993.
37. **Shoukri E., Zachariadis T.** *Climate Change in Cyprus: Impacts and Adaptation Policies.* Environmental Policy Research Group Report. Limassol : Cyprus University of Technology, 2012.
38. **Αδαμαντιάδου Σ., Γεωργάτου Μ., Γιαπιτζάκης Χ., Νοταράς Δ.** Βιολογία Γενικής Παιδείας Γ' Λυκείου. Αθήνα : Διόφαντος, 2017. σσ. 78-102.
39. **Βερεσόγλου Δ.** Οικολογία. Β'. Λάρισα : Εκδόσεις Έλλα, 2004.

40. **Goulden M. L., Wolfst S.C., Harden J.W., Trumbore S.E., Crill P.M., Gower S.T., Fries T., Daube B.C., Fan S.M., Sutton D.J., Bazzaz A., Murger J.W.** *Sensitivity of boreal forest carbon balance to soil thaw*. s.l. : Science, 1998. pp. 214-217. Vol. 279.
41. **ΥΠΕΚΑ.** *Εθνική Στρατηγική & Σχέδιο Δράσης για τη Βιοποικιλότητα*. Αθήνα : Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2014. Διαθέσιμο: <https://www.cbd.int/doc/world/gr/gr-nbsap-01-el.pdf>.
42. **Ahrens D.C.** *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment*. s.l. : Pacific Grove: Brooks Cole, 2003.
43. **Ντάφης Σ.** *Δασική Οικολογία*. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, 1986.
44. **ΕΟΠ.** *Η Βιοποικιλότητα, η Κλιματική Αλλαγή Και Εσύ*. Κοπεγχάγη : Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2010.
45. **National Geographic.** *Εγκυκλοπαίδεια του Περιβάλλοντος*. Αθήνα : Εκδόσεις Κοπελιάδης Γιώργος, 2014.
46. **IPCC .** *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland : IPCC, 2007. p. 104.
47. **Παπαδημητρίου Α.** *Η κλιματική αλλαγή και η επίδρασή της στα χερσαία οικοσυστήματα*. s.l. : Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2015. σσ. 121 -132. Τόμ. 7, Κλιματική Αλλαγή: Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις.
48. **Δαλέζιος Ν.** *Αγρομετεωρολογία*. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 122-198.
49. **Γκαλέας Θ.Κ., Ζήσης Χ., Πρωτόπαπας Ν.** *Περιβαλλοντικές αλλαγές και αναδυόμενες ασθένειες. Επιπτώσεις στην υγεία*. Β' Παθολογική Κλινική, Γ. Ν. Τρικάλων. Τρίκαλα : Ιατρικά Χρονικά (Τόμος ΚΒ', Τεύχος 3), 2008. Άρθρο ανασκόπησης.
50. **Ευθυμίουπουλος Η.** *Το δίλημμα της πεταλούδας*. Αθήνα : Ακαδημία Αθηνών, 2017. σσ. 135-185.
51. **Κόκλα Φ., Αργιαλάς Δ., Κασσιός, Κ.** *Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνων IKONOS για την εξέταση της επιδημίας της ξήρανσης της κεφαλληνιακής ελάτης (Abies cerhalonica) στον Εθνικό Δρυμό Πάρνηθας*. 8ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο. 2010.
52. **Μητρόπουλος Δ., Νικολοπούλου-Σταμάτη Π.** *Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα αεροαλλεργιογόνα*. Αθήνα : Γρηγορέας Χ., 2013. σσ. 58-62.
53. **Γρηγορέας Χ.** *Ελληνική Αλλεργιολογία και Κλινική Ανοσολογία*. [επιμ.] Πίτσιος. Αθήνα : ΒΗΤΑ Ιατρικές εκδόσεις, 2013. Τόμ. 6.
54. **Beggs.** *Impacts of climate change on aeroallergens: past and future*. s.l. : Clin Exp Allergy, 2004. pp. 1507–1515. Vol. 34.
55. **Sikoparija B., Smith M., Skjoth CA et al.** *The Pannonian plain as a source of Ambrosia pollen in the Balkans*. s.l. : Int J Biometeorol, 2009. pp. 263–272. Vol. 53.
56. **Κοντού-Φίλη Κ.** *Αλλεργίες: η νόσος της κλιματικής αλλαγής και της άνοιξης*. 2008. Διαθέσιμο: www.Fatsimare.net/healthp2_articleid/8033.
57. **Garcia-Mozo H., Galan C., Jato V et al.** *Quercus pollen season dynamics in the Iberian Peninsula: response to meteorological parameters and possible consequences of climate change*. s.l. : Ann Agric Environ Med, 2006. pp. 209–224. Vol. 13.
58. **Mohan J.E., Ziska L.H., Schlessinger WS et al.** *Biomass and toxicity responses of poison ivy (Toxicodendron radicans) to elevated atmospheric CO2*. s.l. : Proc Natl Acad Sci, 2006. pp. 9086–9089. Vol. 103.

59. **Rogers C.A., Wayne .PM., Macklin E.A. et al.** *Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO₂ on ragweed (Ambrosia artemisiifolia L) pollen production.* s.l. : Environ Health Perspect, 2006. pp. 865–869. Vol. 114.
60. **Ziska L.H., Gebhard D.E., Frenz D.A., Faulkner S., Singer B.D., Straka J.G.** *Cities as harbingers of climate change: common ragweed, urbanization, and public health.* s.l. : J Allergy Clin Immunol, 2003. pp. 290–295. Vol. 111.
61. **World Meteorological Organization.** *Weather and Climate Related to Pasture and Livestock Production in Arid and Semi-arid Regions.* Geneva : WMO/TD-No. 989, 2000. CAgM Report No. 79.
62. **World Meteorological Organization (WMO).** *Adaptation strategies required to reduce vulnerability in agriculture and forestry to climate change, climate variation and climate extremes.* Geneva : WMO, 2004. Technical Note . No. 969.
63. **Neill W.H., & Bryan J.D.** *Responses of fish to temperature and oxygen, and response integration through metabolic scope.* In D.E. Brune and Tomasso, J.R. (Eds.). Baton Rouge : World Aquaculture Society, 1991.
64. **Andreopoulos D., Damigos D., Comiti F., Fischer C.** *Estimating the nonmarket benefits of climate change adaptation of river ecosystem services: A choice experiment application in the Aaos basin, Greece.* s.l. : Environmental Science & Policy, 2015. pp. 92-103. Vol. 45.
65. **Zachariadis T.** *Climate Change in Cyprus: Impacts and Adaptation Measures.* 2012. Ανακτήθηκε 20 Αυγούστου 2015 από: <http://works.bepress.com/>.
66. **Ehmer P., Heyman E.** *Climate change and tourism: Where will the journey lead? Energy and climate change.* Frankfurt : Deutsche Bank Research, 2008.
67. **Γιαννακόπουλος Χ., Κωστοπούλου Ε., Βαρώτσος Κ., Πληθάρας Α.** *Το Αύριο της Ελλάδας: Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα κατά το Αμεσο Μέλλον.* Αθήνα : WWF Ελλάς, 2009.
68. **ΥΠΕΧΩΔΕ .** *3η Εθνική Έκθεση της Σύμβασης Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική αλλαγή. Β΄.* Αθήνα : ΥΠΕΧΩΔΕ, 2002.
69. **ΙΣΤΑΜΕ.** *Κλιματικές αλλαγές και ενέργεια στην Ελλάδα σήμερα. Παρούσα κατάσταση, τάσεις, μέτρα και πολιτικές.* 2007. Διαθέσιμο: <http://www.istame-arapandreou.gr/files/pdf/climatechange2-2-07.pdf>.
70. **Alexandrakis G., Manasakis C., Kampanis N. A.** *Estimation of the climatic change impact to beach tourism. The case of a mass tourist destination.* s.l. : ICOT 2013 Conference Trends Impacts and Policies on Sustainable Tourist Development., 2013. Proceedings in press.
71. **Bujosa A., Riera A., Torres C. M.** *Valuing tourism demand attributes to guide climate change adaptation measures efficiently: The case of the Spanish domestic travel market.* s.l. : Tourism Management, 2015. pp. 233-239. Vol. 47.
72. **Γεωργουσίδου Μ.** *Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό της Ευρώπης.* Ορεστιάδα : Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2015. σσ. 143 - 160. Τόμ. 7, Κλιματική Αλλαγή: Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις.
73. **World Health Organization (WHO).** *Climate Change and Human Health: Risks and Responses.* s.l. : WHO, 2003.

74. **Smith K.R., A. Woodward D., Campbell-Lendrum D.D., Chadee Y., Honda Q., Liu J.M., Olwoch B., Sauerborn R.** *Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A.* Cambridge, New York : Cambridge University Press, 2014. pp. 709-754.
75. **Υφαντόπουλος Ι. Παπανδρέου Α. Παναγιωτάκος Δ. Πατώκος Α. Λάτσου Δ.** *Κλιματική και Υγεία.* Αθήνα : Τράπεζα της Ελλάδος, 2011.
76. **Φιλιππίδου Ε.Χ., Κουκουλιάτα Α.** *Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο αναπνευστικό σύστημα.* Τμήμα Τεχνικής και Υγειονομικής Επιθεώρησης Καβάλας, Α΄ Πνευμονολογική Κλινική, Γενικό Νοσοκομείο Καβάλας. Καβάλα : Αρχαία Ελληνικής Ιατρικής, 2010. Ανασκόπηση.
77. **CDC.** *The Interagency Working Group on Climate Change and Health (IWGCCCH), A Human Health Perspective on Climate Change.* s.l. : National Institute of Environmental Health Sciences, 2009.
78. **Mills D.M.** *Final Report for US EPA on Impacts of Climate Change Upon Human Health.* s.l. : Boulder Co: Stratus Consulting, 2004.
79. **Bé langer M., Gray-Donald K., O’Loughlin J., Paradis G., Hanley J.** *Influence of weather conditions and season on physical activity in adolescents. Annals of Epidemiology.* s.l. : 10.1016/j.annepidem.2008.12.008, 2009. Vols. 19(3), 180-6.
80. **Lucas R.M, Valery P., Van der Mei I., Dwyer T., Pender M.P., Taylor B.** *Sun exposure over a lifetime in Australian adults from latitudinally diverse regions.* s.l. : Ponsonby, and The Ausimmune Investigator Group, 2013. pp. 737-744. Vol. 89(3).
81. **European Commission.** *PESETA report.* 2009. Available at: <http://peseta.jrc.ec.europa.eu/docs/Agriculture.htm>.M.
82. **Watkiss P., Horrocks L., Pye S., Searl A., Hunt A.** *Impacts of Climate Change in Human Health in Europe. PESETA- Human health study.* s.l. : EUR 24135EN, 2009.
83. **European Commission.** *Adapting to climate change: Towards a European framework for action human, animal and plant health impacts of climate change.* Brussels, Belgium : EUROPEAN COMMISSION, 2009. Commission Staff Working Document. Available at: http://ec.europa.eu/health/ph_threats/climate/docs/com_2009-147_el.pdf pp22.
84. **Hopfl-Harris K.** *The potential impacts of global warming on public health. Impacts of climate change in the United States.* 2000. Available at: <http://www.climatehotmap.org/impacts/humanhealth.html>.
85. **Luber G., Prudent N.** *Climate change and human health.* s.l. : Trans Am Clin Climatol Assoc, 2009. p. 113–117. Vol. 120.
86. **Wyndham C.H.** *Adaptation to heat and cold.* s.l. : Environmental Research, 1969. pp. 442-469. Vol. 2(5).
87. **Baccini M., Biggeri A., Accetta G., Kosatsky T., Katsouyanni K., Analitis A., Anderson H. R., Bisanti L., D’Ippoliti D., Danova J., Forsberg B., Medina S., Paldy A., Rabczenko D., Schindler C., Michelozzi P.** *Heat Effects on Mortality in 15 European Cities.* s.l. : Epidemiology, 2008. pp. 711–719. 19.
88. **World Wildlife Fund.** *Ακραία καιρικά φαινόμενα. Εκστρατεία για την κλιματική αλλαγή.* s.l. : WWF, 2006. Διαθέσιμο: <http://climate.wwf.gr>.
89. **European Lung Foundation.** *Climate change and the lung.* Sheffield : ELF, 2009. Available at: http://www.european-lung-foundation.org/uploads/Document/WEB_CHEMIN_16421_1244730689.pdf.

90. **Paranjothy S.,Gallacher J.,Amlot R.,Rubin G.J.,Page L.,Baxter T.,Wight J.,Kirrage D.,McNaught R., SR P.** *Psychosocial impact of the summer 2007 floods in England.* doi:10.1186/1471-2458-11-145. s.l. : BMC Public Health, 2011.
91. **Jakubicka T.,Vos F.,Phalkey R.,Marx M., Guha-Sapir D.** *Health Impacts of Floods in Europe: Data Gaps and Information Needs from a Spatial Perspective.* Brussels : Universite catholique de Louvain (UCL), 2010. p. 42.
92. **Peters A.** *Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia.**Epidemiology.* 2000. pp. 11-17. Vol. 11.
93. **Dilaveris PE., Synetos A., Gainopoulos et al.** *The climate impacts on myocardial infarction deaths in the Athens territory (The CLIMATE study).* s.l. : Heart, 2006. pp. 1747-1751. Vol. 92.
94. **Douglas D.C.** *Cardiovascular risks from fine particulate air pollution.* s.l. : NEJM, 2007.
95. **Harlan S. L. Chowell G.,Yang S.,Petitti D. B.,Morales Butler E. J.,Ruddell, B. L.,Ruddell D. M.** *Heat-related deaths in hot cities: Estimates of human tolerance to high temperature thresholds.* s.l. : Public Health. pp. 3304-3326. Vol. 11.
96. **Nitschke M.,Tucker G.,Hansen A.,Williams S.,Zhang Y., Peng B.** *Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis.* s.l. : Environmental Health, 2011. pp. 42-51. Vol. 10(1).
97. **Ahern M., Kovats R.S.,Wilkinson P., Few R., Matthies F.** *Global health impact of floods: epidemiological evidence.* s.l. : Epidemiological Reviews, 2005. pp. 36-46. Vol. 27.
98. **Κανελλοπούλου Μ.** *Τροφιμογενείς και υδατογενείς λοιμώξεις. Προβλήματα και αντιμετώπιση.* Αθήνα : Εταιρεία Κλινικής Μικροβιολογίας και Εργαστηριακής Διαγνωστικής, 2012. σσ. 81-87. Τόμ. 17, Τεύχος 2.
99. **ΚΕΕΛΠΝΟ.** *Τροφιμογενή και Υδατογενή Νοσήματα.* Διαθέσιμο: www.keelpno.gr.
100. **National Geographic.** *Όλα αρχίζουν με ένα ανώδυνο τσίμπημα.* Ιούλιος 2007. σσ. 11-37.
101. **Islam M.S.** *Effects of local climate variability on transmission dynamics of cholera in Matlab.* s.l. : Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 2009. pp. 1165-1170. Vol. 103(11).
102. **Reyburn R., Kim D.R.,Emch M.,Khatib A.,Von Seidlein L.,Ali M.** *Climate variability and the outbreaks of cholera in Zanzibar, East Africa: a time series analysis.* s.l. : The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 2011. pp. 862-869. Vol. 84(6).
103. **Lake I.R.** *A re-evaluation of the impact of temperature and climate change on foodborne illness.* s.l. : Epidemiology and Infection, 2009. pp. 1538-1547. Vol. 137(11).
104. **Martin D., Belanger B.,Gosselin P.,Brazeau J.,Furgal C.,Dery S.** *Drinking water and potential threats to human health in Nunavik: adaptation strategies under climate change conditions.* s.l. : Arctic, 2007. pp. 195-202. Vol. 60(2).
105. **Liu C.,Hofstra N.,Franz E.** *Impacts of climate change on the microbial safety of pre-harvest leafy green vegetables as indicated by Escherichia coli O157 and Salmonella spp.* s.l. : International Journal of Food Microbiology, 2013. pp. 119-128. Vols. 163(2-3).
106. **Ge C.,Lee C., Lee J.** *The impact of extreme weather events on Salmonella internalization in lettuce and green onion.* s.l. : Food Research International, 2012. pp. 1118-1122. Vol. 45(2).
107. **Lobell D.B.,Banziger M.,Magorokosho C., Vivek B.** *Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials.* s.l. : Nature Climate Change, 2011. pp. 42-45. Vol. 1(1).

108. Nelson G.C., Rosegrant M.W., Koo J.,Robertson R.,Sulser T.,Zhu T.,Ringler C.,Msangi S.,Palazzo A.,Batka M.,Magalhaes M.,Valmonte-Santos R.,Ewing M., Lee D. *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*. Washington : International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2009. p. 19.
109. Lloyd S.J.,Kovats R.S.,Chalabi Z. *Climate change, crop yields, and malnutrition: development of a model to quantify the impact of climate scenarios on child malnutrition*. s.l. : Environmental Health Perspectives, 2011. pp. 1817-1823. Vol. 119(12).
110. Kunzli N. *Ambient ai pollution and atherosclerosis in Los Angeles*. *Environ Health Perspect*. 2005. pp. 1529-1533.
111. Curson P. *Climate and chronic respiratory disease in Sydney – the case of asthma*. 1993. p. 405–420. Vol. 25.
112. Helms P.J. *Climate change and lung health. Policy, actions, research needs*. Scotland, UK : European Respiratory Society University of Aberdeen, 2007. Available at: http://ec.europa.eu/health/ph_information/dissemination/unexpected/docs/ev_20041024_co11_en.pdf.
113. Ayres J.G., Forsberg B., Annesi-Maesano I., Dey R., Ebi K.L., Helms P.J. et al. *Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement*. s.l. : Eur Respir J. p. 295–302. Vol. 34.
114. Σιχλιερίδης Λ., Χλωρός Δ. *Ατμοσφαιρική ρύπανση. Πνευμονολογία*. Θεσσαλονίκη : University Studio Press, 2009. σ. 345–349.
115. Canadian Lung Association. *Pollution and air quality*. 2010. Available at: <http://www.lung.ca/protect-protegez/pollution-pollution>.
116. National Institute Of Environmental Health Sciences. *Air pollution and respiratory disease*. s.l. : NIEHS, 2007. Available at: <http://www.niehs.nih.gov/health/impacts/respiratory.cfm>.
117. Green Facts. *Scientific facts on air pollution ozone. How does nitrogen dioxide (NO2) affect human health?* 2009. Available at: <http://greenfacts.org/en/ozone-o3/index.htm>.
118. Medindia. *Health effects of global warming*. Available at: <http://www.medindia.net/Patients/lifestyleandwellness/health-effects-of-global-warming.htm>.
119. Your Lung Health. *Healthy living: The effects of ozone pollution*. s.l. : YourLungHealth.org, 2006. Available at: http://www.yourlunghealth.org/healthy_living/pollution/outdoor/effects/.
120. Jerrett M., Burnett R.T., Pope C.A. 3rd, Ito K., Thurston G., Krewski D. et al. *Long-term ozone exposure and mortality*. s.l. : N Engl J Med, 2009. p. 1085–1095. Vol. 360.
121. Frumkin H., Hess J., Luber G., Malilay J., Mcgeehin M. *Climate change: The public health response*. s.l. : Am J Public Health, 2008. p. 435–445. Vol. 98.
122. Smith K.R., Jerrett M.,Anderson H.R.,Burnett R.T.,Stone V.,Derwent R.,Atkinson R.W.,Cohen A.,Shonkoff S.B.,Krewski D.,Pope III C.A., Thun M.J.,Thurston G. *Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: health implications of short-lived greenhouse pollutants*. s.l. : Lancet, 2009. pp. 2091-2103. Vol. 374(9707).
123. Dear K.,Ranmuthugala G. ,Kjellstrom T.,Skinner C.,Hanigan I. *Effects of temperature and ozone on daily mortality during the August 2003 heat wave in France*. s.l. : Archives of Environmental & Occupational Health, 2005. pp. 205-212. Vol. 60(4).

124. **Green Merchant Alliance.** *Global warming.* 2007. Available at: <http://www.greenmerchantalliance.com/page/global-warming-101.html>.
125. **Καρακατσάνη Α.** *Επικίνδυνα συστατικά των αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων.* Θεσσαλονίκη : 18ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νοσημάτων Θώρακος, 2009. σ. 71–74. Τόμ. Εισηγήσεων.
126. **Tzanakis N., Kallergis K., Bouros DE., Samiou MF., Siafakas NM.** *Short-term effects of wood smoke exposure on the respiratory system among charcoal production workers.* s.l. : Chest, 2001. p. 1260–1265. Vol. 119.
127. **Paraponiari M.** *EU: Measures to reduce air pollution: The voice of America.* Luxembourg : s.n., 2006. Available at: <http://www.hri.org/news/usa/voa/2006/06-10-24.voa.html>.
128. **US Environmental Protection Agency.** *Health and environment.* s.l. : EPA, 2009. Available at: <http://www.epa.gov/oar/particlepollution>.
129. **European Respiratory Society.** *Climate change and respiratory disease. What the European Respiratory Society, ERS, says needs to happen in an era of climate change.* Brussels : European Respiratory Society, 2009. Available at: http://www.2010yearofthelung.org/uploads/Document/cc/WEB_CHEMIN_5543_1260432341.pdf.
130. **Burkett VR., Ritschard R., McNulty S., O'Brien J.J., Abt R., Jones J. et al.** *Potential consequences of climate variability and change for the Southeastern United States. In: Climate change impacts in the United States: Potential consequences of climate variability and change.* Cambridge : Cambridge University Press, 2001. p. 137–164.
131. **Linneberg A., Nielsen N.H., Madsen F., Frolund L., Dirksen A., Jor-Gensent.** *Increasing prevalence of allergic rhinitis symptoms in an adult Danish population.* s.l. : Allergy, 1999. p. 1194–1198. Vol. 54.
132. **Global Warming Issues.** *Climate change impacts on human health.* Available at: <http://globalwarming.house.gov/issues/globalwarming>.
133. **Damato G., Liccardi G., Damato M., Cazzola M.** *Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma.* s.l. : Eur Respir J, 2002. p. 763–776. Vol. 20.
134. **Bietoly et al.** *Climate change and allergic disease.* s.l. : Curr Allergy Asthma Rep., 2012. Διαθέσιμο στις 25-10-2012 στην ιστοσελίδα <http://www.springer.com>.
135. **Wu P.C., Lay G.J., Guo H.R., Lin C.Y., Lung S.C., Su H.J.** *Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan.* s.l. : Science of the Total Environment, 2009. pp. 2224–2233. Vol. 407(7).
136. **Brilliant L.** *The age of pandemics.* s.l. : Wall Street J, 2009. p. 1–3.
137. **Margai FM.** *Is climate change making us sick?* 2010. Available at: <http://discover.binghamton.edu/faculty-spotlights/is-climate-change-making-us-sick-2507.html>.
138. **Climate Ark, Climate Change and Global Warming Portal.** *Climate change blamed for Legionnaires' disease surge.* 2006. Available at: http://findarticles.com/p/articles/mi_m1309/is_2_44/ai_n27399061/.
139. **Chang WL., Yeung KH., Leung YK.** *Climate, severe acute respiratory syndrome (SARS) and avian flu.* s.l. : WMO Bulletin, 2005. p. 1–10. Vol. 54.

140. Confalonieri U., Menne B., Akhtar R., Ebi KL., Hauengue M., Kovats RS. et al.. *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge : Cambridge University Press, 2007. p. 391–431.
141. Merck Manual. *Malaria: Parasitic infections*. Available at: <http://www.merck.com/mmhe/sec17/ch196/ch196k.html>.
142. World Health Organization. *Impact of Dengue*. Geneva : WHO, 2013. www.who.int/csr/disease/dengue/impact/en/.
143. Tokarevich N.K., Tronin A.A., Blinova O.V., Buzinov R.V., Boltenkov V.P., Yurasova E.D., Nurse J. *The impact of climate change on the expansion of Ixodes persulcatus habitat and the incidence of tick-borne encephalitis in the north of European Russia*. s.l. : Global Health Action, 2011. doi:10.3402/gha.v4i0. 8448.
144. Fang L.Q., Wang X.J., Liang S., Li Y.L., Song S.X., Zhang W.Y., Qian Q., Li Y.P., Wei L., Wang Z.Q., Yang H., Cao W.C. *Spatiotemporal trends and climatic factors of hemorrhagic fever with renal syndrome epidemic in Shandong Province, China*. s.l. : PLoS Neglected Tropical Diseases, 2010. doi:10.1371/journal.pntd.0000789.
145. WHO. *Malaria*. 2009. Accessed on Jan 2009 from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/en/index.html>.
146. Berry H.L., Bowen K., Kjellstrom T. *Climate change and mental health: a causal pathways framework*. s.l. : International Journal of Public Health, 2010. pp. 123-132. Vol. 55(2).
147. Hanigan I.C., Butler C.D., Kokic P.N., Hutchinson M.F. *Suicide and drought in New South Wales, Australia, 1970-2007*. s.l. : Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012. pp. 13950-13955. Vol. 109(35).
148. Albrecht G., Sartore G.M., Connor L., Higginbotham N., Freeman S., Kelly B., Stain H., Tonna A., Pollard G. *Solastalgia: the distress caused by environmental change*. s.l. : Australasian Psychiatry, 2007. pp. S95-S98. Vol. 15 (Suppl. 1).
149. WHO. *How is climate change affecting our health?, A manual for teachers*. s.l. : WHO, 2008.
150. Sahu S., Sett M., Kjellstrom T. *Heat exposure, cardiovascular stress and work productivity in rice harvesters in India: implications for a climate change future*. s.l. : Industrial Health, 2013. pp. 424-431. Vol. 51(4).
151. Luginbuhl R., Jackson L., Castillo D., Loring K. *Heat-related deaths among crop workers – United States, 1992 - 2006*. s.l. : JAMA: The Journal of the American Medical Association, 2008. pp. 1017-1018. Vol. 300(9), doi:10.1001/jama.300.9.1017.
152. Dunne J., Stouffer R., John J. *Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming*. s.l. : Nature Climate Change, 2013. pp. 563-566. Vol. 3(3), doi:10.1038/nclimate1827.
153. Graeme H. *Migration, development and environment*. s.l. : International Organisation for Migration, 2008. Vol. IOM Migration Research Series No. 35.
154. Πασχαλίδου Α. Κ. *Κλιματικές αλλαγές και Δημόσια υγεία: Εκτίμηση των επιπτώσεων και ανάπτυξη καινοτόμων στρατηγικών προστασίας και περιορισμού των αρνητικών συνεπειών*. Ορεστιάδα : Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2015. σσ. 133-142. Τόμ. 7, Κλιματική Αλλαγή: Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις.

155. **Acketoft T.** *Report: Environmentally induced migration and displacement: a 21st century challenge*. Strasbourg : Council of Europe. Parliamentary Assembly, 2008. Vol. Doc.11785. 156. **Stern N.** *The Economics of Climate Change. The Stern Review*. London : HM Treasury, 2006.
157. **Μανωλάς Ε.Ι.** *Κλιματική αλλαγή: Προκλήσεις για τον 21ο αιώνα*. Ορεστιάδα : Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2015. σσ. 161-168. Τόμ. 7, Κλιματική Αλλαγή: Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις.
158. **Κοτρίκλα Α.Μ.** *Περιβαλλοντική Πολιτική*. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015. σσ. 13-40. Διαθέσιμο στο:
<http://hdl.handle.net/11419/5476>.
159. **Ευρωπαϊκή Επιτροπή.** *Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η ΕΕ στην πρωτοπορία*. Ευρωπαϊκές Κοινότητες, 2008. Λουξεμβούργο : Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2008.
160. **Γραμματικάκης Γ.** *Η Κόμη της Βερενίκης. Νέα Αναθεωρημένη έκδοση*. Ηράκλειο : Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2014.
161. **Abrams L.** *IPCC report: The top 10 ways to avert a climate catastrophe*. s.l. : IPCC, 2014. Ανακτήθηκε στις 17 Οκτωβρίου 2015 από:
http://www.salon.com/2014/04/14/ipcc_report_the_top_10_ways_to_avert_a_climate_catastrophe/.
162. **Dowdey S.** *How Carbon Tax Works*. s.l. : HowStuffWorks.com, 2007. Ανακτήθηκε στις 9 Νοεμβρίου 2015 από:
<http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/carbon-tax1.htm>.
163. **Maslin.** *Carbon Dioxide Capture and Sequestration*. s.l. : Environmental Protection Agency, 2015. Διαθέσιμο:
<http://www3.epa.gov/climatechange/ccs/>.
164. **National Geographic.** *Climate Change*. s.l. : National Geographic, 2015. Διαθέσιμο:
<http://education.nationalgeographic.com/encyclopedia/climate-change/>.
165. **Ευρωπαϊκή Επιτροπή.** *Πράσινη Βίβλος. Πλαίσιο για τις πολιτικές που αφορούν το κλίμα και την ενέργεια με χρονικό ορίζοντα το 2030*. Βρυξέλλες : Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013.
166. **Mastrandrea M.D.,Schneider S.H.** *Preparing for Climate Change*. Boston : The MIT Press, 2010.
167. **Henson R.** *The Rough Guide to Climate Change*. 3rd . London : Rough Guides, 2011.
168. **Boyd E., Tompkins E. L.** *Climate Change: A Beginner's Guide*. Oxford : Oneworld Publications, 2009.

ΜΕΡΟΣ Β

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΤΑ ΕΜΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΩΣ ΘΕΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη, ως συνέπεια του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου, είναι ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Αποτελεί ένα πολύπλοκο φαινόμενο, με σύνθετες φυσικοχημικές διεργασίες και βιολογικές επιπτώσεις. Η διαθεματική του προσέγγιση είναι δύσκολη για τους μαθητές, όπως άλλωστε καταδεικνύουν οι παρερμηνείες και οι παρανοήσεις τους για το φαινόμενο. Υπάρχουν διαδεδομένες αντιλήψεις στους μαθητές, οι οποίες δεν συμβαδίζουν με επιστημονικές εξηγήσεις. Έρευνες έχουν δείξει ότι πολλοί μαθητές δεν αντιλαμβάνονται τα φάσματα της ηλιακής ακτινοβολίας και την επίδρασή τους πάνω στη Γη. Έχουν ελλιπείς γνώσεις για την σύσταση της γήινης ατμόσφαιρας, τη διάχυση των θερμοκηπικών αερίων και τι εννοούμε ενεργειακό ισοζύγιο Γης - ατμόσφαιρας. Δείχνουν δυσκολία να διακρίνουν τον τρόπο με τον οποίο εγκλωβίζεται η υπέρυθη ακτινοβολία και συγχέουν διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα μεταξύ τους (το φαινόμενο του θερμοκηπίου με τη τρύπα του όζοντος ή την όξινη βροχή). Είναι σημαντικό να μπορούν να γνωρίσουν τους φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες του φαινομένου, τις επιπτώσεις του στα οικοσυστήματα και στον άνθρωπο. Η διδακτική προσέγγιση πρέπει να προωθεί επιπλέον, την ενθάρρυνση των μαθητών σε επιλογές φιλικές προς το περιβάλλον, την ευαισθητοποίησή τους για διορθωτικές παρεμβάσεις και τη θετική τους στάση απέναντι στα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Ας θυμηθούμε κάποιες βασικές έννοιες

- **Περιβάλλον** ορίζουμε το σύνολο των εξωτερικών συνθηκών, φυσικών και βιολογικών, στο οποίο ζει ένας ζωντανός οργανισμός. Περιλαμβάνει φυσικά χαρακτηριστικά, όπως το έδαφος, το κλίμα και τις πηγές τροφής, ενώ για τον άνθρωπο μπορεί να έχει κοινωνικές, πολιτιστικές, οικονομικές και πολιτικές διαστάσεις. Από το περιβάλλον ο άνθρωπος λαμβάνει πολλά οφέλη, όπως νερό, τροφή, οξυγόνο και ενέργεια. Άρα οφείλει να το προστατεύει, διαφορετικά τίθεται σε κίνδυνο η υγεία του ή ακόμη και η επιβίωσή του.
- Το **οικοσύστημα** περιλαμβάνει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς που ζουν σε μια συγκεκριμένη περιοχή, τους αβιοτικούς παράγοντες της περιοχής και το σύνολο των αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Η ροή ενέργειας στο οικοσύστημα προσδίδει ένα καθορισμένο τροφικό πλέγμα, χαρακτηριστικά βιοποικιλότητας και ανταλλαγή υλικών μεταξύ της βιοκοινότητας και του φυσικού περιβάλλοντος.
- **Βιοκοινότητα** είναι οι οργανισμοί, όλων των ειδών, που ζουν σε ένα οικοσύστημα. Ζουν, συνυπάρχουν και αλληλοεπηρεάζονται λειτουργικά σε ένα οικοσύστημα μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- **Ενδιαιτήμα** είναι ο οικότοπος ενός οργανισμού. Αποτελεί την γεω-τοπογραφική περιοχή όπου ζει ένα είδος ή ένας πληθυσμός.
- Η **βιοποικιλότητα** συνήθως αναφέρεται στη ποικιλία όλων των μορφών ζωής σε μια περιοχή. Αφορά στον αριθμό των ειδών φυτών, ζώων και μικροοργανισμών, τη ποικιλία των γονιδίων τους, τη ποικιλία των οικοσυστημάτων, των βιοκοινοτήτων, δηλαδή των χώρων όπου αυτοί οι οργανισμοί ζουν και αναπτύσσονται. Ο ρόλος της βιοποικιλότητας είναι σημαντικός και συνδέεται με την ισορροπία, τη σταθερότητα και τη λειτουργία των μηχανισμών ενός οικοσυστήματος.
- Με τον όρο **κλίμα** αναφερόμαστε στις μέσες καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μία ορισμένη περιοχή, για μεγάλη χρονική περίοδο. Το κλίμα μπορεί να μεταβληθεί λόγω φυσικών συνθηκών, αλλά τις τελευταίες δεκαετίες εμφανίζονται φαινόμενα και διαταραχές πέραν των φυσιολογικών ορίων. Αυτές συμβαίνουν λόγω των ανθρώπινων βιομηχανικών και γεωργικών δραστηριοτήτων, που βασίζονται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και συστημάτων που απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας.

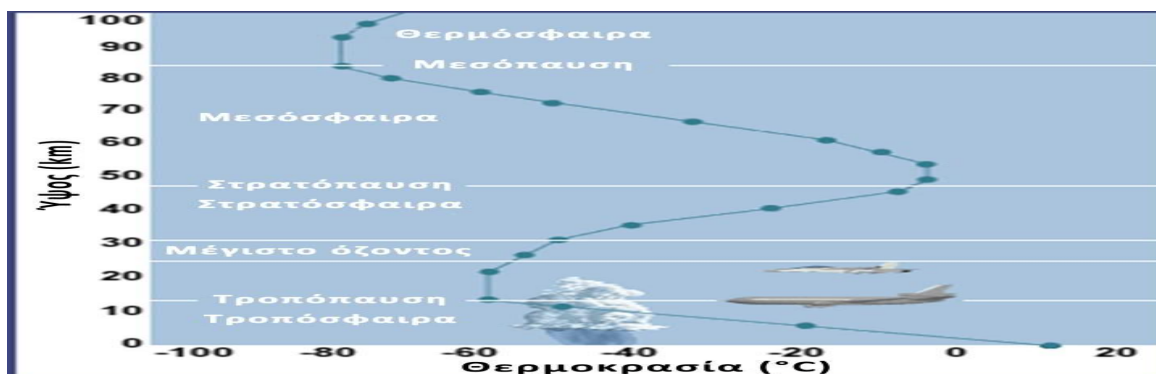
Ποια η σύσταση της ατμόσφαιρας της Γης;

Η ατμόσφαιρα περιβάλλει τη Γη με μία εκτεταμένη ζώνη αερίων, η οποία είναι καθοριστική για την οπτική και ακουστική επαφή μας, ενώ επίσης μας προστατεύει από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και από ανεπιθύμητες συγκρούσεις με διαστημική ύλη (πχ. μετεωρίτες, αστεροειδή σώματα). Με τη πάροδο του χρόνου, η συγκέντρωση των αερίων έχει μεταβληθεί και η ατμόσφαιρα αλληλεπιδρά με την ηλιακή ακτινοβολία, επηρεάζοντας το κλίμα και τη ζωή των έμβιων όντων στον πλανήτη μας.

Πίνακας 1. Η εκατοστιαία αναλογία των κυριότερων αερίων στην ατμόσφαιρα της Γης.

ΑΕΡΙΟ	ΕΚΑΤΟΣΤΙΑΙΑ ΑΝΑΛΟΓΙΑ (%)
Άζωτο (N ₂)	78.084
Οξυγόνο (O ₂)	20.946
Αργό (Ar)	0.934
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	0.033
Ήλιο (He)	< 0.003
Νέο (Ne)	
Ξένο (Xe)	
Κρυπτό (Kr)	
Υδρογόνο (H ₂)	
Μεθάνιο (CH ₄)	
Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O)	

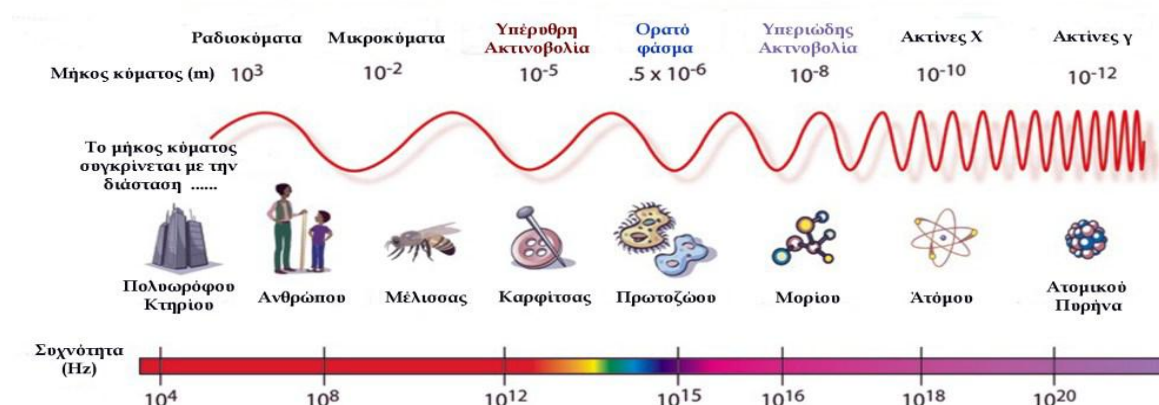
Η ατμόσφαιρα χωρίζεται σε στρώματα κυρίως με βάση την θερμοκρασία, η οποία μειώνεται περίπου κατά 6,5° C ανά Km σε σχέση με το ύψος. Η θερμοκρασία εξαρτάται από την απώλεια ακτινοβολίας εντός της ατμόσφαιρας εξαιτίας των ατμοσφαιρικών αερίων και σωματιδίων, τα οποία προκαλούν ανάκλαση, διάχυση και απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. (Εικόνα 1)



Εικόνα 1. Παράσταση της στρωμάτωσης της ατμόσφαιρας και εξάρτηση της θερμοκρασίας από το ύψος.

Πως αλληλεπιδρά η ατμόσφαιρα με την ηλιακή ακτινοβολία:

Όλη σχεδόν η ενέργεια που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από τον Ήλιο, η οποία εκπέμπεται και διαδίδεται στο διάστημα με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η Γη και η ατμόσφαιρά της απορροφούν διαρκώς ηλιακή ακτινοβολία, ενώ εκπέμπουν μέρος της ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με όλα τα δυνατά μήκη κύματος, όπως εμφανίζονται στην παρακάτω εικόνα. (Εικόνα 2)



Εικόνα 2. Σχηματική απεικόνιση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

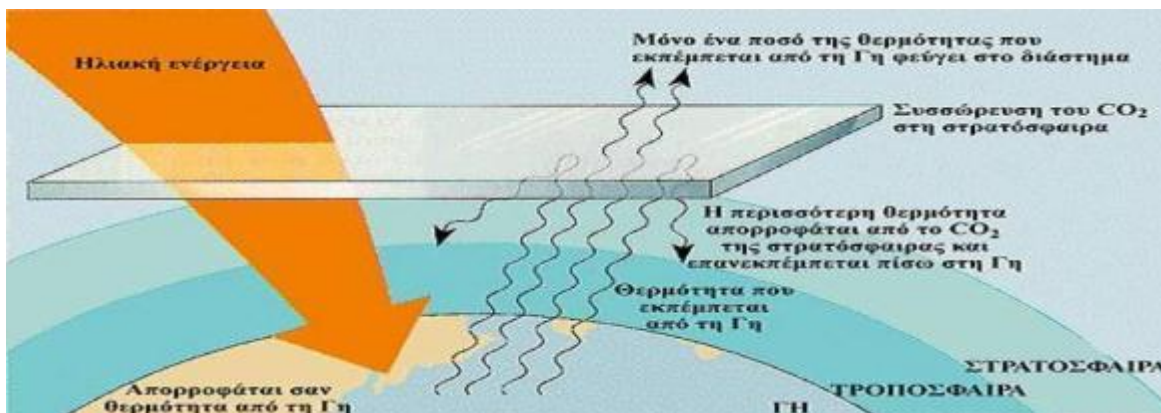
Τα μόρια των αερίων της ατμόσφαιρας απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα. Το 17% της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα εξασθενεί, λόγω απορρόφησης στην ανώτερη ατμόσφαιρα κυρίως από το όζον. Η ηλιακή ακτινοβολία εξασθενεί επίσης λόγω των φαινομένων ανάκλασης και διάχυσης.

Η *ανάκλαση* (*reflection*) είναι το φαινόμενο όπου ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας επιστρέφει πίσω στο διάστημα, μετά από σύγκρουση με σωματίδια διαμέτρου μεγαλύτερης από $0,7 \mu\text{m}$.

Η *διάχυση* (*σκέδαση*) (*scattering / diffusion*) είναι το φαινόμενο που μετά την πρόσπτωση της ακτινοβολίας σε ένα σώμα, αυτή ύστερα κατευθύνεται προς όλες τις διευθύνσεις, είτε ομοιόμορφα είτε ανομοιόμορφα.

Το σύστημα Γη – ατμόσφαιρας απορροφά περίπου το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία του συστήματος σε βάθος χρόνου δεν παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές. Έτσι, συμπεραίνουμε ότι το φυσιολογικό είναι, η ενέργεια που απορροφάται από το σύστημα Γη – ατμόσφαιρας να επιστρέφει πίσω στο διάστημα ανεπηρέαστη.

Φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και η σημασία του για τη ζωή

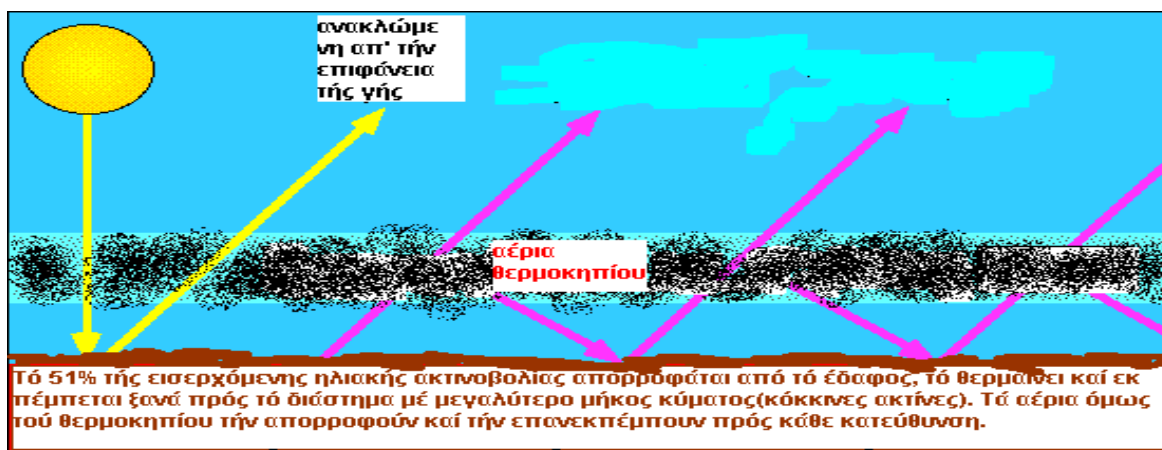


Εικόνα 3. Απεικόνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο απαραίτητο για την εμφάνιση, διατήρηση και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη μας (Εικόνα 3). Οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο τα οξείδια του αζώτου και οι χλωροφθοράνθρακες είναι σχετικά διαφανή στο ορατό φάσμα (λόγω της υψηλής θερμοκρασίας ηλιακής εκπομπής), ενώ απορροφούν στο υπέρυθρο φάσμα (IR) και επιπλέον επανεκπέμπουν προς το έδαφος μέρος της υπέρυθρης (θερμικής) ακτινοβολίας που προέρχεται από την επιφάνεια της Γης. Το 51% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από το έδαφος και αξιοποιείται για τη θέρμανση της επιφάνειας του πλανήτη και της χαμηλότερης ατμόσφαιρας, τη τήξη των πάγων, την εξάτμιση των υδάτων και τη φωτοσύνθεση στα φυτά (Εικόνα 4).

Ένα ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται από την επιφάνεια της Γης και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *λενκαύγεια*. Όμως, το διοξείδιο του άνθρακα, οι υδρατμοί και τα νέφη απορροφούν τις υπέρυθρες ακτίνες, συμβάλλοντας στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *φυσικό φαινόμενο του Θερμοκηπίου*.

Αν δεν υπήρχε το φαινόμενο του Θερμοκηπίου, η ανακλώμενη από τον πλανήτη μας υπέρυθρη ακτινοβολία θα διέφευγε στο διάστημα, με αποτέλεσμα ο πλανήτης μας θα ήταν παγωμένος με θερμοκρασία περίπου -18°C .



Εικόνα 4. Απεικόνιση της επιφάνειας της Γης ως πομπός υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Ο ρόλος της συγκέντρωσης των θερμοκηπικών αερίων και το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Γιατί ενισχύεται το φαινόμενο του Θερμοκηπίου και πον οδηγεί αυτό;

Παράγοντες	Φαινόμενο του θερμοκηπίου
Εμπλεκόμενο ατμοσφαιρικό στρώμα	Η κυρίως τροπόσφαιρα
Εμπλεκόμενα αέρια	Αέρια του θερμοκηπίου: CO ₂ , H ₂ O, CH ₄ , N ₂ O, CFC's, HCFC's, HFC's, PFC's, SF ₆ , και το τροποσφαιρικό O ₃ .
Εμπλεκόμενη ακτινοβολία	IR, απορροφώμενη από την ατμόσφαιρα και μερικώς ξαναεκπεμπόμενη προς τη Γη.
Φύση του προβλήματος	Η αύξηση στην ατμόσφαιρα της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου συμβάλλει στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας.
Κύριες αιτίες	Υπερβολική εκπομπή CO ₂ λόγω της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και της αποψίλωσης, αυξημένες εκπομπές CH ₄ από αγροτικές και ζωοτεχνολογικές πρακτικές.
Πιθανές συνέπειες	Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας με κλιματικές αλλαγές και μεταβολή της παραγωγής των καλλιεργειών. Μερική τήξη των πάγων στους πόλους με επακόλουθο την αύξηση της στάθμης των θαλασσών και των ωκεανών.
Πιθανές λύσεις	Μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, διακοπή της αποψίλωσης.

Η μεταβολή της σύνθεσης της ατμόσφαιρας λόγω της ανθρωπογενούς επίδρασης και της υπερεκμετάλλευσης των φυσικών πόρων, οδηγεί στην αυξημένη εκπομπή αερίων και στην συγκέντρωση πολύ μεγαλύτερου ποσού υπέρυθρης ακτινοβολίας (άρα και θερμότητας) στην ατμόσφαιρα. Αυτό δεν της επιτρέπει να ψύχεται, με συνέπεια την υπερθέρμανση του πλανήτη που επάγει και τη κλιματική αλλαγή λόγω της διαταραχής του παγκόσμιου οικοσυστήματος.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα, λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, οδηγεί στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην εμφάνιση τεράστιων προβλημάτων στο κλίμα, στη βιοποικιλότητα και στην υγεία του ανθρώπου.

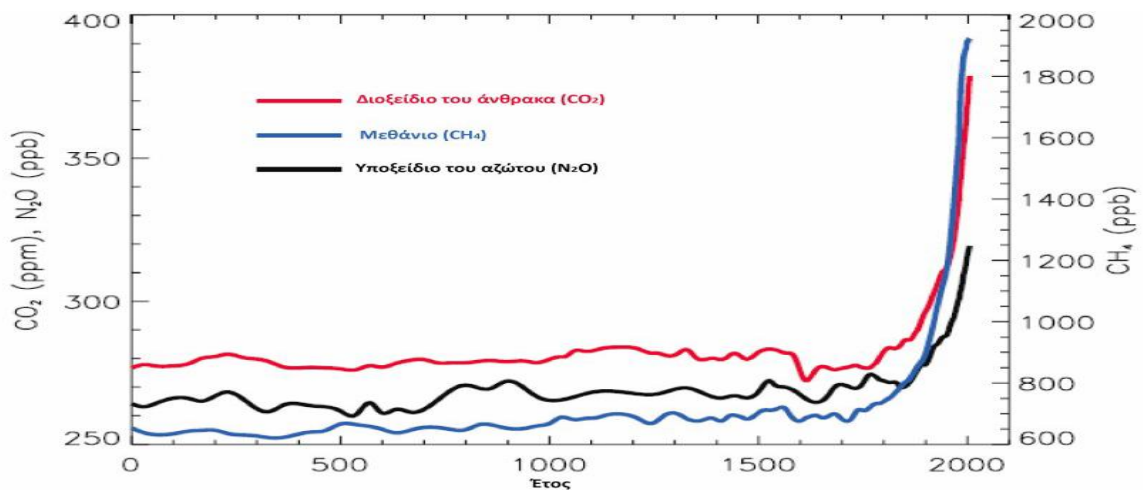
Στα σημερινά μοντέλα, θεωρείται ότι ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης του CO₂ δύναται να αυξήσει την ατμοσφαιρική θερμοκρασία κατά 1°C, ενώ υπάρχουν και άλλες θερμοκηπικές ουσίες, όπως τα νέφη, που ενισχύουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης.

Ποια είναι τα κυριότερα θερμοκηπικά αέρια και ποιες οι επιπτώσεις τους;

Το άζωτο και το οξυγόνο που βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στην ατμόσφαιρα δεν απορροφούν ή εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία, ενώ οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα και κάποια άλλα αέρια μικρότερης συγκέντρωσης την απορροφούν και για αυτό αποκαλούνται *αέρια του θερμοκηπίου*.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), οι υδρατμοί (H₂O) και τα υποξείδια του αζώτου είναι τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου. Τα άτομα των μορίων τους συνδέονται με χαλαρούς δεσμούς, απορροφούν υπέρυθρη ακτινοβολία, ταλαντώνονται και την επανεκπέμπουν διατηρώντας θερμή τη γήινη ατμόσφαιρα.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που αυξάνουν τις συγκεντρώσεις των παραπάνω αερίων στην ατμόσφαιρα, αφορούν βασικά τον ενεργειακό τομέα, τις μεταφορές, την παραγωγή και χρήση χημικών ουσιών, την αποψίλωση δασικών εκτάσεων και τις γεωργικές δραστηριότητες. Η αύξηση των συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων διαταράσσει το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη, οδηγώντας στην υπερθέρμανση και στη κλιματική αλλαγή (Εικόνα 5).

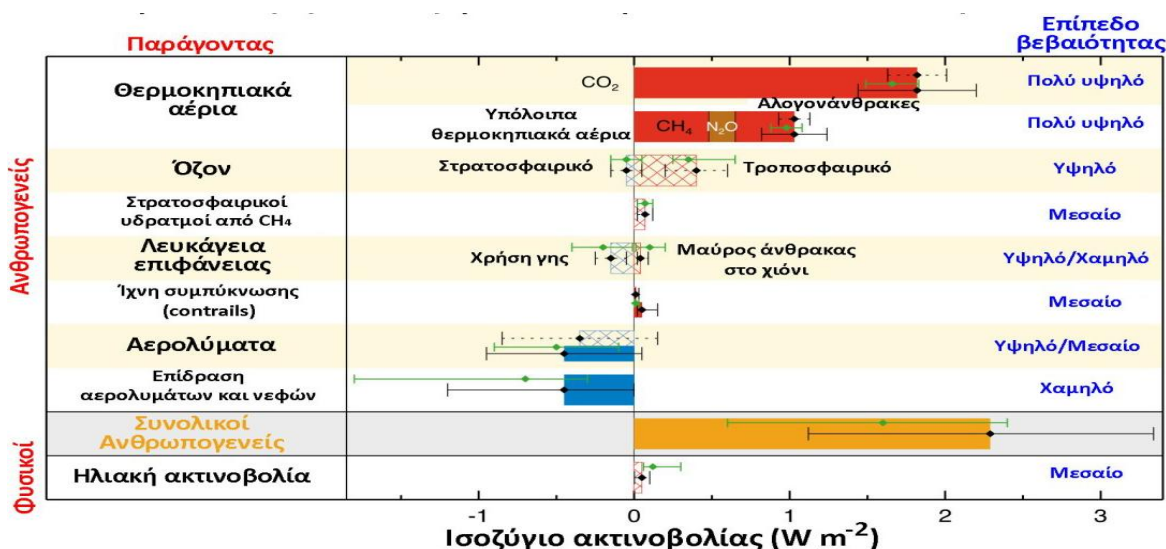


Εικόνα 5. Συγκεντρώσεις των σημαντικότερων αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2000 ετών

Α) Η τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας από τα θερμοκηπικά αέρια

Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι ψυχρά (από -30°C έως -50°C), απορροφούν ένα ποσοστό της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από την επιφάνεια και επανεκπέμπουν μικρότερα ποσά ενέργειας προς το διάστημα. Έτσι, θερμαίνουν το στρώμα μεταξύ της επιφάνειας της Γης και της μέσης τροπόσφαιρας. Επίσης, τα νέφη λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο. Οι διαδικασίες εκτελούνται έτσι ώστε η επιφανειακή θερμοκρασία και η ατμόσφαιρα να βρίσκονται σε ενεργειακή ισορροπία.

Στην εποχή μας, το CO_2 πρωταγωνιστεί στη τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας, οι συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου συνεχίζουν να αυξάνουν, ενώ το όζον και οι υδρατμοί της στρατόσφαιρας συνεισφέρουν στη τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Το ισοζύγιο ακτινοβολίας ανά παράγοντα από το 1750 έως το 2011.

Τα ανθρωπογενή αερολύματα συμβάλλουν στο παραπάνω φαινόμενο καθώς αλληλεπιδρούν με την ηλιακή ακτινοβολία και τα νέφη. Η συγκέντρωση των υδρατμών εξαρτάται από την εξάτμιση της επιφάνειας των ωκεανών και όχι άμεσα από τον άνθρωπο. Αντίθετα, η συγκέντρωση των υπόλοιπων αερίων αυξάνουν σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της βιομηχανικής επανάστασης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αυτές έχουν οδηγήσει σε μεταβολές της σύστασης της ατμόσφαιρας, των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της Γης και της ηλιακής δραστηριότητας. Η τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας αποτελεί δείκτη της μεταβολής της ενέργειας του συστήματος Γης και ατμόσφαιρας λόγω των παραπάνω διαταραχών.

Β) Σχέση του φαινομένου του θερμοκηπίου με την λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος

Το στρώμα του όζοντος της στρατόσφαιρας βρίσκεται κατά 90% σε ύψος 20 – 35 Km από την επιφάνεια της Γης και έχει ευεγερτικό ρόλο για τον πλανήτη, καθώς ανακόπτει σημαντική ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Το όζον (O₃) σχηματίζεται φωτοχημικά από το διατομικό οξυγόνο με απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας.

Το όζον της τροπόσφαιρας σε ύψος 0-10 Km από την επιφάνεια της Γης είναι ρυπαντής και προκαλεί βλάβες στον πλανήτη και στα έμβια όντα, π.χ. γενετικές διαταραχές.

Τα δύο παραπάνω στρώματα όζοντος δεν επικοινωνούν μεταξύ τους, οπότε η λέπτυνση της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες που οδηγούν στη ρύπανση της ατμόσφαιρας και στο φαινόμενο της φωτοχημικής ρύπανσης.

Η φυσική διαδικασία παραγωγής όζοντος διαταράσσεται με τη παρουσία αλογόνων χλωρίου (Cl) και βρωμίου (Br), καθώς αυτά διασπούν τα μόρια του όζοντος και καταστρέφουν τη στιβάδα του.

Σημαντική είναι η σύνδεση της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος με το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η μείωση των συγκεντρώσεων του όζοντος ψύχει τη στρατόσφαιρα, αφού το όζον έχει την ικανότητα να απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία και να τη θερμαίνει. Τα θερμοκηπικά αέρια ενισχύονται με την απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας κοντά στο έδαφος, θερμαίνουν τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και συμβάλλουν στη ψύξη της στρατόσφαιρας.

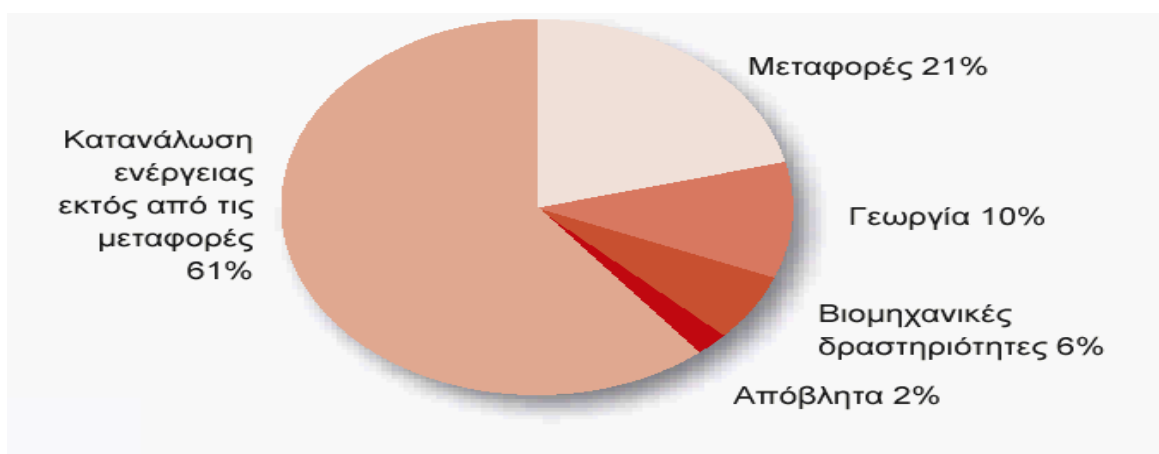
Έτσι, ευνοείται ο σχηματισμός πολικών στρατοσφαιρικών νεφών που ευθύνονται και αυτά για τη καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Φυσικές και ανθρωπογενείς διεργασίες ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου

➤ Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων: καύση ορυκτών καυσίμων, αποψίλωση και αλλαγή χρήσης εκτάσεων για γεωργικούς σκοπούς, που οδηγούν σε μείωση της φωτοσύνθεσης (**Εικόνα 7**).

Η αύξηση αυτή ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα περισσότερα κλιματικά μοντέλα εκτιμούν ότι η θερμοκρασία του πλανήτη θα αυξηθεί 1-4° C έως το 2050.



Εικόνα 7. Εκπομπές θερμοκηπικών αερίων ανά κλάδο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (2003).

Στις μέρες μας εκτιμάται ότι η παραγωγή του CO₂ στην ατμόσφαιρα φτάνει στους 11 δισεκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων οι περίπου 7 δισεκατομμύρια τόνοι οφείλονται στον άνθρωπο.

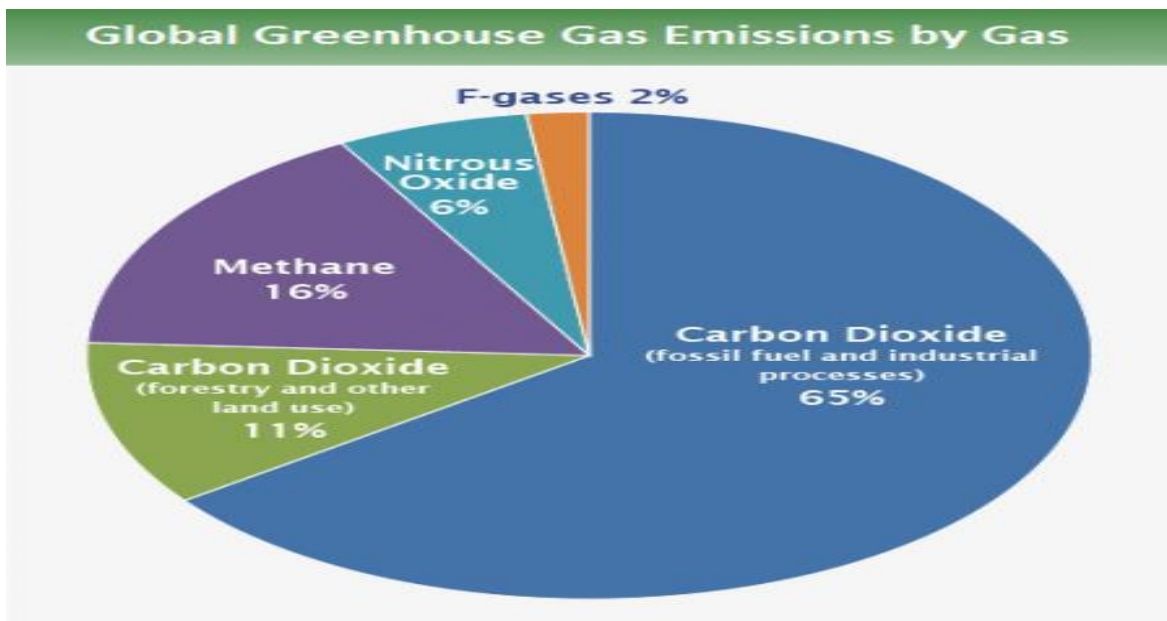
Επιπλέον, το CO₂ απελευθερώνεται με φυσικές διεργασίες, όπως με την εκπονή, την αποσύνθεση της οργανικής ύλης, με τις φυσικές ηφαιστειακές εκπομπές και από τα ανθρακικά άλατα των βράχων.

➤ Μεθάνιο (CH₄)

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) έχει αποφανθεί ότι στο μεθάνιο οφείλεται σε ποσοστό 16% το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Εικόνα 8).

Οι φυσικές διεργασίες πραγματοποιούνται στο υπέδαφος, στα έλη, στους υδροτόπους, με την αποσύνθεση της φυτικής βιομάζας, από τα ωκεάνια ιζήματα, τους βάλτους, από τα μόνιμα στρώματα πάγου και από τις σχισμές των βράχων.

Επιπλέον, ο άνθρωπος τεχνητά αυξάνει την παραγωγή του με δραστηριότητες, όπως η γεωργία, η ζωοτεχνολογία, τα βοσκοτόπια βοοειδών και με την εξόρυξη και διανομή φυσικού αερίου.



Εικόνα 8. Ποσοστιαίες εκπομπές των κύριων θερμοκηπικών αερίων (IPCC, 2014)

➤ Όζον (O₃)

Είναι δευτερογενής ρύπος που παράγεται και καταστρέφεται στην ατμόσφαιρα μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων. Συμβάλλει έμμεσα στο φαινόμενο της υπερθέρμανσης καθώς επηρεάζει τη παρουσία άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Από το 1950 έως πρόσφατα, οι μετρήσεις έδειξαν αύξηση κατά 1% ετησίως του όζοντος στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Το όζον συνδέεται με το μεθάνιο, τους υδροχλωροφθοράνθρακες και με οξειδωτικά χημικά είδη όπως τις ρίζες υδροξυλίου (OH) και τριοξειδίου του αζώτου (NO₃).

Στην στρατόσφαιρα το όζον παράγεται με φυσικό τρόπο και προστατεύει την επιφάνεια της Γης από την υπεριώδη ακτινοβολία.

Στην τροπόσφαιρα το όζον αποτελεί θερμοκηπικό αέριο και ο άνθρωπος έχει συμβάλλει στην αύξηση παραγωγής του, με δραστηριότητες που απελευθερώνουν μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου τα οποία αντιδρούν φωτοχημικά και παράγουν όζον.

Τα οξείδια και υποοξείδια του αζώτου (NO_2 , NO , N_2O)

Η συγκέντρωση των οξειδίων (NO_2 , NO) και υποοξειδίων του αζώτου (N_2O) αυξάνεται κατά 0,25% ετησίως την τελευταία δεκαετία και δρουν ενισχυτικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Απελευθερώνονται με φυσικό τρόπο από το έδαφος και τους ωκεανούς, ενώ το υποοξείδιο του αζώτου απελευθερώνεται με βακτηριακή δράση από το κύκλο του αζώτου.

Το μονοοξείδιο του αζώτου (NO) παράγεται από βακτηριακή διεργασία και στις μηχανές καύσης.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν στην αύξηση εκπομπής των παραπάνω οξειδίων και υποοξειδίων, σχετίζονται με τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, τη καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας, όπως και με την αποψίλωση των δασών.

➤ Υδρατμοί

Οι υδρατμοί είναι από τα σημαντικότερα θερμοκηπικά αέρια, βρίσκονται σε αφθονία στην ατμόσφαιρα και η αύξηση της θερμοκρασίας συμβάλλει στη συγκράτησή τους στην ατμόσφαιρα.

Η εκπομπή μεθανίου λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων επηρεάζει τους υδρατμούς καθώς αυτό διασπάται στη στρατόσφαιρα παράγοντας υδρατμούς.

➤ Αερολύματα (aerosols)

Η σκόνη που προέρχεται από τις ερήμους, το θαλάσσιο άλας, η απελευθέρωση θείου και τέφρας από τις ηφαιστειακές εκρήξεις, αποτελούν φυσικές πηγές εκπομπής αερολυμάτων. Ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής τους, αποτελούν οι καύσεις ορυκτών καυσίμων και βιομάζας (θειούχες και οργανικές ενώσεις), οι εξορύξεις και οι κατασκευές.

Τα ατμοσφαιρικά αερολύματα είναι μικρά σωματίδια θειικού αμμωνίου ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) που προκύπτουν από αντιδράσεις διαφόρων ενώσεων του αζώτου και του διοξειδίου του θείου, λόγω των παραπάνω διεργασιών.

➤ Αέριοι αλογονάνθρακες

Οι αέριοι αλογονάνθρακες έχουν καθαρά ανθρωπογενή προέλευση με κυριότερους τους χλωροφθοράνθρακες CFC's (γνωστοί ως Freons). Από το 1930 εμφανίζονται σε συσκευασίες ψεκασμού, ως προωθητικά αέρια, ως ψυκτικά υγρά στα ψυγεία, στα κλιματιστικά και σε άλλες βιομηχανικές χρήσεις.

Οι αέριοι αλογονάνθρακες συνδέονται με τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος και την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, διότι δεσμεύουν στη Γη μήκη κύματος της υπέρυθρου φάσματος (8-11 μm), τα οποία απορροφούν συμβάλλοντας με αυτό το τρόπο στη παγκόσμια θέρμανση.

Οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στα οικοσυστήματα

1. Η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας και οι επιπτώσεις της

Η παγκόσμια μέση θερμοκρασία αυξάνεται σταδιακά λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, με συνέπεια τη κλιματική αλλαγή. Οι ενδείξεις της υπερθέρμανσης προκύπτουν από τα βάθη των ωκεανών μέχρι και τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Συνδέουν την επιφανειακή, ατμοσφαιρική και ωκεάνια θέρμανση, με τα ακραία καιρικά φαινόμενα, το λιώσιμο των πάγων, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την αύξηση των ατμοσφαιρικών υδρατμών και της υγρασίας (Εικόνες 9, 10).

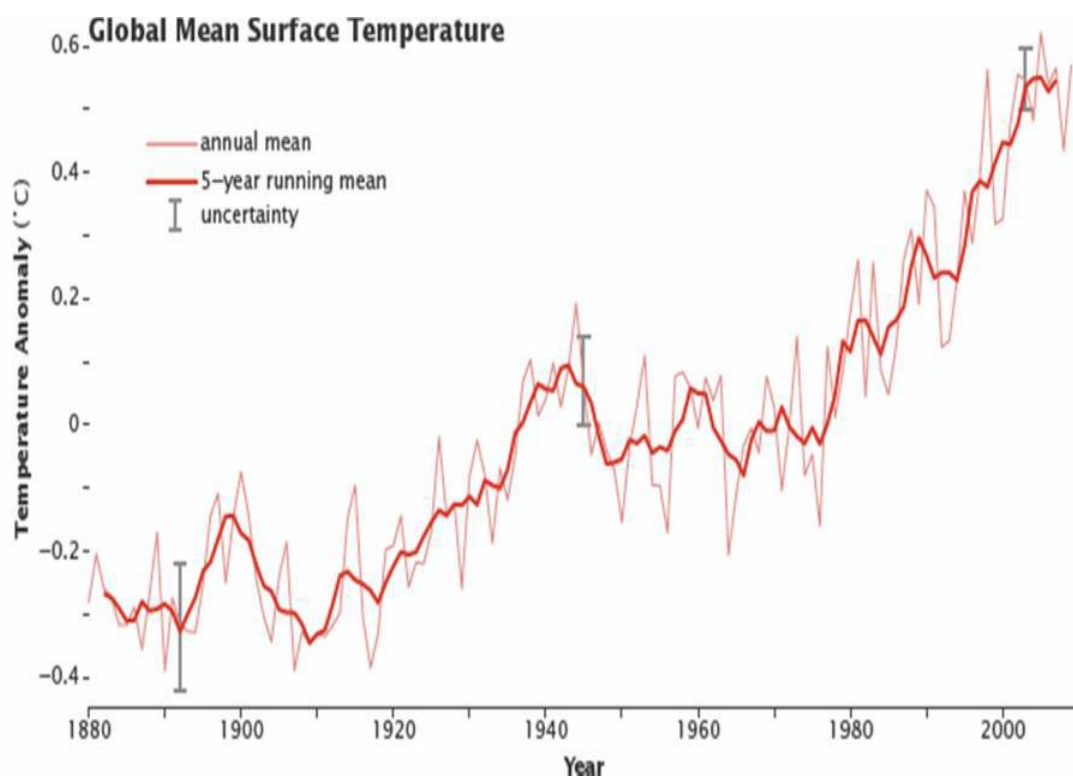


Εικόνα 9. Σύνδεση της ανόδου της θερμοκρασίας με την κλιματική αλλαγή.

Οι επιστημονικές έρευνες σε Αμερική και Ευρώπη, τονίζουν ότι η υπερθέρμανση συνδέεται με τις παρακάτω πιθανότερες συνέπειες:

- ✓ Ακραίες μεταβολές της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.
- ✓ Αύξηση της συχνότητας ακραίων καιρικών φαινομένων.
- ✓ Μείωση των αποθεμάτων πόσιμου νερού.

- ✓ Καύσωνες, ξηρασία, ερημοποίηση.
- ✓ Αύξηση της στάθμης της θάλασσας, υποβάθμιση παράκτιων περιοχών και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.
- ✓ Κλιματικοί πρόσφυγες, μετακίνηση αγαθών.
- ✓ Μείωση της συχνότητας των ασυνήθιστα ψυχρών ημερών και νυκτών και αύξηση των θερμών διαστημάτων (καύσωνες) τους θερινούς μήνες, ιδιαίτερα στις ηπειρωτικές περιοχές.
- ✓ Η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα ενίσχυσε το φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή την υπερθέρμανση του πλανήτη. Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στους ωκεανούς ενισχύεται όταν θερμοκρασία τους είναι πολύ υψηλή.
- ✓ Τα πιο πρόσφατα κλιματικά μοντέλα δείχνουν άνοδο της επιφανειακής θερμοκρασίας της Γης από 1.4 – 5.8° C έως το 2100.
- ✓ Η υπερθέρμανση οδηγεί στην αύξηση της εξάτμισης, δηλαδή σε αύξηση των ατμοσφαιρικών υδρατμών, σε περισσότερη νεφοκάλυψη και αύξηση των κατακρημνίσεων.



Εικόνα 10. Απεικόνιση της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας.

2. Η υπερθέρμανση των ωκεανών και οι συνέπειες

Η επιπλέον θερμική ενέργεια που απορροφά η Γη, σε σχέση με την εκπεμπόμενη, αποθηκεύεται στους ωκεανούς. Προκύπτουν οι παρακάτω επιπτώσεις:

- Τη περίοδο 1971-2010, αποθηκεύτηκε στους ωκεανούς το 93% της θερμότητας από το σύστημα ατμόσφαιρα-έδαφος-θάλασσα-πάγοι.
- Από το 2008 οι ωκεανοί αυξάνουν τη θερμοκρασία τους σταθερά, άλλοτε πιο γρήγορα κι άλλοτε πιο αργά.
- Η μέση θερμοκρασία των υδάτων κοντά στην επιφάνεια έχει αυξηθεί την περίοδο 1971-2012 με μέσο όρο 0.11°C ανά δεκαετία.
- Οι ωκεανοί αποτελούν δεξαμενή δέσμευσης του CO_2 .
- Η ωκεάνια κυκλοφορία κινδυνεύει να αλλάξει όταν συντρέχουν φαινόμενα όπως η αύξηση των βροχοπτώσεων, το λιώσιμο των πάγων, η μεταβολή της αλατότητας και της θερμοκρασίας των υδάτων.
- Αύξηση της θερμοκρασίας $3\text{-}5^{\circ}\text{C}$ είναι ικανή να προκαλέσει μεταβολές στην ωκεάνια κυκλοφορία.

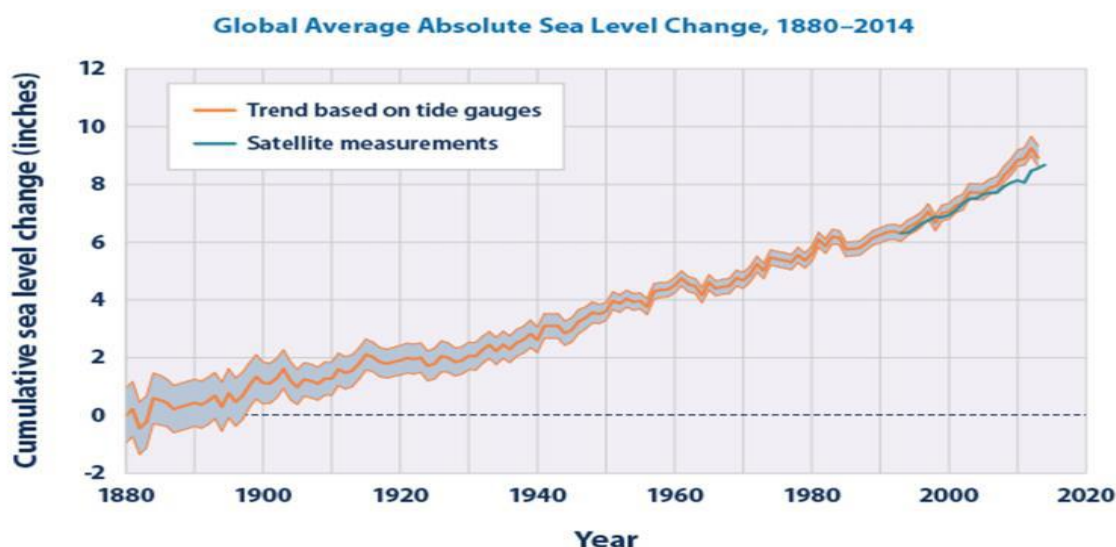
Η υπερθέρμανση των ωκεανών συνδέεται με τις παρακάτω μεταβολές:

Α) Αλλαγές στο ρυθμό μεταβολής της στάθμης της θάλασσας

Τον τελευταίο αιώνα, ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας είναι εξαιρετικά υψηλός, συγκριτικά με τα τελευταία 2000 έτη. Όσον αφορά στον 21ο αιώνα, οι προβλέψεις με σενάριο χαμηλών εκπομπών εκτιμούν άνοδο από 0,26-0,55m έως το 2100, ενώ με σενάριο υψηλών εκπομπών δείχνουν άνοδο από 0,52-0,98m.

Η κλιματική αλλαγή προκαλεί μεταβολή της θερμοκρασίας, μεταβολή του όγκου των παγετώνων και των πάγων, καθώς και αποκλίσεις στα ωκεάνια ρεύματα.

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου συνδέεται με τον παγκόσμιο ρυθμό ανόδου της στάθμης της θάλασσας, ενώ ο ρυθμός του διπλασιάζεται τις δύο τελευταίες δεκαετίες (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Απεικόνιση της διαχρονικής μεταβολής της στάθμης της θάλασσας

Β) Αλλαγές στον κύκλο του νερού

Όταν ο αέρας κοντά στην επιφάνεια θερμαίνεται, συναντά ψυχρό αέρα που βρίσκεται ψηλότερα, ανυψώνεται, δημιουργεί νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης και τελικά προσδίδει έντονες βροχοπτώσεις. Όσο θερμότερος είναι ο αέρας, τόσο αυξάνει η συγκέντρωση των υδρατμών που συγκρατεί και για αυτό οι βροχοπτώσεις είναι εντονότερες στις περιοχές που υπερθερμαίνονται και λιγότερες στους πόλους.

Υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για τις μεταβολές στον κύκλο του νερού λόγω υπερθέρμανσης του πλανήτη, οι οποίες αφορούν αλλαγές στη συγκέντρωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας και αλλαγές στη κατανομή της αλατότητας των ωκεανών.

Γ) Όξυνση των ωκεανών

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η όξυνση των ωκεανών λειτουργούν παράλληλα, καθώς η θέρμανση των ωκεανών μειώνει την διαλυτότητα του CO₂ στα θαλάσσια ύδατα.

Ο διπλασιασμός του CO₂ στην ατμόσφαιρα με άνοδο 2° C της θερμοκρασίας, οδηγεί σε μείωση διάλυσης του CO₂ κατά 10%. Συνέπεια αυτού είναι η μείωση του pH των ωκεανών, που αποτελεί κίνδυνο για τους κοραλλιογενείς υφάλους.

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι είναι σημαντικοί στο τομέα της αλιείας, του τουρισμού, της προστασίας των ακτών και θεωρούνται μια μεγάλη αποθήκη θαλάσσιας βιοποικιλότητας.

Δ) Μεταβολές στους θαλάσσιους πάγους και παγετώνες

Η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας οδηγεί στη μείωση της έκτασης των παγωμένων περιοχών. Αυτό επάγει μείωση της λευκαύγειας, μείωση της ανάκλασης και αύξηση απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η χιονοκάλυψη της επιφάνειας της Γης μειώνει τον ρυθμό απορροής και τη συχνότητα πλημμύρων, ενώ αντίθετα λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, η τήξη των πάγων και οι έντονες καταιγίδες αυξάνουν τον κίνδυνο των πλημμύρων.

Οι μετακινήσεις των παγετώνων σηματοδοτούν τις κλιματικές αλλαγές και την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Πολλοί παγετώνες σε ορεινές περιοχές εξαφανίζονται, ενώ οι πάγοι στη θάλασσα και η τούνδρα τείνουν να λιώσουν.

Όσο ο όγκος του πάγου μειώνεται τόσο γίνεται λεπτότερος με συνέπεια ο πάγος να προκαλεί μικρότερη αντίσταση στους ανέμους, μεταβάλλοντας το πεδίο και την ισχύ τους.

Ε) Μεταβολές στα παράκτια οικοσυστήματα

Στη σύγχρονη εποχή οι παράκτιοι υγρότοποι βιώνουν οικολογική υποβάθμιση που ενισχύεται με την κλιματική αλλαγή και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, καθώς οι ακτές υποχωρούν εσωτερικά και χάνουν σταδιακά την ικανότητα της φυσικής προσαρμογής που είχαν.

Τα δέλτα μεγάλων ποταμών απειλούνται και εκατομμύρια άνθρωποι αναμένεται να μετακινηθούν από εκεί έως το 2050. Τα μικρά νησιά ήδη βιώνουν τις συνέπειες και οι υποδομές σε κτίρια, ενέργεια, μεταφορές, ύδρευσης θίγονται άμεσα.

Πλήττονται σημαντικοί κλάδοι της οικονομίας στις παράκτιες ζώνες, όπως της γεωργίας και του τουρισμού. Οι παράκτιοι υγρότοποι των Μεσογειακών χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης κινδυνεύουν με ολοκληρωτική καταστροφή από το 2080 και μετά.

3. Ακραία καιρικά φαινόμενα και οι επιπτώσεις τους

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου οδηγεί στην εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως ξηρασίες, πλημμύρες, λειψυδρίες, υδατοπόνηση ή μείωση αποθεμάτων νερού, που προκαλούν επιπτώσεις σε πολλούς παραγωγικούς τομείς.

Το κλίμα εμφανίζει μια εσωτερική μεταβλητότητα η οποία επηρεάζεται από την αύξηση των θερμοκηπικών αερίων λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων.

Η συνεχής άνοδος της θερμοκρασίας και η μειωμένη διαθεσιμότητα νερού οδηγούν σε μείωση της παραγωγής των σιτηρών σε πολλές περιοχές της Μεσογείου.

Πολλές σοδειές καταστρέφονται λόγω χαλαζιού, καταιγίδων και έχουμε αρνητικές επιπτώσεις στη συγκομιδή, στη διαχείριση του ζωικού κεφαλαίου και στη γεωγραφική κατανομή της παραγωγής.

Στα εδάφη έχουμε επιπτώσεις στη συχνότητα στράγγισης, στην απομάκρυνση οργανικών υλών, στη διάβρωση και στη γονιμότητα.

Η υποβάθμιση των εδαφών και των υδάτων αποφέρει αρνητικές συνέπειες στη παραγωγικότητα των δασών, στη βιοποικιλότητα, στην αλιεία και στις υδατοκαλλιέργειες.

4. Ξηρασία - Ερημοποίηση

Η πλανητική υπερθέρμανση συμβάλλει στις μειωμένες μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις αλλά αυξημένης έντασης, σε έλλειμμα της υγρασίας και διάβρωση του εδάφους και σε αυξημένες θερμοκρασίες κατά την βλαστική περίοδο.

Έως το 2100 εκτιμάται ότι θα αυξηθεί η ισχύς και η διάρκεια των ξηρασιών κυρίως σε περιοχές, όπως η νοτιοανατολική και κεντρική Ευρώπη, η κεντρική και βόρεια Αμερική, η νοτιοανατολική Βραζιλία και η νότια Αφρική.

Οι επιπτώσεις στον άνθρωπο είναι κοινωνικο-οικονομικές. Επίσης, προκαλούνται αρνητικές παρενέργειες στη σίτιση, ιδίως στις υπανάπτυκτες περιοχές.

Η υποβάθμιση του εδάφους οδηγεί σε σταδιακή μείωση της βιολογικής παραγωγικότητας και τελικά σε ερημοποίηση.

5. Αλλαγές στην επίδραση των νεφών

Τα υψηλά νέφη επηρεάζουν την εκπεμπόμενη υπέρυθη ακτινοβολία από το σύστημα ατμόσφαιρα-επιφάνεια και εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η αύξηση των θερμοκηπικών αερίων οδηγεί στην μείωση των χαμηλών και μεσαίων νεφών και στην περαιτέρω υπερθέρμανση της επιφάνειας.

Οι μεταβολές στο σύστημα ανέμων και στις τροχιές των καταιγίδων επηρεάζουν τη νεφοκάλυψη και τις κατακρημνίσεις.

Η μετατόπιση των νεφών σε περιοχές που απορροφούν λιγότερη ηλιακή ενέργεια μπορεί να ενισχύσει την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Το σύστημα νεφών – επιφάνειας μπορεί να μεταβάλλεται πάνω από τα ωκεάνια ύδατα λόγω τήξης των πάγων, καθώς και πάνω από το έδαφος επειδή μειώνεται η διαπνοή των φυτών.

Οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στη βιοποικιλότητα

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει οδηγήσει στη μείωση της βιοποικιλότητας καθώς ενισχύεται η τάση εξαφάνισης διάφορων φυτικών και ζωικών ειδών. Πολλές περιβαλλοντικές οργανώσεις εκτιμούν ότι έως τα τέλη του 21^{ου} αιώνα, μεγάλο ποσοστό των υπαρχόντων ειδών και οργανισμών θα εξαφανιστεί ή θα μειωθεί.

Ιδιαίτερα οι υγρότοποι (δέλτα ποταμών, ποτάμια, έλη κλπ), διαταράσσονται λόγω της κλιματικής αλλαγής, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η υδρόβια και η χερσαία χλωρίδα. Το κόστος αυτών των διαταραχών επωμίζονται επιπλέον τα μεταναστευτικά πουλιά, διάφορα έντομα, ερπετά, αμφίβια και ψάρια.

Πίνακας 2. Κύριες αιτίες απώλειας της βιοποικιλότητας.

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Η καταστροφή και οι μεταβολές των ενδιαιτημάτων
2	Η εισαγωγή ξενικών ειδών
3	Η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων και των ειδών χλωρίδας και πανίδας
4	Οι μορφές ρύπανσης (ατμοσφαιρική, χερσαία, υδατική)
5	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική διαταραχή
6	Οι διάφορες ασθένειες που ευνοούνται από την μετακίνηση ειδών, το εμπόριο, τις μονοκαλλιέργειες

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- ✓ Οι ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν στην υποβάθμιση των τροπικών δασών και άλλων οικοσυστημάτων, που οδηγούν σε άγονα εδάφη με μικρή παραγωγικότητα και βιομάζα.
- ✓ Στα μεσογειακά οικοσυστήματα επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, ξηρασίες και πυρκαγιές που δρουν ανασταλτικά στην επανάκαμψη τους.
- ✓ Με την αποψίλωση των δασών απορροφάται λιγότερο CO₂, ενώ όταν καίγονται τα δάση απελευθερώνεται το αποθηκευμένο CO₂ στην ατμόσφαιρα, ενισχύοντας το

φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπλέον, καταστρέφεται ο βιότοπος πολλών ζώων του δάσους και επηρεάζεται δυσμενώς η κατανομή βροχοπτώσεων.

✓ Διαταράσσεται ο κύκλος του νερού, η θερμορύθμιση των φυτικών και ζωικών οργανισμών, οι βιογεωχημικοί κύκλοι και η πρωτογενής παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων.

✓ Όλα τα ακραία καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν κύριες παραμέτρους της πρωτογενούς παραγωγικότητας, όπως τη διαθεσιμότητα του νερού και τη θερμοκρασία.

✓ Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και το κλιματικό σύστημα επηρεάζουν το περιβάλλον και τους έμβιους οργανισμούς καθώς ρυθμίζουν την εδαφογένεση, τη διαχείριση των υδάτινων πόρων, τις ζώνες βλάστησης και τη κατανομή των έμβιων όντων πάνω στον πλανήτη.

✓ Πολλά είδη σήμερα κινδυνεύουν λόγω καταστροφής ή συρρίκνωσης των ενδιαιτημάτων τους, ενώ άλλα έμμεσα αφανίζονται λόγω της τροφικής ή άλλης εξάρτησης από αυτά. Η μείωση της βιοποικιλότητας είναι παγκόσμιο φαινόμενο και εκτιμάται ότι έως το 2050, θα αφανιστούν το 30% των θηλαστικών και το 15% των πτηνών της Γης.

✓ Πρόσφατη έκθεση του ΕΟΠ (2010) υπογραμμίζει ότι οι εκπομπές του CO₂ από το έδαφος, τους ωκεανούς και τα δάση αποτελούν σημαντική παράμετρο της κλιματικής αλλαγής, με συνέπειες στην υποβάθμιση ζωτικότητας των οικοσυστημάτων, των αποθεμάτων καθαρού νερού, της γονιμότητας των εδαφών και της ποικιλίας των ειδών.

✓ Σύμφωνα με την περιβαλλοντική οργάνωση WWF-UK, αν η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 2° C, πολλά φυτά και ζώα δεν θα μπορούν να προσαρμοστούν στη κλιματική αλλαγή και θα εξαφανιστούν. Πάνω από 1.000.000 χερσαία είδη απειλούνται με εξαφάνιση μέσα στα επόμενα 50 έτη. Εκτιμάται ότι το 1/3 της χλωρίδας και πανίδας θα αλλοιωθεί έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα, όπως επίσης και το 1/3 των δασικών εκτάσεων με τα είδη που ζουν εκεί.

✓ Όσον αφορά στην Ελλάδα, απειλούνται το 15% των σπονδυλωτών ζώων και πολλά καλλιεργήσιμα φυτά, ιδίως παραδοσιακές ποικιλίες. Το σημαντικότερο πρόβλημα για τα ελληνικά φυτά αποτελεί η μακρά, θερμή και άνυδρη θερινή περίοδος.

✓ Οι μεγαλύτερες μειώσεις στην αφθονία των ειδών προβλέπεται να συμβούν σε περιοχές της νότιας Ευρώπης και σε περιοχές της Ιταλίας, Ελλάδας και Ιβηρικής Χερσονήσου, όπου νησιά των περιοχών αυτών αναμένεται να χάσουν πολύ μεγάλο ποσοστό της τρέχουσας αφθονίας των ειδών τους, λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

Οι επιπτώσεις στη φυσιολογία των φυτών



Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι διαταραχές του κλίματος επηρεάζουν άμεσα τη ποσότητα και τη ποιότητα των καλλιεργειών των φυτών, καθώς καθορίζουν τη θερμοκρασία τους και την απώλεια νερού από το μηχανισμό της διαπνοής.

Οι καταπονήσεις των φυτών οφείλονται κύρια στη ξηρασία, το χαλάζι, τις πλημμύρες, τους ισχυρούς ανέμους και τον παγετό. Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση οδηγεί σε φαινόμενα που διαβρώνουν τα εδάφη, επηρεάζουν τη σπορά, τα έντομα και την υγρασία του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα:

- Η απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας UV και η θέρμανση των υδάτων μπορεί να επιδράσει αρνητικά στη ποικιλία του φυτοπλαγκτόν, ενώ διαταράσσει τον αμυντικό μηχανισμό των κυττάρων που παράγουν χλωροφύλλη και απορροφούν το φως. Άλλη πιθανή αντίδραση του πλαγκτόν είναι να εισχωρεί πιο βαθιά στα νερά, μειώνοντας την απορρόφηση του φωτός που απαιτείται για φωτοσύνθεση, άρα τη τροφή και το οξυγόνο που παράγονται από το φυτοπλαγκτόν.
- Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αυξημένη παραγωγή όζοντος στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, οδηγούν σε ευαισθησία των φυτών στην φωτοχημική καπνομίχλη, όπως και σε μείωση της επιφάνειας των φύλλων τους που παράγουν τη φωτοσύνθεση.
- Η μείωση της φυτικής βιομάζας μπορεί να προκληθεί από την εκπομπή των θερμοκηπικών και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα, με συνέπειες στη φωτοσύνθεση, στην απόκριση των στομάτων και στη λειτουργία του μεταβολισμού τους.
- Ιδιαίτερα επιβλαβείς ρύποι για τα φυτά είναι το όζον (ιδιαίτερα για τα κηπευτικά και τον καπνό), το διοξείδιο του θείου και το διοξείδιο του αζώτου (προκαλούν όξινη βροχή, εκθέτουν τα δέντρα στα έντομα και τη ξηρασία), οι φθοριούχες ενώσεις (ιδιαίτερα για τα οπωροφόρα δέντρα) και οι πτητικές ενώσεις (VOC's) που κάνουν ζημιά στα φύλλα και στα άνθη.

➤ Οι αέριοι ρύποι μπορούν να επηρεάσουν τη κυτταρική δομή των φύλλων και κατά συνέπεια την αναπνοή και τη φωτοσύνθεση των φυτών.

Επιπλέον, μπορούν να επηρεάσουν το ριζικό τους σύστημα, οπότε διαταράσσεται η διαδικασία απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών από το έδαφος.

➤ Οι συνέπειες των θερμοκηπικών αερίων στα φυτά μπορούν να είναι ορατές, όπως αλλαγή στο χρώμα των φυλλωμάτων, πρόωμη γήρανση ή και πτώση των φύλλων. Ο μίσχος του φύλλου μπορεί να αλλοιωθεί, ενώ τα άνθη και οι καρποί των οπωροφόρων δέντρων παρουσιάζουν βλάβες. Οι μη ορατές συνέπειες έχουν να κάνουν με τη μη φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών και αλλαγές στο κύκλο αναπαραγωγής τους.

➤ Η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι εκπομπές ρύπων οδηγούν στη διάβρωση του εδάφους, η εξάτμιση ενισχύεται και αυξάνει η αλατότητα των εδαφών. Το διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται τις νύχτες από την ατμόσφαιρα, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών και της ελάχιστης διαπνοής. Τότε προσαρμόζονται καλύτερα τα φυτά με το μεγαλύτερο σάρκωμα (λιγότερη εξάτμιση) και εναλλακτικούς φωτοσυνθετικούς μηχανισμούς. Τέτοια φυτά είναι η βελανιδιά και το πεύκο που είναι από τα πιο ανθεκτικά είδη και έχουν τη δυνατότητα προσαρμογής σε μια εξωτερική περιβαλλοντική μεταβολή.

➤ Η άνοδος της θερμοκρασίας και η αύξηση εκπομπής CO₂ επηρεάζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό τα δέντρα και μετά τα χορτάρια και τους θάμνους. Γενικά, προκαλούν στα φυτά: αλλαγές στο χρόνο και στη διάρκεια της ανθοφορίας, μεταβολές στη βλάστηση, αλλαγές στη γεωγραφική κατανομή τους, μεταβολές στη γύρη και στα αλλεργιογόνα.

➤ Η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της εξάτμισης των επιφανειακών υδάτων και επομένως μειωμένη διαθεσιμότητα νερού για την αποσύνθεση της οργανικής ύλης στο έδαφος. Συνέπεια αυτού είναι η υπερσυσσώρευση νεκρής οργανικής ύλης στο έδαφος που μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά στη περίπτωση μιας πυρκαγιάς.

➤ Τα είδη φυτών τα οποία κινδυνεύουν περισσότερο είναι όσα ζουν σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, όσα βρίσκονται σε παραλιακά και νησιωτικά οικοσυστήματα και εκείνα που έχουν μικρούς ή απομονωμένους πληθυσμούς. Κι αυτό γιατί θα σημειώνουν μεγαλύτερες απώλειες σε διαταραχές που οφείλονται στην άνοδο της θερμοκρασίας ή στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Οι παραπάνω κίνδυνοι επιβάλλουν πολλά φυτικά είδη να μεταφέρονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη.

Επιπτώσεις στη φυσιολογία των ζωικών οργανισμών



Οι πολύ υψηλές ή οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν την υγεία των ζωικών οργανισμών και η υπέρμετρη έκθεση του οργανισμού οδηγεί σε θερμική ή ψυχρή καταπόνηση αντίστοιχα.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή αποφέρουν επιδημιολογικές ασθένειες, κινδύνους από έντομα και γενικότερα ένα πλαίσιο από βιολογικούς κινδύνους. Οι μεταβολές στον υδρολογικό κύκλο, στη διατροφή και στους φορείς ασθενειών, δρουν έμμεσα στην υγεία των ζώων. Πιο συγκεκριμένα:

- Τα ζώα ζουν πιο φυσιολογικά σε θερμοουδέτερη κατάσταση και για αυτό σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες ή μικρότερες της κρίσιμης θερμοκρασίας, καταπονούνται και επηρεάζεται η παραγωγική τους διαδικασία. Προσπαθούν με φυσική ή τεχνητή επιλογή να προσαρμοστούν σε ακραίες συνθήκες, μεταβάλλοντας τα φυσιολογικά ή μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Η θερμότητα, ο ηλιασμός, η τροφική αλυσίδα και το υπάρχον ισοζύγιο ενέργειας αποτελούν τους σημαντικότερους βιοδείκτες τους.
- Οι μεταβολές στο αναπνευστικό τους μηχανισμό των ζώων, της θερμοκρασίας σώματος, της εφίδρωσης και της καρδιακής τους λειτουργίας χρησιμοποιούνται ως παράμετροι αξιολόγησης για τη θερμική τους καταπόνηση.
- Η μετανάστευση, η συρρίκνωση των ειδών και η ανάπτυξη ανταγωνισμού μεταξύ των έμβιων όντων για την επιβίωση, αποτελούν ορισμένες επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Τόσο η υψηλή υγρασία όσο και η ηλιακή ακτινοβολία επιβαρύνουν τις συνέπειες των υψηλών θερμοκρασιών. Η υψηλή υγρασία επιδεινώνει την ικανότητα δερμικής και αναπνευστικής εξάτμισης, ενώ η ηλιακή ακτινοβολία επιβαρύνει το μηχανισμό διατήρησης της θερμοκρασίας του σώματος.
- Η υπερϊώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στο DNA και RNA των ζώων που αποφεύγουν την υπερϊώδη ακτινοβολία, αναπτύσσοντας μηχανισμούς προστασίας. Αυτοί αποδεικνύονται ανεπαρκείς αν μειωθεί περαιτέρω το όζον που οδηγεί σε αύξηση απορρόφησης της υπερϊώδους ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα.

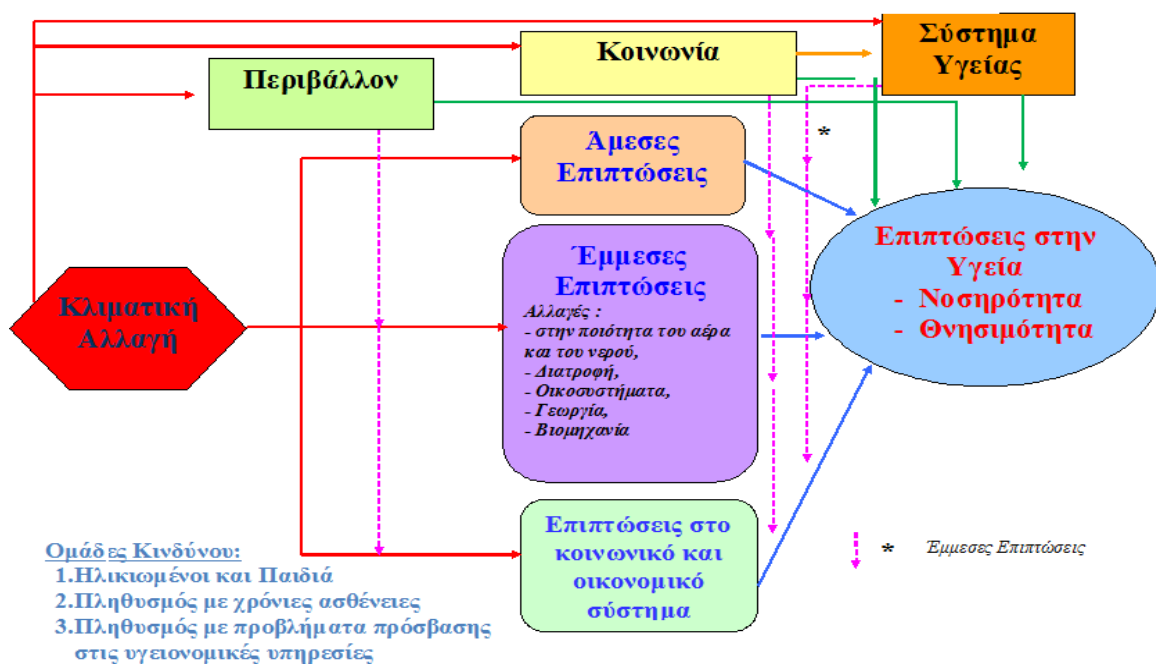
- Η όξυνση των ωκεανών, πολλών λιμνών και υδάτινων ρευμάτων έχει προκαλέσει αφανισμό ορισμένων ειδών των ψαριών (πχ ενδημικών). Η διάλυση του CO₂ στα ύδατα, διαταράσσει την χημική ισορροπία και εμποδίζει τη καθίζηση του ανθρακικού ασβεστίου, το οποίο είναι αναγκαίο για το σκελετό των κοραλλίων. Η άνοδος της θερμοκρασίας άνω των 29.5° C, προκαλεί απώλεια της χλωροφύλλης από τους ιστούς τους.
- Η φθορίωση των ζώων προκαλεί βλάβες και αφανισμό διάφορων ειδών (άγριων ή κτηνοτροφικών) διότι προκαλεί διαταραχές στα οστά και στα δόντια. Για παράδειγμα, έρευνες έδειξαν μείωση παραγωγής γάλακτος στις αγελάδες. Η φθορίωση των ζώων παρατηρείται ιδιαίτερα στις βιομηχανικές περιοχές, αλλά μπορεί να προκύψει και μέσα από τη τροφή τους (χόρτα ή άχυρα). Στις περιοχές αυτές έχει σημειωθεί σημαντική θνησιμότητα στις μέλισσες και στους μεταξοσκώληκες.
- Οι δυσμενείς επιπτώσεις στους βοσκοτόπους και στις ημιάνυδρες εκτάσεις επηρεάζουν τα ζωικά συστήματα και τη κτηνοτροφία. Οι συχνές ξηρασίες μειώνουν τις χορτονομές και οδηγούν σε απώλειες ζώων.
- Η σημαντική άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα αφανίσει διαπαλλοιριακά οικοσυστήματα και θα επηρεάσει τη τροφική αλυσίδα των θαλάσσιων όντων.
- Η υπερθέρμανση και η ξηρασία καταστρέφουν τις λεκάνες απορροής, υποβαθμίζουν τη ποιότητα του νερού, αυξάνουν την εξάτμιση των λιμνών, μειώνουν την ανατροφοδότηση των υδάτων και προκαλούν συνωστισμό των ψαριών. Σε ετήσια βάση σημειώνονται διαφορές στην αλιευτική παραγωγή λόγω των μεταβολών στη θερμοκρασία, στην ηλιακή ακτινοβολία και στη φωτοσύνθεση.
- Η διάλυση του οξυγόνου στο νερό μειώνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού, οπότε τα υδρόβια ζώα καταπονούνται και κινδυνεύουν να νοσήσουν ή να μολυνθούν από παράσιτα. Γενικά, η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες σε φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα και υδατοκαλλιέργειες μειώνει τη διαθεσιμότητα τροφής, το ρυθμό ανάπτυξης, αλλά αυξάνει την ανάγκη για περισσότερο οξυγόνο και τον κίνδυνο έκθεσης σε νοσήματα.
- Στη σύγχρονη εποχή η αποψίλωση των δασών οδηγεί σε απώλεια 50-170.000 τετρ.χλμ. έκτασης κάθε χρόνο. Έρευνες έδειξαν ότι η ποικιλότητα των ζωικών οργανισμών μειωνόταν όταν απομακρύνονταν τα παλαιά και πεθαμένα δέντρα, όπως και εάν μειωνόταν η ποικιλία των φυλλοβόλων ή αειθαλών δέντρων.

Οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ανθρώπινη υγεία

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένας περιβαλλοντικός παράγοντας υπεύθυνος για την ανθρώπινη υγεία, καθώς αυξάνει τη νοσηρότητα, τη θνησιμότητα και συμβάλλει στην εμφάνιση αναδυόμενων μεταδοτικών και μη ασθενειών. Η υπερθέρμανση του πλανήτη σε συνδυασμό με τη ρύπανση του περιβάλλοντος είναι υπεύθυνα για σοβαρές ασθένειες, όπως καρδιαγγειακές, αναπνευστικές, νεφρολογικές, καθώς επίσης για εγκεφαλικά επεισόδια και λοιμώξεις.

Ποιοι είναι οι αιτίες που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία;

- Η ένταση και τη διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως καύσωνες, πλημμύρες, ξηρασίες, έντονες βροχοπτώσεις, καθώς και η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Οι διαταραχές του φυσικού περιβάλλοντος που οδηγούν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και κατά συνέπεια στη νοσηρότητα και στη θνησιμότητα.
- Ο κλονισμός της ψυχικής υγείας, η μετάδοση τροφιμογενών και υδατογενών ασθενειών.
- Η επανεμφάνιση ασθενειών (π.χ η φυματίωση) και η μετάδοση νέων, ανθεκτικότερων μικροβίων.



Εικόνα 12. Απεικόνιση των επιπτώσεων των κλιματικών διαταραχών στην ανθρώπινη υγεία.

1. Επιπτώσεις από την υπεριώδη ακτινοβολία

- ❖ Η υπεριώδης ακτινοβολία προκαλεί πρόωρη δερματική γήρανση και συμβάλλει στην εμφάνιση ρυτίδων. Κι αυτό γιατί καταστρέφει τα υγιή κύτταρα του δέρματος, είναι βλαβερή για το DNA και προκαλεί μόνιμες αλλαγές στον συνδετικό ιστό του.
- ❖ Οδηγεί σε μεταλλάξεις και σε καρκινικούς όγκους, με τον μεγαλύτερο κίνδυνο να συναντάται στους ανοιχτόχρωμους δερματικά ανθρώπους. Η πιο επικίνδυνη μορφή καρκίνου του δέρματος είναι το κακοήθες μελάνωμα. Οι επιστήμονες εκτιμούν ότι η λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος κατά 1%, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση 2% της απορροφούμενης υπεριώδους ακτινοβολίας και τελικά σε αύξηση 5% εμφάνισης καρκινωμάτων στους ανθρώπους.
- ❖ Η υψηλή απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας από τον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα μάτια, κυρίως στον κερατοειδή χιτώνα. Μπορεί να προκληθεί νεφέλωμα του κερατοειδούς (*χιονοτύφλωση – snow blindness*) και ο σχηματισμός καταρράκτη.
- ❖ Η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο *ανοσοανεπάρκεια* (immunodeficiency), δηλαδή διαταραχές του ανοσοποιητικού του συστήματος. Συγκεκριμένα, μεταβάλλεται η διαδικασία παραγωγής αντισωμάτων και ανοσοποιητικών κύτταρων, που έχει ως συνέπεια τη μεγαλύτερη ευαισθησία του οργανισμού και τη νοσηρότητα.

2. Επιπτώσεις από τις μεταβολές της θερμοκρασίας

- ❖ Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (Π.Ο.Υ.) επισημαίνει ότι η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας οδηγεί στην αύξηση της νοσηρότητας και θνησιμότητας, συνδέοντας με αυτήν την υποβάθμιση της διατροφής, του νερού και του ατμοσφαιρικού αέρα.
- ❖ Οι καύσωνες πλέον εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα και οδηγούν σε θερμοπληξίες και θερμικό στρες, πλήττοντας κυρίως τους ηλικιωμένους ανθρώπους, λόγω της μειωμένης ικανότητας θερμορύθμισης τους σώματος.
- ❖ Οι επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών αφορούν το καρδιαγγειακό σύστημα, καθώς και μολύνσεις του αναπνευστικού συστήματος.

❖ Οι έρευνες αναφέρουν ότι η θνησιμότητα θα αυξάνει σε ποσοστό 1-4% για κάθε άνοδο ενός βαθμού της θερμοκρασίας. Για τη χρονική περίοδο 2071-2100 οι πρόσθετοι θάνατοι θα αυξάνουν κατά 86.000 ανά έτος, εάν η μέση παγκόσμια θερμοκρασία αυξηθεί κατά 3°C.

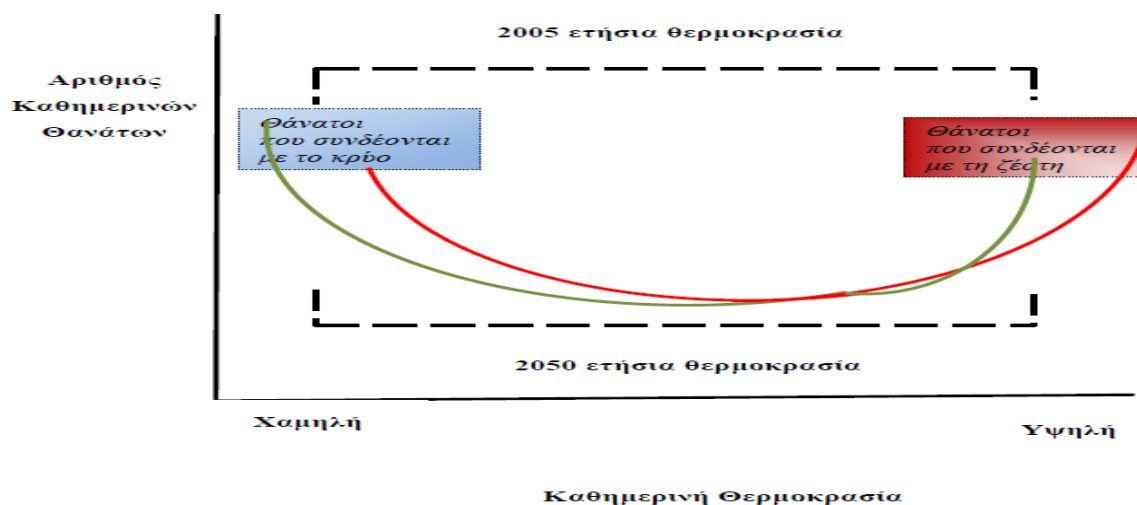
❖ Η αύξηση θνησιμότητας εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας αναμένεται να σημειωθεί στις Μεσογειακές, κεντροανατολικές χώρες της Ευρώπης και λιγότερο στις βόρειες χώρες της ηπείρου.

Έως το 2100, οι χώρες που θα πληγούν πιο πολύ λόγω της υπερθέρμανσης είναι η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ισπανία και η Βουλγαρία, ενώ λιγότερο συγκριτικά οι Σκανδιναβικές χώρες, η Ιρλανδία και η Μεγάλη Βρετανία.

❖ Αυξάνει ο κίνδυνος θερμοπληξίας, λιποθυμίας ακόμα και υπολειτουργίας ή καταστροφής οργάνων. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζεται η κυκλοφορία του αίματος και μπορεί να προκύψει πλήρης διαταραχή του κυκλοφορικού συστήματος του ανθρώπου.

❖ Τα αναπνευστικά προβλήματα θα αυξηθούν λόγω της επαγόμενης υποβάθμισης του αέρα. Οι επιπτώσεις θα πλήξουν κυρίως τις ευάλωτες ομάδες και θα ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή.

❖ Οι ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας καθιστούν τους πληθυσμούς πιο ευαίσθητους στο ψύχος. Η θνησιμότητα λόγω ψύχους φαίνεται να παρουσιάσει μια μικρή μείωση, καθώς εκτιμάται ότι θα μειωθούν οι θάνατοι από 50.000 έως 100.000 ετησίως για την χρονική περίοδο 2011-2040, και 86.000 έως 184.000 θάνατοι ανά έτος για την χρονική περίοδο 2071-2100. (Εικόνα 13)



Εικόνα 13. Απεικόνιση της σχέσης μεταξύ θνησιμότητας και ημερήσιας θερμοκρασίας.

3. Επιπτώσεις από ακραία καιρικά φαινόμενα

- ❖ Τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις, πλημμύρες και καύσωνες αποτελούν κίνδυνο για την υγεία κυρίως των παιδιών και των ηλικιωμένων. Επιδεινώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση και η ρύπανση των υδάτων με βλαβερές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία.
- ❖ Τα φαινόμενα θα εκτοξεύσουν την ανάγκη ιατρικών και υγειονομικών υπηρεσιών. Η αυξημένη υγρασία θα πληθύνει τα αναπνευστικά συμπτώματα και νοσήματα, ενώ ο κίνδυνος πρόωρου θανάτου για τα άτομα με πνευμονικά νοσήματα, είναι υπερδιπλάσιος σε σχέση με τους υπόλοιπους ανθρώπους.
- ❖ Αναμένεται να αυξηθούν κατά πολύ τα κρούσματα ψυχολογικού στρες από τις πλημμύρες. Τα συμπτώματα στρες, κατάθλιψης και άγχους εμφανίζονται αυξημένα έως και πέντε φορές σε ανθρώπους που βίωσαν πλημμύρα στην οικία τους, σε σχέση με τον υπόλοιπο πληθυσμό.
- ❖ Η αύξηση της θερμοκρασίας ενισχύει τα ακραία καιρικά φαινόμενα, οπότε αυξάνουν οι δαπάνες για την υγεία και τη πρόληψη.

4. Καρδιαγγειακά και εγκεφαλικά επεισόδια

- ❖ Τα καρδιαγγειακά και τα ισχαιμικά – θρομβωτικά εγκεφαλικά επεισόδια αυξάνουν σε περιόδους καύσωνα και ειδικά όταν οι υψηλές θερμοκρασίες συνδυάζονται με ατμοσφαιρική ρύπανση και σχετική υγρασία.
- ❖ Σε όλη την υφήλιο οι καρδιακές παθήσεις συνδέονται με τις μεταβαλλόμενες μετεωρολογικές συνθήκες. Οι πολύ υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες θέτουν σε κίνδυνο την υγεία, κυρίως των ευάλωτων ομάδων και ηλικιωμένων.
- ❖ Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι υψηλές θερμοκρασίες ενεργοποιούν μηχανισμούς, όπως η θρόμβωση, η αρρυθμία και η αθηροσκλήρωση, που είναι υπεύθυνοι για τα καρδιακά επεισόδια. Η ραγδαία πτώση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση της καρδιακής συχνότητας και της αγγειακής αντίστασης, της αρτηριακής πίεσης, με συνέπεια τις αρρυθμίες, καρδιακές λοιμώξεις και ισχαιμίες του μυοκαρδίου.
- ❖ Έρευνα στη περιοχή της Αττικής έδειξε άμεση σύνδεση των μετεωρολογικών παραγόντων με το οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου. Η χαμηλή θερμοκρασία συνδέεται με

την αύξηση εμφάνισης της νόσου, ενώ η αυξημένη θερμοκρασία συνδέεται με την αύξηση της θνησιμότητας εξαιτίας αυτής.

❖ Η καρδιακή ανεπάρκεια και η στεφανιαία νόσος εμφανίζονται αυξημένες στις αστικές περιοχές και εκτιμάται ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ υψηλής θερμοκρασίας, υγρασίας και ρύπανσης με τον αστικό πληθυσμό και τη νοσηρότητα.

❖ Οι μετεωρολογικές συνθήκες με το γεωχημικό περιβάλλον που δημιουργείται, συνδέονται με τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια ισχαιμικής – θρομβωτικής αιτίας. Τα επεισόδια αυξάνουν όταν παρουσιάζεται αυξημένη θερμοκρασία, βαρομετρική πίεση και αυξημένος δείκτης δυσφορίας (humidex).

Έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου

Στις έμμεσες συνέπειες του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβάνονται οι διαταραχές από τη μετάδοση μολυσματικών ασθενειών και μηχανισμών παραγωγής τροφής.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η υποβάθμιση της βιοποικιλότητας, η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος και η όξυνση των ωκεανών συλλειτουργούν στην έξαρση των μολύνσεων, προσβάλλοντας την ανθρώπινη υγεία και τη διαθέσιμη τροφή.

Λόγω της διαταραχής των οικοσυστημάτων υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος για μετακίνηση πληθυσμών, νοσηρότητας, θνησιμότητας, υποσιτισμού και έλλειψης επαρκών υπηρεσιών υγείας.

Υποσιτισμός - Τροφιμογενείς και Υδατογενείς ασθένειες

❖ Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου επιδρά στη γεωργική παραγωγή και κατά συνέπεια στη διαθεσιμότητα της τροφής για τον ανθρώπινο πληθυσμό. Επηρεάζεται η ανθρώπινη υγεία καθώς οδηγεί στον υποσιτισμό, τη πείνα και την ανασφάλεια, ιδιαίτερα στις φτωχότερες χώρες.

❖ Οι κλιματικές διαταραχές ευνοούν την εμφάνιση τροφιμογενών και υδατογενών λοιμώξεων. Οι τροφιμογενείς λοιμώξεις προκαλούνται από κατανάλωση μολυσμένης τροφής με παθογόνους μικροοργανισμούς ή τοξίνες τους.

Οι υδατογενείς λοιμώξεις (waterborne) προκαλούνται από την πόση μολυσμένου νερού ή με έκθεση του οργανισμού σε μολυσμένο νερό. Η μόλυνση του νερού οφείλεται σε παράσιτα, βακτήρια και ιούς.

❖ Πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι ευαίσθητοι στις αλλαγές του κλίματος. Ο ανθρώπινος οργανισμός εκτίθεται στη μόλυνση του νερού, της τροφής και στα θαλάσσια ύδατα. Αρκετοί παθογόνοι εντερικοί οργανισμοί εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό από το στόμα, ενώ ορισμένα πρωτόζωα και βακτήρια μέσω θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

❖ Οι εντερικές μολύνσεις συνδέονται με τις βροχοπτώσεις. Έρευνες έδειξαν ότι η άνοδος της θερμοκρασίας βοηθά την εξάπλωση των βακτηρίων σε παραγωγικές καλλιέργειες, όπως στο λάχανο. Από την άλλη πλευρά σε φαινόμενα ξηρασίας ή πλημμύρων, τέτοιου είδους βακτήρια αναπτύσσονται σε φυλλώδεις κυρίως καλλιέργειες.

❖ Η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις επιδρούν στη διατροφή του ανθρώπινου πληθυσμού, καθώς επηρεάζονται οι αγροτικές σοδειές και η κτηνοτροφία.

❖ Η νοσηρότητα και η θνησιμότητα του ανθρώπινου πληθυσμού, συνδέονται άμεσα με τη ρύπανση του νερού, η οποία προκαλεί σοβαρά νοσήματα, όπως: διάρροιες, εντερικές λοιμώξεις, σχιστοσωμίαση, τράχωμα, ογκοκύστωση, ελονοσία.

Επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα

Τα πνευμονολογικά νοσήματα επηρεάζονται από παράγοντες όπως: η θερμοκρασία, η υγρασία, η ρύπανση του αέρα, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και τα αλλεργιογόνα.

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή αυξάνουν τη νοσηρότητα από άσθμα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), καρκίνο του πνεύμονα και λοιμώξεις του αναπνευστικού (**Πίνακας 3.**).

Οι περιοχές που πλήττονται περισσότερο είναι οι φτωχότερες και με περιορισμένη ιατρική φροντίδα, όσες σημειώσουν αύξηση πληθυσμού λόγω μετανάστευσης χωρίς να έχουν ανεπτυγμένες ιατρικές δομές, αλλά και τα άτομα με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις.

Πίνακας 3. Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο αναπνευστικό σύστημα.

1	Αύξηση θνησιμότητας λόγω καρδιακών ή πνευμονικών νόσων
2	Αύξηση επισκέψεων σε νοσοκομεία και ιατρικές υπηρεσίες
3	Εμφάνιση ασθμάτων
4	Αύξηση πνευμονικών λοιμώξεων
5	Βρογχική αντιδραστικότητα
6	Πνευμονικές φλεγμονές
7	Μείωση αμυντικής λειτουργίας του οργανισμού και πνευμονικής λειτουργίας
8	Αναπνευστικά συμπτώματα

Η θέρμανση των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας και το φωτοχημικό νέφος αυξάνουν τη συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα, που προκαλεί ναυτία, άλγος στο στήθος και πνευμονική συμφόρηση ακόμα και σε υγιείς ανθρώπους (**Πίνακας 4.**).

Πίνακας 4. Συνέπειες της αύξησης του όζοντος στην ανθρώπινη υγεία.

1	Αύξηση νοσηρότητας και θνησιμότητας σε Ευρώπη και Αμερική
2	Ενίσχυση του άσθματος
3	Επιβράδυνση χρόνιων πνευμονολογικών νοσημάτων (ΧΑΠ)
4	Φλεγμονή στους αεραγωγούς
5	Μόνιμη ιστική βλάβη στους πνεύμονες
6	Βήχας και ερεθισμός του αναπνευστικού συστήματος
7	Ενεργοποίηση των αλλεργιογόνων
8	Επιβράδυνση της λειτουργίας των πνευμόνων

Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου συμβάλλει σημαντικά στην αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας, ενισχύοντας τη παρουσία των αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων (ΑΑΣ). Αυτά είναι μείγμα υγρών και στερεών σωματιδίων με διαφορετικό μέγεθος και χημική σύσταση (**Πίνακας 5.**). Έχουν φυσική προέλευση (π.χ σκόνη, ηφαίστεια, σταγονίδια θαλάσσιων υδάτων), αλλά και ανθρωπογενή (π.χ πυρκαγιές, μέσα μεταφοράς, ορυκτά καύσιμα).

Πίνακας 5. Επιπτώσεις αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα.

1	Μείωση πνευμονικής λειτουργίας
2	Ενίσχυση ασθμάτων
3	Εμφάνιση χρόνιων βρογχίτιδων
4	Δύσπνοιες, βήχας, ερεθισμός πνευμονικών οδών
5	Πρόωροι θάνατοι λόγω πνευμονικών νοσημάτων

Η υπερθέρμανση του πλανήτη οδηγεί σε αύξηση των δασικών πυρκαγιών, οι οποίες απελευθερώνουν σωματίδια, μονοξείδιο του άνθρακα (CO), πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες και άλλες χημικές ουσίες, που ενισχύουν τις δύσπνοιες, τις πνευμονικές λοιμώξεις και μειώνουν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος.

Τα αλλεργιογόνα και οι αλλεργικές αντιδράσεις

- Το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αύξηση των ατμοσφαιρικών ρύπων καθιστούν τον ανθρώπινο πληθυσμό πιο ευαίσθητο στα αερομεταφερόμενα αλλεργιογόνα.
- Η επίπτωσή τους στη γυρεοφορία και στη κατανομή των φυτών, επηρεάζει τα είδη και τη διάρκεια των αλλεργικών αντιδράσεων που προκαλούνται.
- Ορισμένα εισαγόμενα φυτά περιέχουν αλλεργιογόνα τα οποία ανθοφορούν νωρίτερα ή αργότερα από τα ντόπια φυτά, με συνέπεια η εποχικότητα των αλλεργιών να μεταβάλλεται.
- Η απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν τη θεραπευτική αγωγή όσων πάσχουν από αλλεργίες.
- Η μετακίνηση του ανθρώπινου πληθυσμού καθώς και η γεωγραφική εξάπλωση των φυτών και μυκητών, εκθέτουν τους ανθρώπους σε νέα αλλεργιογόνα.
- Η έξαρση των αλλεργιογόνων σε συνδυασμό με την αύξηση του όζοντος αυξάνουν τα συμπτώματα άσθματος και της αλλεργικής ρινίτιδας.

Μεταδιδόμενες λοιμώξεις και ασθένειες από φορείς

- Οι ασθένειες που μεταδίδονται από φορείς (Vector – Borne Diseases) είναι λοιμώξεις που προκαλούνται από τσίμπημα κουνουπιών ή άλλων μικρών αρthropόδων, τα οποία παρουσιάζουν ευαισθησία στη θερμοκρασία και σε άλλους κλιματικούς παράγοντες.
- Η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι κλιματικές διαταραχές ευθύνονται για την εξάπλωση μολυσματικών και θανατηφόρων ιών, όπως το οξύ αναπνευστικό σύνδρομο SARS και η γρίπη H1N1.
- Έχουν εμφανιστεί αλλαγές όσον αφορά στην εποχιακή συχνότητα και διάρκεια του αναπνευστικού ιού RSV, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει σε μικρά παιδιά βρογχολίτιδα, πνευμονία και ωτίτιδα.
- Το 2006, επιστήμονες στη Μεγάλη Βρετανία, απέδωσαν τη νόσο των Λεγεωνάριων (βακτηριακή - πνευμονική λοίμωξη) στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Η Διακυβερνητική Επιτροπή για τη Κλιματική αλλαγή (IPCC) συνδέει τις μεταδιδόμενες ασθένειες από φορείς με μεταδιδόμενα νοσήματα από κουνούπια, λόγω της γεωγραφικής τους εξάπλωση.
- Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ) επισημαίνει ότι λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, αυξάνονται τα μεταδιδόμενα νοσήματα στην Ευρώπη μέσω των εντόμων και των τρωκτικών (Πίνακας 6.).

Πίνακας 6. Κύριες μεταδιδόμενες ασθένειες από φορείς παγκοσμίως.

Είδος ασθένειας	Περιοχή	Αριθμός κρουσμάτων	Κλιματικοί παράγοντες
Ασθένειες από κουνούπια (Mosquito -borne diseases)			
Ελονοσία	Αφρική & Νοτιοανατολική Ασία	220 εκατ.	Θερμοκρασία, Βροχόπτωση, Υγρασία
Δάγκειος πυρετός	Ασία & περιοχές του Ειρηνικού	50 εκατ.	Θερμοκρασία, Βροχόπτωση, Υγρασία
Ασθένειες Μεταδιδόμενες από Τσιμπούρια (Tick -borne diseases)			
Επιδημική	Ευρώπη,	10.000	Θερμοκρασία

Εγκεφαλίτιδα	Ρωσία, Μογγολία, Κίνα		
Νόσος του Lyme	Περιοχές με εύκρατο κλίμα, Ευρώπη, Ασία, Βόρεια Αμερική	20.000 στις ΗΠΑ	Θερμοκρασία, Υγρασία
Άλλες ασθένειες που μεταδίδονται από φορέα (Vector -borne diseases)			
Αιμορραγικός πυρετός	Παγκοσμίως	0.15 – 0.2 εκατ.	Θερμοκρασία, Βροχόπτωση, Υγρασία
Πανώλη	Ενδημική σε πολλές περιοχές της Γης	40.000	Θερμοκρασία, Βροχόπτωση

Ψυχικές ασθένειες και διαταραχές

Λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα ακραία καιρικά φαινόμενα αυξάνουν σε ένταση και σε διάρκεια, με αποτέλεσμα:

- Αυξάνει ο κίνδυνος τραυματισμών, οπότε αυξάνουν και οι ψυχοσωματικές αντιδράσεις.
- Οι φυσικές καταστροφές αυξάνουν το άγχος και τα ψυχολογικά προβλήματα.
- Η καταστροφή περιουσιών (σπίτια, καλλιέργειες κλπ) οδηγούν σε κατάθλιψη, οργή, επιθετική συμπεριφορά ή αυτοκτονικές τάσεις.
- Στην Αυστραλία, τη χρονική περίοδο 1970-2007 σημειώθηκαν αρκετές αυτοκτονίες, οι οποίες συνδέθηκαν με τις παρατεταμένες ξηρασίες.
- Πολλοί άνθρωποι που έχουν χάσει συγγενείς, περιουσίες ή έχουν υποστεί καταστροφές από φυσικές καταστροφές, συνήθως αισθάνονται νοσταλγία και αδυναμία στη ζωή τους.

Άλλες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου

Χώροι εργασίας

- Οι επιπτώσεις των μεταβολών της θερμοκρασίας, όταν ο χώρος εργασίας είναι εξωτερικός, είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Οι αγροτικές και οι οικοδομικές εργασίες όταν γίνονται σε εξωτερικούς χώρους, χωρίς επαρκή σκίαση και νερό, αποτελούν κίνδυνο λόγω της ζέστης και της ηλίαςσης.
- Η άνοδος της θερμοκρασίας οδηγεί σε μείωση της αγροτικής παραγωγής λόγω της θερμικής καταπόνησης.
- Στο σενάριο που η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO₂ συνεχίσει να αυξάνει έως το 2200, προβλέπεται μείωση του εργατικού δυναμικού κατά 60%. Αν η συγκέντρωση του CO₂ σταθεροποιηθεί έως το 2060 η επίδραση θα είναι μικρότερη, αλλά η παραγωγικότητα στις αγροτικές περιοχές θα εξασταθεί να μειώνεται.
- Στις περιοχές όπου σημειώνεται αυξημένη μεταδοτικότητα ασθενειών από κουνούπια, οι άνθρωποι που εργάζονται σε εξωτερικό χώρο κινδυνεύουν να μολυνθούν περισσότερο. Λόγω της υπερθέρμανσης, οι αγρότες και λοιποί εργάτες αναγκάζονται να εργάζονται διάφορες ώρες της ημέρας, όταν είναι και πιο ενεργοί οι φορείς τέτοιων ασθενειών.
- Λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας αυξάνει ο κίνδυνος έκθεσης των εργατών σε τοξικά χημικά προϊόντα που εξατμίζονται πολύ πιο γρήγορα.
- Λόγω των αυξημένων πλημμυρών, παλιρροιών και τήξης των πάγων επηρεάζεται η αλιεία, με συνέπεια οι αλιείς να αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο πνιγμού.
- Η ατμοσφαιρική ρύπανση, τα άσθματα, οι αλλεργίες και τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν κίνδυνο για τους εργαζόμενους σε κλειστούς χώρους, καθώς εκεί μπορούν να μεταδοθούν εύκολα και να προσβάλλουν το αναπνευστικό τους σύστημα.

Υποδομές – Οικισμοί – Περιβαλλοντικοί πρόσφυγες

Υπάρχουν υποδομές οι οποίες είναι αρκετά ευαίσθητες στα ακραία καιρικά φαινόμενα.

- Η βιομηχανία αγροτικών προϊόντων, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αρκετές συγκοινωνιακές υποδομές πλήττονται από τα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής.

- Ιδιαίτερα οι εγκαταστάσεις, όπως λιμάνια, τουριστικά θέρετρα και οικοδομικά συγκροτήματα παράκτιων περιοχών, κινδυνεύουν λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Συνέπεια αυτού είναι η μετανάστευση πολλών ανθρώπων από τις παραθαλάσσιες περιοχές σε ηπειρωτικές.
- Συμβαίνουν σταδιακές, συσσωρευμένες περιβαλλοντικές μεταβολές που ενισχύονται και συσχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες, επηρεάζοντας τη ζωή και τη μόνιμη κατοίκηση του ανθρώπινου πληθυσμού.
- Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) εκτιμά ότι οι περιβαλλοντικοί πρόσφυγες ως συνέπεια της υπερθέρμανσης και των κλιματικών αλλαγών, θα φτάσουν τα 150-200 εκατομμύρια άτομα έως το 2050.

Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το μέλλον

Η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθόρισε το σχεδιάγραμμα των πολιτικών που αφορούν το κλίμα και την ενέργεια, με χρονικό ορίζοντα την επόμενη δεκαετία (Συμφωνία των Παρισίων, 12/12/2015).

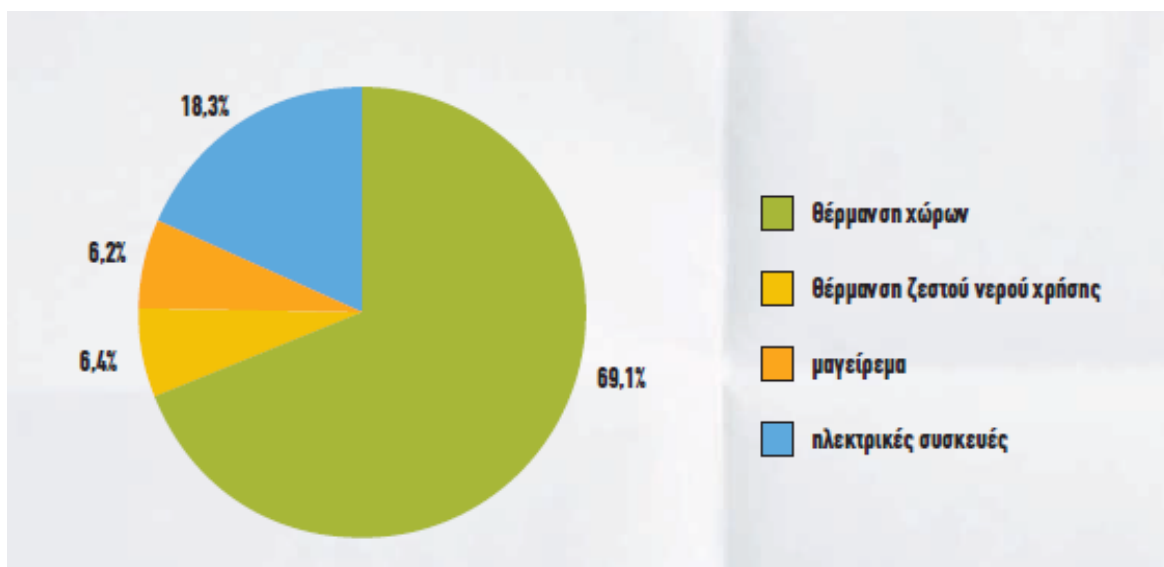
Στόχοι της Επιτροπής είναι η ανάπτυξη μια ανταγωνιστικής οικονομίας χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών, ένας κοινά αποδεκτός ενεργειακός χάρτης και η αποδοχή των κανόνων που αφορούν τις μεταφορές. Οι βασικές προϋποθέσεις υλοποίησης των στόχων, είναι οι παρακάτω:

- ✓ Η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να προσεγγίσει το 40% στην ΕΕ έως το 2030 και σε ποσοστό 80-95% έως το 2050. Επιπροσθέτως, θα πρέπει να συγκρατηθεί η αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κάτω από 2° C.
- ✓ Θα πρέπει να σημειωθεί γενναία αύξηση των μεριδίων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της ενέργειας, καθώς και να αναπτυχθούν φιλικότερες υποδομές ενέργειας προς το περιβάλλον.
- ✓ Όσον αφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στον ενεργειακό χάρτη πορείας για το 2050, υπάρχει προσδοκία μεριδίου περίπου 30% έως το 2030.
- ✓ Απαιτούνται σημαντικές επενδύσεις για τον εκσυγχρονισμό των ενεργειακών υποδομών έως το 2030.

- ✓ Τα μέτρα διαχείρισης όλων των κυβερνήσεων θα πρέπει να προσβλέπουν στην αειφορία, στη προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας.

Μέτρα πρόληψης – Περιβαλλοντική συνείδηση

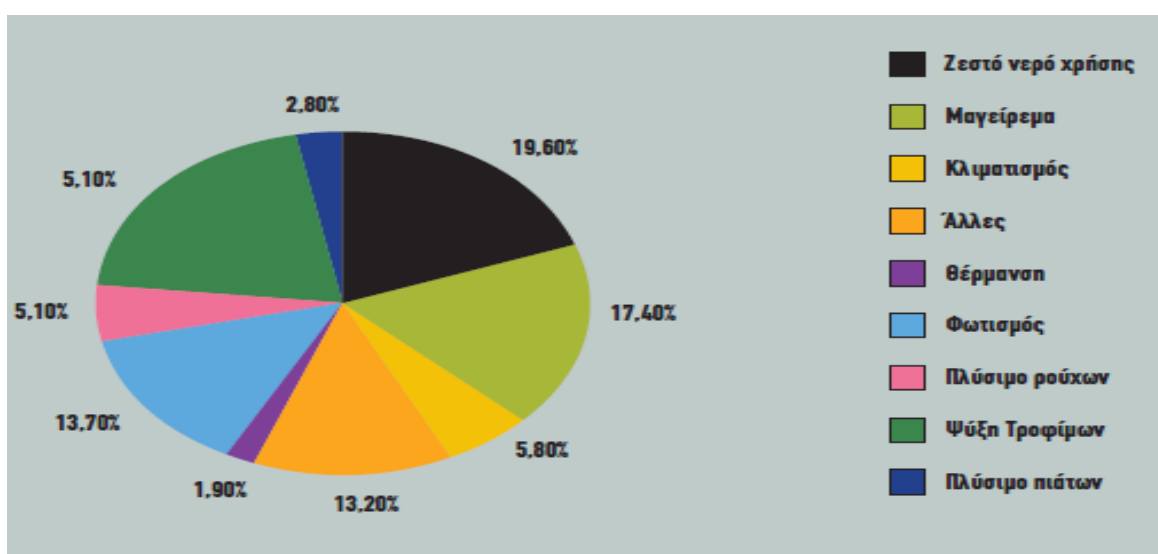
Πέρα από την ευθύνη των κυβερνήσεων, διεθνών οργανώσεων και βιομηχανιών στην προσπάθεια ανάσχεσης της υπερθέρμανσης του πλανήτη, κάθε άνθρωπος ατομικά και συλλογικά μπορεί να συνεισφέρει στο συγκεκριμένο στόχο. Κάθε ένας από εμάς μπορεί να υιοθετήσει δράσεις στα πλαίσια του τρίπτυχου: εξοικονόμηση ενέργειας – επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση υλικών, ώστε να είμαστε ενεργοί πολίτες και όχι παθητικοί παρατηρητές των εξελίξεων. Οι μαθητές αφού κατανοήσουν την υπέρμετρη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και των εκπομπών CO₂ που συμβαίνουν λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, μπορούν να συλλάβουν πόσο αναγκαία είναι η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της ορθολογικής χρήσης ρεύματος και νερού, η ανακύκλωση συσκευών και υλικών, η χρήση συσκευών υψηλής ενεργειακής απόδοσης, η χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς και όχι του αυτοκινήτου, η αποφυγή ρύπανσης του περιβάλλοντος, η πρόληψη πυρκαγιών και η εθελοντική συμμετοχή σε αναδασώσεις.



Διάγραμμα 1. Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά νοικοκυριά (στοιχεία 2007).

- Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί πρώτη προτεραιότητα κάθε ελληνικής οικογένειας, όχι μόνο για την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και για τη βελτίωση των οικονομικών μεγεθών της.

- Πρέπει να περιορίζουμε τις απώλειες θερμότητας από όλα τα σημεία του σπιτιού (κουφώματα, σωλήνες κλπ) και να μονώνουμε την ταράτσα μας.
- Να ρυθμίζουμε σωστά τους θερμοστάτες και να συντηρούμε τους καυστήρες. Η κατάλληλη ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι πολύ ουσιαστική, αφού στην Αθήνα για παράδειγμα, η μείωση της θερμοκρασίας χώρου κατά 1° C, επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας 10%.
- Οι οικονομικοί λαμπτήρες καταναλώνουν έως 80% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τους αντίστοιχους λαμπτήρες πυρακτώσεως.
- Ο ηλιακός θερμοσίφωνας αποτελεί την ιδανική λύση για ζεστό νερό χρήσης, όπως και η εγκατάσταση μπόιλερ που ζεσταίνει το νερό από τον λέβητα.
- Να χρησιμοποιούμε ηλεκτρικές συσκευές και κλιματιστικά υψηλής ενεργειακής απόδοσης, σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπως και εμαγιέ σκεύη που απορροφούν καλύτερα τη θερμότητα.
- Να κάνουμε συντήρηση των ηλεκτρικών συσκευών και του αυτοκινήτου μας.
- Να επιχειρούμε την όσο το δυνατό τακτικότερη χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς ή ακόμη ενός ποδηλάτου για κοντινές διαδρομές.
- Να αποφεύγουμε τα προϊόντα μιας χρήσης και την άσκοπη κατανάλωση χαρτιού.
- Να προτιμούμε ανακυκλώσιμες συσκευασίες και να συμμετέχουμε στην ανακύκλωση κάθε είδους υλικών ή συσκευών.
- Να προστατεύουμε τα δάση και να συμμετέχουμε σε εθελοντικές δράσεις.



Διάγραμμα 2. Κατανομή καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας οικιακής χρήσεως στην Ελλάδα (στοιχεία 2008)

**Προτάσεις για παραπέρα μελέτη – Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι
επιπτώσεις του στο διαδίκτυο**

1. <http://climate.wwf.gr>.
2. www.pneumonologist.gr.
3. <https://www.acs.org/content/acs/en/climatescience/greenhousegases/sourcesandsinks.html>
4. <http://aesop.iep.edu.gr/>
5. http://library.thinkquest.org/CR0271/global_warming.htm
6. <http://www.greenmerchantalliance.com/page/global-warming-101.html>
7. http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/index_en.htm
8. http://ec.europa.eu/energy/renewables/communication_2012_en.htm
9. <http://www.minenv.gr/1/12/122/12205/g1220501.html>
10. <http://www.minenv.gr/1/12/122/12203/g1220304.html>
11. <http://www.aeat.co.uk/netcen/corinair/corinair.html>
12. <http://globalwarming.house.gov/issues/globalwarming>
13. <http://ec.europa.eu/environment/climat/campaing/what/climatechange>
14. <http://healthin.gr>
15. www.medindia.net/Patients/lifestyleandwellness/health-effects-of-globalwarming.htm
16. <http://www.epa.gov/oar/particlepollution>
17. www.fatsimare.net/health/p2_articleid/8033
18. <https://www.who.int/>
19. <http://climatechangehealthhealthcare/respiratorydiseases/allergic-respiratorydisease-and-climate-change>
20. <http://www.ucar.edu/news/releases/2005/permian.shtml>

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

1η Φάση	Εισαγωγή στο αντικείμενο της μελέτης. Υπενθυμίζουμε τις έννοιες περιβάλλον, οικοσύστημα, βιοκοινότητα, ενδιαίτημα, βιοποικιλότητα και κλίμα. Περιγράφουμε την σύσταση της γήινης ατμόσφαιρας.
2η Φάση	Να υπενθυμίσουμε στους μαθητές τη φύση της ηλιακής ακτινοβολίας, το φάσμα της και πως αλληλεπιδρά με τη γήινη ατμόσφαιρα.
3η Φάση	Να κατανοήσουν οι μαθητές το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και τον ευεγερτικό του ρόλο για τη ζωή στη Γη.
4η Φάση	Εξηγούμε την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, που οφείλεται και πως συνδέεται με την κλιματική αλλαγή. Πως επιδρούν τα θερμοκηπικά αέρια στη τροποποίηση του ισοζυγίου της ακτινοβολίας και στη λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος.
5η Φάση	Να αναφέρουμε φυσικές και ανθρωπογενείς διεργασίες που ενισχύουν τη διάχυση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.
6η Φάση	Αναλύουμε τις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στα οικοσυστήματα και στην βιοποικιλότητα.
7η Φάση	Καταγράφουμε τις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ανθρώπινη υγεία.
8η Φάση	Περιγράφουμε τους στόχους που θέτει η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το μέλλον. Προτείνουμε αλλαγές στην καθημερινή ζωή μας, με στόχο την συνδρομή μας στην ανάσχεση της ανθρωπογενούς ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

<<Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον>>.

Υπογραφή

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΒΛΑΧΙΩΤΗΣ