



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

**Π.Μ.Σ. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ
ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Κλιματική αλλαγή και λοιμώδη νοσήματα»

Συγγραφέας

Φεβρωνία Μαρία Μπολώση

ΑΜ: 2127

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Δήμητρα Περηφάνου

Αθήνα, Μάρτιος 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
DEPARTMENT OF PUBLIC AND COMMUNITY HEALTH
MSc IN ENVIRONMENTAL COMMUNICATION AND
HEALTH PROMOTION

Diploma Thesis

«Climate change and infectious diseases»

Student Name

Fevronia Maria Bolosi

Registration Number: 2127

Supervisor name

Dimitra Perifanou

Athens, March 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

**Π.Μ.Σ. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ
ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ**

«Κλιματική αλλαγή και λοιμώδη νοσήματα»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

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

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	Επιβλέπουσα Περηφάνου Δήμητρα	Λέκτορας, Τμήμα Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας	
	Μέλος 1 Σκαναβή Κωνσταντίνα	Καθηγήτρια Τμήμα Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας	
	Μέλος 2 Παπαδάς Ιωάννης	Επίκουρος Καθηγητής Τμήμα Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Φεβρωνία Μαρία Μπολώση του Χρήστου, με αριθμό μητρώου 2127 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβαλλοντική Επικοινωνία και Προαγωγή της Υγείας» του Τμήματος Δημόσιας και Κοινοτικής 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».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 30/08/2023 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Η Δηλούσα

Φεβρωνία Μαρία Μπολώση

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία και, ειδικότερα, στη μετάδοση και την εξάπλωση των λοιμωδών νοσημάτων. Στόχος είναι να αναδειχθεί η άρρηκτα συνδεδεμένη σχέση της κλιματικής αλλαγής με τα λοιμώδη νοσήματα. Η κλιματική αλλαγή, συντελεί τόσο σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες (κλιματικούς, οικολογικούς, περιβαλλοντικούς) όσο και μόνης της, στο να επηρεάζει θετικά τη συχνότητα εμφάνισης αλλά και διάδοσης-διασποράς μεταδιδόμενων νοσημάτων, πολλές φορές μάλιστα σε συνδυασμό παρουσίας ενδιάμεσων ξενιστών. Τα νοσήματα αυτά επιβαρύνουν υγειονομικά, ολόκληρους πληθυσμούς ανά την υφήλιο, δοκιμάζουν τις αντοχές των συστημάτων υγείας παγκοσμίως και αποτελούν αξιοσημείωτους παράγοντες νοσηρότητας-θνητότητας, διαχρονικά. Παράλληλα αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης νέων λοιμογόνων παραγόντων, ανθεκτικών στις ήδη υπάρχουσες φαρμακευτικές-φαρμακολογικές και άλλες θεραπείες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νόσος Covid-19, η παγκόσμια εξάπλωση της οποίας φαίνεται να σχετίζεται και με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες, υγρασίας – θερμοκρασίας σε περιοχές της υψηλίου με μεγάλη βιομηχανική δραστηριότητα και με μόλυνση του περιβάλλοντος (αέρα). Συμπερασματικά, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τόσο την εμφάνιση νέων μεταδοτικών ασθενειών καθώς και το δυναμικό μετάδοσής τους. Αυτός είναι και ο σκοπός της παρούσας εργασίας, δηλαδή η ανάδειξη της καθοριστικής επίδρασης του κλίματος στα λοιμώδη νοσήματα, του τρόπου που αυτά μεταβάλλονται και της πιθανής ανάδυσής τους λόγω των κλιματικών μεταβολών.

Λέξεις-κλειδιά: Κλιματική αλλαγή, λοιμώδη νοσήματα, διαβιβαστές, Covid-19, δημόσια υγεία.

Abstract

The purpose of this thesis is to study the effects of climate change on human health and, in particular, on the transmission and spread of infectious diseases. The aim is to highlight the inextricably linked relationship between climate change and infectious diseases. Climate change, both in combination with other factors (climatic, ecological, environmental) and on its own, contributes to positively influencing the incidence and spread of communicable diseases, often in combination with the presence of intermediate hosts. These diseases impose a health burden on entire populations around the world, test the endurance of health systems worldwide and are significant morbidity-mortality factors, over time. At the same time, the possibility of the emergence of new infectious agents, resistant to the already existing pharmaceutical-pharmacological and other treatments, is increasing. A typical example is the disease Covid-19, the global spread of which seems to be related to similar climatic conditions, humidity and temperature in areas of the world with a lot of industrial activity and environmental (air) pollution. In conclusion, climate change affects both the emergence of new infectious diseases and their transmission potential. This is also the purpose of this thesis, to highlight the decisive effect of climate on infectious diseases, the way they change and their possible emergence due to climate changes.

Keywords: Climate change, infectious diseases, vectors, Covid-19, public health.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract.....	6
Περιεχόμενα.....	7
Κατάλογος Εικόνων	9
Εισαγωγή	10
Κεφάλαιο 1: Κλιματική αλλαγή.....	12
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.1.1 Σύγχρονες κλιματικές αλλαγές	13
1.1.2 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής	14
1.2 Ιστορική αναδρομή	15
1.3 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	17
1.3.1 Φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου	17
1.3.2 Ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	19
1.3.3 Αέρια του θερμοκηπίου.....	21
1.4 Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στην υγεία του πληθυσμού	22
1.4.1 Άμεσες επιπτώσεις	23
1.4.2 Έμμεσες επιπτώσεις	24
1.4.3 Ομάδες ανθρώπων σε άμεσο κίνδυνο	26
Κεφάλαιο 2: Λοιμώδη νοσήματα.....	28
2.1 Εννοιολογική προσέγγιση και κλινικά χαρακτηριστικά	28
2.2 Διάκριση λοιμογόνων παραγόντων	29
2.3 Τρόποι μετάδοσης των λοιμογόνων παραγόντων	31
2.4 Κύριοι μηχανισμοί στην παθογένεια των λοιμώξεων.....	32
2.5 Κατηγοριοποίηση των λοιμωδών νοσημάτων.....	33

Κεφάλαιο 3: Νοσήματα που μεταδίδονται με διαβιβαστές	37
3.1 Ο ρόλος των διαβιβαστών στη μετάδοση των λοιμωδών νοσημάτων.....	37
3.2 Νοσήματα που μεταδίδονται με κουνούπια	38
3.3 Νοσήματα που μεταδίδονται με άλλα ιπτάμενα αρθρόποδα	41
3.4 Νοσήματα που μεταδίδονται με κρότωνες (τσιμπούρια) και ψύλλους	43
3.5 Διαρροϊκές ασθένειες	48
Κεφάλαιο 4: Η νόσος Covid-19	52
4.1 Εισαγωγή	52
4.2 Αιτιολογία	53
4.3 Παθοφυσιολογία	54
4.4 Μετάδοση	57
4.5 Κλινικές εκδηλώσεις.....	58
4.6 Ο ρόλος της κλιματικής αλλαγής στην εμφάνιση και εξάπλωση του νέου κορωνοϊού.....	59
Κεφάλαιο 5: Στατιστική μοντελοποίηση λοιμωδών νοσημάτων.....	62
5.1 Ο ρόλος των μοντέλων στατιστικής ανάλυσης	62
5.2 Τα μοντέλα καταλληλότητας κλίματος.....	63
5.3 Προβλέψεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη δημόσια υγεία στην Ευρώπη	64
5.3.1 Ακραία καιρικά φαινόμενα και υγεία	66
5.3.2 Νοσήματα που μεταδίδονται με διαβιβαστές	71
5.3.3 Διατροφική ανασφάλεια – Ασφάλεια τροφίμων	75
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....	79
Βιβλιογραφία	82
Ξενόγλωσση	82
Ελληνόγλωσση	100

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Παγκόσμιο αρχείο θερμοκρασίας	13
Εικόνα 2: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	19
Εικόνα 3: Σχηματική παράσταση του σωματιδίου του κορωνοϊού SARS-CoV-2.....	54
Εικόνα 4: Συνολικές συσσωρευμένες συσχετίσεις έκθεσης-απόκρισης σε 4 ευρωπαϊκές πόλεις	68
Εικόνα 5: Προβλεπόμενη πιθανότητα εμφάνισης μολύνσεων από τον ιό του Δυτικού Νείλου στην Ευρώπη για το 2025 (a) και το 2050 (b)	73

Εισαγωγή

Υπάρχει πια παγκόσμια συναίνεση ότι ορισμένες από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν παρατηρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτές περιλαμβάνουν, χωρίς να περιορίζονται σε αυτές, την αύξηση των θερμοκρασιών του αέρα και των ωκεανών, την εκτεταμένη τήξη του χιονιού και των πάγων σε συνδυασμό με τη θερμική διαστολή των ωκεανών, επιταχύνοντας έτσι την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, τα τροποποιημένα πρότυπα στις βροχοπτώσεις, τις παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, την αύξηση της συχνότητας των ακραίων θερμικών συμβάντων και την αύξηση της συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων και των σχετικών επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον και στα οικοσυστήματα, από τα οποία εξαρτώνται τα μέσα επιβίωσης των ανθρώπων. Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρές, με τις τροπικές χώρες να αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα την αύξηση της θερμοκρασίας, τις αλλαγές στις τάσεις των βροχοπτώσεων, τις αυξημένες βροχοπτώσεις από τους τροπικούς κυκλώνες και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, οι οποίες μπορεί να έχουν καταστροφικές επιπτώσεις για τις χώρες του Ειρηνικού που βρίσκονται στο επίπεδο της θάλασσας.

Η αλλαγή του κλίματος αναφέρεται συχνά ως «πολλαπλασιαστής κινδύνου για την υγεία», καθώς πολλές ιδιότητες και συνέπειές της μπορούν να προκαλέσουν ή να ενισχύσουν τους προϋπάρχοντες κινδύνους για την υγεία. Οι μεταβολές των κλιματικών συνθηκών επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία και την επιβίωση σε ένα ευρύ φάσμα τύπων επιπτώσεων με τις περισσότερες να αναμένεται να είναι δυσμενείς. Οι κύριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην υγεία συνδέονται με την εκδήλωση ακραίων καιρικών φαινομένων, με αλλαγές στην κατανομή των κλιματικά ευαίσθητων νόσων και αλλαγές στις περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνθήκες. Οι πλημμύρες ποταμών και παράκτιων περιοχών έχουν επηρεάσει εκατομμύρια ανθρώπους στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια. Οι επιπτώσεις για την υγεία περιλαμβάνουν τραυματισμούς, λοιμώξεις, έκθεση σε χημικούς κινδύνους και συνέπειες για την ψυχική υγεία. Οι καύσωνες έχουν αυξηθεί σε συχνότητα και ένταση, οδηγώντας σε χιλιάδες πρόωρους θανάτους στην Ευρώπη. Η τάση αυτή προβλέπεται ότι θα αυξηθεί και θα ενταθεί εάν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα προσαρμογής. Η διάδοση διαφόρων ειδών τσιμπουριών, του ασιατικού κουνουπιού-τίγρη και άλλων φορέων νόσων αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης της νόσου του Lyme,

της επιδημικής εγκεφαλίτιδας, του πυρετού του Δυτικού Νείλου, του δάγκειου πυρετού, της chikungunya και της λεισμανίασης. Παράλληλα αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης νέων λοιμογόνων παραγόντων, ανθεκτικών στις ήδη υπάρχουσες φαρμακευτικές-φαρμακολογικές και άλλες θεραπείες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νόσος Covid-19, η παγκόσμια εξάπλωση της οποίας φαίνεται να σχετίζεται και με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες, υγρασίας-θερμοκρασίας σε περιοχές της υψηλίου με μεγάλη βιομηχανική δραστηριότητα και με μόλυνση του περιβάλλοντος (αέρας).

Στο πλαίσιο των ανωτέρω, η παρούσα εργασία μελετά τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία και, ειδικότερα, στη μετάδοση και την εξάπλωση των λοιμωδών νοσημάτων. Μέσα από μελέτη επιστημονικής βιβλιογραφίας, γίνεται εστίαση στις αλλαγές του επιδημιολογικού μοτίβου των εν λόγω νόσων και στις επιπτώσεις που είναι δυνατόν να επιφέρουν με τον αυξανόμενο επιπολασμό τους στη δημόσια υγεία. Απώτερος στόχος είναι η ανάδειξη της καθοριστικής επίδρασης του κλίματος στα λοιμώδη νοσήματα, του τρόπου που αυτά μεταβάλλονται και της πιθανής ανάδυσής τους λόγω των κλιματικών μεταβολών.

Κεφάλαιο 1: Κλιματική αλλαγή

1.1 Εισαγωγή

Ως κλιματική αλλαγή νοείται η μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος και ειδικότερα οι μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική κλίμακα. Αυτές θα πρέπει να είναι στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις ως προς τη μέση κατάσταση του κλίματος ή τη μεταβλητότητά του και να εκτείνονται σε βάθος χρόνου δεκαετιών ή περισσότερων ακόμα ετών. Προκαλούνται κυρίως από φυσικά αίτια όπως η ηλιακή δραστηριότητα, μεταβολές στην τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο, ηφαιστειακές εκρήξεις μεγάλης κλίμακας κ.λπ. (Environment Risk Management and Information Service-Floods - Ermis-F, 2022).

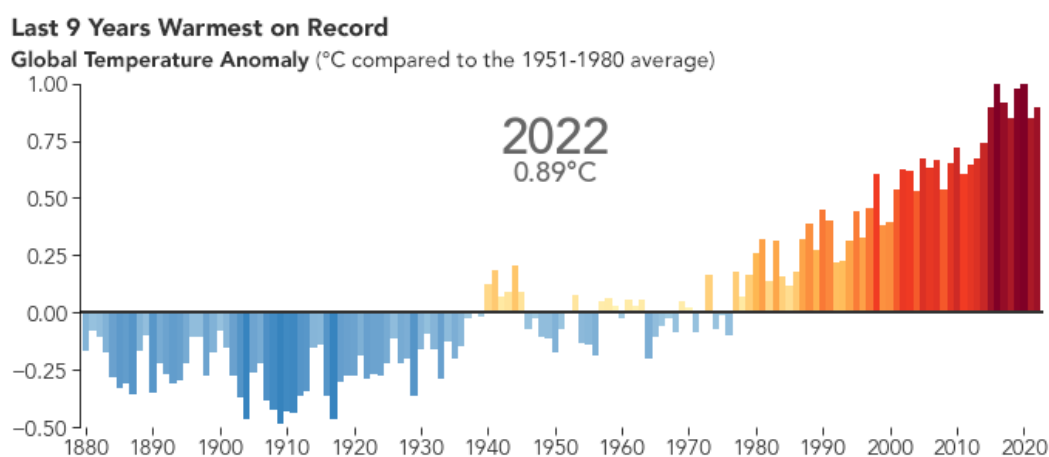
Πέρα από τα φυσικά αίτια, τα οποία λαμβάνουν χώρα συνήθως σε πολύ μεγάλες χρονικές κλίμακες, και ο ανθρώπινος παράγοντας μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένες αλλαγές στο κλιματικό σύστημα του πλανήτη. Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC), ως κλιματική αλλαγή ορίζεται ειδικότερα η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια (United Nations, 1992).

Στο πλαίσιο αυτό, η UNFCCC κάνει διάκριση ανάμεσα στις μεταβολές του κλίματος που προκαλούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και στην κλιματική μεταβλητότητα που αποδίδεται σε φυσικά αίτια. Ωστόσο, σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), η τρέχουσα αύξηση της θερμοκρασίας είναι πρωτοφανής και οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα, όπως αυτή αναπτύχθηκε από τα μέσα του 20ού αιώνα και έπειτα (IPCC, 2001). Αυτός ο ισχυρισμός υποστηρίζεται και από παλαιοκλιματικά στοιχεία, τα οποία αποκαλύπτουν ότι η τρέχουσα αύξηση της θερμοκρασίας έχει ρυθμό δέκα φορές ταχύτερο σε σχέση με το μέσο ποσοστό αύξησης της θερμοκρασίας κατά την περίοδο του τέλους της εποχής των παγετώνων. Μια παγκόσμια αλλαγή ενός βαθμού είναι αρκετά σημαντική, καθώς στο παρελθόν μια πτώση από 1-2 βαθμούς ήταν το μόνο που χρειαζόταν για να περιέλθει η γη σε εποχή των παγετώνων (Nasa Earth Observatory, 2023).

1.1.1 Σύγχρονες κλιματικές αλλαγές

Το πρόβλημα της παγκόσμιας θέρμανσης και των σύγχρονων ανθρωπογενών κλιματικών αλλαγών εξελίσσεται στο πλέον σοβαρό περιβαλλοντικό ζήτημα των τελευταίων δεκαετιών. Αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας και στάθμης της θάλασσας, μείωση της παγοκάλυψης στους ωκεανούς και τις ηπείρους, συχνότερη και εντονότερη εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων είναι μόνο μερικές από τις ενδείξεις των σύγχρονων κλιματικών αλλαγών οι οποίες οφείλονται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με την εντατικοποίηση του «φαινομένου του θερμοκηπίου» (βιομηχανοποίηση, χρήση ορυκτών καυσίμων, αποψίλωση των δασών κ.ά.) (Abbass et al., 2022).

Από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης και έπειτα, και ως αποτέλεσμα αυτής της παρέμβασης, η θερμοκρασία του πλανήτη έχει ανέβει κατά περίπου 1°C. Σύμφωνα με την έκθεση του Ινστιτούτου Διαστημικών Μελετών Goddard της NASA (NASA Goddard Institute for Space Studies – NASA GISS), το 2022 ήταν το πέμπτο θερμότερο έτος που έχει καταγραφεί ποτέ σε παγκόσμιο επίπεδο από το 1880 και μετά, ενώ τα τελευταία εννέα χρόνια ήταν συνολικά τα εννέα θερμότερα έτη από τότε που υπάρχουν συστηματικές και αξιόπιστες μετρήσεις της θερμοκρασίας με μετεωρολογικά όργανα. Οι παγκόσμιες θερμοκρασίες το 2022 ήταν 0,89°C πάνω από το μέσο όρο της περιόδου αναφοράς (1951-1980) της αμερικανικής διαστημικής υπηρεσίας (*Εικόνα 1*), με τη μέση παγκόσμια θερμοκρασία να είναι τουλάχιστον 1,1°C υψηλότερη σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα (Nasa Earth Observatory (2023).



Εικόνα 1: Παγκόσμιο αρχείο θερμοκρασίας

Πηγή: NASA Earth Observatory, 2023

Κάθε μία από τις τρεις τελευταίες δεκαετίες ήταν θερμότερη από την προηγούμενη, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι η τριακονταετία που διανύουμε είναι πιθανόν η θερμότερη των τελευταίων 1.400 ετών για το Βόρειο Ημισφαίριο του πλανήτη (United Nations Environment Programme, 2013; Abbass et al., 2022).

Τα παγκόσμια επίπεδα συγκεντρώσεως διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) έχουν ξεπεράσει τα 410ppm και βρίσκονται στα υψηλότερα επίπεδα των τελευταίων 800.000 ετών τουλάχιστον. Οι φυσικές δεξαμενές CO₂ (π.χ. ωκεανοί, λιθόσφαιρα, φυτά) δεν προλαβαίνουν να απορροφήσουν τις τεράστιες ποσότητες που εκπέμπονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, με αποτέλεσμα αυτές να συσσωρεύονται στην ατμόσφαιρα. Αντίστοιχα υψηλές είναι και οι συγκεντρώσεις άλλων ανθρωπογενών θερμοκηπικών αερίων όπως το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) και το τροποσφαιρικό όζον (O₃) (Ermis-F, 2022).

1.1.2 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Η επιστημονική κοινότητα προειδοποιεί ότι αν δε ληφθούν δραματικά μέτρα μείωσης των εκπομπών και συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου οι επιπτώσεις θα είναι δραματικές και ενδεχομένως ανεπίστρεπτες για τις επόμενες δεκαετίες ή και αιώνες. Εφόσον τα κλιματικά σενάρια για το μέλλον επαληθευτούν, δεν υπάρχει τομέας της ζωής μας ο οποίος δε θα επηρεαστεί από την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας και της στάθμης της θάλασσας, τις αλλαγές στον υδρολογικό κύκλο και την συχνότερη εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων (Abbass et al., 2022). Ανθρώπινη υγεία, γεωργία, μεταφορές, τουρισμός, υδάτινοι πόροι, ενέργεια, είναι μόνο μερικοί από τους κοινωνικο-οικονομικούς τομείς οι οποίοι αναμένεται να επηρεαστούν σημαντικά. Πέρα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, εξίσου σημαντικές θα είναι και οι επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και τα οικοσυστήματα, ορισμένα από τα οποία ενδέχεται να μην προλάβουν να προσαρμοστούν στις ολοένα και θερμότερες συνθήκες (IPCC, 2022).

1.2 Ιστορική αναδρομή

Στοιχεία για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την πιθανότητα αλλαγής του κλίματος ήταν ήδη γνωστά από τον 19ο αιώνα, ωστόσο οι αρνητικές συνέπειες τους φαίνονταν αρκετά μακρινές έως απίθανες. Ακόμα και τη δεκαετία του 1930, όταν διάφορες μετρήσεις έδειχναν πως κάποιες περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών και του Βόρειου Ατλαντικού είχαν θερμανθεί σημαντικά σε σχέση με τον προηγούμενο μισό αιώνα, η πλειοψηφία των επιστημόνων υπέθεσε πως αυτό αποτελούσε απλώς μια φάση κάποιου φυσικού κύκλου και σε καμία περίπτωση δεν συσχετιζόταν με τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, μετά τη λήξη των εχθροπραξιών του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, ήρθαν στην επιφάνεια περισσότερα στοιχεία για τη μόλυνση του εδάφους, των υδάτων και της ατμόσφαιρας. Παρ' όλα αυτά, η ανάγκη της προστασίας του περιβάλλοντος δεν αποτελούσε πολιτική προτεραιότητα και δεν αναγραφόταν πουθενά στο Χάρτη των Ηνωμένων Εθνών (Herring, 2007).

Τη δεκαετία του 1940, τέτοια θέματα θεωρούνταν περιφερειακά και σε καμία περίπτωση ζητήματα υψηλής πολιτικής. Αυτή η αδιαφορία αντικατοπτριζόταν και στα ακαδημαϊκά κείμενα της εποχής, όπως για παράδειγμα στο γνωστό κείμενο του Hans Morgenthau με τίτλο «Politics Among Nations» (1955), όπου το περιβάλλον καταγράφεται ως σταθερός συντελεστής εθνικής ισχύος. Στα επόμενα χρόνια όμως, οι εξελίξεις σε πολιτικοοικονομικό και κυρίως σε τεχνολογικό επίπεδο, ευνόησαν τη συστηματικότερη μελέτη και κατανόηση της λειτουργίας του κλίματος. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1950, η τεχνολογική πρόοδος και η ανάπτυξη των θετικών επιστημών, συνέβαλαν στην ακριβέστερη πρόγνωση των καιρικών συνθηκών. Οι σχετικές έρευνες κατέστησαν δυνατές χάρη στην αύξηση της χρηματοδότησης, ειδικά από τις στρατιωτικές υπηρεσίες, οι οποίες επιθυμούσαν να μάθουν περισσότερα για την πρόγνωση του καιρού. Αυτή η γνώση θα ήταν πολύτιμη σε μελλοντικές συγκρούσεις, ενώ η ίδια η επιστημονική πρόοδος εν μέσω της ψυχροπολεμικής αντιπαράθεσης θα προσέφερε κύρος σε μια χώρα.

Η έλευση της δεκαετίας του 1960 σηματοδότησε την είσοδο σε μια νέα «μεταβιομηχανική» εποχή, η οποία χαρακτηρίστηκε από την ανάδυση «μεταϋλιστικών» αιτημάτων που άφηναν στο παρελθόν το εργατικό κίνημα και τους αγώνες που επικεντρώνονταν στο εργοστάσιο και αναδείκνυαν νέους διαταξικούς ανταγωνισμούς και ανισότητες. Τα νέα κοινωνικά κινήματα, όπως ονομάστηκαν, συμπεριλαμβάνουν ένα αρκετά ετερογενές σύνολο κινήματων με τα πιο σημαντικά

από αυτά να είναι το κίνημα ειρήνης, το γυναικείο και το οικολογικό κίνημα (Kriensi, 2017). Το τελευταίο, ενισχύθηκε περισσότερο όταν στα τέλη της δεκαετίας έγιναν διάφοροι υπολογισμοί που αποδείκνυαν πως εντός του επομένου αιώνα οι μέσες θερμοκρασίες θα αυξάνονταν.

Αν και οι μετρήσεις ήταν σε πειραματικό βαθμό και ο 21ος αιώνας φαινόταν αρκετά μακριά, σταδιακά η υποβάθμιση του περιβάλλοντος άρχισε να απασχολεί συστηματικά τη διεθνή κοινότητα. Μάλιστα, στις αρχές της δεκαετίας του 1970, επικράτησε και ένα διαφορετικό είδος ανησυχίας για το κλίμα -η παγκόσμια ψύξη- καθώς θεωρήθηκε πως η ρύπανση θα μπορούσε να εμποδίσει το ηλιακό φως με αποτέλεσμα να ψυχρανθεί ο πλανήτης (Herring, 2007). Το 1972, έλαβε χώρα η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον στη Στοκχόλμη (United Nations Conference on the Human Environment - UNCHE), η οποία οδήγησε στη δημιουργία του Προγράμματος για το Περιβάλλον των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environment Programme - UNEP) και την ίδρυση Υπουργείων Περιβάλλοντος σε μια σειρά από χώρες.

Η χαλάρωση της ψυχροπολεμικής έντασης και η ανησυχία της κοινής γνώμης για τα περιβαλλοντικά θέματα που ακολούθησαν, δημιούργησαν τις συνθήκες για μια δεύτερη διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών. Κατά τη διάρκεια της εν λόγω συνάντησης προσδιορίστηκε η σχέση μεταξύ της ανάπτυξης και του περιβάλλοντος, οι οποίες μέχρι τότε θεωρούνταν αντιφατικές μεταξύ τους, μέσω της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης από την επιτροπή Brundtland (United Nations, 1987). Η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (United Nations Conference on Environment and Development - UNCED) ή Σύνοδος Κορυφής του Ρίο το 1992, ήταν η μεγαλύτερη έως τότε διεθνής συνδιάσκεψη (United Nations, 1992a). Είναι αξιοσημείωτο πως η προστασία του περιβάλλοντος τέθηκε ως διεθνές ζήτημα, ενώ υπογράφηκαν σημαντικές συμφωνίες όπως η Ατζέντα 21 (United Nations, 1992b) και διεθνείς συμβάσεις για την κλιματική αλλαγή και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας (United Nations, 1992c).

Η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή είναι το πρώτο κείμενο διεθνούς δικαίου που αναγνωρίζει το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και τη διασύνδεσή του με τις ανθρωπογενείς εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Έκτοτε, τα κράτη διαπραγματεύονται μέτρα πρόληψης που θα συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των ανθρωπογενών αιτιών της κλιματικής αλλαγής και στην

αποφυγή των καταστρεπτικών συνεπειών της. Ωστόσο, σχεδόν τρεις δεκαετίες μετά την υιοθέτηση της Σύμβασης για την κλιματική αλλαγή και αρκετών συνδιασκέψεων που ακολούθησαν, οι εκπομπές των αερίων εξακολουθούν να αυξάνονται με ραγδαίο ρυθμό (United Nations, 2022).

Η κλιματική αλλαγή παραμένει ένα από τα δυσκολότερα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει η διεθνής κοινότητα, καθώς η διαχείρισή της προϋποθέτει τη συνεργασία κρατών με διαφορετικά συμφέροντα, ρυθμούς ανάπτυξης και επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Δεν εκλαμβάνεται ως ενιαία συλλογική απειλή για την ανθρωπότητα, με τον ίδιο τρόπο τουλάχιστον που εκλαμβάνεται η ανάγκη της αντιμετώπισης της πανδημίας της Covid-19. Σε κάθε περίπτωση, η επιστήμη αποτελεί τον μεγαλύτερο σύμμαχο. Ακόμα και αν δε μπορούν να υπάρξουν «εμβόλια» κατά της υπερθέρμανσης του πλανήτη, μπορούν να υπάρξουν συλλογικές προσπάθειες για την ομαλή μετάβαση από την κλιματική κρίση σε μια κλιματική ουδετερότητα, με στόχο όλοι οι ρυπογόνοι τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας (βιομηχανία, ενέργεια κ.ά.) να λάβουν μέτρα για να μειώσουν (και μακροπρόθεσμα να εξαλείψουν) τους ρύπους τους μέσω της μετάβασης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (United Nations Climate Change, 2021). Φυσικά, αυτό προϋποθέτει τη γνώση της κλιματικής ιστορίας του πλανήτη, της έννοιας της κλιματικής αλλαγής αλλά και των αιτιών και των αποτελεσμάτων που αυτή έχει.

1.3 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

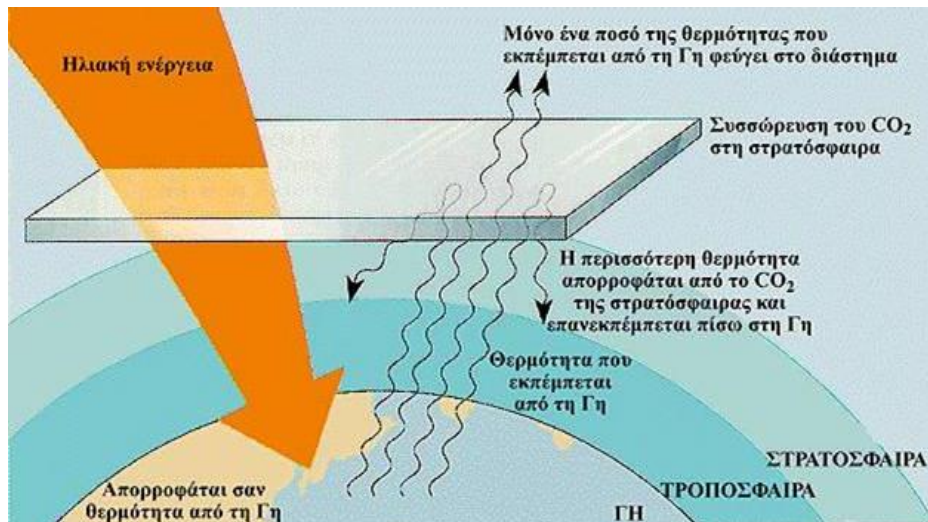
1.3.1 Φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί μια φυσική διαδικασία, η οποία ρυθμίζει τη θερμοκρασία της γης και επιτρέπει την ύπαρξη ζωής, τουλάχιστον με τη μορφή που τη γνωρίζουμε σήμερα. Ο όρος χρησιμοποιήθηκε αρχικά τον 19ο αιώνα και δεν είχε καμία αρνητική έννοια, καθώς περιέγραφε απλά τη φυσική διαδικασία με την οποία η θερμότητα παγιδεύεται κοντά στην επιφάνεια της γης από τα «αέρια του θερμοκηπίου». Σύμφωνα με τον Γάλλο μαθηματικό και φυσικό Joseph Fourier, η ατμόσφαιρα της γης λειτουργεί όπως ακριβώς ένα γυάλινο θερμοκήπιο. Τα θερμοκήπια είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την ανάπτυξη διαφόρων καλλιεργειών σε δροσερά κλίματα καθώς, μέσω του διάφανου καλύμματός τους, επιτρέπουν να εισέλθει το φως του ηλίου και ταυτόχρονα εμποδίζουν τη θερμότητα να διαφύγει

ανακλώντας την ενέργεια πίσω στο εσωτερικό τους (Κατσαφάδος & Μαυροματίδης, 2015).

Η αρχή λειτουργίας του θερμοκηπίου ισχύει και για τη γήινη ατμόσφαιρα, δεδομένου ότι η ζωή στη γη εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο. Ωστόσο οι ειδικοί έχουν επισημάνει πως η αναλογία του θερμοκηπίου ήταν μια υπεραπλούστευση, καθώς η εξερχόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία δεν παγιδεύεται ακριβώς από την ατμόσφαιρα της γης αλλά απορροφάται. Όσο περισσότερα αέρια θερμοκηπίου υπάρχουν, τόσο περισσότερη ενέργεια διατηρείται στην ατμόσφαιρα της γης (Schneider et al., 2002; Tzortzinis, 2017). Αναλυτικότερα, ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας φτάνει στη γη ως ορατή ακτινοβολία. Από το ορατό φως που φτάνει στην επιφάνεια της γης, σχεδόν το μισό απορροφάται και στη συνέχεια ανακλάται πίσω στο διάστημα με τη μορφή υπέρυθρης (ή θερμικής) ακτινοβολίας. Το 90% αυτής της θερμότητας απορροφάται στη συνέχεια από τα αέρια του θερμοκηπίου (υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου) και ακτινοβολείται πίσω προς την επιφάνεια.

Έτσι, η θερμότητα παγιδεύεται κοντά στην επιφάνεια της γης και διατηρεί σταθερή τη μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους κατά μέσο όρο γύρω στους 15°C. Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η συμβολή των συγκεκριμένων αερίων στη θερμοκρασία της γης, χωρίς το διοξείδιο του άνθρακα η επιφάνεια της γης θα ήταν κατά περίπου 33°C πιο δροσερή (NASA, 2020a), ενώ χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν σε ετήσιο μέσο όρο περίπου -18°C. Δε θα υπήρχε νερό σε υγρή μορφή ούτε ζωή στην επιφάνεια (American Museum of National History, 2020). Σημαντικό είναι επίσης να αναφερθεί το γεγονός πως ο τύπος της επιφάνειας όπου προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο, καθώς κάθε επιφάνεια απορροφά και ανακλά την ακτινοβολία με πολύ διαφορετικό τρόπο. Για παράδειγμα, η ακτινοβολία σε μια λευκή επιφάνεια πάγου ανακλάται ιδιαίτερα ισχυρά πίσω στο διάστημα έχοντας ως αποτέλεσμα την ελάχιστη θέρμανση της επιφάνειας. Αντιθέτως, το σκούρο ερημικό έδαφος απορροφά πιο έντονα την ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα να θερμαίνεται περισσότερο. Η ύπαρξη πυκνής συννεφιάς επηρεάζει το συγκεκριμένο ενεργειακό ισοζύγιο, καθώς μειώνει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης (ψύξη), αλλά και την ποσότητα της θερμικής ενέργειας που εκπέμπεται πίσω στο διάστημα (θέρμανση).



Εικόνα 2: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Πηγή: WHO, 2003

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, η βασική αρχή θέρμανσης του πλανήτη εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας που θερμαίνει την επιφάνεια της γης και της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρα προς το διάστημα. Αν η ισορροπία αυτή διαταραχθεί (π.χ. από μια αύξηση του CO₂) τότε μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας της γης.

1.3.2 Ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ωστόσο, οι ανθρώπινες δραστηριότητες παρεμβαίνουν στην ενεργειακή ισορροπία του πλανήτη και πλέον ο όρος «φαινόμενο του θερμοκηπίου» έχει συνδεθεί με την ατμοσφαιρική ρύπανση και τη γοργή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης. Η τάση υπερθέρμανσης του πλανήτη που παρατηρείται από τα μέσα του 20ού αιώνα αποδίδεται στην ανθρώπινη επέκταση του «φαινομένου του θερμοκηπίου», δηλαδή τη θέρμανση που προκύπτει όταν η ατμόσφαιρα παγιδεύει τη θερμότητα που ακτινοβολείται από τη γη προς το διάστημα (IPCC, 2014a). Έτσι, παρόλο που το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι γνωστό στην επιστημονική κοινότητα από τον 19ο αιώνα, η συστηματική ενασχόληση με αυτό είναι αρκετά πρόσφατη.

Μέχρι τη δεκαετία του 1980, μόνο μια μειοψηφία επιστημόνων ασχολούνταν με το ζήτημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, παρατηρώντας την σταδιακή αύξηση των συγκεντρώσεων CO₂ στην ατμόσφαιρα (NASA, 2010). Η συγκεκριμένη ανοδική τάση οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία προσθέτει ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στις ήδη υπάρχουσες που απαντώνται φυσιολογικά στην ατμόσφαιρα. Τα επιπλέον αυτά αέρια προέρχονται από την αυξανόμενη καύση ορυκτών καυσίμων όπως άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της -αναγκαίας για τον σύγχρονο τρόπο ζωής- ενέργειας. Αυτό συμβαίνει επειδή η διαδικασία καύσης άνθρακα ή πετρελαίου συνδυάζει άνθρακα με οξυγόνο στον αέρα για να παράγει CO₂. Σε μικρότερο βαθμό η γεωργία, η βιομηχανία και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξήσει τις συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, το επίπεδο CO₂ στην ατμόσφαιρα αυξάνεται σταθερά εδώ και δεκαετίες και παγιδεύει επιπλέον θερμότητα κοντά στην επιφάνεια της γης, προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας (Abbass et al., 2022).

Υπολογίζεται ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν προκαλέσει υπερθέρμανση του πλανήτη της τάξης του 1°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα, ενώ η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι πιθανό να φτάσει τους 1,5°C μεταξύ 2030 και 2052 εάν συνεχίσει να αυξάνεται με τον τρέχοντα ρυθμό (IPCC, 2022). Στην 5η έκθεσή της, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μεγαλύτερη από 95% πιθανότητα οι ανθρώπινες δραστηριότητες των τελευταίων 50 ετών να έχουν θερμάνει τον πλανήτη (IPCC, 2014b). Τέλος, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός πως δίχως την ανθρώπινη παρέμβαση, οι φυσικές διαδικασίες θα ωθούσαν τον πλανήτη σε μια περίοδο ψύξης (NASA, 2020b). Αν δε ληφθούν άμεσα μέτρα, τα πιο αισιόδοξα σενάρια της IPCC κάνουν λόγο για πιθανή αύξηση στις μέσες θερμοκρασίες της τάξης των 2,4-6,4°C έως το 2099 (Baylis et al., 2013).

1.3.3 Αέρια του θερμοκηπίου

Οι υδρατμοί είναι ο μεγαλύτερος γενικός παράγοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ωστόσο, σχεδόν όλοι οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα προέρχονται από φυσικές διεργασίες. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4) και το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) είναι τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου που πρέπει να μας ανησυχούν. Το διοξείδιο του άνθρακα παραμένει στην ατμόσφαιρα για έως και 1.000 χρόνια, το μεθάνιο για περίπου μια δεκαετία και το υποξείδιο του αζώτου για περίπου 120 χρόνια. Ωστόσο, σε περίοδο 20 ετών το μεθάνιο είναι 80 φορές πιο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα στην πρόκληση υπερθέρμανσης του πλανήτη, ενώ το υποξείδιο του αζώτου είναι 280 φορές ισχυρότερο (United Nations, 2022).

Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από ανθρώπινες δραστηριότητες είναι ο κυριότερος παράγοντας που συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission, 2022a), το 2020 η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ήταν κατά 48% υψηλότερη από το προβιομηχανικό της επίπεδο (πριν από το 1750). Άλλα αέρια του θερμοκηπίου εκπέμπονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα σε μικρότερες ποσότητες. Το μεθάνιο είναι ισχυρότερο από το διοξείδιο του άνθρακα και συμβάλλει στο σχηματισμό όζοντος, αλλά έχει μικρότερο χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα. Οι μεγαλύτερες εκπομπές μεθανίου προέρχονται από το γεωργικό τομέα και την κτηνοτροφική παραγωγή, από την ενέργεια αλλά και από τα απόβλητα. Το υποξείδιο του αζώτου, όπως και το διοξείδιο του άνθρακα, είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου με μεγαλύτερο χρόνο ζωής που συγκεντρώνεται στην ατμόσφαιρα για δεκαετίες ή και για αιώνες. Οι κυριότερες πηγές εκπομπής του προέρχονται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και η απομάκρυνση τους από την ατμόσφαιρα πραγματοποιείται με χημικές αντιδράσεις (NASA, 2022).

Τα φθοριούχα αέρια, όπως οι υδροφθοράνθρακες (HFCs), οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) είναι αέρια του θερμοκηπίου που δεν υπάρχουν φυσικά. Οι υδροφθοράνθρακες είναι αέρια που προκαλούνται από τις ψυκτικές συσκευές και τα κλιματιστικά και αντικαθιστούν πλέον τους χλωροφθοράνθρακες (CFCs), οι οποίοι εξαιτίας της καταστρεπτικής τους δράσης στη στιβάδα του όζοντος, καταργήθηκαν σταδιακά χάρη στο Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ του 1987. Το εξοφθοριούχο θείο μπορεί να προέρθει από διαρροές υποσταθμών διανομής ηλεκτρικού ρεύματος και από μεταλλουργίες, ενώ το υποξείδιο του αζώτου

από νιτρικά λιπάσματα αλλά και από την καύση βενζίνης. Οι υπερφθωριωμένοι υδρογονάνθρακες είναι επίσης αέριο βιομηχανικής χρήσης και έχει την ικανότητα να μένουν αρκετό χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα (Jacobson, 2001).

Ενώ τα φθοριούχα αέρια είναι πολύ λιγότερο διαδεδομένα από άλλα αέρια του θερμοκηπίου και δεν καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος όπως οι χλωροφθοράνθρακες, εξακολουθούν να είναι πολύ ισχυρά. Σε μια περίοδο 20 ετών, το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη ορισμένων φθοριούχων αερίων είναι έως και 16.300 φορές μεγαλύτερο από αυτό του διοξειδίου του άνθρακα (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2021).

Τα φυσικά αίτια, όπως οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας ή της ηφαιστειακής δραστηριότητας, εκτιμάται ότι έχουν συμβάλει λιγότερο από περίπου 0,1°C στη συνολική αύξηση της θερμοκρασίας την περίοδο 1890-2010 (European Commission, 2022b).

1.4 Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στην υγεία του πληθυσμού

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), η αλλαγή του κλίματος αποτελεί μια εξαιρετικά σημαντική αναδυόμενη απειλή για τη δημόσια υγεία. Μάλιστα, η κλιματική αλλαγή αναφέρεται συχνά ως «πολλαπλασιαστής κινδύνου για την υγεία», καθώς μπορεί να προκαλέσει ασθένειες ή και να ενισχύσει τις ήδη υπάρχουσες. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων διαφέρουν ανάλογα με την ηλικία, το φύλο, τη γεωγραφία και την κοινωνικοοικονομική κατάσταση (WHO, 2021). Ωστόσο, σε γενική κλίμακα πρόκειται για μια σημαντική μεταβλητή η οποία δε λαμβάνεται συχνά υπόψη, καθώς υπάρχει γενικά η πεποίθηση πως η υγεία καθορίζεται κυρίως από τον τρόπο ζωής, την κληρονομικότητα αλλά και την δυνατότητα πρόσβασης σε υπηρεσίες υγείας.

Αναμφίβολα, η υγεία επηρεάζεται από μια σειρά διαφορετικών παραγόντων και, ως εκ τούτου, δεν είναι δυνατός ο ακριβής προσδιορισμός της επιρροής της κλιματικής αλλαγής σε αυτή. Ωστόσο, η κλιματική αλλαγή επιδρά σε πολλές συνιστώσες της ανθρώπινης υγείας και ευημερίας και σχετίζεται με ποικίλες παθήσεις. Σε παγκόσμια κλίμακα, ο αριθμός των θανάτων που σχετίζονται με φυσικές καταστροφές εξαιτίας κλιματικών φαινομένων έχει τριπλασιαστεί από τη δεκαετία του 1960 και εκτιμάται ότι πλέον υπερβαίνει τους 60.000 ετησίως. Μάλιστα, αναμένεται πως στο χρονικό

διάστημα μεταξύ του 2030 και 2050 θα προκληθούν 250.000 επιπλέον θάνατοι το χρόνο, οφειλόμενοι σε υποσιτισμό, ελονοσία, διαρροϊκούς νόσους και θερμικό στρες (WHO, 2021a).

Σύμφωνα με τον ΠΟΥ, οι επιπτώσεις εντάσσονται σε τρεις κατηγορίες: (α) τις άμεσες επιπτώσεις, οι οποίες προκαλούνται από τα ακραία καιρικά φαινόμενα, (β) τις έμμεσες που προκαλούνται ως συνέπεια των οικολογικών διαταραχών, και (γ) τις επιπτώσεις που προκαλούνται λόγω της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και των οικονομικών δυσχερειών (π.χ. διατροφικά ή ψυχολογικά προβλήματα) (WHO, 2021b).

1.4.1 Άμεσες επιπτώσεις

Στις άμεσες επιπτώσεις περιλαμβάνονται οι συνέπειες των ακραίων καιρικών φαινομένων που μπορεί να οδηγήσουν σε τραυματισμό ή και θάνατο (Smith et al., 2014). Περίπου 3,3 έως 3,6 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε περιβάλλοντα που είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην κλιματική αλλαγή (IPCC, 2022). Αρχικά, η αύξηση της θερμοκρασίας και οι παρατεταμένες περιόδους καύσωνα μπορούν να επιδεινώσουν διάφορες χρόνιες παθήσεις συμπεριλαμβανομένων του σακχαρώδη διαβήτη, της νεφρικής νόσου, αλλά και των καρδιαγγειακών, των αναπνευστικών και των εγκεφαλοαγγειακών παθήσεων. Σε ακραίες περιπτώσεις μάλιστα, μπορούν να οδηγήσουν σε θάνατο λόγω θερμοπληξίας. Το διάστημα 2000-2016, ο αριθμός των ανθρώπων που εκτέθηκαν σε κύματα καύσωνα αυξήθηκε κατά περίπου 125 εκατομμύρια (WHO, 2018). Ωστόσο, οι προβλέψεις για το κλίμα είναι δυσοίωνες και για το μέλλον, καθώς προβλέπουν πως στις επόμενες δεκαετίες οι καύσωνες θα είναι πιο ακραίοι και πιο συχνοί. Αξίζει να αναφερθεί ότι ενώ εκτιμάται ότι θα μειωθούν οι θάνατοι που οφείλονται σε ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες που οφείλονται σε ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες σε κάποιες περιοχές του πλανήτη, δεδομένου ότι εκεί οι χειμώνες θα είναι πιο ήπιοι, αυτή η μείωση δεν αναμένεται να αντισταθμίσει τη σημαντική αύξηση θανάτων σε άλλες περιοχές λόγω των αναμενόμενων υψηλότερων θερμοκρασιών. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) μάλιστα, η θνησιμότητα αυξάνεται κατά 1-4% για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας, κάτι που σημαίνει ότι η θνησιμότητα λόγω ζέστης θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 30.000 θανάτους ετησίως ως το 2030 και κατά 50.000-110.000 θανάτους το χρόνο έως το 2080 (European Commission, 2009).

Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα είναι επίσης μια σημαντική παράμετρος για την ανθρώπινη υγεία. Οι υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με τις εκθετικά συχνότερες πυρκαγιές δασικών εκτάσεων, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας του όζοντος και των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Τα σωματίδια μπορούν να διεισδύουν στους πνεύμονες και να εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος, προκαλώντας καρδιαγγειακές, εγκεφαλοαγγειακές και αναπνευστικές επιπτώσεις, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι επηρεάζουν και άλλα όργανα προκαλώντας διάφορες ασθένειες (WHO, 2022a). Το 2015 καταγράφηκαν 2,9 εκατομμύρια πρόωροι θάνατοι που οφείλονταν σε αναπνευστικά και καρδιαγγειακά νοσήματα λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων (Abbass et al., 2022).

Επίσης, η αύξηση της θερμοκρασίας και τα υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα παρατείνουν την περίοδο αναπαραγωγής των φυτών και έτσι αυξάνουν την ποσότητα της γύρης στην ατμόσφαιρα. Αυτό έχει ως άμεση συνέπεια την αύξηση των αλλεργικών αντιδράσεων του αναπνευστικού συστήματος, αλλά και των επεισοδίων άσθματος. Είναι γεγονός πως η συχνότητα των τελευταίων έχει τετραπλασιαστεί σε σχέση με το παρελθόν και συγκεκριμένα σε σχέση με τη δεκαετία του 1980. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί το γεγονός πως η ατμοσφαιρική ρύπανση πέρα από το άσθμα σχετίζεται και με τη χρόνια βρογχίτιδα και τον καρκίνο του πνεύμονα (Kunzli & Tager, 2005).

Εκτός όμως από την άνοδο της θερμοκρασίας, οι μεταβολές στο κλίμα επηρεάζουν και τη συχνότητα των βροχοπτώσεων με αποτέλεσμα να συμβαίνουν συχνότερα πλημμύρες ή παρατεταμένες ξηρασίες (WHO, 2022b). Πέρα από τους θανάτους λόγω πνιγμών και τραυματισμών, η αύξηση των βροχοπτώσεων ευθύνεται για ορισμένες ασθένειες καθώς προκαλεί αύξηση των μυκήτων και των ρύπων εσωτερικού αέρα (IPCC, 2021) ενώ ο βασικός κίνδυνος που προκαλούν οι ξηρασίες είναι η έλλειψη πόσιμου νερού.

1.4.2 Έμμεσες επιπτώσεις

Η κλιματική αλλαγή έχει και έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού. Οι συνθήκες ακραίας ζέστης ή κρύου μπορούν να επηρεάσουν τη μετάδοση μολυσματικών ασθενειών, την παροχή υπηρεσιών υγείας, την ίδια την ανθρώπινη συμπεριφορά αλλά και βασικές κοινωνικές υποδομές. Η μεγάλη ποσότητα νερού με

τη μορφή των πλημμυρών, μπορεί να προκαλέσει μόλυνση στα αποθέματα γλυκού νερού ενώ, σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες, μπορεί να δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες για τον πολλαπλασιασμό εντόμων όπως τα κουνούπια, που αποτελούν φορείς πολλών μολυσματικών ασθενειών (ΕΟΔΥ, 2019). Είναι χαρακτηριστικό πως ο δάγγειος πυρετός που μεταδίδεται από τα κουνούπια, έχει αυξηθεί κατά 30% τα τελευταία 50 χρόνια (WHO, 2019). Επιπλέον, σύμφωνα με υπολογισμούς του ΠΟΥ, θα παρουσιαστούν ακόμα 60.000 θάνατοι από την ελονοσία κατά την παιδική ηλικία το διάστημα μεταξύ 2030 και 2050. Μάλιστα, η κλιματική αλλαγή φαίνεται να σχετίζεται με τη συχνότερη εμφάνιση επιδημιών και πανδημιών και αυτό είναι κάτι που απασχολεί ιδιαίτερα την επιστημονική κοινότητα μετά και την εμφάνιση της νόσου Covid-19 (WHO, 2020a) τον Δεκέμβριο του 2019.

Τα βιώματα από την υγειονομική κρίση μπορούν να συμβάλλουν στην ευαισθητοποίηση για την αντιμετώπιση μιας ενδεχόμενης κλιματικής κρίσης. Υπάρχει πλέον γνώση για την ευάλωτη κατάσταση των συστημάτων υγείας, τον κίνδυνο έκτακτης ανάγκης για την υγεία που επιδεινώνει τις υπάρχουσες ανισότητες, την ανάγκη για διεθνή συνεργασία για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων μεγάλης κλίμακας στον τομέα της υγείας, αλλά και για το κοινωνικό κόστος της αδράνειας (WHO, 2021b). Στον αντίποδα, η έλλειψη νερού θέτει σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγιεινή, προκαλώντας αύξηση στα ποσοστά διαρροϊκής νόσου ενώ οι παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας αυξάνουν τον κίνδυνο ερημοποίησης του εδάφους, επιδρώντας στην ποσότητα αλλά και στην ποιότητα της αγροτικής παραγωγής. Αυτό φυσικά μπορεί να οδηγήσει σε υποσιτισμό αλλά και υψηλότερες τιμές των τροφίμων. Άξιο αναφοράς είναι επίσης το γεγονός ότι τα υψηλά επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μπορούν να μειώσουν τη θρεπτική αξία βασικών καλλιεργειών (Smith et al., 2018).

Φυσικά, η κλιματική μεταβολή έχει αρνητικές επιπτώσεις και στη ψυχική υγεία των ανθρώπων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί μια μελέτη του Στάνφορντ, η οποία καταλήγει στο συμπέρασμα πως τα ποσοστά αυτοκτονιών στις ΗΠΑ και το Μεξικό θα αυξηθούν έως το 2050 αν η κλιματική αλλαγή συνεχίσει να συμβαίνει με τους τρέχοντες ρυθμούς (Horton, 2019). Επίσης, ως έμμεση συνέπεια χαρακτηρίζεται και η διαταραχή του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης (WHO, 2020a), η αυξανόμενη ανισότητα στην πρόσβαση στη δημόσια υγεία (WHO, 2022b) και η μετανάστευση των κοινοτήτων λόγω φυσικών καταστροφών (Bathke, 2021). Το άμεσο κόστος της

βλάβης στην υγεία εκτιμάται ότι θα είναι μεταξύ 2-4 δισεκατομμύρια αμερικανικά δολάρια ετησίως έως το 2030 (WHO, 2022c). Οι περιοχές με αδύναμες υποδομές υγείας –κυρίως οι αναπτυσσόμενες χώρες– θα είναι οι λιγότερο ικανές να αντεπεξέλθουν χωρίς την απαραίτητη βοήθεια για την προσαρμογή και τον μετριασμό στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, οι διακοπές ρεύματος σε ακραίες καιρικές συνθήκες θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα νοσοκομεία και τα συστήματα μεταφοράς όταν αυτά είναι απολύτως αναγκαία (WHO, 2022d).

1.4.3 Ομάδες ανθρώπων σε άμεσο κίνδυνο

Είναι κατανοητό το γεγονός πως όλοι οι άνθρωποι εκτίθενται στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ωστόσο ορισμένες ομάδες ανθρώπων είναι ιδιαίτερα ευάλωτες. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι άνθρωποι που ζουν σε μικρά νησιωτικά έθνη και διάφορες παραθαλάσσιες, ορεινές και πολικές περιοχές. Επίσης, ευάλωτες ομάδες αποτελούν οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά, οι γυναίκες σε κύηση, αλλά και άτομα με υποκείμενα νοσήματα και χαμηλό οικονομικό εισόδημα (WHO, 2021b). Ως προς την ηλικία, τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα στην αέρια ρύπανση λόγω του ευαίσθητου μεταβολισμού τους και των γρήγορων αναπνοών τους. Σύμφωνα με τη UNICEF (2021), 2,1 εκατομμύρια παιδιά πεθαίνουν παγκοσμίως εξαιτίας της έκθεσης σε ακραία ρύπανση εσωτερικού χώρου. Οι άνθρωποι που ζουν σε χώρες με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα είναι οι πιο εκτεθειμένοι στην ατμοσφαιρική ρύπανση, ενώ τα δεδομένα για την ποιότητα του αέρα είναι ακόμα ελλιπή (WHO, 2022a). Επιπλέον, τα άτομα που δραστηριοποιούνται και εργάζονται σε εξωτερικούς χώρους είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις κλιματικές αναζωπυρώσεις παλαιών και νέων πνευμονοπαθειών.

Το φύλο μπορεί να παίξει επίσης σημαντικό ρόλο. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν κατανέμονται ισομερώς, με τις γυναίκες να φέρουν συχνά το μεγαλύτερο βάρος των επιπτώσεων αυτών. Εκτιμάται ότι το 90% των θυμάτων σε ορισμένες καταστροφές που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες ήταν γυναίκες (Kwank & Braga, 2017). Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους φυσικούς πόρους μπορούν επίσης να επιδεινώσουν περαιτέρω τις υπάρχουσες ανισότητες μεταξύ των φύλων (Ntenti & Nsenti, 2021). Το κίνημα του οικοφεμινισμού -που πρωτοεμφανίστηκε στα τέλη του 1970- τονίζει εδώ και δεκαετίες πως η ανισότητα εις βάρος του φύλου διασταυρώνεται με την περιβαλλοντική κρίση. Μάλιστα, η

εκπαίδευση και η ενδυνάμωση των γυναικών μπορεί να συμβάλλει έμμεσα στη μείωση των εκπομπών.

Οι λύσεις για την αλλαγή του κλίματος συνδέονται με τον πληθυσμό, καθώς η αύξηση του πληθυσμού συνεπάγεται περισσότερες ανάγκες για φυσικούς πόρους και ενέργεια. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, όταν οι γονείς δυσκολεύονται να παρέχουν τα απαραίτητα αγαθά στα παιδιά τους, τα κορίτσια αναγκάζονται να παντρευτούν νωρίς, με αποτέλεσμα συχνά την πρόωρη εγκυμοσύνη. Αντιθέτως, όταν οι γυναίκες περνούν περισσότερα χρόνια στο σχολείο, τα συνολικά ποσοστά γονιμότητας τείνουν να πέφτουν. Η ανοδική κινητικότητα και οι αυξημένες ευκαιρίες απασχόλησης μπορούν να δώσουν στις γυναίκες μεγαλύτερη δυνατότητα να αποφασίσουν οι ίδιες για το μέλλον τους και την επιλογή να καθυστερήσουν το γάμο και τελικά να αποκτήσουν λιγότερα, πιο υγιή παιδιά. Η κλιματική αλλαγή έχει αντίκτυπο και στη γονιμότητα στις αναπτυγμένες χώρες, όπου εκεί η εκπαίδευση αυξάνεται αλλά η γονιμότητα μειώνεται (UN Women Watch, 2019).

Εκτός από τον περιορισμό της αύξησης του πληθυσμού, η βελτίωση της πρόσβασης των γυναικών στην εκπαίδευση μπορεί να έχει ισχυρό αντίκτυπο στη βιώσιμη διαχείριση των πόρων σε οικονομίες που εξαρτώνται από τη γεωργία, καθώς οι γυναίκες κυριαρχούν στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων (50-80%), αλλά κατέχουν λιγότερο από το 10% της γης. Εάν όλες οι γυναίκες μικροϊδιοκτήτες είχαν ίση πρόσβαση σε παραγωγικούς πόρους, οι αποδόσεις των αγροκτημάτων τους θα αυξάνονταν κατά 20-30% και 100-150 εκατ. άνθρωποι δεν θα υποσιτιζόνταν (UN Women, 2022).

Κεφάλαιο 2: Λοιμώδη νοσήματα

2.1 Εννοιολογική προσέγγιση και κλινικά χαρακτηριστικά

Λοιμώδη (ή μεταδοτικά) νοσήματα καλούνται τα νοσήματα που οφείλονται σε κάποιον παθογόνο παράγοντα (ζωντανό οργανισμό ή τοξικά του προϊόντα) που μπορεί να μεταδοθεί άμεσα ή έμμεσα από έναν ξενιστή (άνθρωπο, ζώο, έντομο) σε έναν άλλον (Porta, 2008). Με άλλα λόγια, οφείλονται στην προσβολή του οργανισμού από κάποιον παθογόνο παράγοντα (παθογόνο ιό, βακτήριο, μύκητα, παράσιτο ή μολυσματική πρωτεΐνη). Ένας παθογόνος παράγοντας έχει την ικανότητα να μεταδίδεται με συγκεκριμένο μέσο, να εγκαθίσταται και να πολλαπλασιάζεται (μεταδοτικότητα) και να προκαλεί συμπτώματα ασθένειας ποικίλης βαρύτητας είτε όχι (μολυσματικότητα).

Το κύριο χαρακτηριστικό των λοιμωδών νοσημάτων έγκειται στο γεγονός ότι το άτομο που έχει προσβληθεί από αυτά αποτελεί συγχρόνως φορέα μετάδοσής τους σε άλλα άτομα. Καθίσταται, επομένως, προφανές ότι, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στις άλλες ασθένειες, οι αποφάσεις του ατόμου αυτού, ακόμη και εάν αποτελεί έναν απλό φορέα της νόσου, δεν αφορούν αποκλειστικά στο ίδιο το πρόσωπο, με την έννοια ότι δεν περιορίζουν τα αποτελέσματά τους σε αυτό, αλλά είναι πολύ πιθανό να επηρεάσουν την υγεία τρίτων ατόμων ή ακόμα και του κοινωνικού συνόλου.

Ορισμένα λοιμώδη νοσήματα είναι ασυμπτωματικά, άλλα προκαλούν υποκλινική νόσηση και άλλα μπορούν να αποβούν θανατηφόρα. Τα παθογόνα επιδρούν είτε άμεσα είτε έμμεσα, μέσω των τοξινών τους. Τα λοιμώδη διαφέρουν από τα άλλα νοσήματα, επειδή τα αίτια που τα προκαλούν είναι ζωντανοί μικροοργανισμοί που μπορούν να ταυτοποιηθούν, είναι μεταδοτικά, δυνητικά ιάσιμα λόγω ευαισθησίας των παθογόνων στα χημειοθεραπευτικά φάρμακα (αντιβιοτικά) και αρκετά προλαμβάνονται με ανοσοποίηση με κατάλληλα ειδικά εμβόλια, με τη λήψη μέτρων σωματικής υγιεινής ή και ενίοτε με την προφυλακτική χορήγηση φαρμάκων (Ζεμπεκάκης, 2017).

Η εμφάνιση των λοιμωδών νοσημάτων διακρίνεται σε σποραδική (λίγα κρούσματα σε διαφορετικά διαστήματα), ενδημική (συχνή εμφάνιση σε μια περιοχή αλλά σε μικρό κομμάτι του Ιπληθυσμού) και πανδημική (εμφάνιση νόσου με μορφή επιδημίας σε μία ή περισσότερες χώρες και προσβολή σχεδόν ολόκληρου του πληθυσμού).

Επίσης η μόλυνση μπορεί να πάρει την μορφή λοίμωξης (κλινικά συμπτώματα, σημεία), κρισομόλυνση ή αφανής ή υποκλινική μόλυνση (απεικόνιση μόνο εργαστηριακά). Μορφές της τελευταίας είναι ο αποικισμός, η μίανση και η ρύπανση. Το διάστημα που μεσολαβεί από την είσοδο στον οργανισμό μέχρι την εμφάνιση νόσου ή σημάδιών της, είναι η περίοδος επώασης, κατά την οποία είτε μπορεί να μην υπάρξει αποτέλεσμα σε περίπτωση κατά την οποία η ανοσία είναι επαρκής, ή αν υπάρχει εγγενής αντοχή του οργανισμού ή αν η δόση του παράγοντα είναι μικρή, είτε μπορεί να προκληθεί απλά υποκλινική μόλυνση, αλλά μπορεί και να εμφανιστεί νόσος με κλινικά έκδηλα σημάδια με κατάληξη είτε την ίαση είτε τον θάνατο, είτε την λανθάνουσα μόλυνση (μόνιμη ή παροδική) είτε δυστυχώς και ενεργός μόλυνση (Παπαϊωάννου, 2015).

2.2 Διάκριση λοιμογόνων παραγόντων

Οι λοιμογόνοι παράγοντες μπορούν να διαιρεθούν σε έναν πεπερασμένο αριθμό τύπων. Οι περισσότεροι ζουν ελεύθεροι, περιέχουν όλους τους μηχανισμούς διατήρησης του είδους τους και αναφέρονται ως *μικρόβια*. Παραδοσιακοί λοιμογόνοι παράγοντες είναι οι σχιζομύκητες (βακτήρια), οι μύκητες, τα παράσιτα και οι ιοί (Winn et al., 2011).

- Τα *βακτήρια* περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο αριθμό των παθογόνων για τον άνθρωπο ειδών. Είναι μονοκυττάρια και περιέχουν DNA και RNA τα οποία όμως δεν είναι διαφοροποιημένα σε πυρήνα και κυτταρόπλασμα και αναπαράγονται με διαίρεση σε δύο. Λίγες οικογένειες βακτηρίων, με πιο αξιοσημείωτες τα Ρικετσιακά (Rickettsiaceae), τα Αναπλασματικά (Anaplasmataceae) και τα Χλαμυδιακά (Chlamydiaceae), δεν έχουν όλους τους αναγκαίους μηχανισμούς για τον αναδιπλασιασμό τους και για να αναπαραχθούν πρέπει να αλληλεπιδράσουν με κάποιον ξενιστή.
- Οι *μύκητες* είναι μονοκυττάρια και πολυκυττάρια μικροοργανισμοί περαιτέρω διαφοροποιημένοι σε σαφή πυρήνα και κυτταρόπλασμα. Οι βλαστομύκητες είναι μονοκυττάρια μύκητες που αναπαράγονται με διαίρεση. Οι μυκητυλλιακοί μύκητες είναι πιο πολύπλοκοι πολυκυττάρια μικροοργανισμοί που αναπαράγονται με φυλετικούς (σεξουαλικούς) και άφυλους (ασεξουαλικούς)

τρόπους. Μερικοί μύκητες έχουν φάσεις τόσο βλαστομύκητα όσο και μυκητυλλιακού μύκητα και αναφέρονται ως δίμορφοι μύκητες.

- Τα *παράσιτα* είναι μια μεγάλη και πολύ περίπλοκη ομάδα μικροοργανισμών. Περιλαμβάνουν τόσο μονοκυττάρια ζώα, όπως είναι τα πρωτόζωα, όσο και πολύ σύνθετους, πολυκυττάριους οργανισμούς με σαφή όργανα και ιστούς, π.χ. γαστρεντερικό σωλήνα και γεννητικό σύστημα. Στην πραγματικότητα μερικά από τα παράσιτα αυτά είναι μικρά ζώα. Άλλα τυπικά μέλη των πρωτοζώων, δεν διαθέτουν τους μηχανισμούς ανεξάρτητης αναπαραγωγής και πρέπει να προσλάβουν τις αναγκαίες ουσίες από κάποιο ξενιστή.
- Οι *ιοί* συνιστούν έναν μεγάλο αριθμό λοιμογόνων παραγόντων οι οποίοι δεν είναι βακτήρια με την αυστηρή έννοια του όρου διότι δεν έχουν πλήρη γενετικό μηχανισμό για τον πολλαπλασιασμό τους. Με σπάνιες εξαιρέσεις οι ιοί περιέχουν είτε DNA είτε RNA αλλά όχι και τα δύο. Κατά συνέπεια, πρέπει να μολύνουν άλλες μορφές ζωής, όπως ανθρώπους, ζώα, φυτά, βακτήρια ή ακόμα και άλλους ιούς. Οι ιοί αντιπροσωπεύουν την απλούστερη μορφή λοιμογόνου παράγοντα. Οι μικροοργανισμοί αναπαράγονται με πολλαπλασιασμό -- μετά τη διαίρεση του γενετικού υλικού τους διαιρούνται σε δύο νέες πανομοιότυπες μορφές. Αντίθετα, οι ιοί αναπαράγονται με αναδιπλασιασμό (αντιγραφή) - παράγουν αντίγραφα του πυρηνικού οξέος τους και ακολούθως τα νέα γονιδιώματα συσσωρεύονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο αλλά όλα μέσα στα όρια του μολυσμένου κυττάρου.

Εκτός από τους παραδοσιακούς λοιμογόνους παράγοντες, ως είδος παρασίτων μπορούν να θεωρηθούν και πιο εξελιγμένα μέλη του ζωικού βασιλείου, όπως είναι τα έντομα, αν η ύπαρξή τους σχετίζεται στενά με κάποιο ξενιστή. Στο άλλο άκρο, οι εντελώς ασυνήθιστες πριόνες (prions) δεν περιέχουν πυρηνικό οξύ και για το λόγο αυτό δεν μπορούν να αναδιπλασιασθούν σύμφωνα με τους καθιερωμένους νόμους της φύσης. Ωστόσο, η σύνθεση της ανώμαλης πρωτεΐνης τους συνεπάγεται μια διαδικασία που για όλο τον κόσμο δείχνει σαν λοίμωξη με κύκλο αναδιπλασιασμού (Winn et al., 2011; Murray & Ellis, 2012).

2.3 Τρόποι μετάδοσης των λοιμογόνων παραγόντων

Οι λοιμογόνοι παράγοντες που προκαλούν τα νοσήματα μεταδίδονται με δύο τρόπους: με τον άμεσο και τον έμμεσο. Ο πρώτος τρόπος συντελείται με την άμεση χρονικά και τοπικά μεταφορά του λοιμογόνου παράγοντα από την πηγή στην κατάλληλη πύλη εισόδου των επιδεκτικών ατόμων (π.χ. με την ανταλλαγή φιλιών, τη σεξουαλική πράξη, το δάγκωμα), την άμεση επαφή με σταγονίδια (π.χ. σάλιο κατά την ομιλία, το βήμα, το φτάρνισμα), την άμεση επαφή με ζώα (π.χ. δάγκωμα, τσίμπημα) ή την επαφή με το φυσικό περιβάλλον (με το χώμα ή το νερό). Τα νοσήματα που μεταδίδονται με άμεσο τρόπο, δηλαδή χωρίς διαβιβαστή ή άλλον αγωγό, ονομάζονται μολυσματικά ή κολλητικά (π.χ. ιλαρά, ελονοσία) (Van Seventer & Hochberg, 2017).

Η έμμεση μετάδοση πραγματοποιείται είτε μέσω κάποιου άψυχου αγωγού (π.χ. μολυσμένα αντικείμενα), κατά την οποία ο παράγοντας ενδέχεται να πολλαπλασιάζεται ή να αναπτύσσεται, είτε μέσω κάποιου έμψυχου διαβιβαστή, βιολογικού ή μηχανικού. Ο βιολογικός είναι συνήθως κάποιο αρθρόποδο, εντός του οποίου πρέπει οπωσδήποτε να πολλαπλασιαστεί πριν μεταδοθεί ο παράγοντας, ενώ ο μηχανικός είναι συνήθως έντομο που απλώς μεταφέρει τον παράγοντα από το έδαφος ή κατά το πέρασμά του από κάποιον οργανισμό. Στην τελευταία αυτή περίπτωση δεν υπάρχει εξέλιξη του παράγοντα. Ένας ακόμη τρόπος μεταφοράς είναι αυτός που γίνεται αερογενώς, δηλαδή με τη μετακίνηση και την είσοδο στον οργανισμό από το αναπνευστικό σύστημα σταγονιδίων, σκόνης κ.λπ. Η διαφορά του τελευταίου αυτού τρόπου μεταφοράς από αυτόν της άμεσης μετάδοσης με σταγονίδια είναι ότι στα θέματα αντιμετώπισης ή πρόγνωσης υπάρχει διαφορετική προσέγγιση (ECDC, 2012).

Ως πύλες εισόδου-εξόδου για έναν λοιμογόνο παράγοντα νοούνται η εισπνοή, η κατάποση, το αίμα, ο πλακούντας, το δέρμα και οι βλεννογόνοι. Η μόλυνση μπορεί να επιτευχθεί από το αναπνευστικό σύστημα είτε με άμεση μετάδοση (φιλή, συνουσία) είτε με έμμεση (μέσω του αέρα), από το γαστρεντερικό σύστημα (τροφή, νερό), από το δέρμα, από μετάγγιση αίματος ή από τη μητέρα στο έμβρυο μέσω του πλακούντα (Παπαϊωάννου, 2015).

2.4 Κύριοι μηχανισμοί στην παθογένεια των λοιμώξεων

Η διαδικασία που οδηγεί στη λοιμώδη νόσο αρχίζει με τη μικροβιακή είσοδο στον ανθρώπινο οργανισμό και ακολουθούν διαδοχικά τα εξής στάδια (Ζεμπεκάκης, 2017):

- (α) Πολλαπλασιασμός μικροβίων
- (β) Εξουδετέρωση των μηχανισμών άμυνας του ξενιστή
- (γ) Ιστική εκλεκτικότητα και προσβολή
- (δ) Πρόκληση ιστικών βλαβών
- (ε) Μεταβίβαση σε νέους ξενιστές

Οι σημαντικότεροι μηχανισμοί με τους οποίους οι παθογόνοι μικροοργανισμοί προκαλούν νόσο είναι οι εξής (Ζεμπεκάκης, 2017):

- *Ενδοτοξίνες και εξωτοξίνες.* Τα παθογόνα μπορούν να εκκρίνουν εξωτοξίνες, που εμφανίζουν διάφορες ιδιότητες, στις οποίες περιλαμβάνονται αναστολή σύνθεσης πρωτεϊνών (τοξίνη διφθερίτιδας), νευροτοξικότητα (κλωστηρίδιο τετάνου, αλλαντίασης) και εντεροτοξικότητα, που προκαλεί εντερική έκκριση νερού και ηλεκτρολυτών (E. Coli, χολέρα). Η ενδοτοξίνη είναι λιποπολυσακχαρίδη (LPS) του κυτταρικού τοιχώματος των Gram αρνητικών βακτηριδίων. Ευθύνεται για την υπόταση, το shock, τον πυρετό, την ενδαγγειακή πήξη και σε μεγάλες δόσεις το θάνατο.
- *Παράγοντας νέκρωσης όγκων (TNF-α).* Απελευθερώνεται από ορισμένα φαγοκύτταρα (μακροφάγα/μονοκύτταρα) και από μη-φαγοκύτταρα (λεμφοκύτταρα, natural killers), ως απάντηση σε λοιμώξεις και φλεγμονώδη ερεθίσματα. Μεταξύ των φλεγμονωδών ερεθισμάτων περιλαμβάνονται η βακτηριακή ενδοτοξίνη (LPS), η τοξίνη του συνδρόμου του τοξικού shock και αντιγόνα μυκήτων και πρωτόζωων. Ο TNF-α με τη σειρά του διεγείρει την απελευθέρωση ενός καταρράκτη μεσολαβητών της φλεγμονής και ιστικών τροποποιητών. Ως εκ τούτου, ευθύνεται για τις περισσότερες από τις βλάβες της φλεγμονής.
- *Ιστική προσβολή.* Ορισμένα παθογόνα, όπως ο χρυσίζων σταφυλόκοκκος, έχουν ιδιότητες ιστικής καταστροφής (π.χ. σχηματισμού αποστημάτων και βακτηριαμίας), καθώς επίσης και παραγωγής τοξινών που είναι υπεύθυνες για διαρροϊκές κενώσεις και δερματικά ερυθήματα.

- *Δευτερογενή ανοσολογικά φαινόμενα.* Όλοι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να ενεργοποιήσουν δευτερογενείς ανοσολογικούς μηχανισμούς (π.χ. ενεργοποίηση του συμπληρώματος, σχηματισμό ανοσοσυμπλεγμάτων και κυτταρόλυση μέσω αντισωμάτων).
- *Αποφυγή αμυντικών μηχανισμών του ξενιστή.* Περιλαμβάνει: (α) αντοχή στα λιπαρά οξέα και το όξινο pH του δέρματος (σταφυλόκοκκοι), (β) υπέρβαση του φραγμού των βλεννογόνων, ο οποίος δεσμεύει και διευκολύνει την απομάκρυνση των μικροβίων μέσω της βλεννοκροσσωτής κάθαρσης, του βήχα, της ούρησης, (γ) αντίσταση στους αντιβακτηριακούς παράγοντες των διαφόρων εκκρίσεων (λυσοζύμη, ιντερφερόνες) και στη γαστρική οξύτητα, και (δ) συμβατότητα με τη φυσιολογική μικροβιακή χλωρίδα.

2.5 Κατηγοριοποίηση των λοιμωδών νοσημάτων

Τα νοσήματα ταξινομούνται ποικιλοτρόπως, παρότι συνήθως κατατάσσονται σύμφωνα με μια ειδική ομάδα συμπτωμάτων, σημείων ή άλλων δεικτών παθολογίας. Τα σχέδια ταξινόμησης μπορούν να βασιστούν στα τρία στοιχεία του μοντέλου ξενιστής-παράγοντας-περιβάλλον. Στο πλαίσιο αυτό τα νοσήματα μπορούν να ταξινομηθούν βάσει αιτιολογικού ή περιβαλλοντικού παράγοντα, τρόπου μετάδοσης, προέλευσης ή αποθέματος ή οποιουδήποτε από τα κλινικά χαρακτηριστικά τους. Τα νοσήματα ταξινομούνται ως οξεία ή χρόνια και είναι πιθανόν να περιλαμβάνουν ανεπάρκειες και αναπηρίες, καθώς και παθήσεις που είναι μεταδοτικές και μη μεταδοτικές.

Για την κατηγοριοποίηση των λοιμωδών νοσημάτων έχουν προταθεί διάφορα κριτήρια, με το πλέον διαδεδομένο να είναι εκείνο που αφορά στον τρόπο μετάδοσής τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις για τη μετάδοση του νοσήματος απαιτείται ανθρώπινη επαφή (καθημερινή κοινωνική επαφή) ή σεξουαλική επαφή. Άλλα λοιμώδη νοσήματα μπορεί να μεταδίδονται μέσω της διατροφικής αλυσίδας, δηλαδή μέσω του νερού ή της τροφής ή και μέσω του αέρα, ενώ άλλα μπορούν να μεταδίδονται από τα ζώα στον άνθρωπο (Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, 2008). Επίσης, ξεχωριστή κατηγορία λοιμωδών νοσημάτων αποτελούν εκείνα που προλαμβάνονται με εμβολιασμό, αφού πρόκειται για ασθένειες που είναι ελεγχόμενες και μπορούν να προληφθούν. Σημαντική κατηγορία αποτελούν και τα

νοσήματα που μεταδίδονται εντός νοσοκομείου ή σε άλλους χώρους παροχής υπηρεσιών υγείας, καθώς και τα νοσήματα που δημιουργούνται εξαιτίας της αυξανόμενης αντοχής των μικροβίων στα αντιβιοτικά (λόγω της υπερβολικής κατανάλωσης φαρμάκων και για άλλες αιτίες) (Ξηρός, 2004).

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νόσων (European Centre for Disease Prevention and Control - ECDC), τα λοιμώδη νοσήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε:

- *Λοιμώξεις λόγω μικροβιακής αντοχής και νοσήματα που οφείλονται σε νοσοκομειακές λοιμώξεις.* Η μικροβιακή αντοχή (AMR) είναι η κατάσταση κατά την οποία ιοί και μικρόβια αναπτύσσουν αντοχή στις αντιμικροβιακές ουσίες, με αποτέλεσμα να είναι λιγότερο ή και καθόλου ευάλωτα στα φάρμακα που έχουν σχεδιαστεί για την αντιμετώπισή τους, καθιστώντας τη θεραπεία λιγότερο αποτελεσματική ή εντελώς αναποτελεσματική (ECDC, 2012). Σύμφωνα με το ECDC (2019), 33.000 θάνατοι ετησίως στην ΕΕ προκαλούνται λόγω λοιμώξεων σε νοσοκομεία και χώρους υγειονομικής περίθαλψης. Η καταπολέμηση της μικροβιακής αντοχής είναι περίπλοκη και αυτό διότι δεν μπορούν να ληφθούν στην πράξη ορθά μέτρα πρόληψης και ελέγχου των λοιμώξεων, ούτε μπορεί να χρησιμοποιηθεί με το σωστό τρόπο το σωστό φάρμακο. Επίσης, άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι εδώ και αρκετά χρόνια δεν έχουν ανακαλυφθεί νέες κατηγορίες αντιβιοτικών. Σχεδόν το 40% της υγειονομικής επιβάρυνσης της μικροβιακής αντοχής προκαλείται από βακτήρια ανθεκτικά σε αντιβιοτικά τελευταίας γενιάς που δεν είναι αποτελεσματικά. Συνεπώς, είναι δύσκολο ή σχεδόν αδύνατο να θεραπευτούν οι μολυσματικοί ασθενείς (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2019). Επιπλέον, οι λοιμώξεις που σχετίζονται με την Παροχή Υπηρεσιών Υγείας Πρόνοιας είναι εκείνες που αποκτώνται κατά τη διάρκεια παραμονής ενός ατόμου σε χώρους παροχής υπηρεσιών υγείας και κοινωνικής φροντίδας (νοσοκομεία, γηροκομεία κ.ά.) και συσχετίζονται άμεσα με τη μικροβιακή αντοχή λόγω του ότι προκαλούνται από πολυανθεκτικά μικρόβια. Οι λοιμώξεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως «ιατρογενή ανεπιθύμητα συμβάντα» και όπως και η μικροβιακή αντοχή, αποτελούν δείκτες ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας. Επίσης, παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες ως προς τη φυσική ιστορία τους, την κλινική αντιμετώπιση και την επιδημιολογία τους, που

τις καθιστούν ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα της δημόσιας υγείας διεθνώς, αλλά και στη χώρα μας (Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, 2008).

- *Σεξουαλικά Μεταδιδόμενα Νοσήματα (ΣΜΝ) και ιογενή νοσήματα μεταδιδόμενα μέσω του αίματος.* Τα ΣΜΝ αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα για τη δημόσια υγεία. Μεταδίδονται κυρίως με τη σεξουαλική επαφή και τα πιο γνωστά είναι η σύφιλη, η γονόρροια, η χλαμύδα, ο έρπης των γεννητικών οργάνων, οι λοιμώξεις από τον ιό των ανθρωπίνων θηλωμάτων, οι ηπατίτιδες Β, C και η λοίμωξη HIV/AIDS. Από το 2009 λειτουργεί το νέο σύστημα επιτήρησης για τα υποχρεωτικώς δηλούμενα ΣΜΝ και συλλέγει με ατομικά και συγκεντρωτικά δελτία εργαστηριακής δήλωσης τα δεδομένα για τη γονόρροια, τη σύφιλη, τις χλαμυδιακές λοιμώξεις και το αφροδίσιο λεμφοκοκκίωμα. Η δήλωση των ανωτέρω ΣΜΝ είναι υποχρεωτική από το 1950 (Β.Δ. 3/9.11.1950), ενώ των χλαμυδιακών λοιμώξεων από το 2011 (ΕΟΔΥ, 2021).
- *Αερογενώς Μεταδιδόμενα Νοσήματα.* Πρόκειται για νοσήματα που μεταδίδονται είτε με πυρήνες σταγονιδίων που περιέχουν μικροοργανισμούς, είτε με σωματίδια σκόνης που περιέχουν λοιμογόνους παράγοντες. Ουσιαστικά η μετάδοση γίνεται εξ επαφής, όταν δηλαδή υπάρξει επαφή βλεννογόνων (στόμα, ρινικός βλεννογόνος, επιπεφυκότας) με σταγονίδια που περιέχουν το λοιμογόνο παράγοντα (βήχας, φτάρνισμα, ομιλία κ.ά.). Τα σημαντικότερα αερογενώς μεταδιδόμενα νοσήματα είναι η φυματίωση, η γρίπη, η νόσος των Λεγεωνάριων, το Σοβαρό Οξύ Αναπνευστικό Σύνδρομο (SARS) (Λαγκαδινού, 2020).
- *Νοσήματα που προλαμβάνονται με τον εμβολιασμό.* Αποτελούν μια κατηγορία μεταδοτικών νοσημάτων που προλαμβάνονται με τον εμβολιασμό, καθώς θεωρούνται πλέον ασθένειες ελεγχόμενες και μπορούν να προληφθούν. Τα σημαντικότερα είναι η λοίμωξη από πνευμονιόκοκκο, η λοίμωξη από μηνιγγιτιδόκκοκο, ο κοκκύτης, η λοίμωξη από αιμόφιλο ινφλουέντσα b, η διφθερίτιδα, ο τέτανος, η ιλαρά, η ερυθρά, η παρωτίτιδα, η ευλογιά και η πολιομυελίτιδα (ECDC, 2012).
- *Νοσήματα που μεταδίδονται μέσω της διατροφικής αλυσίδας (Τροφιμογενή-Υδατογενή Νοσήματα).* Τροφιμογενές ή Υδατογενές νόσημα είναι κάθε νόσημα που προκαλείται από την κατανάλωση νερού ή τροφίμου, ενώ υπάρχουν περισσότερα από 250 διαφορετικά είδη. Τα συχνότερα είναι αυτά που

προκαλούνται από τα βακτήρια *Campylobacter* spp. (λοιμώξη από *Campylobacter*), *Salmonella* spp. (σαλμονέλλωση) και *Shigella* spp., (σιγκέλλωση), εντεροαιμορραγικό κολοβακτηρίδιο, καθώς και μια ομάδα ιών που είναι γνωστοί με την ονομασία *Noroviruses*. Επιπλέον, κάποια τροφιμογενή νοσήματα προκαλούνται από την παρουσία τοξινών στα τρόφιμα που παράγονται από μικροοργανισμούς (Μπαλάσκας, 2016). Σύμφωνα με στοιχεία του Κέντρου Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων (ΚΕΕΛΠΝΟ) για την Ελλάδα, τα τροφιμογενή νοσήματα είναι τα συχνότερα δηλούμενα λοιμώδη νοσήματα, ενώ σημαντικός είναι και ο αριθμός των συρροών κρουσμάτων τροφιμογενούς νοσήματος που δηλώνονται κάθε χρόνο στη χώρα μας, με πιο συχνά τη σαλμονέλλωση, την ηπατίτιδα Α και τη σιγκέλλωση (ΚΕΕΛΠΝΟ, 2022).

- *Νοσήματα που προέρχονται από τα ζώα ή άλλη περιβαλλοντική προέλευση.* Ορισμένα βακτήρια και ιοί του ζωικού βασιλείου μπορεί να μεταλλαχθούν και να επηρεάσουν άλλα είδη. Πρόσφατο παράδειγμα του φαινομένου αυτού είναι ο ιός SARS-CoV-2 που ευθύνεται για την πανδημία που αντιμετωπίζουμε. Στο παρελθόν βέβαια, υπήρξαν και άλλοι ιοί που μεταπήδησαν από τα ζώα στον άνθρωπο ή και το αντίθετο. Οι λοιμώξεις που προέρχονται από τα ζώα λέγονται ζωνόσοι. Σήμερα, υπάρχουν περισσότεροι από 40 ζωνόσοι που μεταδίδονται με επαφή και πάνω από 50 που μεταδίδονται με δάγκωμα. Οι σημαντικότερες λοιμώξεις είναι ο ιός που προκαλεί τον Covid-19, ο ιός H1N1, η Βουβωνική Πανώλη ή Μαύρος Θάνατος, η ελονοσία, ο Δάγγειος Πυρετός, ο ιός Ebola, κ.ά. (Δημητρακόπουλος, 2021).

Κεφάλαιο 3: Νοσήματα που μεταδίδονται με διαβιβαστές

3.1 Ο ρόλος των διαβιβαστών στη μετάδοση των λοιμωδών νοσημάτων

Ορισμένες κατηγορίες εντόμων αποτελούν τον βασικότερο παράγοντα εξάπλωσης της πλειοψηφίας των λοιμωδών νοσημάτων. Οι *διαβιβαστές* είναι οι μικροοργανισμοί που όταν μολυνθούν από ένα παθογόνο αίτιο, όπως είναι οι ιοί, μπορούν να το μεταφέρουν (διαβιβάσουν) σε ζώα ή στον άνθρωπο με ένα απλό «τσίμπημα». Στις περιπτώσεις αυτές, στις οποίες παρεμβάλλονται οι διαβιβαστές για την εξάπλωση λοιμωδών αιτιών, δεν ισχύουν πλέον οι προϋποθέσεις της άμεσης αλληλεπίδρασης μεταξύ των ιών και του ανθρώπινου οργανισμού και οι ενδεδειγμένοι τρόποι αντιμετώπισης της εμφάνισης πανδημίας δεν είναι η απευθείας εξάλειψη του ιού, αλλά η εξόντωση των διαβιβαστών και η προφύλαξη από αυτούς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 17% του συνόλου των λοιμωδών νοσημάτων παγκοσμίως οφείλονται σε μετάδοση από διαβιβαστές, καθιστώντας περισσότερο από το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού εκτεθειμένο σε κίνδυνο μόλυνσης. Κάθε χρόνο καταγράφονται περισσότερα από 1 δισεκατομμύριο κρούσματα και πάνω από 700.000 θάνατοι. Όπως είναι αναμενόμενο, οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές του πλανήτη είναι και πιο προσβεβλημένες από λοιμώδη νοσήματα που μεταδίδονται με διαβιβαστές, εξαιτίας των δυσμενών συνθηκών διαβίωσης και των μη επαρκών υπηρεσιών δημόσιας υγείας (Σαρόγλου, 2018).

Το φαινόμενο της μεταφοράς των παθογόνων αιτιών μέσω διαβιβαστών δεν είναι ένα σύγχρονο φαινόμενο. Την περίοδο 1940-1960, με την ανακάλυψη και τη χρήση των συνθετικών εντομοκτόνων (DDD), οι συντονισμένες προσπάθειες των παγκόσμιων φορέων υγείας κατάφεραν να εφαρμόσουν εντατικά προγράμματα καταπολέμησης των διαβιβαστών και να επιτύχουν τον έλεγχο και την εξάλειψη της εμφάνισης των λοιμωδών νοσημάτων που μεταφέρουν. Μετά την 20ετή εφαρμογή των προγραμμάτων αυτών όμως, τα λοιμώδη νοσήματα έκαναν και πάλι την εμφάνισή τους στον παγκόσμιο πληθυσμό (United States Environmental Protection Agency – US EPA, 2022).

Τα νοσήματα που μεταδίδονται με διαβιβαστές, μεταδίδονται μέσω δαγκώματος από τρωκτικά και άλλους διαβιβαστές όπως κουνούπια, μύγες, τσιμπούρια και κοριοούς που φέρουν τον λοιμογόνο παράγοντα. Η κλιματική αλλαγή διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο και συνδέεται άμεσα με την εμφάνιση και τη συχνότητα αυτών των νοσημάτων. Η επίδραση των κλιματικών αλλαγών παρουσιάζεται ποικιλοτρόπως και σχετίζεται τόσο με τον αναπαραγωγικό ρυθμό των διαβιβαστών όσο και με τη δραστηριότητά τους (ECDC, 2019).

Οι βασικοί εκπρόσωποι των διαβιβαστών είναι τα κουνούπια, οι σκνίπες και οι κρότωναες (τσιμπούρια) (Σαρόγλου, 2018):

- *Κουνούπια*. Τα κουνούπια χωρίζονται σε κατηγορίες, η κάθε μια από τις οποίες σχετίζεται με την μεταφορά πολλών και διαφορετικών ιών: (α) το κοινό «αστικό» κουνούπι (*Culex*) που πολλαπλασιάζεται ταχύτατα και μεταδίδει τον πυρετό από ιό Δυτικού Νείλου, την εγκεφαλίτιδα του St.Louis κ.ά., (β) το ανωφελές κουνούπι (*Anopheles*) που προτιμά καθαρά νερά για να εναποθέσει τα αυγά του, «τσιμπάει» από το σούρουπο ως το χάραμα καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας και είναι ο διαβιβαστής της ελονοσίας, κρούσματα της οποίας καταγράφονται κάθε χρόνο και στη χώρα μας, (γ) το κουνούπι «τίγρης» (*Aedes*), που έχει κάνει την εμφάνισή του στη χώρα μας μετά το 2003, μεταδίδει τον δάγκειο πυρετό, τον ιό Zika, τον ιό chikungunya και τον κίτρινο πυρετό, «τσιμπάει» καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας και συναντάται σε υψόμετρο χαμηλότερο των 1.500 μέτρων.
- *Σκνίπες*. Μεταφέρουν τον ιό της λείσμανίασης που εμφανίζεται και στη χώρα μας.
- *Κρότωναες*. Μεταφέρουν τον αιμορραγικό πυρετό Crimean-Congo, την νόσο Lyme, την εγκεφαλίτιδα Κεντρικής Ευρώπης κ.λπ. (ECDC,2018).

3.2 Νοσήματα που μεταδίδονται με κουνούπια

Ιός του Δυτικού Νείλου (West Nile Virus - WNV)

Τα περιστατικά από τον ιό του Δυτικού Νείλου παρουσίασαν αύξηση στις εύκρατες χώρες της Ευρώπης, της Βόρειας Αμερικής και της Βόρειας Αφρικής, αποτελώντας απειλή για τη δημόσια υγεία και τα ζώα. Ο ιός του Δυτικού Νείλου μεταδίδεται στον άνθρωπο μέσω τσιμπήματος από μολυσμένο κουνούπι συνήθως του γένους *Culex*. Η μετάδοση του ιού στο άτομο είναι σπάνια μέσω της μετάγγισης αίματος και της

μεταμόσχευσης οργάνων, ενώ διευκολύνθηκε από τις κλιματικές αλλαγές (θερμοκρασία, υγρασία) κυρίως μέσω της αύξησης του πληθυσμού των κουνουπιών σε λιμνάζοντα νερά, σε φρεάτια και άλλους χώρους (Petersen et al., 2013).

Η κλιματική αλλαγή επηρέασε το είδος των κουνουπιών που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Συγκεκριμένα, ο ιός του Δυτικού Νείλου μεταδίδεται κυρίως μέσω κουνουπιών του γένους *Culex*, *Cx. ripiens complex* και *Cx. Modestus*. Το είδος *Cx. ripiens* είναι ευρέως διαδεδομένο στην Ευρώπη, ενώ το *Cx. Modestus* συναντάται κυρίως σε λίμνες και υγροβιότοπους στη νότια και κεντρική Ευρώπη, ενώ ζουν σε χαμηλή βλάστηση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως δεν επαρκεί μόνο η αύξηση του πληθυσμού των κουνουπιών, αλλά θα πρέπει να συνυπάρχει ταυτόχρονα επαρκής ποσότητα από τον ιό. Η αύξηση της εμφάνισης του ιού του Δυτικού Νείλου αποτελεί απόρροια της κλιματικής αλλαγής. Η καταγραφή των κρουσμάτων παρουσιάζει αύξηση κατά τη χρονική περίοδο Ιούλιος-Οκτώβριος και ιδιαίτερα κατά τους μήνες Αύγουστος και Σεπτέμβριος λόγω της αυξημένης δραστηριότητας των κουνουπιών (ECDC, 2019).

Η εισαγωγή του ιού του Δυτικού Νείλου στη βόρεια Αμερική και η εξάπλωσή του σε όλη την ήπειρο αποτελεί παράδειγμα της σημασίας των αποτελεσματικών συστημάτων επιτήρησης της δημόσιας υγείας για την ανίχνευση των αλλαγών στην εμφάνιση και τη μετάδοση των ασθενειών από αρμοπίους, καθώς και για την καθοδήγηση και την παρακολούθηση των στρατηγικών πρόληψης των ασθενειών (O' Leary et al., 2004; Hayes et al., 2005). Τα δεδομένα από τέτοια συστήματα επιτήρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διερεύνηση των επιπτώσεων των κλιματικών παραγόντων στη μετάδοση των ασθενειών (McMichael et al., 2006). Η αποτελεσματική εφαρμογή μοντέλων για την πρόβλεψη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις ασθένειες αυτές θα απαιτήσει πιθανόν προσεκτική εξέταση των τοπικών οικολογικών συνθηκών και των μικροκλιμάτων. Η αποτελεσματική πρόληψη των ασθενειών από αρμοπίους σε μια εποχή ταχείας παγκόσμιας αλλαγής θα απαιτήσει καλά αναπτυγμένα συστήματα δημόσιας υγείας μαζί με την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη, προγράμματα ελέγχου των κουνουπιών και την ανάπτυξη αποτελεσματικών απωθητικών των κουνουπιών και την ανακάλυψη προληπτικών εμβολίων (Gagnon et al., 2002; Singh & Sharma, 2002).

Ελονοσία

Η ελονοσία επίσης μεταδίδεται στον άνθρωπο μέσω των κουνουπιών. Η κλιματική αλλαγή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη συχνότητα εμφάνισης και τη γεωγραφική κατανομή της νόσου, καθώς επιφέρει διαφοροποιήσεις στο γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο στο οποίο καταγράφονται κρούσματα ελονοσίας. Για παράδειγμα, η ελονοσία είχε εξαλειφθεί στη νότιο Ευρώπη, ωστόσο παρατηρείται σταδιακή αύξηση των κρουσμάτων. Το γεγονός αυτό συνδέεται με την κλιματική αλλαγή και την αύξηση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα το ανωφελές κουνούπι που είναι υπεύθυνο για την ελονοσία να επιζεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, ακραία καιρικά φαινόμενα σε χώρες της Αφρικής και της Ασίας συντέλεσαν στην επανεμφάνιση της ελονοσίας σε χώρες όπου η νόσος είχε εξαλειφθεί, λόγω της μετακίνησης του πληθυσμού σε άλλες χώρες (WHO, 2022b).

Η ελονοσία μεταδίδεται με το πλασμώδιο της ελονοσίας μέσω δήγματος από μολυσμένο κουνούπι του είδους *Anopheles*. Υπάρχουν τέσσερα είδη πλασμωδίου (*P. falciparum*, *P. vivax*, *P. Ovale*, *P. Malariae*) από τα οποία το επικρατέστερο στην Ελλάδα είναι το *P. Vivax*. Τα συμπτώματα της ελονοσίας είναι ο πυρετός με ρίγη, η εφίδρωση και η κεφαλαλγία. Ωστόσο, οι γαστρεντερικές εκδηλώσεις (ναυτία, έμετος, διάρροια), ο βήχας, οι αρθραλγίες και το κοιλιακό άλγος είναι συχνές κλινικές εκδηλώσεις της ελονοσίας. Η θεραπεία της ελονοσίας σχετίζεται με το είδος του πλασμωδίου, την αντιμικροβιακή αντοχή του και την κλινική εικόνα του ασθενούς. Μείζονος σημασίας για την πρόληψη της ελονοσίας αποτελεί η χορήγηση χημειοπροφύλαξης σε όσους επισκέπτονται χώρες όπου ενδημεί η ελονοσία, καθώς και στην καταπολέμηση των κουνουπιών (ECDC,2019).

Δάγκειος Πυρετός

Ο δάγκειος πυρετός είναι από τα πιο σημαντικά νοσήματα που μεταδίδονται στον άνθρωπο μέσω κουνουπιών του γένους *Ae. Aegypti*, χαρακτηριστικό του οποίου αποτελεί η ικανότητα προσαρμογής του στις περιβαλλοντικές συνθήκες των αστικών πόλεων. Ο δάγκειος πυρετός και οι επιπλοκές που μπορεί να προκαλέσει (αιμορραγικός πυρετός, δάγκειο shock) αποτελούν κυρίαρχη αιτία θανάτου στα παιδιά στην Ασία. Ιστορικά, το γένος αυτό καταγράφηκε σε πολλές χώρες της Ευρώπης, της Βόρειας Αφρικής και της Μεσογείου, συμπεριλαμβανομένης της Πορτογαλίας και της Γαλλίας (ECDC, 2019).

Στη μελέτη των Reiter et al. (2003) σχετικά με τη μετάδοση του δάγκειου πυρετού στα σύνορα ΗΠΑ-Μεξικού, διαπιστώθηκε ότι η οροθετικότητα του αντισώματος κατά του ιού ήταν σημαντικά υψηλότερη στην μεξικανική πλευρά των συνόρων παρά τις υψηλότερες προσβολές του φορέα *Ae. Aegypti* στην πλευρά των ΗΠΑ που θα μπορούσε να υποστηρίξει σαφώς την επιδημική μετάδοση του δάγκειου πυρετού. Δεδομένου ότι οι κοινότητες που μελετήθηκαν είχαν το ίδιο κλίμα, οι κλιματολογικοί παράγοντες δεν μπορούσαν να εξηγήσουν τη διαφορά στη μετάδοση. Ωστόσο, η παρουσία κλιματισμού στα σπίτια ήταν σημαντικά υψηλότερη στην πλευρά των ΗΠΑ και βρέθηκε ότι προστατεύει από τη μόλυνση με τον ιό του δάγκειου πυρετού. Παρόλο που οι κλιματολογικές συνθήκες ήταν σαφώς ευνοϊκές για την μετάδοση του ιού και από τις δύο πλευρές των συνόρων, οι καλύτερες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες περιόρισαν τη μετάδοση από την πλευρά των ΗΠΑ (Reiter et al., 2003).

Ο δάγκειος πυρετός μεταδίδεται και με το γένος *Ae. Albopictus* που ήταν ιδιαίτερα διαδιδόμενο στην Ευρώπη. Το 1990 καταγράφηκαν κρούσματα δάγκειου πυρετού στην Ιταλία και το 1979 στην Αλβανία. Τα κλιματικά όρια για τη μετάδοση είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τους χειμερινούς μήνες να κυμαίνεται κάτω από 0°C, η μέση ετήσια βροχόπτωση να υπερβαίνει τα 50cm και η μέση μηνιαία θερμοκρασία τους καλοκαιρινούς μήνες να είναι πάνω από 20°C. Ευρωπαϊκές χώρες που πληρούν τα κριτήρια αυτά είναι η Αλβανία, η Γαλλία, η Ελλάδα, η Ισπανία και η Πορτογαλία (ECDC, 2012). Η κλιματική αλλαγή επιφέρει αξιοσημείωτες μεταβολές στην εμφάνιση του δάγκειου πυρετού στις αστικές πόλεις, καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας επιμηκύνει και το χρονικό διάστημα μετάδοσης. Συγκεκριμένα για τη χώρα μας, έχει υποστηριχθεί πως η εμφάνιση επιδημίας δάγκειου πυρετού είναι εφικτή στην Αθήνα τους τελευταίους μήνες του καλοκαιριού, αν ο ιός εισχωρήσει στον πληθυσμό (ECDC, 2019).

3.3 Νοσήματα που μεταδίδονται με άλλα ιπτάμενα αρθρόποδα

Λειψμανίαση

Η λειψμανίαση εκδηλώνεται με δύο μορφές, τη σπλαχνική και τη δερματική, οι οποίες οφείλονται στο είδος *Leishmania donovani*. Καταγραφές δερματικής λειψμανίασης υπάρχουν σε Γαλλία, Ιταλία, Ισπανία και σε χώρες της κεντρικής Ασίας. Η σπλαχνική λειψμανίαση ανήκει στα ανθρωποζωνόσα νοσήματα (μεταδίδεται από κατοικίδια ζώα) και ενδημεί στις χώρες που περικλείουν τη Μεσόγειο θάλασσα (ΕΟΔΥ, 2019α).

Η λεισμανίαση επίσης μεταδίδεται με σκνίπες που συναντώνται σε ημίξηρες περιοχές. Οι σκνίπες είναι ευαίσθητες στο εντομοκτόνο DDT (Dichlorodiphenyltrichloroethane) και ο πληθυσμός τους είχε μειωθεί δραματικά λόγω του προγράμματος ψεκασμού των κουνουπιών στο πλαίσιο εξάλειψης της ελονοσίας. Ωστόσο, ο περιορισμός της εφαρμογής αυτών των προγραμμάτων ευνόησε τον αναπαραγωγικό ρυθμό της σκνίπας. Τα κύρια υποδόχα ή ξενιστές για τη λεισμανίαση είναι τα τρωκτικά, οι λύκοι και οι οικόσιτοι ή αδέσποτοι σκύλοι. Στις ενδημικές πόλεις, τα μαύρα ποντίκια ενοχοποιούνται κυρίως για τη μετάδοση της λεισμανίασης (ΚΕΕΛΠΝΟ, 2019).

Στην Ευρώπη δύο είναι τα κύρια είδη του γένους *Phlebotomous* που προκαλούν λεισμανίαση: το *Ph. Perniciosus* και το *Ph. Perfiliewi*. Το πρώτο συναντάται κυρίως στις Μεσογειακές χώρες (Γαλλία, Πορτογαλία, Ισπανία, Τυνησία, Τουρκία), ενώ το δεύτερο στην Κύπρο, την Ελλάδα και τη Μάλτα αλλά όχι στη Βόρειο Αφρική. Ο περιορισμός αναπαραγωγής του πληθυσμού είναι αναποτελεσματικός στην Ευρώπη, ενώ η λεισμανίαση στους σκύλους αποτελεί μείζον πρόβλημα για τις κτηνιατρικές υπηρεσίες (ECDC, 2019).

Η πληθυσμιακή κατανομή των δύο ειδών παρουσιάζει μεταβολές λόγω της κλιματικής αλλαγής. Για παράδειγμα, στην Ιταλία βρέθηκε πως η κλιματική αλλαγή αυξάνει τον πληθυσμό του *Ph. Perniciosus* και μειώνει τον πληθυσμό του *Ph. Perfiliewi*. Επιπλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε επιτάχυνση του ρυθμού ωρίμανσης και αναπαραγωγής των παρασίτων, με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου μόλυνσης. Για παράδειγμα, στη νοτιοδυτική Ασία η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3°C θα οδηγήσει σε αύξηση του πληθυσμού του είδους *Ph. Papatasi* (ΚΕΕΛΠΝΟ, 2019).

Η χωρική ανάλυση ερευνητών (Barck et al., 2005) υπολόγισε ότι οι αυξήσεις στις περιπτώσεις λεισμανιάσεων στη Ceara της Βραζιλίας συνδέθηκαν με τη ξηρασία που προκάλεσε την ανθρώπινη μετανάστευση σε αστικές περιοχές και στη συγκέντρωση των ανθρώπων γύρω από τις πηγές νερού, γεγονός που αύξησε τους κινδύνους για τους ανθρώπους, δεδομένου ότι οι περιορισμένες πηγές νερού και η υψηλή υγρασία που σχετίζεται με αυτές, οδήγησε επίσης σε συγκέντρωση πληθυσμών φορέων (*Lutzomia longipalpis*) γύρω από αυτές τις ίδιες τοποθεσίες.

3.4 Νοσήματα που μεταδίδονται με κρότωνα (τσιμπούρια) και ψύλλους

Οι κρότωνα (τσιμπούρια) είναι παράσιτα που μεταδίδουν πληθώρα μικροβίων στον άνθρωπο, όπως ρικέτσιες και ιούς. Η γεωγραφική τους κατανομή σχετίζεται με τη βλάστηση της περιοχής και την παρουσία ξενιστών, κυρίως τρωκτικών και μεγάλων θηλαστικών όπως το ελάφι. Οι κρότωνα επιβιώνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα και η δραστηριότητα τους αυξάνεται από την άνοιξη έως την αρχή του φθινοπώρου. Για τον πολλαπλασιασμό και τη μόλυνση από κρότωνα απαιτείται πραγματική θερμοκρασία πάνω από 5-8°C και επαρκές ποσοστό προκειμένου να μην αφυδατώνονται οι κρότωνα και τα αυγά τους (Dennis & Piesman, 2005).

Στην Ευρώπη τα επικρατέστερα είδη είναι το *Ixodes ricinus* και το *I. persulcatus*. Τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού που είναι ευάλωτα σε μολύνσεις από κρότωνα είναι άτομα που διαμένουν στην εξοχή και ασχολούνται με γεωργικές εργασίες. Επίσης, οι κάτοικοι αστικών πόλεων μολύνονται από κρότωνα κατά την επίσκεψή τους σε πάρκα. Η μόλυνση από κρότωνα είναι αδύνατο να προληφθεί μέσω της χρήσης εντομοκτόνων και του ελέγχου των ξενιστών. Ωστόσο, μέτρα πρόληψης αποτελούν ο έλεγχος της βλάστησης μιας περιοχής και η επαγρύπνηση του πληθυσμού για την προστασία του (Eisen & Stafford, 2020).

Οι κρότωνα αντιπροσωπεύουν μια αξιοσημείωτη απειλή για τη δημόσια υγεία επειδή διατηρούν πολλαπλούς και ποικίλους παράγοντες ασθενειών (π.χ. βακτήρια, ιούς, παράσιτα) εντός των ζωνοσογόνων κύκλων και χρησιμεύουν ως φορείς γεφύρωσης μεταξύ ζωνοσογόνων δεξαμενών και ανθρώπων (Dennis & Piesman, 2005). Οι κυριότερες ασθένειες αυτού του τύπου είναι η Νόσος του Lyme (ή βορρελίωση) και η εγκεφαλίτιδα από κρότωνα (ιοί TBE), οι οποίες στην Ευρώπη έχουν αυξηθεί σε συχνότητα και οι περιπτώσεις έχουν μετατοπιστεί σε υψηλότερα υψόμετρα ή γεωγραφικά πλάτη. Επί του παρόντος, δεν είναι σαφές εάν αυτές οι αλλαγές οφείλονται σε μια καλά τεκμηριωμένη αλλαγή του κλίματος ή σε αλλαγές στη χρήση της γης ή στα πρότυπα μετακίνησης των πληθυσμών (Randolph, 2000, 2001, 2004; Zeman & Benes, 2004; Eisen, 2007).

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθούν τα παρακάτω σημεία:

- (α) Η έκθεση του ανθρώπου στα παθογόνα των κροτώνων είναι περιορισμένη σε γεωγραφικές τοποθεσίες όπου οι πληθυσμοί των κροτώνων αλλά και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που φέρουν έχουν εδραιωθεί (Wikel, 2022).
- (β) Ο χρόνος και η συχνότητα εμφάνισης ασθενειών από κρότωνες στον άνθρωπο καθορίζεται εν μέρει, από εποχιακά πρότυπα της δραστηριότητας των κροτώνων (Eisen, 2007).
- (γ) Η συχνότητα εμφάνισης ασθενειών από κρότωνες είναι συνάρτηση της αφθονίας των τσιμπουριών, της επικράτησης της μόλυνσης στα τσιμπούρια και των ποσοστών επαφής μεταξύ ανθρώπων και μολυσμένων κροτώνων (Eisen, 2007).

Στην Ευρώπη, οι γεωγραφικές μεταβολές στη κατανομή του *Ixodes ricinus* οφείλονται στην αλλαγή του κλίματος. Μακροπρόθεσμες μελέτες πεδίου που εκμεταλλεύονται μια υψομετρική κλίση στην Τσεχική Δημοκρατία αποδεικνύουν ότι η κατανομή του *Ixodes ricinus* έχει μετατοπιστεί σημαντικά προς τα πάνω σε υψόμετρο καθώς η θερμοκρασία έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες (Spieksma et al., 1995). Επιπλέον, η βόρεια κατανομή του *Ixodes ricinus* υποστηρίζεται ότι μετατοπίστηκε προς τα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη στη Σουηδία ως απάντηση στη μείωση του αριθμού των πολύ κρύων χειμωνιάτικων ημερών.

Ο χρόνος εμφάνισης της ανθρώπινης ασθένειας και η συχνότητα της μόλυνσης συνδέονται και με τις εποχιακές μεταβολές της αφθονίας των κροτώνων που αναζητούν ξενιστή (Breton et al., 2006; Rogers et al., 2006). Επειδή η τάση αυτή επηρεάζεται έντονα από τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις (Ziska & Caulfield, 2000; Rodriguez-Rajo et al., 2004), είναι πιθανό ότι η κλιματική αλλαγή θα αλλάξει το χρονοδιάγραμμα και τη διάρκεια του μέγιστου κινδύνου έκθεσης σε παθογόνους μικροοργανισμούς.

Η νόσος του Lyme

Η νόσος του Lyme προκαλείται μετά από μόλυνση με την σπειροχαίτη *Borrelia burgdorferi*, η οποία μεταδίδεται με κρότωνες του είδους *Ixodes ricinus*, και καταγράφεται σε εύκρατες χώρες της Αμερικής, Ευρώπης και Ασίας. Ο κύκλος μετάδοσης της νόσου περιλαμβάνει θηλαστικά, πτηνά και κρότωνες. Η γεωγραφική

κατανομή και ο αριθμός του πληθυσμού των κροτώνων εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η αύξηση της θερμοκρασίας τους χειμερινούς μήνες και η παράταση της άνοιξης και του καλοκαιριού προκαλεί την αύξηση της δραστηριότητας των κροτώνων και της ενδημικότητάς τους (ΕΟΔΥ, 2019α).

Στις πιο δυτικές ΗΠΑ, η αιχμή της εποχικής εμφάνισης περιπτώσεων της νόσου του Lyme συμπίπτει με την αιχμή της περιόδου ανάπτυξης της νύμφης του *I. Pacificus*. Προσωρινές τάσεις στην αναζήτηση δραστηριοτήτων των νυμφών *I. Pacificus* αποκάλυψαν ότι η διάρκεια της μέγιστης δραστηριότητας αναζήτησης (ο αριθμός των ημερών με νυμφική πυκνότητα στο 75% της απόλυτης τιμής) συνδέθηκε θετικά με τις βροχοπτώσεις και συσχετίστηκε αρνητικά με τις θερμοκρασίες του αέρα τον Απρίλιο-Μάιο (Meyerhoff, 2022).

Η διάρκεια της αιχμής ήταν 82% μεγαλύτερη στις ψυχρότερες περιοχές κωνοφόρων συγκριτικά με τους ζεστούς, ξηρότερους δασικούς οικοτόπους (Rodriguez-Rajo et al., 2004). Αυτή η παρατήρηση δείχνει ότι οι θερμότερες θερμοκρασίες και οι μειωμένες βροχοπτώσεις θα μπορούσαν να μειώσουν τη διάρκεια της μέγιστης δραστηριότητας των τσιμπουριών και κατ' επέκταση τον συνολικό κίνδυνο, ενώ οι αυξανόμενες θερμοκρασίες θα μπορούσαν σε ορισμένες περιπτώσεις να παρατείνουν την περίοδο δραστηριότητας. Για παράδειγμα, η ενεργή περίοδος του *Ixodes ricinus* εκτεινόταν ιστορικά από τον Μάρτιο έως τον Νοέμβριο στη Γερμανία, αλλά, κατά τους τελευταίους ήπιους χειμώνες, οι νύμφες και τα ενήλικα τσιμπούρια εντοπιζόταν από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Ιανουάριο (Voyiatzaki et al., 2022).

Εγκεφαλίτιδα από κρότωνες

Η εγκεφαλίτιδα από κρότωνες καταγράφεται στη νότια Σκανδιναβία και στη κεντρική και ανατολική Ευρώπη. Προκαλείται κυρίως από δύο είδη φλαβοϊών: τον ιό της κεντρικής Ευρώπης και τον υπότυπο της Ασίας που εκδηλώνεται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι. Ο άνθρωπος μολύνεται από τους ιούς αυτούς από κρότωνες μικρών τροπικών ζώων. Η συχνότητα της λοίμωξης είναι 1 στους 600 σε ενδημικές περιοχές και η θνησιμότητά της είναι 1%. Στο 10% των κρουσμάτων, η έκβαση είναι η μόνιμη παράλυση. Το εμβόλιο για την πρόληψη της εγκεφαλίτιδας από κρότωνες είναι διαθέσιμο ενώ πρόγραμμα εμβολιασμού εφαρμόζεται στη Σουηδία (ΕΟΔΥ, 2019β).

Η πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων στον επιπολασμό της μόλυνσης καθιστά δύσκολη την πρόβλεψη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα νοσήματα που μεταδίδονται με κρότωνες. Ωστόσο, μια ενδιαφέρουσα υπόθεση είναι, ότι ένα θερμότερο κλίμα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο αριθμό από ανθεκτικές στην *Borellia* σαύρες, και αυτό με τη σειρά του σε μειωμένη ένταση της ενζωτικής μετάδοσης της *Borrelia burgdorferi* σε περιοχές όπου προηγουμένως η παρουσία σαυρών ήταν σπάνια. Λόγω αυτών των περιπλοκών υπάρχει ανάγκη να ξεκινήσουν μακροπρόθεσμες οικολογικές μελέτες με στόχο την κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των κλιματικών παραγόντων και της γεωγραφικής κατανομής των τσιμπουριών διαβιβαστών, της εποχικής δραστηριότητας αναζήτησης ξενιστών (Eisen, 2008) και της σχετικής αφθονίας σε ικανούς και μη ικανούς ξενιστές, καθώς και του επιπολασμού της μόλυνσης των τσιμπουριών.

Οι ψύλλοι είναι πιο γνωστοί ως φορείς της *Yersinia pestis*, του αιτιολογικού παράγοντα της πανώλης, μιας ασθένειας που προκάλεσε εκατομμύρια ανθρώπινων θανάτων, ειδικά κατά την περίοδο του Μαύρου Θανάτου τον Μεσαίωνα (Pollitzer, 1954; Stenseth et al., 2006). Οι βροχοπτώσεις ή άλλες κλιματικές μεταβλητές είναι πιθανό να επηρεάσουν έμμεσα την συχνότητα της ανθρώπινης πανώλης, επιδρώντας στην εξάπλωσή της μεταξύ των τρωκτικών και των ψύλλων που ενεργούν ως πηγές μόλυνσης για τον άνθρωπο. Πρόσφατες μελέτες έχουν υποστηρίξει αυτό το επιχείρημα. Οι ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες μπορούν να οδηγήσουν σε δραματικές αυξήσεις στην αναπαραγωγή τρωκτικών. Μερικοί έχουν υποθέσει ότι η πιθανότητα εμφάνισης επιζωοτιών της πανώλης μεταξύ των τρωκτικών αυξάνεται σημαντικά όταν η πυκνότητα τους υπερβεί ορισμένα επίπεδα (Chen et al., 2022). Ωστόσο, αυτό δεν είχε αποδειχθεί πειστικά μέχρι πρόσφατα, όταν ερευνητές (Davis et al., 2004) ανέφεραν ότι η συνεχιζόμενη επιμονή και εξάπλωση των επιζωοτιών της πανώλης μεταξύ των μεγάλων γερβίλων (είδος τρωκτικού - *Rhombomys opimus*) στο Καζακστάν εξαρτιόταν από τα όρια πληθυσμού γι' αυτούς τους ξενιστές. Σε μια μεταγενέστερη εργασία των Stenseth et al. (2006) διαπιστώθηκε ότι η πανώλη μεταξύ των γερβίλων συσχετίζεται θετικά με τα υγρά καλοκαίρια και τις θερμότερες ανοιξιάτικες ημέρες και έγινε η πρόβλεψη ότι η αύξηση κατά 1°C αυτών των θερμοκρασιών θα οδηγήσει σε 50% αύξηση του επιπολασμού της πανώλης μεταξύ των γερβίλων.

Προτάθηκε ότι οι οριακές θερμοκρασίες μπορεί να είναι σημαντικές επειδή οι υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν δυσμενώς την επιβίωση των ψύλλων ή την ικανότητά τους να διατηρήσουν τις εμφράξεις του εμπρόσθιο εντέρου, που θεωρούνται από ορισμένους πως απαιτούνται για την αποτελεσματική μετάδοση του *Y. pestis*. (Enscore et al., 2002). Κάποιες μελέτες (Hinnebusch et al., 1998; Lenhard et al., 2016) έχουν παρατηρήσει ότι σε θερμοκρασίες πάνω από περίπου 27-28°C, αυτές οι εμφράξεις αρχίζουν να διασπώνται. Υπάρχουν αναφορές ότι οι εμφράξεις αποτελούνται από ένα πλέγμα βακτηρίων πανώλης και βιοφίλμ *Y. pestis* που συντίθεται σε θερμοκρασίες κάτω από 27°C, αλλά καταρρέουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα την απώλεια ή σημαντική μείωση οποιασδήποτε έμφραξης στο εμπρόσθιο έντερο των ψύλλων (Hinnebusch et al., 2021). Κάποιοι υποστηρίζουν ότι η αρνητική επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών στη συγκράτηση των εμφράξεων στους ψύλλους θα μπορούσε να εξηγήσει γιατί συχνά οι επιδημίες πανώλης σταματούν, όταν οι τοπικές θερμοκρασίες υπερβαίνουν τους 27°C (Shannon et al., 2015). Αν και αυτό είναι δυνατό, πρέπει να θυμόμαστε ότι η επιβίωση των ψύλλων μπορεί να μειωθεί από τις υψηλές θερμοκρασίες και ότι οι μειώσεις του μεγέθους του πληθυσμού των ψύλλων μπορεί να μειώσει την επιδημική δραστηριότητα. Εκτός από την επίδραση της θερμοκρασίας στο σχηματισμό και την συγκράτηση των εμφράξεων, αυτή μπορεί να επιδράσει επίσης στην ικανότητα του *Y. Pestis* να εγκαθιδρύσει και να διατηρήσει τον εαυτό του στο έντερο του ψύλλου (Rocklöv & Dubrow, 2020).

Οι επιπτώσεις της θερμοκρασίας στους ψύλλους δεν περιορίζονται στην ικανότητά τους να συγκρατούν και να μεταδίδουν τον *Y. pestis* σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Αυτά τα έντομα έχουν έναν κύκλο ζωής που σε κάποια σημεία είναι παρόμοια με εκείνα των κουνουπιών ή των μυγών που δαγκώνουν, όπου μόνο τα ενήλικα έντομα είναι παρασιτικά και καταναλώνουν γεύματα αίματος από τους ξενιστές τους. Αντιθέτως, οι εξαιρετικά υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας (90%) μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την επιβίωση των προνυμφών μέσω της προαγωγής της μυκητιακής ανάπτυξης που φαίνεται να είναι παθογόνος για τις προνύμφες (Hinnebusch et al., 2017).

Οι ενήλικοι ψύλλοι που τρέφονται συχνά δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στις επιδράσεις της υψηλής θερμοκρασίας και της χαμηλής υγρασίας, επειδή προφανώς το νερό που παρέχεται από το γεύμα αίματος του ξενιστή αντικαθιστά εκείνο που χάθηκε από τον ψύλλο σε αυτά τα διαφορετικά δυσμενή περιβάλλοντα (Mitchell et al., 2022). Οι ψύλλοι που λιμοκτονούν και που αδυνατούν να αντικαταστήσουν το νερό που χάθηκε από την αφυδάτωση, υποχωρούν γρήγορα στις καυτές, ξηρές συνθήκες, όπως αποδεικνύεται από το γεγονός ότι η επιβίωση των ψύλλων των αρουραίων (*Xenopsylla cheopis*) είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ανεπάρκεια ατμοσφαιρικού κορεσμού (Zao et al., 2018). Εάν η αλλαγή του κλίματος μεταβάλλει τα μικροκλίματα εντός των συστημάτων των τρωκτικών, θα μπορούσε να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη διατήρηση του *Y. pestis* σε μια περιοχή, αλλά η θετική δράση των υπόγειων λαγουμιών είναι πιθανό να μειώσει την επίδραση αυτών των μικροκλιματικών μεταβολών σε σχέση με εκείνες που παρατηρήθηκαν στην έκθεση στους επιφανειακούς χώρους και ενδέχεται να παρέχουν προσωρινά χαμηλότερες θερμοκρασίες και καταφύγια με υψηλότερη υγρασία για τους μολυσμένους ψύλλους.

3.5 Διαρροϊκές ασθένειες

Η εποχιακή εμφάνιση πολλών διαρροϊκών ασθενειών υποδηλώνει την άμεση σχέση με το κλίμα καθώς αυξάνεται και κορυφώνεται την περίοδο των βροχών. Επιπλέον οι ξηρασίες και οι πλημμύρες φαίνεται να συνδέονται σε ένα βαθμό με την εμφάνιση αυτών των ασθενειών, χωρίς όμως να υπάρχουν στοιχεία που να έχουν εκδοθεί. Ωστόσο, αυτό μπορεί να έχει κάποια υπόσταση, καθώς οι έντονες βροχοπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν στην εμφάνιση μολυσματικών παραγόντων στο νερό, ενώ οι συνθήκες ξηρασίας μπορεί να οδηγήσουν στη μείωση της διαθεσιμότητας του γλυκού νερού, με αποτέλεσμα την αύξηση ασθενειών σχετιζόμενες με την υγιεινή.

Οι κυριότεροι τύποι μικροοργανισμών που σχετίζονται με την εμφάνιση μόλυνσης στα αποθέματα νερού και προκαλούν διαρροϊκές ασθένειες είναι: η χολέρα, η *E.coli*, το κρυπτοσπορίδιο, η Γιάρδια λάμβλια, η *shigella*, ο Τυφοειδής πυρετός και ιοί όπως η ηπατίτιδα Α. Εμφανίζονται κρούσματα κρυπτοσπορίωσης, Γιάρδιας λάμβλιας, λεπτοσπείρωσης και άλλες λοιμώξεις που σχετίζονται με τις βροχοπτώσεις σε χώρες με ρυθμιζόμενη δημόσια παροχή νερού (Gururajan et al., 2021).

Έχει αναφερθεί συσχέτιση μεταξύ θολού νερού και γαστρεντερικής νόσου, αποτελώντας μια από τις πρώτες μελέτες όπου εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι της χρονοσειράς στην ανάλυση ασθενειών που σχετίζονται με το νερό (Mann et al., 2007). Η μελέτη των Curriero et al. (2001) σχετικά με επιδημίες που οφείλονταν σε υδάτινες ασθένειες στις Ηνωμένες Πολιτείες, κατέδειξε ότι περίπου οι μισές σχετίζονται σημαντικά με τις έντονες βροχοπτώσεις. Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος, οι περιοχές εμφάνισης της εστίας εκχωρήθηκαν σε λεκάνες απορροής. Οι βροχοπτώσεις τον μήνα της επιδημίας και τους προηγούμενους μήνες, εκτιμήθηκαν από τα κλιματικά αρχεία ως εξής: για εστίες που σχετίζονται με επιφανειακά ύδατα, η συσχέτιση των βροχοπτώσεων τον ίδιο μήνα με το ξέσπασμα, ήταν η ισχυρότερη.

Η μετάδοση των εντερικών ασθενειών μπορεί να αυξηθεί με τις υψηλές θερμοκρασίες, μέσω της άμεσης επίδρασης στην ανάπτυξη ασθενειών στο περιβάλλον (Li et al., 2019). Το 1997, ένας σημαντικά μεγάλος αριθμός ασθενών με διάρροια και αφυδάτωση εισήχθησαν σε μονάδα ενυδάτωσης στη Λίμα του Περού, όταν οι θερμοκρασίες ήταν υψηλότερες από τις κανονικές, κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος «Ελ Νίνιο», κατά το οποίο τα κεντρικά και ανατολικά νερά του Ειρηνικού ωκεανού κοντά στον ισημερινό είναι θερμότερα σε σχέση με άλλες περιοχές. Η ανάλυση των Checkley et al. (2000) στις χρονικές σειρές των ημερήσιων δεδομένων του νοσοκομείου, επιβεβαίωσε τη σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και των εισαγωγών με διάρροια, εκτιμώντας μία αύξηση κατά 8% στις εισαγωγές για κάθε 1°C αύξηση της θερμοκρασίας.

Επίσης, στην ανάλυση των Singh et al. (2001) στις μέσες αναφορές για διάρροια στα νησιά του Ειρηνικού (1978-1986) παρατηρήθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση με τη μέση θερμοκρασία, αλλά μία αντίστροφη σχέση με την εκτιμώμενη διαθεσιμότητα νερού. Η ανάλυση των χρονικών σειρών των αναφορών της διάρροιας στα νησιά Φίτζι (1978-1992) επιβεβαίωσε μια στατιστικά σημαντική επίδραση των μηνιαίων μεταβολών της θερμοκρασίας (εκτιμώμενη αύξηση 3% στις αναφορές διάρροιας ανά 1°C αύξηση της θερμοκρασίας), ενώ οι ακραίες βροχοπτώσεις συνδέθηκαν επίσης με αύξηση της διάρροιας (Singh et al., 2001).

Η λεπτοσπείρωση αποτελεί την πιο κοινή βακτηριακή ζωνόσο σε όλο τον κόσμο, που προκαλείται από την σπειροχαίτη του γένους *Leptospira* (Ko et al., 2009). Πολλοί από τους ορότυπους της είναι γνωστό ότι είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο, ο οποίος μπορεί να μολυνθεί μέσω της άμεσης επαφής με ζώα ή από τα ούρα των ζώων που έχουν μολύνει το περιβάλλον. Η μόλυνση μπορεί να συμβεί μέσω της κατάποσης μολυσμένης τροφής ή νερού, μέσω των βλεννογόνων ή μέσω της επαφής με το δέρμα, ιδιαίτερα αν υπάρχει λύση της συνέχειας του. Στους παράγοντες κινδύνου για λοιμώξεις περιλαμβάνονται η επαγγελματική έκθεση (γεωργία, σφαγεία), δραστηριότητες αναψυχής (κολύμβηση, κανό), πολιτισμικοί παράγοντες (κολύμβηση στα ποτάμια, εκτροφή ζώων, κατοικίδια ζώα) και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες (υγιεινή, φτώχεια) (Bharti et al., 2003).

Οι περιοχές με τον μεγαλύτερο κίνδυνο είναι εκείνες όπου είναι πιθανή η συνύπαρξη πολλαπλών παραγόντων κινδύνου για τη λεπτοσπείρωση, όπως ο συνδυασμός της αύξησης του κινδύνου πλημμυρών, οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, ο συνωστισμός, οι κακές συνθήκες υγιεινής, η κακή υγειονομική περίθαλψη, η φτώχεια και η αφθονία των αρουραίων και άλλων ζώων ξενιστών. Αυτές οι συνθήκες είναι πιο πιθανό να εμφανιστούν ταυτόχρονα στις αστικές παραγκούπολεις, στις πεδινές παράκτιες περιοχές και τις μικρές νησιωτικές χώρες. Σε πολλές από αυτές τις περιοχές, η επιβάρυνση της νόσου είναι πιθανό να αυξηθεί ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, της αύξησης του πληθυσμού και της αστικοποίησης. Η μόλυνση μπορεί επίσης να οδηγήσει σε δευτερογενείς μακροπρόθεσμες επιπτώσεις, όπως μακροχρόνια ασθένεια, οικονομική απώλεια και ψυχοκοινωνικά προβλήματα, με την πιο σοβαρή επίπτωση πιθανόν να εμφανιστεί σε περιοχές με ήδη υψηλή ευπάθεια και ελλιπείς κρατικές δομές αντιμετώπισης (Woodward et al., 1998; Cook et al., 2008).

Συνοψίζοντας, υπάρχουν επαρκείς ενδείξεις για συσχετισμούς μεταξύ αρκετών μεταδοτικών ασθενειών και κλίματος σε διάφορες χρονικές και γεωγραφικές κλίμακες και οι ασθένειες για τις οποίες ισχύει κάτι τέτοιο, είναι αυτές που μεταδίδονται από φορείς, οι εντερικές ασθένειες καθώς και αυτές που σχετίζονται με το νερό. Οι συσχετίσεις αυτές δεν παρατηρούνται σε όλες τις περιπτώσεις, λόγω της πολυπλοκότητας των αιτιών που τις προκαλούν. Οι διακυμάνσεις του κλίματος μέσα στο χρόνο και η σχέση τους με την εμφάνιση μεταδοτικών ασθενειών, παρατηρείται σε μεγαλύτερο βαθμό εκεί όπου παρουσιάζονται αυτές οι κλιματικές διακυμάνσεις καθώς και σε πληθυσμούς ευάλωτους, οικονομικώς ασθενέστερων χωρών.

Σημαντικές επιστημονικές αναθεωρήσεις συμφωνούν ότι το φαινόμενο «Ελ Νίνιο» μπορεί να συνδεθεί μερικώς με τις επιπτώσεις της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με μεταδοτικές ασθένειες (Jaenisch & Patz, 2002). Ωστόσο, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) προειδοποιεί: «Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει να εκτιμούν ότι αν συνεχίσει να εξελίσσεται η επιστημονική μας ικανότητα να προβλέπουμε και να μοντελοποιούμε αυτά τα διάφορα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στην υγεία, είναι δυνατόν να γίνουν ακριβείς και τοπικές προβλέψεις για πολλά από τα αποτελέσματα στην υγεία» (IPCC, 2001).

Κεφάλαιο 4: Η νόσος Covid-19

4.1 Εισαγωγή

Τον Δεκέμβριο του 2019 στην περιοχή Wuhan της Κίνας απομονώθηκε νέος κορωνοϊός (coronavirus), τύπου SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome), στον οποίο αργότερα δόθηκε το όνομα SARS-CoV2 (Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus 2), ενώ η νόσος που προκαλεί ονομάστηκε Covid-19 (Coronavirus disease-2019). Οι ασθενείς που προσβάλλονται μπορεί να είναι τελείως ασυμπτωματικοί ή να εμφανίζουν κλινικές εκδηλώσεις, οι οποίες κυμαίνονται από ήπια συμπτώματα κοινού κρυολογήματος έως και σοβαρή πνευμονία, που μπορεί να επιπλακεί και να οδηγήσει στο σύνδρομο της οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας, στη σήψη και στην πολυοργανική ανεπάρκεια, επιφέροντας τελικά τον θάνατο (Zhou et al., 2020).

Σύντομα, ο ιός εξαπλώθηκε ταχύτατα σε όλον τον κόσμο και ο ΠΟΥ αναγνώρισε τη νέα ασθένεια ως πανδημία, κηρύσσοντας τον πλανήτη σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Μέχρι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουνίου 2020 είχαν επιβεβαιωθεί 8.506.107 κρούσματα της νόσου και 455.231 θάνατοι σε σύνολο 216 χωρών (WHO, 2020b). Οι συνέπειες από την πανδημία ήταν καταστροφικές όχι μόνο για την υγεία των ανθρώπων και τα εθνικά συστήματα υγείας, που αποδείχθηκαν απροετοίμαστα στην αντιμετώπιση του πρωτοφανούς φαινομένου, αλλά και για την παγκόσμια οικονομία, που επλήγη σοβαρά (Chen et al., 2020).

Είναι χαρακτηριστικό ότι μέχρι και τις δύο πρώτες εβδομάδες του Νοεμβρίου 2020, οι διαγνωσμένες περιπτώσεις λοίμωξης από τον κορωνοϊό SARS-CoV-2 είχαν φτάσει συνολικά τα 53 εκατομμύρια παγκοσμίως και οι θάνατοι τα 1,3 εκατομμύρια. Στην Ελλάδα οι συνολικοί θάνατοι από τη νόσο Covid-19 μέχρι την παραπάνω χρονική περίοδο είχαν φτάσει περίπου τους 1.000. Μέχρι και την πρώτη εβδομάδα του Μαΐου 2021 οι συνολικοί θάνατοι από τη νόσο παγκοσμίως ήταν 3,27 εκατομμύρια και στη χώρα μας ήταν 10.900 (Μπαραμπούτης & Χατζηαθανασίου, 2020). Σύμφωνα με την έκθεση του ΟΟΣΑ για την υγεία «Health at a glance 2022», η πανδημία οδήγησε σε μείωση του προσδόκιμου ζωής στην ΕΕ κατά περισσότερο από ένα έτος το 2021 συγκριτικά με τα επίπεδα προ πανδημίας, κάτι που είχε να παρατηρηθεί στις ευρωπαϊκές χώρες από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Συγκεκριμένα έως το

τέλος του Οκτωβρίου 2022 είχαν αναφερθεί πάνω από 1,1 εκατ. θάνατοι από τη νόσο Covid-19 στις 27 χώρες της ΕΕ (OECD & European Union, 2022).

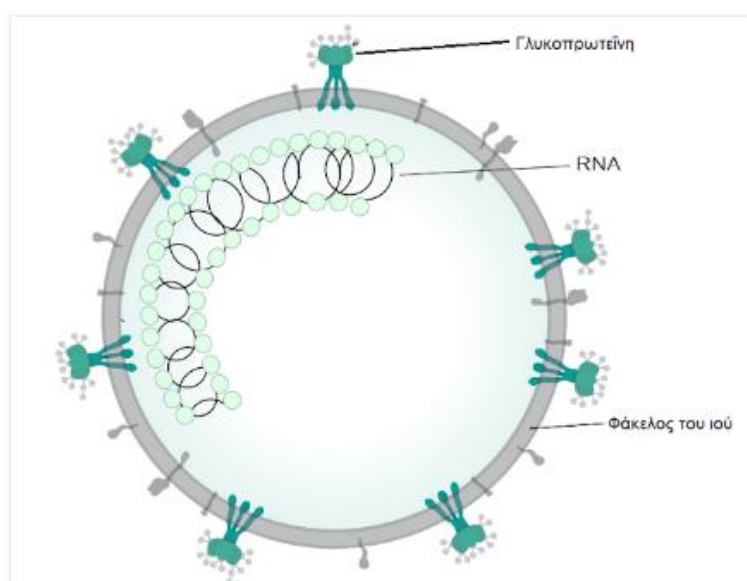
Ωστόσο, ο αριθμός αυτός συνιστά υποεκτίμηση, καθώς τα στατιστικά στοιχεία για την υπερβάλλουσα θνησιμότητα δείχνουν 300.000 επιπλέον θανάτους ως άμεσο ή έμμεσο αποτέλεσμα της πανδημίας. Πάνω από το 90% των θανάτων από τη νόσο Covid-19 σημειώθηκε μεταξύ ατόμων ηλικίας άνω των 60 ετών. Ο αντίκτυπος της νόσου στη θνησιμότητα ήταν χαμηλότερος στις Βόρειες χώρες (Ισλανδία, Νορβηγία, Δανία, Φινλανδία) και υψηλότερος στις χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης (Βουλγαρία, Ουγγαρία, Κροατία, Τσεχική Δημοκρατία, Σλοβενία, Λετονία, Ρουμανία) (OECD & European Union, 2022).

4.2 Αιτιολογία

Ο παθογόνος παράγοντας που προκαλεί τη λοιμώδη νόσο Covid-19 είναι ο ιός SARS-CoV-2, ο οποίος ανήκει στην κατηγορία των βήτα-κορωνοϊών (beta CoVs) (Corman et al., 2018). Ο SARS-CoV2, καθώς και οι κορωνοϊοί SARS-CoV και MERSCoV μπορεί να προκαλέσουν σοβαρή νόσο, σε αντίθεση με άλλα στελέχη κορωνοϊών που σχετίζονται με ήπια συμπτωματολογία κοινού κρυολογήματος (HKU1, NL63, OC43 και 229E) (Corman et al., 2018). Οι κορωνοϊοί (Corona Viruses - CoVs) είναι RNA ιοί, των οποίων η μορφολογία στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μοιάζει με κορώνα, εξαιτίας της παρουσίας ακίδων (spikes) από γλυκοπρωτεΐνες που προεξέχουν από το φάκελο (περίβλημα) του ιού (Εικόνα 3).

Αυτή η μορφολογία αποτελεί κοινό χαρακτηριστικό όλων των κορωνοϊών. Πρόκειται για ομάδα ιών που μπορούν να προσβάλλουν διάφορα είδη ζώων, όπως νυχτερίδες, βοοειδή, καμήλες, τρωκτικά και γάτες, αλλά ορισμένοι από αυτούς μπορούν να προσβάλλουν και τον άνθρωπο. Συγκεκριμένα, έχουν ανακαλυφθεί μέχρι σήμερα επτά κορωνοϊοί που μπορούν να προσβάλλουν τον άνθρωπο. Υπολογίζεται ότι οι κορωνοϊοί είναι υπεύθυνοι περίπου για το 5% των λοιμώξεων του αναπνευστικού στον άνθρωπο, στην πλειοψηφία τους ήπιες λοιμώξεις του ανώτερου αναπνευστικού, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να προκαλέσουν και ιογενή πνευμονία, ιδιαίτερα σε άτομα με συνοσηρότητες. Ο κορωνοϊός SARS-CoV-2 έχει μορφή στρογγυλή ή ελλειπτική και συχνά πλειομορφική και διάμετρο περίπου 65-125nm.

Όπως και άλλοι κορωνοϊοί (CoVs), είναι ευαίσθητος στη θερμότητα (Wiersinga et al., 2020).



Εικόνα 3: Σχηματική παράσταση του σωματιδίου του κορωνοϊού SARS-CoV-2

Πηγή: Μπαραμπούτης & Χατζηαθανασίου, 2020

4.3 Παθοφυσιολογία

Ο κορωνοϊός SARS-CoV-2 εισέρχεται στα ανθρώπινα κύτταρα του αναπνευστικού συστήματος μετά από σύνδεσή του με τους υποδοχείς του ενζύμου μετατροπής της αγγειοτενσίνης τύπου 2 (υποδοχείς ACE-2) που υπάρχουν στην επιφάνεια των κυττάρων. Η σύνδεση με τους υποδοχείς ACE-2 γίνεται μέσω της πρωτεΐνης S (ακίδα γλυκοπρωτεΐνης που φέρει ο ιός στην επιφάνειά του). Γι' αυτό το λόγο, η γλυκοπρωτεΐνη S αποτελεί στόχο για ανάπτυξη φαρμάκων ή εμβολίων που να εξουδετερώνουν την ικανότητά της να συνδέεται στην επιφάνεια των κυττάρων (Chen et al., 2020).

Η επιφάνεια του ιού SARS-CoV-2 καλύπτεται από μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών ακίδας. Κάθε πρωτεΐνη-ακίδα (γλυκοπρωτεΐνη S) αποτελείται από δύο υπομονάδες, τις S1 και S2. Η υπομονάδα S1 που βρίσκεται στο άκρο της ακίδας περιέχει την περιοχή δέσμευσης υποδοχέα (receptor binding domain - RBD) που συνδέεται με το μετατρεπτικό ένζυμο αγγειοτενσίνης 2 (ACE-2), δηλαδή τον υποδοχέα του κυττάρου-ξενιστή, τον οποίο χρησιμοποιεί ο ιός. Η υπομονάδα S2, που βρίσκεται στο μίσχο

(στέλεχος) της ακίδας, μεσολαβεί για τη συγχώνευση του λιπιδικού περιβλήματος του ιού με τη μεμβράνη του κυττάρου, μια συγχώνευση που είναι απαραίτητη για την είσοδο του ιού. Σε αυτή τη συγχώνευση συμμετέχει και η επίδραση της διαμεμβρανικής πρωτεΐνης σερίνης 2 (TMPRSS2-1) (Morris et al., 2020).

Ο ιός, αφότου εισχωρήσει στα κύτταρα, πολλαπλασιάζεται αρχικά στα επιθηλιακά κύτταρα του ρινικού βλεννογόνου και αφότου συμβεί εισρόφιση σωματιδίων ιού από το ανώτερο στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα, στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται κυρίως στα κυψελιδικά κύτταρα τύπου II των πνευμονικών κυψελίδων. Το ACE-2 υπάρχει σε μεγάλους αριθμούς σε κύτταρα της κατώτερης αναπνευστικής οδού, όπως τα κυψελιδικά κύτταρα τύπου II που αναφέρθηκαν παραπάνω και στα ρινικά επιθηλιακά κύτταρα, αλλά υπάρχει επίσης και στο επιθήλιο του ανώτερου οισοφάγου, στα εντεροκύτταρα του ειλεού και του παχέος εντέρου, στα μυοκαρδιακά κύτταρα, στα ενδοθηλιακά κύτταρα σε αγγειακά δίκτυα πολλών οργάνων, στα κύτταρα του εγγύς νεφρικού σωληναρίου και στα ποδοκύτταρα των νεφρικών σπειραμάτων. Αυτό εξηγεί γιατί εκτός από τις εκδηλώσεις από το αναπνευστικό σύστημα (ιογενής πνευμονία που μπορεί να εξελιχθεί σε σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας-ARDS) οι πάσχοντες από τη λοίμωξη Covid-19 μπορούν επίσης να παρουσιάσουν πολυσυστηματικές εκδηλώσεις, όπως εκδηλώσεις από την καρδιά, τους νεφρούς και το πεπτικό σύστημα. Η μεγάλη περιεκτικότητα ACE-2 που υπάρχει στα κύτταρα του ρινικού βλεννογόνου εξηγεί γιατί προσβάλλονται αυτά τα κύτταρα, με συνέπεια η ανοσμία να είναι συχνό σύμπτωμα (Li et al., 2020).

Οι γενετικές παραλλαγές και διαφορές μεταξύ των ανθρώπων στη θέση πρόσδεσης της πρωτεΐνης S του SARS-CoV-2 καθώς επίσης και γενετικές διαφορές στα επίπεδα έκφρασης του ACE-2 στους διάφορους ιστούς, έχουν σημασία για την πορεία της νόσου. Συγκεκριμένα, παρέχουν μια γενετική βάση για διαφορές στην ευαισθησία των διαφόρων ατόμων στον ιό SARS-CoV-2 και συνεπώς για διαφορές στα συμπτώματα, τη βαρύτητα και την έκβαση της λοίμωξης.

Γενικά ο κύκλος ζωής του ιού αποτελείται από τα εξής πέντε βήματα: προσκόλληση, διείσδυση, βιοσύνθεση, ωρίμανση και απελευθέρωση. Μόλις οι ιοί συνδέονται με υποδοχείς των κυττάρων του ξενιστή με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω (προσκόλληση), εισέρχονται στα κύτταρα μέσω ενδοκυττάρωσης ή συγχώνευσης της μεμβράνης (διείσδυση). Μόλις απελευθερωθούν τα συστατικά του ιού μέσα στα κύτταρα του ξενιστή, το RNA του ιού εισέρχεται στον πυρήνα του κυττάρου για

αντιγραφής. Το ιϊκό mRNA χρησιμοποιείται για την παραγωγή πρωτεϊνών του ιού (βιοσύνθεση). Στη συνέχεια, δημιουργούνται νέα σωματίδια του ιού (ωρίμανση) και απελευθερώνονται από το κύτταρο (Spencer et al. 2020).

Ο παθογενετικός μηχανισμός που προκαλεί την ιογενή πνευμονία είναι περίπλοκος. Τα μέχρι σήμερα δεδομένα δείχνουν ότι η ιογενής λοίμωξη είναι ικανή να προκαλέσει υπερβολική ανοσολογική αντίδραση στον ξενιστή, η οποία μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένη φλεγμονή και ιστική βλάβη στο πνευμονικό παρέγχυμα. Επιπλέον, εκτός από τη βλάβη που προκαλείται στα πλαίσια της φλεγμονώδους απόκρισης του οργανισμού, η προσβολή κυττάρων του ξενιστή από τον ιό οδηγεί και σε κυτταρική βλάβη και απόπτωση («προγραμματισμένο ή ελεγχόμενο» κυτταρικό θάνατο) κυττάρων του ξενιστή, όπως τα κύτταρα των αναπνευστικών οδών και ιδιαίτερα των κυψελίδων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, λαμβάνει χώρα μια αντίδραση η οποία χαρακτηρίζεται ως «καταιγίδα κυτοκινών», με ελευθέρωση ιντερλευκινών (IL) όπως η IL-6 (που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο), IL-1, IL-12 και IL-18, σε συνδυασμό με τον παράγοντα νέκρωσης των όγκων (TNF α) και άλλες ουσίες που προάγουν τη φλεγμονή (φλεγμονώδεις μεσολαβητές) (Chen et al., 2020).

Οι κυτοκίνες ή κυτταροκίνες γενικά είναι πρωτεΐνες που παράγονται από μονοκύτταρα, μακροφάγα και λεμφοκύτταρα και χρησιμεύουν στη μετάδοση μηνυμάτων που ρυθμίζουν τις φλεγμονώδεις και τις ανοσολογικές αντιδράσεις. Περιλαμβάνουν τις ιντερλευκίνες, τις ιντερφερόνες, τους παράγοντες νέκρωσης όγκων και τους παράγοντες διέγερσης αποικιών και μεταδίδουν σήματα σε άλλα κύτταρα, μέσω σύνδεσης με υποδοχείς στη μεμβράνη τους. Η κύρια κυτοκίνη που εμπλέκεται στην παθογένεια της οξείας πνευμονικής βλάβης στη νόσο Covid-19 είναι η ιντερλευκίνη 6 (IL-6). Η IL-6 παράγεται από ενεργοποιημένα λευκοκύτταρα και δρα σε μεγάλο αριθμό κυττάρων και ιστών. Προάγει τη διαφοροποίηση των B λεμφοκυττάρων, ενώ διεγείρει επίσης την παραγωγή πρωτεϊνών οξείας φάσης και παίζει σημαντικό ρόλο στη θερμορύθμιση. Αν και ο κύριος ρόλος που διαδραματίζει η IL-6 είναι προ-φλεγμονώδης, μπορεί επίσης να έχει αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα (Spencer et al. 2020).

Επίσης στην παθοφυσιολογία της νόσου Covid-19 υπάρχει σημαντική αγγειακή συνιστώσα. Η φλεγμονή του ενδοθηλίου (ενδοθηλίτις) με συνέπεια τη διαταραχή της λειτουργίας της μικροκυκλοφορίας, η οποία συνδυάζεται και με τάση για θρόμβωση (θρομβοφλεγμονή), διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παθοφυσιολογία της νόσου. Η ενδοθηλίτις υπάρχουν ενδείξεις ότι συμμετέχει παθογενετικά και στις πνευμονικές, αλλά και στις εξωπνευμονικές εκδηλώσεις της νόσου, αποτελώντας έναν κοινό παρονομαστή μεταξύ τους (Wiersinga et al., 2020).

Στους πνεύμονες οι φλεγμονώδεις βλάβες (με παρουσία φλεγμονώδους υγρού, δηλαδή εξιδρώματος εντός των κυψελίδων) καθώς επίσης και οι μικροαγγειακές βλάβες, οδηγούν σε δυσανολογία αερισμού προς αιμάτωση (V/Q) στις διάφορες περιοχές τους. Αυτό έχει ως συνέπεια, όταν προσβάλλεται μεγάλη έκταση του πνευμονικού παρεγχύματος, να προκαλείται υποξυγοναιμία, δηλαδή χαμηλή περιεκτικότητα του αίματος σε οξυγόνο. Η υποξυγοναιμία είναι η κύρια συνέπεια και το κύριο εύρημα στις περιπτώσεις σοβαρής πνευμονίας από τη νόσο Covid-19. Προκαλεί διέγερση του αναπνευστικού κέντρου με αποτέλεσμα την ταχύπνοια (η οποία σε κάποιες περιπτώσεις δεν συνοδεύεται από ανάλογης έντασης αίσθημα δύσπνοιας) (Li et al., 2020).

4.4 Μετάδοση

Ο ιός, όπως συμβαίνει και με άλλα παθογόνα της αναπνευστικής οδού (συμπεριλαμβανομένης π.χ. της γρίπης και του ρινοϊού), μεταδίδεται μεταξύ ανθρώπων κατά τη στενή επαφή, μέσω σταγονιδίων εκκρίσεων των αναπνευστικών οδών ή με άγγιγμα μολυσμένης επιφάνειας και στη συνέχεια του προσώπου, συγκεκριμένα, της ρινός, του στόματος ή των οφθαλμών. Τα σταγονίδια (respiratory droplets) παράγονται κατά το βήχα, το φτέρνισμα ή την ομίλια. Συνεπώς η κοντινή επαφή με ένα άτομο που έχει μολυνθεί μπορεί να οδηγήσει σε μόλυνση από τον ιό, όταν τα μολυσμένα με τον ιό σταγονίδια έλθουν σε άμεση επαφή με τους βλεννογόνους ενός άλλου ατόμου (Heneghan, 2022).

Τα σταγονίδια δεν ταξιδεύουν σε απόσταση μεγαλύτερη από 2m και παραμένουν στον αέρα για βραχύ χρονικό διάστημα (επειδή λόγω τις βαρύτητας γρήγορα κατακάθονται). Σε ότι αφορά τη μετάδοση από άγγιγμα μολυσμένων αντικειμένων και στη συνέχεια του προσώπου (στόμα, μύτη, οφθαλμοί) έχει σημασία το εξής: ο ιός

απενεργοποιείται από το σαπούνι, επειδή αυτό αποσταθεροποιεί το περίβλημα (φάκελος) του ιού, το οποίο αποτελείται από λιπίδια. Συνεπώς χρειάζεται συχνό πλύσιμο των χεριών ή ο καθαρισμός τους με αντισηπτικό διάλυμα (Bououiiba, 2020).

Η παρουσία ιού στα δείγματα από την ανώτερη αναπνευστική οδό κορυφώνεται συνήθως 3-5 ημέρες μετά την έναρξη των συμπτωμάτων, συνεπώς τότε έχει και τη μέγιστη μεταδοτικότητα. Ωστόσο η μόλυνση από τον ιό SARS-CoV-2 έχει τη δυνατότητα μετάδοσης και κατά την περίοδο επώασης, δηλαδή πριν την εμφάνιση των συμπτωμάτων, επειδή ο ιός πολλαπλασιάζεται ενεργά στα επιθηλιακά κύτταρα του ρινικού βλεννογόνου, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στην χαρακτηριστικά πολύ μεγάλη μεταδοτικότητα της νόσου Covid-19 (Heneghan, 2022).

Οι επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι κάθε μόλυνση ενός ατόμου έχει ως αποτέλεσμα 1,4 έως 3,9 νέες περιπτώσεις. Αυτή η παράμετρος λέγεται βασικός αριθμός αναπαραγωγής (reproductive number - R_0), ο οποίος για λόγους απλούστευσης μπορεί να λεχθεί ότι είναι περίπου 2-4, δηλαδή κάθε άτομο που έχει μολυνθεί κατά μέσο όρο θα μεταδώσει τη λοίμωξη σε άλλα 2-4 άτομα. Αυτά ισχύουν όταν κανένα μέλος της κοινότητας δεν έχει ανοσία στον ιό και εφόσον δεν έχουν ληφθεί προληπτικά μέτρα. Με τη λήψη προληπτικών μέτρων (π.χ. ελάττωση των κοινωνικών επαφών, αποφυγή συνωστισμού ατόμων, συχνό πλύσιμο χεριών, μάσκες στους ασθενείς κ.ά.) ο R_0 ελαττώνεται. Παρά το γεγονός ότι η νόσος ξεκίνησε από μία μόνο χώρα (μία επαρχία της Κίνας) η παγκόσμια εξάπλωσή της ήταν ταχεία, συνεπώς πρόκειται για ιογενή νόσο με μεγάλη μεταδοτικότητα (ECDC, 2022).

4.5 Κλινικές εκδηλώσεις

Ο χρόνος επώασης (incubation period) για τη νόσο Covid-19 με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα είναι έως 14 ημέρες μετά την έκθεση στον ιό, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις τα συμπτώματα εμφανίζονται περίπου 4-5 ημέρες μετά την έκθεση στον ιό. Τα πιο συνήθη συμπτώματα είναι πυρετός, κόπωση, ξηρός βήχας και μυαλγίες. Μερικοί ασθενείς μπορεί να έχουν δύσπνοια (σε πιο σοβαρές περιπτώσεις με ιογενή πνευμονία), παραγωγή πτυέλων, κεφαλαλγία, ρινική συμφόρηση, ρινόρροια, φαρυγγαλγία ή διάρροια. Αυτά τα συμπτώματα είναι συνήθως ήπια και αρχίζουν σταδιακά. Κάποια άτομα μολύνονται χωρίς την εμφάνιση συμπτωμάτων (ασυμπτωματικοί φορείς του ιού).

Οι περισσότεροι ασθενείς (περίπου 80%) εμφανίζουν ήπια λοίμωξη και αναρρώνουν από την ασθένεια χωρίς να χρειάζονται ειδική θεραπεία. Πιο σοβαρή λοίμωξη που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση δύσπνοιας εμφανίζεται σε περίπου 1 στα 6 άτομα με τη νόσο Covid-19 (ECDC, 2022).

Ο συνολικός αριθμός θανάτων ανά αριθμό διαγνωσμένων ασθενών είναι περίπου 2-4%. Τα ποσοστά αυτά ωστόσο, αφορούν θνητότητα σε διαγνωσμένους ασθενείς (ένα ποσοστό των ασθενών με ήπια νόσο δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτές τις στατιστικές επειδή δεν διαγιγνώσκονται και δεν καταγράφονται). Τα ποσοστά θνητότητας επίσης διαφέρουν μεταξύ διαφορετικών χωρών, λόγω διαφορών στην έκταση με την οποία εφαρμόζεται ο διαγνωστικός έλεγχος στον πληθυσμό, αλλά και διαφορών σε άλλες παραμέτρους, όπως για παράδειγμα ο μέσος όρος ηλικίας των ασθενών στις διάφορες στατιστικές (Zheng et al., 2020).

Ασθενείς με υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης σοβαρής λοίμωξης με εκδηλώσεις ιογενούς πνευμονίας είναι οι ασθενείς με υποκείμενες χρόνιες παθήσεις όπως καρδιακή ανεπάρκεια, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), σακχαρώδη διαβήτης, στεφανιαία νόσο, χρόνια νεφρική νόσο, ενεργό κακοήθη νόσο (ογκολογικοί ασθενείς), ασθενείς με ανοσοκαταστολή, καθώς επίσης και τα άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών, ή με σοβαρή παχυσαρκία με δείκτη μάζας σώματος (BMI) άνω του 40 (Zhou et al., 2020).

4.6 Ο ρόλος της κλιματικής αλλαγής στην εμφάνιση και εξάπλωση του νέου κορωνοϊού

Σύμφωνα με τη διαθέσιμη βιβλιογραφία, οι νυχτερίδες, ο φολιδωτός μυρμηγκοφάγος (γνωστός και ως παγκολίνος) και η μοσχογαλή θεωρούνται ως οι πιθανοί αρχικοί ξενιστές του ιού, μέσω των οποίων ο κορωνοϊός μεταφέρθηκε στον άνθρωπο, ενώ έχει ενοχοποιηθεί και η εκτροφή άλλων άγριων ζώων (Sharun et al., 2021). Αμερικανοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι «είναι εξαιρετικά απίθανο ο ιός να είναι αποτέλεσμα εκούσιας γενετικής μηχανικής εργαστηριακών χειρισμών και δεδομένης της μεγάλης ομοιότητάς του με άλλους γνωστούς κορωνοϊούς που σχετίζονται με νυχτερίδες, είναι σχεδόν σίγουρο ότι προήλθε από τη φύση» (Andersen et al., 2020). Επίσης, είναι εμφανές το γεγονός ότι οι πυκνοκατοικημένες μεγαλουπόλεις με υψηλά

επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης ήταν αυτές που παρουσίασαν τον μεγαλύτερο αριθμό κρουσμάτων (Zhu et al., 2020).

Ερευνητική ομάδα από τη Σχολή Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου του Harvard έδειξε ότι άνθρωποι οι οποίοι ζούσαν σε μεγαλουπόλεις με υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και αυξημένη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο μικρότερη των 2,5μm είχαν μεγαλύτερη πιθανότητα να προσβληθούν από τον SARS-CoV2 και να καταλήξουν τελικά, ανεξάρτητα από τη συνύπαρξη άλλων παραγόντων κινδύνου, όπως είναι το βεβαρημένο ιατρικό ιστορικό, το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο και η πρόσβαση σε υγειονομική περίθαλψη (Wu et al., 2020). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής ήταν μάλιστα συμβατά με εκείνα προηγούμενων επιστημονικών μελετών τις οποίες διεξήγαγαν επιστήμονες από την Κίνα και την Ευρώπη και είχαν δείξει ότι ασθενείς με έκθεση σε περιβαλλοντική ρύπανση και ιστορικό καπνίσματος είχαν χειρότερη έκβαση μετά από εμφάνιση αναπνευστικών λοιμώξεων σε σχέση με εκείνους οι οποίοι ανέπνεαν καθαρό αέρα και δεν ήταν καπνιστές (Fattorini & Regoli, 2020).

Είναι λοιπόν αναγκαία η λήψη άμεσων μέτρων πρόληψης σε μέρη όπου τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ιδιαίτερα αυξημένα, καθώς και να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ευπαθείς ομάδες, δηλαδή σε αστέγους που δεν έχουν πρόσβαση σε κλιματιζόμενους χώρους με φιλτραρισμένο αέρα ή ασφάλιση υγείας, και στους ήδη πάσχοντες από αναπνευστικά νοσήματα. Οι ηλικιωμένοι, οι έγκυες γυναίκες και τα παιδιά αποτελούν επίσης ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού (Mead, 2011; Zhu et al., 2020). Αδιαμφισβήτητα, η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και ο περιορισμός της παγκόσμιας υπερθέρμανσης θα προστατεύσει το ανθρώπινο είδος από την εμφάνιση και τη διασπορά νέων, ίσως και σοβαρότερων λοιμώξεων (Shuman, 2010).

Πρόσφατα, ερευνητική ομάδα από την Ευρώπη προσπάθησε να εξηγήσει το πώς η έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μικρότερου των 2,5μm αύξησε την πιθανότητα σοβαρής Covid-19 (Frontera et al., 2020). Οι ερευνητές πρότειναν την «υπόθεση του διπλού κτυπήματος» («double-hit hypothesis»). Σύμφωνα με την εν λόγω υπόθεση, η χρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου <2,5μm προκαλεί υπερέκφραση του κυψελιδικού υποδοχέα των πνευμόνων ACE-2, στον οποίο προσκολλάται ο SARS-CoV2 για να εισέλθει στον οργανισμό του ανθρώπου. Αυτή η υπερέκφραση έχει ως συνέπεια τη διευκόλυνση της εισόδου του ιού και την

αύξηση του ιϊκού φορτίου σε ασθενείς που εκτίθενται σε ρύπους. Παράλληλα, η υψηλή συγκέντρωση οξειδίου του αζώτου (NO₂) στον ατμοσφαιρικό αέρα συνιστά ένα «δεύτερο κτύπημα» προκαλώντας σοβαρή μορφή της νόσου σε ασθενείς με ήδη εξαντλημένα επίπεδα του εν λόγω υποδοχέα, με αποτελέσματα καταστροφικά για την υγεία (Setti et al., 2020).

Ομοίως, ερευνητικά δεδομένα από την Ιταλική Εταιρεία Περιβαλλοντικής Ιατρικής (SIMA) για τη διασπορά της νόσου Covid-19 στη βόρεια Ιταλία υποστηρίζουν ότι τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας διευκολύνουν την «εξάπλωση» του ιού με τον αέρα σε ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις, για ώρες ή ακόμη και ημέρες. Η τοπική ατμοσφαιρική σύσταση φαίνεται να είναι ένας άλλος περιβαλλοντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη στην επιταχυνόμενη διάδοση του συγκεκριμένου ιού (Pastorino et al., 2020).

Ο SARS-CoV2, όπως και η πλειονότητα των κορωνοϊών, αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα ο καύσωνας του καλοκαιριού να μη φαίνεται αρκετός για να αναχαιτίσει την εξάπλωσή του (Otter et al., 2016). Η τήρηση των φυσικών (και όχι «κοινωνικών») αποστάσεων (physical distancing) από τους οικείους μας, τους γνωστούς και τους γύρω μας, ο καλός αερισμός των χώρων και η καλή και σωστή υγιεινή των χεριών μας, είναι οι προτιμώμενες μέθοδοι για την προστασία μας από την εξάπλωση/μετάδοση του ιού (Duffy, 2018).

Κεφάλαιο 5: Στατιστική μοντελοποίηση λοιμωδών νοσημάτων

5.1 Ο ρόλος των μοντέλων στατιστικής ανάλυσης

Η επιδημιολογία των ασθενειών που μεταδίδονται μέσω διαβιβαστών είναι αποτέλεσμα συνάρτησης πολυπαραγοντικών δεδομένων κλιματικών και μη, κλιματοεξαρτώμενων και μη, όπως και της σύνθετης συσχέτισής τους (Semenza & Suk, 2017). Παρόλο που δεν υπάρχει δυνατότητα ακριβούς πρόβλεψης των μελλοντικών επιδημιολογικών δεδομένων, η μελέτη των μακροπρόθεσμων κλιματικών μεταβολών στις εποχές που επιδρούν στον επιπολασμό και την επιδημιολογία των μεταδιδόμενων μέσω διαβιβαστών νόσων (Lindgren et al., 2012) μπορεί να συνεισφέρει στη δημιουργία μοντέλων επιτήρησης και άρα δυνητικά ελαχιστοποίησης του κινδύνου μετάδοσης (Semenza & Suk, 2017).

Χρονικές και χωρικές μεταβλητές αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για τα λοιμώδη νοσήματα και δύναται να μελετηθούν με δορυφόρους. Απλά στατιστικά μοντέλα μπορούν να προβλέψουν τις κατανομές των διαβιβαστών, συνδέοντας την ύπαρξή τους με περιβαλλοντικές συνθήκες. Για τη μοντελοποίηση αυτή, καθοριστική είναι η δημιουργία χαρτών περιγραφής, βάσει των οποίων δημιουργούνται χάρτες πρόγνωσης, αντιστοιχίζοντας στατιστικά πρότυπα. Απουσία των χαρτών περιγραφής, οι οποίοι υλοποιούνται κατόπιν παρατήρησης του εδάφους, δεν δύναται να υπάρξουν οι χάρτες πρόγνωσης. Η πλήρης επάρκεια των περιγραφικών χαρτών δεν είναι εφικτή και ελλείπει συνεχών χρονοβόρων και κοστοβόρων ανανεώσεων, οι χάρτες αυτοί χαρακτηρίζονται από στατικότητα. Για το λόγο αυτό, οι προγνωστικοί χάρτες συμπληρώνουν την ύπαρξη των περιγραφικών, επικαλύπτοντας τυχόν κενά και ανανεώνοντας τις κατανομές συναρτήσεων των μεταβολών του περιβάλλοντος (Heylen et al., 2019).

Οι εποχικές διακυμάνσεις του κλίματος αντανακλώνται στο μέγεθος του πληθυσμού κάθε σταδίου του κύκλου των διαβιβαστών και καθορίζουν την ικανότητα μετάδοσης των νοσημάτων για τα οποία λειτουργούν ως διαβιβαστές. Επίσης, μπορούν να έχουν και ποιοτική επίδραση στην επιδημιολογική εικόνα των λοιμώξεων, καθορίζοντας την παρουσία ή την απουσία των κύκλων ζωής των παθογόνων μέσα στους ξενιστές. Για παράδειγμα, οι χωρικές μεταβλητές της εγκεφαλίτιδας από κρότωναes (νόσος TBE) μπορούν να προβλεφθούν από θερμοκρασιακούς δείκτες καθώς και τους δείκτες

βλάστησης όπως ο δείκτης Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) που αποτελεί μέτρο φωτοσυνθετικής ενεργότητας της βλάστησης (Randolph, 2000; Sobrino & Julien, 2013).

Προκειμένου να δημιουργηθούν μοντέλα που περιλαμβάνουν τα στοιχεία που δημιουργούν ένα καλύτερο περιβάλλον για τον λοιμώδη παράγοντα, δύναται:

- η μελέτη ενός περιβάλλοντος στο πέρασμα του χρόνου, δηλαδή η λήψη μετρήσεων με σταθερά την τοποθεσία και μεταβλητή το χρόνο,
- η μελέτη ενός περιβάλλοντος με χρήση διαφορετικών τοποθεσιών, δηλαδή με σταθερά το χρόνο και μεταβλητή το χώρο,
- η πραγματοποίηση μετρήσεων σε ποικίλα ύψη μιας συγκεκριμένης τοποθεσίας, δηλαδή η διατήρηση ως σταθεράς της τοποθεσίας και ως μεταβλητής του υψόμετρου.

Ωστόσο, τροχοπέδη στις παραπάνω μελέτες αποτελούν διάφοροι παράγοντες. Για παράδειγμα, εμπόδιο μπορεί να αποτελέσει η απαίτηση πολύ μεγάλου χρονικού διαστήματος έρευνας, η μεταβολή και άλλων συνθηκών αυτών της γεωργίας και των κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων, καθώς και οι διαφορετικές καιρικές συνθήκες που μπορεί να επικρατούν στο εκάστοτε υψόμετρο (π.χ. σύννεφα, άνεμος) (Gilbert, 2009).

5.2 Τα μοντέλα καταλληλότητας κλίματος

Η οικοθέση αποτελεί τον πυρήνα των μοντέλων που αφορούν την καταλληλότητα του κλίματος και συμπεριλαμβάνει το ανεκτό εύρος περιβαλλοντικών μεταβλητών μέσα στο οποίο το είδος μπορεί να ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του και να πολλαπλασιαστεί (Hirzel et al, 2006). Τα μοντέλα που μελετούν την καταλληλότητα του κλίματος, εστιάζουν στο κλίμα ως πυρήνα και όχι σε περιβαλλοντικές ή οικολογικές μεταβλητές όπως τα είδη της βλάστησης ή η διαθεσιμότητα ξενιστών. Η παρουσία των ειδών μπορεί να εκτιμηθεί από μοντέλα καταλληλότητας κλίματος (Climate Suitability Models - CSMs) τα οποία συμπεριλαμβάνουν ένα σύνολο κλιματικών μεταβολών και συσχετίζουν την εμφάνιση ενός είδους με συγκεκριμένες περιβαλλοντικές μεταβλητές. Σημειώνεται ότι όπως όλα τα μοντέλα που μελετούν την επιδημιολογία των διαβιβαστών, έτσι και ένα CSM που βρίσκει εφαρμογή σε μια

ευρεία περιοχή, δε σημαίνει ότι περιγράφει εξίσου καλά κάποια άλλη μικρή περιοχή και αντίστροφα ένα CSM που καλύπτει μια περιοχή εντός συγκεκριμένων ορίων, δε σημαίνει απαραίτητα ότι ισχύει για άλλες περιοχές όμοιας έκτασης. Η επάρκεια του κλίματος για έναν πληθυσμό διαβιβαστών θεωρείται ότι έχει τη μέγιστη τιμή της στο κέντρο της περιοχής που ανευρίσκεται ο πληθυσμός, ενώ αυτή μειώνεται σταδιακά όσο προχωράμε προς την περιφέρεια της περιοχής αυτής. Ακόμη, σε διαβιβαστές που η γεωγραφική τους κατανομή είναι μεγάλη, η καταλληλότητα του κλίματος μπορεί να εμφανίζει διακυμάνσεις μέσα σε υποπεριοχές της ευρύτερης περιοχής (Gray et al., 2009).

Ένα CSM δεν είναι επαρκές όταν πρέπει για την επιδημιολογία μιας νόσου να ληφθούν υπόψη παράγοντες πέραν του κλίματος, όπως παράμετροι που αφορούν τους ξενιστές ή ποσοστά πληθυσμού που προβαίνουν σε questing και είναι μολυσμένα. Ωστόσο, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν επαρκή δεδομένα για παράγοντες όπως η αφθονία των ξενιστών ή η επάρκεια των μικροκλιματικών συνθηκών, τα μοντέλα αυτά είναι ζωτικής σημασίας για τη μελέτη των μεταβολών που προκαλεί η κλιματική αλλαγή στο εύρος του πληθυσμού των διαβιβαστών (Nutall, 2021).

Αν και η σχέση αιτίου-αιτιατού ανάμεσα στις συνθήκες του κλίματος και στην επιδημιολογία των νόσων που μεταδίδονται με διαβιβαστές είναι ζωτικής σημασίας, μεγάλη προσοχή πρέπει να αποδίδεται στην προσπάθεια γενίκευσης των ποσοτικών σχέσεων ανάμεσα σε διαβιβαστές και αβιοτικά στοιχεία, που προκύπτουν από έρευνες που εφαρμόζονται σε μια περιοχή, σε άλλες περιοχές μακριά από τη μελετούμενη. Η παρουσία άλλων καθοριστικών αλληλεπιδράσεων στην επιδημιολογία των λοιμωδών νοσημάτων που μπορεί να υπάρχουν σε αυτές τις περιοχές, πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη (Bouchard et al., 2019).

5.3 Προβλέψεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη δημόσια υγεία στην Ευρώπη

Η αλλαγή του κλίματος στην Ευρώπη μπορεί να αυξήσει τη λειψυδρία και να επηρεάσει την ποιότητα του νερού, ενώ μπορεί να δημιουργήσει πρόσθετες προκλήσεις για την παροχή βιώσιμων υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης (EEA, 2011, IPCC, 2014c). Σχεδόν οι μισές από τις περισσότερες από 50 μολυσματικές ασθένειες που τα κράτη-μέλη της ΕΕ είναι υποχρεωμένα να δηλώσουν, στο πλαίσιο

της επιδημιολογικής επιτήρησης, μπορούν να επηρεαστούν άμεσα ή έμμεσα από την κλιματική αλλαγή. Άλλες κλινικά ευαίσθητες ασθένειες, συμπεριλαμβανομένων πολλών ασθενειών που μεταδίδονται με φορείς, θεωρούνται ως μολυσματικές ασθένειες προτεραιότητας σε σχέση με την κλιματική αλλαγή στην Ευρώπη (Lindgren et al., 2012).

Η τρωτότητα διαφέρει τόσο εντός όσο και μεταξύ των ευρωπαϊκών περιφερειών (EEA, 2010; WHO, 2011). Οι περιοχές με υψηλές ικανότητες προσαρμογής ενδέχεται να είναι σε θέση να μετριάσουν ορισμένους από τους κινδύνους που συνδέονται με την αλλαγή του κλίματος που συνδέονται με την υγεία. Στην ΕΕ, οι περιοχές που παρουσιάζουν υψηλές αδυναμίες που σχετίζονται με τη μετάδοση λοιμωδών νοσημάτων περιλαμβάνουν περιοχές της Βουλγαρίας, της Ελλάδας, της νότιας Ιταλίας και της Ρουμανίας (Suk et al., 2014).

Οι πληθυσμοί σε ορισμένες ευρωπαϊκές περιοχές διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από την αλλαγή του κλίματος από άλλους, ανάλογα με την έκθεσή τους σε κλιματολογικούς κινδύνους και την ευαισθησία τους. Οι κλιματικές αλλαγές θα αυξήσουν τη συχνότητα και την ένταση των κυμάτων θερμότητας, καθώς και τις οικονομικές απώλειες και τον αριθμό των ατόμων που πλήττονται από τέτοιες ακραίες θερμικές εκδηλώσεις, επηρεάζοντας την υγεία και την ευημερία, την παραγωγικότητα της εργασίας, την καλλιέργεια και την ποιότητα του αέρα, αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιών στη νότια Ευρώπη (Konats et al., 2014).

Οι αρκτικοί πληθυσμοί είναι ιδιαίτερα σε κίνδυνο εξαιτίας της εξάρτησής τους από το φυσικό περιβάλλον για την παροχή τροφίμων, νερού και για τις υποδομές (IPCC, 2014d). Στην Αρκτική, οι μεταβολές της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων, η τήξη των μονίμων πάγων και η μείωση του θαλάσσιου πάγου, η διάβρωση των ακτών, ο μετασχηματισμός του τοπίου και οι αλλαγές στη βιοποικιλότητα μπορεί να επηρεάσουν τον τρόπο ζωής και τον πολιτισμό των αυτόχθονων πληθυσμών. Η τήξη του πάγου που προκαλείται από την αλλαγή του κλίματος αναμένεται επίσης να επηρεάσει την έκθεση σε ορισμένους ρύπους (υδράργυρο, ραδιονουκλεοτίδια και ανθεκτικούς οργανικούς ρύπους), οι οποίοι θα δημιουργήσουν επιπρόσθετες ή/και συνδυαστικές επιπτώσεις στη συνολική υγεία και ευημερία όλων των αρκτικών κοινοτήτων (Arnitage et al., 2011; EEA, 2015).

Στην παρούσα ενότητα εξετάζονται τρεις βασικές παράμετροι/επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη δημόσια υγεία στην Ευρώπη και επιχειρείται η προβολή των μελλοντικών επιδράσεων των επιπτώσεων αυτών στην ήπειρο. Συγκεκριμένα, οι παράμετροι/επιπτώσεις αφορούν: (α) τις ακραίες καιρικές συνθήκες (καύσωνες, καταιγίδες, πλημμύρες), (β) τα νοσήματα που μεταδίδονται με διαβιβαστές, και (γ) τη διατροφική ανασφάλεια - ασφάλεια τροφίμων.

5.3.1 Ακραία καιρικά φαινόμενα και υγεία

Οι ακραίες καιρικές συνθήκες προβλέπεται να αυξηθούν σε συχνότητα και σοβαρότητα σε πολλές περιοχές του κόσμου, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης, και περιλαμβάνουν την αύξηση της θερμοκρασίας και των καυσώνων, των πυρκαγιών, των ξηρασιών, των έντονων βροχοπτώσεων και των πλημμυρών (IPCC, 2014d). Τα μακροπρόθεσμα ακραία καιρικά φαινόμενα όπως η ξηρασία αναμένεται να αυξηθούν γενικά, ενώ η κατεύθυνση της αλλαγής είναι αβέβαιη για μερικά βραχυπρόθεσμα μετεωρολογικά άκρα, όπως οι καταιγίδες. Οι προβολές μοντέλων δείχνουν ότι είναι πιθανό να αυξηθούν τα υδρολογικά ακραία (δηλαδή οι πλημμύρες). Μια τέτοια αύξηση είναι πιο βέβαιη για τις παράκτιες πλημμύρες, λόγω της προβλεπόμενης αύξησης της στάθμης της θάλασσας σε σχέση με τις πλημμύρες των ποταμών.

Τα γεγονότα βροχοπτώσεων είναι πιθανό να εμφανίζονται συχνότερα σε πολλές περιοχές της Ευρώπης και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αναμένεται να επιταχυνθεί σε σύγκριση με τον 20ό αιώνα σε όλα τα σενάρια εκπομπών. Τα σχέδια PESETA II και Climate Cost έχουν εκτιμήσει τις οικονομικές και υγειονομικές επιπτώσεις των πλημμυρών σε ποτάμια και παράκτια ύδατα σε διάφορα σενάρια κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (Ciscar et al., 2014).

Για ένα σενάριο μέσω εκπομπών (SRES A1B) και ελλείψει προσαρμογής, οι πλημμύρες σε ποτάμια εκτιμάται ότι θα επηρεάσουν περίπου 300.000 άτομα ετησίως στην ΕΕ κατά τη δεκαετία του 2050 και 390.000 άτομα τη δεκαετία του 2080. Το τελευταίο νούμερο αντιστοιχεί σε περισσότερο από ένα διπλασιασμό σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1961-1990). Τα βρετανικά νησιά, η δυτική Ευρώπη και η βόρεια Ιταλία παρουσιάζουν μια ισχυρή αύξηση των μελλοντικών κινδύνων πλημμύρας. Οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν επίσης τη μεγαλύτερη αύξηση του πληθυσμού που επλήγη από τις πλημμύρες των ποταμών (Rojas et al., 2012; Ciscar et al., 2014).

Εάν δεν ληφθούν πρόσθετα μέτρα προσαρμογής, ο αριθμός των ατόμων που θα πληγούν από παράκτιες πλημμύρες στην ΕΕ στα τέλη του 21ου αιώνα θα κυμανθεί από 775.000 έως 5,5 εκατομμύρια άτομα ετησίως, ανάλογα με το σενάριο εκπομπών. Ο αριθμός των θανάτων στην ΕΕ εξαιτίας των παράκτιων πλημμυρών στη δεκαετία του 2080 θα αυξηθεί κατά 3.000, 620 και 150 ετησίως σε ένα σενάριο υψηλών εκπομπών (υπό την προϋπόθεση αύξησης της στάθμης της θάλασσας κατά 88cm), στο σενάριο SRES A1B «Business as usual» και στο E1, αντίστοιχα. Τα δύο τρίτα αυτών των θανάτων θα επέλθουν στη Δυτική Ευρώπη. Τα μέτρα παράκτιας προσαρμογής (αναχώματα και ενίσχυση των παραλιών) θα μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά τους κινδύνους σε λιγότερους από 10 θανάτους ετησίως το 2080 (Ciscar et al., 2011).

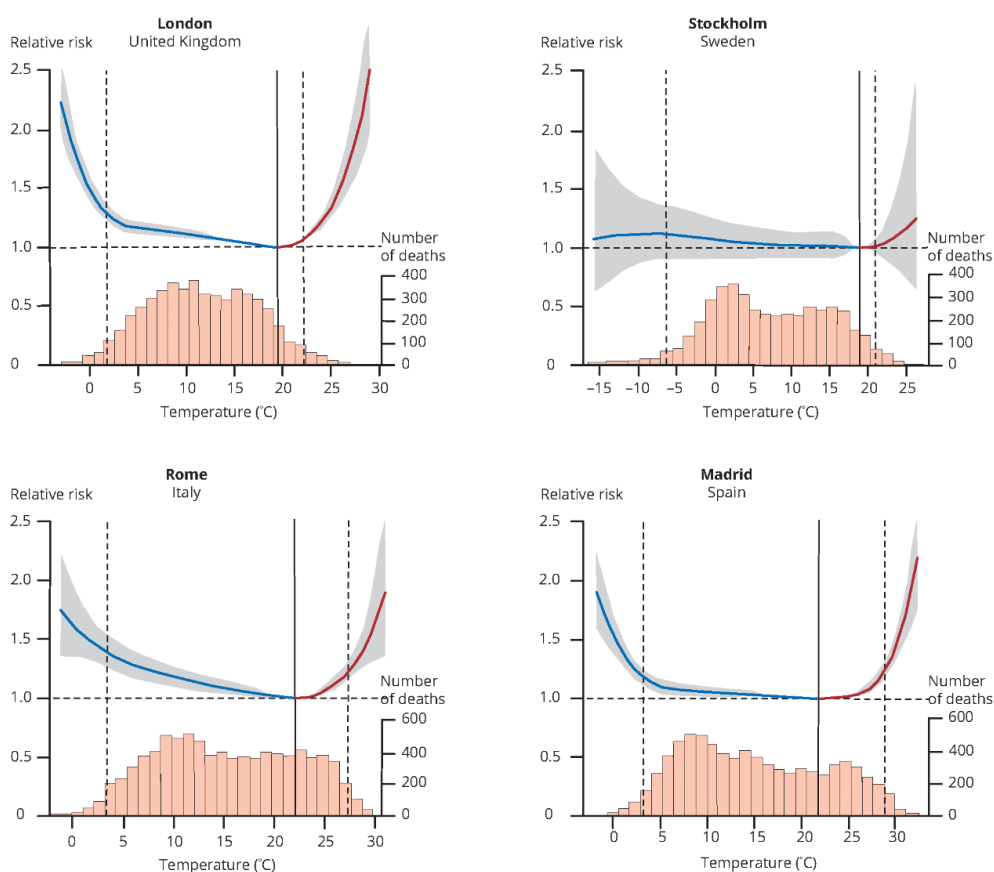
Κάποιες διαφορετικές εκτιμήσεις δόθηκαν σε άλλες μελέτες (Wolf et al., 2015), με την αναμενόμενη επέκταση των πληγείσων περιοχών προς τα βόρεια. Συγκεκριμένα, οι μεσογειακές χώρες θα επηρεαστούν ιδιαίτερα από τα φαινόμενα ακραίας ζέστης, ιδιαίτερα η Πορτογαλία, η Ιταλία, η Ελλάδα, η Τουρκία και η νότια Ισπανία. Σε αυτές τις χώρες, οι θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια ισχυρών καύσωνα μπορεί να αυξηθούν έως και 5–7°C ανά ημέρα καύσωνα έως το 2075–2094, ενώ σε άλλες περιοχές ενδέχεται να σημειωθούν αυξήσεις θερμοκρασίας έως και 4–5°C ανά ημέρα καύσωνα. Η συχνότητα και ο αριθμός των ημερών έντονου και ακραίου καύσωνα αναμένεται να αυξηθεί έως και 45 ημέρες το καλοκαίρι μέχρι τα τέλη του 21ου αιώνα και οι καύσωνες μπορεί να εμφανιστούν τόσο νωρίτερα όσο και αργότερα κατά τη διάρκεια της σεζόν, συμπεριλαμβανομένου του τέλους της άνοιξης και των αρχών του φθινοπώρου, έως το 2071-2100 (Amengual et al., 2014). Οι περιοχές υψηλής αστικοποίησης προβλέπεται να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο λόγω θερμικής καταπόνησης, σε σύγκριση με τις γύρω περιοχές (Lung et al., 2013).

Η θνησιμότητα που σχετίζεται με το κρύο προβλέπεται να μειωθεί λόγω των καλύτερων κοινωνικών, οικονομικών και στεγαστικών συνθηκών σε πολλές χώρες της Ευρώπης. Ωστόσο, δεν υπάρχουν σαφή στοιχεία για το κατά πόσο η προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας θα οδηγήσει σε περαιτέρω σημαντική μείωση της θνησιμότητας λόγω της ψύχους.

Η ικανότητα προσαρμογής στις επιπτώσεις της θερμότητας και του ψύχους στην Ευρώπη είναι υψηλή συγκριτικά με άλλες περιοχές του κόσμου, αλλά υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις επιπτώσεις της θερμότητας και του κρύου και στην ικανότητα αντίδρασης μεταξύ και εντός των ευρωπαϊκών υποπεριφερειών. Είναι

πιθανόν να απαιτηθούν προσαρμογές σε κτίρια ή εργασιακές πρακτικές, προκειμένου να διατηρηθεί η παραγωγικότητα της εργασίας κατά τη διάρκεια των θερμών καιρικών συνθηκών (IPCC, 2014d).

Στην *Εικόνα 4* απεικονίζονται οι συνολικές καμπύλες αθροιστικής απόκρισης έκθεσης για τέσσερις ευρωπαϊκές πόλεις (Λονδίνο, Στοκχόλμη, Ρώμη, Μαδρίτη) με την αντίστοιχη ελάχιστη θερμοκρασία θνησιμότητας και τις αποκοπές που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των ακραίων θερμοκρασιών.



Εικόνα 4: Συνολικές συσσωρευμένες συσχετίσεις έκθεσης-απόκρισης σε 4 ευρωπαϊκές πόλεις

Πηγή: Gasparrini et al., 2015

Οι σχέσεις έκθεσης-απόκρισης εμφανίζονται ως οι καλύτερες γραμμικές αμερόληπτες προβλέψεις (με το εμπειρικό διάστημα εμπιστοσύνης 95% σκιασμένο με γκρι χρώμα) στις αντιπροσωπευτικές πόλεις τεσσάρων χωρών, με σχετικές κατανομές θερμοκρασίας και αριθμό θανάτων. Οι συμπαγείς κατακόρυφες γραμμές δείχνουν τις ελάχιστες θερμοκρασίες θνησιμότητας και οι διακεκομμένες κάθετες γραμμές δείχνουν το

εκατοστημόριο 2,5 και 97,5. Ο κίνδυνος αυξάνεται αργά και γραμμικά στις ψυχρές θερμοκρασίες κάτω από την ελάχιστη θερμοκρασία θνησιμότητας, αν και ορισμένες τοποθεσίες (π.χ. Λονδίνο, Μαδρίτη) εμφάνισαν μεγαλύτερη αύξηση στο ακραίο κρύο από άλλες. Ο κίνδυνος γενικά κλιμακώθηκε γρήγορα και μη γραμμικά στις υψηλές θερμοκρασίες (Gasparrini et al., 2015).

Οι θάνατοι που οφείλονται στην υπερβολική ζέστη είναι περίπου τόσο συχνοί όσο εκείνοι που οφείλονται στη μέτρια ζέστη, ενώ οι καταστάσεις που οφείλονται στο υπερβολικό κρύο είναι αμελητέες σε σχέση με εκείνες που προκαλούνται από μέτριο ψύχος (Astrom et al., 2015). Άλλες μελέτες έχουν εκτιμήσει ότι το 1,6-2,0% της συνολικής θνησιμότητας κατά τη θερμότερη περίοδο οφείλεται στη ζέστη. Περίπου το 40% αυτών των θανάτων λαμβάνουν χώρα τις απομονωμένες ζεστές ημέρες σε περιόδους που δεν ταξινομούνται ως κύματα καύσωνα (Gasparrini et al., 2015).

Η συγκριτική αποτίμηση αυτών των εκτιμήσεων πρέπει να γίνεται με προσοχή, καθώς όχι μόνο οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του υπερβολικού θανάτου, αλλά και οι εκθέσεις ήταν διαφορετικές. Η επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών αργότερα το καλοκαίρι μειώνεται μερικές φορές μετά από ένα πρόωρο κύμα καύσωνα. Στην Ευρώπη, τα θερμικά κύματα που λαμβάνουν χώρα τον Ιούνιο έχουν ως αποτέλεσμα σχετικά υψηλή θνησιμότητα σε σχέση με εκείνα που συμβαίνουν αργότερα το καλοκαίρι (WMO & WHO, 2015; Israelsson et al., 2022).

Είναι σχεδόν βέβαιο ότι οι ακραίες θερμοκρασίες θα συνεχίσουν να εμφανίζονται συχνότερα στις περισσότερες χερσαίες εκτάσεις στο μέλλον. Ο αριθμός των μηνιαίων καταγραφών θερμότητας παγκοσμίως αναμένεται να είναι πάνω από 12 φορές υψηλότερος κάτω από ένα μεσαίο σενάριο αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη μέχρι τη δεκαετία του 2040, όπως και σε ένα κλίμα χωρίς μακροχρόνια θέρμανση (Coumou et al., 2015). Η προβλεπόμενη περίοδος επιστροφής των ακραίων θερμικών συμβάντων, όπως αυτές που παρατηρήθηκαν το 2003 στη Δυτική Ευρώπη, θα μειωθεί σημαντικά. Αυτή η αύξηση των ακραίων θερμοκρασιών θα οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των θανάτων που οφείλονται στη θερμότητα στο πλαίσιο της μελλοντικής αύξησης της θερμοκρασίας, εκτός εάν ληφθούν μέτρα προσαρμογής. Οι ιδιαίτερα αστικοποιημένες περιοχές αναμένεται να έχουν αυξημένο κίνδυνο θερμικού στρες συγκριτικά με τις γύρω περιοχές. Οι προβολές των μελλοντικών επιδράσεων της θερμότητας στην ανθρώπινη υγεία πρέπει να λάβουν υπόψη τους ότι ο ευρωπαϊκός

πληθυσμός αναμένεται να είναι ηλικιωμένος, επειδή οι ηλικιωμένοι πληθυσμοί είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι (Watts et al., 2015).

Πολλές μελέτες (PESETA, Climate Cost, PESETA II) έχουν εκτιμήσει τη μελλοντική θνησιμότητα που οφείλεται στη θερμότητα στην Ευρώπη χρησιμοποιώντας παρόμοιες μεθόδους και έχουν καταλήξει σε σχετικά συγκρίσιμα αποτελέσματα (Paci, 2014).

Η μελέτη PESETA εκτιμά ότι χωρίς την προσαρμογή και τον φυσιολογικό εγκλιματισμό, η θνησιμότητα που οφείλεται στη θερμότητα στην Ευρώπη θα αυξηθεί κατά 60.000 και 165.000 θανάτους ετησίως από τη δεκαετία του 2080 σε σχέση με τη σημερινή βασική γραμμή, με τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στη νότια Ευρώπη. Τα αποτελέσματα ποικίλλουν ανάλογα με τα κλιματικά μοντέλα και τα σενάρια εκπομπών, με υψηλά σενάρια εκπομπών να οδηγούν σε πολύ υψηλότερη θνησιμότητα που σχετίζεται με τη θερμότητα από ότι τα σενάρια χαμηλών εκπομπών. Η θνησιμότητα που σχετίζεται με τη θερμότητα θα ήταν σημαντικά χαμηλότερη υπό τον πλήρη εγκλιματισμό εάν, για παράδειγμα, οι σημερινές ψυχρές περιοχές ήταν σε θέση να επιτύχουν τη σχέση θερμοκρασίας-θνησιμότητας των σημερινών θερμών περιοχών (Ciscar et al., 2011). Τα αποτελέσματα της μελέτης PESETA II επιβεβαιώνουν, σε μεγάλο βαθμό, τα αποτελέσματα προηγούμενων αξιολογήσεων (ιδίως εκείνων που προέρχονται από το PESETA και το Climate Cost), αν και με ελαφρώς υψηλότερες επιπτώσεις (τόσο από φυσική όσο και από οικονομική άποψη) (Ciscar et al., 2011). Οι συγκρίσιμες εκτιμήσεις έγιναν από τον ΠΟΥ για την Ευρωπαϊκή Περιφέρεια του ΠΟΥ (Honda et al., 2014).

Η μελέτη των Astrom et al. (2013) εκτιμά ότι η κλιματική αλλαγή θα οδηγήσει σε αύξηση των εισαγωγών στα νοσοκομεία εξαιτίας αναπνευστικών ασθενειών που σχετίζονται με τη θερμότητα από 11.000 εισαγωγές (0,18%) την περίοδο 1981-2010 σε 26.000 (0,4%) το διάστημα 2021-2050. Ο συνολικός αριθμός εισαγωγών στα νοσοκομεία και η αύξηση ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής είναι μεγαλύτερος στη νότια Ευρώπη, με το ποσοστό των εισαγωγών που σχετίζονται με τη θερμότητα για αναπνευστικές καταστάσεις να αναμένεται να τριπλασιαστεί περίπου σε αυτή την περιοχή κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου.

Η μελέτη PESETA εκτίμησε ότι η θνησιμότητα που σχετίζεται με το κρύο θα μειωνόταν κατά 60.000 έως 250.000 θανάτους ετησίως από τη δεκαετία του 2080, η οποία έχει περίπου το ίδιο μέγεθος με την προβλεπόμενη αύξηση της θνησιμότητας

εξαιτίας της θερμότητας (Cisca et al., 2011). Η μελέτη PESETA II δεν εξετάζει πια την πιθανή μείωση της σχετιζόμενης με το κρύο θνησιμότητας στις εκτιμήσεις της για τις επιπτώσεις του κλίματος (Paci, 2014). Η επιλογή να μην περιληφθούν τα κύματα ψύχους αντικατοπτρίζει τα πρόσφατα στοιχεία που δεν υποδηλώνουν σημαντική μετατόπιση της ισορροπίας των θανάτων μεταξύ χειμώνων και καλοκαιριών εξαιτίας της χαμηλότερης θνησιμότητας λόγω του ψύχους (Kinney et al., 2015). Ωστόσο, ο κίνδυνος από το (μέτριο) κρύο αναμένεται να συνεχίσει να αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος του κινδύνου που σχετίζεται με τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια αυτού του αιώνα (Vardourakis et al., 2014).

5.3.2 Νοσήματα που μεταδίδονται με διαβιβαστές

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές μετατοπίσεις των γεωγραφικών και εποχιακών κατανομών των νοσημάτων που μεταδίδονται με διαβιβαστές στην Ευρώπη (Semenza & Menne, 2009), αλλά παραμένουν σημαντικά κενά γνώσης σχετικά με την απόδοση των ιστορικών αλλαγών στη μετάδοση των λοιμωδών νοσημάτων στην κλιματική αλλαγή (Parham et al., 2015).

Το κλίμα μπορεί να επηρεάσει τις ασθένειες που μεταδίδονται με διαβιβαστές επηρεάζοντας τους κύκλους ζωής των φορέων των ασθενειών και τους ρυθμούς αντιγραφής των ιών και των παρασίτων εντός των διαβιβαστών και των ανθρώπινων ξενιστών. Οι αυξήσεις της θερμοκρασίας μπορεί να συντομεύουν τους κύκλους ζωής των διαβιβαστών και τις περιόδους επώασης των παθογόνων παραγόντων που μεταδίδονται με διαβιβαστές, με αποτέλεσμα να οδηγούν πιθανώς σε μεγαλύτερους πληθυσμούς τους και υψηλότερους κινδύνους μετάδοσης, αλλά πέραν ορισμένων ορίων μπορεί να διακοπεί η ανάπτυξη των παθογόνων παραγόντων στους διαβιβαστές. Μακροπρόθεσμα, οι εποχιακές μεταβολές θα μπορούσαν να επηρεάσουν τόσο τους διαβιβαστές όσο και τα ζώα-ξενιστές, καθώς και τις συμπεριφορές των ανθρώπων και τα μοντέλα χρήσης της γης, επηρεάζοντας περαιτέρω τη γεωγραφική κατανομή, την εποχική δραστηριότητα και τη συνολική επικράτηση των ασθενειών που μεταδίδονται με διαβιβαστές στην Ευρώπη (Lindgren et al., 2012). Επιπλέον, η κλιματική καταλληλότητα είναι απαραίτητη για την άφιξη, την εγκαθίδρυση και τη διάδοση «εξωτικών» ασθενειών που δεν είναι εδραιωμένες στην ηπειρωτική Ευρώπη (Randolph & Rogers, 2010).

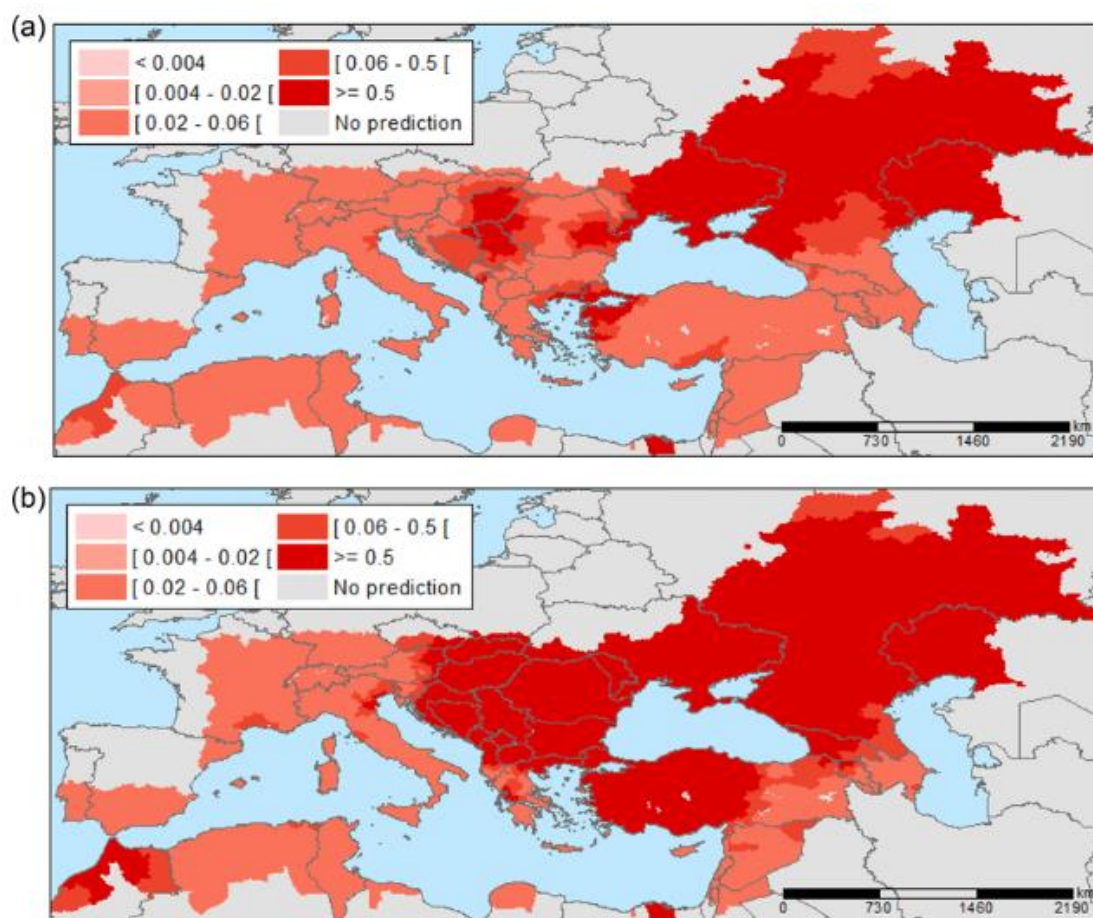
Ωστόσο, πέραν της κλιματικής αλλαγής, ο κίνδυνος λοιμωδών νοσημάτων επηρεάζεται επίσης από ένα ευρύ φάσμα οικολογικών, οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων, όπως από τα πρότυπα χρήσης της γης και τις γεωργικές πρακτικές, την βιολογική ποικιλία, την ικανότητα των συστημάτων δημόσιας υγείας, το εμπόριο, τη μετανάστευση και τις ανθρώπινες συμπεριφορές που επηρεάζουν μεμονωμένους παράγοντες κινδύνου (Suk & Sementza, 2011). Κατά συνέπεια, οι ευπάθειες στα συστήματα υγείας και στους πληθυσμούς πρέπει επίσης να αντιμετωπίζονται παράλληλα με τις κλιματικές αλλαγές κατά την εκτίμηση των μελλοντικών κινδύνων μολυσματικών ασθενειών (Suk et al., 2014).

Η αλλαγή του κλίματος δεν αναμενόταν παλαιότερα να έχει σημαντική επίδραση στη μετάδοση του ιού του Δυτικού Νείλου στην Ευρώπη (Gale et al., 2009). Ωστόσο, θα μπορούσε να επηρεάσει τη μετάδοση του ιού επηρεάζοντας τη γεωγραφική κατανομή των διαβιβαστών και των παθογόνων οργανισμών, αλλάζοντας τα μεταναστευτικά πρότυπα των πληθυσμών των πτηνών και μέσω των αλλαγών στον κύκλο ζωής των παθογόνων που σχετίζονται με τα πουλιά. Οι αυξήσεις της θερμοκρασίας μπορούν επίσης να διαδραματίσουν κάποιο ρόλο. Ο κίνδυνος μόλυνσεων από τον ιό του Δυτικού Νείλου στην Ευρώπη έχει προβλεφθεί για το 2025 και το 2050, με τις προβολές θερμοκρασίας του Ιουλίου κάτω από ένα σενάριο μεσαίων εκπομπών (SRES A1B), διατηρώντας σταθερές άλλες μεταβλητές (π.χ. βλάστηση, υδάτινα σώματα και μεταναστευτικές ροές πτηνών) (Semenza et al., 2016).

Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν μια προοδευτική επέκταση των περιοχών με αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης μόλυνσεων από τον ιό του Δυτικού Νείλου, ιδιαίτερα στις άκρες των περιοχών μετάδοσης (Εικόνα 5). Οι προβολές για το 2025 δείχνουν αυξημένη πιθανότητα μόλυνσης στην ανατολική Κροατία, τη βορειοανατολική Ελλάδα και τη βορειοδυτική Τουρκία, με τις περιοχές υψηλού κινδύνου να έχουν επεκταθεί ακόμη περισσότερο έως το 2050 (Semenza et al., 2016).

Ορισμένα μοντέλα για την ελονοσία υποδεικνύουν ότι θα υπάρξει αυξημένη καταλληλότητα για μετάδοση της νόσου στην ηπειρωτική Ευρώπη στο πλαίσιο της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής, αλλά οι προβλεπόμενες επιπτώσεις της ελονοσίας είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στο σχεδιασμό μοντέλων (Caminade et al., 2014). Ωστόσο, τα μέτρα κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης, χρήσης γης και ελέγχου της δημόσιας υγείας θα είναι πιθανότατα επαρκή για τον περιορισμό του κινδύνου της ελονοσίας,

παρά την πιθανότητα σποραδικών εισαγωγών του παρασίτου μέσω των παγκόσμιων μετακινήσεων (Semenza et al., 2014).



Εικόνα 5: Προβλεπόμενη πιθανότητα εμφάνισης μολύνσεων από τον ιό του Δυτικού Νείλου στην Ευρώπη για το 2025 (a) και το 2050 (b)

Πηγή: Semenza et al., 2016

Αναφορικά με τον δάγκειο πυρετό, διάφορες μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι η υψηλή εποχιακή και ετήσια θερμοκρασία και οι επαρκείς βροχοπτώσεις παρέχουν ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες για το *Ae. Albopictus* στην Ευρώπη (Roiz et al., 2011). Η κλιματική καταλληλότητα για το *Ae. Albopictus* αναμένεται να αυξηθεί όπου τα κλιματικά μοντέλα προβάλλουν θερμότερα και πιο υγρά κλίματα, όπως το νοτιοανατολικό Ηνωμένο Βασίλειο (Medlock & Leach, 2015), τα Βαλκάνια και η κεντρική Ευρώπη, ενώ η καταλληλότητα μειώνεται γενικά όταν το κλίμα καταστεί ξηρότερο όπως σε ορισμένες περιοχές της Ισπανίας και της Πορτογαλίας (Caminade et al., 2012). Αυτό αντιστοιχεί στη μελέτη μοντελοποίησης των Proestos et al. (2015)

που κατέδειξε μια γενική μείωση της καταλληλότητας των οικοτόπων στη νότια Ευρώπη και στη μεσογειακή περιοχή και στην αύξηση της καταλληλότητας των βιότοπων στις χώρες της βόρειας και ανατολικής Ευρώπης.

Η αύξηση της πυκνότητας ή της ενεργού περιόδου του *Ae. Albopictus* που σχετίζεται με το κλίμα θα μπορούσε να οδηγήσει σε μικρή αύξηση του κινδύνου του δάγκειου πυρετού στην Ευρώπη. Ο κίνδυνος θα μπορούσε επίσης να αυξηθεί εάν η αύξηση της θερμοκρασίας διευκόλυνε την επαναγκατάσταση του *Ae. Aegypti*, του πρωτογενούς φορέα του δάγκειου πυρετού. Απαιτούνται περαιτέρω μελέτες μοντελοποίησης για να εκτιμηθεί εάν η κλιματική αλλαγή θα αυξήσει ή θα μειώσει την κλιματική καταλληλότητα του *Ae. Aegypti* στην ηπειρωτική Ευρώπη.

Η μελλοντική κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να έχει αντίκτυπο στην κατανομή της λεϊσμανίασης επηρεάζοντας την αφθονία των ειδών-διαβιβαστών και την ανάπτυξη των παρασίτων. Η πρόσφατη μοντελοποίηση υποδηλώνει ότι το κεντρικό ευρωπαϊκό κλίμα θα γίνει ολοένα και πιο κατάλληλο για τα είδη σκνιπών *Phlebotomus* (Fischer et al., 2011). Η μελέτη μοντελοποίησης των Trajer et al. (2013) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 2060, η Γαλλία, η Γερμανία, η δυτική Πολωνία και το νότιο Ηνωμένο Βασίλειο θα μπορούσαν να αποικιστούν από διάφορα είδη σκνιπών κυρίως το *Phlebotomus ariasi* και το *Phlebotomus*, ενώ ολόκληρη η λεκάνη της Μεσογείου, η Βαλκανική Χερσόνησος και η λεκάνη των πάγων είναι πιθανώς κλιματολογικά κατάλληλοι οικοτόποι για πολλά είδη *Phlebotomus*. Αυτές οι επεκτάσεις ειδών σκνιπών θα αυξήσουν τον κίνδυνο λεϊσμανίασης, αλλά αυτός μπορεί να περιοριστεί μερικώς από την περιορισμένη μεταναστευτική ικανότητα των σκνιπών. Ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών μπορεί επίσης να μειωθεί σε ορισμένες περιοχές της νότιας Ευρώπης, όπου οι κλιματολογικές συνθήκες είναι πολύ ζεστές και ξηρές για την επιβίωση του διαβιβαστή.

Η νόσος του Lyme και η εγκεφαλίτιδα που μεταφέρεται από τους κρότωνες (TBE) είναι οι δύο σημαντικότερες ασθένειες που μεταδίδονται με κρότωνες στην Ευρώπη, με τις δύο να μεταδίδονται κυρίως από το *Ixodes ricinus*. Οι ψυχρές θερμοκρασίες φαίνεται να καθορίζουν τα όρια υψομέτρου και γεωγραφικού πλάτους του *Ixodes ricinus* (Ostfeld & Brunner, 2015). Έτσι, προβάλλεται μια επέκταση του εύρους διασποράς των κροτώνων σε μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη, καθώς εμφανίζονται ήπιες χειμερινές θερμοκρασίες, μεγαλύτερες εποχές βλάστησης και προηγούμενες καλοκαιρινές εμφανίσεις και υψηλότερες θερμοκρασίες, υπό την

προϋπόθεση ότι οι φυσικοί τους ξενιστές (ελάφια) θα μετατοπίσουν επίσης την κατανομή τους (Jaenson & Lindgren, 2011).

Το μοντέλο κλιματικής προβολής των Boeckmann & Joyner (2014) προβλέπει μια επέκταση του συνολικού οικοτόπου του *Ixodes ricinus* κατά 3,8% μέχρι το 2040-2060, με επέκταση σε μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη (κυρίως στη Σκανδιναβία και τις χώρες της Βαλτικής) και συρρίκνωση σε ορισμένες περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των Άλπεων, των Πυρηναίων, της Ιταλίας και της βορειοδυτικής Πολωνίας. Αυτό ευθυγραμμίζεται με άλλα μοντέλα κλιματικής αλλαγής που προβλέπουν τις επεκτάσεις της κλίμακας *Ixodes ricinus* (Porretta et al., 2013), αλλά αναγνωρίστηκε ότι υπάρχουν πολλές αβεβαιότητες στα μοντέλα και ότι η εξάπλωση της προβλεπόμενης κλίμακας οικοσυστημάτων των κροτώνων για τη δημιουργία προβλέψεων για τη συχνότητα εμφάνισης ασθένειας που προκαλείται από κρότωνες οδηγεί σε πρόσθετες αβεβαιότητες.

Ωστόσο, η συχνότητα εμφάνισης της εγκεφαλίτιδας από κρότωνες μπορεί να μετατοπιστεί σε υψηλότερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη μαζί με την κατανομή του *Ixodes ricinus*, αυξάνοντας ενδεχομένως τον κίνδυνο σε ορισμένα τμήματα της βόρειας και κεντρικής Ευρώπης, εκτός εάν εισαχθούν στοχευμένα προγράμματα εμβολιασμού και παρακολούθησης της νόσου. Ομοίως, ο κίνδυνος της εγκεφαλίτιδας από κρότωνες αναμένεται γενικά να μειωθεί στη νότια Ευρώπη. Οι θερμότεροι χειμώνες μπορούν να διευκολύνουν την επέκταση της νόσου του Lyme σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη και υψόμετρα, ιδίως στη βόρεια Ευρώπη, αλλά θα μειώνεται στις περιοχές της Ευρώπης που αναμένεται να παρουσιάσουν αυξημένη ξηρασία (Semenza & Menne, 2009).

5.3.3 Διατροφική ανασφάλεια – Ασφάλεια τροφίμων

Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και του νερού, των ακραίων βροχοπτώσεων, των εποχιακών αλλαγών, των καταιγίδων, των ξηρασιών και των πλημμυρών, που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή, μπορεί να έχει επιπτώσεις στις νόσους που προκαλούνται από τα τρόφιμα και το νερό στην Ευρώπη (Semenza et al., 2012). Αυτά τα κλιματικά φαινόμενα μπορούν να αλλάξουν τους ρυθμούς ανάπτυξης των παθογόνων παραγόντων, να μολύνουν το πόσιμο νερό, τα νερά αναψυχής και τα νερά άρδευσης και να διαταράξουν τα συστήματα επεξεργασίας νερού και αποχέτευσης.

Αντιθέτως, οι δυνητικές επιπτώσεις θα διαμορφωθούν με βάση την ποιότητα των μέτρων ασφάλειας των τροφίμων, την ικανότητα και την ποιότητα των συστημάτων επεξεργασίας των υδάτων, την ανθρώπινη συμπεριφορά και μια σειρά άλλων συνθηκών.

Οι υψηλές θερμοκρασίες αέρα μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ποιότητα των τροφίμων κατά τη μεταφορά, την αποθήκευση και το χειρισμό. Οι αυξημένες θερμοκρασίες θαλάσσιου ύδατος επιταχύνουν το ρυθμό ανάπτυξης ορισμένων παθογόνων, όπως τα είδη *Vibrio* (μη χολέρας) που μπορούν να προκαλέσουν εστίες τροφιμογενών επιδημιών (θαλασσινά). Σε σπάνιες περιπτώσεις, μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρά νεκρωτικά έλκη, σηψαιμία και θάνατο σε ευαίσθητα άτομα που εκτίθενται κατά τη διάρκεια κολύμβησης σε μολυσμένα θαλάσσια περιβάλλοντα. Οι πλημμύρες και οι αυξημένες ροές νερού μπορούν να οδηγήσουν στη μόλυνση των πόσιμων, ψυκτικών ή αρδευτικών υδάτων και έτσι μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο ασθενειών που μεταδίδονται από το νερό, όπως η κρυπτοσποριδίωση.

Οι μολυσματικές ασθένειες που μεταδίδονται με το νερό αντιπροσωπεύουν σε πολλές περιοχές του κόσμου ένα σημαντικό ποσοστό της επιβάρυνσης από ασθένειες, αλλά όχι στη δυτική Ευρώπη, όπου η αναλογία είναι αμελητέα (WHO, 2002). Περισσότερο πλήττονται τα φτωχότερα στρώματα της κοινωνίας και κυρίως τα βρέφη και τα νήπια. Ένα σημαντικό μέρος των ασθενειών μεταδίδεται μέσω του πόσιμου νερού. Το επισφαλές πόσιμο νερό, η ανεπαρκής αποχέτευση και η κακή υγιεινή είναι υπεύθυνα για το 94% των διαρροϊκών ασθενειών που εμφανίζονται σε παγκόσμιο επίπεδο (Pruess-Ustuen & Corvalan, 2006).

Η προβλεπόμενη αύξηση των ακραίων καιρικών γεγονότων, ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις, οι πλημμύρες ή η παρατεταμένη ξηρασία, μπορεί περιφερειακά να έχουν διαφορετικές συνέπειες για τη μικροβιολογική και χημική ποιότητα ή/και τη διαθεσιμότητα των πόσιμων υδάτινων πόρων. Η προβλεπόμενη αύξηση των ακραίων βροχοπτώσεων και η έντασή τους οδηγεί σε αυξημένη επιφανειακή απορροή και συχνές εκδηλώσεις εκτόνωσης των καναλιών έκπλυσης και διαχωρισμού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη συχνότητα εμφάνισης και υψηλότερες συγκεντρώσεις των παθογόνων από ανθρώπινα ή ζωικά απόβλητα στα χρησιμοποιούμενα για την παραγωγή πόσιμου νερού επιφανειακά νερά (φράγματα, ποτάμια) και κοντά στην επιφάνεια των υδροφόρων οριζόντων. Από την υπερχείλιση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και των

πηγαδιών πόσιμου νερού, ως αποτέλεσμα των πλημμυρών, μπορεί επίσης να προκληθεί μόλυνση του πόσιμου νερού με παθογόνους παράγοντες. Ακόμη και τα νερά της πλημμύρας από μόνα τους μπορεί να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις παθογόνων.

Για τις χώρες της δυτικής Ευρώπης, μια συσσώρευση των ασθενειών αυτών εξαιτίας του κλίματος δεν είναι προς το παρόν πιθανή (Curriero et al., 2001), δεδομένου ότι η κεντρική παροχή πόσιμου νερού με το σύστημα των πολλαπλών φραγμάτων που διαθέτει είναι σε θέση να παρέχει ασφαλές πόσιμο νερό, ακόμη και σε ακραίες καιρικές καταστάσεις.

Το υφάλμυρο νερό και η αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος αποτελούν ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης του περιβάλλοντος για ορισμένα είδη *Vibrio*. Αυτές οι συνθήκες μπορούν να απαντηθούν κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών σε εκβολές ποταμών και σε κλειστούς υδάτινους όγκους με μέτρια αλατότητα, όπως τη Βαλτική Θάλασσα. Αντιθέτως, τα ανοιχτά ωκεάνια περιβάλλοντα δεν προσφέρουν κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης γι' αυτά τα βακτήρια εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε αλάτι, της χαμηλότερης θερμοκρασίας και της περιορισμένης περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά. Μεγαλύτερης σημασίας για την ανθρώπινη υγεία είναι τα είδη *Vibrio* που μπορούν να προκαλέσουν μολύνσεις, συμπεριλαμβανομένων των *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* και του μη τοξικογόνου *Vibrio cholerae*. Μπορεί να αναμένεται αυξημένος αριθμός λοιμώξεων με βάση τις επιπτώσεις των αυξημένων θερμοκρασιών στα σενάρια της κλιματικής αλλαγής. Το βακτηριακό *Vibrio* που αναπτύσσεται στα παράκτια ύδατα μπορεί να παρακολουθείται στο E3 Geoportals που αναπτύχθηκε από το ECDC (2016). Το εργαλείο χρησιμοποιεί καθημερινά ενημερωμένα δεδομένα από απόσταση για να εξετάσει τις περιβαλλοντικά κατάλληλες συνθήκες για τα είδη *Vibrio* στα παράκτια ύδατα διεθνώς.

Με την προβλεπόμενη αύξηση των βαριών βροχοπτώσεων στη βόρεια Ευρώπη, ο κίνδυνος μόλυνσης των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων αναμένεται να αυξηθεί. Η αλλαγή του κλίματος ενδέχεται να αυξήσει τη χρήση των όμβριων υδάτων για άρδευση ή πόσιμο νερό σε περιόδους ξηρασίας σε ορισμένες τοποθεσίες. Η προβλεπόμενη αύξηση των βαριών βροχοπτώσεων κάτω από τα σενάρια κλιματικής αλλαγής θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση των λοιμώξεων από νοροϊούς, επειδή οι πλημμύρες είναι γνωστό ότι συνδέονται με τις εστίες των ιών αυτών.

Σύμφωνα με ένα σενάριο υψηλών εκπομπών, η αλλαγή του κλίματος θα μπορούσε να οδηγήσει σε έως και 50% περισσότερες περιπτώσεις που σχετίζονται με τη θερμοκρασία μέχρι τα τέλη του 21ου αιώνα από ότι θα αναμενόταν μόνο με βάση την αλλαγή του πληθυσμού. Ωστόσο, αυτές οι εκτιμήσεις συνδέονται με υψηλή αβεβαιότητα (Watkiss & Hunt, 2012). Επιπλέον, οι πολιτικές προώθησης της υγείας και ασφάλειας των τροφίμων μπορούν να μετριάσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις στη δημόσια υγεία.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί έναν μεγάλο και αυξανόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη κοινωνική και βιολογική ευημερία. Μπορούμε να αναμένουμε ότι η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει την υγεία και την ευημερία των ανθρώπινων πληθυσμών με διάφορους τρόπους. Οι επιπτώσεις θα επηρεάσουν τα μελλοντικά επίπεδα της υγείας των πληθυσμών, τα πρότυπα της ασθένειας και του θανάτου, τις προσπάθειες για τη μείωση του χάσματος της υγείας μεταξύ φτωχών-πλουσίων, την κοινωνική σταθερότητα και την γεωπολιτική ασφάλεια. Από πολλές απόψεις, η «ανθρώπινη διάσταση» της αλλαγής του κλίματος είναι ευρύτερη και πιο εκτεταμένη από ότι έχει γίνει γενικά αποδεκτή στη δημόσια και πολιτική συζήτηση. Αυτή η αποτυχία να εξεταστεί σωστά και να αναγνωρίσει τη μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη απειλή για τα όρια των ανθρώπινων κοινωνιών, περιορίζει τόσο το όραμα για το μέλλον και το κίνητρο για να αναληφθεί άμεση δράση για τον περιορισμό αυτής της παγκόσμιας περιβαλλοντικής πρόκλησης.

Στην κατηγορία των λοιμωδών νοσημάτων υποκρύπτονται κάποιες από τις σημαντικότερες, γνωστές ή δυνητικές, απειλές για τη δημόσια υγεία παγκοσμίως. Στη σύγχρονη εποχή, λοιμώδεις παράγοντες που αναδύονται σε ένα σημείο του πλανήτη μπορούν να διασπαρούν γρήγορα σε άλλες περιοχές, λόγω της ευκολίας στα ταξίδια, της μετανάστευσης και της παγκοσμιοποίησης της τροφικής αλυσίδας. Σε κάθε αιώνα κυριαρχούσε και ένα λοιμώδες νόσημα και αποτελούσε την κυριότερη αιτία νοσηρότητας και θνησιμότητας. Η φυματίωση, η λέπρα, η πανώλη, η σύφιλη, η ιλαρά και σήμερα, ο Covid-19, είναι κάποια από αυτά, τα οποία έγιναν αιτία για το θάνατο εκατομμυρίων ανθρώπων στον πλανήτη. Περνώντας από τον αγροτικό στο βιομηχανικό τρόπο ζωής, με την πρόοδο της υγιεινής, την παιδεία, την εκπαίδευση, την ανάπτυξη της ιατρικής και των άλλων ειδικοτήτων, τα λοιμώδη νοσήματα περιορίστηκαν, αλλά δεν εξαλείφθηκαν. Η ραγδαία εξέλιξη της ιατρικής και της τεχνολογίας βοήθησε στον καθορισμό επιτυχημένων μέτρων καταπολέμησης των ασθενειών αυτών, όπως τα αντιβιοτικά, τα εμβόλια κ.λπ..

Ωστόσο, τα λοιμώδη νοσήματα εξακολουθούν ακόμη και σήμερα να αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της δημόσιας υγείας. Σε μια εποχή, με τόσο μεγάλη πρόοδο στην ιατρική, αλλά και στις υπόλοιπες επιστήμες, εξακολουθούν να υπάρχουν επιδημικές εξάρσεις διαφόρων λοιμωδών νοσημάτων που είχαν περιοριστεί,

όπως η φυματίωση και η γρίπη. Πολλές φορές, αυτό οφείλεται στη μετάλλαξη των λοιμογόνων παραγόντων ή στην ταχύτατη μετάδοσή τους λόγω του τρόπου διαβίωσης, είτε στην ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά. Με τον έλεγχο αυτών των λοιμωδών νοσημάτων ταυτίστηκε η δημόσια υγεία. Επίσης, αυξήθηκε ο κίνδυνος έκθεσής μας σε νέα λοιμώδη νοσήματα, δεδομένου ότι οι μη φυσιολογικές περιστάσεις αποτέλεσαν το έναυσμα για ζώα να έλθουν σε επαφή με άλλα ζώα, που δεν θα συναντούσαν κανονικά, δημιουργώντας έτσι τις συνθήκες για την εισαγωγή νέων παθογόνων σε ξενιστές που μόλυναν ακολούθως τον άνθρωπο.

Η πρόσφατη εμφάνιση της πανδημίας του Covid-19 απέδειξε ότι η ανθρωπότητα και οι κοινωνικοί, πολιτικοί και θεσμικοί μηχανισμοί βρίσκονται σε εγρήγορση και μπορούν να αντιμετωπίσουν μια σειρά από δύσκολες καταστάσεις, όπως και αυτή της κλιματικής πλέον κρίσης. Επίσης προκύπτει το συμπέρασμα ότι είναι πολύ πιθανό η ανθρωπότητα να αντιμετωπίσει στο μέλλον τέτοιου είδους πανδημίες, αποτέλεσμα της λανθασμένης χρήσης του φυσικού περιβάλλοντος από τον άνθρωπο. Στο πλαίσιο αυτό, απαιτούνται δράσεις σε παγκόσμιο επίπεδο κυρίως των ανεπτυγμένων χωρών του πλανήτη, καθώς τα φαινόμενα έχουν ισχυροποιηθεί με μεγάλη πιθανότητα, να επαληθευτούν τα πιο δυσοίωνα σενάρια.

Με οποιονδήποτε τρόπο, οι ιοί θα βρίσκουν πάντα έναν τρόπο να επιβιώνουν. Ειδικά οι ιοί RNA, οι οποίοι έχουν πολύ υψηλά ποσοστά μετάλλαξης με ευρεία και ταχεία προσαρμοστικότητα. Το ίδιο ισχύει και για τον πλανήτη μας, τη γη, όπου τα τελευταία δισεκατομμύρια έτη έχουν συμβεί πέντε μαζικές εξαφανίσεις. Θα συμβεί ωστόσο το ίδιο με το ανθρώπινο είδος; Ποια θα είναι η εξέλιξή μας σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα; Θα βρουν οι σύγχρονοι επιστήμονες τρόπους για να προστατεύσουν την ανθρωπότητα και να αποτρέψουν την έκτη μεγάλη μαζική εξαφάνιση, που σύμφωνα με τις θεωρίες τους ήδη λαμβάνει χώρα; Αδιαμφισβήτητα, η κλιματική αλλαγή θα επιφέρει καταστροφικές συνέπειες για τον πλανήτη μας και τα οικοσυστήματα: οι πάγοι λιώνουν, η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει, τα δάση καίγονται. Η ανθρώπινη υγεία θα κινδυνεύσει και θα υπάρξει κίνδυνος ακόμη και για την επιβίωση του είδους μας. Το μέλλον μοιάζει αβέβαιο. Η κλιματική αλλαγή θα συνεχιστεί για πολλές ακόμα δεκαετίες. Η κλίμακα της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής και οι επιπτώσεις της θα εξαρτηθούν από την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των παγκόσμιων συμφωνιών για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, αλλά και από τη διασφάλιση της ύπαρξης των κατάλληλων στρατηγικών και πολιτικών προσαρμογής

με σκοπό τον περιορισμό των κινδύνων από υφιστάμενα και προβλεπόμενα ακραία κλιματικά φαινόμενα.

Η προστασία της υγείας του ανθρώπου και κατ' επέκταση της δημόσιας υγείας, θα πρέπει να θεωρείται επιβεβλημένη και αυτονόητη για όλους τους πληθυσμούς του πλανήτη και να αποτελεί βασικό αγαθό ακόμη και για πληθυσμούς κοινωνικά αδύναμους και οικονομικά ασθενέστερους. Οι πληγές των ανθρώπων, σωματικές και ψυχικές, αποτέλεσμα των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής θα πρέπει σταδιακά να επουλωθούν παράλληλα με την αποκατάσταση των ζημιών που έχει υποστεί ο πλανήτης. Η μετά Covid εποχή, θα πρέπει να χαρακτηριστεί και να σηματοδοτηθεί από την αποκλειστική χρήση της «πράσινης ενέργειας» καθώς και την ανάληψη δράσεων και ευθυνών και την εφαρμογή των πολιτικών εκείνων, που στοχεύουν στην προστασία του πλανήτη και τη δημιουργία νέων συνθηκών για τον άνθρωπο.

Η υιοθέτηση τρόπων από τον καθένα από εμάς, που θα στοχεύουν στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής θα μπορούσε να επιφέρει μείωση του αριθμού των εκτιμώμενων θανάτων των σχετιζόμενων με την κλιματική αλλαγή στο μέλλον. Επιπλέον, η εισαγωγή της «Κλιματικής Ιατρικής» ως σημαντικού μαθήματος σε όλα τα κλινικά και ακαδημαϊκά ινστιτούτα της χώρας, από τα οποία σήμερα απουσιάζει εντελώς, είναι αναγκαία. Η σταθερότητα του εθνικού συστήματος υγείας και η βέλτιστη εκπαίδευση και ετοιμότητα των ιατρών, καθώς και η εξοικείωσή τους με όρους από την κλιματική επιστήμη θα αποτελέσουν σημαντικά και κρίσιμα βήματα για την καταπολέμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην υγεία των ανθρώπων.

Βιβλιογραφία

Ξενογλώσση

Abbass, K., Qasim, M.Z., Song, H. et al. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environ Sci Pollut Res*, 29, 42539-42559.

Amengual, A., Homar, V., Romero, R. et al. (2014). Projections of heat waves with high impact on human health in Europe. *Glob. Planet. Chang.*, 119, 71–84.

American Museum of National History (2020). *Climate Change Today*. The Greenhouse Effect [Online] Available at: <https://www.amnh.org/exhibitions/climate-change/climate-change-today>

Andersen, K.G., Rambaut, A., Lipkin, I.W., Holmes, E.C., & Garry, R.F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nat Med*, 26, 450–452.

Armitage, J.M., Quinn, C.L., & Wania, F. (2011). Global climate change and contaminants - An overview of opportunities and priorities for modelling the potential implications for long-term human exposure to organic compounds in the Arctic. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(6): 1532–1546.

Astrom, C., Orru, H., Rocklov, J., Strandberg, G., Ebi, K.L., & Forsberg, B. (2013). Heat-related respiratory hospital admissions in Europe in a changing climate: A health impact assessment. *BMJ Open*, 3(1): e001842.

Astrom, O.D., Schifano, P., Asta, F., Lallo, A., Michelozzi, P., Rockloev, J., & Forsberg, B. (2015). The effect of heat waves on mortality insusceptible groups: a cohort study of a mediterranean and a northern European City. *Environmental Health*, 14, 30.

Barck, C., Lundahl, J., Hallden, G., & Bylin, G. (2005). Brief exposures to NO₂ augment the allergic inflammation in asthmatics. *Environ Res*, 97, 58-66.

Bathke, B. (2021). *Greatest challenge to human rights - UN demands support for rising number of 'environmental migrants*. Infomigrants. [Online] Available at: <https://www.infomigrants.net/en/post/35222/greatest-challenge-to-human-rights--un-demands-support-for-rising-number-of-environmental-migrants>

- Bharti, A.R., Nally, J.E., Ricaldi, J.N. et al. (2003). Leptospirosis: a zoonotic disease of global importance. *Lancet Infect Dis*, 3, 757-771.
- Boeckmann, M., & Joyner, T.A. (2014), Old health risks in new places? An ecological niche model for *I. ricinus* tick distribution in Europe under a changing climate. *Health and Place*, 30, 70–77.
- Bouchard, C., Dibernardo, A., & Koffi, J. et al. (2019). Increased risk of tick-borne diseases with climate and environmental changes. *Can Commun Dis Rep*, 45, 83–89.
- Bourouiba, L. (2020). Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA*, 323(18): 1837-1838.
- Breton, M.C., Garneau, M., Fortier, I et al. (2006). Relationship between climate, pollen concentrations of *Ambrosia* and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994-2002. In: *Sci Total Environ* 370(1): 39-50.
- Burroughs, A.L. (1953). Sylvatic plague studies. X. Survival of rodent fleas in the laboratory. *Parasitology*, 43, 35-48.
- Caminade, C., Kovats, S., Rocklov, J. et al. (2014). Impact of climate change on global malaria distribution, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3286-3291.
- Caminade, C., Medlock, J.M., Ducheyne, E., McIntyre, K.M., Leach, S., Baylis, M., & Morse, A.P. (2012). Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: Recent trends and future scenarios. *Journal of The Royal Society Interface*, 9(75): 2708-2717.
- Checkley, W., Epstein, L.D., Gilman, R.H. et al. (2000). Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet*, 355(9202): 442-450.
- Chen, S., Igan, D., Pierri, N., & Presbitero, A.F. (2020). *Tracking the economic impact of COVID-19 and mitigation policies in Europe and the United States*. IMF, Special Series on COVID-19, 110.
- Chen, Y., Liu, Q., & Guo, D. (2020). Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis. *J. Med. Virol*, 92(4):418-423.

Chen, Y., Song, K., Chen, X. et al. (2022). Attenuation of *Yersinia pestis* *fyuA* Mutants Caused by Iron Uptake Inhibition and Decreased Survivability in Macrophages. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 12. [Online] Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcimb.2022.874773/full>

Ciscar, J.C., Feyen, L., Soria, A. et al. (2014). *Climate impacts in Europe: The JRC PESETA II Project*. JRC Scientific and Policy Reports EUR 26586 EN, JRC87011, European Commission - Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Institute for Environment and Sustainability.

Ciscar, J.C., Iglesias, A., Feyen, L. et al. (2011). Physical and economic consequences of climate change in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7): 2678-2683.

Copernicus Climate Change Service - C3S (2023). *Global Climate Highlights 2022*. [Online] Available at: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2022>

Coumou, D., Robinson, A., & Rahmstorf, S. (2013). Global increase in record-breaking monthly-mean temperatures. *Climatic Change*, 118(3-4): 771–782.

Curriero, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B., & Lele, S. (2001). The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948–1994. *Am J Public Health*, 91(8): 1194–1199.

Davis, S., Begon, M., De Bruyn, L. et al. (2004). Predictive thresholds for plague in Kazakhstan. *Science*, 304, 736-738.

Dennis, D., & Piesman, J. (2005). *Overview of Tick-Borne Infections of Humans*. Medicine.

Duffy, S. (2018). Why are RNA virus mutation rates so damn high? *PLoS Biol*, 16, e3000003.

ECDC (2012). *The climatic suitability for dengue transmission in continental Europe*. [Online] Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/media/en/publications/Publications/TER-Climatic-suitablility-dengue.pdf>

ECDC (2016). *E3 Geoportal: Vibrio Tool*. [Online] Available at: <https://geoportal.ecdc.europa.eu/vibriomapviewer/>

- ECDC (2019). *Climate change*. European Centre for Disease Prevention and Control. [Online] Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/climate-change>
- ECDC (2022). *Clinical characteristics of COVID-19* [Online] Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/latest-evidence/clinical>
- EEA (2010). *The European environment - state and outlook 2010: Synthesis*. European Environment Agency.
- EEA (2011). *Safe water and healthy water services in a changing environment*. EEA Technical report No 7/2011, European Environment Agency.
- EEA (2015). *Effects of climate change: Air pollution due to ozone and health impacts*. [Online] Available at: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/air-pollution-by-ozone-2/assessment>
- Eisen, L. (2007). Seasonal pattern of host-seeking activity by the human-biting adult life stage of *Dermacentor andersoni* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol*, 44, 359-366.
- Eisen, L. (2008). Climate change and tick-borne diseases: a research field in need of long-term empirical field studies. *Int J Med Microbiol*, 298.
- Eisen, L., & Stafford, K.C. (2020). Barriers to effective tick management and tick-bite prevention in the United States (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol*, 58(4): 1588-1600.
- Enscore, R.E., Biggerstaff, B.J., Brown, T.L. et al. (2002). Modeling relationships between climate and the frequency of human plague cases in the southwestern United States, 1960–1997. *Am J Trop Med Hyg*, 66, 186-196.
- European Commission (2009). *Adapting to climate change: Towards a European framework for action*. COM(2009) 147 final. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:EN:PDF>
- Fattorini, D., & Regoli, F. (2020). Role of the chronic air pollution levels in the COVID-19 outbreak risk in Italy. *Environ Pollut*, 264, 114732.
- Fischer, D., Moeller, P., Thomas, S.M., Naucke, T.J., & Beierkuhnlein, C. (2011). Combining climatic projections and dispersal ability: A method for estimating the responses of sandfly vector species to climate change. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 5(11): e1407.

- Frontera, A., Cianfannelli, L., Vlachos, K., Landoni, G., & Cremona, G. (2020). Severe air pollution links to higher mortality in COVID-19 patients: The “double-hit” hypothesis. *J Infect*, *S0163-4453(20)*: 30285-1.
- Gagnon, A.S., Smoyer-Tomic, K.E., & Bush, A.B. (2002). The El Niño southern oscillation and malaria epidemics in South America. *Int. J. Biometeorol.* *46*, 81-89.
- Gale, P., Brouwer, A., Ramnial, V., Kelly, L., Kosmider, R., Fooks, A.R., & Snary, E.L. (2009). Assessing the impact of climate change on vector-borne viruses in the EU through the elicitation of expert opinion. *Epidemiology and Infection*, *138(2)*: 214.
- Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M. et al. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet (London, England)*, *386(9991)*: 369-375.
- Gilbert, L. (2009). Altitudinal patterns of tick and host abundance: a potential role for climate change in regulating tick-borne diseases? *Oecologia*, *162*, 217–225.
- Gray, J., Dautel, H., Estrada-Pena, A., Kahl, O., & Lindgren, E. (2009). Effects of Climate Change on Ticks and Tick-Borne Diseases in Europe. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, Article ID 593232.
- Gururajan, A., Rajkumari, N., & Devi, U., & Borah, P. (2021). Cryptosporidium and waterborne outbreaks – A mini review. *Trop Parasitol.*, *11(1)*: 11-15.
- Hayes, E.B., Komar, N., Nasci, R.S., Montgomery, S.P., O’Leary, D.R., & Campbell, G.L. (2005). Epidemiology and transmission dynamics of West Nile virus disease. *Emerg Infect Dis*, *11*, 1167-1173.
- Heneghan, C. (2022). *Transmission of SARs-COV-2: Updated Protocols for a series of systematic reviews*. figshare. Preprint. [Online] Available at: https://figshare.com/articles/preprint/Transmission_of_SARs-COV-2_Updated_Protocols_for_a_series_of_systematic_reviews/19229754/3
- Herring, D. (2007). *Earth is Cooling...No it's Warming*. Earth’s Temperature Tracker, Earth Observatory. [Online] Available at: https://earthobservatory.nasa.gov/features/GISSTemperature/giss_temperature2.php
- Heylen, D., Lasters, R., Adriaensen, F. et al. (2019). Ticks and tick-borne diseases in the city: Role of landscape connectivity and green space characteristics in a metropolitan area. *Sci Total Environ.*, *670*, 941-949.

Hinnebusch, B.J., Bland, D.M., Bosio, C.F., & Jarrett, C.O. (2017) Comparative Ability of *Oropsylla montana* and *Xenopsylla cheopis* Fleas to Transmit *Yersinia pestis* by Two Different Mechanisms. *PLoS Negl Trop Dis* 11(1): e0005276.

Hinnebusch, B.J., Fischer, E.R., & Schwan, T.G. (1998). Evaluation of the role of the *Yersinia pestis* plasminogen activator and other plasmid-encoded factors in temperature-dependent blockage of the flea. *J Infect Dis*, 178, 1406-1415.

Hinnebusch, B.J., Jarrett, C.O., & Bland, D.M. (2021). Molecular and Genetic Mechanisms That Mediate Transmission of *Yersinia pestis* by Fleas. *Biomolecules*, 11(2): 210.

Hirzel, A., Le Lay, G., Helfer, V., Randin, C., & Gussian, A. (2006). Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *Ecological Modeling*, 199(2): 142-152.

Honda, Y., Kondo, M., McGregor, G. et al. (2014). Heat-related mortality risk model for climate change impact projection, *Environmental Health and Preventive Medicine*, 19(1): 56–63.

Horton, M. (2019). *The effects of climate change on suicide rates*. Stanford News. [Online] Available at: <https://news.stanford.edu/2019/03/29/effects-climate-change-suicide-rates/>

IPCC (2001). *Climate change 2001: Synthesis Report*. Geneva, Switzerland, Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_TAR_full_report.pdf

IPCC (2014a). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Rajendra K. Pachauri & Louis.A. Meyer (eds.), 2014. Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf

IPCC (2014b): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer, O.,R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani et al.(eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf

IPCC (2014c). *Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge; New York, Cambridge University Press.

IPCC (2014d). *Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Part B: Regional aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge; New York.

IPCC (2022). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor et al. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK & New York, NY, USA, pp. 3–33, Available at: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf

Israelsson, J., Charlton-Perez, A., & Sun, T. (2022). Impact of climate change on hospital admissions: a case study of the Royal Berkshire Hospital in the UK. *Meteorological Applications*, 29(4): e2084.

Jacobson, H.K. (2001). Climate Policy: International. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Neil J. Smelser, Paul B. Baltes (eds) ,pp. 2011 – 2016. Available at: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/04487-9>

Jaenisch, T., & Patz, J. (2002). Assessment of associations between climate and infectious diseases. *Global Change and Human Health*, 3, 67-72.

Jaenson, T.G.T., & Lindgren, E. (2011). The range of *Ixodes ricinus* and the risk of contracting Lyme borreliosis will increase northwards when the vegetation period becomes longer. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 2(1): 44-49.

Ciscar, J.C., Feyen, L., & Soria, A. et al. (2014). *Climate Impacts in Europe - The JRC PESETA II Project*. Published in: EUR – Scientific and Technical Research, Vol. 26586..

Kinney, P.L., Schwartz, J., Pascal, M., Petkova, E., Tertre, A.L., Medina, S., & Vautard, R. (2015). Winter season mortality: Will climate warming bring benefits? *Environmental Research Letters*, 10(6): 64 016.

- Ko, A.I., Goarant, C., & Picardeau, M. (2009). Leptospira: the dawn of the molecular genetics era for an emerging zoonotic pathogen. *Nat Rev Microbiol*, 7, 736-747.
- Kovats, R.S., Valentini, R., Bouwer, L.M. et al. (2014). Europe. In: Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J. et al. (eds), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge; New York, pp.1267–1326.
- Krasnov, B.R., Khokhlova, I.S., Fielden, L.J., & Burdelova, N.I. (2002). Time of survival under starvation in two flea species (Siphonaptera: Pulicidae) at different air temperatures and relative humidities. *J Vector Ecol*, 27, 70-81.
- Kunzli, N., & Tager, I.B. (2005). Air pollution: from lung to heart. *Swiss Medical Weekly* 135(47-48): 697-702. Available at: <https://smw.ch/index.php/smw/article/view/558/555>
- Kwauk, C., & Braga, A. (2017). *To Fight Climate Change, Educate and Empower Girls*. News Security Beat. [Online] Available at: <https://www.newsecuritybeat.org/2017/09/fight-climate-change-educate-empower-girls/>
- Lenhard, T., Ott, D., Jakob, N.J. et al. (2016). Predictors, neuroimaging characteristics and long term outcome of severe European Tick-borne encephalitis: A prospective cohort study. *PLoS One.*, 11(4): e0154143.
- Li, J., Wang, R., Chen, Y., Xiaio, L., & Zhang, L. (2019). Cyclospora cayetanensis infection in humans: biological characteristics, clinical features, epidemiology, detection method and treatment. *Parasitology*, 147(2): 160-170.
- Li, Q., Guan, X., Wu, P. et al. (2020). Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia. *The New England Journal of Medicine*, 382(13): 1199-1207.
- Lindgren, E., Andersson, Y., Suk, J.E., Sudre, B., & Semenza, J.C. (2012). Monitoring EU emerging infectious disease risk due to climate change. *Science*, 336(6080): 418-419.
- Lung, T., Lavalle, C., Hiederer, R. et al. (2013). A multi-hazard regional level impact assessment for Europe combining indicators of climatic and non-climatic change. *Glob. Environ. Chang.*, 23, 522–536.

- Mann, G.A., Tam, C.C., Higgins, D.C., & Rodrigues, C.L. (2007). The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: a systematic review. *MBC Public Health*, 7, 256.
- McMichael, A.J., Woodruff, R.E., & Hales, S. (2006). Climate change and human health: present and future risks. *Lancet*, 367(9513): 859-869.
- Mead, M.N. (2011). Who's at risk? Gauging susceptibility to air pollutants. *Environ Health Perspect*, 119, A176.
- Medlock, J.M., & Leach, S.A. (2015). Effect of climate change on vector-borne disease risk in the UK. *The Lancet Infectious Diseases*, 15(6): 721-730.
- Meyerhoff, J.O. (2022). Lyme Disease: Practice, Essentials, Background, Etiology. *Medscape*. [Online] Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/330178-overview>
- Mitchell, C.L., Schwarzer, A.R., Miarinjara, A. et al. (2022). A Role for Early-Phase Transmission in the Enzootic Maintenance of Plague. *PLoS Pathog* 18(12): e1010996.
- Morris, J., Bortolasci, C.C., Puri, B.K. et al. (2020). The pathophysiology of SARS-CoV-2: A suggested model and therapeutic approach. *Life Sci.*, 258, 118166.
- NASA (2010). *How do we know climate change is real?* [Online] Available at: <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- NASA (2020a). *What is the greenhouse effect?* NASA Global Climate Change. [Online] Available at: <https://climate.nasa.gov/faq/19/what-is-the-greenhouse-effect/>
- NASA (2020b) *The causes of Climate Change*. NASA Global Climate Change. [Online] Available at: <https://climate.nasa.gov/causes/>
- NASA Earth Observatory (2022). *Word of Change: Global Temperatures*. [Online] Available at: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>
- Ntentip, U., & Nsentip, E. (2021). *The role of girls' education in fighting climate change*. Assembly. [Online] Available at: <https://assembly.malala.org/stories/the-role-of-girls-education-in-fighting-climate-change>
- Nuttall, A.P. (2021). Climate change impacts on ticks and tick-borne infections. *Biologia*, 77, 1503-1512.

O’Leary, D.R., Marfin, A.A., Montgomery, S.P. et al. (2004). The epidemic of West Nile virus in the United States, 2002. *Vector Borne Zoonotic Dis*, 4, 61–70.

OECD & European Union (2022). *Health at a Glance: Europe 2022. State of Health in the EU Cycle*. OECD Publishing, Paris.

Ostfeld, R.S., & Brunner, J.L. (2015). Climate change and Ixodes tick-borne diseases of humans. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1665): 1-11.

Otter, J.A., Donskey, C., Yezli, S., Douthwaite, S., Goldenberg, S.D., & Weber, D.J. (2016). Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: The possible role of dry surface contamination. *J Hosp Infect*, 92, 235–250.

Paci, D. (2014). *Human health impacts of climate change in Europe*. Report for the PESETA II project, Report EUR 26494EN, Joint Research Centre, European Commission, Seville.

Parham, P.E., Waldock, J., Christophides, G. K. et al. (2015). Climate, environmental and socio-economic change: Weighing up the balance in vector-borne disease transmission. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1665): 1-17.

Pastorino, B., Touret, F., Gilles, M., De Lamballerie, X., & Charrel, R.N. (2020). Evaluation of heating and chemical protocols for inactivating SARS-CoV-2. *bioRxiv*, 1–9.

Petersen, L.R., Brault, A.C., & Nasci, R.S. (2013). West Nile Virus: Review of the Literature. *JAMA*, 310(3): 308-315.

Pollitzer, M.D. (1954). *Plague*. Geneva: World Health Organization.

Porretta, D., Mastrantonio, V., Amendolia, S. et al. (2013). Effects of global changes on the climatic niche of the tick *Ixodes ricinus* inferred by species distribution modeling. *Parasites and Vectors*, 6, 271.

Proestos, Y., Christophides, G.K., Erguler, K., Tanarhte, M., Waldock, J., & Lelieveld, J. (2015). Present and future projections of habitat suitability of the Asian tiger mosquito, a vector of viral pathogens, from global climate simulation.

Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 370(1665): 1-16.

Pruess-Ustuen, A., & Corvalan, C. (2006). *Preventing disease through healthy environments: Towards an estimate of the environmental burden of disease*. World Health Organization, Geneva.

Randolph, S.E. (1998). Ticks are not insects: consequences of contrasting vector biology for transmission potential. *Parasitology Today*, 14, 186-192.

Randolph, S.E. (2000). Ticks and tick-borne disease systems in space and from space. *Adv Parasitol*, 47, 217-243.

Randolph, S.E. (2001). The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 356, 1045-1056.

Randolph, S.E. (2004). Evidence that climate change has caused 'emergence' of tick-borne diseases in Europe? *Int J Med Microbiol*, 293, 5-15.

Randolph, S.E., & Rogers, D.J. (2010). The arrival, establishment and spread of exotic diseases: Patterns and predictions. *Nature Reviews Microbiology*, 8(5): 361-371.

Reiter, P., Lathrop, S., Bunning, M. et al. (2003). Texas lifestyle limits transmission of dengue virus. *Emerg Infect Dis*, 9, 86-89.

Rocklov, J., & Dubrow, R. (2020). Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nature Immunology*, 21, 479-483.

Rodriguez-Rajo, F.J., Dopazo, A., & Jato, V. (2004). Environmental factors affecting the start of pollen season and concentrations of airborne *Alnus* pollen in two localities of Galicia (NW Spain). *Ann Agric Environ Med*, 11, 35-44.

Rogers, C.A., Wayne, P.M., Macklin, E.A. et al. (2006). Interaction of the onset of spring and elevated atmospheric CO₂ on ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen production. *Environ Health Perspect*, 114, 865-869.

Roiz, D., Neteler, M., Castellani, C., Arnoldi, D., & Rizzoli, A. (2011). Climatic factors driving invasion of the tiger mosquito (*Aedes albopictus*) into new areas of Trentino, northern Italy. *Public Library of Science ONE*, 6(4): e14800.

- Rojas, R., Feyen, L., Bianchi, A., & Dosio, A. (2012). Assessment of future flood hazard in Europe using a large ensemble of bias corrected regional climate simulations. *Journal of Geophysical Research*, *117*, D17109.
- Schneider, S.H., Rosencranz, A., & Niles, J.O. (2002). *Climate Change Policy: a Survey*. Island Press.
- Semenza, J.C., & Menne, B. (2009). Climate change and infectious diseases in Europe. *The Lancet Infectious Diseases*, *9*(6): 365-375.
- Semenza, J.C., & Suk, J. (2017). Vector Borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiology Letters*, *365*, fnx244.
- Semenza, J.C., Houser, C., Herbst, S., Rechenburg, A., Suk, J.E., Frechen, T., & Kistemann, T. (2012). Knowledge mapping for climate change and food- and waterborne diseases. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *42*(4): 378-411.
- Semenza, J.C., Sudre, B., Miniota, J. et al. (2014). International dispersal of dengue through air travel: Importation risk for Europe. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *8*(12): e3278.
- Semenza, J.C., Tran, A., Espinosa, L., Sudre, B., Domanovic, D., & Paz, S. (2016). Climate change projections of West Nile virus infections in Europe: Implications for blood safety practices. *Environmental Health*, *15*(1): 125-136.
- Setti, L., Passarini, F., De Gennaro, G. et al. (2020). Position paper – Relazione circa l' effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione. *SIMA – Societa Italiana di Medicina Ambientale*, 1-6.
- Shannon, J.G., Bosio, C.F., & Hinnebusch, B.J. (2015). Dermal Neutrophil, Macrophage and Dendritic Cell Responses to *Yersinia pestis* Transmitted by Fleas. *PLoS Pathog* *11*(3): e1004734.
- Sharun, K., Dhama, K., Pawde, A.M. et al. (2021). SARS-CoV-2 in animals: potential for unknown reservoir hosts and public health implications. *Vet Q*, *41*(1): 181-201.
- Shuman, E.K. (2010). Global climate change and infectious diseases. *N Engl J Med*, *362*, 1061-1063.

- Singh, N., & Sharma, V.R. (2002). Patterns of rainfall and malaria In Madhya Pradesh, central India. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 96, 349-359.
- Singh, R.B., Hales, S., de Wet, N., Raj, R., Hearnden, M., & Weinstein, P. (2001). The influence of climate variation and change on diarrhoeal disease in the Pacific Islands. *Environ Health Perspect*, 109(2): 155–159.
- Smith, M.R., Thornton, P.K., & Myers, S.S. (2018). *The impact of rising carbon dioxide levels on crop nutrients and human health*. IFPRI GCAN Policy Note.
- Smith, K.R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., et al. (2014). Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. et al. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 709-754.
- Sobrino, J.A., & Julien, Y. (2013). Time Series Corrections and Analyses in Thermal Remote Sensing. In: Kuenzer C., Dech S. (eds) *Thermal Infrared Remote Sensing. Remote Sensing and Digital Image Processing, Vol 17*. Springer, Dordrecht.
- Sonenshine, D.E. (1991). *Biology of ticks volume 1*. New York: Oxford University Press.
- Spencer, E., Jefferson, T., & Heneghan, C. (2020). *COVID-19: Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia*. The Centra for Evidence-Based Medicine (CEBM). [Online] Available at: <https://www.cebm.net/study/covid-19-early-transmission-dynamics-in-wuhan-china-of-novel-coronavirus-infected-pneumonia/>
- Spieksma, F.T.M., Emberlin, J.C., Hjelmsroos, M., Jager, S., & Leuschner, R.M. (1995). Atmospheric birch (*Betula*) pollen in Europe: trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons. *Grana*, 34, 51-57.
- Stenseth, N.C., Samia, N.I., Viljugrein, H. et al. (2006). Plague dynamics are driven by climate variation. *Proc Natl Acad Sci*, 103, 13110-13115.
- Suk, J.E., & Semenza, J.C. (2011). Future infectious disease threats to Europe, *American Journal of Public Health*, 101(11): 2068-2079.

Suk, J.E., Ebi, K.L., Vose, D. et al. (2014). Indicators for tracking European vulnerabilities to the risks of infectious disease transmission due to climate change. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(2): 2218-2235.

Trajer, A.J., Bede-Fazekas, A., Hufnagel, L., Horvath, L., Bobvos, J., & Paldy, A. (2013). The effect of climate change on the potential distribution of the european phlebotomus species. *Applied Ecology and Environmental Research*, 11(2): 189-208.

Tzortzinis, A. (2017). *Climate Change History*. History.com. [Online] Available at: <https://www.history.com/topics/natural-disasters-and-environment/history-of-climate-change>

UN Women (2022). *Why women need to be at the heart of climate action*. [Online] Available at: <https://www.unwomen.org/en/news-stories/explainer/2022/03/explainer-why-women-need-to-be-at-the-heart-of-climate-action>

UN Women Watch (2019). *Women, Gender Equality and Climate Change*. 14 Environmental Research Letters 054007. Available at: https://www.un.org/womenwatch/feature/climate_change/downloads/Women_and_Climate_Change_Fact_sheet.pdf

UNICEF (2021). *The impacts of climate change put almost every child at risk*. [Online] Available at: <https://www.unicef.org/stories/impacts-climate-change-put-almost-every-child-risk>

United Nations (1987). *Gro Harlem Brundtland Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. UNGA Doc. A/42/427. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

United Nations (1992a). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>

United Nations (1992b). *1992 Rio Declaration on Environment and Development*. UN Doc. A/CONF. 151/26 (vol. I), 31 ILM 874. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>

United Nations (1992c). *Convention on biological diversity*. 1760 UNTS 79, 31 ILM 818. Available at: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>

United Nations (2022). *5 things you should know about the greenhouse gases warming the planet*. UN news. [Online] Available at: https://news.un.org/en/story/2022/01/1109322?gclid=Cj0KCQjwmouZBhDSARIsALYcoupPxjv2Vws_gPPbLGaQmhoYlbpXIlq10PPX1-BQnEmqv3AXO1PW4dUaAjsEALw_wcB

United Nations Climate Change (2021). *A Beginner's Guide to Climate Neutrality*. UNFCCC. [Online] Available at: <https://unfccc.int/blog/a-beginner-s-guide-to-climate-neutrality>

United Nations Environment Programme (2013). *IPCC confirms that human activity will further warm the Earth, with dramatic effects on weather, sea-levels and the Arctic*. [Online] Available at: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/ipcc-confirms-human-activity-will-further-warm-earth-dramatic>

US EPA (2022). *DDT - A Brief History and Status*. United States Environmental Protection Agency. [Online] Available at: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/ddt-brief-history-and-status>

Van Seventer, J.M., & Hochberg, S.N. (2017). Principles of Infectious Diseases: Transmission, Diagnosis, Prevention, and Control. *International Encyclopedia of Public Health*, pp. 22-39.

Vardoulakis, S., Dear, K., Hajat, S., Heaviside, C., & Eggen, B. (2014). Comparative assessment of the effects of climate change on heat- and cold-related mortality in the United Kingdom and Australia. *Environmental Health Perspectives*, 122(12): 1285-1292.

Voyiatzaki, C., Papailia, S.I., Venetikoy, M.S. et al. (2022). Climate Changes Exacerbate the Spread of *Ixodes ricinus* and the Occurrence of Lyme Borreliosis and Tick-Borne Encephalitis in Europe—How Climate Models Are Used as a Risk Assessment Approach for Tick-Borne Diseases. *Int J Environ Res Public Health*, 19(11): 6516.

Watkiss, P., & Hunt, A. (2012). Projection of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom up analysis: Human health. *Climatic Change*, 112(1): 101-126.

Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P. et al. (2015). Health and climate change: Policy responses to protect public health. *The Lancet*, 386(10006): 1861-1814.

WHO (2002). *The World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. World Health Organization, Geneva.

WHO (2003). *Climate change and human health: risks and responses*. A.J. McMichael et al. (editors), World Health Organization, Geneva.

WHO (2011). *Public health advice on preventing health effects of heat*. Copenhagen, World Health Organization, Regional Office for Europe.

WHO (2018). *Heat and Health*. World Health Organization. [Online] Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>

WHO (2019). *Dengue and severe Dengue*. World Health Organization. [Online] Available at: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/dengue-and-severe-dengue>

WHO (2020a). *Origin of SARS-CoV-2*. World Health Organization. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332197/WHO-2019-nCoV-FAQ-Virus_origin-2020.1-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WHO (2020b). *WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19*. World Health Organization.

WHO (2021a). *Climate Change and Health*. World Health Organization. [Online] Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>

WHO (2021b). *2021 WHO health and climate change global survey report*. World Health Organization. [Online] Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240038509>

WHO (2022a). *Billions of people still breathe unhealthy air: New who data*. World Health Organization. [Online] Available at: <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>

WHO (2022b) *Compendium of WHO and other UN guidance on Health and Environment*. World Health Organization. Available at: <https://apps.who.int/iris/>

bitstream/handle/10665/352844/WHO-HEP-ECH-EHD-22.01-eng.pdf?fbclid=IwAR1nn6mXIjiRncal1uqAjpgKfNxTUryNU6N4d7vNWXckhj3fC8aFiPJr-T09s

WHO (2022c). *Climate Change*. World Health Organization. [Online] Available at: https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1

WHO (2022d). *Africa faces rising climate-linked health emergencies*. [Online] Available at: <https://www.afro.who.int/news/africa-faces-rising-climate-linked-health-emergencies>

Wiersinga, W.J., Rhodes, A., Cheng, A.C., Peacock, S.J., & Prescott, H.C. (2020). Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review. *JAMA*. 324(8):782-793.

Wikel, S.K. (2022). Changing geographic ranges of human biting ticks and implications for tick-borne zoonoses in North America. *Zoonotic Diseases*, 2(3): 126–146.

Winn Jr, W., Allen, S., Janda, W. et al. (2011). *Koneman's Διαγνωστική Μικροβιολογία*. Ν. Καββαδίας (μτφ.), Ε. Πλατσούκα (επιμ.), Τόμος Α', Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας.

WMO & WHO (2015). *Heatwaves and health: guidance on warning-system development*. World Meteorological Organization and World Health Organization, Geneva.

Wolf, T., Lyne, K., Martinez, G.S., & Kendrovski, V. (2015). The health effects of climate change in the WHO European Region. *Climate*, 3(4): 901-936.

Wollenweber, B., Porter, J.R., & Schellberg, J. (2003). Lack of interaction between extreme hightemperature events at vegetative and reproductive growth stages in wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189, 142-150.

Wu, X., Nethery, R.C., Sabath, B.M., Braun, D., & Dominici, F. (2020). *Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study*. medRxiv. [Online] Available at: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.05.20054502>

Zeman, P., & Benes, C. (2004). A tick-borne encephalitis ceiling in Central Europe has moved upwards during the last 30 years: possible impact of global warming? *Int J Med Microbiol*, 293, 48-54.

Zhao, F., Zhang, T. Su, J. et al. (2018). Genetic differentiation of the oriental rat flea, *Xenopsylla cheopis*, from two sympatric host species. *Parasites & Vectors*, *11*, Article Number: 343.

Zheng, F., Tang, W., Li, H., Huang, Y-X., Xie, Y-L., & Zhou, Z-G. (2020). Clinical characteristics of 161 cases of corona virus disease 2019 (COVID-19) in Changsha. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.*, *24*(6): 3404-3410.

Zhou, F., Yu, T., Du, R. et al. (2020). Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: A retrospective cohort study. *Lancet*, *395*, 1054–1062.

Zhu, Y., Xie, J., Huang, F., & Cao, L. (2020). Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China. *Sci Total Environ*, *727*, 138704.

Ziska, L.H., & Caulfield, F. (2000). Rising CO₂ and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), a known allergy-inducing species: implications for public health. *Aust J Plant Physiol*, *27*, 893-898.

Ελληνόγλωσση

Baylis, J., Smith, S., & Owens, P. (2013). *Η παγκοσμιοποίηση της διεθνούς πολιτικής*. Ε. Ψευτελή & Ε. Κοτσουφού (μτφρ.), 5η εκδ, Επίκεντρο, 491.

Ermis-F (2020). *Κλιματική Αλλαγή*. [Online] Διαθέσιμο στο: <https://ermis-f.eu/klimatikes-allages/>

European Commission (2022a). *Συνέπειες της κλιματικής αλλαγής*. [Online] Διαθέσιμο στο: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el

European Commission (2022b). *Αίτια της κλιματικής αλλαγής*. [Online] Διαθέσιμο στο: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_el

Murray, T. & Ellis, P. (2012). Λοιμώδης Νόσος. Στο Osborn, K., Wraa, C. & Watson, A. *Παθολογική-Χειρουργική Νοσηλευτική*. Τόμος Α', Πασχαλίδης: Αθήνα.

Δημητρακόπουλος, Α. (2021). *12 Επικίνδυνα Λοιμώδη Νοσήματα που Μεταπήδησαν από τα Ζώα στον Άνθρωπο*. [Online] Διαθέσιμο στο: <https://pathologia.eu/enimerosi/loimoxeis/12-epikindyna-loimwdh-noshmata-pou-metaphdhsan-apo-ta-zwa-ston-an8rwp/>

Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας (2021). *Σεξουαλικά Μεταδιδόμενα Νοσήματα*. [Online] Διαθέσιμο στο: <https://eody.gov.gr/disease/sexoyalikos-metadidomena-nosimata/>

ΕΟΔΥ (2019α). *Κλιματική αλλαγή: Είμαστε στο παρά πέντε*; Διαθέσιμο στο: <https://eody.gov.gr/wp-content/uploads/2019/05/klimatiki-allagi.pdf>

ΕΟΔΥ (2019β). *Εμβόλιο εγκεφαλίτιδας από κρότωνες*. Διαθέσιμο στο: <https://eody.gov.gr/wp-content/uploads/2019/01/embolio-egkefalitidas-apo-krotones-kateythyntiries-8-2012.pdf>

Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο (2019). *Αντιμετώπιση της μικροβιακής αντοχής: πρόοδος στον τομέα της ζωής των ζώων, η απειλή όμως για την υγεία εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση για την ΕΕ*. Λουξεμβούργο: ΕΕΣ αριθ.21 (2019).

Ζεμπεκάκης, Π. (2017). Λοιμώδη Νοσήματα. Γενικά περί λοιμωδών νοσημάτων. *Εσωτερική Παθολογία*, Ε' έκδοση, Τομέας Παθολογίας Ιατρικής Σχολής ΑΠΘ, σσ. 59, 60.

- Κατσαφάδος, Π., & Μαυροματίδης, Η. (2015). Φαινόμενο του Θερμοκηπίου [Κεφάλαιο]. Στο Κατσαφάδος, Π., & Μαυροματίδης, Η. 2015, *Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή* [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. Διαθέσιμο στο: <https://hdl.handle.net/11419/3714>
- ΚΕΕΛΠΝΟ (2018). *Επιδημιολογική και Εργαστηριακή Επιτήρηση Σεξουαλικά Μεταδιδόμενων Νοσημάτων (Γονόροια, Χλαμύδια, Σύφιλη) στην Ελλάδα. Δηλωθέντα στοιχεία έως 31.12.2016*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- ΚΕΕΛΠΝΟ (2019). *Λειψμανίαση*. [Online] Διαθέσιμο στο: <https://eody.gov.gr/wp-content/uploads/2019/01/leismaniasi-public.pdf>
- ΚΕΕΛΠΝΟ (2022). *Τροφιμογενή Νοσήματα*. [Online] Διαθέσιμο στο: <https://eody.gov.gr/cat-disease/trofimogeni-nosimata/>
- Λαγκαδινού, Μ. (2020). *Αερογενώς Μεταδιδόμενα Νοσήματα*. Αθήνα: Διδακτικές Σημειώσεις Πανεπιστημίου Πατρών.
- Μπαλάσκας, Κ. (2016). Τροφιμογενή & Υδατογενή νοσήματα. *MEDILIFE-Υγεία για όλους*, σ. 51. Διαθέσιμο στο: <https://www.drbalaskas.gr/wp-content/uploads/2017/02/medilife-19-drbalaskas-gr.pdf>
- Μπαρμπούτης, Ι., & Χατζηαθανασίου (2020). *Η Νόσος από Κορωνοϊό SARS-CoV-2 (Νόσος COVID-19). Παθογένεια – Διάγνωση - Αντιμετώπιση*. Αθήνα: Εκδόσεις Ζεβελεκάκης.
- Ξηρός, Θ. (2004). *Προστασία από τα μεταδοτικά νοσήματα*. Αθήνα: Σάκκουλα Α.Ε..
- Παπαϊωάννου, Φ. (2016). *Λοιμώδη - Μεταδοτικά νοσήματα*. MNews. [Online] Διαθέσιμο στο: <https://e-maistros.gr/main/λοιμώδη-μεταδοτικά-νοσήματα/>
- Σαρόγλου, Γ. (2018). *Αναδυόμενα λοιμώδη νοσήματα από διαβιβαστές στην Ευρώπη και τον κόσμο*. [Online] Διαθέσιμο στο: <https://www.iatronet.gr/eidiseis-nea/epistimi-zwi/news/44944/anadyomena-loimwdi-nosimata-apo-diavivastes-stin-evrwpi-kai-ton-kosmo.html>
- Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης (2008). *Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την πρόληψη των μεταδοτικών νοσημάτων 2008-2012*. Αθήνα: Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2021). *Φθοριούχα Αέρια του Θερμοκηπίου*.
[Online] Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/fthorioucha-aeria-tou-thermokiou/>