



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη χλωρίδα και στη πανίδα

Συγγραφέας:

Καλανταρίδου Αθηνά-Φανή

AM: mery20008

Επιβλέπουσα:

Λευκοθέα Εβρένογλου

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH POLICIES
MSc IN OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL
HEALTH

Diploma Thesis

Effects of climate change on flora and fauna

Kalantaridou Athina-Fani

Registration Number: mepy20008

Supervisor name and surname:

Lefkothea Evrenoglou

ATHENS, JULY 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη χλωρίδα και στη πανίδα

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΛΕΥΚΟΘΕΑ ΕΒΡΕΝΟΓΛΟΥ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
2	ΙΩΑΝΝΑ ΔΑΜΙΚΟΥΚΑ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΖΕΡΒΑΣ	Ε.ΔΙ.Π.	


ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Καλανταρίδου Αθηνά-Φανή** του **Παύλου**, με αριθμό μητρώου **mepy20008** φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Επαγγελματική και Περιβαλλοντική Υγεία του Τμήματος Πολιτικών Δημόσιας Υγείας της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



ΚΑΛΑΝΤΑΡΙΔΟΥ ΑΘΗΝΑ ΦΑΝΗ

Λευκοθέα Εβρένογλου / Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

Περίληψη

Ένα από τα καίρια ζητήματα που απασχολούν την επιστημονική κοινότητα σήμερα είναι η κλιματική αλλαγή. Η κλιματική αλλαγή είναι η μεγαλύτερη αναδυόμενη περιβαλλοντική πρόκληση των καιρών μας. Αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα το οποίο προοδευτικά λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις από την εποχή της Βιομηχανικής Επανάστασης. Αναγνωρίζεται ως μια από τις σοβαρότερες απειλές στον φυσικό κόσμο και τη βιοποικιλότητά του, στην παγκόσμια ασφάλεια, την ανθρώπινη υγεία και ευημερία. Όλο και περισσότερο η ανθρωπότητα βιώνει τα αποτελέσματα του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής που εκδηλώνεται με ακραία καιρικά γεγονότα και αλλαγές στα μοτίβα των εποχών σε παγκόσμια κλίμακα. Τα αυξημένα επίπεδα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες θεωρούνται ως η βασική αιτία για την υπερθέρμανση του πλανήτη και τις μεταβολές του κλιματικού συστήματος που εκδηλώνονται με πρωτόγνωρης έντασης φυσικά φαινόμενα. Μπροστά σε αυτή την απειλή, επιστήμονες, οργανώσεις, πολιτικοί παράγοντες καλούνται να συμβάλουν δραστικά με γνώμονα τη βιωσιμότητα του πλανήτη και το όφελος της ανθρωπότητας.

Λέξεις κλειδιά

κλιματική αλλαγή, φαινόμενο του θερμοκηπίου, ακραία γεγονότα, χλωρίδα, πανίδα

Abstract

One of the key issues facing the scientific community today is climate change. Climate change is the biggest emerging environmental challenge to date. It is a global problem that is gradually obtaining larger dimensions since the Industrial Revolution. It is recognized as one of the most serious threats to the natural world and its biodiversity, to global security, to human health and well-being. More and more the humanity is experiencing the effects of the phenomenon of climate change manifested by extreme weather events and changes in the seasonal patterns on a global scale. Increased levels of greenhouse emissions from human activities are considered to be the main cause of global warming and climate change manifested by unprecedented intensity of natural phenomena. In the face of this threat, scientists, organizations, politicians have to make a drastic contribution to the viability of the planet and the benefit of humanity.

Key words

climate change, global warming, extreme events, flora, fauna

Πίνακας εικόνων

Σελ.

Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση των ανθρωπογενών παραγόντων, των επιπτώσεων και της απόκρισης στην κλιματική αλλαγή και οι σχέσεις τους.....	16
Εικόνα 2. Γράφημα έκλυσης CO ₂ και μεθανίου (1750-2000).....	22
Εικόνα 3. Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας.....	25
Εικόνα 4. Υπερθέρμανση των ωκεανών.....	25
Εικόνα 5. Συρρίκνωση των στρωμάτων πάγου	26
Εικόνα 6. Υποχώρηση των παγετώνων	26
Εικόνα 7. Λιώσιμο του χιονιού.....	27
Εικόνα 8. Άνοδος της στάθμης της θάλασσας.....	27
Εικόνα 9. Μείωση του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής.....	28
Εικόνα 10. Ακραία γεγονότα	28
Εικόνα 11. Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας.....	61

Πίνακας Γραφημάτων

Σελ.

Γράφημα 1. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από ανθρώπινη δραστηριότητα23

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract	6
Πίνακας εικόνων	7
Πίνακας Γραφημάτων	8
Εισαγωγή	11
Κεφάλαιο 1^ο	14
Κλιματική αλλαγή	14
1.1. Η έννοια της κλιματικής αλλαγής και η σταδιακή εμφάνισή της.....	17
1.2. Τα αίτια της κλιματικής αλλαγής	19
1.3. Ακραία καιρικά γεγονότα.....	24
Κεφάλαιο 2^ο	29
Φυσικά φαινόμενα ως προέκταση της κλιματικής αλλαγής	29
2.1. Μαζικές εξαφανίσεις ειδών.....	29
2.2. Μεταβολή των εποχών και των κλιματικών ζωνών	32
2.3. Ωκεανοί.....	33
2.4. Χλωρίδα της Σαχάρας.....	35
2.5. Άνοδος της στάθμης της θάλασσας και υποχώρηση των παγετώνων	37
2.6. Ξηρασία και πλημμύρες.....	38
2.7. Πυρκαγιές στα δάση	400
2.8. Ηπειρωτικά ύδατα.....	422
Κεφάλαιο 3^ο	44
Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον	44
3.1. Επιπτώσεις στη χλωρίδα	48
3.2. Επιπτώσεις στην πανίδα.....	52
Κεφάλαιο 4^ο	57
Τρόποι αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής	57
4.1. Εισαγωγή.....	57
4.2. Μέθοδοι αντιμετώπισης	60
4.3. Οργανισμοί και δράσεις	64
4.4. Ο ρόλος της πολιτείας.....	68

4.5.Ατομική ευθύνη.....	70
Κεφάλαιο 5^ο	72
Συζήτηση	72
Κεφάλαιο 6^ο	75
Συμπεράσματα	75

Εισαγωγή

Το κλιματικό σύστημα είναι ένα σύνθετο σύστημα αλληλεπίδρασης της ατμόσφαιρας, της επιφάνειας της γης, του χιονιού και του πάγου, του ωκεανού και άλλων υδάτινων συστημάτων, καθώς και των έμβιων οργανισμών. Το κλίμα εξελίσσεται κάτω από την επίδραση της εσωτερικής του δυναμικής και εξωτερικών παραγόντων αναπτύσσοντας τους δικούς του μηχανισμούς απόκρισης. Οι εξωτερικοί παράγοντες περιλαμβάνουν φυσικά φαινόμενα, όπως εκρήξεις ηφαιστειών και μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και ανθρωπογενείς αλλαγές στην ατμοσφαιρική σύνθεση. Είναι προφανές ότι οι αλλαγές του κλίματος του πλανήτη επηρεάζουν τόσο τη ζωή των ανθρώπων όσο και τα οικοσυστήματα από τα οποία εξαρτάται η ανθρωπότητα. Για τον λόγο αυτό, η κλιματική αλλαγή βρίσκεται στο επίκεντρο της εντατικής επιστημονικής έρευνας και του δημόσιου και πολιτικού διαλόγου.

Μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση, οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από την καύση ορυκτών καυσίμων, την αποψίλωση των δασών και τις γεωργικές πρακτικές έχουν οδηγήσει στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την αλλαγή του κλιματικού συστήματος. Οι παρατηρούμενες και αναμενόμενες αλλαγές στο κλίμα περιλαμβάνουν υψηλότερες θερμοκρασίες, αλλαγές στις βροχοπτώσεις, στη συχνότητα και την κατανομή των καιρικών φαινομένων, όπως ξηρασίες, καταιγίδες, πλημμύρες και κύματα καύσωνα, άνοδο της στάθμης της θάλασσας, και επακόλουθες επιπτώσεις σε ανθρώπινα και φυσικά οικοσυστήματα.

Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα είναι καταστροφικές και πως αποτελούν μια υπαρξιακή απειλή για τον ανθρώπινο πολιτισμό. Η ανθρωπότητα είναι ήδη αντιμέτωπη με προβλήματα που πηγάζουν από τις μεταβολές στο κλίμα, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, τα ακραία καιρικά φαινόμενα που οδηγούν σε πλημμύρες και ξηρασίες, η μόλυνση των υδάτων, λιμνών, ποταμών, θαλασσών, η εξαφάνιση ειδών της χλωρίδας και της πανίδας. Ολόκληρα οικοσυστήματα απειλούνται

με υποβάθμιση της ποιότητας ζωής τους και επακολούθως απειλείται η υγεία και ευημερία της ανθρώπινης κοινότητας.

Το μείζον περιβαλλοντικό ζήτημα της κλιματικής αλλαγής απαιτεί τη λήψη μέτρων από την πλευρά της διεθνούς πολιτικής κοινότητας με στόχο την αποτροπή ή τον μετριασμό των επιπτώσεων για τους ανθρώπους και τα ευάλωτα οικοσυστήματα. Στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιείται ανάληψη δράσεων από οργανισμούς κυβερνητικούς και μη, ενώ εντείνεται η προσπάθεια για ατομική ευαισθητοποίηση και πρωτοβουλία για τη διάσωση του κλίματος και κατ' επέκταση του πλανήτη. Όπως χαρακτηριστικά έχει αναφέρει ο Κόφι Αννάν, πρώην Γενικός Γραμματέας των Ηνωμένων Εθνών, η κλιματική αλλαγή δεν είναι απλώς ένα περιβαλλοντικό ζήτημα. Είναι μια συνολικότερη απειλή. Η υπερθέρμανση της γης απαιτεί την ίδια προσοχή όπως οι πόλεμοι, η φτώχεια και η εξάπλωση των όπλων μαζικής καταστροφής. Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα είναι οικονομικά πιο διαχειρίσιμη στο παρόν από την αντιμετώπιση των μη αναστρέψιμων συνεπειών στο μέλλον (Umwelt Bundes Amt, n.d.). Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής εύλογα εγείρει την προσοχή της επιστήμης και της κοινωνίας, προκαλεί τους θεσμούς της παγκόσμιας διακυβέρνησης και πυροδοτεί νέα κοινωνικά κινήματα.

Η παρούσα εργασία στηρίζεται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση και έχει ως σκοπό να αναλύσει τις επιπτώσεις που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή στο φυσικό περιβάλλον συμβάλλοντας σε ακραίες καιρικές και κλιματικές καταστάσεις και σε υποβάθμιση των βιοτόπων και επηρεάζοντας σε κρίσιμο βαθμό τη ζωή στον πλανήτη. Η εργασία δομείται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται η έννοια της κλιματικής αλλαγής, η σταδιακή της εμφάνιση, οι κύριες αιτίες που την προκαλούν και παρουσιάζονται ως παραδείγματα ακραία φαινόμενα που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση των φυσικών φαινομένων που εκδηλώνονται με ιδιαίτερη ένταση λόγω των μεταβολών στο κλίμα, όπως οι πυρκαγιές στα δάση, οι ξηρασίες και οι πλημμύρες, η υποχώρηση των παγετώνων και η άνοδος της στάθμης θάλασσας κ.ά. Το τρίτο κεφάλαιο πραγματεύεται τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον, με έμφαση στις επιπτώσεις στη χλωρίδα και στην πανίδα. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται λόγος για τους τρόπους αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, με ιδιαίτερη αναφορά στις μεθόδους αντιμετώπισης, στις δράσεις

των οργανισμών, στον ρόλο της πολιτείας και στην ατομική ευθύνη όσον αφορά στη διαχείριση της περιβαλλοντικής πρόκλησης. Η εργασία ολοκληρώνεται με συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 1°

Κλιματική αλλαγή

Το κλίμα είναι ο μέσος όρος των καιρικών συνθηκών σε ένα συγκεκριμένο σημείο της γης. Συνήθως, το κλίμα εκφράζεται σε όρους αναμενόμενης θερμοκρασίας, βροχοπτώσεων και ανέμων με βάση ιστορικές παρατηρήσεις. Η κλιματική αλλαγή είναι μια αλλαγή είτε του μέσου όρου του κλίματος είτε της κλιματικής μεταβλητότητας που παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Οι παγκόσμιες θερμοκρασίες αυξάνονται σταδιακά για περισσότερο από έναν αιώνα σημειώνοντας ακόμα πιο ραγδαία αύξηση τα τελευταία 30 έτη, ώστε σήμερα καταγράφουν τα υψηλότερα επίπεδα. Οι μετρήσεις δείχνουν ότι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης έχει αυξηθεί κατά περίπου 1°C συγκριτικά με την προβιομηχανική περίοδο. Δεκαεπτά από τα δεκαοκτώ θερμότερα έτη έχουν καταγραφεί τον 21° αιώνα και καθεμιά από τις τρεις τελευταίες δεκαετίες είναι θερμότερη από την προηγούμενη (Climate change explained, n.d.).

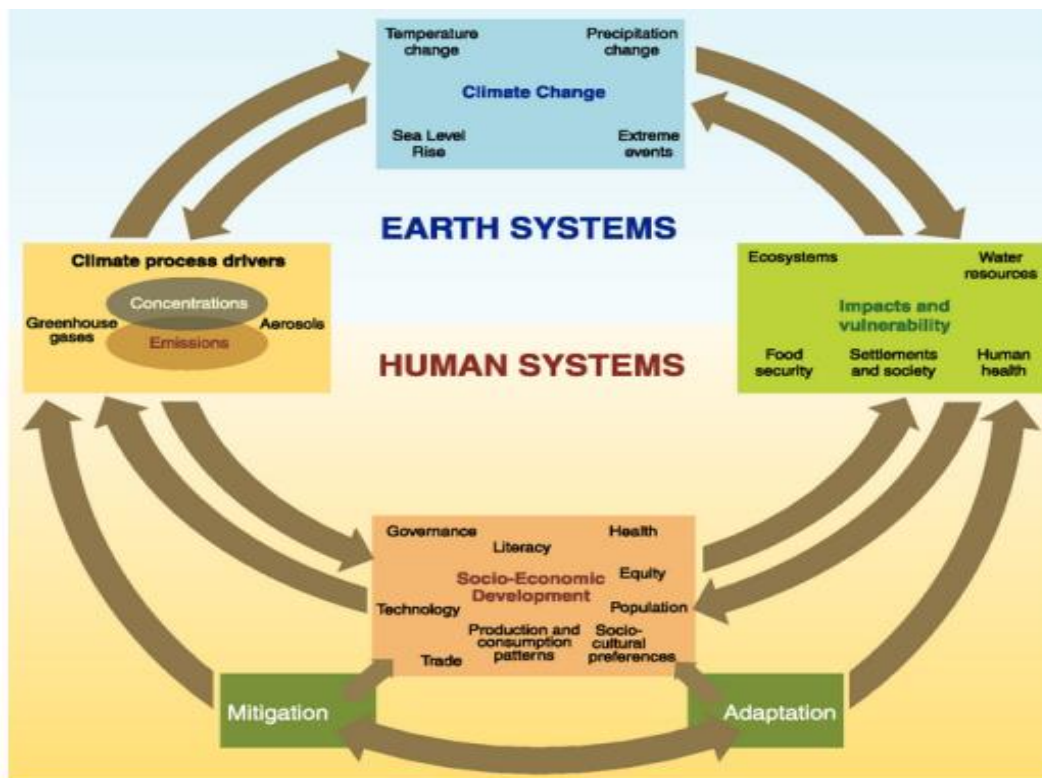
Κλιματικοί επιστήμονες έχουν μελετήσει το κλίμα της γης για πάνω από 100 χρόνια παρακολουθώντας τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις αξιοποιώντας και άλλα στοιχεία, όπως στρώματα βράχων, απολιθώματα και πυρήνες πάγου προκειμένου να οδηγηθούν σε συμπεράσματα για τη γεωλογική ιστορία του πλανήτη 100.000 χρόνια πριν. Έχει διαπιστωθεί λοιπόν ότι η θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 1°C τα τελευταία 100 χρόνια και αν αυτή η υπερθέρμανση συνεχιστεί, τότε ο πλανήτης βρίσκεται σε μεγάλο κίνδυνο. Το λιώσιμο των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής, οι καύσωνες, οι πλημμύρες, οι τυφώνες, η μείωση του pH των ωκεανών, η εξάπλωση ασθενειών αποτελούν ήδη κάποιες από τις επιβλαβείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (WWF(a), n.d.).

Η κλιματική αλλαγή σχετίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως αναφέρουν οι επιστήμονες. Η ανθρώπινη δραστηριότητα απελευθερώνει αέρια του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, νιτρώδη αέρια) στην ατμόσφαιρα. Ο μεγαλύτερος συντελεστής στο φαινόμενο της υπερθέρμανσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο

απελευθερώνεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, τις αγροτικές δραστηριότητες, την καταστροφή των δασών. Αυτές οι εκπομπές προκαλούν το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» κατά το οποίο η θερμότητα παγιδεύεται και η γη γίνεται θερμότερη σε τέτοιο βαθμό που δεν μπορεί να αποδοθεί μόνο σε φυσικά αίτια. Το φαινόμενο αυτό συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή, η οποία επηρεάζει τόσο τα καιρικά φαινόμενα όσο και τα ανθρώπινα και τα φυσικά οικοσυστήματα (WWF, 2019).

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής εκδηλώνεται με την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, τα ακραία φαινόμενα, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, τη συρρίκνωση των στρωμάτων πάγου και την υποχώρηση των παγετώνων. Η κλιματική αλλαγή συμβαίνει μέσα από μια αλυσίδα γεγονότων και μπορεί να παρατηρηθεί τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι βασικοί συντελεστές του φαινομένου είναι οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την ενέργεια και τη μεταφορά. Οι εκπομπές αυτές οδηγούν σε υψηλές ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα, οι οποίες με τη σειρά τους εμποδίζουν τη θερμότητα να διαφύγει από τη γη προξενώντας αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας και κατά συνέπεια μεταβάλλοντας τα κλιματικά μοτίβα. Οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων πιο έντονες καταιγίδες, αλλαγές στη γεωργική παραγωγικότητα, λειψυδρία, αποχρωματισμό των κοραλλιών (UN, 2016).

Ένα άλλο σημαντικό μέρος της αλληλουχίας της κλιματικής αλλαγής είναι οι διαδικασίες μετριασμού και προσαρμογής. Ο μετριασμός στοχεύει στη μείωση των πηγών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ η προσαρμογή σχετίζεται με την απόκριση των φυσικών και ανθρώπινων συστημάτων σε πραγματικά ή αναμενόμενα κλιματικά ερεθίσματα και αποσκοπεί στον περιορισμό των καταστροφικών επιπτώσεων που παρατηρούνται μετά την εκδήλωση ακραίων γεγονότων (εικ. 1) (UN, 2016).



Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση των ανθρωπογενών παραγόντων, των επιπτώσεων και της απόκρισης στην κλιματική αλλαγή και οι σχέσεις τους

Πηγή: UN (2016)

Η Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής του 2007 για την Κλιματική Αλλαγή έθεσε με σαφήνεια το πρόβλημα της αύξησης της θερμοκρασίας του κλίματος. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, έχουν οδηγήσει στην υπερθέρμανση του πλανήτη, με τη μέση θερμοκρασία να έχει αυξηθεί κατά 0,74°C σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο. Σύμφωνα με τους επιστήμονες, αυτή είναι η μεγαλύτερη και ταχύτερη αύξηση στη θερμοκρασία που έχει σημειωθεί στην ιστορία της γης. Η έκθεση της IPCC παρέχει λεπτομερείς προβλέψεις για τον 21^ο αιώνα σχετικά με την επιτάχυνση του ρυθμού της υπερθέρμανσης. Έως το 2100 υπολογίζεται ότι η γη θα μπορούσε να θερμανθεί από 1,8°C έως 4 °C. Το ανθρώπινο είδος έχει προσαρμοστεί στις μεταβολές του κλίματος στο πέρασμα των αιώνων. Ωστόσο, η κλιματική πρόκληση της σύγχρονης εποχής έγκειται στο γεγονός ότι σε παγκόσμια κλίμακα η μεταβλητότητα του κλίματος μπορεί να επηρεάσει τις αποφάσεις

των ανθρώπων με συνέπειες για τις κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές συνθήκες που συνδέονται άρρηκτα με τα βιοποριστικά μέσα και την ίδια τους τη ζωή (UNFCCC, n.d.).

1.1. Η έννοια της κλιματικής αλλαγής και η σταδιακή εμφάνισή της

Σύμφωνα με τη Σύμβαση Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή (FCCC), η μεταβολή του κλίματος που αποδίδεται άμεσα ή έμμεσα στην ανθρώπινη δραστηριότητα και τροποποιεί τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας, η οποία παρατηρείται από κοινού με τη μεταβλητότητα του φυσικού κλίματος σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους, ορίζεται ως κλιματική αλλαγή. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) ορίζει την κλιματική αλλαγή ευρύτερα ως μια αλλαγή στο κλίμα που συμβαίνει με την πάροδο του χρόνου και είτε οφείλεται στη φυσική μεταβλητότητα είτε προκαλείται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Αυτοί δύο ορισμοί πολιτικά και επιστημονικά δεν είναι συμβατοί και η έλλειψη συνοχής μεταξύ τους έχει συμβάλει στο σημερινό διεθνές αδιέξοδο της κλιματικής πολιτικής (Pielke, 2004).

Η κλιματική αλλαγή είναι μια μακροπρόθεσμη μεταβολή στο κλίμα ενός συγκεκριμένου τόπου, μιας ευρύτερης περιοχής ή του πλανήτη. Η μεταβολή αυτή μετριέται με βάση τα χαρακτηριστικά της μέσης θερμοκρασίας, των διακυμάνσεων των ανέμων και των βροχοπτώσεων. Η NASA ορίζει την κλιματική αλλαγή ως το σύνολο των παγκόσμιων φαινομένων που προκαλούνται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων, η οποία απελευθερώνει αέρια που παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα της γης. Αυτά τα φαινόμενα περιλαμβάνουν τις αυξημένες θερμοκρασιακές τάσεις, αλλά και αλλαγές όπως την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την απώλεια μάζας πάγου στη Γροιλανδία, στην Ανταρκτική, στην Αρκτική, την τήξη των παγετώνων εν γένει, τις μεταβολές στην ανθοφορία των λουλουδιών και φυτών, τα ακραία καιρικά φαινόμενα (NASA, n.d.).

Το κλίμα της γης πάντοτε υπόκειτο σε αλλαγή. Οι αλλαγές στην τροχιά της γης, η παραγωγή ενέργειας του ήλιου, η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η γεωγραφική κατανομή των χερσαίων μαζών της γης και άλλες εσωτερικές ή εξωτερικές διεργασίες μπορούν να επηρεάσουν το κλίμα. Οι επιστήμονες αναφέρονται σε αυτό το είδος μακροπρόθεσμης κλιματικής αλλαγής ως «φυσική κλιματική αλλαγή». Ως αποτέλεσμα αυτής η γη έχει βιώσει στο παρελθόν ψυχρές περιόδους σε τακτά διαστήματα (εποχές παγετώνων), όταν

οι παγετώνες κάλυπταν μεγάλα τμήματα της επιφάνειας της γης. Η γη έχει επίσης βιώσει θερμότερες περιόδους όταν η στάθμη της θάλασσας ήταν πολύ υψηλότερη από ό,τι είναι σήμερα. Στη μακροπρόθεσμη ιστορία της γης, η τρέχουσα περίοδος χαρακτηρίζεται από ένα σχετικά ζεστό, σταθερό κλίμα που έχει διαρκέσει από το τέλος της τελευταίας εποχής των παγετώνων, πριν από 11.700 έτη. Αυτή η περίοδος είναι γνωστή στους γεωλόγους ως «Ολόκαινο» και είναι η περίοδος στην οποία άνθισε ο ανθρώπινος πολιτισμός.

Ωστόσο, οι επιστημονικές παρατηρήσεις δείχνουν ότι το κλίμα της γης αλλάζει πλέον λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και αυτό συνιστά την «ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή». Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικών οχημάτων και η αποψίλωση των δασών, απελευθερώνουν αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, όπου συσσωρεύονται. Τα αέρια αυτά επιτρέπουν στην ακτινοβολία του ήλιου να διέλθει παγιδεύοντας μέρος της θερμότητας στη γη. Το φαινόμενο αυτό αποκαλείται «φαινόμενο του θερμοκηπίου» και προκαλεί την υπερθέρμανση του πλανήτη, μια αύξηση στη μέση θερμοκρασία της γης. Αν και οι όροι «κλιματική αλλαγή» και «υπερθέρμανση του πλανήτη» χρησιμοποιούνται συχνά εναλλακτικά, η κλιματική αλλαγή είναι ένας ευρύτερος όρος που ενσωματώνει τόσο την υπερθέρμανση του πλανήτη όσο και άλλες παρατηρούμενες αλλαγές στο κλίμα (Riedy, n.d.).

Οι μεγαλύτερες κλιματικές διακυμάνσεις παγκόσμιας κλίμακας στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν της γης είναι οι κύκλοι της εποχής των παγετώνων, ήτοι ψυχρές παγετώδεις περίοδοι που ακολουθούνται από μικρότερες θερμές περιόδους. Αυτοί οι φυσικοί κύκλοι, τελευταία, επανεμφανίζονται περίπου κάθε 100.000 χρόνια και συμβαδίζουν με αργές αλλαγές στην τροχιά της γης που αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο κατανέμεται η ενέργεια του ήλιου ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και ανά εποχή στη γη. Αυτές οι αλλαγές από μόνες τους δεν επαρκούν για να προκαλέσουν το παρατηρούμενο μέγεθος της μεταβολής της θερμοκρασίας ούτε να επηρεάσουν το κλίμα του πλανήτη στο σύνολό του. Αντίθετα, οδηγούν σε αλλαγές που αφορούν στην έκταση των στρωμάτων πάγου και στην ύπαρξη σε αφθονία του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου ενισχύοντας τη μεταβολή της θερμοκρασίας η οποία προωθεί μια παγκόσμια μετάβαση από το θερμό στο ψυχρό ή το αντίστροφο. Οι πρόσφατες εκτιμήσεις για την αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας από το τέλος της

τελευταίας εποχής των παγετώνων είναι 4 έως 5°C. Αυτή η αλλαγή συνέβη σε μια περίοδο περίπου 7.000 ετών ξεκινώντας πριν από 18.000 χρόνια. Τα τελευταία 200 χρόνια το διοξείδιο του άνθρακα έχει αυξηθεί σε ποσοστό 40% συμβάλλοντας στην αλλαγή του ενεργειακού προϋπολογισμού του πλανήτη. Αυτή η ταχύτητα θέρμανσης είναι δέκα φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με αυτή στο τέλος μιας εποχής των παγετώνων που είναι η ταχύτερη και πιο παρατεταμένη φυσική αλλαγή σε παγκόσμια κλίμακα (The National Academy of Sciences; The Royal Society, 2014).

1.2. Τα αίτια της κλιματικής αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή προκαλείται τόσο από φυσικά φαινόμενα όσο και από ανθρώπινες παρεμβάσεις στο περιβάλλον. Οι φυσικές αιτίες είναι το αποτέλεσμα των διακυμάνσεων στην τροχιά της γης, στη ροή των ωκεανών, στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι ανθρώπινες αιτίες σχετίζονται μεταξύ άλλων με την αποψίλωση των δασών, την ατμοσφαιρική ρύπανση, τις κακές γεωργικές πρακτικές, όπως την καύση θάμνων ή την αλόγιστη εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων, με την καύση ορυκτών καυσίμων, την αστικοποίηση, την εκβιομηχάνιση, το ανεπαρκές σύστημα μεταφορών (Ajibola, 2018).

Μελέτες δείχνουν ότι η ηλιακή μεταβλητότητα έχει παίξει ρόλο στις κλιματικές αλλαγές του παρελθόντος. Για παράδειγμα, μια μείωση της ηλιακής δραστηριότητας πιστεύεται ότι βοήθησε στην πυροδότηση της Μικρής Εποχής των Παγετώνων μεταξύ 1650 και 1850 περίπου, όταν η Γροιλανδία ψύχθηκε από το 1410 έως το 1720 και οι παγετώνες προχώρησαν στις Άλπεις. Ωστόσο, μια σειρά από στοιχεία αποδεικνύουν ότι η τρέχουσα υπερθέρμανση του πλανήτη δεν μπορεί να ερμηνευθεί από τις αλλαγές στην ηλιακή ενέργεια. Από το 1750 η μέση ποσότητα της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο είτε παρέμεινε σταθερή είτε αυξήθηκε ελαφρά. Εάν η αύξηση της θερμότητας προκαλείτο από έναν πιο ισχυρό ήλιο, τότε οι υψηλότερες θερμοκρασίες θα έπρεπε να παρατηρούνται σε όλα τα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αντίθετα, έχει παρατηρηθεί ψύξη στην ανώτερη ατμόσφαιρα και θερμότητα στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αυτό συμβαίνει διότι τα αέρια του θερμοκηπίου παγιδεύουν τη θερμότητα στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας (Lockwood, 2009).

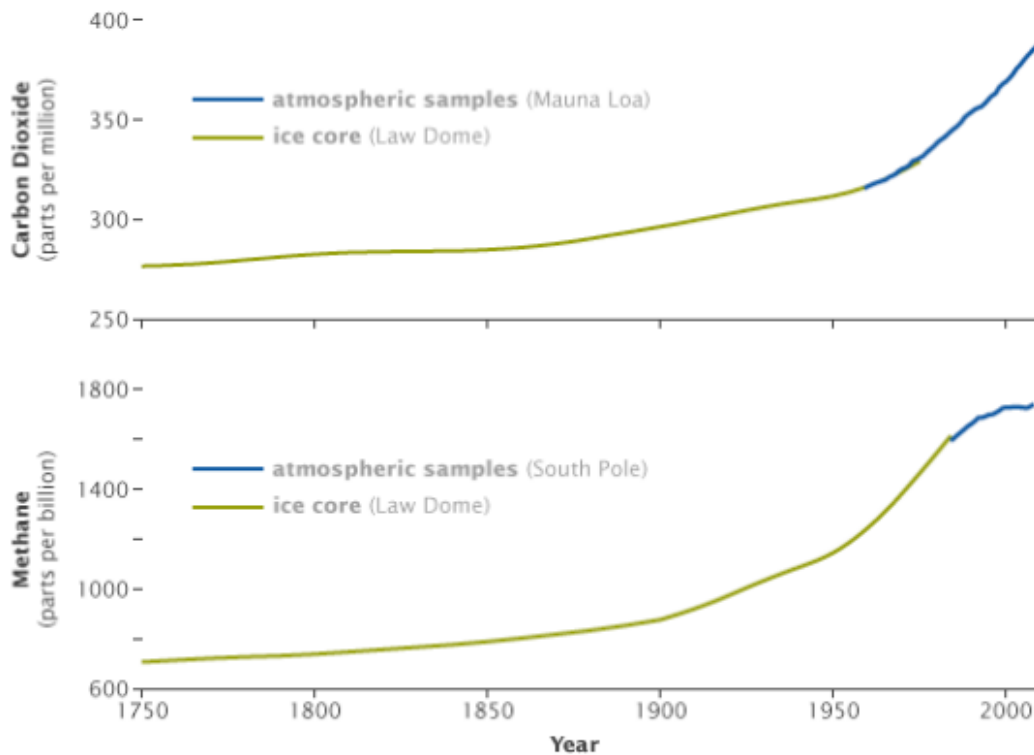
Οι περισσότεροι επιστήμονες συμφωνούν ότι η κύρια αιτία της τρέχουσας τάσης υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι η ανθρώπινη επέκταση των ενεργειών που προκαλούν το «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Συγκεκριμένα αέρια στην ατμόσφαιρα εμποδίζουν τη διαφυγή της θερμότητας. Τα μακρόβια αέρια που παραμένουν ημι-μόνιμα στην ατμόσφαιρα και δεν ανταποκρίνονται φυσικά ή χημικά στις αλλαγές της θερμοκρασίας περιγράφονται ως «αναγκαστική» αλλαγή του κλίματος, ενώ τα αέρια, όπως οι υδρατμοί, που αντιδρούν με φυσικό ή χημικό τρόπο στις αλλαγές της θερμοκρασίας θεωρούνται ως «ανάδραση». Τα αέρια που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι (Ajibola, 2018):

- Υδρατμοί: συνιστούν το αέριο θερμοκηπίου που είναι άφθονο και λειτουργεί ως ανάδραση στο κλίμα. Οι υδρατμοί αυξάνονται καθώς η ατμόσφαιρα της γης θερμαίνεται, αντίστοιχα βέβαια αυξάνεται η πιθανότητα συγκέντρωσης των νεφών και των βροχοπτώσεων, καθιστώντας αυτούς τους μηχανισμούς ως τους πιο σημαντικούς μηχανισμούς ανάδρασης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Διοξείδιο του άνθρακα: αποτελεί ένα πολύ σημαντικό συστατικό της ατμόσφαιρας, το οποίο απελευθερώνεται μέσω φυσικών διεργασιών, όπως η αναπνοή και οι εκρήξεις ηφαιστείων, και μέσω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως η αποψίλωση των δασών, οι αλλαγές στη χρήση γης και η καύση ορυκτών καυσίμων. Οι άνθρωποι έχουν αυξήσει το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα κατά περισσότερο από ένα τρίτο από την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης. Αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα «αναγκαστικής» κλιματικής αλλαγής.
- Μεθάνιο: πρόκειται για αέριο υδρογονάνθρακα που παράγεται τόσο μέσω φυσικών πηγών όσο και μέσω ανθρώπινων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της αποσύνθεσης αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής, της γεωργίας και ιδιαίτερα της καλλιέργειας ρυζιού, καθώς και της διαχείρισης της κοπριάς των οικόσιτων ζώων. Σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα είναι πολύ πιο ενεργό αέριο ωστόσο υπάρχει σε μικρότερη ποσότητα στην ατμόσφαιρα.
- Οξείδιο του αζώτου: πρόκειται για ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται από πρακτικές καλλιέργειας του εδάφους, ιδιαίτερα από τη χρήση εμπορικών και

οργανικών λιπασμάτων, την καύση ορυκτών καυσίμων, την παραγωγή νιτρικού οξέος και την καύση βιομάζας.

- Χλωροφθοράνθρακες: αποτελούν συνθετικές ενώσεις εξ ολοκλήρου βιομηχανικής προέλευσης που χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Πλέον ρυθμίζονται σε μεγάλο βαθμό στην παραγωγή και στην απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα από διεθνή συμφωνία λόγω της ικανότητάς τους να συμβάλλουν στην καταστροφή του όζοντος.

Η ίδια η φύση συνεισφέρει στην κλιματική αλλαγή εκλύοντας διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από τις εκρήξεις των ηφαιστειών. Ωστόσο, η ποσότητα που εκλύεται από τα ηφαίστεια είναι σχετικά μικρή συγκρινόμενη με αυτή που προκαλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Σύμφωνα με τη NASA, τα ηφαίστεια εκλύουν 130-230 εκατομμύρια τόνους CO₂ κάθε έτος. Η καύση ορυκτών καυσίμων από την άλλη πλευρά απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα 26 δισεκατομμύρια τόνους CO₂ κάθε έτος. Ο Don Wuebbles, καθηγητής Ατμοσφαιρικών Επιστημών του Πανεπιστημίου του Ιλλινόις, βραβευμένος με το Νόμπελ Ειρήνης το 2007, υποστηρίζει ότι τα ηφαίστεια απελευθερώνουν CO₂ εδώ και εκατομμύρια χρόνια. Στην εποχή των δεινοσαύρων οι ποσότητες που εκλύονταν στην ατμόσφαιρα ήταν περίπου ίδιες με τις σημερινές. Το γεγονός αυτό, ωστόσο, δεν εξηγεί την αύξηση που έχει σημειωθεί τον τελευταίο αιώνα. Επομένως, η δραματική αύξηση στις εκπομπές CO₂ και μεθανίου αποδίδεται στην καύση ορυκτών καυσίμων, όπως πετρέλαιο, κάρβουνο και φυσικό αέριο για το 80% των ενεργειακών αναγκών των ανθρώπων. Το παρακάτω γράφημα (εικόνα 2), που έγινε με τη λήψη ενός δείγματος από πάγο και ενός από την ατμόσφαιρα, παρουσιάζει την αύξηση των εκπομπών CO₂ και μεθανίου τα τελευταία 250 χρόνια. Από το 1750 έως το 2009 τα επίπεδα CO₂ έχουν αυξηθεί κατά 38% και μεθανίου κατά 148% (Kaddo, 2016).

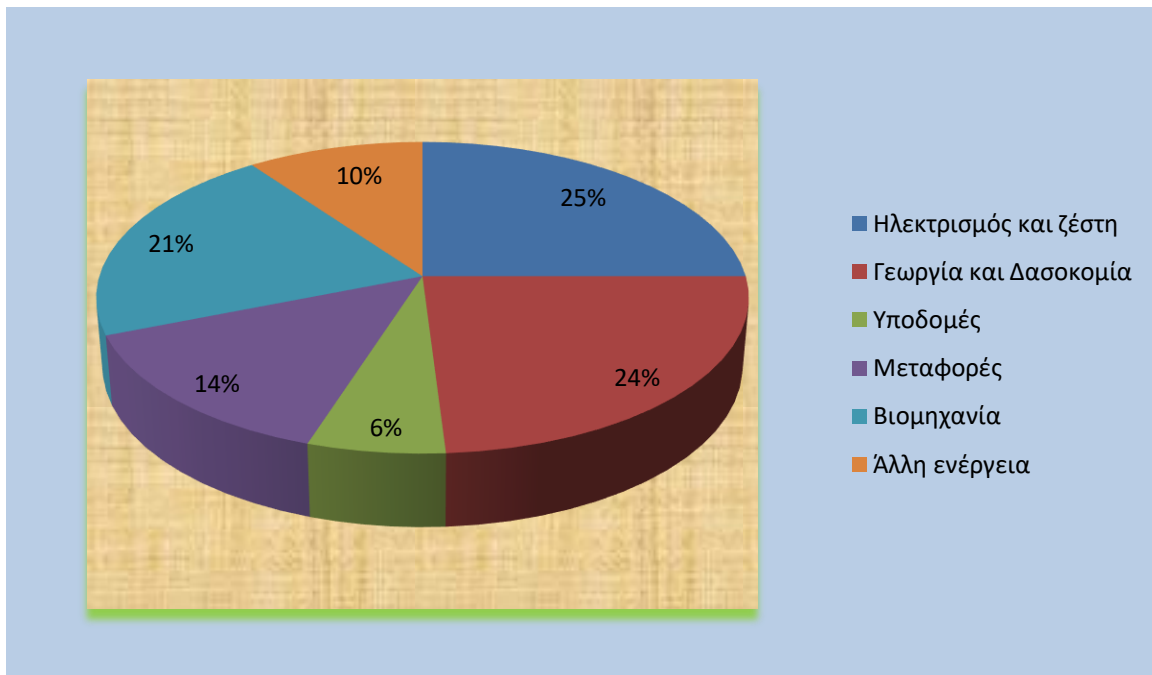


Εικόνα 2. Γράφημα έκλυσης CO₂ και μεθανίου (1750-2000)

Πηγή: Kaddo (2016)

Είναι κοινή η επιστημονική θέση ότι τα αέρια του θερμοκηπίου τα οποία εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου συμβάλλουν ουσιαστικά στην κλιματική αλλαγή. Ο Hossain (2018) υποστηρίζει ότι οι υδρατμοί υπάρχουν σε άφθονη ποσότητα στην ατμόσφαιρα, ωστόσο έχουν μικρή ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής. Ορισμένες ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν τα κατά τόπο επίπεδα των υδρατμών. Σε παγκόσμια κλίμακα, οι υδρατμοί ρυθμίζονται από τη θερμοκρασία, η οποία τελικά επηρεάζει τα συνολικά ποσοστά της εξάτμισης και των βροχοπτώσεων. Το όζον της τροπόσφαιρας είναι ένα από τα ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου με μικρή επίσης διάρκεια ζωής. Επιπλέον, οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC), οι υδροφθοράνθρακες (HFC) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) είναι αέρια που συλλέγονται και χρησιμοποιούνται συχνά σε ψυκτικά μέσα, πυροσβεστήρες, εντομοκτόνα, προωθητικά αερολύματα. Συγκεκριμένες ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν στη

συγκέντρωση σε μεγαλύτερη ένταση των περισσότερων φυσικών αερίων. Το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται στον αέρα όταν καίγονται τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας), τα στερεά απόβλητα, το ξύλο και τα προϊόντα ξύλου. Το μεθάνιο εκπέμπεται κατά την παραγωγή και μεταφορά άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου. Το υποξείδιο του αζώτου παράγεται κατά τη διάρκεια γεωργικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων, καθώς και μέσω της καύσης στερεών αποβλήτων και ορυκτών καυσίμων. Στο Γράφημα 1 αποτυπώνονται σε ποσοστά οι ανθρώπινες δραστηριότητες που ευθύνονται για την έκλυση των επιβλαβών αερίων του θερμοκηπίου.



Γράφημα 1. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από ανθρώπινη δραστηριότητα

Πηγή: Hossain (2018)

1.3. Ακραία καιρικά γεγονότα

Ως αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, ο τύπος, η συχνότητα και η ένταση των ακραίων γεγονότων, όπως οι τροπικοί κυκλώνες, συμπεριλαμβανομένων των τυφώνων, οι πλημμύρες, οι ξηρασίες και οι ισχυρές βροχοπτώσεις, αναμένεται να αυξηθούν ακόμη και με σχετικά μικρές αυξήσεις μέσης θερμοκρασίας. Αλλαγές σε ορισμένους τύπους ακραίων γεγονότων παρατηρούνται ήδη, για παράδειγμα αυξήσεις στη συχνότητα και ένταση των κυμάτων καύσωνα και έντονες βροχοπτώσεις (Meehl et al., 2007, όπ. αναφ. στο UNFCCC, n.d.).

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής ευθύνεται για ένα πλήθος φυσικών απειλών, ακραίων καιρικών και κλιματικών γεγονότων και καταστροφών. Οι φυσικοί κίνδυνοι αποτελούν φυσικές διαδικασίες ή φαινόμενα που μπορούν να προκαλέσουν απώλεια ζωής, τραυματισμό ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία, καταστροφή περιουσίας, απώλεια βιοποριστικών μέσων, κοινωνική, οικονομική ή περιβαλλοντική καταστροφή. Ο όρος «ακραία γεγονότα» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις αρνητικές επιπτώσεις που επέρχονται μετά την εκδήλωση των γεγονότων αυτών. Οι φυσικοί κίνδυνοι και τα ακραία γεγονότα εμπίπτουν στο ίδιο πλαίσιο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά. Μια καταστροφή είναι το αποτέλεσμα της σοβαρότητας ενός φυσικού κινδύνου και ενός ακραίου γεγονότος σε συνδυασμό με την αδυναμία αντιμετώπισης των αρνητικών επιπτώσεων. Παραδείγματα ακραίων γεγονότων είναι οι τυφώνες, οι ξηρασίες, οι πλημμύρες, οι δασικές πυρκαγιές. Ο τυφώνας Sandy τον Οκτώβριο του 2012 που επηρέασε την Καραϊβική Θάλασσα και την ανατολική ακτή της Αμερικής ή οι πλημμύρες το καλοκαίρι του 2010 που υπερκάλυψαν μεγάλα τμήματα του Πακιστάν αποτελούν ακραία φαινόμενα που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή (Banholzer et al., 2014).

Συγκεκριμένα παραδείγματα μεταβολών του κλιματικού συστήματος στον πλανήτη επιβεβαιώνουν την κλιματική πρόκληση η οποία εκδηλώνεται με διάφορες αλλαγές που παρατηρούνται στον πλανήτη:

- Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας: η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της γης έχει αυξηθεί κατά ένα 1°C από τον 19^ο αιώνα. Η μεταβολή αυτή οφείλεται στις αυξημένες εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα και σε άλλες ανθρώπινες

δραστηριότητες. Η μεγαλύτερη αύξηση συντελέστηκε τα τελευταία 40 έτη, ενώ τα επτά τελευταία έτη είναι τα πιο θερμά σε αυτό το χρονικό διάστημα (NASA, 2017).



Εικόνα 3. Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας

Πηγή: NASA (2017)

- Υπερθέρμανση των ωκεανών: οι ωκεανοί έχουν απορροφήσει μεγάλες ποσότητες της αύξησης της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα η επιφάνειά τους σε βάθος 100 μέτρων να παρουσιάζει αύξηση θερμοκρασίας κατά $0,33^{\circ}\text{C}$ από το 1969 (Levitus et al., 2017).



Εικόνα 4. Υπερθέρμανση των ωκεανών

Πηγή: NASA (2017)

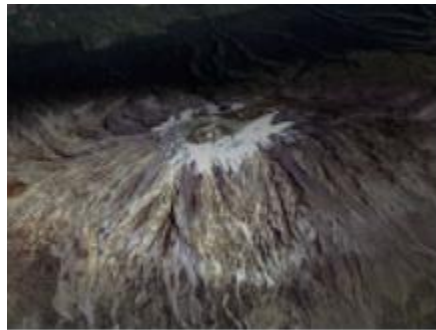
- Συρρίκνωση των στρωμάτων πάγου: στη Γροιλανδία τα στρώματα πάγου έχουν συρρικνωθεί κατά μέσο όρο 279 δισεκατομμύρια τόνους ανά έτος και αντίστοιχα στην Ανταρκτική κατά μέσο όρο 148 δισεκατομμύρια τόνους ανά έτος από το 1993 έως το 2019 (Velicogna et al., 2020).



Εικόνα 5. Συρρίκνωση των στρωμάτων πάγου

Πηγή: NASA (2017)

- Υποχώρηση των παγετώνων: οι παγετώνες υποχωρούν σε όλη την έκταση της γης- στις Άλπεις, στα Ιμαλάια, στις Άνδεις, στην Αλάσκα -με πρωτοφανείς ρυθμούς κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα. Η ραγδαία υποχώρηση είναι δυνατό να οδηγήσει στην εξαφάνισή τους τις επόμενες δεκαετίες. Εξαιτίας της αργής μετατόπισης των παγετώνων οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορεί να χρειαστούν δεκάδες χρόνια ωστόσο κάνουν την εμφάνισή τους (NSIDC, n.d.).



Εικόνα 6. Υποχώρηση των παγετώνων

Πηγή: NSIDC (n.d.)

- Λιώσιμο του χιονιού: οι δορυφορικές παρατηρήσεις αποκαλύπτουν ότι η ποσότητα του χιονιού κατά την άνοιξη στο βόρειο ημισφαίριο της γης έχει μειωθεί τα τελευταία 50 χρόνια και πως το χιόνι λιώνει νωρίτερα. Χωρίς την κάλυψη του χιονιού το έδαφος απορροφά τέσσερις έως έξι φορές περισσότερη ηλιακή ενέργεια (NSIDC(a), n.d.).



Εικόνα 7. Λιώσιμο του χιονιού

Πηγή: NSIDC(a) (n.d.)

- Άνοδος της στάθμης της θάλασσας: η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά 20 εκατοστά στη διάρκεια του περασμένου αιώνα. Ωστόσο, τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχει σχεδόν διπλασιαστεί και κάθε χρόνο επιταχύνεται ελαφρώς. Ο ρυθμός ανόδου αναμένεται να αυξηθεί με το λιώσιμο των πάγων και την υπερθέρμανση των ωκεανών (Nerem et al., 2018).

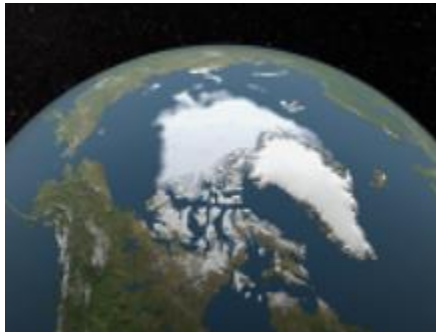


Εικόνα 8. Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

Πηγή: NSIDC(b) (n.d.)

- Μείωση του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής: ο θαλάσσιος πάγος είναι παγωμένο θαλασσινό νερό που επιπλέει στην επιφάνεια του ωκεανού. Καλύπτοντας εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, οι θαλάσσιοι πάγοι σχηματίζονται και λιώνουν επηρεάζοντας τόσο την ανθρώπινη δραστηριότητα όσο και το φυσικό οικοσύστημα. Τόσο η έκταση όσο και το πάχος του θαλάσσιου πάγου της

Αρκτικής, που κατέχει κρίσιμο ρόλο στη ρύθμιση του κλίματος του πλανήτη, έχουν μειωθεί ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες (NSIDC(c), n.d.).



Εικόνα 9. Μείωση του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής

Πηγή: NSIDC(c) (n.d.)

- Ακραία γεγονότα: ο αριθμός των γεγονότων με ρεκόρ υψηλών θερμοκρασιών στις ΗΠΑ αυξάνεται, ενώ των γεγονότων με ρεκόρ χαμηλών θερμοκρασιών μειώνεται από το 1950. Επιπλέον, οι ΗΠΑ αντιμετωπίζουν αυξανόμενο αριθμό γεγονότων εξαιρετικά έντονων βροχοπτώσεων (USGCRP, 2017).



Εικόνα 10. Ακραία γεγονότα

Πηγή: USGCRP (2017)

Κεφάλαιο 2^ο

Φυσικά φαινόμενα ως προέκταση της κλιματικής αλλαγής

2.1. Μαζικές εξαφανίσεις ειδών

Η βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων και η επιβίωση των ειδών αποτελεί έναν από τους πιο καίριους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής. Οι επιστήμονες προβλέπουν ότι ορισμένα είδη θα εξαφανιστούν εντελώς ή θα συμβούν γεωγραφικές μετατοπίσεις ανάλογα με τους κλιματικούς τύπους που θα επικρατήσουν ανά περιοχή. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό για τη Συντήρηση της Φύσης (IUCN), μόνο 20 από τα 864 παγκόσμια είδη θεωρείται ότι βρίσκονται υπό εξαφάνιση λόγω της κλιματικής αλλαγής (Cahill et al., 2013).

Δεδομένου ότι η παρατηρούμενη και προβλεπόμενη κλιματική αλλαγή είναι μεγαλύτερη προς τους πόλους, η προσοχή στρέφεται σε περιβάλλοντα μεγάλου γεωγραφικού πλάτους με τις πολικές αρκούδες να μοιάζουν πλέον ως εικονικό είδος. Τα τροπικά έντομα είναι πιο ευαίσθητα στη θερμότητα διότι ζουν ήδη κοντά στο όριο της κλιματικής ανοχής τους, ενώ τα έντομα των περιοχών με μεγάλο γεωγραφικό πλάτος μπορεί να αυξηθούν ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας. Επιπλέον, άλλα τροπικά είδη είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην κλιματική αλλαγή λόγω της μικρής ικανότητας διασποράς τους σε γεωγραφικές περιοχές, γεγονός που θα οδηγήσει στην εξαφάνισή τους. Τα βιοκλιματικά μοντέλα δείχνουν ότι πολλά είδη, όπως το μαμούθ, μειώθηκαν δραστικά σε αριθμό κατά την περίοδο της απομάκρυνσης των παγετώνων, ενώ άλλα μεγάλα είδη πανίδας επιβίωσαν σε πολλές παρόμοιες κλιματικές αλλαγές στο παρελθόν. Σήμερα, η υπερθέρμανση θα οδηγήσει πολλά είδη που δεν έχουν βιώσει στο παρελθόν αντίστοιχη εμπειρία στην εξαφάνιση για έναν πρόσθετο λόγο. Σε προηγούμενες κλιματικές αλλαγές τα είδη μετατοπίστηκαν χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Ωστόσο, σήμερα ο άνθρωπος κυριαρχεί στα οικοσυστήματα εμποδίζοντας τη διασπορά και συμβάλλοντας στην καταστροφή των οικοτόπων και στην υπερεκμετάλλευση των ειδών σε συνδυασμό με τις απειλές της κλιματικής αλλαγής (Jansson, 2009).

Η μελέτη του Gerlach (2010) στα οικοσυστήματα και τους πληθυσμούς στα νησιά Σεϋχέλλες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον αναφορικά με τις εξαφανίσεις των ειδών. Η εξέταση ενός θαλάσσιου χόρτου και της λιμνοθάλασσας στον νησί Silhouette δείχνει ότι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας προκαλεί αλλαγές στα υφιστάμενα μοτίβα στον ύφαλο. Οι πιέσεις που ασκούνται στο θαλάσσιο χόρτο οδηγούν σε θάνατο των φυτών σε μεγάλο μέρος του υφάλου και σε απώλεια της σταθεροποιητικής λειτουργίας του θαλάσσιου χόρτου. Η διάβρωση του ύφαλου έχει καταστήσει τον βιότοπο ακατάλληλο για τη διαβίωση ορισμένων ειδών της λιμνοθάλασσας. Έχουν επίσης καταγραφεί σημαντικές αλλαγές στους πληθυσμούς των ψαριών με πιθανή εξαφάνιση του είδους *Asterropteryx gubbina*. Πρόκειται για την πρώτη αναφορά πιθανής εξαφάνισης ειδών για την οποία η άνοδος της στάθμης της θάλασσας φαίνεται να είναι η κύρια αιτία. Επιπλέον, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας προκαλεί αυξημένη θαλάσσια εισβολή στον οικότοπο των ποταμών, γεγονός που έχει οδηγήσει σε μείωση του πληθυσμού *Parioglossus multiradiatus*, ο οποίος θεωρείται ότι κινδυνεύει με εξαφάνιση. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι επίσης εμφανείς στα συστήματα της ξηράς. Την αποσταθεροποίηση μιας υβριδικής ζώνης που οδήγησε στην εξαφάνιση του σαλιγκαριού *Pachnodus velutinus* το 1994 ακολούθησε μια περίοδος μειωμένων βροχοπτώσεων. Τα παραπάνω αποτελέσματα συνηγορούν στην άποψη ότι η κλιματική αλλαγή μπορεί να είναι ένας από τους κύριους παράγοντες εξαφάνισης.

Οι παράγοντες που συντελούν στις εξαφανίσεις ειδών λόγω της κλιματικής αλλαγής μπορούν να ταξινομηθούν σε αβιοτικούς και βιοτικούς (Cahill et al., 2013):

A. Αβιοτικοί παράγοντες

- i. Θερμοκρασία: ο πιο προφανής παράγοντας που ευθύνεται για την εξαφάνιση των ειδών είναι η θερμοκρασία που υπερβαίνει το όριο φυσιολογικής ανοχής των ειδών. Αυτός ο παράγοντας είναι πιο σημαντικός σε οργανισμούς με περιορισμένη θερμορρυθμιστική ικανότητα, καθώς και σε περιοχές με χρονικές κλίμακες στις οποίες η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη. Για παράδειγμα, στις αγκαθωτές σαύρες (*Sceloporus*) τοπικές εξαφανίσεις φαίνεται να συμβαίνουν επειδή οι υψηλότερες θερμοκρασίες περιορίζουν την επιφανειακή δραστηριότητα κατά την περίοδο της αναπαραγωγής την άνοιξη, σε ένα ημερήσιο

χρονικό διάστημα που είναι υπερβολικά σύντομο. Ομοίως, οι αυξημένες θερμοκρασίες του αέρα μπορεί να μειώσουν τον χρόνο δραστηριότητας και να αυξήσουν τις ενεργειακές ανάγκες συντήρησης, με αποτέλεσμα οι οργανισμοί να πεθαίνουν από ασιτία και όχι από υπερθέρμανση. Στους υδρόβιους οργανισμούς, η αυξημένη θερμοκρασία του νερού μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη μεταβολική ζήτηση για οξυγόνο, ενώ μειώνει την περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο. Η μεταβλητότητα στη θερμοκρασία μπορεί επίσης να είναι μια σημαντική αιτία εξαφάνισης, συμπεριλαμβανομένων τόσο των ακραίων γεγονότων όσο και των μεγάλων διαφορών κατά τη διάρκεια ενός έτους.

- ii. Βροχοπτώσεις: οι ανθρωπογενείς αλλαγές τροποποιούν τα πρότυπα των βροχοπτώσεων οδηγώντας στην εξαφάνιση των ειδών με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, η μείωση της βροχόπτωσης μπορεί να οδηγήσει σε υδατική έλλειψη, σε θάνατο και τοπική εξαφάνιση για χερσαία είδη και απώλεια ενδιαιτημάτων για τα είδη του γλυκού νερού. Η αλλαγή της βροχόπτωσης μπορεί να είναι πιο σημαντική για ορισμένα είδη από την αλλαγή της θερμοκρασίας, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε μετατοπίσεις των ειδών σε ακατάλληλους προορισμούς.
- iii. Άλλοι αβιοτικοί παράγοντες: άλλοι αβιοτικοί, μη κλιματικοί παράγοντες, μπορούν να προκαλούν εξαφανίσεις που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή. Για παράδειγμα, η αύξηση της συχνότητας των πυρκαγιών λόγω της κλιματικής αλλαγής επιφέρει την καταστροφή των οικοτόπων. Οι αυξήσεις στη θερμοκρασία, το λιώσιμο των πάγων και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας προκαλούν την εξαφάνιση των παράκτιων πληθυσμών και τροποποιούν την αλατότητα των οικοτόπων του γλυκού νερού.

B. Βιοτικοί παράγοντες

- i. Αρνητικές επιπτώσεις στα ωφέλιμα είδη: η κλιματική αλλαγή μπορεί να προκαλέσει τοπική εξαφάνιση ενός συγκεκριμένου είδους προκαλώντας περιορισμό ενός άλλου πληθυσμού από τον οποίο αυτό εξαρτάται. Τέτοιοι πληθυσμοί μπορεί να είναι τα θηράματα για τα αρπακτικά, οι ξενιστές για τα

παράσιτα και τα φυτοφάγα, είδη που δημιουργούν απαραίτητους μικροβιότοπους και είδη που είναι απαραίτητα για την αναπαραγωγή.

- ii. Θετικές επιπτώσεις στα επιβλαβή είδη: εναλλακτικά, η κλιματική αλλαγή μπορεί να προκαλέσει εξαφάνιση μέσω θετικών επιδράσεων σε είδη που έχουν αρνητικές αλληλεπιδράσεις με άλλα είδη, όπως τα αρπακτικά. Η άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί επίσης να ωφελήσει τα εισαγόμενα είδη επιδεινώνοντας τις αρνητικές επιπτώσεις τους στη χλωρίδα και την πανίδα.
- iii. Χρονική αναντιστοιχία μεταξύ των ειδών που αλληλεπιδρούν: η κλιματική αλλαγή μπορεί να προκαλέσει ασυμφωνία μεταξύ των χρόνων δραστηριότητας των ειδών που αλληλεπιδρούν. Αυτές οι φαινολογικές αναντιστοιχίες μπορεί να συμβούν όταν τα αλληλεπιδρώντα είδη ανταποκρίνονται σε διαφορετικές περιβαλλοντικές ενδείξεις.

2.2. Μεταβολή των εποχών και των κλιματικών ζωνών

Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή έχει οδηγήσει στην απορρύθμιση των εποχών έτος. Οι επιστήμονες συμφωνούν στην άποψη ότι η εποχική μεταβολή σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη στην τροπόσφαιρα. Παράλληλα, επηρεάζονται οι κλιματικές ζώνες στον πλανήτη λόγω των μεταβολών που συμβαίνουν στο κλίμα.

Η κλιματική αλλαγή έχει επιφέρει αύξηση στη διαφορά θερμοκρασίας κατά το χειμώνα και το καλοκαίρι στη βόρεια Αμερική και την Ευρασία τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες. Αυτό ίσως οφείλεται στη θερινή θερμοκρασία που ανεβαίνει με ταχύτερο ρυθμό σε σχέση με τη χειμερινή. Η ανάλυση των παγκόσμιων παρατηρήσεων της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης δείχνει ότι η τάση της αύξησης θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη στις ελάχιστες από τις μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες. Η ανθρώπινη παρέμβαση στο κλίμα της γης επηρεάζει τις εποχικές αλλαγές σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο. Αυτές οι αλλαγές είναι πιθανό να οδηγήσουν σε ακραία καιρικά γεγονότα, όπως πλημμύρες και ξηρασίες. Στην Ευρώπη, η μελέτη των ημερών ανάπτυξης 500 ειδών φυτών δείχνει ότι η

έναρξη της άνοιξης έχει μετατοπιστεί 6-8 ημέρες τις τελευταίες τρεις δεκαετίες (Dunne, 2018).

2.3. Ωκεανοί

Ο ωκεανός παίζει σημαντικό ρόλο στο κλιματικό σύστημα και επηρεάζεται σαφώς από την κλιματική αλλαγή και την μείωση του pH. Φαινόμενα, όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η αυξημένη ένταση των καταιγίδων, οι αλλαγές στη θαλάσσια παραγωγικότητα και στη διαθεσιμότητα πόρων, η αναταραχή στα μοτίβα των καιρικών αλλαγών στις εποχές, η απώλεια θαλάσσιου πάγου, η τροποποίηση της ζωής των ειδών του γλυκού νερού, είναι ενδεικτικά των αρνητικών επιπτώσεων στους ωκεανούς. Τα μοτίβα κυκλοφορίας των ωκεάνιων ρευμάτων κάνουν τον πλανήτη κατοικήσιμο. Περίπου η μισή ποσότητα οξυγόνου στην ατμόσφαιρα προέρχεται από τις ωκεάνιες πηγές. Σημαντικοί τομείς της παγκόσμιας οικονομίας, όπως αλιεία, τουρισμός, ναυτιλία, εξαρτώνται από τους ωκεανούς. Ο ωκεανός καλύπτει περισσότερο από το 70% της επιφάνειας της γης και καταλαμβάνει πάνω από το 90% των έμβιων όντων στη γη. Τις τελευταίες δεκαετίες, η τεχνολογική και βιομηχανική πρόοδος έχει αυξήσει τις δυνατότητες του ανθρώπου να αντλεί πόρους και να μετατρέπει τα ωκεάνια και παράκτια περιβάλλοντα. Το κλίμα εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις του ωκεανού και της ατμόσφαιρας. Ο ωκεανός αποθηκεύει την ηλιακή ενέργεια και λειτουργεί ως ρυθμιστής της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Απορροφά τουλάχιστον το ένα τέταρτο της θερμοκρασίας που προκαλείται από ανθρώπινες δραστηριότητες καθυστερώντας τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής (Herr & Galland, 2009).

Ο ωκεανός έχει μια φυσική ικανότητα να ρυθμίζει τη θερμοκρασία και η επιφάνειά του βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας με την ατμόσφαιρα σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα και τη θερμότητα. Καθώς οι συγκεντρώσεις των δύο αυξάνονται στην ατμόσφαιρα, αυξάνονται και στον ωκεανό. Η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών που αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση της θερμοκρασίας της γης έχει μετρηθεί σε βάθος 2 χιλιομέτρων. Αυτές οι αυξήσεις αλλάζουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του ωκεανού και επηρεάζουν αρκετές ωκεάνιες διεργασίες. Η χημεία των ωκεανών αλλάζει,

καθώς απορροφούν περίπου το ένα τρίτο του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα. Ως αποτέλεσμα η σταδιακή μείωση του Ph με ταχύτερους ρυθμούς σε σχέση με τα τελευταία 300 εκατομμύρια χρόνια (Climate change explained, n.d.).

Αν και ο ωκεανός απορροφά μεγάλη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα καθυστερώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ωστόσο αυτή η απορρόφηση θέτει σε κίνδυνο τη θαλάσσια και κατ' επέκταση την ανθρώπινη ζωή. Το διοξείδιο του άνθρακα υποβαθμίζει το pH του ωκεανού. Οι επιπτώσεις στη θαλάσσια βιοποικιλότητα και στα οικοσυστήματα δεν μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια. Ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης του CO₂ που θα μπορούσε να συμβεί τα επόμενα πενήντα χρόνια θα προκαλέσει ραγδαία αλλαγή στη χημεία του ωκεανού και θα οδηγήσει σε τέτοιου μεγέθους εξοφάνιση ειδών που δεν έχει σημειωθεί τα τελευταία 65 εκατομμύρια χρόνια. Η αύξηση της απορρόφησης CO₂ μαζί με την υπερθέρμανση του ωκεανού και τις αλλαγές στα μοτίβα των ανέμων, μειώνει την ικανότητά του να απορροφά πρόσθετο CO₂ από την ατμόσφαιρα. Όσο μειώνεται η ικανότητα του ωκεανού να λειτουργεί ως φίλτρο διοξειδίου για τον πλανήτη, η ατμόσφαιρα και τα χερσαία οικοσυστήματα γίνονται ακόμα πιο ευάλωτα (Heff & Galland, 2009).

Η αυξημένη συγκέντρωση των αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και η ζέστη μεταφέρεται από την ατμόσφαιρα στον ωκεανό. Το μεγαλύτερο μέρος της πρόσληψης θερμότητας του ωκεανού λαμβάνει χώρα μέσω του επιφανειακού μικτού στρώματος, όπου η θερμοκρασία και η πυκνότητα του νερού είναι σχεδόν ομοιόμορφες λόγω της έντονης ανάμιξης των επιφανειακών υδάτων από τον άνεμο. Στη συνέχεια, η θερμότητα που αποθηκεύεται στο αναμιγμένο στρώμα διαχέεται στο βαθύ στρώμα μέσω θερμοκλίνης. Καθώς η θερμική χωρητικότητα του ωκεανού είναι περίπου 1.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή της ατμόσφαιρας, εκτιμάται ότι η αποθήκευση θερμότητας στον ωκεανό αντιπροσωπεύει περίπου το 90% της θερμότητας που απορρόφησε η γη τα τελευταία 40 χρόνια. Αυτή η αποθήκευση θερμότητας είναι 20 φορές μεγαλύτερη από αυτή της ατμόσφαιρας. Επομένως, η αύξηση της περιεκτικότητας σε θερμότητα του ωκεανού θεωρείται ως βασικός δείκτης της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι θα χρειαστούν χιλιετίες για να φτάσει ο ωκεανός σε μια θερμική ισορροπία, επειδή η μεταφορά και η διάχυση της θερμότητας στον ωκεανό είναι μια αργή διαδικασία. Αυτό σημαίνει ότι η πρόσληψη

θερμότητας από τους ωκεανούς θα συνεχιστεί για περισσότερα από χίλια χρόνια, σε αντίθεση με το γεγονός ότι η θερμοκρασία σταθεροποιείται σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα (Mimura, 2013).

Πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι οι μελλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους ωκεανούς θα ξεπεράσουν τις προβλέψεις των επιστημόνων, οι οποίοι συσχετίζουν ήδη την κλιματική αλλαγή με τις μεταβολές στο θαλάσσιο περιβάλλον, τη θαλάσσια βιοποικιλότητα και την μείωση του Ph. Η κλιματική αλλαγή θα έχει άμεσες επιπτώσεις στους παράκτιους πληθυσμούς που στηρίζονται στους ωκεανούς για μια ποικιλία αγαθών και υπηρεσιών, όπως φαγητό, έσοδα, ασφάλεια, πολιτισμική ταυτότητα, αναψυχή. Η διάβρωση των ακτών, η απώλεια γης και περιουσιών, οι πλημμύρες, η διείσδυση αλμυρού νερού, οι αλλαγές στην κατανομή και την αφθονία των θαλάσσιων οικοτόπων/υγροτόπων, η εξαφάνιση ειδών και βιοποικιλότητας, ο αποχρωματισμός των κοραλλιών, η επιταχυνόμενη εξάπλωση ειδών-εισβολέων, είναι από τις πιο σοβαρές επιπτώσεις που συνδέονται με τη διατήρηση των ωκεανών (UN, 2010).

2.4. Χλωρίδα της Σαχάρας

Η Αφρική θεωρείται ως η πιο ευάλωτη ήπειρος στην κλιματική αλλαγή λόγω της μεγάλης έκθεσής της στις επιπτώσεις και της χαμηλής ικανότητας προσαρμοστικότητας στις περιβαλλοντικές μεταβολές. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι τα δάση της Αφρικής και τα οικοσυστήματά τους έχουν επηρεαστεί σημαντικά από την κλιματική αλλαγή. Για παράδειγμα, στην Γκάνα η παραγωγή κακάο έχει μειωθεί σταθερά μεταξύ των ετών 1990-2009 λόγω της μείωσης των βροχοπτώσεων, των υψηλών θερμοκρασιών και της ξηρασίας (Awojobi & Tetteh, 2017). Σοβαρές είναι οι επιπτώσεις στη χλωρίδα της Σαχάρας.

Η Σαχάρα δεν ήταν πάντοτε η μεγάλη έρημος που είναι σήμερα. Οι αντίθετες κλιματικές αλλαγές που επικράτησαν κατά τις περιόδους του Πλειστόκαινου και του Ολόκαινου προκάλεσαν μεγάλες διακυμάνσεις στην κατανομή της χλωρίδας και της πανίδας καθώς και στις γεωμορφικές διεργασίες. Η χλωρίδα μετατράπηκε από αυτήν της τυπικής ερήμου σε τροπική σαβάννα και μεσογειακό δάσος ή στέπα, ανάλογα με τη χρονική

περίοδο και την τοποθεσία. Η σημερινή επέκταση των συνθηκών ερήμου προς τον βορά και τον νότο απειλεί τη χλωρίδα βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα. Η χλωρίδα σήμερα περιλαμβάνει περίπου 3.000 είδη φυτών, τα οποία κινδυνεύουν από την ανθρωπογενή καταστροφή του οικοτόπου τους. Η χλωρίδα και η βλάστηση της Σαχάρας μπορούν να υποδιαιρεθούν στις ακόλουθες κατηγορίες (Le Houerou, 1997):

- τη βόρεια Σαχάρα με χλωρίδα και βλάστηση που ανήκει στην περιοχή της Μεσογείου και συσχετίζεται με μια ακραία μορφή μεσογειακού κλίματος
- τη νότια Σαχάρα με χλωρίδα και βλάστηση που ανήκει στην περιοχή του Σουδάν και στην παλαιотροπική χλωριδική και οικοκλιματική ζώνη και συσχετίζεται με μια ακραία μορφή τροπικού κλίματος
- την κεντρική Σαχάρα με τις πεδιάδες που χαρακτηρίζονται από έντονη ξηρασία χωρίς καθορισμένο καθεστώς βροχοπτώσεων. Η χλωρίδα και η βλάστηση παρουσιάζει υψηλό βαθμό προσαρμογής στην ξηρασία. Οι πολυετείς φυτικές κοινότητες περιορίζονται στην απορροή ή στην παρουσία υπόγειων υδάτων. Τα υψίπεδα και τα βουνά της Σαχάρας έχουν πολλές ομοιότητες τόσο με τη βόρεια όσο και με τη νότια Σαχάρα. Ωστόσο, τα μεσογειακά στοιχεία κυριαρχούν πάνω από τα 1000-2000 μέτρα, αναμιγμένα με τροπικά είδη και είδη της παναφρικανικής χλωρίδας Rand.
- τη Σαχάρα του Ατλαντικού που αποτελεί μια εξασθενημένη μορφή παράκτιας ερήμου που περιλαμβάνει τόσο μεσογειακά όσο και τροπικά είδη.

Μελέτες που αφορούν τις αλλαγές της μορφής του εδάφους στην έρημο Σαχάρα την περίοδο 1950-2050, σύμφωνα με τον δείκτη κλίματος (με βροχόπτωση και θερμοκρασία) και με τον δείκτη βλάστησης, δείχνουν ότι η έρημος επεκτείνεται κατά 1.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα κάθε έτος από το 1950 και πως την περίοδο 2015-2050 αναμένεται να επεκταθεί από 6.600 έως 6.900km² το χρόνο. Η εκτεταμένη εξάτμιση που προκαλείται από την αύξηση της θερμοκρασίας, οι κλιματικοί παράγοντες και η αμφίδρομη ανάδραση βλάστησης-κλίματος θεωρούνται ως οι κύριες αιτίες της μελλοντικής επέκτασης της ερήμου (Liu & Xue, 2020).

2.5. Άνοδος της στάθμης της θάλασσας και υποχώρηση των παγετώνων

Η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει μέσω δύο μηχανισμών που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Καθώς οι ωκεανοί θερμαίνονται λόγω της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας, το θαλάσσιο νερό επεκτείνεται και καταλαμβάνει περισσότερο όγκο στη λεκάνη των ωκεανών προκαλώντας την άνοδο του επιπέδου του νερού. Συγχρόνως, το λιώσιμο των πάγων στην ξηρά δημιουργεί πρόσθετο νερό που καταλήγει στους ωκεανούς (National Ocean Service, n.d.).

Καθώς οι πάγοι λιώνουν και εντείνεται η υπερθέρμανση των ωκεανών, η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει. Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει περίπου 20 εκατοστά τον περασμένο αιώνα, ρυθμός ταχύτερος σε σχέση με τα τελευταία 2.000 χρόνια. Ο ρυθμός της ανόδου της στάθμης της θάλασσας έχει αυξηθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα και η περαιτέρω άνοδος είναι αναπόφευκτη και θα είναι ανάλογη της ποσότητας εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου (Climate change explained (n.d.)).

Κατά τον 20^ο αιώνα η άνοδος της στάθμης που σημειώθηκε υπολογίζεται σε 0,17 μέτρα. Έως το 2100 αναμένεται να ανέβει από 0,18 έως 0,59 μέτρα. Η άνοδος θα εξαρτηθεί από την ποσότητα του νερού που θα προέλθει από το λιώσιμο των πάγων. Για παράδειγμα, η Γροιλανδία τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει αυξανόμενη απώλεια μάζας πάγου. Η αυξημένη τήξη του θαλάσσιου πάγου και η εισροή γλυκού νερού από τους παγετώνες που λιώνουν είναι πιθανό να επηρεάσουν τα παγκόσμια πρότυπα κυκλοφορίας των ωκεανών (UNFCCC, n.d.).

Το επίπεδο της θάλασσας ποικίλλει ανάλογα με τον χρόνο και τον τόπο λόγω φυσικών διεργασιών, όπως η παλίρροια και τα κύματα. Η μέση στάθμη της θάλασσας σε μια δεδομένη θέση ορίζεται ως το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας που υπολογίζεται κατά μέσο όρο για μια χρονική περίοδο, όπως ένας μήνας ή ένα έτος, αρκετά μεγάλη ώστε οι διακυμάνσεις που προκαλούνται από την παλίρροια και τα κύματα να εξαλειφθούν σε μεγάλο βαθμό. Η μέση στάθμη της θάλασσας έχει επίσης χωρική κατανομή στον κόσμο. Αυτή που υπολογίζεται κατά μέσο όρο στους παγκόσμιους ωκεανούς ονομάζεται παγκόσμια στάθμη της θάλασσας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την παγκόσμια στάθμη της θάλασσας διακρίνονται στους ακόλουθους (Mimura, 2013):

- i. Παράγοντες που σχετίζονται με αλλαγές στον όγκο του θαλάσσιου νερού που περιέχεται τις λεκάνες των ωκεανών:
 - θερμική διαστολή του θαλασσινού νερού
 - λιώσιμο των παγετώνων
 - λιώσιμο των στρωμάτων πάγου, όπως το φύλλο πάγου της Γροιλανδίας και της Δυτικής Ανταρκτικής
 - αποθήκευση χερσαίων υδάτων (ταμιευτήρες φραγμάτων, λίμνες) και εξάντληση των υπόγειων υδάτων.
- ii. Παράγοντες που σχετίζονται με αλλαγές στο σχήμα και στο μέγεθος των λεκανών των ωκεανών:
 - ισοστατική προσαρμογή της μάζας του εδάφους, ιδιαίτερα του παγετώνα
 - τεκτονική κίνηση συμπεριλαμβανομένης της καθίζησης/ανύψωσης του εδάφους που σχετίζεται με σεισμούς
 - καθίζηση/ανύψωση εδάφους λόγω συμπίεσης του εδάφους, άντλησης υπόγειων υδάτων κ.ά.
 - εισροή ιζημάτων από το έδαφος.
- iii. Παράγοντες που προκαλούν τοπικές/χρονικές αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας:
 - Αλλαγές στα ωκεάνια ρεύματα
 - μεταβολές στην ατμοσφαιρική πίεση
 - παλίρροια, τσουνάμι, καταιγίδες και κύματα
 - φυσικές διαχρονικές παραλλαγές, όπως η ταλάντωση του Ειρηνικού.

2.6. Ξηρασία και πλημμύρες

Η ακτινοβολία του ήλιου θερμαίνει τον ωκεανό και την επιφάνεια της γης, από όπου εξατμίζεται νερό, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται με τους ανέμους στην ατμόσφαιρα, συμπυκνώνεται σε σύννεφα και ξαναπέφτει στην επιφάνεια της γης με τη μορφή βροχής ή χιονιού, ρέει μέσω των ποταμών στον ωκεανό και έτσι ολοκληρώνεται ο υδρολογικός κύκλος. Ως υδρολογικά ακραία γεγονότα ορίζονται οι πλημμύρες και οι ξηρασίες. Οι πλημμύρες συνδέονται με την έντονη βροχόπτωση και συνήθως είναι τοπικού χαρακτήρα, ενώ οι ξηρασίες συνδέονται με την έλλειψη των βροχοπτώσεων και τις

εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες, είναι εκτεταμένες και χρειάζονται μήνες ή χρόνια για να αναπτυχθούν.

Οι επιστημονικές μετρήσεις δείχνουν ότι από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα επικρατεί μια μεγάλη τάση ξηρασίας σε περιοχές του βόρειου Ημισφαιρίου, κυρίως στη νότια Ευρασία, στη βόρεια Αφρική, στον Καναδά και στην Αλάσκα. Η αντίθετη τάση παρατηρείται στη βόρεια και νότια Αμερική. Στο νότιο Ημισφαίριο, στην επιφάνεια της γης παρατηρείται μια τάση ξηρασίας την περίοδο 1974-1998. Η μείωση των βροχοπτώσεων από τα μέσα της δεκαετίας του 1950 είναι πιθανώς η κύρια αιτία, ωστόσο έχει συμβάλει και η αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης των τελευταίων 20-30 ετών, που έχει δημιουργήσει την ανάγκη περισσότερης υγρασίας στην ατμόσφαιρα (Trenberth, 2005).

Ο ρυθμός εξάτμισης από τους ωκεανούς φαίνεται να αυξάνεται καθώς ο πλανήτης θερμαίνεται. Σε παγκόσμιο επίπεδο, αυτός ο υψηλότερος ρυθμός εξάτμισης συμβάλλει στην αύξηση της μέσης ετήσιας ποσότητας βροχής και χιονιού. Ταυτόχρονα, η ατμόσφαιρα γίνεται πιο ζεστή, που σημαίνει ότι μπορεί να κρατήσει περισσότερη υγρασία. Η ένταση των νεροποντών και επομένως ο κίνδυνος πλημμυρών εξαρτάται εν μέρει από το πόσο νερό μπορεί να κρατήσει ο αέρας σε μια δεδομένη στιγμή. Ωστόσο, πιο έντονες βροχοπτώσεις δεν σημαίνουν απαραίτητα πιο υγρά εδάφη. Η βροχή που πέφτει ως βίαιη νεροποντή αντί να εμποτιστεί στο έδαφος, μπορεί να προκαλέσει πλημμύρες. Επιπλέον, παρόλο που η εξάτμιση αυξάνεται, ο ρυθμός δεν είναι τόσο γρήγορος όσο η ικανότητα συγκράτησης νερού της ατμόσφαιρας, ενώ περιορίζεται από την ποσότητα της υγρασίας στο έδαφος (The Climate Reality Project, 2011).

Τα τελευταία χρόνια τα μοτίβα των βροχοπτώσεων έχουν αλλάξει αναπτύσσοντας ένα ξεχωριστό μοτίβο όπου τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη είναι πιο υγρά και οι υποτροπικές περιοχές και μεγάλο μέρος των τροπικών περιοχών είναι πιο ξηρές. Αυτό το μοτίβο σχετίζεται με αλλαγές στην κυκλοφορία των ανέμων στην ατμόσφαιρα, κυρίως με την αύξηση των δυτικών ανέμων σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη. Στην Ευρώπη το φαινόμενο North Atlantic Oscillation κατά τη δεκαετία του 1990 οδήγησε σε πιο υγρές συνθήκες στο βόρειο τμήμα και σε πιο ξηρές στη Μεσόγειο και στις περιοχές της βόρειας Αφρικής. Η παρατεταμένη ξηρασία στο Σαχέλ, που εμφανίστηκε από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 έως τα τέλη της δεκαετίας του 1980, συνεχίζεται όχι όμως με την

ίδια ένταση. Ωστόσο, έχει επεκταθεί σε μεγάλο μέρος της Αφρικής, κυρίως στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές (Trenberth, 2005).

Οι ξηρασίες και οι πλημμύρες αποτελούν ακραία γεγονότα με αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα. Το 2000-2003 στη νοτιοδυτική Β. Αμερική μετά από 15 μήνες μειωμένης περιεκτικότητας σε νερό στο έδαφος, περισσότερο από το 90% των κυρίαρχων ειδών δέντρων εξαφανίστηκαν. Στην Κορέα, την περίοδο 1998-2009 σημειώθηκε εξαφάνιση των αιθαλών κωνοφόρων ειδών μετά από ξηρασία σε συνδυασμό με τις υψηλότερες θερμοκρασίες από το χειμώνα έως την άνοιξη. Η σοβαρή ξηρασία του 2004-2005 στην Πορτογαλία ευθύνεται για τις χωρικές μετατοπίσεις του ζωοπλαγκτόν στις εκβολές Mondego. Ένα ακραίο πλημμυρικό γεγονός επηρέασε μια κοινότητα τρωκτικών της ερήμου προκαλώντας μεγάλο ποσοστό θνησιμότητας μεταβάλλοντας τους όρους διαβίωσης και επιβίωσής τους (Handmer, 2012).

2.7. Πυρκαγιές στα δάση

Τα δάση είναι ένας από τους πιο σημαντικούς φυσικούς πόρους της γης. Περίπου το 1/3 του πλανήτη καλύπτεται από δάση. Σε αυτά βασίζεται ο άνθρωπος για την επιβίωσή του, καθώς προσφέρουν αέρα, ξυλεία, ενώ περιλαμβάνουν το 80% της βιοποικιλότητας στην ξηρά. Οι δασικές πυρκαγιές είναι σημαντικές όχι μόνο για τις επιπτώσεις τους στις δασικές περιοχές αλλά και διότι απελευθερώνουν ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, όπως διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, νιτρικά οξεία.

Οι πυρκαγιές αποτελούν ένα παγκόσμιο φαινόμενο που προκαλείται από την αλληλεπίδραση ανάμεσα στο κλίμα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες και συνιστούν ένα σημαντικό συστατικό στη δυναμική του πλανήτη και της ατμόσφαιρας. Ο καιρός και το κλίμα, που τροποποιούνται λόγω της κλιματικής αλλαγής από την ανθρώπινη παρέμβαση, θεωρούνται ως οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την εκδήλωση των πυρκαγιών. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι τα επόμενα 100 χρόνια θα υπάρχουν σοβαρές επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα, τόσο στη βλάστηση όσο και στο έδαφος, την πανίδα και τα ατμοσφαιρικά χαρακτηριστικά. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τον αριθμό των πυρκαγιών που εκδηλώνονται ετησίως, τη διάρκεια της

περιόδου εκδήλωσης, την έκταση εξάπλωσης και την ένταση της φωτιάς. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Κίνα έδειξε μια γενική αύξηση στις καμένες περιοχές και στα γεγονότα πυρκαγιών, αλλά με σημαντική χωρική διακύμανση, ενώ σε άλλες μελέτες διαπιστώνεται διπλασιασμός των καμένων εκτάσεων και αύξηση κατά 50% της εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών έως τα τέλη του αιώνα. Οι πυρκαγιές επεκτείνονται στις εύκρατες και βόρειες περιοχές και αυτή η τάση θα συνεχιστεί και στις πιο ζεστές περιοχές του πλανήτη (Batista, 2014).

Ο ρόλος των δασών στο κλιματικό σύστημα της γης είναι κρίσιμος για διάφορους λόγους. Αρχικά, συγκεντρώνουν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το μετατρέπουν μέσω της φωτοσύνθεσης σε βιομάζα. Επίσης, αποθηκεύουν άνθρακα στο έδαφος τους μέσα από τα φύλλα και τις ρίζες. Τα δάση μαζί με τους ωκεανούς σχηματίζουν έναν φυσικό ρυθμιστή έναντι της κλιματικής αλλαγής. Αντιστρόφως, η αποψίλωση των δασών υποβοηθά την κλιματική αλλαγή. Όταν τα δάση καίγονται ή εκκαθαρίζονται για χρήσεις, όπως καλλιεργήσιμες εκτάσεις, βοσκοτόπια, υποδομές, η καθαρή ροή άνθρακα από την ατμόσφαιρα στα δάση εμποδίζεται. Επίσης, η αποψίλωση των δασών προκαλεί την απελευθέρωση του αποθέματος άνθρακα που έχει συσσωρευτεί τόσο στα ίδια τα δέντρα όσο και στο έδαφος. Την περίοδο 2001-2015 έχει υπολογιστεί ότι η εξαφάνιση του 23% των δασικών δέντρων οφείλεται σε δασικές πυρκαγιές. Η απώλεια αυτή μάλιστα συγκεντρώνεται στα βόρεια δάση του Καναδά και της Ρωσίας (Brack, 2019).

Τα δάση υπόκεινται σε αρκετές φυσικές καταστροφές, πυρκαγιές, ξηρασίες, καταιγίδες, χιόνι και πάγος, ασθένειες. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να αυξήσει τόσο τη συχνότητα όσο και την ένταση των περισσότερων από αυτές τις καταστροφές με αποτέλεσμα την υπέρβαση των ορίων οικολογικής ανθεκτικότητας και τη μόνιμη τροποποίηση των δασών ή τη μετατόπιση σε μη δασικά οικοσυστήματα. Το 2018 εκδηλώθηκε ένας μεγάλος αριθμός δασικών πυρκαγιών σε εύκρατες και βόρειες περιοχές με εκτεταμένες και μακροχρόνιες πυρκαγιές στις ΗΠΑ, τη Σιβηρία, την Αυστραλία και την Ευρώπη. Στην Καλιφόρνια, 14 από τις 20 μεγαλύτερες δασικές πυρκαγιές έχουν καταγραφεί τα τελευταία 15 χρόνια, οι οποίες καίνε διπλάσια έκταση σε σχέση με τις πυρκαγιές των δεκαετιών του 1980 και 1990. Οι επιστήμονες θεωρούν ότι αν συνεχιστεί η υπερθέρμανση του πλανήτη, οι πυρκαγιές θα αποτελέσουν την κινητήρια δύναμη της

αποψίλωσης των δασών. Ωστόσο, στις τροπικές περιοχές η κλιματική αλλαγή φαίνεται να έχει μειώσει τη δασική έκταση που καίγεται τα τελευταία 50 χρόνια, λόγω των πιο υγρών συνθηκών που επικρατούν εκεί (Brack, 2019).

2.8. Ηπειρωτικά ύδατα

Η τεράστια σημασία του νερού ανέκαθεν ήταν αντιληπτή, καθώς οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του το καθιστούν το ιδανικό μέσο για τα βιοτικά συστήματα στον πλανήτη. Τα ηπειρωτικά ύδατα μπορούν να διαχωριστούν στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα. Ως επιφανειακά ύδατα νοούνται οι λίμνες, τα ποτάμια, τα μεταβατικά ύδατα («συστήματα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου των ποταμών εν μέρει αλμυρά λόγω της γειννιάσής τους με παράκτια ύδατα») και τα παράκτια ύδατα, τα οποία βρίσκονται σε γραμμή ενός ναυτικού μιλίου από τη θάλασσα προς την ξηρά. Τα υπόγεια ύδατα οριοθετούνται με βάση τα γεωλογικά-υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφοριών, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, την κατάσταση εκμετάλλευσής τους (Οδηγία 2000/60 Ε.Κ. και Σ.Ε.Ε.).

Τα υδατικά οικοσυστήματα είναι τα πρώτα οικοσυστήματα που υπήρξαν στη γη. Τα σπουδαιότερα είναι οι λίμνες, τα ποτάμια, οι θάλασσες. Οι λίμνες είναι σαν μικρές θάλασσες και διαφέρουν από τους ωκεανούς ως προς το μικρότερο μέγεθος και τη σχετική απομόνωσή τους. Τα ποτάμια έχουν μεγάλη σημασία για την ανθρώπινη οικονομία και την ιστορία, αποτελούν δρόμους μεταφοράς και συντήρησης ζωής. Η ύπαρξη ποταμού σε μια περιοχή αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη βλαστητική φυσιογνωμία της. Ωστόσο, η οικολογία των ποταμών είναι ένας από τους νεότερους κλάδους της υδρόβιας οικολογίας.

Οι κύριες πηγές ρύπανσης του νερού είναι τα αστικά λύματα, τα βιομηχανικά απόβλητα,, τα νερά απορροής εντατικώς καλλιεργούμενων εκτάσεων, η θαλάσσια διείσδυση, η όξινη βροχή από ρυπασμένη ατμόσφαιρα. Τα αστικά λύματα προέρχονται από τις αποχετεύσεις των διαφόρων χρήσεων και αποτελούν τον κύριο όγκο των υγρών αποβλήτων μιας πόλης. Περιέχουν κυρίως οργανικές ύλες και ανόργανα άλατα (αμμωνιακά, νιτρικά, φωσφορικά). Τα όμβρια ύδατα που διέρχονται από τους δρόμους της πόλης φορτίζονται με ρύπους, όπως ο μόλυβδος και το κάδμιο, και καταλήγουν στα ποτάμια, στις θάλασσες

και στα υπόγεια ύδατα. Τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών μονάδων περιέχουν αντίστοιχους με τα αστικά λύματα ρύπους, καθώς επίσης και μέταλλα όπως μόλυβδο, υδράργυρο, τοξικές οργανικές ενώσεις.

Τα επιφανειακά ύδατα επηρεάζονται ανάλογα με τη δυνατότητα ανανέωσής τους, που βασίζεται στην ποσότητα οξυγόνου που υπάρχει στο νερό, το οποίο έχει χαμηλή συγκέντρωση κορεσμού σε οξυγόνο. Στα υδρόβια οικοσυστήματα αναπτύσσονται τα φύκη, αυτότροφοι οργανισμοί που παράγουν την τροφή τους με φωτοσύνθεση. Σχηματίζουν τον πρώτο κρίκο στις τροφικές αλυσίδες. Υπάρχουν στα γλυκά νερά, στις λίμνες, στις θάλασσες και αποτελούν τροφή του ζωοπλαγκτόν από το οποίο τρέφονται τα πρώτης τάξης σαρκοβόρα. Μέσω της φωτοσύνθεσης παράγουν οξυγόνο, το οποίο συμβάλλει στον καθαρισμό των ρυπασμένων νερών και στην οξυγόνωση του νερού όταν η περιεκτικότητά του είναι χαμηλή λόγω ρύπανσης (Κανελλοπούλου, 2006).

Η όξινη βροχή επηρεάζει τα υδάτινα οικοσυστήματα, καθώς με την εισχώρηση σε αυτά των όξινων χημικών στοιχείων και με την έκπλυση του εδάφους από τα θρεπτικά του στοιχεία και τη μεταφορά των τοξικών μετάλλων στις λίμνες, στα ποτάμια και στις θάλασσες. Η οξίνιση των λιμνών επιβαρύνεται ιδιαίτερα κατά την άνοιξη, όταν οι πάγοι λιώνουν απότομα λόγω της ξαφνικής αλλαγής της θερμοκρασίας. Το λιωμένο χιόνι συμπαρασύρει τα όξινα στοιχεία και διατρέχει ρυάκια και χείμαρρους που καταλήγουν σε λίμνες και ποτάμια.

Κεφάλαιο 3^ο

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον

3.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με την νεο-ντετερμινιστική προσέγγιση, αναφορικά με την παγκόσμια σημασία της κλιματικής αλλαγής, τα ανθρώπινα κοινωνικοοικονομικά και τα φυσικά συστήματα αποτελούν αλληλεξαρτώμενα μέρη ενός συνολικού συστήματος ευάλωτου στις κλιματικές αλλαγές.

Οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες, όπως οι διαφορές του κλίματος μεταξύ των περιοχών αλλά και ο βαθμός στον οποίο είναι ευάλωτα τα οικολογικά και κοινωνικοοικονομικά συστήματα σε κάθε περιοχή. Για παράδειγμα, τα συστήματα που βρίσκονται στα όρια των κλιματικών ζωνών είναι πιο ευάλωτα στις αλλαγές σε σχέση με αυτά που βρίσκονται στο κέντρο. Αυτή η διαφοροποίηση επηρεάζει όχι μόνο την ένταση αλλά και τη διάρκεια και τον βαθμό επίπτωσης της κλιματικής αλλαγής. Περιοχές στα όρια της ερήμου δέχθηκαν πρώτες τις κλιματικές επιπτώσεις, ακολούθησαν οι πιο υγρές περιοχές και στη συνέχεια οι τροπικές ζώνες. Εκτιμάται ότι στο μέλλον οι παράκτιες περιοχές, αυτές που βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα, θα επηρεαστούν από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και του ωκεανού λόγω της υπερθέρμανσης και των πλημμυρών που θα προκληθούν. Άλλες περιοχές, στις ζώνες των ερήμων, θα υποστούν την πρόοδο ή την υποχώρηση της ερήμου με καταστροφικές πλημμύρες ή ξηρασίες (Issar, 2003).

Πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε διάφορους τομείς. Στον τομέα της ενέργειας, η υψηλότερη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού θα αυξήσει τις ενεργειακές απαιτήσεις για τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η υπερθέρμανση μπορεί να επιταχύνει τον υδρολογικό κύκλο και να οδηγήσει σε αύξηση του μέσου όρου παγκόσμιας βροχόπτωσης και εξάτμισης. Σε περιοχές όπως η βόρεια Καλιφόρνια, όπου οι βροχοπτώσεις ρυθμίζονται από τις χειμερινές χιονοπτώσεις και οι απορροές από το λιώσιμο του χιονιού την άνοιξη, οι υψηλότερες θερμοκρασίες θα προκαλέσουν δραματική αύξηση των βροχοπτώσεων τον

χειμώνα, νωρίτερο λιώσιμο των πάγων την άνοιξη και αλλαγές στα εποχιακά μοτίβα απορροής. Επίσης, η αυξανόμενη υπερθέρμανση του πλανήτη θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα. Τα υφιστάμενα δάση θα καταπονηθούν ακόμα περισσότερο και θα γίνουν πιο ευάλωτα στα παράσιτα, τις ασθένειες και τις πυρκαγιές. Σταδιακά, τα δάση θα αντικατασταθούν από άλλες μορφές βλάστησης ή από δάση με διαφορετικό μίγμα ειδών. Η ανάπτυξη των δέντρων έχει γενικά περιοριστεί λόγω της υψηλής θερμοκρασίας το καλοκαίρι σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και λόγω της ζέστης και της έλλειψης νερού σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη. Η ραγδαία κλιματική αλλαγή απειλεί με μείωση της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων. Ορισμένα είδη φυτών και ζώων δεν θα μπορούν να προσαρμοστούν στις επερχόμενες αλλαγές για να επιβιώσουν. Επιπλέον, η υπερθέρμανση αναμένεται να επηρεάσει την παγκόσμια ποιότητα του αέρα μέσω πρωτογενών και δευτερογενών μηχανισμών. Οι πρωτογενείς αλληλεπιδράσεις, όπως η άμεση θέρμανση της επιφάνειας της γης και η επακόλουθη απελευθέρωση αέριων ρύπων, δεν είναι τόσο σημαντικές όσο οι δευτερεύουσες αλληλεπιδράσεις που προκύπτουν από μετεωρολογικά φαινόμενα που σχετίζονται έμμεσα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Δευτερεύουσες αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι η αλλοίωση των μοτίβων ανέμου που οδηγεί σε αλλαγές στις συγκεντρώσεις ρύπων του περιβάλλοντος σε ορισμένες τοποθεσίες, η τροποποίηση των περιόδων στασιμότητας και των σχετικών παραμέτρων ανάμιξης ρύπων, οι αλλαγές του υδρολογικού κύκλου και της σχετικής κλιματολογίας των καταιγίδων με αντίστοιχες αλλαγές στην υγρή απομάκρυνση ρύπων, οι κλιματολογικές τροποποιήσεις στα επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας που επηρεάζει τους ρυθμούς φωτοχημικής μετατροπής πολλών βασικών ρύπων, η σχετική τροποποίηση των κλιματικών καθεστώτων, της σχετικής βλάστησης και επομένως των ρυθμών ξηρής εναπόθεσης βασικών ρυπογόνων ειδών (Scott et al., 1990)

Η κλιματική αλλαγή έχει τεράστιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον του οποίου η βιωσιμότητα συνδέεται άρρηκτα με τη διαβίωση και την ευημερία των έμβιων όντων στον πλανήτη. Οι μεταβολές των καιρικών συνθηκών και η συχνότερη εμφάνιση ακραίων γεγονότων αποτελούν πλέον πραγματικότητα. Στη Ρουμανία, για παράδειγμα, τα ακραία καιρικά γεγονότα έχουν πολλαπλασιαστεί από το 2002, ενώ το 2007 η χώρα αντιμετώπισε την πιο βαριά ξηρασία σε διάστημα 60 ετών. Με την αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων θερμοκηπίου αυξάνεται η ζέστη στην ατμόσφαιρα. Οι

τυφώνες γίνονται πιο επιθετικοί λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών, οι οποίες θερμαίνουν το νερό των ωκεανών με αποτέλεσμα οι θύελλες και οι ανεμοστρόβιλοι να εκδηλώνονται με μεγαλύτερη ένταση. Επιπλέον, το λιώσιμο των πάγων οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην κλιματική αλλαγή. Οι πάγοι που λιώνουν καταλήγουν στη θάλασσα ανεβάζοντας τη στάθμη του νερού, γεγονός που δημιουργεί άμεσο κίνδυνο για την εξαφάνιση πολλών νησιών, αν λάβει κανείς υπόψη ότι το 10% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει πολύ κοντά στο επίπεδο της θάλασσας (Kaddo, 2016).

Γεγονότα της πρόσφατης ιστορίας επιβεβαιώνουν τις άμεσες συνέπειες των κυμάτων καύσωνα για την επιβίωση του ανθρώπινου είδους. Το 2003 στην Ευρώπη 35.000 άνθρωποι βρήκαν το θάνατο από κύμα καύσωνα, αριθμός μεγαλύτερος από την απώλεια των Γάλλων στον πόλεμο της Αλγερίας. Στη Ρωσία το 2010 ο καύσωνας μαζί με τα τοξικά αέρια των δασικών πυρκαγιών το ίδιο έτος ευθύνονται για τον θάνατο 41.000 ανθρώπων. Ο αριθμός αυτός είναι διπλάσιος από τον αριθμό θανάτων κατά τη δεκαετή στρατιωτική επέμβαση της Ρωσίας στο Αφγανιστάν. Στην Ελλάδα, τον Ιούλιο του 2018 102 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους εξαιτίας σφοδρής πυρκαγιάς και στην Αυστραλία περισσότεροι από 30 άνθρωποι πέθαναν από πυρκαγιές κατά το διάστημα 2019-2020. Η συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας δείχνει ότι σε πολλές περιοχές τα κύματα καύσωνα θα ενταθούν στις επόμενες δύο δεκαετίες. Επιπλέον, η περιβαλλοντική υποβάθμιση θα ευνοήσει την εξάπλωση ασθενειών σε πανδημικό επίπεδο. Η πανδημία του Covid-19 που ξεκίνησε από την Κίνα, αν και δεν συνδέεται άμεσα με την κλιματική αλλαγή, ωστόσο αποτελεί μια προειδοποίηση για το πώς η εξάπλωση μιας ασθένειας μπορεί να ζημιώσει ακόμα και τις πιο αναπτυγμένες κοινωνίες (Lieven, 2020).

Οι μεσογειακές χώρες είναι εξαιρετικά ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή. Στην Ιταλία, τα κύματα καύσωνα μεταξύ των ετών 2003 και 2006 έχουν προκαλέσει αλλαγές στα μοτίβα των βροχοπτώσεων και στη θερμοκρασία και οι επιπτώσεις στη χλωρίδα και στην πανίδα είναι ορατές ήδη δημιουργώντας τεράστια πρόκληση για την ανθρώπινη υγεία. Εκτιμάται ότι το ποσοστό του 20% της θνησιμότητας στην Ευρώπη αποδίδεται σε περιβαλλοντικές αιτίες (WHO, 2007). Όπως αναφέρει ο Lieven (2020), στην Ευρώπη τα πιο δραματικά άμεσα αποτελέσματα ακόμα και μιας μέτριας αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας θα υποστεί η περιοχή της Μεσογείου, καθώς το καλοκαίρι προβλέπεται να διαρκεί για έναν πρόσθετο μήνα, τα κύματα καύσωνα θα επεκταθούν για περισσότερο από έναν μήνα και

οι βροχοπτώσεις θα μειωθούν κατά 20%. Εκτός από τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή, τα φυσικά οικοσυστήματα εκτιμάται ότι θα υποστούν ριζικό μετασχηματισμό.

Ιδίως η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ευπάθεια στην κλιματική αλλαγή, καθώς οι παράκτιες περιοχές της, έκτασης 1.000χλμ. σε σύνολο 16.300χλμ. ακτογραμμής, κινδυνεύουν λόγω των ακραίων κυματικών καταστάσεων της ανόδου της μέσης στάθμης της θάλασσας, η οποία υπολογίζεται ότι έως το 2100 θα έχει ανέβει από 0,2 έως 2 μέτρα. Εκτός από την ιδιαιτερότητα της εκτεταμένης ακτογραμμής, η Ελλάδα διαθέτει πλούσια βιοποικιλότητα και διαφορετικά κατά τόπο κλιματικά χαρακτηριστικά, τα οποία μεταβάλλονται δίνοντας διαφορετικούς τύπους κλίματος, σε αποστάσεις λίγων δεκάδων χιλιομέτρων, μεταξύ παράκτιων, πεδινών και ορεινών περιοχών. Όσον αφορά στις βροχοπτώσεις, ο συνολικός όγκος ομβρίων υδάτων κάθε έτος υπολογίζεται σε 115 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Ωστόσο, υπάρχουν περιοχές στην Ελλάδα που αντιμετωπίζουν υδατικό έλλειμμα, κυρίως λόγω των ακραίων κλιματικών καταστάσεων, όπως για παράδειγμα της περιόδου 1989-1990, όταν σημειώθηκε μείωση των βροχοπτώσεων σε ποσοστό 40% περίπου. Συνολικά κατά τον 20^ο αιώνα, η μείωση των βροχοπτώσεων υπολογίζεται σε 20% στη δυτική Ελλάδα και σε 10% στην ανατολική Ελλάδα. Επιπλέον, εκτιμάται ότι έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα η θερμοκρασία του αέρα θα αυξηθεί από 3 έως 4°C και οι βροχοπτώσεις θα μειωθούν από 5 έως 19%, ενώ οι ετήσιοι άνεμοι θα ενταθούν κατά 10%. Οι μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας θα είναι στην Κρήτη, με μια υπολογιζόμενη αύξηση 20 επιπλέον ημερών ξηρασίας το διάστημα 2021-2050 και 40 επιπλέον ημερών το διάστημα 2071-2100. Οι ημέρες επικινδυνότητας για εκδήλωση πυρκαγιάς θα αυξηθούν κατά 40 ημέρες το διάστημα 2071-2100 στην ανατολική Ελλάδα και λιγότερο στη δυτική Ελλάδα. Αναμένεται επίσης ότι στα ηπειρωτικά ο αριθμός των ημερών κατά τις οποίες η μέγιστη θερμοκρασία θα υπερβαίνει τους 35°C θα είναι μεγαλύτερος κατά 35-40 ημέρες και ο αριθμός των ημερών κατά τις οποίες η ελάχιστη θερμοκρασία θα υπερβαίνει τους 20°C θα αυξηθεί κατά περίπου 50 ημέρες. Αντίστοιχα, αναμένεται μείωση του νυχτερινού παγετού στη βόρεια Ελλάδα έως και κατά 40 ημέρες. Γενικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας θα έχει ως επακόλουθο την αύξηση της βλαστητικής περιόδου κατά 15-35 ημέρες (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011).

3.2. Επιπτώσεις στη χλωρίδα

Η κλιματική αλλαγή αναγνωρίζεται ως μια από τις μεγαλύτερες απειλές στον φυσικό κόσμο και τη βιοποικιλότητα, καθώς επίσης στην παγκόσμια ασφάλεια, υγεία και ευημερία. Οι επιπτώσεις των ακραίων καιρικών γεγονότων στα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα είναι εμφανής με πολλούς τρόπους. Οι κλιματικές και καιρικές αλλαγές εκτιμάται ότι θα εξαναγκάσουν πολλά είδη να μεταναστεύσουν σε άλλες περιοχές. Ήδη κάποια είδη έχουν μετατοπιστεί ως αποτέλεσμα των μεταβαλλόμενων συνθηκών. Αυτά τα οποία δεν μπορούν να προσαρμοστούν ή να διαφύγουν από το αφιλόξενο περιβάλλον- δέντρα ή είδη χλωρίδας που βρίσκονται στις κορυφές των βουνών και σε νησιά - είναι πιθανό να εξαφανιστούν. Καθώς τα είδη είναι αλληλεξαρτώμενα για την επιβίωσή τους, η εξαφάνιση κάποιων από αυτά ή η μετατόπισή τους θα έχει έμμεσα αποτελέσματα διαταράσσοντας τη λεπτή ισορροπία του φυσικού κόσμου. Είναι πιθανό ολόκληρα δίκτυα διατροφικών αλυσίδων και οικοσυστήματα να καταρρεύσουν. Οι αλλαγές στο κλίμα μπορεί να απειλήσουν τόσο τα αυτόχθονα είδη όσο και τα είδη εισβολέων, είτε αρπακτικά είτε ανταγωνιστικά, και να δημιουργήσουν ιδανικές συνθήκες για εστίες ασθενειών. Τα είδη που βρίσκονται υπό εξαφάνιση και εκείνα που είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στην περιβαλλοντική μεταβολή είναι πλέον ευάλωτα μπροστά σε ακραία γεγονότα, είδη εισβολέων, ασθένειες και απώλεια των οικοτόπων τους. Επιπρόσθετα, η βιοποικιλότητα είναι εκτεθειμένη σε δευτερογενείς, ανθρωπογενείς επιπτώσεις λόγω της μετατόπισης των κοινοτήτων και της αλλαγής της δραστηριότητας ως απόκριση στη μείωση της γεωργικής παραγωγής (Fauna & Flora International, n.d.).

Τα φυτά που αποτελούν τη χλωρίδα του πλανήτη θεωρούνται ως κεντρικοί μηχανισμοί της ζωής. Είναι αυτότροφοι οργανισμοί που έχουν την ικανότητα να συνθέτουν οργανικά συστατικά με τη χρήση απλών ανόργανων μορίων, τα οποία χρησιμοποιούνται ως τροφή των ετερότροφων οργανισμών ή των ίδιων των φυτών. Η ενέργεια που παράγεται από τα φυτά με τη φωτοσύνθεση είναι η κινητήριος δύναμη της ζωής στη γη. Το κλίμα της γης βρίσκεται σε ανησυχητικό στάδιο με τη συνεχή άνοδο της στάθμης της θάλασσας να επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών. Η ανισορροπία των

κλιματολογικών καταστάσεων με παρατεταμένες ξηρασίες και αυξημένες πλημμύρες προκαλούν μείζον πρόβλημα στα φυτά (Srivastava & Misra, 2018).

Τα φυτά δεν έχουν την ικανότητα να μετατοπιστούν όταν οι συνθήκες είναι αντίξοες και για τον λόγο αυτό ακολουθούν εναλλακτικούς μηχανισμούς. Οι μεταβολικές αλλαγές είναι ένας από τους αμυντικούς μηχανισμούς τους, καθώς σχετίζονται με τη διαδικασία ανάπτυξης του ανοσοποιητικού συστήματος των φυτών μέσω δευτερογενών μεταβολιτών (Hartmann, 2007).

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να τροποποιήσει την ποιότητα του φυσικού προϊόντος και να επηρεάσει τη γεύση και τη φαρμακευτική αξία ορισμένων φυτών της Αρκτικής. Τα αρωματικά φυτά και αυτά που προορίζονται για φαρμακευτική χρήση είναι λιγότερο εύλωτα στην κλιματική αλλαγή και γίνονται ενδημικά σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές αλλάζοντας την κατανομή τους. Σχετική μελέτη στη βόρεια Αμερική που διερεύνησε περίπου 300 φυτά και τις αλλαγές τους ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες, όπως βροχή, θερμοκρασία, χιονόπτωση, επιβεβαιώνει ότι πάνω από το 60% άλλαξαν την κατανομή τους και μετατοπίστηκαν σε θερμότερες περιοχές και όλα προς την ίδια κατεύθυνση. Μία ακόμη έρευνα σχετικά με την παγκόσμια εξάπλωση των φυτών, που διενεργήθηκε σε δείγμα 50.000 φυτών, δείχνει ότι περίπου τα μισά από τα είδη φυτών θα επηρεαστούν έως το 2080 χάρη στη συνεχιζόμενη αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Srivastava & Misra, 2018).

Αναφορικά με τα φυτά των αγροτικών καλλιεργειών, η ανάπτυξή τους εξαρτάται από συγκεκριμένους παράγοντες, όπως θερμοκρασία, φως, διοξείδιο του άνθρακα, βροχοπτώσεις και υγρασία. Η απόδοσή τους με βάση αυτούς τους παράγοντες σαφώς επηρεάζεται αρνητικά και έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη διατροφή και υγεία. Επομένως, αποτελεί τεράστια πρόκληση η διαχείριση της φυτικής παραγωγής καθώς σχετίζεται με κλιματολογικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες που επικρατούν σε διαφορετικούς τόπους (Hatfield & Prueger, 2015). Οι Farooq et al. (2012) επισημαίνουν πως εάν μια καλλιέργεια βιώσει πρόωμη ξηρασία τότε μειώνεται η βλάστηση και η απόδοση, λόγω της περιορισμένης πρόσληψης νερού κατά τη φάση της απορρόφησης, της μειωμένης παροχής ενέργειας και της μειωμένης ενζυμικής δραστηριότητας. Η

περιορισμένη απορρόφηση νερού προκαλεί τη βεβιασμένη μετάβαση από τη βλαστητική στην αναπαραγωγική φάση συμβάλλοντας στη χαμηλή παραγωγικότητα.

Όσον αφορά στη δασική βλάστηση και συγκεκριμένα στα δέντρα των δασικών οικοσυστημάτων, η αλληλεπίδρασή τους με το κλίμα είναι ένα σύνθετο ζήτημα. Μια αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον θα μπορούσε να μειώσει τον ρυθμό διαπνοής των δέντρων και να αυξήσει την αποτελεσματικότητα της χρήσης νερού και την παραγωγικότητα. Τα δέντρα έχουν την ικανότητα να εγκλιματίζονται με βάση το θερμότερο κλίμα. Ωστόσο, τα διάφορα είδη αποκρίνονται με διαφορετικό τρόπο. Συνήθως, τα δασικά δέντρα διέπονται από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, επομένως η παραγωγικότητα και η ανάγκη τους για θρεπτικά συστατικά επηρεάζονται σημαντικά από το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα και τη θερμοκρασία (Niinemets, 2010).

Η ρύπανση του εδάφους έχει σοβαρές επιπτώσεις στη χλωρίδα του πλανήτη καθώς και στους οργανισμούς που εξαρτώνται από αυτή. Το έδαφος μπορεί να μολυνθεί από την ατμοσφαιρική ρύπανση όταν η κατακρήμνιση της βροχής αποθέτει όξινες ενώσεις όπως διοξείδιο του θείου και οξείδιο του αζώτου. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η εξόρυξη, μπορούν να προκαλέσουν όξινη αποστράγγιση με εκτεταμένες επιπτώσεις. Τα όξινα εδάφη που δημιουργούνται από την εναπόθεση όξινων ενώσεων, όπως το διοξείδιο του θείου, παράγουν όξινο περιβάλλον που δεν είναι ανεκτό από μικροοργανισμούς, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για τη βελτίωση της δομής του εδάφους με τη διάσπαση οργανικών υλικών που συμβάλλουν στη ροή του νερού. Επιπλέον, τα εδάφη που μολύνονται από την όξινη βροχή έχουν αντίκτυπο στα φυτά διότι διαταράσσουν τη χημεία του εδάφους και μειώνουν την ικανότητα των φυτών να προσλαμβάνουν θρεπτικά συστατικά και να υποβάλλονται σε φωτοσύνθεση. Η ρύπανση του εδάφους μπορεί να κινητοποιήσει ανόργανες μορφές αλουμινίου, το οποίο υπάρχει φυσικά στο περιβάλλον, ωστόσο οι μορφές αυτές μπορεί να είναι εξαιρετικά τοξικές για τα φυτά και αν εκπλυθούν στα υπόγεια ύδατα οι επιπτώσεις τους είναι ιδιαίτερα επιβλαβείς για τη χλωρίδα. Τα εδάφη με υψηλά επίπεδα αζώτου και φωσφόρου μπορούν να εκπλυθούν στις υδάτινες οδούς προκαλώντας άνθιση φυκιών με αποτέλεσμα τον θάνατο των υδρόβιων φυτών. Η όξινη εναπόθεση στο έδαφος εμποδίζει την ικανότητά του να ρυθμίζει τις αλλαγές στο pH προκαλώντας ασθένειες ή τον θάνατο των φυτών λόγω των

αφιλόξενων συνθηκών που δημιουργούνται. Η υποβάθμιση του pH στο υδάτινο περιβάλλον καταστρέφει τους μικροοργανισμούς και καταλήγει σε ένα ντόμινο επιπτώσεων με την κατάρρευση ολόκληρης της υδάτινης διατροφικής αλυσίδας (Rogers, 2019).

Μια ακόμη αιτία της καταστροφής της χλωρίδας είναι τα βιομηχανικά λύματα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, τα οποία περιέχουν βαρέα μέταλλα, όπως χρώμιο, μόλυβδος, νικέλιο, κάδμιο, ψευδάργυρο, τιτάνιο, κοβάλτιο, και μεταφέρονται στα φυτά. Οι ποσότητες αυτών των μετάλλων είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Jaiswal et al., 2018).

Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τις επιπτώσεις των μικροπλαστικών στα φυτά και υποστηρίζουν ότι η απορρόφησή τους καθυστερεί τον χρόνο βλάστησης των σπόρων των φυτών, μειώνει τον ρυθμό βλάστησης και αλλάζει ριζικά τη σύνθεση και τα χαρακτηριστικά των φυτών. Τα αποτελέσματα της απορρόφησης των μικροπλαστικών ποικίλλουν ανάλογα με τη σύνθεσή τους, με τα είδη των φυτών και τους τύπους του εδάφους. Για παράδειγμα, ο Machado αναφέρει ότι η βιομάζα στελέχους του πράσινου κρεμμυδιού μειώθηκε σημαντικά υπό την επεξεργασία PA, ενώ σχεδόν διπλασιάστηκε με την επεξεργασία μικροϊνών. Το PS θα μπορούσε να αυξήσει τη βιομάζα της ρίζας του κρεμμυδιού, ενώ τα PE, PET και PP δεν έχουν σημαντικές επιδράσεις. Άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ρίζα του σιταριού μπορεί να απορροφήσει 2mm των μικροπλαστικών submicron και micron από το έδαφος και τα λύματα. Τα μικροπλαστικά μπορούν να μεταφερθούν σε βρώσιμα μέρη με το νερό και στα θρεπτικά συστατικά του φυτού μέσω των αγγείων με τη διαδικασία της διαπνοής. Η παρουσία μικροπλαστικών σε δείγματα λαχανικών, όπως καρότα, μαρούλι, μπρόκολο, πατάτες και φρούτα-μήλα και αγλάδια είναι επιβεβαιωμένη στην αγορά (Ding et al., 2022).

3.3. Επιπτώσεις στην πανίδα

Από την εμφάνιση των ζώων στη γη, πολλά είδη έχουν εξαφανιστεί λόγω φυσικών γεγονότων ή αδυναμίας να προσαρμοστούν στις περιβαλλοντικές αλλαγές. Στα τελευταία 500 εκατομμύρια χρόνια, οι επιστήμονες εντοπίζουν έξι γεγονότα μαζικής εξαφάνισης, που αποδίδονται σε επιπτώσεις μετεωριτών, εκρήξεις ηφαιστειών, κίνηση του ηλιακού συστήματος μέσω ενός γαλαξιακού νέφους αερίων. Σήμερα, είναι πιθανό ο πλανήτης να διανύει την περίοδο της έβδομης μαζικής εξαφάνισης. Τον περασμένο αιώνα υπολογίζεται ότι εξαφανίστηκαν 20.000-2.000.000 είδη και στα επόμενα εκατό χρόνια η ολική καταστροφή των οικοτόπων θα μπορούσε να οδηγήσει στην εξαφάνιση του 50% όλων των ειδών. Για παράδειγμα, ο χρυσός φρύνος εθεάθη τελευταία φορά το 1989, ενώ ο Εσκιμώος Curlew υπέστη μια από τις επίπονες μεταναστεύσεις στον φυσικό κόσμο. Η φώκια Caribbean Monk εξαφανίστηκε λόγω της απώλειας του οικοτόπου συνεπεία της διώξης και του ανταγωνισμού με τους ανθρώπους για τροφή. Η καταστροφή των φυσικών οικοσυστημάτων και των παρθένων βιοτόπων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες της αγροτικής καλλιέργειας και της βιομηχανίας έχει άμεσες επιπτώσεις στην πανίδα. Τα τροπικά δάση διαθέτουν τη μεγαλύτερη βιολογική ποικιλομορφία στον πλανήτη. Ένα μόνο δέντρο μπορεί να είναι το σπίτι πολλών ζώων και οργανισμών, ωστόσο κάθε χρόνο τα τροπικά δάση καίγονται και αποψιλώνονται. Με τον σημερινό ρυθμό καταστροφής, τα τροπικά δάση δεν θα υπάρχουν σε 40 χρόνια με τραγικές συνέπειες για τα ζώα (Piper, 2009).

Η κλιματική αλλαγή θεωρείται ότι θα είναι καταστροφική για πολλά είδη της πανίδας. Αυτά που βρίσκονται υπό άμεση απειλή είναι τα ζώα των τροπικών περιοχών, των πτηνών, των θηλαστικών και των αμφίβιων που ζουν στην κεντρική και νότια Αμερική και στην Αφρική νοτίως της Σαχάρας. Τα βασίλεια αυτά περιλαμβάνουν τα τροπικά και υποτροπικά υγρά πλατύφυλλα δάση που πιστεύεται ότι φιλοξενούν την πλειοψηφία των έμβιων ειδών (IUCN Red List, n.d.).

Όπως υποστηρίζει ο Hossain (2018), κάθε συστατικό του περιβάλλοντος, τόσο του χερσαίου όσο και του υδάτινου, επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή. Το υδάτινο περιβάλλον είναι περισσότερο ευάλωτο λόγω της περιορισμένης ικανότητας να προσαρμοστεί στην κλιματική αλλαγή.

Τα υδάτινα οικοσυστήματα δέχονται μεγάλο πλήγμα από την υπερθέρμανση των ωκεανών. Είδη, όπως ψάρια, γαρίδες, φάλαινες και πλαγκτόν αποκρίνονται στο θερμότερο νερό μεταναστεύοντας προς τους πόλους όπου είναι πιο δροσερό. Ωστόσο, το μικρό κριλ που μοιάζει με το είδος της γαρίδας και τρώγεται από ψάρια και φάλαινες αναπαράγεται καλύτερα σε κρύο νερό. Η θέρμανση του νερού συνεπάγεται λιγότερα κριλ και λιγότερα ψάρια. Μεγάλη δυσκολία επιβίωσης αντιμετωπίζουν οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, όπου συγκεντρώνεται περισσότερο από το 25% του συνόλου της θαλάσσιας ζωής. Επίσης, η μείωση του Ph στους ωκεανούς λόγω της απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα είναι επιβλαβή για τη θαλάσσια ζωή, ιδίως για τα θαλάσσια πλάσματα που δημιουργούν κέλυφος, όπως οι αστακοί, τα στρείδια και τα κοράλλια. Αυτό είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό, καθώς τα είδη αυτά βρίσκονται στην αρχή της τροφικής αλυσίδας για κάποια άλλα είδη. Λόγω της κλιματικής αλλαγής, πολλά είδη της χερσαίας και θαλάσσιας πανίδας μετακινούνται σε νέες τοποθεσίες προκειμένου να προσαρμοστούν στις κλιματικές αλλαγές. Κάποια άλλα είδη διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εξαφάνισης. Στην Αρκτική και την Ανταρκτική το λιώσιμο των πάγων οδηγεί στη διάλυση των τροφικών αλυσίδων, καθώς διαταράσσει την ποσότητα και ποιότητα του πλαγκτόν και των φυκιών που αποτελούν τροφή για ψάρια, πιγκουίνους και φώκιες, γεγονός που με τη σειρά του δημιουργεί προβλήματα για τους πολικούς θηρευτές, τις φώκιες-λεοπαρδάλεις και τις πολικές αρκούδες (European Commission, n.d.).

Αναφορικά με τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην υδρόβια πανίδα, επιστήμονες που μελέτησαν 13 είδη της θαλάσσιας ζωής στην Αυστραλία και την απόκρισή τους σε αλλαγές στη θερμοκρασία, την αλατότητα, τον άνεμο, τη χημεία, την κυκλοφορία και τη στάθμη της θάλασσας ταξινόμησαν τις επιπτώσεις σε τέσσερις κατηγορίες (Elenwo & Akankali, 2014):

- ❖ Επιπτώσεις στην κατανομή και στα αποθέματα: τα θαλάσσια είδη πρόκειται να μεταναστεύσουν προς νότο σε πιο ζεστά νερά. Οι θαλάσσιες πεταλούδες είναι πιθανό να μειωθούν σε αφθονία.
- ❖ Επιπτώσεις στον κύκλο ζωής: οι μεταναστεύσεις θα συμβούν νωρίτερα λόγω της θέρμανσης.

- ❖ Επιπτώσεις στη φυσιολογία και στη συμπεριφορά: η περιβαλλοντική αλλαγή θα επηρεάσει άμεσα τον ρυθμό μεταβολισμού, την αναπαραγωγή, την ανάπτυξη, τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή.
- ❖ Επιπτώσεις στις κοινότητες και την παραγωγικότητα: αυτές εξαρτώνται από τη θέση του είδους σε σχέση με τη λειτουργία του οικοσυστήματος, για παράδειγμα τη θέση του είδους στην τροφική αλυσίδα.

Επίσης, στο Δέλτα του Νίγηρα μια ποικιλία της πανίδας βρίσκεται υπό απειλή. Τα είδη που κινδυνεύουν κυρίως είναι ψάρια (Cichlids, Citharinids, Rivulines, Mormyrids), υδρόβια θηλαστικά (ιπποπόταμοι), υδρόβια πτηνά, 11 είδη βατράχων, σαύρες, 3 είδη χελώνας, κροκόδειλοι, ενδημικά ψάρια (*Denticeps clupeoides*, *Phractolaemus ansorgii*). Τα θαλάσσια οικοσυστήματα στο Δέλτα του Νίγηρα απειλούνται από τη ρύπανση που προκαλείται από την εξερεύνηση πετρελαίου που δημιουργεί πιέσεις στην περιοχή, η οποία ωστόσο χαρακτηρίζεται από την αφθονία των θαλάσσιων ειδών πανίδας (Elenwo & Akankali, 2014).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην πανίδα της Τασμανίας παρουσιάζει η έρευνα του Mallick (2013). Οι πρωτογενείς κλιματικές μεταβλητές, θερμοκρασία, βροχόπτωση, υγρασία, κάλυψη των νεφών, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου, εξάτμιση, αλλά και οι δευτερογενείς μεταβλητές-ακραία γεγονότα, όπως παγωμένες ημέρες και κύματα ψύχους, κύματα καύσωνα, υγρές ημέρες και πλημμύρες, άνοδος της στάθμης της θάλασσας, επικίνδυνοι άνεμοι, θα έχουν ως συνέπεια τις αλλαγές στους οικοτόπους των ζώων. Συγκεκριμένα, για τους παράκτιους οικοτόπους οι αλλαγές προβλέπεται να είναι βαθμιαίες ώστε η πλειονότητα των σπονδυλωτών αναπαραγωγής θα έχει τον απαραίτητο χρόνο να προσαρμοστεί ή να μετακινηθεί χωρίς να κινδυνεύσει από εξαφάνιση.

Σε αναφορά της WWF (2015) σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην πανίδα, επισημαίνεται ο κίνδυνος για το γιγάντιο πάντα, το οποίο απειλείται λόγω της πιθανής μετατόπισης της κατανομής των δασών από μπαμπού, που αποτελούν ταυτόχρονα τη βασική πηγή τροφής και το φυσικό του περιβάλλον, ένα ιδιαίτερο πρόβλημα δεδομένης της ήδη κατακερματισμένης φύσης των πληθυσμών των πάντων. Το

μπαμπού έχει έναν πολύ συγκεκριμένο αναπαραγωγικό κύκλο, καθώς ανθίζει και αναπαράγεται μόνο κάθε 15 έως 20 χρόνια και επομένως προσαρμόζεται πολύ αργά στις αλλαγές του κλίματος. Πολλά είδη μπαμπού μπορεί να εξαφανιστούν από τους βιότοπους των πάντα καθώς προχωρά η κλιματική αλλαγή. Αν και ορισμένα είδη μπαμπού ενδέχεται να αποικίσουν σε νέες, κλιματικά κατάλληλες περιοχές, ορισμένα είδη θα αντιμετωπίσουν σημαντική απώλεια οικοτόπων. Αυτή η προβλεπόμενη μείωση των ενδαιτημάτων μπαμπού λόγω της κλιματικής αλλαγής, θα αποτελέσει σοβαρή πρόκληση για τη διαθεσιμότητα τροφής για τα γιγάντια πάντα.

Ένα ακόμα είδος πανίδας που βρίσκεται υπό απειλή εξαφάνισης είναι η πολική αρκούδα. Η επιβίωσή της απειλείται σοβαρά από την κλιματική αλλαγή. Η θέρμανση της Αρκτικής με ταχύτητα περίπου δύο φορές του παγκόσμιου μέσου όρου προκαλεί την τήξη του θαλάσσιου πάγου και επιφέρει τη συρρίκνωση του βιότοπου της πολικής αρκούδας. Καθώς οι πολικές αρκούδες ειδικεύονται στο κυνήγι της φώκιας, η οποία γεννά και ξεκουράζεται στον θαλάσσιο πάγο, η μείωση του πάγου σημαίνει μικρότερη χρονικά περίοδο κυνηγιού. Ο λεπτότερος πάγος και οι άνεμοι μπορεί να παρασύρουν τις πολικές αρκούδες σε άγνωστο έδαφος αναγκάζοντάς τις να κολυμπήσουν στην ανοιχτή θάλασσα για να βρουν φιλόξενες περιοχές ή να επιστρέψουν στην ξηρά. Επιπλέον, η απώλεια θαλάσσιου πάγου είναι πιθανό να οδηγήσει στον πνιγμό των πολικών αρκούδων. Η επιβίωση των αρκούδων απειλείται επίσης από την πρόωρη διάσπαση του θαλάσσιου πάγου. Όταν οι μητέρες βγαίνουν από τις φωλιές τους με τα μικρά τους για να βρουν την κύρια πηγή τροφής, τις φώκιες, χρειάζονται πρόσβαση στον πάγο. Οι αλλαγές στα μοτίβα των βροχοπτώσεων μπορεί επίσης να προκαλέσουν την κατάρρευση του κρησφύγετου πριν φύγουν τα θηλυκά με τα μικρά τους εκθέτοντάς τα στη σκληρότητα των στοιχείων της φύσης και στα αρπακτικά. Τέλος, η μετακίνηση των αρκούδων σε κατοικημένες περιοχές προς αναζήτηση τροφής αυξάνει την πιθανότητα θανάτωσής τους από τον άνθρωπο (WWF, 2015).

Η γαλάζια φάλαινα, της οποίας ο οικοτόπος βρίσκεται στον Ανταρκτικό ωκεανό, κινδυνεύει σημαντικά από την κλιματική αλλαγή, η οποία έχει επιπτώσεις στην προμήθεια τροφής. Εκτός από την συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η αύξηση της απορρόφησης του αερίου αυτού από τον ωκεανό συμβάλλει στην οξίνιση του ωκεανού. Οι πληθυσμοί των φαλαινών επηρεάζονται σημαντικά,

κυρίως λόγω των επιπτώσεων της οξίνισης στην παραγωγή του κριλ. Επιπλέον, τα ενδιαυτήματα των φαλαινών προβλέπεται να μετακινηθούν προς τα νότια λόγω της κλιματικής αλλαγής. Η θαλάσσια χελώνα σε κάθε στάδιο της ζωής της επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Στην πραγματικότητα το φύλο της καθορίζεται από τη θερμοκρασία επώασης των αυγών που είναι θαμμένα στην άμμο της παραλίας μετά την ωοτοκία. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες ευνοούν την ανάπτυξη των θηλυκών και οι ψυχρότερες ευνοούν τα αρσενικά. Είναι προφανές ότι η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να επηρεάσει σοβαρά το ποσοστό των φύλων υπέρ των θηλυκών. Ο αφρικανικός ελέφαντας αντιμετωπίζει το κρίσιμο πρόβλημα στις τεράστιες ανάγκες του σε γλυκό νερό στην καθημερινή του δραστηριότητα. Το 2080 εκτιμάται ότι θα υπάρξει επέκταση από 5 έως 8% της ξηρής και ημιάνυδρης γης και αύξηση της συχνότητας και της έντασης των περιόδων ξηρασίας σε μέρη της αφρικανικής ηπείρου. Αυτό ίσως θα έχει ως αποτέλεσμα ορισμένες περιοχές να παρουσιάσουν αύξηση των φυλλοβόλων δέντρων και των ανθεκτικών στη θερμότητα χόρτων σε βάρος των αειθαλών δέντρων. Η μεταβαλλόμενη φύση της βλάστησης θα μπορούσε να επηρεάσει τη ροή και τον όγκο των πηγών νερού επηρεάζοντας κατά συνέπεια τη δομή και τη λειτουργία του οικοσυστήματος. Στην περίπτωση αυτή οι αλλαγές στη γεωγραφική κατανομή της πανίδας θα αυξήσουν την πίεση στους υδάτινους πόρους προκαλώντας έλλειψη νερού για τον αφρικανικό ελέφαντα (WWF, 2015).

Κεφάλαιο 4^ο

Τρόποι αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής

4.1 Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή συχνά αντιμετωπίζεται από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής ως μια πρόκληση διαχείρισης κινδύνου την οποία οι επιστήμονες παρουσιάζουν ως το «ιερό δισκοπότηρο» της μείωσης της αβεβαιότητας για το μέλλον (Pielke, 2004)

Η αναγνώριση ότι η κλιματική αλλαγή είναι από τις πιο σοβαρές απειλές στον πλανήτη και στην ανθρώπινη ευημερία έχει αποτελέσει τη βάση για πολλές χώρες που προχωρούν σε διακρατικές συμφωνίες για τη δέσμευση της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η πρόκληση αφορά τη διεθνή κοινότητα η οποία στοχεύει να αναπτύξει τα συστήματα, τις πολιτικές και την κουλτούρα που απαιτούνται για την επίτευξη του στόχου της αποτροπής των αρνητικών επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή (Fauna & Flora International, n.d.).

Όσον αφορά στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η χάραξη της περιβαλλοντικής πολιτικής της τοποθετείται το 1972 με το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο των Παρισίων, όπου τα συμμετέχοντα κράτη συμφώνησαν στην κοινοτική δράση όσον αφορά στο περιβάλλον στο πλαίσιο της οικονομικής ανάπτυξης. Ως νομική βάση της κοινής περιβαλλοντικής πολιτικής θεωρείται η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη του 1987 που καθόρισε το πλαίσιο για την προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας καθώς και για την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων. Το 1993, στη Συνθήκη του Μάαστριχτ, το περιβάλλον συμπεριλαμβάνεται στις επίσημες πολιτικές της Ε.Ε. και το 1999, με τη Συνθήκη του Άμστερνταμ, καθιερώθηκε η υποχρέωση ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής προστασίας σε όλες τις τομεακές πολιτικές της Ε.Ε. Με τη Συνθήκη της Λισαβόνας το 2009 τέθηκε για πρώτη φορά ο στόχος της καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής και της βιώσιμης ανάπτυξης. Η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. θεμελιώνεται στις αρχές της προφύλαξης, της πρόληψης, της επανόρθωσης και στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση(α), 2021).

Από τις σημαντικότερες διεθνείς νομοθετικές πράξεις αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι το Πρωτόκολλο του Κιότο, με το οποίο οι εκβιομηχανισμένες χώρες δεσμεύτηκαν για τον περιορισμό των αερίων θερμοκηπίου (διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου, πρωτοξειδίου του αζώτου, υδροφθορανθράκων, υπερφθοριωμένων υδρογονανθράκων, εξαφθοριούχου θείου) που ευθύνονται για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Το Πρωτόκολλο προέβλεπε τη μείωση των συνολικών εκπομπών κατά 5% την περίοδο 2008-2012 συγκριτικά με τα επίπεδα εκπομπών του 1990. Ουσιαστικά η συμφωνία αυτή συνέβαλε στη θέσπιση βασικών αρχών για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο (EUR-Lex, n.d.).

Η πρώτη οικουμενική συμφωνία για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής είναι η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή/Συμφωνία του Παρισιού το 2016. Ως στόχος των κυβερνήσεων τέθηκε η διατήρηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου παγκοσμίως σε όρια κάτω των 2°C και η επίτευξη μηδενικού ισοζυγίου εκπομπών κατά το δεύτερο μισό του 21^{ου} αιώνα. Κάθε πέντε χρόνια τα συμβαλλόμενα κράτη οφείλουν να αναβαθμίζουν τα σχέδια δράσης για το κλίμα και να τα κοινοποιούν με διαφάνεια ώστε να αξιολογείται η συνολική πρόοδος. Από τη Συμφωνία αυτή αναδύονται ως παγκόσμια πρόκληση στον τομέα της περιβαλλοντικής διαχείρισης και της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής δύο έννοιες, ο μετριασμός και η προσαρμογή (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση(β), 2021).

Ο μετριασμός αφορά όχι μόνο στην πρόληψη των επιπτώσεων, αλλά και στον περιορισμό της έκτασης των επιπτώσεων, στην προστασία των κρίσιμων και ευάλωτων περιοχών, στην αποκατάσταση των περιοχών που έχουν υποστεί τις αρνητικές επιπτώσεις ή/και στη δημιουργία ισοδύναμων πόρων για την αντικατάσταση όσων έχουν ζημιωθεί. Όσον αφορά στην κλιματική αλλαγή, ο μετριασμός συνίσταται στην ανθρωπογενή παρέμβαση για τη μείωση των πηγών ή την ενίσχυση των δεξαμενών απορρόφησης των αερίων θερμοκηπίου. Επομένως, βασίζεται σε δράσεις που αναλαμβάνουν οι κυβερνήσεις, οι οργανισμοί, τα άτομα, με στόχο την ελαχιστοποίηση των αερίων θερμοκηπίου και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η προσαρμογή αφορά στην ικανότητα ή τη δυνατότητα των φυσικών και ανθρώπινων συστημάτων να αποκρίνονται επιτυχώς στην κλιματική μεταβλητότητα και αλλαγή. Ο όρος αυτός

αναφέρεται στην ικανότητα μιας κοινωνίας να προσαρμόζεται στις κλιματικές συνθήκες, είτε μειώνοντας τη βλάβη είτε εκμεταλλευόμενη ευεργετικές ευκαιρίες. Τα στοιχεία της προσαρμοστικής ικανότητας είναι ανάλογα με την ύπαρξη φυσικών πόρων και οικονομικού πλεονάσματος, την παρουσία ισχυρών κρατικών και κοινωνικών θεσμών και υποδομών, με την εμπειρία σε φυσικές καταστροφές. Εναλλακτικός όρος της προσαρμογής είναι ο όρος «ανθεκτικότητα», ο οποίος περιγράφει την ικανότητα μιας κοινωνίας να παραμένει ισχυρή ή αβλαβής και να μπορεί άμεσα και αποτελεσματικά να ανακάμπτει από τις επιπτώσεις μιας φυσικής καταστροφής (Labadie, 2011).

Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή συνεπάγεται προσαρμογές και αλλαγές σε κάθε επίπεδο, από κοινοτικό έως εθνικό και διεθνές. Οι κοινότητες πρέπει να οικοδομήσουν την ανθεκτικότητά τους, συμπεριλαμβανομένης της υιοθέτησης κατάλληλων τεχνολογιών, αξιοποιώντας στο έπακρο την παραδοσιακή γνώση και διαφοροποιώντας τα μέσα διαβίωσής τους για να αντιμετωπίσουν το τρέχον και το μελλοντικό κλιματικό ζήτημα. Οι τοπικές στρατηγικές αντιμετώπισης και η παραδοσιακή γνώση πρέπει να χρησιμοποιηθούν από κοινού με τις κρατικές παρεμβάσεις. Για την επιτυχημένη εφαρμογή των μέτρων προσαρμογής θα πρέπει οι αρμόδιοι κρατικοί φορείς, οι θεσμοί, οι μη κυβερνητικές οργανώσεις να ενσωματώσουν στον σχεδιασμό και στον προϋπολογισμό τους την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής σε όλα τα επίπεδα λήψης αποφάσεων. Για παράδειγμα, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα στον τομέα της γεωργίας που αντιμετωπίζει το πρόβλημα της έλλειψης αρδευόμενου νερού λόγω της μείωσης των βροχοπτώσεων και της αύξησης των ποσοστών εξάτμισης. Για τις παράκτιες περιοχές θα πρέπει να υπάρξει πρόληψη για την προστασία τους από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας μέσω της αναδάσωσης. Οι πολιτικές προσαρμογής θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν ζωτικούς τομείς, όπως την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων, των λεκανών απορροής των ποταμών, των παράκτιων ζωνών. Επιπλέον, απαραίτητες πολιτικές είναι οι βελτιώσεις στα συστήματα παρατήρησης, ελέγχου και επικοινωνίας, η κατάρτιση σχεδίων έκτακτης ανάγκης, οι επιστημονικές καινοτομίες (όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη καλλιεργειών ανθεκτικών στην ξηρασία ή νέων τεχνολογιών για την καταπολέμηση της διεύθυνσης αλμυρού νερού), η εκπαίδευση και κατάρτιση των εμπλεκόμενων σχετικά με τα περιβαλλοντικά ζητήματα και τις επιπτώσεις τους, οι εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού (UNFCCC., n.d.).

Για τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή προτείνει μια σειρά μέτρων. Αυτά περιλαμβάνουν αλλαγές στον τρόπο ζωής ώστε να μειωθεί το ατομικό και συλλογικό οικολογικό αποτύπωμα, αναβάθμιση των ενεργειακών υποδομών, επενδύσεις στον τομέα της ενεργειακής ασφάλειας, μέτρα ενεργειακής απόδοσης για τα οχήματα, τα κτήρια και τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, βιοκαύσιμα, αλλαγή του μοντέλου μεταφοράς και αποθήκευσης του άνθρακα. Η εφαρμογή των μέτρων αυτών θα συμβάλει στον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και θα έχει βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα οφέλη για την ανθρώπινη υγεία (Wolf & Menne, 2007).

Όσον αφορά στη διαχείριση των υδάτων και των λεκανών απορροής των ποταμών, σε συνέδριο του 2010 των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προτάθηκαν τρεις θεμελιώδεις τρόποι αντιμετώπισης των κινδύνων από την κλιματική αλλαγή (Noges et al., 2010):

- υιοθέτηση μοντέλου ολοκληρωμένης προσέγγισης αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής σε τοπική κλίμακα
- βελτίωση της βάσης των γνώσεων με τον συνδυασμό βιοφυσικών και κοινωνικοοικονομικών μοντέλων, τα οποία θα τροφοδοτούνται με τις διαθέσιμες πληροφορίες για τις επιπτώσεις προηγούμενων καταστροφών
- κατανόηση και ερμηνεία των διαφορετικών επιπέδων και πηγών των περιβαλλοντικών κινδύνων ώστε να εξασφαλιστεί η βαρύτητα των μέτρων αντιμετώπισης.

4.2. Μέθοδοι αντιμετώπισης

Η ενσωμάτωση των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής απασχολεί τις κυβερνήσεις σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Το ενδιαφέρον των ειδικών που μελετούν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη στρέφεται στις μεθόδους αντιμετώπισης των κρίσιμων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Ο τομέας των αποβλήτων καταλαμβάνει καίρια θέση στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής τόσο σε αναπτυγμένες όσο και σε αναπτυσσόμενες χώρες. Ανάμεσα στις

προτεινόμενες λύσεις για τη διαχείριση των αποβλήτων κεντρική θέση κατέχει το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας (εικ. 12). Η βασική ιδέα της κυκλικής οικονομίας είναι ότι ένα προϊόν θα πρέπει να παραμένει σε χρήση όσο το δυνατό περισσότερο, ενώ στο τέλος του κύκλου ζωής του θα πρέπει να επαναχρησιμοποιείται ή να ανακυκλώνεται για την παραγωγή νέων υλικών ή προϊόντων. Η εφαρμογή αυτού του μοντέλου μπορεί να συμβάλει στην προστασία του κλίματος, της βιοποικιλότητας, της ποιότητας του αέρα, του εδάφους και των υδάτων. Δεδομένου ότι το 62% περίπου των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου προέρχεται από τις διαδικασίες ανάπτυξης και παραγωγής των διαφόρων προϊόντων, ενώ το 38% προέρχεται από τη χρήση τους, η επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση των υλικών που προτείνει το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας είναι δυνατό να συμβάλει δραστικά στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Σωτηρόπουλος, 2019).



Εικόνα 11. Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας

Πηγή: Σωτηρόπουλος (2019)

Μια ακόμη μέθοδος μετριασμού της κλιματικής αλλαγής είναι η ανακύκλωση, η οποία μπορεί να συμβάλει στην κλιματική κρίση με δύο τρόπους: με τον περιορισμό της ποσότητας των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και με τη μείωση των απορριμμάτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η αναερόβια

αποσύνθεση των απορριμμάτων εκλύει μεγάλες ποσότητες μεθανίου. Μέσω της διαδικασίας της ανακύκλωσης των προϊόντων, όχι μόνο παράγονται νέα προϊόντα χωρίς τη χρήση πρώτων υλών, αλλά περιορίζεται η ποσότητα των απορριμμάτων και κατ' επέκταση η απελευθέρωση αερίων από τους χώρους υγειονομικής ταφής. Εκτιμάται ότι η μέθοδος της ανακύκλωσης θα μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 5,5-6,02 γιγατόνους μεταξύ των ετών 2020-2050. Η ποσότητα αυτή ισοδυναμεί με την απομάκρυνση 1 δισεκατομμυρίου αυτοκινήτων από τους δρόμους για ένα χρόνο (Robinson, 2021).

Εκτός από τη μέθοδο της ανακύκλωσης, ως μια καινοτόμος μέθοδος αντιμετώπισης της κλιματικής κρίσης στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων προτείνεται η κομποστοποίηση. Αυτή αποτελεί μια φυσική διαδικασία που μετατρέπει τα οργανικά υλικά σε σκούρα πλούσια ουσία κατάλληλη για το χώμα. Η κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη αερόβια βιολογική σύνθεση της οργανικής ύλης σε ένα σταθερό προϊόν (compost), η οποία ενισχύεται και επιταχύνεται με την ανάμιξη οργανικών αποβλήτων με άλλα συστατικά για τη βελτιστοποίηση της μικροβιακής ανάπτυξης. Τα πιθανά οφέλη της κομποστοποίησης κοπριάς και άλλων οργανικών αποβλήτων είναι η καλύτερη διαχείρισή τους με αποτέλεσμα τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους και την ενίσχυση της ικανότητας συγκράτησης του νερού, η απουσία δυσάρεστων οσμών και η παρατεταμένη αποθήκευση των προϊόντων κομποστοποίησης. Αυτές οι ιδιότητες τα καθιστούν κατάλληλα για χρήση στις γεωργικές καλλιέργειες (United States Department of Agriculture, 2000).

Η κομποστοποίηση περιλαμβάνεται στον Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης του Πρωτοκόλλου του Κιότο που έχει ως στόχο τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου και τη βιώσιμη ανάπτυξη στις αναπτυσσόμενες χώρες (Rogger et al., 2011).

Στον τομέα της ενέργειας, μελέτες που αφορούν στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής δείχνουν ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν σημαντικό ρόλο στην παροχή ενεργειακών υπηρεσιών με βιώσιμο τρόπο και ειδικότερα στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Τέτοιου είδους πηγές είναι η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ωκεάνια και η αιολική ενέργεια, η βιοενέργεια (Moomaw et al., 2011).

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας προσφέρει τεχνολογίες θέρμανσης, ψύξης, φυσικού φωτός, ηλεκτρισμού και καυσίμων με τη χρήση των κατάλληλων συσκευών (για παράδειγμα, φωτοβολταϊκά) περιλαμβάνοντας μικρό περιβαλλοντικό κόστος. Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια μέθοδο φυσικής αναπλήρωσης της θερμότητας από τις διεργασίες της γης με τη χρήση τεχνικών διαχείρισης σύγχρονων ταμιευτήρων και επομένως συνιστά έναν ανανεώσιμο πόρο ενέργειας χαμηλών εκπομπών. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η ισχύς της οποίας προέρχεται από το νερό που κινείται από υψηλότερα σε χαμηλότερα υψόμετρα. Αναφορικά με την ενέργεια προερχόμενη από τους ωκεανούς, οι αξιολογήσεις βρίσκονται σε προκαταρκτική φάση, ωστόσο θεωρητικά η δυναμική αυτής της πηγής ενέργειας υπερβαίνει τις σημερινές ανθρώπινες ενεργειακές απαιτήσεις. Η ενέργεια των ωκεανών προέρχεται από τεχνολογίες που χρησιμοποιούν το θαλασσινό νερό ως κινητήρια δύναμη ή αξιοποιούν τη χημική ή θερμική του δυναμική. Η τεχνολογία της αιολικής ενέργειας, που έχει ήδη αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό, προσφέρει τη δυνατότητα μείωσης των αερίων θερμοκηπίου και συμβάλλει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (IPCC, 2012).

Η βιοενέργεια μπορεί να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη αυστηρών κλιματικών στόχων. Η βιομάζα είναι μια ιδιαίτερα ελκυστική πηγή ενέργειας λόγω της ικανότητας μετατροπής σε δευτερογενείς και τελικούς φορείς ενέργειας (στερεά καύσιμα, υγρά καύσιμα, θερμότητα, ηλεκτρισμός, υδρογόνο), της συνέπειας του εφοδιασμού έναντι άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της ικανότητας να μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η ανάπτυξη του εμπορίου βιοενέργειας αντικαθιστά σε μεγάλο βαθμό το εμπόριο ορυκτών καυσίμων, ιδιαίτερα του πετρελαίου, που προβλέπεται να μειωθεί σημαντικά κατά τον 21^ο αιώνα. Το παγκόσμιο εμπόριο βιοενέργειας ακολουθεί μια ανοδική πορεία με τη Λατινική Αμερική και την Αφρική να αποτελούν τους κύριους προμηθευτές της βιοενέργειας, ενώ η Ευρωπαϊκή Ένωση, οι ΗΠΑ και η Ασία είναι οι βασικοί εισαγωγείς. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι τα σενάρια μετριασμού της κλιματικής αλλαγής συχνά υποδεικνύουν εναλλακτικά ενεργειακά συστήματα, οι προβλέψεις για τη βιοενέργεια δεν περιλαμβάνουν ζητήματα ενεργειακής ασφάλειας (Daioglou, 2020).

4.3. Οργανισμοί και δράσεις

Τα αέρια θερμοκηπίου που ευθύνονται για την παγκόσμια υπερθέρμανση προκαλούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό, το φυσικό αέριο, τις μεταφορές, τα απόβλητα, τα ορυκτά καύσιμα, την αγροτική παραγωγή, τα αγαθά και τις υπηρεσίες. Για τη μείωσή τους απαιτείται συλλογική δράση από καταναλωτές, επιχειρήσεις, επενδυτές, κυβερνητικούς παράγοντες με σκοπό τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προς όφελος της ανθρώπινης υγείας και της κοινωνικής ευημερίας. Η στροφή προς βιώσιμα αγαθά και υπηρεσίες, προς τις ανανεώσιμες πηγές και την πράσινη ενέργεια, είναι ενδεικτική της συνειδητοποίησης του προβλήματος και της λήψης αρχικών μέτρων μετριασμού. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη πολλές ενέργειες που προβλέπονται εξάλλου από τη Συμφωνία του Παρισιού για την Κλιματική Αλλαγή του 2016 στο πλαίσιο της διεθνούς προσπάθειας για την αποτροπή της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας (Climate Change Mitigation Strategy to 2050. Melbourne together for 1,5°C, 2018).

Έκτοτε πολλές κυβερνήσεις έχουν διαμορφώσει στρατηγικές και έχουν εντάξει τον σχεδιασμό για την κλιματική αλλαγή στην εθνική και περιφερειακή πολιτική των κρατών τους. Η συγκρότηση Υπουργείου για την Κλιματική Αλλαγή ή η δημιουργία διϋπουργικών επιτροπών και συντονιστικών μηχανισμών μεταξύ διαφορετικών θεσμών σε πολιτικό επίπεδο υπογραμμίζουν το αυξημένο ενδιαφέρον για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η θεσμική ρύθμιση του ζητήματος αυτού είναι ανάλογη με τις πολιτικές και οικονομικές προτεραιότητες, καθώς και τις δυνατότητες σε ανθρώπινο κεφάλαιο που διαθέτει κάθε χώρα. Ωστόσο, οι κυβερνητικές δομές ενσωματώνουν στις πολιτικές τους μέτρα για τον μετριασμό και την προσαρμογή σε ζητήματα ενέργειας, μεταφορών, γεωργίας, δασικής προστασίας, αστικού σχεδιασμού, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η κλιματική αλλαγή έχει ενταχθεί στην εθνική ατζέντα. Η ανάπτυξη συστημάτων ελέγχου, παρακολούθησης και μέτρησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελεί προτεραιότητα πλέον των αρμοδίων φορέων. Επιπλέον, υλοποιούνται διακρατικές συνεργασίες τόσο σε επίπεδο εθνικών κυβερνήσεων όσο και

σε επίπεδο επιχειρήσεων και οργανώσεων της κοινωνίας των πολιτών για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των περιβαλλοντικών προβλημάτων (UNa, 2019).

Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών ως διεθνής οργανισμός με στόχο την προστασία της ζωής και των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, μέσω του προγράμματος της Παγκόσμιας Στρατηγικής για τη Βιώσιμη Ενέργεια 2019-2024, έχει θέσει τους ακόλουθους στόχους αναφορικά με την παγκόσμια κλιματική κρίση (UNHCR, 2017-2021):

- καθοδήγηση όσον αφορά στην ερμηνεία και εφαρμογή του σχετικού νομοθετικού και πολιτικού πλαισίου με στόχο την ανάπτυξη του διεθνούς διαλόγου και της παγκόσμιας συνεργασίας για την αντιμετώπιση του προβλήματος, σε διεθνές, εθνικό και περιφερειακό επίπεδο
- διατήρηση και αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος με δράσεις που αφορούν στη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων, στη βελτίωση της διαχείρισης των αποβλήτων και των υδάτινων πόρων, στη μείωση της διάβρωσης του εδάφους, στην προώθηση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών
- ενίσχυση της ανθεκτικότητας των ανθρώπων που εκτοπίζονται λόγω κλιματικών συνθηκών και των κοινοτήτων υποδοχής εξασφαλίζοντας πρόσβαση σε οικονομικούς, τεχνικούς και θεσμικούς πόρους για τους εκτοπισμένους
- ενίσχυση της ετοιμότητας, της προληπτικής δράσης και της απόκρισης των κοινοτήτων σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών
- βελτίωση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον.

Κάποιες από τις πρωτοβουλίες του Οργανισμού UNHCR είναι:

- The Green Box: η πρωτοβουλία αυτή υποστηρίζει την εγκατάσταση μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας σε γραφεία της Ύπατης Αρμοστείας του ΟΗΕ για τους πρόσφυγες, τη σύνδεση των μετρητών σε ένα παγκόσμιο σύστημα παρακολούθησης της κατανάλωσης ενέργειας και συμβάλλει στον εντοπισμό εναλλακτικών επιλογών ενέργειας.
- The Green Fund: το Πράσινο Ταμείο υποστηρίζει τη μετατροπή της ενέργειας πετρελαίου σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με στόχο την εξοικονόμηση άνθρακα

και οικονομικών πόρων. Προωθεί τις συμβάσεις με προμηθευτές ενέργειας του ιδιωτικού τομέα για την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση ηλιακών εγκαταστάσεων.

- The Green Data: η πρωτοβουλία αυτή θεσπίζει συστήματα και πολιτικές σε πραγματικό χρόνο με στόχο τη συλλογή δεδομένων υψηλής ποιότητας για τα αέρια θερμοκηπίου, την ενέργεια, τα απόβλητα, τα ύδατα, δημιουργώντας μια αποθήκη δεδομένων και πίνακες εργαλείων για εύκολη παρακολούθηση, αναφορά και λήψη αποφάσεων.

Όπως αναφέρεται στο Σχέδιο Κλιματικής Δράσης 2020-2030 της Γραμματείας των Ηνωμένων Εθνών, ο δεκαετής προγραμματισμός για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνει τρεις άξονες (UNb, 2019):

- ❖ Εντατικοποίηση: στοχεύει στην επιτάχυνση των προσπαθειών και τη διευκόλυνση των μηχανισμών που στοχεύουν σε αλλαγές στην καταναλωτική συμπεριφορά και στην ενεργειακή απόδοση, καθώς και στην εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- ❖ Καινοτομία: προώθηση των καινοτόμων λύσεων που απαιτούν εξωτερική παρέμβαση και συνεργασίες, συμπεριλαμβανομένων των νέων τεχνολογιών και την αγορά ανανεώσιμης ενέργειας από υποδομές είτε του δημόσιου είτε του ιδιωτικού τομέα.
- ❖ Εσωτερική και εξωτερική προσέγγιση: περιλαμβάνει την υποστήριξη των δύο πρώτων στόχων μέσω της επικοινωνίας και της εκπαίδευσης για την πραγματοποίηση θεσμικών αλλαγών και την κινητοποίηση των απαιτούμενων πόρων.

Δράσεις για την κλιματική αλλαγή και την ευαισθητοποίηση αναφορικά με τις επιπτώσεις της υλοποιούνται και από μη κυβερνητικές οργανώσεις. Οι ΜΚΟ διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προώθηση μέτρων για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής πραγματοποιώντας εκστρατείες για αυστηρότερο έλεγχο όσον αφορά στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και στον περιορισμό των επιβλαβών βιομηχανικών πρακτικών, προετοιμάζοντας αναφορές, διεξάγοντας έρευνες και εγείροντας τη συνείδηση των πολιτών στα περιβαλλοντικά προβλήματα. Τονίζουν την

ανάγκη για μακροπρόθεσμο σχεδιασμό ιδίως στο ζήτημα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα του πλανήτη. Επίσης, συμβάλλουν στην ανάπτυξη πολιτικής και στον καθορισμό πολιτικών στόχων (European Commission, 2018).

Αναφέρονται ενδεικτικά οι δράσεις/προτάσεις της WWF που αφορούν στην Ελλάδα και σχετίζονται με τους παρακάτω τομείς (WWF(b), (n.d.):

- Καθαρή ενέργεια: στον τομέα της ενέργειας με σκοπό τη συγκράτηση της θερμοκρασίας κάτω του 1,5°C προτείνεται ο μετασχηματισμός του ενεργειακού τομέα με απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και κάλυψη του συνόλου της ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές πριν το 2040.
- Ορυκτά καύσιμα: έχει πραγματοποιήσει εκστρατεία συλλογής υπογραφών κατά της κατασκευής της νέας λιγνιτικής μονάδας Πτολεμαΐδας, εκστρατεία ενημέρωσης για την ιστορική 21^η Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για το Κλίμα στο Παρίσι, προσπάθειες για τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού ταμείου που θα χρηματοδοτήσει τη διασύνδεση των νησιών και τη στήριξη των κοινοτήτων σε περιοχές που εξαρτώνται από τις εξορύξεις κάρβουνου. Το 2018 πραγματοποίησε εκστρατεία «Μπορούμε και χωρίς λιγνίτη» με τη δημιουργία βίντεο ντοκιμαντέρ καταγραφής των φυσικών καταστροφών από τον λιγνίτη.
- Δίκαιη μετάβαση: εκπόνηση στρατηγικών σχεδίων για τις εξαρτημένες από κάρβουνο περιοχές της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Πολωνίας, διοργάνωση συζητήσεων με εκπροσώπους της τοπικής αυτοδιοίκησης, βουλευτές, εκπροσώπους εργαζομένων και οργανώσεων της κοινωνίας των πολιτών, προσπάθεια εδραίωσης του όρου «δίκαιη μετάβαση» σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Δείχνοντας ιδιαίτερη ευαισθησία στην προστασία της βιοποικιλότητας, η WWF έχει διαμορφώσει ένα συνεργαζόμενο δίκτυο σε 100 περίπου χώρες και προωθεί τη συνεργασία με τις τοπικές κοινότητες για τη διατήρηση των φυσικών πόρων. Ανάμεσα σε άλλες δράσεις για την προστασία της άγριας πανίδας, αξίζει να αναφερθεί η πρωτοβουλία για την προστασία του αφρικανικού ελέφαντα “Symbolically Adopt an Elephant” με την οποία προτρέπει το κοινό για την συμβολική υιοθεσία ενός ελέφαντα, δηλαδή την καταβολή ενός συμβολικού ποσού μηνιαίως για τη συντήρηση του είδους (WWF(c), (n.d.).

4.4. Ο ρόλος της πολιτείας

Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον αντιμετωπίζονται σήμερα από τα κράτη ως μια πρόκληση για την ανθρώπινη ασφάλεια. Στο πλαίσιο αυτό η πολιτεία κατέχει κεντρικό ρόλο στις προσπάθειες περιορισμού της απειλής της ασφάλειας και της ευημερίας των πολιτών. Ως απειλή της εθνικής ασφάλειας ορίζεται μια ενέργεια ή μια ακολουθία γεγονότων που απειλεί δραστικά με υποβάθμιση την ποιότητα ζωής των κατοίκων μιας πολιτείας ή απειλεί με περιορισμό τις διαθέσιμες πολιτικές επιλογές ενός κράτους ή των μη κυβερνητικών οντοτήτων αναφορικά με τη διαχείριση της κλιματικής αλλαγής. Ο ρόλος της πολιτικής ηγεσίας συνίσταται στη σθεναρή προβολή των διαστάσεων του προβλήματος ως μιας δυνητικής υπαρξιακής απειλής για την ανθρώπινη κοινότητα και στην επιτακτική λήψη των απαραίτητων μέτρων για την εξάλειψη του κινδύνου. Έως σήμερα, οι πόροι που έχουν διατεθεί για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής δεν μπορούν να θεωρηθούν επαρκείς, ιδίως αν συγκριθούν με αυτούς που διατίθενται για τη στρατιωτική ασφάλεια (Lieven, 2020).

Η συμβολή των κρατών είναι πρώτιστης σημασίας, καθώς αυτά έχουν την ισχύ να τροποποιήσουν τα μοτίβα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέσω της επιρροής τους αλλά κυρίως μέσω της υιοθέτησης συγκεκριμένων πολιτικών και μέτρων. Για παράδειγμα, οι αλλαγές στη χρήση γης, οι όροι των ενεργειακών κτηρίων και υποδομών, οι μεταφορές, η πράσινη φορολόγηση, τα περιβαλλοντικά προγράμματα, αποτελούν πρωτοβουλίες που άπτονται των αρμοδιοτήτων των κυβερνήσεων. Από την πλευρά της πολιτείας επιβάλλεται η εκπόνηση σχεδίων δράσης για την κλιματική αλλαγή, τα οποία θα περιλαμβάνουν τις θεσμικές παρεμβάσεις και τις πολιτικές που θα πρέπει να υλοποιηθούν ώστε η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής να ενσωματωθεί στην πολιτική ατζέντα των κυβερνήσεων. Ένα σχέδιο δράσης θα πρέπει τυπικά να αφορά στους παρακάτω άξονες (United States Environmental Protection Agency, n.d.):

- περιφερειακοί και τοπικοί κλιματικοί κίνδυνου και ευάλωτα σημεία
- βασικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
- στόχοι και επιδιώξεις
- εναλλακτικές επιλογές πολιτικής

- προσδιορισμός και έλεγχος των δράσεων μετριασμού
- πρόβλεψη επιπτώσεων των δράσεων μετριασμού
- συστάσεις και στρατηγική υλοποίησης.

Το κράτος μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο θεσπίζοντας πολιτικές που ενθαρρύνουν μια ταχεία μετάβαση σε καθαρή ενέργεια, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Προς αυτή την κατεύθυνση έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος τα τελευταία χρόνια, ωστόσο οι κυβερνήσεις έχουν πολλά εργαλεία στη διάθεσή τους για να επιταχύνουν τις διαδικασίες αυτές. Μια πρόταση είναι η φορολόγηση του άνθρακα. Άλλα εργαλεία για την επιτάχυνση της μετάβασης στην καθαρή ενέργεια περιλαμβάνουν τη θέσπιση κρατικών προτύπων για την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την αλλαγή νόμων και κανονισμών για τη διευκόλυνση της σύνδεσης των ηλιακών και αιολικών γεννητριών στο ενεργειακό δίκτυο, τη θέσπιση προτύπων εκπομπών οχημάτων και τη μείωση των επιδοτήσεων στις βιομηχανίες ορυκτών καυσίμων.

Τα κράτη επιπλέον μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στο ζήτημα της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου δεν είναι αρκετή για να μεταστρέψει τις επιπτώσεις των αλλαγών του κλίματος στον πλανήτη. Για τον λόγο αυτό, χρειάζεται να εκπονηθούν προγράμματα διαχείρισης των καταστροφών από ακραία γεγονότα, όπως ξηρασίες και πλημμύρες. Ωστόσο, οι οικονομικοί πόροι που απαιτούνται για την υλοποίησή τους είναι δυσθεώρητοι. Για παράδειγμα, η αλλαγή του οικοδομικού κώδικα με στόχο την οικοδόμηση κατοικιών ανθεκτικών σε μια φυσική καταστροφή θα πρέπει να συνοδεύεται από ισχυρές κρατικές επιδοτήσεις. Θα πρέπει η κρατική πολιτική να αναθεωρήσει τους νόμους για τις ζώνες δόμησης ώστε να αποθαρρύνει ή να απαγορεύει την κατασκευή κατοικιών σε επισφαλείς και ευάλωτες περιοχές (Forbes, 2018).

Κάνοντας λόγο για την κλιματική πολιτική της Ελλάδας, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε εθνικό επίπεδο η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αποτελεί θεμελιώδη προτεραιότητα της ελληνικής κυβέρνησης και του αρμόδιου Υπουργείου. Οι πολιτικές επικεντρώνονται στην υιοθέτηση ενός αναπτυξιακού μοντέλου με βάση μια βιώσιμη, πράσινη οικονομία χαμηλών ή και μηδενικών εκπομπών άνθρακα με την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών. Το μοντέλο αυτό λαμβάνει υπόψη τις παραμέτρους του μετριασμού

και της προσαρμογής σε τομείς, όπως η ενέργεια, η βιομηχανία, η γεωργική παραγωγή (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, χ.χ.).

4.5. Ατομική ευθύνη

Οι αλλαγές στον τρόπο ζωής και στα καταναλωτικά πρότυπα τα οποία δίνουν έμφαση στη διατήρηση των φυσικών πόρων μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη μιας οικονομίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα που να είναι δίκαιη και βιώσιμη. Χρήσιμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι τα προγράμματα εκπαίδευσης και κατάρτισης με στόχο την ευαισθητοποίηση και δραστηριοποίηση των πολιτών όσον αφορά στη βιωσιμότητα του πλανήτη (Wolf & Menne, 2007).

Κάθε άνθρωπος στον πλανήτη θα πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι χρειάζεται να τροποποιήσει τις καθημερινές του συνήθειες και να υιοθετήσει ένα διαφορετικό *modus Vivendi*. Όπως υποστηρίζει ο Lieven (2020), απαιτούνται θυσίες από τους πληθυσμούς, ίσως μεγαλύτερες από αυτές που είναι αναγκαίες σε έναν πόλεμο.

Οι αλλαγές αφορούν οπωσδήποτε στην κατά κεφαλήν κατανάλωση πόρων, ήτοι στο σύνολο των φυσικών πόρων που είναι απαραίτητοι για να καλυφθεί μια ανθρώπινη υλική ανάγκη. Αυτή συνιστά το λεγόμενο οικολογικό αποτύπωμα. Βάσει αυτού του μοντέλου προκύπτει η χερσαία και θαλάσσια έκταση της ελεύθερης επιφάνειας της γης που αναλογεί σε κάθε άνθρωπο. Υπολογίζεται σήμερα ότι αυτή η έκταση είναι περίπου 20.000τ.μ. ανά άτομο, ενώ στα επόμενα 50 έως 100 χρόνια θα έχει μειωθεί κατά το ήμισυ. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το οικολογικό αποτύπωμα είναι διαφορετικό ανάλογα με τον γεωγραφικό τόπο, τον τρόπο ζωής και τα καταναλωτικά πρότυπα. Κάθε Ευρωπαίος χρησιμοποιεί περίπου 50.000 τ.μ., επομένως αν όλοι οι άνθρωποι ζούσαν με τους ρυθμούς αυτούς, ο πληθυσμός θα χρειαζόταν τρεις πλανήτες σαν τη γη για να καλύψει τις ανάγκες του. Ορισμένες προτάσεις για τη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος ως παράμετρο της ατομικής ευθύνης απέναντι στην πρόκληση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής είναι (Τόμελη, 2021):

- ❖ Διατροφή: επιλογή των βιολογικών τροφίμων και εποχικών προϊόντων έναντι των επεξεργασμένων που ευθύνονται σε μεγάλο ποσοστό για την απελευθέρωση

- διοξειδίου του άνθρακα, τόσο κατά την επεξεργασία τους όσο και κατά τη μεταφορά τους στις παγκόσμιες αγορές.
- ❖ Μείωση των καταναλωτικών αγαθών: οι καταναλωτικές ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου σε τροφή, ενδυμασία, σκεύη-αντικείμενα, νερό, ενέργεια είναι πολλές. Θα πρέπει κάθε ένας ξεχωριστά να οριοθετήσει τις καταναλωτικές τάσεις και να συμβάλει με αυτόν τον τρόπο στην εξοικονόμηση των φυσικών πόρων.
 - ❖ Βελτίωση της οικιακής ενεργειακής απόδοσης: η εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση ή την ψύξη της οικίας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος. Τα προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών στοχεύουν στην επένδυση των κατοικιών με μη ενεργοβόρα και φιλικά προς το περιβάλλον υλικά για την επίτευξη των ατομικών ενεργειακών στόχων.
 - ❖ Ταξίδια/μέσα μεταφοράς: επιλογή του μεταφορικού μέσου που παράγει λιγότερους ρύπους. Για παράδειγμα, το τρένο είναι το λιγότερο ρυπογόνο μέσο σε σχέση με το αυτοκίνητο και το αεροπλάνο. Επιπλέον, το ηλεκτρικό αυτοκίνητο είναι σήμερα η πιο φιλική προς το περιβάλλον επιλογή και αναμένεται να δοθούν κίνητρα από την πολιτεία για την ενίσχυση της αγοράς αυτοκινήτων της τεχνολογίας αυτής.
 - ❖ Ανακύκλωση: η εφαρμογή της ανακύκλωσης θα πρέπει να υιοθετηθεί από το σύνολο των πολιτών. Απαιτείται ωστόσο η καλλιέργεια της κατάλληλης κουλτούρας σεβασμού προς το περιβάλλον, η πληροφόρηση και η ευαισθητοποίηση όσον αφορά στις καταστροφικές επιπτώσεις στον πλανήτη από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, ώστε να γίνει κατανοητό πως η προστασία του περιβάλλοντος είναι ατομική και συλλογική ευθύνη.

Πέρα από την ατομική ευθύνη μεγάλη ευαισθησία στην πρόληψη από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και στην προστασία του περιβάλλοντος πρέπει να επιδείξουν οι επιχειρήσεις με τη διαφοροποίηση των παραγωγικών πρακτικών τους ώστε να μην επιβαρύνεται το περιβάλλον από τις δραστηριότητές τους. Η υιοθέτηση πρακτικών όπως η πράσινη ενέργεια και η ανακύκλωση των προϊόντων σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας θα πρέπει να αντικαταστήσουν πρακτικές επιβαρυντικές για το περιβάλλον. Ο μετασχηματισμός της λειτουργίας των επιχειρήσεων συνάδει με το προφίλ της εταιρικής

κοινωνικής ευθύνης, αποβαίνει οικονομικά ωφέλιμη για τις επιχειρήσεις και πρωτίστως συμβάλλει στην άμβλυνση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την κλιματική αλλαγή.

Κεφάλαιο 5°

Συζήτηση

Ποικίλες είναι οι προεκτάσεις της κλιματικής αλλαγής. Κάποια από τα έμβια είδη βρίσκονται υπό εξαφάνιση και κάποια άλλα απειλούνται, κυρίως αυτά τα οποία διαβιούν σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Ο κύριος λόγος εξαφάνισής τους είναι η αδυναμία προσαρμογής στις νέες κλιματικές συνθήκες σε συνδυασμό με τις ανθρώπινες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον. Παράγοντες αβιοτικοί-θερμοκρασία, τα πρότυπα των βροχοπτώσεων, η αύξηση της συχνότητας των πυρκαγιών, το λιώσιμο των πάγων, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας- και βιοτικοί που συνδέονται με τις αλληλεπιδράσεις των ειδών ευνοούν την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων (Cahill et al., 2013).

Οι εποχές και οι κλιματικές ζώνες υπόκεινται σε μεταβολές που οδηγούν σε πιο ακραίες εκδηλώσεις των καιρικών φαινομένων. Η μείωση του pH και η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών διαταράσσουν την ισορροπία των θαλάσσιων βιότοπων και αποσυντονίζουν τη θερμορρυθμιστική λειτουργία των ωκεανών καθιστώντας την ατμόσφαιρα και τα χερσαία οικοσυστήματα πιο ευάλωτα. Παράλληλα, η υποβάθμιση των ωκεανών επηρεάζει αρνητικά τη ζωή των ανθρώπων των παράκτιων περιοχών η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που προσφέρει η θάλασσα.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο τρία, τα φυσικά οικοσυστήματα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην κλιματική αλλαγή. Η ένταση και η διάρκεια των επιπτώσεων στα οικοσυστήματα διαφοροποιείται στις περιοχές του πλανήτη, με τις πιο ευάλωτες να βρίσκονται στα όρια των κλιματικών ζωνών (Issar, 2003). Οι παράκτιες περιοχές και οι ζώνες των ερήμων εκτιμάται ότι θα επηρεαστούν σημαντικά από τις κλιματικές αλλαγές με καταστροφικές συνέπειες για τη χλωρίδα και την πανίδα.

Η περιοχή της Σαχάρας έχει υποστεί μεγάλο πλήγμα καθώς οι αλλαγές στη μορφολογία του εδάφους της ερήμου δείχνουν ότι η έρημος θα επεκταθεί με δυσμενέστερες συνέπειες για τη χλωρίδα λόγω των υψηλών επιπέδων εξάτμισης και της λειψυδρίας. Η υπερθέρμανση των ωκεανών και το λιώσιμο των πάγων προκαλούν την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, η οποία απειλεί την ισορροπία τόσο των φυσικών όσο και των ανθρώπινων οικοσυστημάτων. Οι αλλαγές στα μοτίβα των βροχοπτώσεων και οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν ακραία υδρολογικά γεγονότα, ξηρασίες και πλημμύρες. Οι συνθήκες ξηρότητας και υγρασίας στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές και σε περιοχές με μεγάλα γεωγραφικά πλάτη μεταβάλλονται με αποτέλεσμα την απρόβλεπτη καταστροφική εκδήλωση ενός ακραίου γεγονότος ξηρασίας ή πλημμύρας (Le Houerou, 1997).

Όσον αφορά στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη χλωρίδα του πλανήτη, οι μεταβολές στο κλίμα και οι ακραίες καιρικές συνθήκες θα εξαναγκάσουν πολλά είδη στη μετατόπισή τους για να επιβιώσουν, καθώς δεν θα μπορέσουν να προσαρμοστούν στις αλλαγές του κλίματος. Όσα από τα είδη δεν έχουν την ικανότητα αυτή θα οδηγηθούν στην εξαφάνιση, ενώ κάποια άλλα θα κινδυνεύσουν είτε από την ανάπτυξη ασθενειών είτε από την εμφάνιση εισβολέων. Η εξαφάνιση ορισμένων ειδών θα οδηγήσει στη διάσπαση της αλυσίδας αλληλεξάρτησης των ειδών και θα επιφέρει την κατάρρευση των οικοσυστημάτων (Fauna & Flora International, n.d.; Hartmann, 2007).

Η όξινη βροχή, τα μικροπλαστικά, τα αστικά και βιομηχανικά λύματα που διοχετεύονται μέσω των ηπειρωτικών υδάτων στα χερσαία οικοσυστήματα υποβαθμίζουν την ποιότητα της χλωρίδας. Με δεδομένο ότι τα φυτά επιτελούν την κεντρικής σημασίας για τη ζωή στον πλανήτη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, γίνεται αντιληπτό πως η υποβάθμιση της χλωρίδας έχει άμεσες συνέπειες με την ποσότητα του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα από την οποία εξαρτώνται όλοι οι οργανισμοί. Η αλυσίδα της φυτικής παραγωγής θα διαταραχθεί και το ίδιο θα συμβεί με την ανθρώπινη διατροφική αλυσίδα (Rogers, 2019; Jaiswal et al., 2018; Ding et al., 2022).

Όπως αναφέρουν οι Srivastava & Misra (2018), οι κλιματικές αλλαγές επηρεάζουν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που επιτελούν τα φυτά, γεγονός που δημιουργεί σοβαρό κίνδυνο για τη ζωή όλων των έμβιων όντων στον πλανήτη. Περαιτέρω, επηρεάζεται

σημαντικά η ποιότητα των φυτών, είτε αυτών που προορίζονται για την ανθρώπινη διατροφή είτε αυτών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή φαρμάκων. Από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης επηρεάζεται επίσης και η δασική βλάστηση (Niinemets, 2010). Επιπλέον, σύμφωνα με τους Hatfield & Prueger (2015) και Farooq et al. (2012), η απόδοση της φυτικής παραγωγής υποβαθμίζεται λόγω του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου και των ακραίων καιρικών γεγονότων.

Αντίστοιχα δυσοίωνες είναι οι προβλέψεις και για την πανίδα του πλανήτη. Είναι πιθανό μάλιστα η γη σήμερα να διανύει μια ακόμα μαζική εξαφάνιση ειδών της πανίδας. Άμεση είναι η απειλή για τα ζώα των τροπικών περιοχών λόγω των μεγαλύτερων κλιματικών μεταβολών που εμφανίζουν. Η πανίδα του υδάτινου οικοσυστήματος φαίνεται να είναι λιγότερο ανθεκτική στις αλλαγές και πιο ευάλωτη. Κάποια είδη θα μετακινηθούν σε περιοχές με καταλληλότερες συνθήκες, άλλα θα γνωρίσουν επιπτώσεις στον κύκλο ζωής τους, στη φυσιολογία και στη συμπεριφορά, στην παραγωγικότητα και στη θέση τους μέσα στο οικοσύστημα.

Η υποβάθμιση και καταστροφή της χλωρίδας επηρεάζει την πανίδα η οποία στηρίζεται στα φυτικά οικοσυστήματα για την επιβίωσή της. Για παράδειγμα, η αποψίλωση των δασών περιορίζει τους διαθέσιμους οικότοπους για πολλά ζώα (Piper, 2009). Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο στην κεντρική και νότια Αμερική και στην Αφρική νοτίως της Σαχάρας (IUCN Red List, n.d.).

Η μείωση του pH στους ωκεανούς που προκαλείται σταδιακά από την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα είναι επιβλαβή για τη θαλάσσια ζωή, ιδίως για τα είδη αυτά που βρίσκονται στην αρχή της τροφικής αλυσίδας για κάποια άλλα είδη (European Commission, n.d.). Η πανίδα που διαβιεί στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι πιο ευάλωτη, καθώς δεν προσαρμόζεται εύκολα στην κλιματική αλλαγή (Hossain, 2018).

Η Παγκόσμια Οργάνωση WWF (2015) έχει επισημάνει τον κίνδυνο επιβίωσης για συγκεκριμένα είδη της πανίδας, όπως του γιγάντιου πάντα, της πολικής αρκούδας, της γαλάζιας φάλαινας, του αφρικανικού ελέφαντα.

Κεφάλαιο 6^ο

Συμπεράσματα

Από όσα εκτέθηκαν στην παρούσα εργασία, γίνεται φανερό ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα. Οι αλλαγές που παρατηρούνται στα μοτίβα των βροχοπτώσεων, τα ακραία φαινόμενα ξηρασίας και πλημμυρών, οι εξαφανίσεις ειδών της χλωρίδας και της πανίδας, η υποβάθμιση των ηπειρωτικών υδάτων, οι μεταβολές στους ωκεανούς, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, είναι κάποια από τα φαινόμενα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή.

Είναι γεγονός ότι το κλίμα της γης μεταβάλλεται και εξελίσσεται για λόγους που οφείλονται τόσο σε φυσικές διεργασίες όσο και σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Ωστόσο, σύμφωνα με τις επιστημονικές μελέτες, οι σημερινές κλιματικές μεταβολές σχετίζονται κυρίως με την αύξηση της θερμοκρασίας της γης, η οποία οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες που προκαλούν την όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων θερμοκηπίου από την καύση των ορυκτών καυσίμων, τη γεωργική δραστηριότητα και την αποψίλωση των δασών εμποδίζει τη διαφυγή της θερμότητας από τη γη. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου επομένως συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας της γης, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει το κλίμα και οδηγεί σε αλλαγές που θέτουν σε κίνδυνο τα ανθρώπινα και φυσικά οικοσυστήματα.

Σήμερα ο πλανήτης έρχεται αντιμέτωπος με πρωτόγνωρες καταστροφές που επέρχονται ως επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων, τις οποίες συχνά ο άνθρωπος αδυνατεί να αντιμετωπίσει. Πολλές περιοχές πλήττονται είτε από ξηρασίες είτε από

πλημμύρες είτε από σφοδρούς ανέμους. Εκτός από την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας που σημειώνεται ως η μεγαλύτερη των τελευταίων 30-40 ετών, άλλες μεταβολές του κλιματικού συστήματος επιβεβαιώνουν την τρέχουσα κλιματική αλλαγή. Η υπερθέρμανση των ωκεανών οι οποίοι απορροφούν μεγάλες ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα, η συρρίκνωση των στρωμάτων πάγου και η υποχώρηση των παγετώνων, το χιόνι που λιώνει νωρίτερα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η μείωση του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής, τα ακραία γεγονότα-τυφώνες, οι πλημμύρες, οι ξηρασίες, τα κύματα καύσωνα και ψύχους-αποτελούν σαφείς ενδείξεις ότι το κλίμα της γης έχει αλλάξει.

Μια ακόμα προέκταση της κλιματικής αλλαγής είναι οι δασικές πυρκαγιές που εκδηλώνονται με μεγαλύτερη ένταση και καταστρέφουν μεγαλύτερες εκτάσεις σε σχέση με παλαιότερες εποχές. Οι επιπτώσεις των πυρκαγιών για την ατμόσφαιρα, για τα δασικά οικοσυστήματα, για την ανθρώπινη ζωή είναι ανυπολόγιστες. Επιπλέον, τα ηπειρωτικά ύδατα, είτε επιφανειακά, είτε μεταβατικά είτε παράκτια ύδατα δέχονται τεράστιες ποσότητες αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Η ρύπανση των υδάτων είναι καταστροφική για τους βιοτόπους των λιμνών και των ποταμών και κατά συνέπεια για την ανθρώπινη υγεία.

Οι παρατηρούμενες και αναμενόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι τεράστιες και πολυεπίπεδες. Όσον αφορά στο περιβάλλον, το βέβαιο είναι ότι το σύνολο του ατμοσφαιρικού, χερσαίου, υδάτινου συστήματος θα υποστεί σοβαρές τροποποιήσεις. Τα μοτίβα των βροχοπτώσεων θα μεταβληθούν περαιτέρω, η υποχώρηση των παγετώνων θα συνεχιστεί, οι μεταβολές των εποχών και των κλιματικών ζωνών θα κλιμακωθούν και θα οδηγήσουν σε υψηλότερα επίπεδα αύξησης της θερμοκρασίας και της εξάτμισης. Τα δάση και τα οικοσυστήματα γενικότερα θα γίνουν πιο ευάλωτα και όσα είδη δεν καταφέρουν να προσαρμοστούν δεν θα επιβιώσουν. Οι ξηρασίες, οι πλημμύρες, οι τυφώνες θα πλήξουν και τα ανθρώπινα οικοσυστήματα των οποίων η επιβίωση εξαρτάται από την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Οι περιοχές της Μεσογείου πρόκειται να δεχθούν πιο άμεσα τις δραματικές επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή. Η αύξηση της θερμοκρασίας και οι αλλαγές στα μοτίβα των

βροχοπτώσεων θα επηρεάσουν τα φυσικά οικοσυστήματα θέτοντας σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα της χλωρίδας και της πανίδας.

Η κλιματική αλλαγή σήμερα αναδεικνύεται σε μέγιστη πρόκληση για την επιστημονική και την πολιτική κοινότητα, που επιζητούν τρόπους αντιμετώπισης και μέτρα περιορισμού και αποτροπής του προβλήματος με στόχο τη βιωσιμότητα του πλανήτη. Διεθνείς και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες ήδη από το 1972 επικεντρώνονται στο ζήτημα αυτό. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο των Παρισίων, η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη του 1987, η Συνθήκη του Μάαστριχτ, η Συμφωνία του Παρισιού το 2016, αποτελούν προσπάθειες διακρατικής αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, που βασίζονται στη συναντίληψη ότι το φαινόμενο δεν έχει σύνορα, είναι παγκόσμιο και απασχολεί ολόκληρη την ανθρωπότητα.

Όσον αφορά στη διαχείριση της κλιματικής αλλαγής, η λήψη μέτρων αντιμετώπισης εστιάζει σε δύο έννοιες, τον μετριασμό και την προσαρμογή. Ο μετριασμός συνίσταται στις προσπάθειες πρόληψης των επιπτώσεων, στην προστασία των ευάλωτων περιοχών, καθώς επίσης και στην αποκατάσταση των συστημάτων που έχουν πληγεί από τα ακραία φαινόμενα. Ως προσαρμογή νοείται η ικανότητα απόκρισης των ανθρώπινων και των φυσικών οικοσυστημάτων στις κλιματικές αλλαγές με στόχο την επίτευξη της ανθεκτικότητας και της επιβίωσης των ειδών.

Κάποια από τα μέτρα που λαμβάνονται σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο για την πρόληψη και την αύξηση της απόκρισης στην κλιματική αλλαγή αφορούν μέτρα στον τομέα της γεωργίας για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας, μέτρα για την προστασία των παράκτιων περιοχών από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης, ενώ υιοθετούνται πολιτικές προσαρμογής, όπως η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων, οι βελτιώσεις στα συστήματα παρατήρησης, ελέγχου και επικοινωνίας, η κατάρτιση σχεδίων έκτακτης ανάγκης, οι επιστημονικές καινοτομίες. Επιπλέον, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην εκπαίδευση και κατάρτιση όλων όσων επιφορτίζονται με τη διαχείριση των περιβαλλοντικών ζητημάτων, καθώς και στις εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού για τη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος.

Οι κυβερνήσεις σε εθνικό επίπεδο διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής με την ενσωμάτωση των οδηγιών των διεθνών και ευρωπαϊκών συμβάσεων στην εθνική νομοθεσία. Η κρατική πρωτοβουλία θα πρέπει να κινείται προς δύο κατευθύνσεις, τον μετριασμό με τη λήψη μέτρων για την πρόληψη των επιπτώσεων, όπως για παράδειγμα την πολιτική μετάβασης στην καθαρή ενέργεια, και την προσαρμογή με τη λήψη μέτρων ετοιμότητας σε εθνικό, τοπικό και ατομικό επίπεδο για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων.

Βιβλιογραφία

1. Ajibola, A. (2018). Climate Change. Causes, Effects and Solutions. Διαθέσιμο στο [\(PDF\) \(PDF\) CLIMATE CHANGE Causes, Effects and Solutions | Abdul-Rahman A . Ajibola - Academia.edu](#) [τελευταία πρόσβαση: 3 Απριλίου 2022]
2. Awojobi, O.N., & Tetteh, J. (2017). The impacts of climate change in Africa: A review of the scientific literature. *Journal of International Academic Research for Multidisciplinary*, Vol. 5, Issue 11.
3. Banholzer, S., Kossin, J., & Donner, S. (2014). The Impact of Climate Change on Natural Disasters, Chapter 2. In Z. Zommers & A. Singh (eds.), *Reducing Disaster: Early Warning Systems for Climate Change*. DOI: 10.1007/978-94-017-8598-3_2
4. Batista, A. (2014). Impacts of climate change on forest risk in Parana State-Brazil. Coimbra University Press. DOI: http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0884-6_129
5. Brack, D. (2019). Forests and Climate Change. Background Analytical Study. United Nations Forum on Forests. Διαθέσιμο στο [UNFF14 Background Study, Forests and Climate](#) [τελευταία πρόσβαση: 10 Απριλίου 2022]
6. Cahill, A.E., Aiello-Lammens, M.E., Fisher-Reid, M.C., Hua, X., Karanewsky, C.J., Ryu, H.Y., Sbeglia, G.C., Spagnolo, F., Waldron, J.B., Warsi, O., & Wiens, J.J. (2013). How does climate change cause extinction? *Proceedings of the Royal Society B. Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.1890>
7. Climate Change Mitigation Strategy to 2050. Melbourne together for 1,5°C. (2018). City of Melbourne. Διαθέσιμο στο [climate-change-mitigation-strategy-2050.pdf \(melbourne.vic.gov.au\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 18 Απριλίου 2022]
8. Daioglou, V. (2020). Implications of climate change mitigation strategies on international bioenergy trade. *Climatic Change*, 163: 1639-1658.
9. Ding, L., Huang, D., Ouyang, Z., & Guo, X. (2022). The effects of microplastics on soil ecosystem: A review. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 26: 100344. Διαθέσιμο στο www.sciencedirect.com [τελευταία πρόσβαση: 17 Απριλίου 2022]

10. Dunne, D. (2018). Powerful evidence of global warming's effect on seasons found in troposphere. Διαθέσιμο στο [‘Powerful evidence’ of global warming’s effect on seasons found in troposphere - Carbon Brief](#) [τελευταία πρόσβαση: 8 Απριλίου 2022]
11. Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K.H.M. (2012). Drought stress in Plants: An Overview. R. Aroca (ed.), Plant Responses to Drought Stress. DOI: 10.1007/978-3-642-32653-0_1.
12. Elenwo, EI., & Akankali, J.A. (2014). Impact of Climate Change on Aquatic Fauna of Economic Importance in Niger Delta, Nigeria. Atmospheric and Climate Sciences, 4, 710-720.
13. Gerlach, J. (2010). Climate Change, species extinctions and ecosystem collapse. Phelsuma, 17A, 13-31.
14. Handmer, J.Y., Honda, Z.W., Kundzewicz, N., Arnell, G., Benito, J, Hatfield, I.F., Mohamed, P., Peduzzi, S., Wu, B., Sherstyukov, Takahashi, K., & Yan, Z. (2012). Changes in impacts of climate extremes: human systems and ecosystems. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 231-290.
15. Hartmann, T. (2007). From waste products to echochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. In Phytochemistry, 68: 2831-2846.
16. Hatfield, J.L., & Prueger, J.H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. Weather and Climate Extremes, 10: 4-10.
17. Herr, D., & Galland, G, R. (2009). The Ocean and Climate Change. IUCN. Διαθέσιμο στο [the ocean and climate change.pdf \(iucn.org\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 9 Απριλίου 2022]
18. Hossain, F. (2018). Climate Change and Its Impacts on Aquatic Environment. Seminar Paper. Bangbandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University.

19. IPCC. (2012). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Διαθέσιμο στο [2 Cover Sheet + Book TOC.indd \(unt.edu\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 19 Απριλίου 2022]
20. Issar, A. S. (2003). Climate Changes during the Holocene and their Impact on Hydrological Systems. International Hydrology Series. Cambridge University Press.
21. Jaiswal, A., Verma, A., & Jaiswal, P. (2018). Detrimental Effects of Heavy Metals in Soil, Plants and Aquatic Ecosystems and in Humans. Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology, Vol. 37, Issue 3, 183-197.
22. Jansson, R. (2009). Extinction risks from climate change: macroecological and historical insights. Biology Reports, 1:44.
23. Kaddo, J. R. (2016). Climate Change: causes, Effects and Solutions. A With Honors Projects, 164. Διαθέσιμο στο [Climate Change: Causes, Effects, and Solutions \(parkland.edu\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 5 Απριλίου 2022]
24. Κανελλοπούλου, Ε.Α. (2006). Ρύπανση του Περιβάλλοντος. Αθήνα εκδόσεις Συμμετρία.
25. Labadie, J.R. (2011). Emergency Managers Confront Climate Change. Sustainability, 3, 1250-1264. doi: 10.3390/su3081250
26. Le Houerou, H.N. (1997). Climate, flora and fauna changes in the Sahara over the past 500 million years. Journal of Arid Environments, 37, 619-647.
27. Levitus, S., Antonov, J., Boyer, T., Baranova, O., Garcia, H., Locarnini, R., Mishonov, A. Reagan, J., Seidov, G., Yarosh, E., Zweng, M. (2017). NCEI ocean heat content, temperature anomalies, halosteric sea level anomalies, and total steric sea level anomalies from 1955 to present calculated from in situ oceanographic subsurface profile data. NOAA National Centers for Environmental Information. doi: 10.7289/V53F4MVP
28. Lieven, A. (2020). Climate Change and the Nation State: The Realist Case. Allen Lane and Oxford University Press.
29. Liu, Y., & Xue, Y. (2020). Expansion of the Sahara Desert and shrinking of frozen land of the Arctic. Scientific Reports. Διαθέσιμο στο

- <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61085-0> [τελευταία πρόσβαση: 10 Απριλίου 2022]
30. Lockwood, M. (2009). Solar Change and Climate: an update in the light of the current exceptional solar minimum. *Proceedings of the Royal Society A*. doi: 10.1098/rspa.2009.0519.
 31. Mallick, S. (2013). Potential Impacts of Climate Change on the Fauna Values of The Tasmanian Wilderness World Heritage Area. *Nature Conservation Report*, 13/2. Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment. ISSN 1838-7403.
 32. Mimura, N. (2013). Sea-level rise caused by climate change and its implications for society. *Proceedings of the Japan Academy, Series B. Physical and Biological Sciences*, 89(7), 281-301.
 33. Moomaw, W., F. Yamba, M. Kamimoto, L. Maurice, J. Nyboer, K. Urama, T. Weir. (2011). Introduction. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
 34. Nerem, R.S., Beckely, B.D., Fasullo, J.T., Hamlington, B.D., Masters, D., & Mitchum, G.T. (2018). Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *PNAS*, 115(9), 2022-2025. DOI: 10.1073/pnas.1717312115
 35. Niinemets, U. (2010). Responses of forest trees to single and multiple environmental stresses from seedlings to mature plants: past stress history, stress interactions, tolerance and acclimation. *Forest Ecology and Management*, 260: 1623-1639.
 36. Noges, T., Noges, P., & Cardoso, A.C. (2010). Climate change adaptation and mitigation strategies already in practice based on the 1st River Basin Management Plans of the EU Member States. *JRC Scientific and Technical Reports*. Doi: 10.2788/83841
 37. Οδηγία 2000/60 Ε.Κ. και Σ.Ε.Ε. Διαθέσιμο στο [EUR-Lex - 32000L0060 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 13 Απριλίου 2022]

38. Pielke, R.A. (2004). What is Climate Change? Perspectives, Issues in Science and Technology. Διαθέσιμο στο Pielke_perspective_colorado.edu [τελευταία πρόσβαση: 13 Απριλίου 2022]
39. Piper, R. (2009). Extinct Animals. London, Greenwood Press. [τελευταία πρόσβαση: 6 Απριλίου 2022]
40. Riedy, C. (n.d.). Climate Change. Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney. Διαθέσιμο στο ResearchGate [τελευταία πρόσβαση: 3 Απριλίου 2022]
41. Robinson, C. (2021). Recycling and Climate Change. Environmental Center, University of Colorado Boulder. Διαθέσιμο στο [Recycling and Climate Change | Environmental Center | University of Colorado Boulder](http://Recycling_and_Climate_Change_Environmental_Center_University_of_Colorado_Boulder) [τελευταία πρόσβαση: 19 Απριλίου 2022]
42. Rogers, C.D. (2019). The Effects of Soil Pollution on Plants & Flora. Διαθέσιμο στο [The Effects of Soil Pollution on Plants & Flora \(sciencing.com\)](http://The_Effects_of_Soil_Pollution_on_Plants_&_Flora_sciencing.com) [τελευταία πρόσβαση: 16 Απριλίου 2022]
43. Rogger, C., Beaurain, F., & Schmidt, T. S. (2011). Composting projects under the Clean Development Mechanism: Sustainable contribution to mitigate climate change. Waste management, 31(1), 138-146.
44. Scott, M J., Rosenberg, N.J., Edmonds, J.A., Cushman, R.M., Darwin, R.F., Yohe, G.W., Liebetrau, A.M., Hunsaker, C.T., Bruns, D.A., DeAngelis, D.L., Hales, J.M. (1990). Consequences of climate change for the human environment. Climate Research, Vol. 1, 63-79.
45. Srivastava, M., & Misra, P. (2018). Climate Change: Impact on plants. Dynamics of Ecosystem and Climate Change in India. Διαθέσιμο στο ResearchGate [τελευταία πρόσβαση: 16 Απριλίου 2022]
46. Σωτηρόπουλος, Α. (2019). Κυκλική Οικονομία: Ένα Μοντέλο για Βιώσιμη Ανάπτυξη και Ευημερία. Ινστιτούτο Εναλλακτικών Πολιτικών ΕΝΑ. Διαθέσιμο στο [Circular Eco Sotiropoulos Final 06 12 \(enainstitute.org\)](http://Circular_Eco_Sotiropoulos_Final_06_12_enainstitute.org) [τελευταία πρόσβαση: 18 Απριλίου 2022]
47. The National Academy of Sciences; The Royal Society. (2014). Climate Change: Evidence and Choices. ISBN 978-0-309-30199-2

48. Τόμελη, Δ. (2021). Οικολογικό Αποτύπωμα: Η «ατομική ευθύνη» για την κλιματική αλλαγή. Διαθέσιμο στο [Οικολογικό Αποτύπωμα: Η «ατομική ευθύνη» για την κλιματική αλλαγή \(envinow.gr\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 20 Απριλίου 2022]
49. Τράπεζα της Ελλάδος. (2011). Οι περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα. Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής.
50. Trenberth, K.E. (2005). The Impact of Climate Change and Variability on Heavy Precipitation, Floods and Droughts. Encyclopedia of Hydrological Sciences, John Wiley & Sons Ltd.
51. UN. (2016). Climate change. Applications of the FDES to cross-cutting environmental issues, Framework for the Development of Environment Statistics. Διαθέσιμο στο [ClimateChange FDES.pdf \(un.org\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 3 Απριλίου 2022]
52. UN. (2010). Oceans and climate change. Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea, Office of Legal Affairs. Διαθέσιμο στο [Oceans and Climate Change \(un.org\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 8 Απριλίου 2022]
53. UNa. (2019). Climate action and support trends. Διαθέσιμο στο [Climate Action Support Trends 2019.pdf \(unfccc.int\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 19 Απριλίου 2022]
54. UNb. (2019). United Nations Secretariat Climate Action Plan 2020-2030. Διαθέσιμο στο [UNITED NATIONS Secretariat Climate Action Plan 2020-2030](#) [τελευταία πρόσβαση: 20 Απριλίου 2022]
55. UNFCC. (n.d.). Climate change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries. Διαθέσιμο στο [CLIMATE CHANGE: IMPACTS, VULNERABILITIES AND ADAPTATION IN DEVELOPING COUNTRIES \(unfccc.int\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 3, 18 Απριλίου 2022]
56. UNHCR. (2017-2021). Strategic Framework for Climate Action. Διαθέσιμο στο [604a26d84.pdf \(unhcr.org\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 19 Απριλίου 2022]
57. USGCRP. (2017). Climate Science Special report: Fourth National Climate Assessment. DOI: 10.7930/J0J964J6

58. Velicogna, I., Mohajerani, Y.A.G., Landerer, F., Mouginot, J., Noel, B., Rignot, T., van der Broeke, M., van Messem, M., & Wiese, D. (2020). Continuity of ice sheet mass loss in Greenland and Antarctica from the GRACE and GRACE Follow-On missions. *Geophysical Research Letters*, Vol. 47, Issue 8.
59. WHO. (2007). Environment and health risks from climate change and variability in Italy. Διαθέσιμο στο [Environment and health risks from climate change and variability in Italy WHO/Europe, 2007](#) [τελευταία πρόσβαση: 17 Απριλίου 2022]
60. Wolf, T., & Menne, B. (2007). Environment and health risks from climate change and variability in Italy. World Health Organization. Διαθέσιμο στο [Environment and health risks from climate change and variability in Italy WHO/Europe, 2007](#) [τελευταία πρόσβαση: 19 Απριλίου 2022]
61. WWF. (2015). Impact of Climate Change on Species. Διαθέσιμο στο [Climate Impactv10.indd \(arcticwwf.org\)](#) [τελευταία πρόσβαση: 17 Απριλίου 2022]
62. WWF. (2019). Shaping our Future: The Climate Challenge. Διαθέσιμο στο [WWF KS2 Lesson1 Worksheets v3.indd](#) [τελευταία πρόσβαση: 3 Απριλίου 2022]

Ιστότοποι

1. Climate change explained (n.d.). [Climate change explained website July 2019update references.pdf \(publishing.service.gov.uk\)](#) 2/4/2022
2. EUR-Lex. (n.d.). [EUR-Lex - I28060 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#) 20/4/2022
3. European Commission. (n.d.). [Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής \(europa.eu\)](#) 18/4/2022
4. European Commission. (2018). [LIFE-funded NGOs' contribution to tackling climate change \(europa.eu\)](#) 21/4/2022
5. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση(α). (2021). [Περιβαλλοντική πολιτική: γενικές αρχές και βασικό πλαίσιο |](#)

- [Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο \(europa.eu\)](#) 20/4/2022
6. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση(β). (2021). [Καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής | Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο \(europa.eu\)](#) 21/4/2022
 7. Fauna & Flora International. (n.d.).[Climate change - Fauna & Flora International \(fauna-flora.org\)](#) 12/4/2022
 8. Forbes (2018). [What Should The Government Do To Fight Climate Change? \(forbes.com\)](#) 23/4/2022
 9. IPCC. (n.d.). [Technical Summary — Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate \(ipcc.ch\)](#) 7/4/2022
 10. IUCN Red List. (n.d.).[Microsoft Word - Species extinction.doc \(iucn.org\)](#) 14/4/2022
 11. NASA. (n.d.). [Global Warming vs. Climate Change | Resources – Climate Change: Vital Signs of the Planet \(nasa.gov\)](#) 4/4/2022
 12. NASA. (2017). [NASA GISS: NASA News & Feature Releases: NASA, NOAA Data Show 2016 Warmest Year on Record Globally](#) 6/4/2022
 13. National Ocean Service. (n.d.). [How is sea level rise related to climate change? \(noaa.gov\)](#) 10/4/2022
 14. NSIDC(a). (n.d.). [SOTC: Mountain Glaciers | National Snow and Ice Data Center \(nsidc.org\)](#) 6/4/2022
 15. NSIDC(b). (n.d.). [SOTC: Contribution of the Cryosphere to Changes in Sea Level | National Snow and Ice Data Center \(nsidc.org\)](#) 6/4/2022
 16. NSIDC(c). (n.d.). [SOTC: Sea Ice | National Snow and Ice Data Center \(nsidc.org\)](#) 6/4/2022
 17. The Climate Reality Project. (2011).[Why does climate change lead to more floods and droughts? | Climate Reality \(climaterealityproject.org\)](#) 11/4/2022
 18. Umwelt Bundes Amt. (n.d.). [Recycling stops greenhouse gases - The contribution of the recycling and water management \(umweltbundesamt.de\)](#) 2/4/2022
 19. United States Department of Agriculture. (2000). [neh630.19cv \(usda.gov\)](#) 21/4/2022

20. United States Environmental Protection Agency. (n.d.) [Developing a State Climate Change Action Plan | Climate and Energy Resources for State, Local, and Tribal Governments | US EPA](#) 23/4/2022
21. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (χ.χ.). [Κλιματική Αλλαγή - \(ypen.gov.gr\)](#) 23/4/2022
22. WWF(a). (n.d.) [WWF ClimateChangeResourcePack.pdf](#) 2/4/2022
23. WWF(b). (n.d.) [ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | WWF](#) 18/4/2022
24. WWF(c). (n.d.). [Symbolically Adopt an Elephant | World Wildlife Fund](#) 21/4/2022