



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM  
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης  
Master Thesis

## Κλιματική κρίση και δασικές πυρκαγιές: Πώς η κλιματική κρίση επηρεάζει τις δασικές πυρκαγιές στη Μεσόγειο

How climatic crisis effects forest fires at Mediterranean region

ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΟΤΖΑΣΤΡΑΤΗΣ/ CHRISTOS KOTZASTRATIS

A.M. / R.N. : 7114132100143

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. «2024006»

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024  
Athens, February 2024



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ  
POST GRADUATE PROGRAM  
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

## Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

# Κλιματική κρίση και δασικές πυρκαγιές: Πώς η κλιματική κρίση επηρεάζει τις δασικές πυρκαγιές στη Μεσόγειο

How climatic crisis effects forest fires at Mediterranean region

ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΟΤΖΑΣΤΡΑΤΗΣ/ CHRISTOS KOTZASTRATIS

A.M. / R.N. : 7114132100143

### Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

**Δρ. Μοιραγεντής Σ.,**  
Κύριος ερευνητής-Διευθυντής  
Ερευνών Εθν. Αστεροσκοπείου Αθηνών

**Μαρτζάκης Βασίλειος**  
Ειδικός επιστημονικός συνεργάτης ΕΚΠΑ

**Δρ. Μπακοπούλου Α.,**  
Δρ. Γεωλόγος, Ε.Δ.Ι.Π.ΕΚΠΑ

**Δρ. Λέκκας Ε.,**  
Καθηγ. ΕΚΠΑ

Ειδικές Εκδόσεις / Special  
Publications:

No. «2024006»

Αθήνα,  
Φεβρουάριος  
2024  
Athens, February 2024

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	i
Περίληψη .....	iii
Abstract .....	iv
Πρόλογος και Ευχαριστίες .....	v
Κατάλογος Εικόνων .....	vi
<b>Κεφάλαιο 1. Κλιματική κρίση στην μεσόγειο .....</b>	<b>1</b>
1.1 Το μεσογειακό κλίμα .....	1
1.2 Αίτια κλιματικής κρίσης.....	3
1.3 Επιπτώσεις κλιματικής κρίσης.....	6
<b>Κεφάλαιο 2. Δασικές πυρκαγιές.....</b>	<b>10</b>
2.1. Βασικές έννοιες .....	10
2.2. Αίτια πρόκλησης και παράγοντες εξάπλωσης .....	12
2.3. Μέγα-πυρκαγιές .....	13
2.4. Επιπτώσεις δασικών πυρκαγιών.....	14
2.5 Διαχείριση των δασικών πυρκαγιών .....	15
2.5.1 Πρόληψη.....	15
2.5.3 Καταστολή.....	18
2.5.3 Αποκατάσταση.....	19
<b>Κεφάλαιο 3. Πώς η κλιματική κρίση επηρεάζει τις δασικές πυρκαγιές.....</b>	<b>20</b>
3.1. Τα μεσογειακά δάση.....	21
3.2. Μετεωρολογικοί παράγοντες .....	22
3.2.1. Θερμοκρασία-Βροχοπτώσεις .....	23
3.2.2. Ξηρασία .....	24
3.2.3 Ερημοποίηση .....	25
3.3. Εξέταση σεναρίων-Συμπεράσματα.....	25
<b>Κεφάλαιο 4. Υπηρεσίες Δασοπυρόσβεσης ανά τον κόσμο.....</b>	<b>29</b>
4.1. Η περίπτωση του Καναδά .....	29
4.2. Η περίπτωση των Η.Π.Α. ....	31
4.3. Η περίπτωση της Γαλλίας.....	33
<b>Κεφάλαιο 5. Προτεινόμενα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των δασικών πυρκαγιών ενόψει κλιματικής κρίσης .....</b>	<b>35</b>
5.1. Έμφαση στην Πρόληψη .....	35
5.2. Συμβολή εναέριων μέσων .....	36
5.3. Ενιαίο σύστημα διαχείρισης δασικών πυρκαγιών .....	38
5.4. Η σημασία του εθελοντισμού.....	38
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>40</b>



## Περίληψη

Τα δάση αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής πάνω στη γη, καθώς αποτελούν πολυδιάστατα οικοσυστήματα, τα οποία ρυθμίζουν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και συμβάλλουν στην μείωση του διοξειδίου του άνθρακα, ενός από τους βασικούς υπαιτίους για την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας. Δυστυχώς, η ανθρώπινη παρέμβαση έχει επηρεάσει σε πολύ μεγάλο βαθμό την μείωση της έκτασης τους, με τις συνεχόμενες πυρκαγιές και τις αποψιλώσεις, που ως στόχο έχουν κυρίως την εκμετάλλευση αυτών των εκτάσεων για παραγωγή κέρδους. Η κλιματική κρίση είναι πλέον ένα αδιαμφισβήτητο γεγονός, το οποίο έχει υπάρξει αντικείμενο μελέτης με εκθετικά αυξανόμενο ενδιαφέρον τις τελευταίες δεκαετίες σε παγκόσμια κλίμακα. Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με τα ακραία καιρικά φαινόμενα, επηρεάζουν ολοένα και περισσότερο τις δασικές πυρκαγιές που διαδραματίζονται στην μεσόγειο, καθώς επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά και την συμπεριφορά τους, την συχνότητα εμφάνισης τους, το μέγεθος που λαμβάνουν και την δυσκολία στην κατάσβεση τους.

Η παρούσα εργασία προσπαθεί να αναλύσει την σχέση της κλιματικής κρίσης με τις δασικές πυρκαγιές στην μεσόγειο, αναλύοντας αρχικά τα δύο αυτά προβλήματα ξεχωριστά, ενώ στην συνέχεια εξετάζει την αλληλεπίδραση που έχουν μεταξύ τους, καθώς το ένα επιδρά στο άλλο αμφίδρομα. Επιπρόσθετα, εξετάζονται διαφορετικά σενάρια, αναλόγως εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από τον άνθρωπο, τα οποία πρόκειται να καθορίσουν την εξέλιξη των δασικών πυρκαγιών τις επόμενες δεκαετίες. Στη συνέχεια, αναλύεται ο τρόπος δράσης μερικών από των πιο έμπειρων υπηρεσιών πυρόσβεσης ανά τον κόσμο, οι οποίες προσαρμόζονται συνεχώς στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, ώστε να προταθούν κάποια αναγκαία μέτρα για την αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών ενόψει κλιματικής κρίσης.

**Λέξεις κλειδιά:** κλιματική κρίση, δασικές πυρκαγιές, διαχείριση δασικών πυρκαγιών, μεσόγειος, Ελλάδα

## **Abstract**

Forests are an integral part of life on earth, as they are multidimensional ecosystems, which regulate the oxygen in the atmosphere and contribute to the reduction of carbon dioxide, one of the main causes of global warming. Unfortunately, human intervention has greatly affected the reduction of forest land, creating mega-fires and with the continues deforestation, which are mainly aimed at exploiting these areas for profit. The climate crisis is now an indisputable fact, which has been the subject of study with exponentially increasing interest in recent decades on a global scale. Global warming, combined with extreme weather events, are increasingly effecting forest fires at the Mediterranean region, especially their characteristics and behavior, their frequency of occurrence, their size and the difficulty in extinguishing them.

This thesis attempt to analyze the relationship between the climate crisis and the forest fires in the Mediterranean region, initially analyzing theme separately, while then examining the interaction between them, as one effect each other, vice versa. In addition, different scenarios are considered, depending on human emissions of greenhouse gases, which are going to determine the forest fire behavior in Mediterranean region in the coming decades. Then, it determines how some of the world's most experienced firefighting services are working, while adapting to climate crisis and finally suggest some necessary measures to tackle forest fires in the face of the climate crisis.

**Keywords:** climatic crisis, forest fires, Mediterranean, Greece, Hellas

## Πρόλογος και Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης διεξήχθη στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών σπουδών «Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών & Κρίσεων» του Πανεπιστημίου Αθηνών. Με την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας ολοκληρώνεται ένας κύκλος σπουδών, για την επιτυχή έκβαση του οποίου οφείλω να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του προγράμματος, για τη καίρια συμβολή τους στη διερεύνηση των γνώσεων μου σχετικά με τις Στρατηγικές Διαχείρισης Καταστροφών και Κρίσεων στους Διοικητικούς και Αναπτυξιακούς Τομείς.

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Διδάσκων, κ. Βασίλειο Μαρτζάκη, Ειδικό Επιστημονικό Συνεργάτη Πανεπιστημίου Αθηνών, για την πολύτιμη βοήθεια και συμβολή στην ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της ορισθείσας τριμελούς Επιτροπής για την επίβλεψη της πτυχιακής μου εργασίας, τον Διδάκτωρ κ. Μοιρασγεντή Σ., Κύριο ερευνητή-Διευθυντή Ερευνών Εθν. Αστεροσκοπείου Αθηνών, την κα. Μπακοπούλου Α., Διδάκτωρ Γεωλόγος Ε.Δ.Ι.Π. ΕΚΠΑ και τον κ. Λέκκα Ε., καθηγητή ΕΚΠΑ. Την παρούσα εργασία την αφιερώνω στην οικογένειά μου, στην σύζυγο μου Δήμητρα και στα δύο 'αντράκια' μου Βασίλη και Κωσταντίνο.

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1	Η περιοχή της Μεσογείου, όπου ένα μεγάλο κομμάτι θάλασσας περιβάλλεται από στεριά και μεγάλες εδαφικές εξάρσεις, οι οποίες επηρεάζουν την ροή του αέρα.(Tuel & Eltahir, 2020) .....	2
Εικόνα 1.2	Το φαινόμενο Handley Cell.....	3
Εικόνα 1.3	Το γράφημα αυτό βασίζεται σε μετρήσεις από πυρήνες πάγου αλλά και σύγχρονες μετρήσεις και αποδεικνύει πως το ατμοσφαιρικό CO <sup>2</sup> αυξήθηκε μετά την βιομηχανική επανάσταση.(Evidence   Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet, 2023).....	5
Εικόνα 1.4	Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας από το 1850 και μετά.(September 2023 Temperature Update - Berkeley Earth,2023).....	6
Εικόνα 1.5	Παγκόσμια απεικόνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας των ωκεανών μεταξύ γεωγραφικού πλάτους 60S-60N.(Climate Reanalyzer, 2023) .....	7
Εικόνα 1.6	Μηνιαία κάλυψη του θαλάσσιου πάγου στο νότιο ημισφαίριο ανά έτος όπου η διακεκομμένη γραμμή τέρμα κάτω είναι του 2023(Climate Reanalyzer,2023). .....	8
Εικόνα 1.7	Μέσο κόστος(Billion EUR) λόγω έντονων καιρικών συνθηκών και κλιματικής κρίσης στις ευρωπαϊκές χώρες.(Annual Economic Losses Caused by Weather - and Climate - Related Extreme Events in the EU Member States — European Environment Agency, 2023).....	9
Εικόνα 2.1	Αριθμός πυρκαγιών(μπλε γραμμή)και καιγόμενη έκταση(κόκκινο) στην Ελλάδα αναλόγως έτους(EFFIS - Statistics Portal, 2023). .....	13
Εικόνα 2.2	Χάρτης πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς, ο οποίος εκδίδεται καθημερινώς.(Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης Και Πολιτικής Προστασίας   Civilprotection.Gov.Gr,2023).....	16
Εικόνα 3.1	Το εκτιμώμενο κόστος της καταστροφής από τις πυρκαγιές το 2023 μέχρι το τέλος του καλοκαιριού(Wildfires Cost Europe €4.1 Billion as Greece Suffers Most Damage - Bloomberg, 2023).....	20
Εικόνα 3.2	Εικονική απεικόνιση (Simulation) της αλλαγής του ποσοστού βροχόπτωσης(%) σε σχέση με την αλλαγή στην αύξηση της θερμοκρασίας(IPCC, 2021).....	26
Εικόνα 3.3	Εικονική απεικόνιση της αλλαγής του ποσοστού της υγρασίας εδάφους(%) σε σχέση με την αλλαγή στην αύξηση της θερμοκρασίας (IPCC, 2021) .	27
Εικόνα 4.1	Εικόνα: Αμερικάνικη ομάδα πυροσβεστών(Boise Hotshots), η οποία εστάλη για βοήθεια στην Αλμπέρτα του Καναδά, μετά από ελεγχόμενη καύση μιας περιοχής (Canada’s Ability to Prevent Forest Fires Lags Behind the Need - The New York Times, 2023).....	30
Εικόνα 5.1	Εικόνα: Διαφορά της θερμικής με την οπτική κάμερα, οι οποίες είναι τοποθετημένες πάνω στο ίδιο UAS(Unmanned Aircraft System). .....	37
Εικόνα 5.2	Εικόνα: Κάθε χρόνο ξοδεύονται χιλιάδες Ευρώ για την κατάσβεση και αποκατάσταση μιας φωτιάς στην Ελλάδα(Wildfires Cost Europe €4.1 Billion as Greece Suffers Most Damage - Bloomberg, 2023). .....	36



# Κεφάλαιο 1. Κλιματική κρίση στην μεσόγειο

Η κλιματική κρίση είναι πλέον ένα φαινόμενο ορατό, με αισθητές επιπτώσεις, το οποίο οι περισσότεροι άνθρωποι στον πλανήτη γη έχουν συνειδητοποιήσει και αποδεχθεί. Σύμφωνα με το 'European Environment Agency', οι ανθρώπινες απώλειες λόγω βίαιων καιρικών φαινομένων υπολογίζονται ανάμεσα σε 85.000 και 145.000 στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια, ενώ το οικονομικό κόστος υπολογίζεται σε μισό τρισεκατομμύριο ευρώ. Παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, έντονες καταιγίδες και πλημμύρες, αυξημένες ημέρες καύσωνα και μεγάλες και συχνές πυρκαγιές είναι μερικές από τις εμφανείς επιπτώσεις της μεταβολής του κλίματος. Πλέον δεν μπορούμε να μιλήσουμε για κλιματική αλλαγή, αλλά για κλιματική κρίση, διότι τα μέτρα που πρέπει να παρθούν για την ανασχεση των αρνητικών επιπτώσεων της, είναι αναγκαίο να παρθούν άμεσα. Η μεσόγειος είναι μια περιοχή η οποία πλήττεται συνεχώς από φυσικές καταστροφές, οι οποίες γίνονται όλο και πιο συχνές και απρόβλεπτες λόγω της κλιματικής κρίσης.

## 1.1 Το μεσογειακό κλίμα

Ως κλίμα ορίζεται ως ο μέσος καιρός μιας περιοχής(IPCC Annexes, 2023), ή ακόμα καλύτερα ως η στατιστική περιγραφή των μετεωρολογικών στοιχείων μιας περιοχής για μια συγκεκριμένη περίοδο στο χρόνο, η οποία σύμφωνα με τον παγκόσμιο μετεωρολογικό οργανισμό(World Meteorological Organization-WMO) είναι τριάντα έτη.

Η περιοχή της μεσογείου είναι μια μοναδική περιοχή στον κόσμο, όπου μια μεγάλη επιφάνεια έγκλειστης θάλασσας περιβάλλεται από μεγάλες εδαφικές εξάρσεις στα βόρεια, όπως είναι οι Άλπεις, και μεγάλη έρημο στα νότια, την Σαχάρα. Βρίσκεται σε ένα κομβικό σημείο γεωγραφικά, αφού είναι το σημείο συνάντησης τριών ηπείρων και βρέχει 21 χώρες, έχοντας μεγάλη ποικιλία σε οικοσυστήματα, τόσο στο θαλάσσιο μέρος της όσο και στο χερσαίο. Ως μεσογειακό κλίμα θα θεωρήσουμε τον κλιματικό τύπο, όπου τα καλοκαίρια είναι πάρα πολύ θερμά και ξηρά, ενώ οι χειμώνες ήπιοι και μέτρια βροχεροί, όπου οι βροχές τους πέφτουν κυρίως την χειμερινή περίοδο(*State of Mediterranean Forests*, 2018)(Badeau et al., 2024). Η μεσόγειος βρίσκεται σε ένα μεταβατικό σημείο, ανάμεσα στο ξηρό κλίμα της βόρειας Αφρικής και στο εύκρατο και βροχερό κλίμα της κεντρικής Ευρώπης και επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση αυτών των τελείως διαφορετικών κλιμάτων, ενώ είναι παράλληλα πολύ ευμετάβλητο, αφού επηρεάζεται πολύ εύκολα από μικρές αλλαγές στην γενική κυκλοφορία των συστημάτων της περιοχής, όπως μια μικρή μετακίνηση μιας καταιγίδας μεσαίου γεωγραφικού πλάτους(Giorgi & Lionello, 2008). Το χειμερινό μεσογειακό κλίμα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις καταιγίδες που δημιουργούνται πάνω από τον ατλαντικό και πλήττουν κυρίως τις δυτικές ευρωπαϊκές ακτές. Το κλίμα της μεσογείου επηρεάζεται επίσης και από 'El Nino', το οποίο επηρεάζει κυρίως τις χειμερινές βροχοπτώσεις στην ανατολική μεσόγειο. Τα νερά της μεσογείου τροφοδοτούν με υγρασία και ενέργεια τις καταιγίδες, οι οποίες ξεσπούν στα ορεινά της βόρειας μεσογείου, όπως

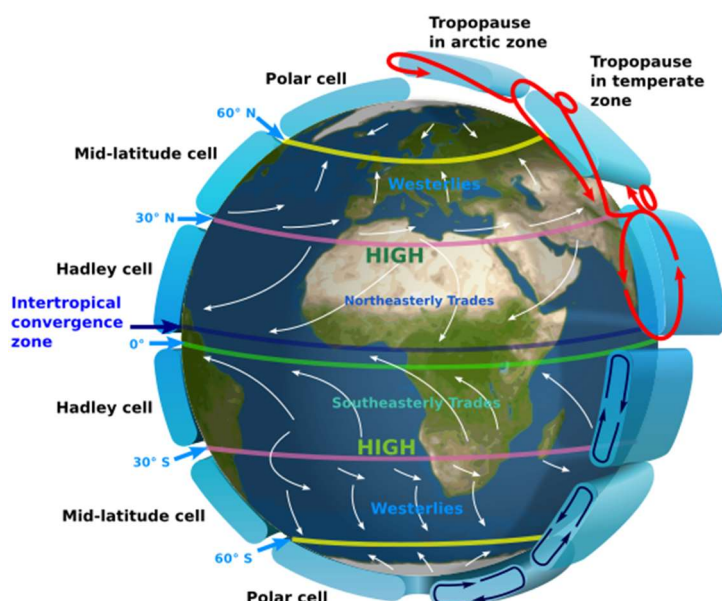


για παράδειγμα οι Άλπεις. Συμπερασματικά, το κλίμα στη μεσόγειο είναι πολύ ευμετάβλητο και οι περιοχές της μεσογείου έχουν αρκετά διαφορετικό κλίμα μεταξύ τους, όπως επίσης επηρεάζονται πολύ από την εποχή του χρόνου.

Εικόνα 1.1 Η περιοχή της Μεσογείου, όπου ένα μεγάλο κομμάτι θάλασσας περιβάλλεται από στεριά και μεγάλες εδαφικές εξάρσεις, οι οποίες επηρεάζουν την ροή του αέρα.(Tuel & Eltahir, 2020)

Σύμφωνα με τον Άγγλο μετεωρολόγο 'George Handley', ο οποίος δημιούργησε την επιστημονική θεωρία 'Handley cell' το 1735, οι τροπικές περιοχές λαμβάνουν περισσότερο θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία από όσο αντανακλούν πίσω στο διάστημα, ενώ οι πολικές περιοχές αντιθέτως αντανακλούν περισσότερη θερμότητα από όσο λαμβάνουν, ενώ το κοινό τους χαρακτηριστικό είναι ότι έχουν σχεδόν σταθερή θερμοκρασία. Στην θεωρία αυτή ο αέρας ανεβαίνει κοντά στον ισημερινό, συνεχίζει προς τους πόλους σε μεγάλα υψόμετρα, ενώ λόγω περιστροφής της γης αυτή η μετακίνηση του αέρα αποδυναμώνεται και ξεκινάει να κατεβαίνει πάλι προς την επιφάνεια της γης κοντά στα 30°N και 30°S, συνεχίζοντας προς τον ισημερινό. Καθώς ο αέρας αυτός κατεβαίνει γίνεται πιο θερμός και πιο ξηρός, δημιουργώντας την ημι-τροπική ζώνη υψηλής πίεσης, όπου υπάρχουν ελάχιστα σύννεφα και βροχές και κυριαρχούν οι έρημοι.

Καθώς η παγκόσμια θερμοκρασία συνεχώς ανεβαίνει, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των πόλων και του ισημερινού μειώνεται, μεγαλώνοντας έτσι το φαινόμενο "Handley cell". Μία συνέπεια αυτού του φαινομένου είναι πως περιοχές όπως η μεσόγειος, φαίνεται πως θα έχουν αύξηση της πίεσης(sea level pressure), άρα όλο και πιο ξηρό καιρό επηρεάζοντας έτσι το κλίμα της μεσογείου. Ένα ακόμα γεγονός που επηρεάζει την αύξηση της πίεσης στη μεσόγειο, είναι οι εδαφικές εξάρσεις, οι οποίες επηρεάζουν την ροή του αέρα ο οποίος κινείται από δυτικά προς ανατολικά και τον αναγκάζουν να συνεχίσει ανερχόμενος. Η αύξηση της πίεσης συμβάλει στην αύξηση της ξηρασίας και στην ελάττωση των βροχοπτώσεων, ωστόσο υπάρχει και δεύτερος μηχανισμός που δημιουργεί την ξηρασία πάνω από την μεσόγειο. Αυτός είναι η μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας, ο οποίος επηρεάζει την κατεύθυνση των ανέμων. Παρότι η θερμοκρασία στην ξηρά προβλέπεται να αυξηθεί 3 με 4 βαθμούς Κελσίου μέσα στον επόμενο αιώνα, η θερμοκρασία της θάλασσας πρόκειται να ανέβει σχεδόν 2 βαθμούς Κελσίου(Tuel & Eltahir, 2020). Άρα διαπιστώνει κανείς, πως όσο περνάει ο χρόνος η διαφορά



Εικόνα 1.2 Το φαινόμενο Handley Cell

θερμοκρασίας ξηράς και θάλασσας θα γίνεται όλο και μεγαλύτερη, το οποίο συμβάλει στην αύξηση της πίεσης πάνω από την λεκάνη της μεσογείου. Λόγω των ιδιοτήτων της μεσογειακής γεωγραφίας, το φαινόμενο αυτό πρόκειται να επηρεάσει όλη την μεσόγειο, η οποία φαίνεται πως θα έχει αρκετά πιο ξηρό κλίμα τις επόμενες δεκαετίες (European Environment Agency., 2023), ενώ τον χειμώνα αρκετά λιγότερες βροχοπτώσεις, οι οποίες μπορεί να δουν μείωση μέχρι και 40% (Tuel & Eltahir, 2020).

## 1.2 Αίτια κλιματικής κρίσης

Το κλίμα της γης καθορίζεται από την αλληλεπίδραση μεταξύ της ατμόσφαιρας, της κρούσφαιρας, της βιόσφαιρας, της λιθόσφαιρας και των ωκεανών. Οι ανθρώπινη δραστηριότητα έφερε, μεταξύ άλλων, αλλαγή στη σύσταση της ατμόσφαιρας και στη μορφολογία της επιφανειακής λιθόσφαιρας (π.χ. καλλιέργεια του εδάφους σε μεγάλη κλίμακα), με αποτέλεσμα το κλίμα πάνω στη γη, τόσο σε τοπικό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο να επηρεαστεί. Ο άνθρωπος έχει υιοθετήσει ένα σύγχρονο τρόπο ζωής, ο οποίος δεν μπορεί να χαρακτηριστεί σε καμία περίπτωση φιλικός ως προς το περιβάλλον. Ο σύγχρονος άνθρωπος παράγει καθημερινά ρύπους, είτε με τα σκουπίδια που εναποθέτει χωρίς να ανακυκλώνονται, είτε με το αυτοκίνητο το οποίο το χρησιμοποιεί καθημερινά και συνήθως χωρίς καμία οικολογική συνείδηση, είτε με τα συνεχή υλικά και προϊόντα που αγοράζει, τα οποία για να παραχθούν και να μεταφερθούν στον τελικό χρήστη παράγουν πάρα πολλούς ρύπους. Αυτά είναι λίγα από τα παραδείγματα, τα οποία μας αποδεικνύουν πως ο σύγχρονος τρόπος ζωής που έχουν υιοθετήσει οι πλειοψηφία των ανθρώπων στον πλανήτη δεν είναι βιώσιμος ως προς το περιβάλλον και προκαλεί όλο και μεγαλύτερο πρόβλημα σε αυτό, άρα και στο κλίμα της περιοχής στην οποία ζει.

Το όλο πρόβλημα ξεκινάει από την βιομηχανική επανάσταση, όπου ο άνθρωπος έκανε τα πάντα για να κάνει την ζωή του πιο εύκολη, ώστε να βελτιώσει την ποιότητα ζωής του μέσω διαφόρων τεχνολογικών επιτευγμάτων. Για να το καταφέρει αυτό όμως, βασίστηκε αποκλειστικά στην χρήση ορυκτών καυσίμων, όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο λιγνίτης και ο άνθρακας. Τα καύσιμα όμως αυτά με την καύση τους, απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα επιβλαβή για αυτήν αέρια, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, με αποτέλεσμα να διαταραχθεί η ισορροπία της ατμοσφαιρικής σύστασης, η οποία ρυθμιζόταν αποκλειστικά από την φύση. Το αποτέλεσμα ήταν να δημιουργηθεί, το γνωστό πλέον σε όλους, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

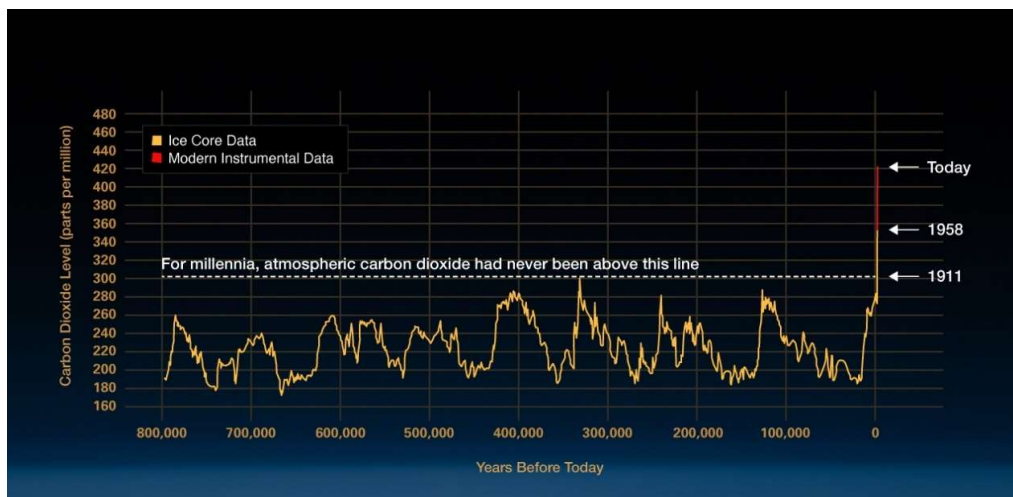
Οι κλιματικές συνθήκες πάνω στη γη επηρεάζονται από την ηλιακή ενέργεια που παράγει ο ήλιος και διαπερνά την ατμόσφαιρα της γης, θερμαίνοντας έτσι την επιφάνεια της. Όπως λαμβάνει αυτή την ακτινοβολία η επιφάνεια της γης θερμαίνεται, ενώ παράλληλα αντανακλά ένα μέρος αυτής πίσω στην ατμόσφαιρα. Ένα μέρος της ενέργειας αυτής απορροφάτε από τα αέρια του θερμοκηπίου, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου και οι υδρατμοί, διατηρώντας έτσι την θερμοκρασία της γης σε ένα 'σχετικά' σταθερό επίπεδο. Αν αναλογιστεί κανείς πως αν δεν υπήρχαν αυτά τα αέρια, η θερμοκρασία στη γη θα ήταν συνεχώς υπό το μηδέν, καταλαβαίνει πως τα αέρια του θερμοκηπίου είναι ζωτικής σημασίας για την ύπαρξη της ζωής πάνω στον πλανήτη. Αναμφισβήτητα, η ανθρώπινη παρέμβαση έχει διαταράξει την ισορροπία των αερίων του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα όλο και περισσότερη ηλιακή ενέργεια να εγκλωβίζεται στη γη. Οι επιπτώσεις αυτής της παρέμβασης έχουν ποικίλες επιπτώσεις, όπως είναι η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, των ωκεανών, της κρουσφαιρας και της βιόσφαιρας(Evidence | Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet,2023).

Με τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες, όπως είναι η παρατήρηση των φαινομένων μέσω δορυφόρων και η ανάλυση της σύστασης της ατμόσφαιρας μέσω των πυρήνων πάγου, η οποία μας δείχνει πως ήταν η ατμόσφαιρα πολλές χιλιάδες χρόνια πριν, οι επιστήμονες συγκεντρώνουν όλα τα δεδομένα για την τωρινή κατάσταση του πλανήτη γη αλλά και για την πρότερη κατάσταση του. Όλα αυτά τα μέσα βοηθάνε την επιστημονική κοινότητα να κατανοήσει πως επηρεάστηκε το κλίμα πάνω στη γη, με κομβικό σημείο την βιομηχανική επανάσταση, στην οποία παρατηρείται μια τεράστια αλλαγή, όπως φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα, όπου φαίνεται η συγκέντρωση του (CO<sup>2</sup>).

Το διοξείδιο του άνθρακα(CO<sup>2</sup>) είναι ίσως το σημαντικότερο από τα αέρια του θερμοκηπίου, το οποίο επηρεάζει τη θερμοκρασία πάνω στον πλανήτη γη. Η διεργασίες εκπομπής και απορρόφησης του CO<sup>2</sup>, που προκύπτουν από την φύση, είναι υπεύθυνες για την διατήρηση του επιθυμητού επιπέδου του αερίου στην ατμόσφαιρα. Μέσα από την αποσύνθεση των φυτών, τα αέρια των ζωντανών οργανισμών, τις εκρήξεις ηφαιστειών, το CO<sup>2</sup> ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, ενώ παράλληλα μέσω της φωτοσύνθεσης απορροφάτε και έτσι βρίσκεται σε ένα συνεχόμενο και ελεγχόμενο κύκλο ζωής. Η φύση έχει προνοήσει και έχει διατηρήσει την ισορροπία μεταξύ του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα και της αντίστοιχης απορροφημένης ποσότητας του, ενώ η ανθρώπινη δραστηριότητα τείνει να επιδρά ολοένα και πιο αρνητικά σε αυτή την εύθραυστη ισορροπία.

Σύμφωνα με (IPCC,2023), το CO<sup>2</sup> που απελευθερώθηκε στην ατμόσφαιρα από το 1850 έως το 2019, το 42% του συνόλου ήταν την τελευταία δεκαετία και πως το CO<sup>2</sup> που απελευθερώθηκε το 2019 ήταν το μεγαλύτερο τα τελευταία 2 εκατομμύρια χρόνια. Ενδεικτικά, τα επίπεδα του CO<sup>2</sup> από 280ppm που ήταν προ βιομηχανικής επανάστασης, αυξήθηκαν σε 418ppm, μέτρηση του 2023(Daily CO2, 2023). Αυτή η αύξηση, της τάξεως του 50%, δεν πρόκειται να εξομαλυνθεί ακόμα και αν σταματούσε η χρήση των ορυκτών καυσίμων, καθώς το διοξείδιο που συγκεντρώνεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα έχει χρόνο ζωής της τάξεως εκατοντάδων ετών(Letcher, 2021). Αυτό σημαίνει, πως ακόμη και αν οι κυβερνήσεις ανά τον κόσμο καταφέρουν και τηρήσουν τα μέτρα στα οποία έχουν δεσμευτεί για την καταπολέμηση της κλιματικής κρίσης, το CO<sup>2</sup> θα συνεχίσει την ανοδική τάση, ωστόσο ο ρυθμός αύξησης θα είναι μικρότερος σε σχέση με την ανεξέλεγκτη άνοδο που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια. Επιπρόσθετα, η χρήση της γης τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει, αν αναλογιστεί κανείς πως αποψιλώνονται δάση για να

καλλιεργηθούν εκτάσεις για την εκτροφή των ζώων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, στο βωμό του κέρδους, να διογκώνεται το πρόβλημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, καθώς όλο και περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα συσσωρεύεται στα αέρια του θερμοκηπίου. Έτσι χάνονται πολύτιμες εκτάσεις για την ισορροπία του κλίματος, αφού τα δάση είναι οι 'πνεύμονες' της γης.



Εικόνα 1.3 Το γράφημα αυτό βασίζεται σε μετρήσεις από πυρήνες πάγου αλλά και σύγχρονες μετρήσεις και αποδεικνύει πως το ατμοσφαιρικό CO<sup>2</sup> αυξήθηκε μετά την βιομηχανική επανάσταση.(Evidence | Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet, 2023)

Επίσης, οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες συμβάλλουν και αυτές στην εκπομπή επιβλαβών αερίων, όπως το μεθάνιο.

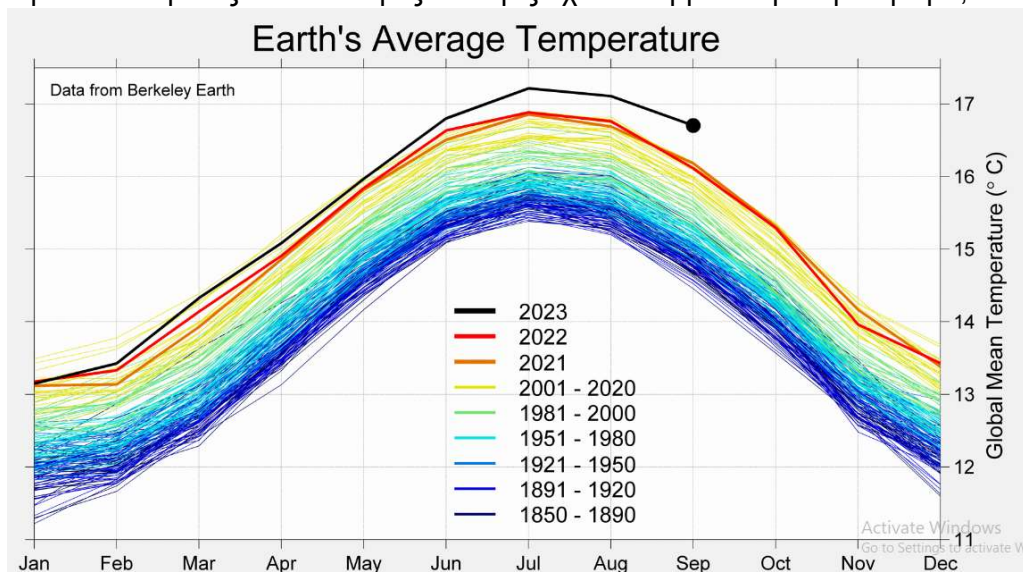
Το μεθάνιο(CH<sup>4</sup>) είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου το οποίο απασχολεί αρκετούς επιστήμονες, αφού εκτιμάται ότι πολύ μεγάλες ποσότητες μεθανίου πρόκειται να αφεθούν στην ατμόσφαιρα τα επόμενα έτη, λόγω του 'permafrost', ενός παγωμένου στρώματος κάτω από την επιφάνειας της γης τουλάχιστον δύο ετών(Ping, 2004). Το μεθάνιο έχει την ιδιότητα να συγκρατεί την θερμική ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο, οπότε καταλαβαίνει κανείς ότι μια συνεχόμενη απελευθέρωση του από την επιφάνειας της γης στην ατμόσφαιρα, θα βοηθήσει στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπρόσθετα, όσο αυξάνεται η μέση θερμοκρασία, τόσο θα αλλοιώνονται αυτά τα αποθέματα πάγου, είτε είναι κάτω από την γη(Permafrost) είτε πάνω της, όπως οι πάγοι στους πόλους. Τα περισσότερα κλιματικά μοντέλα δεν έχουν υπολογίσει αυτή την μεταβολή της θερμοκρασίας λόγω της αύξησης της ποσότητας του μεθανίου, οπότε τα επόμενα χρόνια μπορεί να πέσουν έξω οι προβλέψεις που αφορούν την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας. Το μόνο σίγουρο είναι πως, η αύξηση των επιπέδων του μεθανίου στην ατμόσφαιρα, θα επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας πάνω στη γη, σε βαθμό τον οποίο είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί.

Συνοψίζοντας, η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει συμβάλει τα μέγιστα στην αύξηση της θερμοκρασίας πάνω στη γη (Urry, 2015)(Huang et al., 2015b) και πως τα ακραία καιρικά φαινόμενα τείνουν να γίνουν ολοένα και πιο απρόβλεπτα και πιο συχνά στην εμφάνιση τους, λόγω της μεταβολής του κλίματος, ή αλλιώς λόγω της κλιματικής κρίσης.



### 1.3 Επιπτώσεις κλιματικής κρίσης

Τα ακραία κλιματικά φαινόμενα, όπως οι ακραίοι καύσωνες, οι μεγάλες πλημμύρες, οι συχνοί τυφώνες και οι ανεξέλεγκτες πυρκαγιές συνδέονται με την ανθρώπινη παρέμβαση και γίνονται ολοένα και χειρότερα με την πάροδο του χρόνου. Σύμφωνα με την Αμερικανική Μετεωρολογική εταιρία, ο ανθρώπινος παράγοντας επηρεάζει αναμφισβήτητα την εμφάνιση των ακραίων αυτών φαινομένων, με τις μελέτες πλέον να επικεντρώνονται στο μέγεθος της ανθρώπινης επιρροής και την μελλοντική εξέλιξη της. Είναι αδιαμφησβήτητο πως η ανθρώπινη επιρροή έχει συμβάλει στη παγκόσμια θέρμανση της ατμόσφαιρας, του ωκεανού και της γης, αφού εκτεταμένες και απότομες αλλαγές έχουν συμβεί στην ατμόσφαιρα, στους ωκεανούς, την



κρυσφαιρα και την βιόσφαιρα (Masson-Delmotte et al., 2021).

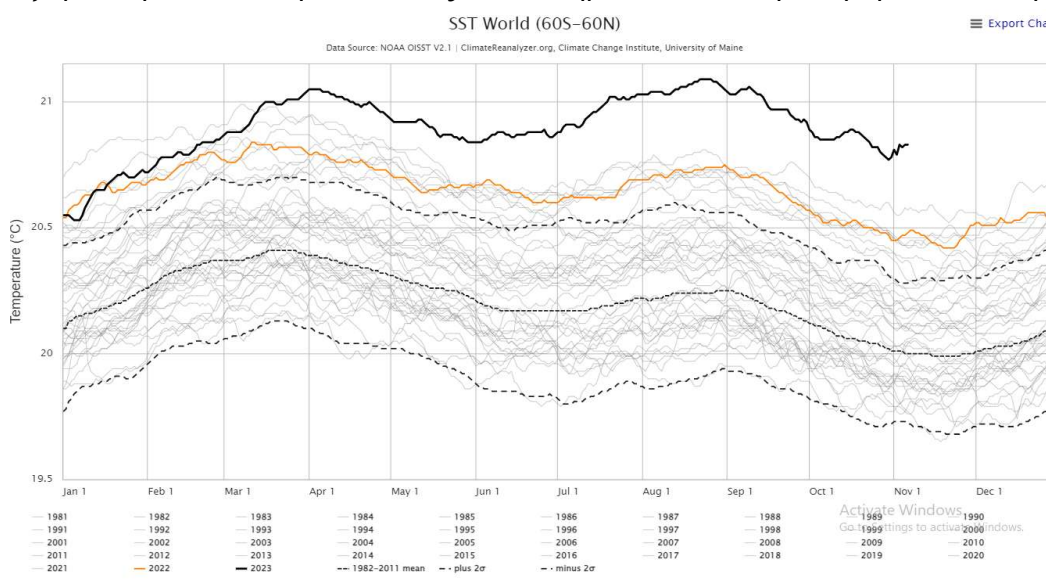
Εικόνα 1.4 Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας από το 1850 και μετά. (September 2023 Temperature Update - Berkeley Earth, 2023).

Σύμφωνα με τα τελευταία δεδομένα του 2023, ο μήνας Ιούλιος ήταν ο θερμότερος μήνας όλων από το 1850 και μετά, ενώ παράλληλα ο Σεπτέμβριος ήταν ο θερμότερος Σεπτέμβριος παγκοσμίως από το 1850 και μετά (September 2023 Temperature Update - Berkeley Earth, 2023). Τα υψηλά ρεκόρ από μόνα τους δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, αφού το φαινόμενο 'El Nino' βοηθά στην αύξηση της θερμοκρασίας το έτος 2023, ωστόσο συγκρίνοντας τα τελευταία έτη σε σχέση με τον μέσο όρο των προηγούμενων ετών, μπορεί κανένας να βγάλει συμπεράσματα για την παγκόσμια κλιματική κρίση. Έτσι, παρατηρώντας κανείς τον παραπάνω πίνακα, διαπιστώνει πως η μέση παγκόσμια θερμοκρασία βρίσκεται σε πρωτόγνωρα επίπεδα, γεγονός πολύ ανησυχητικό για την μελλοντική παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας και τις μελλοντικές επιπτώσεις. Σύμφωνα με το (IPCC, 2023), η θερμοκρασία την περίοδο 2011-2020 έχει αυξηθεί κατά 1,1°C σε σύγκριση με την περίοδο 1850-1900, ενώ αναμένεται να ξεπεράσει την αύξηση του 1,5°C το πρώτο μισό της δεκαετίας 2030 και προβλέπεται πως θα είναι πολύ δύσκολο να κρατηθεί αυτή η αύξηση κάτω από 2°C μέχρι τα τέλη του 21<sup>ου</sup> αιώνα, το οποίο αναμένεται να έχει τρομερές επιπτώσεις σε όλο τον κόσμο. Μέχρι και τα πιο αισιόδοξα σενάρια που εξετάζουν οι επιστήμονες, δείχνουν πως η μέση θερμοκρασία του πλανήτη θα συνεχίζει να ανεβαίνει μέχρι το 2050 και πως για να υπάρξει ανάσχεση αυτής της ανόδου και να κρατηθεί η θερμοκρασία κάτω από 1,5-2°C, θα πρέπει να παρθούν δραστικά μέτρα

τις επόμενες δεκαετίες για την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου(IPCC,2021). Αξίζει να σημειωθεί πως η αύξηση της θερμοκρασίας επιφανείας ήταν μεγαλύτερη στη στεριά(1,59°C) σε σχέση με την θερμοκρασία επιφανείας πάνω από θάλασσα(0.99°C). Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας δεν επηρεάζει μόνο τον άνθρωπο, καθώς δεν είναι το μόνο είδος που κατοικεί στη γη, αλλά και τα ζώα. Ο άνθρωπος μπορεί να ανταπεξέλθει πιο εύκολα σε μια αύξηση της τάξεως του 1°C με τα μέσα που διαθέτει, ενώ αντιθέτως τα ζώα δεν μπορούνε. Έτσι, υπάρχουν είδη που αναγκάζονται να μεταναστεύουν λόγω αλλαγής στη θερμοκρασία, ενώ στη χειρότερη υπάρχουν είδη που απειλούνται ακόμα και με εξαφάνιση.

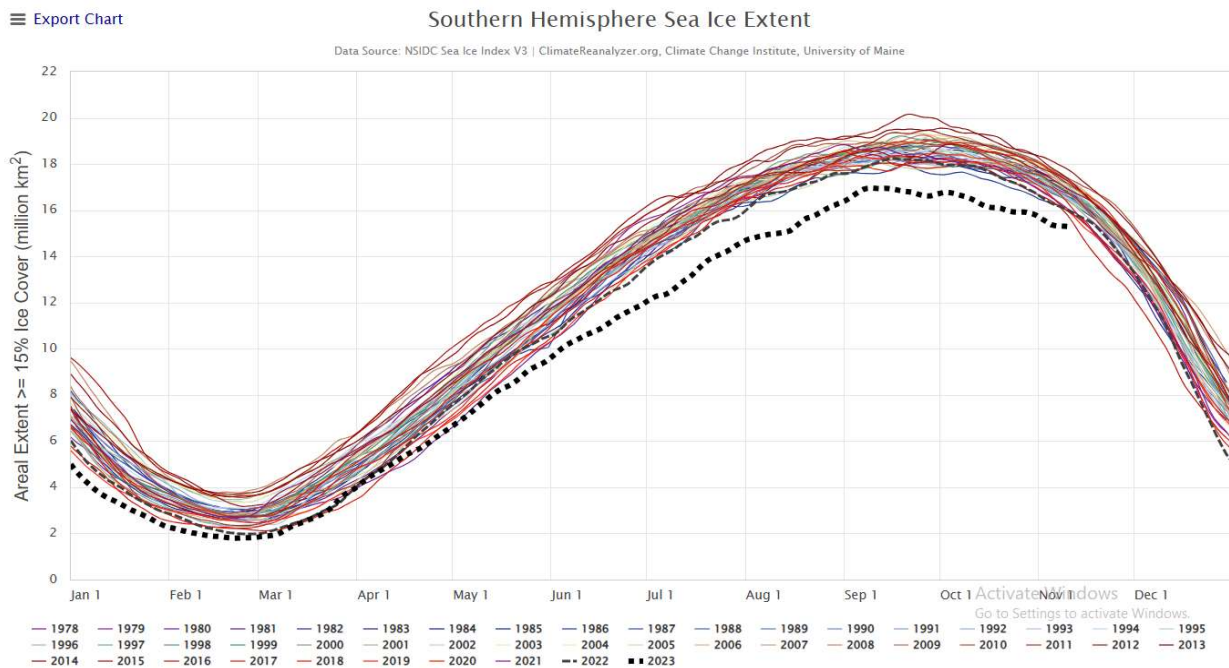
Οι ωκεανοί απορροφούν περίπου το 90% της θερμικής ενέργειας που αποθηκεύεται στην γη, ενώ η ατμόσφαιρα το υπόλοιπο 10%. Λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου, οι ωκεανοί θερμαίνονται ολοένα και πιο πολύ, όπως γίνεται και με την ατμόσφαιρα. Ένα μείζον θέμα το οποίο αναδεικνύει τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης είναι αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των ωκεανών. Αναλύοντας κανείς τον παρακάτω πίνακα, ο οποίος μας δείχνει την μέση θερμοκρασία των ωκεανών σε γεωγραφικό πλάτος '60° Βόρειο έως 60° Νότιο' ανά έτος, διαπιστώνει πως η μέση θερμοκρασία έχει μια μικρή διακύμανση από το 1981 μέχρι πριν από δέκα χρόνια, ενώ τα τελευταία έτη δείχνει μια αισθητή άνοδο. Με πορτοκαλί χρώμα φαίνεται η μέση θερμοκρασία των ωκεανών το έτος 2022, ενώ η υψηλότερη μαύρη γραμμή μας δείχνει το έτος 2023 μέχρι τον Νοέμβριο. Αντιλαμβάνεται έτσι κανείς, ότι το τελευταίο έτος που διανύουμε, η μέση θερμοκρασία των ωκεανών είναι υψηλότερη κατά 0,3-0,4°C σε σχέση με το περσινό 2022, το οποίο ήταν ήδη στην τέρμα πάνω θέση του διαγράμματος και ήταν 0,5 °C πάνω από τον μέσο όρο των τελευταίων σαράντα ετών. Η παγκόσμια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των ωκεανών τα τελευταία έτη μας αποδεικνύει πως η κλιματική κρίση είναι εδώ και μας δείχνει ολοένα και περισσότερο τις επιπτώσεις της, ενώ παράλληλα η μεγάλη αύξηση του έτους 2023 μας επιβεβαιώνει πως πλέον κινούμαστε σε αχαρτογράφητα νερά, όσον αφορά τις αυξήσεις στη θερμοκρασία των ωκεανών γενικά. Η αύξηση αυτή του νερού επηρεάζει και πολλά οικοσυστήματα, όπως οι κοραλλιογενής ύφαλοι, πολλοί από τους οποίους απειλούνται με εξαφάνιση. Αν αναλογιστεί κανείς πόσο σημαντικοί είναι για την βιοποικιλότητα, θα καταλάβει

πως μια τέτοια μεταβολή έχει τρομερές επιπτώσεις και είναι μη αναστρέψιμη.



Εικόνα 1.5 Παγκόσμια απεικόνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας των ωκεανών μεταξύ γεωγραφικού πλάτους 60S-60N.(Climate Reanalyzer, 2023)

Μια ακόμα επίπτωση της κλιματικής κρίσης, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, είναι η αισθητή πλέον μείωση του θαλάσσιου πάγου τόσο του βόρειου, όσο και του νότιου ημισφαιρίου. Αναλύοντας τον παρακάτω πίνακα, ο οποίος δείχνει την μηνιαία κάλυψη του θαλάσσιου πάγου στο νότιο ημισφαίριο, παρατηρεί κανείς πως τα τελευταία χρόνια ο πάγος έχει υποχωρήσει αισθητά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, στο νότιο ημισφαίριο η κάλυψη του θαλάσσιου πάγου τον Οκτώβριο του 2022 ήταν 18000 εκατομμύρια  $\text{km}^2$  ενώ τον ίδιο μήνα το 2023 16700 εκατομμύρια  $\text{km}^2$ , μέτρηση η οποία είναι πρωτοφανής, αφού δεν έχει παρατηρηθεί ξανά από το 1978, όπου υπάρχει η σχετική μέτρηση. Αυτό επηρεάζει δυνητικά και την ζωή των ζώων που ζουν στις περιοχές που είναι καλυμμένες από πάγο, όπως είναι για παράδειγμα οι λευκές αρκούδες και οι πιγκουίνοι, οι οποίοι πρέπει να προσαρμοστούν σε ολοένα και μικρότερο μέρος για να καταφέρουν να επιβιώσουν. Άρα καταλαβαίνει κανείς ότι οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη επηρεάζουν, εκτός από την ζωή του ανθρώπου, την ζωή όλων των ζωντανών οργανισμών, όπως και της βιοποικιλότητας. Επιπρόσθετα, το λιώσιμο των πάγων φέρνει αρκετές ακόμα αλλαγές στην μορφολογία του εδάφους, όπως είναι η αύξηση του επιπέδου της θάλασσας και η υποβάθμιση των ακτογραμμών.

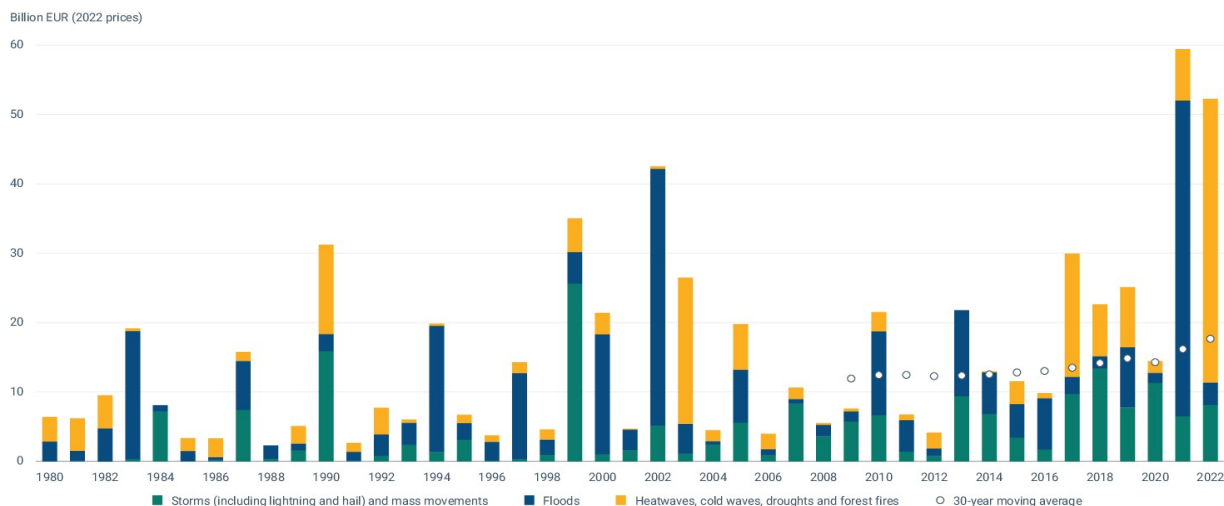


Εικόνα 1.6 Μηνιαία κάλυψη του θαλάσσιου πάγου στο νότιο ημισφαίριο ανά έτος όπου η διακεκομμένη γραμμή τέρμα κάτω είναι του 2023(Climature Reanalyzer,2023).

Επιπρόσθετα η αύξηση της θερμοκρασίας θέτει σε κίνδυνο ,εκτός από την ζωή πολλών ειδών εντός της θάλασσας, τους κοραλλιογενής υφάλους, οι οποίοι κινδυνεύουν σε εξαφάνιση, επηρεάζοντας τόσο την θαλάσσια ζωή που περιβάλλονται, όσο και την ανθρώπινη δραστηριότητα γύρω από τους υφάλους, όπως είναι η αλιεία.



Συνοψίζοντας, όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν πως οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης είναι πλέον ορατές και αδιαμφισβήτητες. Έτσι, φαίνεται πως ολοένα και περισσότερο επηρεάζουν την ζωή του ανθρώπου, τόσο κοινωνικά όσο και οικονομικά, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, όπου φαίνεται ξεκάθαρα η ανοδική τάση της αύξησης του κόστους λόγω έντονων καιρικών φαινομένων, όπως καταιγίδες, πλημμύρες, καύσωνες, παγωνιές και δασικές πυρκαγιές των τελευταίων ετών.



Εικόνα 1.7 Μέσο κόστος(Billion EUR) λόγω έντονων καιρικών συνθηκών και κλιματικής κρίσης στις ευρωπαϊκές χώρες.(Annual Economic Losses Caused by Weather - and Climate - Related Extreme Events in the EU Member States/European Environment Agency,

Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, εκτός από οικονομικές, είναι και κοινωνικό-πολιτικές, αν αναλογιστεί κανένας πως εκατομμύρια άνθρωποι μεταναστεύουν λόγω αυτής, ένα φαινόμενο που πρόκειται να γίνει εντονότερο τα επόμενα έτη, όσο η υπερθέρμανση του πλανήτη συνεχίζει να εντείνεται(Letcher, 2021). Πολλοί άνθρωποι στον πλανήτη αναγκάζονται να αφήσουν τον τόπο τους λόγω κλιματικής κρίσης, είτε λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, είτε λόγω ξηρασίας-ερημοποίησης που δυσκολεύει την καθημερινότητα και τον βιοπορισμό αυτών των ανθρώπων. Οι ξαφνικές πλημμύρες, όπως αυτή που έπληξε η κακοκαιρία ‘Daniel’ την Ελλάδα το 2023, είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της ανάγκης για μετακίνηση κάποιων οικισμών που βρίσκονται κοντά σε κοίτες ποταμών, και που τα επόμενα χρόνια προβλέπεται να εμφανίζονται ολοένα και περισσότερο, φαινόμενα τα οποία απειλούν τις ζωές των ανθρώπων.

Κάποιες από τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης είναι μη αναστρέψιμες λόγω τον εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου στο παρελθόν και μέλλον, ειδικά οι επιπτώσεις που αφορούν τους ωκεανούς, τα στρώματα πάγου και την αύξηση στη στάθμη της θάλασσας(IPCC,2021)

## Κεφάλαιο 2. Δασικές πυρκαγιές

Οι δασικές πυρκαγιές, παρόλο που ακούγεται σε όλους ως ένα καταστροφικό γεγονός, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι στην αναγέννηση ενός δάσους, άρα είναι μια φυσική καταστροφή για την διατήρηση του οικοσυστήματος (Wildland Firefighting Tactics - Fire (U.S. National Park Service), 2024). Ωστόσο, η φυσική αναγέννηση γινόταν ανά μεγάλα χρονικά διαστήματα, όπου το δάσος προλάβανε να ωριμάσει και να εναποθέσει τους σπόρους του στο έδαφος, ώστε να καταφέρει να αναγεννηθεί μετά από μια πυρκαγιά. Δυστυχώς, όταν τα διαστήματα αυτά μικραίνουν με τις συνεχείς πυρκαγιές, τα δάση δεν καταφέρνουν να ξαναδημιουργηθούν, με αποτέλεσμα την ολοκληρωτική ή μερική καταστροφή τους. Η χώρα μας ανήκει στην μεσογειακή ζώνη, στην οποία πάντοτε ξεσπούσαν δασικές πυρκαγιές και θα συνεχίσουν να ξεσπούν και στο μέλλον. Για να κατανοήσει κάποιος πως η κλιματική κρίση επηρεάζει τις δασικές πυρκαγιές, πρέπει να έχει κάποιες βασικές γνώσεις των δασικών πυρκαγιών, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω.

### 2.1. Βασικές έννοιες

Αρχικά, πρέπει να αποσαφηνίσουμε τον όρο δάσος, δηλαδή πότε μια έκταση θεωρείται δασική. Σύμφωνα με τον ορισμό του 'Food and Agriculture Organization of the United Nations' δασική, θεωρείται μια έκταση γης, τουλάχιστον μισού εκτάρου, με ύψος δέντρων πάνω από 5 μέτρα και με περισσότερο από 10% σκιά δέντρων, η οποία δεν χρησιμοποιείται για αγροτική ή αστική χρήση (FRA, 2005). Όσον αφορά τα ελληνικά δεδομένα, σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν.998/79 περί προστασίας των δασών και των δασικών εν γένει εκτάσεων της Χώρας: 'Ός δάσος ή δασικό οικοσύστημα νοείται το οργανικό σύνολο άγριων φυτών με ξυλώδη κορμό πάνω στην αναγκαία επιφάνεια του εδάφους, τα οποία, μαζί με την εκεί συνυπάρχουσα χλωρίδα και πανίδα, αποτελούν μέσω της αμοιβαίας αλληλεξάρτησης και αλληλοεπίδρασής τους, ιδιαίτερη βιοκοινότητα (δασοβιοκοινότητα) και ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον (δασογενές)'.

Οι δασικές πυρκαγιές έχουν συγκεκριμένη ορολογία και για να κατανοήσει κάποιος πως αντιμετωπίζονται αυτές πρέπει να έχει κάποιες βασικές γνώσεις. Συνοπτικά, μια πυρκαγιά χωρίζεται στα παρακάτω τμήματα:

- Μέτωπο ή κεφαλή, το οποίο κινείται με την μεγαλύτερη ταχύτητα και κυρίως επηρεάζεται από την διεύθυνση και ένταση του ανέμου, όπως και από την κλίση του εδάφους.
- Βάση, το οποίο είναι το τμήμα που κινείται αντίθετα από το μέτωπο και η ταχύτητα κίνησης του είναι μικρή, με αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η κατάσβεση της.
- Πλευρές, που είναι τα τμήματα μεταξύ της κεφαλή και της βάσης.
- Ψευδομέτωπα λόγω κηλίδωσης, τα οποία δημιουργούνται μπροστά από το μέτωπο λόγω κηλίδωσης. Κηλίδωση είναι το φαινόμενο στο οποίο καιγόμενα υλικά μεταφέρονται μέσω ανέμου μπροστά από το μέτωπο, δημιουργώντας νέες εστίες.
- Περίμετρος, τα εξωτερικά όρια της φωτιάς, τα οποία όταν αυτή σβήσει ορίζονται ως καμένη επιφάνεια.

Οι δασικές πυρκαγιές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάση πολλών παραγόντων, όπως η προέλευση τους, το μέγεθος, ο τρόπος εξάπλωσης, η ταχύτητα διάδοσης κ.α.. Η κατηγοριοποίηση με βάση τον τρόπο εξάπλωσης και την θέση τους ως προς την επιφάνεια του εδάφους του δάσους είναι η εξής(Μαρτζάκης,2021):

#### 1. Εδάφους ή υπόγειες πυρκαγιές(ground fires)

Στις συγκεκριμένες πυρκαγιές καίγεται η οργανική ύλη κάτω από την επιφάνεια του στρώματος φύλλων, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολα αντιληπτές, λόγω μικρής ή καθόλου παραγωγής καπνού. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι έχουν βραδεία καύση και αργή εξάπλωση. Ο συγκεκριμένος τύπος προϋποθέτει την ύπαρξη συσσωρευμένης οργανικής ύλης χαμηλά κάτω από τα φύλλα ή των βελονών, το οποίο βρίσκεται σε στάδιο αποσύνθεσης. Αυτές οι πυρκαγιές μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα δύο μέτρα βάθος, οπότε καταλαβαίνουμε πως είναι πολύ δύσκολες στην κατάσβεση τους και αρκετά επικίνδυνες.

#### 2. Επιφάνειας ή έρπουσες πυρκαγιές(surface fires)

Είναι ο πιο κοινός τύπος πυρκαγιών και είναι αυτός που καίγεται η επιφάνεια του δάσους, καίγοντας ότι νεκρή καύσιμη ύλη υπάρχει σε αυτήν, ενώ παράλληλα καίγεται και η ζωντανή βλάστηση. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών είναι η μεγάλη ταχύτητα διάδοσης, η οποία εξαρτάται κυρίως από την ένταση του ανέμου και η πολύ δυνατή φλόγα και θερμότητα που εκπέμπουν. Από αυτές τις πυρκαγιές προέρχεται το επόμενο είδος που θα αναλύσουμε, τις πυρκαγιές κόμης.

#### 3. Κόμης ή επικόρυφες πυρκαγιές(crown fires)

Όπως προδίδει και το όνομα τους, είναι οι πυρκαγιές που καίνε τις κορυφές των δέντρων, την κόμη δηλαδή των δέντρων και βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η ταχύτητα διάδοσης τους, θέτοντας ίσως την πιο επικίνδυνη κατηγορία φωτιάς. Είναι εξαιρετικά δύσκολη η αντιμετώπιση τους, αφού πολλές φορές η κατάσβεση και ο έλεγχος τους είναι πολύ δύσκολος, έως αδύνατος. Εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό, όπως και οι προηγούμενη κατηγορία, από την επικρατούσα κατάσταση του ανέμου, ενώ παράλληλα λόγω καμένης ύλης που παρασύρεται από τον άνεμο δημιουργούνται συνεχώς νέες εστίες πυρκαγιών.

#### 4. Μικτές πυρκαγιές(mixed fires)

Είναι οι πυρκαγιές που συνυπάρχουν τα παραπάνω είδη και είναι οι πιο ανεξέλεγκτες και απρόβλεπτες. Όταν για παράδειγμα υπάρχει έρπουσα και πυρκαγιά κόμης ταυτόχρονα, η φωτιά αυτή καίει το δάσος σε δυο επίπεδα, αφού υπάρχει εστία φωτιάς χαμηλά στα δέντρα και παράλληλα εστία ψηλά στις κορυφές των δέντρων, το οποίο καταλαβαίνει κανείς πως είναι πολύ δύσκολο να αντιμετωπιστεί

## 2.2. Αίτια πρόκλησης και παράγοντες εξάπλωσης

Καμία φωτιά δεν μπορεί να εξελιχθεί, αν δεν συνυπάρχουν τρία θεμελιώδη στοιχεία: το οξυγόνο το οποίο παρέχεται μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα, μία πηγή θερμότητας(π.χ. σπινθήρας, κεραυνός) και η καύσιμη ύλη (π.χ. τα ξερά χόρτα, τα δέντρα ενός δάσους κ.α.). Δύο είδη θερμότητας είναι απαραίτητα για να υπάρξει η φωτιά σε ένα δάσος, η πρώτη είναι η εναρκτήρια πηγή θερμότητας για να αυξηθεί η θερμοκρασία της καύσιμης ύλης και να ξεκινήσει η φωτιά και η δεύτερη για να διατηρηθεί η θερμότητα της καύσιμης ύλης. Σε μια δασική πυρκαγιά η θερμότητα μεταδίδεται μέσω επαγωγής, μεταφοράς ή δια ακτινοβολίας. Τα αέρια που σχηματίζονται κατά την καύση υπερθερμαίνονται και μεταφέρονται προς την άκαυστη περιοχή, ανεβάζοντας την θερμοκρασία της καύσιμης ύλης, ενώ παράλληλα παρασύρουν μαζί τους και τις καύτρες, οι οποίες δημιουργούν νέες εστίες πυρκαγιάς(Μαρτζάκλης,2021).Η καύσιμη ύλη ενός δάσους αποτελείται από την βιομάζα, η οποία μπορεί να είναι είτε νεκρή είτε ζωντανή και να βρίσκεται πάνω ή κάτω από την επιφάνεια.

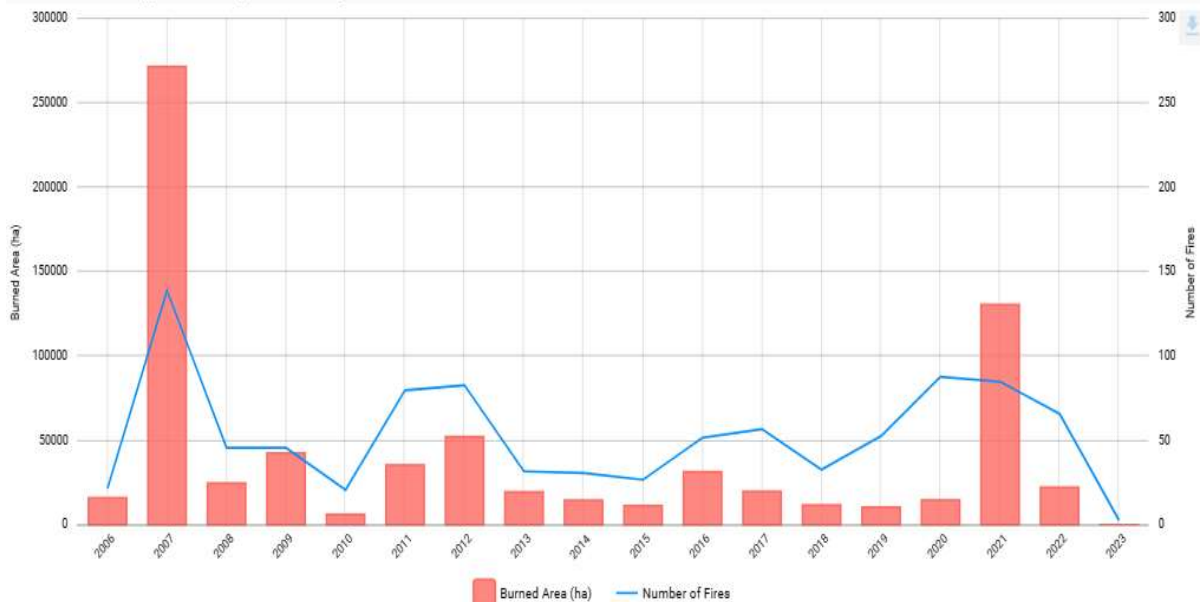
Ο τρόπος εξάπλωσης μιας δασικής πυρκαγιάς ονομάζεται ως συμπεριφορά της πυρκαγιάς. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα ποσοτικά χαρακτηριστικά "ταχύτητα διάδοσης" (Rate of spread) σε χιλιόμετρα ανά ώρα και "μήκος φλόγας(Flame length) σε μέτρα, όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως ο τύπος πυρκαγιάς(υπόγεια., έρπουσα, κόμης ή μικτή πυρκαγιά). Η συμπεριφορά της φωτιάς εξαρτάται από 3 κύριους παράγοντες: τοπογραφία, μετεωρολογικές συνθήκες και καύσιμη ύλη. Οι μετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν την καύσιμη ύλη(θερμοκρασία-υγρασία), όπως και τον τρόπο και την αποτελεσματικότητα μετάδοσης της θερμότητας με ακτινοβολία, επαγωγή ή καύτρες που εξαρτάται κυρίως από την επίδραση του ανέμου(Ξανθόπουλος, 2016). Ο άνεμος παίζει σημαντικό ρόλο στην επίδραση μιας πυρκαγιάς, διότι αφ' ενός προσδιορίζει τη διεύθυνση διάδοσης της και αφετέρου την ταχύτητα εξάπλωσης της. Ο θερμός και ξηρός αέρας ευνοούν την εξάπλωση της φωτιάς, γι' αυτό και οι καλοκαιρινοί μήνες είναι οι πιο επικίνδυνοι, ενώ η αστάθεια στην ατμόσφαιρα μπορεί να οδηγήσει σε ακραίες συνθήκες. Η τοπογραφία παίζει επίσης πολύ σημαντικό ρόλο, διότι η φωτιά εξαπλώνεται πολύ πιο γρήγορα όπως ανεβαίνει μια πλαγιά, ενώ αντιθέτως επιβραδύνει όταν την κατεβαίνει. Επιπρόσθετα, μια δύσβατη περιοχή είναι πολύ πιο επιρρεπής σε μια φωτιά, διότι είναι δύσκολο αρχικά να εντοπιστεί και μεταγενέστερα να μπορεί να περιοριστεί, αφού θα είναι δύσκολα προσβάσιμη από τις υπηρεσίες δασοπυρόσβεσης. Τέλος, η δασική καύσιμη ύλη είναι ίσως ο μοναδικός παράγοντας, ο οποίος μπορούμε να τον περιορίσουμε για να μειώσουμε της επιπτώσεις μιας δασικής φωτιάς(Karsai et al., 2016).

Η έναρξη μιας δασικής πυρκαγιάς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν και τον τρόπο εξάπλωσης και κατάσβεσης της. Η έναρξη μπορεί να προκληθεί από φυσικά αίτια (π.χ. κεραυνός) ή από την παρέμβαση του ανθρώπου, δηλαδή από ανθρωπογενή αίτια. Τα τελευταία διαχωρίζονται σε τυχαία (π.χ. βιομηχανικό ή οδικό ατύχημα, έκρηξη διαφόρων τύπων και αμέλειες) και από πρόθεση (π.χ. από άτομα χαμηλής ευθύνης, από πυρομανείς, από δολιοφθορές όπως οικονομικά οφέλη κ.α). Παρόλο που στο εξωτερικό υπάρχουν περιοχές που πάνω από το 80% των πυρκαγιών ξεκινούν από φυσικά αίτια, στην Ελλάδα δυστυχώς πάνω από το 95% των πυρκαγιών προέρχονται από την ανθρωπίνη δραστηριότητα, είτε είναι τυχαία είτε από πρόθεση (Ξανθόπουλος, 2016). Το ίδιο ισχύει για όλη την Ευρώπη, όπου επίσης το 95%

των φωτιών προκαλούνται από ανθρώπινα αίτια, με πιο συχνές αιτίες τις αγροτικές πρακτικές, ακολουθούμενες από ανθρώπινη αμέλεια και εμπρησμό(San-Miguel-Ayanz et al., 2013).

### 2.3. Μέγα-πυρκαγιές

Οι πυρκαγιές είναι ένα φαινόμενο που πλήττει κάθε χρόνο τις μεσογειακές χώρες, ωστόσο υπάρχουν κάποιες πυρκαγιές που παίρνουν τόσο μεγάλη έκταση που θα μπορούσε κάποιος να τις χαρακτηρίσει mega-πυρκαγιές. Στη μεσόγειο, η συχνότητα των πυρκαγιών αυξάνεται σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες και το μέλλον προβλέπεται δυσσιώνο, καθώς κάθε χρόνο τα πράγματα γίνονται ολοένα και χειρότερα. Το αποτέλεσμα των συνεχόμενων δασικών πυρκαγιών είναι η περιβαλλοντική αλλαγή του τοπίου αλλά και το τεράστιο οικονομικό και κοινωνικό αντίκτυπο στις πληγείσες περιοχές(Mitsopoulos & Mallinis, 2017). Οι περισσότερες πυρκαγιές σβήνουν σε μικρό χρονικό διάστημα χωρίς να προλάβουν να κάψουν μεγάλες εκτάσεις και να δημιουργήσουν μεγάλα προβλήματα. Ωστόσο υπάρχει ένα μικρό ποσοστό, το οποίο ξεφεύγει από τις δυνάμεις πυρόσβεσης και προκαλεί καταστροφές πολύ μεγάλων διαστάσεων, καίγοντας μεγάλες εκτάσεις, το οποίο οφείλεται κυρίως σε συσσώρευση καύσιμης ύλης και εγκατάλειψη της δασικής γης(Christoroulou et al., 2013)(San-Miguel-Ayanz et al., 2013). Αναφορικά, στις μεσογειακές χώρες της Ευρώπης, οι mega-πυρκαγιές αντιπροσωπεύουν μόνο το 2% των συνολικών πυρκαγιών, ωστόσο είναι υπεύθυνες για το 80% των καμένων εκτάσεων(Mitsopoulos & Mallinis, 2017). Χαρακτηριστικό και το παράδειγμα της Ελλάδας, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, όπου υπάρχουν χρονιές ορόσημα, όπως το 2007 με τις φωτιές στην Πελοπόννησο και το 2021 με τις φωτιές στην βόρεια Εύβοια. Δεν υπάρχει σαφής ορισμός για το πότε μια πυρκαγιά θεωρείται mega-πυρκαγιά, ωστόσο τα τελευταία χρόνια βλέπουμε όλο και περισσότερες πυρκαγιές που παίρνουν μεγάλη έκταση και είναι φύση αδύνατο να μπορέσουν να ελεγχθούν.



Εικόνα 2.1 Αριθμός πυρκαγιών(μπλε γραμμή)και καιγόμενη έκταση(κόκκινο) στην Ελλάδα αναλόγως έτους(EFFIS - Statistics Portal, 2023).

## 2.4. Επιπτώσεις δασικών πυρκαγιών

Οι δασικές πυρκαγιές έχουν ποικίλες επιπτώσεις, τόσο στο οικοσύστημα, όσο και στην ζωή των ανθρώπων (Rogers et al., 2020) (Labenski et al., 2023). Μια κατηγοριοποίηση των επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών μπορεί να γίνει σε άμεσες ή έμμεσες:

Άμεσες επιπτώσεις είναι:

- Η απώλεια σε ανθρώπινες ζωές και ζώα ή τραυματισμός αυτών.
- Καταστροφή ακίνητης περιουσίας (π.χ. σπίτια, μαγαζιά, εργοστάσια).
- Καταστροφή ζωτικού χώρου για την ζωή των άγριων ζώων.
- Καταστροφή των υποδομών (π.χ. ηλεκτρικού δικτύου, δρόμων).
- Καταστροφή καλλιεργειών και κτηνοτροφικού κεφαλαίου.
- Απώλεια δασικών προϊόντων (π.χ. ξυλεία, ρετσίνα, καρποί).

Έμμεσες επιπτώσεις είναι:

- Οικολογικές, διότι διαταράσσεται συνολικά η χλωρίδα και η πανίδα του δάσους. Η απώλεια βιοποικιλότητας και η διάβρωση του εδάφους είναι από τις πιο σημαντικές οικολογικές επιπτώσεις, καθώς κάποια δάση χάνουν την ικανότητα να αναγεννούνται όταν καίγονται για πολλοστή φορά.
- Υδρολογικές, διότι μειώνεται η διαπερατότητα του εδάφους, με αποτέλεσμα να εμφανιστούν μεταγενέστερα πλημμύρες, κατολισθήσεις και μείωση του υδροφόρου ορίζοντα.
- Διατάραξη της ισορροπίας των βοσκότοπων.
- Απώλεια θέσεων εργασίας (π.χ. μελισσοκόμοι, ξυλοκόποι).
- Οικονομικές επιπτώσεις, όπως για παράδειγμα η απώλεια των τουριστών που έρχονταν για να απολαύσουν την φύση.
- Υγειονομικές, όπως μείωση του παραγόμενου οξυγόνου, μείωση απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα και μόλυνση της ατμόσφαιρας.
- Διατάραξη της ισορροπίας του κλίματος, τόσο τοπικά όσο και γενικά. Οι Δασικές πυρκαγιές απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα στην ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου επιβαρύνοντας έτσι την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Κοινωνικές επιπτώσεις, καθώς οι κάτοικοι των γύρω περιοχών χρησιμοποιούν τα δάση για δική τους ψυχαγωγία (π.χ. περίπατοι, υπαίθριες δραστηριότητες κ.α.).

## 2.5 Διαχείριση των δασικών πυρκαγιών


Σύμφωνα με τον νόμο Ν998/1979(Άρθρο 5): Η προστασία των δασών και των δασικών εκτάσεων ανήκει εις την αρμοδιότητα της δασικής υπηρεσίας, ενεργούσης κατά τας οικείας περί τούτων διατάξεις ή τας ειδικάς διατάξεις ενώ η μέριμνα δια την ανάπτυξιν, βελτίωσιν, αναδάσωσιν και προστασίαν των πάρκων, αλσών και των εντός των πόλεων ή οικιστικών περιοχών δενδροστοιχιών ανήκει εις τους οικείους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοικήσεως ή τους επί τη βάσει σχετικής πολεοδομικής μελέτης αναλαμβάνοντας την δημιουργίαν αυτών οικιστικούς φορείς ή εις ίδια νομικά πρόσωπα επί τη βάσει ειδικών διατάξεων. Συμπερασματικά, διαπιστώνει κανείς πως την ευθύνη για την προστασία των δασών την έχει η Πυροσβεστική Υπηρεσία, ενώ όσον αναφορά πάρκα, άλση και βλάστηση εντός οικιστικών περιοχών μεριμνά η τοπική αυτοδιοίκηση, όπου μετά την εκδήλωση κάποιας πυρκαγιάς αναλαμβάνει δράση η Πυροσβεστική Υπηρεσία.

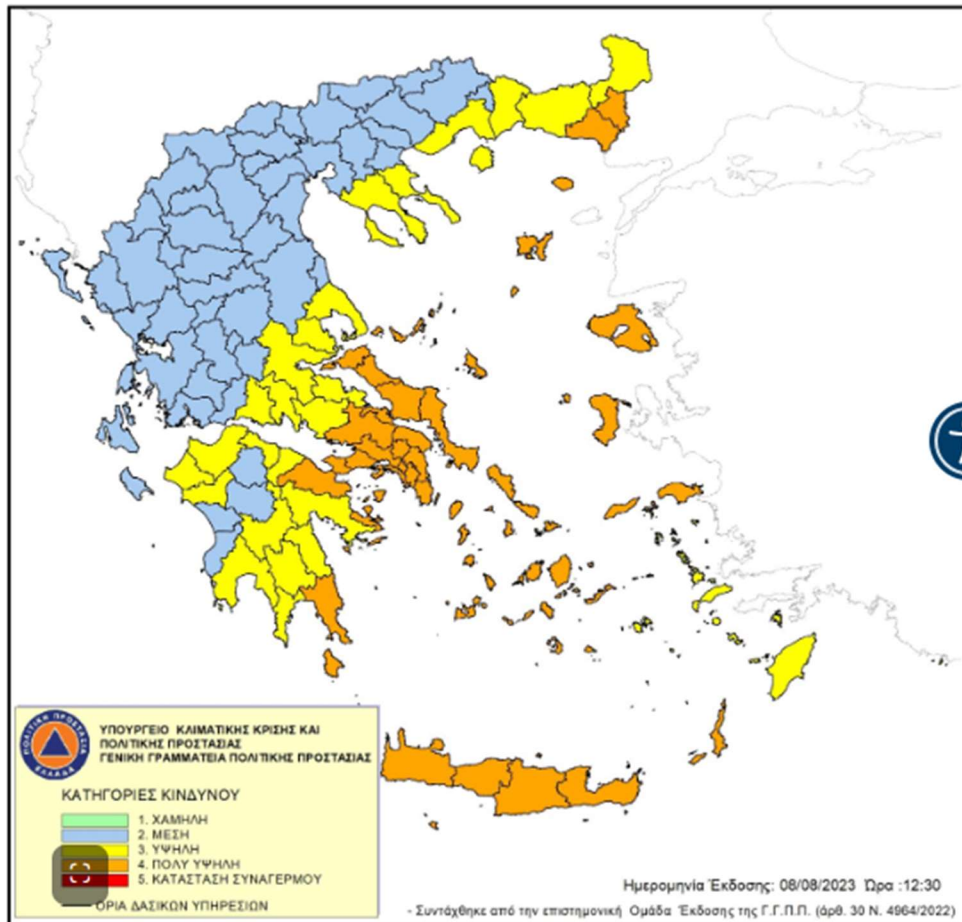
### 2.5.1 Πρόληψη

Η πρόληψη, σε συνδυασμό με την έγκαιρη ανίχνευση, είναι τα αποδοτικότερα μέτρα διαχείρισης μιας δασικής πυρκαγιάς. Η πρόληψη πρέπει να αποτελεί τον πρώτο στόχο της αντιπυρικής προστασίας μιας δασικής έκτασης, διότι αν αντιμετωπιστεί μια φωτιά πριν την εξάπλωση της ή ακόμα καλύτερα πριν προλάβει να δημιουργηθεί, δεν θα χρειαστεί να ακολουθηθούν τα επόμενα βήματα, που είναι η καταστολή και η αποκατάσταση μιας δασικής πυρκαγιάς. Η πρόληψη μιας δασικής πυρκαγιάς περιλαμβάνει:

- Ελαχιστοποίηση πιθανότητας εκδήλωσης μιας πυρκαγιάς
- Μείωση της πιθανότητας εξάπλωσης της
- Μείωση των καταστροφών που προκαλεί μετά την εξάπλωση της
- Αύξηση της ικανότητας αντιμετώπισης της

Για την σωστή πρόληψη πρέπει να υπάρχει και η αντίστοιχη εκτίμηση του κινδύνου για την εκδήλωση των πυρκαγιών. Έτσι κατά την διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου εκδίδεται από τις αρμόδιες αρχές ο αντίστοιχος χάρτης πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς, όπου κοινοποιείται καθημερινώς στις Υπηρεσίες του κράτους για την λήψη των απαραίτητων μέτρων και γνωστοποιείται επίσης στους πολίτες μέσω των ΜΜΕ.

**ΧΑΡΤΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΠΟΥ ΙΣΧΥΕΙ ΓΙΑ**   
**Τετάρτη 09/08/2023**



Εικόνα 2.2 Χάρτης πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς, ο οποίος εκδίδεται καθημερινώς.(Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης Και Πολιτικής Προστασίας | Civilprotection.Gov.Gr,2023)

Όσον αφορά τα μέτρα τα οποία κάνουν πιο αποτελεσματική την πρόληψη είναι:

- Περιβαλλοντική παιδεία, παρέχοντας στους μαθητές των σχολείων την αντίστοιχη εκπαίδευση. Αντίστοιχα, ανάπτυξη της οικολογικής συνείδησης των πολιτών.
- Ευαισθητοποίηση και ενημέρωση των πολιτών, μέσω των μέσων μαζικής ενημέρωσης(π.χ. τηλεόραση, ραδιόφωνο, εφημερίδες, βιβλία, άρθρα στο διαδίκτυο, κοινωνικά δίκτυα κλπ.). Ο εθελοντισμός για την κατάσβεση των πυρκαγιών είναι πολύ σημαντικός και θα έπρεπε να ενθαρρύνεται από τα ΜΜΕ.
- Αντιπυρικός σχεδιασμός, όπου αναφέρεται στην ανάλυση της απειλής στο χώρο και στο χρόνο, με βάση αξιολόγηση στοιχείων όπως η πιθανότητα εκδήλωσης μιας πυρκαγιάς, η ένταση της και οι απειλούμενες αξίες. Απαραίτητα δεδομένα για το σχεδιασμό αυτό είναι η γνώση της χωρικής κατανομής της καύσιμης ύλης, τα κλιματικά δεδομένα, η τοπογραφία και μορφολογία του εδάφους κ.α.. Έτσι με την ανάλυση της απειλής δημιουργείται ο



αντίστοιχος σχεδιασμός οποίος καθορίζει τις δράσεις και τα έργα που πρέπει να πραγματοποιηθούν.

- Νομοθετικά μέτρα τα οποία είναι απαραίτητα για την προστασία των δασικών εκτάσεων, όπως είναι εφαρμογή της νομοθεσίας για την τιμωρία των εμπρηστών, σχεδιασμός για την ανάπτυξη του μη αστικού χώρου, δημιουργία δασολογίου και δασικών χαρτών κ.α..
- Αντιπυρρικά έργα τα οποία προκύπτουν από τον αντίστοιχο αντιπυρρικό σχεδιασμό και αναφέρονται σε αντιπυρρικές ζώνες, διάνοιξη δρόμων, πρόβλεψη για ελικοδρόμια και δεξαμενών νερού κ.α..
- Διερεύνηση των αιτιών και ανάλυση στατιστικών στοιχείων προηγούμενων πυρκαγιών όπως και συστηματική συλλογή τους για κάθε δασική πυρκαγιά σε κάθε περιοχή ξεχωριστά.
- Σύστημα εκτίμησης κινδύνου, ώστε να προβλεφθεί ο κίνδυνος έναρξης και εξέλιξης μιας πυρκαγιάς από την προηγούμενη ή τις προηγούμενες μέρες, ώστε να αξιοποιούνται καλύτερα οι πυροσβεστικές δυνάμεις αλλά και για να ενημερώνονται οι πολίτες μέσω του χάρτη κατανομής κινδύνου πυρκαγιάς, ο οποίος παρέχεται από τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας.
- Επίγειες περιπολίες και επάνδρωση των πυροφυλακίων στις δασικές εκτάσεις, οι οποίες μπορεί να προλάβουν την εκδήλωση ή εξάπλωση μιας πυρκαγιάς.
- Εντοπισμός των δασικών πυρκαγιών από τον αέρα ή το διάστημα, μέσω εναέριας επιτήρησης τις μέρες υψηλού κινδύνου και των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού μιας πυρκαγιάς, το οποίο αναμένεται να αναπτυχθεί περαιτέρω στο μέλλον και να δώσει τη λύση στον έγκαιρο εντοπισμό των πυρκαγιών. Σε αυτό το ρόλο μπορούν να επιχειρήσουν και drones, τα οποία διαθέτουν, μεταξύ άλλων, θερμικές κάμερες και μπορούν να εντοπίσουν έγκαιρα μια πυρκαγιά και να δίνουν ζωντανή εικόνα στις δυνάμεις αεροπυρόσβεσης για την έκταση και την θέση της πυρκαγιάς, ώστε να γίνει αποτελεσματικότερη η κατάσβεση της.
- Διαχείριση των δασικών εκτάσεων, το οποίο ίσως είναι το βασικότερο στοιχείο για την πρόληψη των δασικών πυρκαγιών. Στο πλαίσιο διαχείρισης ενός δάσους δημιουργούνται αντιπυρρικές ζώνες, απομακρύνονται νεκρά ή άρρωστα δέντρα, γίνονται αραιώσεις και αποψιλώσεις, διανοίγονται δασικοί δρόμοι ή συντηρούνται παλαιότεροι, βοηθώντας έτσι την πρόσβαση των δυνάμεων καταστολής σε περίπτωση πυρκαγιάς. Ένας αποδοτικός τρόπος διαχείρισης της καύσιμης ύλης στα δάση είναι η προδιαγραμμένη καύση, η οποία εφαρμόζεται υπό όρους με τις κατάλληλες συνθήκες και κάνει τα δάση λιγότερο ευάλωτα σε μεγάλες πυρκαγιές, κάτι το οποίο παρατηρείται συνεχώς τα τελευταία χρόνια (Duane et al., 2019)(Morán-Ordóñez, Duane, et al., 2020).

### 2.5.3 Καταστολή

Η φάση της καταστολής ξεκινάει από το σημείο που μια δασική πυρκαγιά έχει ανιχνευτεί, με τις δυνάμεις κατάσβεσης να αναλαμβάνουν δράση και τελειώνει την στιγμή που θα τεθεί υπό πλήρη έλεγχο. Η αποτελεσματικότητα των δυνάμεων κατάσβεσης εξαρτάται από την σύνθεση αυτών, την έγκαιρη ανίχνευση της απειλής, τον σωστό καταμερισμό των δυνάμεων όταν υπάρχουν πολλά ενεργά μέτωπα και φυσικά από την έκταση που έχει πάρει η πυρκαγιά, την τοπογραφία, τις μετεωρολογικές συνθήκες(π.χ. ένταση και διεύθυνση ανέμου), τα χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης, όπως και το είδος της φωτιάς. Οι τακτικές και τα μέσα καταστολής ποικίλουν και στοχεύουν στην κατάσβεση μιας πυρκαγιάς εν τη γένεση της, ενώ όταν η πυρκαγιά πάρει μεγάλες διαστάσεις στον έλεγχο της και στον μετριασμό των επιπτώσεων της, οι οποίοι αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Για την έμμεση προσβολή απαιτείται οπισθοχώρηση από το μέτωπο της φωτιάς και οργάνωση γραμμής άμυνας, όπως πίσω από την αντιπυρική ζώνη ή πίσω από την γραμμή αντιμετώπισης(Mαρτζάκης,2021).

Οι τρόποι κατάσβεσης χωρίζονται σε επίγειοι και εναέριοι. Η βασική δύναμη καταστολής είναι οι επίγειες δυνάμεις, όπου οι δυνάμεις πυρόσβεσης, εφόσον υπάρχει οδικό δίκτυο για να προσεγγίσουν την καιγόμενη έκταση με τον κατάλληλο εξοπλισμό και μέσα(πυροσβεστικά οχήματα με μάνικες, φυτάρια, αλυσοπρίονα κ.α.), προσπαθούν να κάνουν κατάσβεση της πυρκαγιάς ή αν έχει πάρει ήδη η φωτιά έκταση να την ελέγξουν με τις αντίστοιχες μεθόδους(αντιπυρικές ζώνες ή φυσικά διάκενα). Σε ξένες χώρες(π.χ. ΗΠΑ,Ισπανία) υπάρχει και η μέθοδος της προδιαγεγραμμένης καύσης, όπου οι εξειδικευμένοι πυροσβέστες καίνε ελεγχόμενα μια έκταση ή μια λωρίδα γης πριν καταφθάσει η φωτιά και την σβήνουν, έτσι ώστε όταν φτάσει το μέτωπο της πυρκαγιάς να πέσει πάνω στις αντιπυρικές ζώνες που είναι ήδη καμένη η καύσιμη ύλη και να μην μπορεί να εξαπλωθεί ανεξέλεγκτα, ελέγχοντας έτσι την κίνηση της πυρκαγιάς(Φωτιές: Έτοιμη Προς Εφαρμογή η Μέθοδος Του «αντιπύρ» | Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 2022). Αυτή η μέθοδος προϋποθέτει την αντίστοιχη εκπαίδευση των πυροσβεστών και δεν είναι πανάκεια, καθώς δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε όλες τις περιπτώσεις δασικών πυρκαγιών και θα πρέπει οι συνθήκες/παράμετροι να είναι κατάλληλες για να εφαρμοστεί(π.χ. ύπαρξη οδικού δικτύου για να μην εγκλωβιστούν οι πυροσβεστικές δυνάμεις, συγκεκριμένη διεύθυνση και ένταση ανέμου, έκταση της φωτιάς, σωστός συντονισμός και επικοινωνία κ.α.).

Τα εναέρια μέσα κατάσβεσης περιλαμβάνουν πυροσβεστικά αεροσκάφη και ελικόπτερα. Στην χώρα μας διαθέτουμε δικά μας μέσα αεροπυρόσβεσης, τα οποία ανήκουν στην πολεμική μας αεροπορία, όπως είναι τα καναδικά αεροσκάφη Canadair CL-215 και CL-415, ωστόσο κάθε χρόνο ανανεώνεται η σύμβαση με ξένες ιδιωτικές εταιρίες για την ενοικίαση πυροσβεστικών αεροσκαφών και ελικοπτέρων(π.χ. αεροπλάνα Tractors και ελικόπτερα Erickson S-64F) τα οποία παραμένουν στην χώρα μόνο την αντιπυρική περίοδο. Τα συγκεκριμένα μέσα είναι πολύ αποτελεσματικά στην έγκαιρη κατάσβεση μιας φωτιάς, διότι φτάνουν έγκαιρα στο σημείο υπό αέρος, άρα επιχειρούν και σε δύσβατα σημεία όπου οι επίγειες δυνάμεις θα αργούσαν ή δε θα κατάφερναν να φτάσουν καθόλου, με στοχευμένες ρίψεις νερού ή επιβραδυντικού υγρού. Τα περισσότερα από αυτά έχουν την δυνατότητα να ανεφοδιάζονται με νερό όσο βρίσκονται στον αέρα, είτε από λίμνες, είτε από την θάλασσα, ενώ τα ελικόπτερα μπορούν να λάβουν νερό μέχρι και από δεξαμενές νερού ή πισίνες, οι οποίες βρίσκονται κοντά στην περιοχή της πυρκαγιάς, αυξάνοντας έτσι εκθετικά την αποτελεσματικότητά τους. Ωστόσο αν μια πυρκαγιά πάρει μεγάλη έκταση είναι αδύνατο να κατασβηστεί με εναέρια μέσα, τα οποία όμως και πάλι κάνουν σημαντική

δουλειά, καθώς μπορεί να ρίξουν σε καίρια σημεία που πρέπει να προστατευτούν, όπως σπίτια, επιχειρήσεις κ.α..

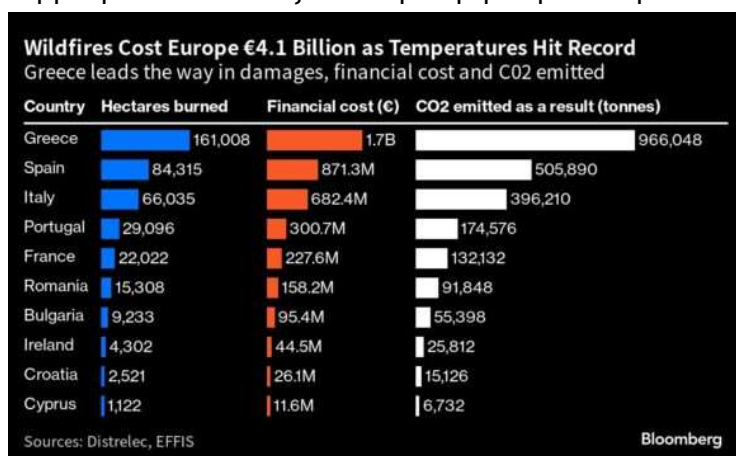
### **2.5.3 Αποκατάσταση**

Η μεταπυρική αποκατάσταση περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες/μέτρα που στοχεύουν στην αποκατάσταση των προβλημάτων και ζημιών μετά από μια πυρκαγιά και στοχεύουν στην πρόληψη καταστροφών που προκαλούνται στις πληγέντες περιοχές μετά από πυρκαγιά, όπως είναι οι πλημμύρες, και στην επαναφορά των καμένων εκτάσεων στην πρότερη τους κατάσταση ή ακόμα σε καλύτερη. Τα μέτρα αυτά αφορούν στην διαχείριση της καμένης ύλης, όπως είναι οι καμένοι κορμοί, την προστασία του εδάφους από την διάβρωση, η οποία έρχεται συνήθως μετά από δυνατές βροχοπτώσεις, μέχρι να καλυφθεί ξανά από βλάστηση και στην προστασία των οικισμών από πλημμύρες και κατολισθήσεις, φτιάχνοντας αντιπλημμυρικά έργα. Για την προστασία από τις πλημμύρες-κατολισθήσεις είναι σημαντικό να κατασκευαστούν φυσικά φράγματα, όπως για παράδειγμα με την εναπόθεση των καμένων κορμών κάθετα στην πλαγιά, ώστε να μειωθεί η επιφανειακή απορροή και να συγκρατηθούν τα φερτά υλικά. Επιπρόσθετα, εξίσου σημαντικό είναι η επανάκαμψη της καμένης έκτασης με αναδάσωση, στα μέρη εκείνα όπου η φυσική αναγέννηση δεν είναι εξασφαλισμένη. Παράλληλα προβλέπεται και η προστασία της καμένης περιοχής από την βοσκή, τις αλλαγές χρήσης της γης και τις καταπατήσεις.

### Κεφάλαιο 3. Πώς η κλιματική κρίση επηρεάζει τις δασικές πυρκαγιές

Μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στα δάση της μεσογείου είναι οι όλο και συχνότερες και μεγαλύτερες σε ένταση πυρκαγιές. Οι πυρκαγιές με την σειρά τους ευνοούνται από τις συνεχόμενες περιόδους ξηρασίας, τις παρατεταμένες περιόδους υψηλών θερμοκρασιών και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, συνθήκες που παρατηρούνται στις ευρωπαϊκές χώρες της μεσογείου (European Environment Agency,2023) και είναι το αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας.

Παρατηρώντας κανείς τον παρακάτω πίνακα, διαπιστώνει πως οι ευρωπαϊκές χώρες που επηρεάζονται περισσότερο από δασικές πυρκαγιές είναι χώρες της μεσογείου. Αυτό αποδεικνύει πως είναι πιο επιρρεπής στις δασικές πυρκαγιές, άρα είναι αυτές που θα επηρεαστούν περισσότερο από την κλιματική κρίση στο μέλλον. Αναφορικά, από το 2020 και μετά, η συνολική καμένη ευρωπαϊκή έκταση ήταν πάνω από τον μέσο όρο 2006-2023(EFFIS - Statistics Portal,2023), κάτι το οποίο αποδεικνύει πως όσο συνεχίζει να ανεβαίνει η παγκόσμια θερμοκρασία τόσο αυξάνεται η καιγόμενη έκταση των ευρωπαϊκών δασών.



Εικόνα 3.1 Το εκτιμώμενο κόστος της καταστροφής από τις πυρκαγιές το 2023 μέχρι το τέλος του καλοκαιριού(Wildfires Cost Europe €4.1 Billion as Greece Suffers Most Damage - Bloomberg, 2023)

Στα μεσογειακά οικοσυστήματα οι κλιματικές συνθήκες ευνοούν τον ρυθμό με τον οποίο παράγεται η φυτική βιομάζα μέσω της φωτοσύνθεσης, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό διάσπασης της νεκρής βιομάζας, μέσω της δράσης των μικροοργανισμών και της σήψης. Αυτό έχει αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα πλεόνασμα βιομάζας, το οποίο πρέπει με κάποιο τρόπο να διασπαστεί. Ο σύνηθες τρόπος για να καθαριστεί η πλεονάζουσα βιομάζα και να φυτρώσουν νέα δέντρα είναι η φωτιά.

Έτσι, από αρχαιοτάτων χρόνων, τα δάση μέσω των πυρκαγιών έβρισκαν τρόπο να αναγεννηθούν και να συνεχίσουν την ύπαρξη τους με νέα φυτά. Το πρόβλημα της σύγχρονης εποχής, λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης, είναι η αύξηση των πυρκαγιών και η μείωση των μεσοδιαστημάτων τους. Δάση που καίγονται ξανά, πριν προλάβουν να ωριμάσουν βιολογικά, χάνουν την ικανότητα να αναγεννηθούν πλήρως και σε συνδυασμό με την αλλαγή χρήση της γης, την συνεχή αύξηση των βοσκότοπων και γενικά την ανθρώπινη παρέμβαση, πριν προλάβουν τα νέα δέντρα να μεγαλώσουν, τα δάση χάνουν την ικανότητα να αναγεννηθούν. Το πρόβλημα είναι πολυδιάστατο, καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες που σχετίζονται με το κλίμα και επηρεάζουν την συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών. Για παράδειγμα, υπάρχουν μελέτες που αναφέρουν πως η αλλαγή στον πληθυσμό

της γης από το 2000 μέχρι το 2050, πρόκειται να επηρεάσουν θετικά τις παγκόσμιες πυρκαγιές, παρουσιάζοντας μια μείωση σε αυτές της τάξεως του 7% (Huang et al., 2015b) και αν αναλογιστεί κανείς πως η κλιματική κρίση επηρεάζει τον παγκόσμιο πληθυσμό δημιουργώντας κλιματικούς μετανάστες, καταλαβαίνει πως αυτή επηρεάζει ποικιλοτρόπως τις δασικές πυρκαγιές.

Τα δάση διατηρούν ίσως τον σημαντικότερο ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης, αμβλύνοντας τις επιπτώσεις της, καθώς δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και παράγουν οξυγόνο, ενώ παράλληλα είναι απαραίτητα για την διατήρηση της βιοποικιλότητας. Απέναντι στο εχθρικό περιβάλλον για τον άνθρωπο που δημιουργείται λόγω της κλιματικής κρίσης, τα δάση πρόκειται να διαδραματίσουν πολύ σημαντικό ρόλο, αφού ενώ απειλούνται από αυτή, μπορούν να συμβάλουν για τον μετριασμό των επιπτώσεων της.

### 3.1. Τα μεσογειακά δάση

Οι δασικές εκτάσεις καλύπτουν πάνω από 75 εκατομμύρια εκτάρια στις βόρειες χώρες της Μεσογείου(FAO, 2018),ενώ το μεγαλύτερο μέρος αυτών των εκτάσεων είναι άμεσα συνδεδεμένο με τις γεωργικές/αγροτικές περιοχές, συμβάλλοντας στην αγροτική ανάπτυξη, την κτηνοτροφία, την παροχή νερού και ενέργειας. Τα δάση καλύπτουν σχεδόν το 30% της ξηράς σε όλο τον κόσμο, αν και παλαιότερα κάλυπταν μεγαλύτερη έκταση. Κάθε χρόνο, περίπου 65000 φωτιές συμβαίνουν στην Ευρώπη, καίγοντας μισό εκατομμύριο εκτάρια, ενώ το 85 % της συνολικής καμένης έκτασης στην Ευρώπη συμβαίνουν στις ευρωπαϊκές χώρες της μεσογείου(San-Miguel-Ayanz et al., 2013). Συμπερασματικά, η κλιματική κρίση προβλέπεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στα δάση της μεσογείου, αφού θα τα επηρεάσει τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, δημιουργώντας ένα ευρύ φάσμα οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων. Αναφορικά, για τις χώρες της νότιας μεσογείου δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα-αναλύσεις όσον αναφορά την κλιματική κρίση και τις πυρκαγιές, οπότε τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί είναι κυρίως από τις βόρειες ευρωπαϊκές χώρες της μεσογείου.

Η λεκάνη της μεσογείου περιέχει περίπου 25000 είδη φυτών, από τα οποία το 60% είναι ενδημικά. Η ζήτηση για πόσιμο νερό είναι πολύ μεγάλη σε αυτήν την περιοχή του κόσμου, όπου συγκρατείται μόνο το 3% του πόσιμου νερού όλου του κόσμου(FAO, 2018). Η ζήτηση είναι αρκετά αυξημένη λόγω πυκνότητας του πληθυσμού που διαμένει στην περιοχή(αυξανόμενη σε μεγάλο βαθμό λόγω τουρισμού), λόγω της βιομηχανικής ζήτησης, λόγω των αρδευτικών έργων για την γεωργία και την κτηνοτροφία. Ενδεικτικά, ο πληθυσμός της μεσογείου διπλασιάστηκε από το 1960 έως το 2015, ενώ αναμένεται να φτάσει τα 670 εκατομμύρια μέχρι το 2050. Όλα αυτά συντελούν στον περιορισμό των υδάτινων πόρων στην περιοχή, το οποίο δυνητικά έχει και αρνητική επίπτωση στα μεσογειακά δάση. Οι επηρεαζόμενες κυβερνήσεις έχουν πάρει δραστικά μέτρα για τον μετριασμό της λειψυδρίας, όπως μεταφορά νερού ή αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, ωστόσο τα μέτρα αυτά επηρεάζουν τις εισροές γλυκού νερού στην θάλασσα της μεσογείου, το οποίο θέτει σε κίνδυνο τα παράκτια οικοσυστήματα.

Η περιοχή της μεσογείου περιλαμβάνει πολύ μεγάλη ποικιλία σε δασικές εκτάσεις, όπως επίσης και μεγάλη ποικιλία σε καλλιέργειες, όπως είναι τα ελαιόδεντρα και τα αμπέλια, των οποίων τα προϊόντα είναι παγκοσμίου φήμης και αναγνώρισης. Υπάρχουν ελαιόδεντρα τα οποία

είναι πάνω από 1000 ετών και εξακολουθούν να παράγουν ελιές, ακριβώς όπως γινόταν στην εποχή της αρχαίας Ελλάδας και Ρώμης. Η ευρύτερη περιοχή της μεσογείου έχει πολλά περιαστικά δάση, διότι έχει πολλά αστικά κέντρα λόγω πυκνότητας πληθυσμού (Tedim et al., 2015). Τα εν λόγω δάση είναι αρκετά ευπαθή σε πυρκαγιές, καθώς αρκετοί άνθρωποι ζουν πλησίον σε αυτά. Αυτό δημιουργεί ένα επιπλέον πρόβλημα τους θερινούς μήνες, καθώς μια δασική πυρκαγιά μπορεί να επηρεάσει αστικά κέντρα και χωριά, δημιουργώντας μεγάλα προβλήματα στους περιοίκους. Χαρακτηριστικό το παράδειγμα τις Ελλάδας, όπου οι περισσότερες πυρκαγιές είναι κοντά σε μεγάλες πόλεις. Ιδιαίτερα στην Αττική, όπου σχεδόν κάθε καλοκαίρι υπάρχει τουλάχιστον μια δασική πυρκαγιά, η οποία μπορεί να εξελιχθεί σε φονική (βλέπε η φωτιά στο Μάτι Αττικής).

Τα κυριότερα είδη δασών που υπάρχουν στην μεσόγειο είναι:

- Δάση κωνοφόρων, όπως είναι τα πευκοδάση και ελατοδάση
- Δάση φυλλοβόλων πλατύφυλλων, όπως τα δάση Βελανιδιάς
- Δάση οξιάς
- Μακία βλάστηση: υψηλοί θάμνοι όπως το πουρνάρι, η κουμαριά κ.α.
- Χαμηλοί θάμνοι-φρύγανα, όπως το θυμάρι, ασφάκα κ.α.
- Παράχθια δάση, τα οποία αποτελούνται από φυλλοβόλα δέντρα και θάμνους, όπως λεύκες, ιπιές, πλατάνια και συναντώνται σε μέρη με νερό
- Δάση με αγριελιές

Παρατηρώντας τα είδη δασών που συναντάει κανείς στη μεσόγειο, διαπιστώνει ότι υπάρχει τεράστια ποικιλία και μεγάλες διαφορές μεταξύ των δασών. Στη μεσόγειο υπάρχει αρκετή χαμηλή βλάστηση, όπως είναι οι θάμνοι, ενώ παράλληλα συναντάται υψηλή βλάστηση, όπως τα πευκοδάση, τα οποία παρόλο που είναι πολύ εύφλεκτα, έχουν μηχανισμούς αναγέννησης μέσω των κουκουναριών, εναποθέτοντας τον σπόρο τους ξανά στο έδαφος ώστε να αναγεννιούνται (Badeau et al., 2024). Επιπρόσθετα λόγω ιδιαίτερης μορφολογίας, καθώς υπάρχουν μεγάλες εξάρσεις κατά μήκος της βόρειας μεσογείου, υπάρχουν δάση που συναντώνται σε χαμηλά ύψη όπως τα πευκοδάση, ενώ υπάρχουν δάση που συναντώνται σε μεγάλα υψόμετρα, όπως τα ελατοδάση ή η αλπική βλάστηση.

### **3.2. Μετεωρολογικοί παράγοντες**

Τα δασικά οικοσυστήματα, ανέκαθεν προσαρμόζονταν στις αλλαγές του κλίματος, καθώς η γη πέρασε από διάφορα στάδια πολύ πριν την εμφάνιση των ανθρώπων. Έτσι, τα δάση κατάφεραν να προσαρμοστούν ανά τους αιώνες, καθώς δεν υπήρχε κάποιος που θα επηρέαζε την δυνατότητα τους να αναπροσαρμοστούν στις εκάστοτε συνθήκες. Ωστόσο, η κλιματική κρίση, και κυρίως ο ρυθμός θέρμανσης του πλανήτη, ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος που σημειώθηκε κατά την διάρκεια της Τεταρτογενούς περιόδου (δύο εκατομμύρια χρόνια), σε συνδυασμό με την ανθρώπινη παρέμβαση, έχουν συντελέσει στη μείωση της ικανότητας προσαρμογής των οικοσυστημάτων. Πλέον, υπάρχουν δάση τα οποία καίγονται με τέτοιο ρυθμό, ώστε δεν προλαβαίνουν να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες, με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε αφανισμό. Τα πιο επιρρεπή δάση στις πυρκαγιές είναι κυρίως τα περιαστικά, ωστόσο η κλιματική

κρίση που υφίσταται πλέον στον πλανήτη γη, επηρεάζει όλο και περισσότερες δασικές περιοχές ανά τον κόσμο και γενικά όλο και περισσότερα οικοσυστήματα πάνω στη γη.

Η κλιματική κρίση έχει επηρεάσει σε τέτοιο βαθμό τους μετεωρολογικούς παράγοντες, που είναι δύσκολο να περιγράψει κανείς την σχέση αυτή τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά. Υπάρχουν αρκετές επιστημονικές έρευνες που εξετάζουν την επιρροή του κλίματος στις δασικές πυρκαγιές (Bento et al., 2023; Trambly et al., 2020) (Huang et al., 2015a; Karsai et al., 2016; Kloster et al., 2012; Giorgi & Lionello, 2008; (Pechony & Shindell, 2010); Regato, 2008). Σύμφωνα με (Huang et al., 2015) μέχρι το 2050 η συχνότητα των φωτιών θα αυξηθεί κατά περίπου 27% συνολικά σε σχέση με την πρώτη δεκαετία του 21<sup>ου</sup> αιώνα, με 19% της συνολικής αύξησης να ευθύνεται η αλλαγή στις μετεωρολογικές συνθήκες και 4% λόγω της αύξησης των κεραυνών. Αντίστοιχα σύμφωνα με (Pechony & Shindell, 2010) η μελλοντική αλλαγή στο κλίμα θα επηρεάσει όλο και περισσότερο τις πυρκαγιές, σε σχέση με τα ανθρωπογενή αίτια, όπως η αλλαγή στη χρήση γης, και υπολόγισαν πως μέχρι το 2100 θα υπάρξει αύξηση των πυρκαγιών κατά 25%. Το βέβαιο είναι πως η αύξηση της συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων, η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας με την παράλληλη αλλαγή στην συμπεριφορά των μετεωρολογικών σχηματισμών, όπως η αλλαγή στη συμπεριφορά των βροχοπτώσεων, πρόκειται να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις δασικές πυρκαγιές (Pausas & Keeley, 2021).

### **3.2.1. Θερμοκρασία-Βροχοπτώσεις**

Ο παράγοντας θερμοκρασία μαζί με τις βροχοπτώσεις είναι οι δυο πιο σημαντικοί παράγοντες για την αύξηση των πυρκαγιών πάνω στη γη, διότι όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η φωτιά χρειάζεται 3 πράγματα για να συμβεί, το οξυγόνο την καύσιμη ύλη και την θερμότητα. Έτσι, με την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, τα δάση γίνονται όλο και πιο επιρρεπή σε πυρκαγιές, τα οποία επηρεάζονται όλο και πιο πολύ από την κλιματική κρίση. Παράλληλα, σε περιοχές στις οποίες αναμένεται μείωση των βροχοπτώσεων, προβλέπεται να αυξηθούν αντίστοιχα οι δασικές πυρκαγιές, καθώς οι βροχοπτώσεις επηρεάζουν τόσο την υγρασία της καύσιμης ύλης, όσο και την θερμοκρασία. Σύμφωνα με (Pechony & Shindell, 2010), την προβιομηχανική περίοδο, το μοτίβο των βροχοπτώσεων έπαιξε τον σημαντικότερο ρόλο στην συχνότητα των πυρκαγιών, ενώ τον 18<sup>ο</sup> αιώνα ο παράγοντας 'άνθρωπος' έπαιξε τον σημαντικότερο ρόλο και πως μελλοντικά η αύξηση της θερμοκρασίας πάνω στη γη είναι αυτή που θα πρωταγωνιστήσει.

Οι προβλέψεις της εξωτερικής θερμοκρασίας είναι πιο σταθερές από τις προβλέψεις της βροχόπτωσης. Σε αντίθεση με τη θερμοκρασία, η οποία καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ηλιοφάνεια, τη διαμόρφωση των ωκεανών και των ηπείρων, η βροχόπτωση επηρεάζεται έντονα από την κατακόρυφη κίνηση του αέρα, το οποίο είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί (Coe & Godt, 2012).

Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας έχει παράλληλα επίδραση και στην θερμοκρασία των θαλασσών. Η μεσόγειος είναι μια έγκλειστη θάλασσα, της οποίας τα νερά πρόκειται να δούνε αξιοσημείωτη αύξηση στην θερμοκρασία το προσεχές μέλλον. Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, πρόκειται να έχει αρνητικές συνέπειες στην εμφάνιση μεγάλων καταιγίδων στην περιοχή της μεσογείου, διότι ως γνωστόν η αυξημένη θερμοκρασία του νερού τροφοδοτεί συνεχώς με ενέργεια μια καταιγίδα. Η αυξημένη πιθανότητα για εμφάνιση καταιγίδας συνεπάγεται και αύξηση

στην πιθανότητα για πυρκαγιά, διότι σε τέτοιες περιπτώσεις παρατηρείται εμφάνιση κεραυνών με ταυτόχρονη αύξηση του ανέμου επιφανείας, δημιουργώντας έτσι ένα εκρηκτικό μείγμα σε περίπτωση εμφάνισης μιας πυρκαγιάς, η οποία θα πάρει γρήγορα μεγάλη έκταση. Συνοψίζοντας, ο παράγοντας θερμοκρασία επιδρά τόσο στις βροχοπτώσεις όσο και στη σύσταση του εδάφους και την ξηρασία που επικρατεί, ευνοώντας την εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων και αυξάνοντας σε μεγάλο βαθμό τον κίνδυνο πυρκαγιών.

### 3.2.2. Ξηρασία

Παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας έχουν παρατηρηθεί στη γη αρκετά χρόνια πριν επηρεάζοντας τις ζωές των ανθρώπων ποικιλοτρόπως. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η περίοδος 1930-1940μ.Χ., όπου σφοδρές καταιγίδες σκόνης έπληξαν την κεντρική Αμερική με το όνομα 'Dust Bowl', επηρεάζοντας μεγάλο μέρος των αμερικανικών και καναδικών καλλιεργήσιμων εκτάσεων με σφοδρές επιπτώσεις. Πιο πρόσφατη ξηρασία ήταν 'η ξηρασία της χιλιετίας' στην Αυστραλία την περίοδο 2000-2010μ.Χ., η οποία υποστηρίζεται από μερικούς ότι ήταν η χειρότερη ξηρασία που έχει καταγραφεί. Η συγκεκριμένη έπληξε κυρίως την νότια Αυστραλία, επηρεάζοντας τόσο την γεωργία όσο και την κτηνοτροφία και δημιούργησε τεράστιο πρόβλημα στη ζωή των κατοίκων, κυρίως λόγω έλλειψης πόσιμου νερού. Η περίοδος αυτή έληξε το 2010, όπου μεγάλες ποσότητες νερού έπληξαν την περιοχή, δημιουργώντας όμως παράλληλα μεγάλες πλημμύρες.

Η κλιματική κρίση αναμένεται να οδηγήσει σε πιο συχνές και παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας στη μεσόγειο (Morán-Ordóñez, Ameztegui, et al., 2020), όπως έχει παρατηρηθεί και στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια. Οι παρατεταμένοι καύσωνες, που παρατηρούνται σε όλη την Ευρώπη, αυξάνουν κατά πολύ την πιθανότητα εμφάνισης μιας δασικής πυρκαγιάς, ενώ παράλληλα μπορεί να δημιουργήσει ανεξέλεγκτες πυρκαγιές, καθώς η μετάδοση μιας πυρκαγιάς γίνεται πολύ πιο γρήγορα σε ξηρό περιβάλλον (Cook et al., 2018). Στην περιοχή της μεσογείου, τα επίπεδα υγρασίας πρόκειται να μειωθούν, ακόμα και στα πιο αισιόδοξα σενάρια εκπομπών ρύπων και κάποιες περιοχές που ανέκαθεν είχαν αρκετή υγρασία, όπως αυτές που περιβάλλουν τις Άλπεις, πρόκειται να μειωθούν σε έκταση (Daniele de Rigo et al., 2017). Επίσης παρατηρείται, πως τα καλοκαίρια οι βροχοπτώσεις γίνονται ολοένα και πιο αραιές και σε συνδυασμό με την εμφάνιση ολοένα και μεγαλύτερων περιόδων καύσωνα, δημιουργείται ένα εκρηκτικό μίγμα για την εμφάνιση πυρκαγιών. Τα φαινόμενα τείνουν να γίνουν πιο ακραία, όπως για παράδειγμα οι βροχοπτώσεις μπορεί να εξαφανιστούν για μεγάλα διαστήματα μέσα σε ένα καλοκαίρι, ενώ όταν κάνουν την εμφάνιση τους υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να είναι σε ακραία μορφή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η αυξανόμενη εμφάνιση των 'medicanes', δηλαδή μεσογειακών καταιγίδων με τροπικά χαρακτηριστικά, τα οποίοι παίρνουν ενέργεια από τα ζεστά νερά της μεσογείου και αργούν αρκετά να εξασθενίσουν, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν αρκετές περιοχές στο πέρασμα τους με καταστροφικές συνέπειες, φαινόμενα τα οποία γίνονται ολοένα και συχνότερα τα τελευταία χρόνια.



### 3.2.3 Ερημοποίηση

Ερημοποίηση είναι η διαδικασία υποβάθμισης ξηρών, ημίξηρων και ύφυγρων γαιών, που προκαλείται από βιοφυσικούς και ανθρώπινους (κοινωνικο-οικονομικούς και θεσμικούς) παράγοντες. Υποβάθμιση της γης σημαίνει μείωση ή απώλεια της βιολογικής και οικονομικής παραγωγικότητας και πολυπλοκότητας αρδευόμενης και μη αρδευόμενης γεωργικής γης, λειμώνων, βοσκοτόπων, δασών και δασικών εκτάσεων.

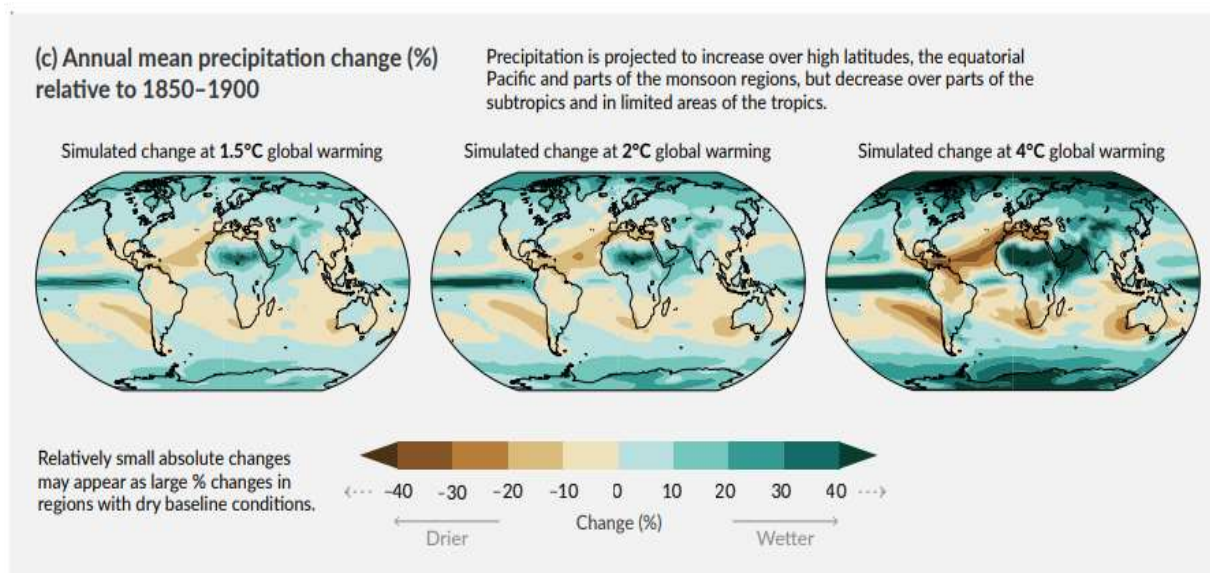
Η Κλιματική κρίση και ειδικότερα η αύξηση συχνότητας, έντασης και έκτασης των δασικών πυρκαγιών, σε συνδυασμό με τις αλλαγές χρήσης της γης και κακές πρακτικές διαχείρισης-αποκατάστασης έχουν οδηγήσει σε υποβάθμιση των δασικών εκτάσεων, εμφανίζοντας φαινόμενα διάβρωσης. Μετά από μια καταστροφική φωτιά, η απώλεια της βλάστησης, είτε είναι χαμηλή όπως οι θάμνοι είτε είναι δέντρα, τα οποία με το ριζικό τους σύστημα συγκρατούν το χώμα, οδηγεί σε απώλεια του υποστρώματος του εδάφους μετά από έντονες βροχοπτώσεις, καθιστώντας αναγκαίο να γίνουν αντιπλημμυρικά έργα για την αποκατάσταση ενός οικοσυστήματος. Η απώλεια του εδάφους, ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονη κλίση και ανάγλυφο καθιστά αδύνατο την ανάκαμψη ενός οικοσυστήματος, εντείνοντας τον κίνδυνο ερημοποίησης. Έτσι, σε περιοχές που επλήγησαν από πυρκαγιές, παρατηρείται η απώλεια της βλάστησης, εφόσον δεν γίνουν έγκαιρα αντιπλημμυρικά έργα, τα οποία θα συγκρατήσουν το χώμα ώστε να αναπτυχθεί εκ νέου η βλάστηση.

### 3.3. Εξέταση σεναρίων-Συμπεράσματα

Σύμφωνα με το σενάριο CMIP5(Coupled Model Intercomparison project,Phase 5), η εξέλιξη της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, μετά από τις παρατηρούμενες αναλύσεις έδειξε πως η θερμοκρασία και η μέση βροχόπτωση στη μεσόγειο, σε σχέση με τα παγκόσμια δεδομένα, θερμάνθηκαν με παρόμοιο ρυθμό μέχρι την δεκαετία του 1980. Τον 21<sup>ο</sup> αιώνα παρόλα αυτά, όπου η μέση θερμοκρασία του πλανήτη ανεβαίνει, οι βροχοπτώσεις στην περιοχή της μεσογείου θα μειωθούν 4% και η θερμοκρασία 20% παραπάνω, σε σχέση με τον παγκόσμιο μέσο όρο. Συγκεκριμένα, η θέρμανση το καλοκαίρι θα δει μια παραπάνω αύξηση της τάξεως του 50% σε σχέση με την παγκόσμια αύξηση, ενώ το βόρειο χερσαίο κομμάτι της λεκάνης της μεσογείου 100% παραπάνω(Lionello & Scarascia, 2018). Αντίστοιχα, η μείωση των βροχοπτώσεων θα επηρεάσει όλες τις εποχές στην κεντρική και νότια μεσόγειο, με μια μείωση της τάξεως 7%, ενώ στην βόρεια μεσόγειο, η μείωση θα είναι ίδια τον χειμώνα(7%) αλλά μεγαλύτερη το καλοκαίρι(9%). Όλες αυτές οι προβλέψεις, μαζί με τα περιθώρια λάθους που περιλαμβάνουν, θα επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και από την δυνατότητα του ανθρώπου να τις ελέγξει. Έτσι, υπάρχουν διαφορετικά σενάρια, αναλόγως των εκπομπών του ανθρώπου, για το πώς θα επηρεαστεί η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, το οποίο θα επηρεάσει αντίστοιχα και το κλίμα της μεσογείου, άρα και τις δασικές πυρκαγιές που συμβαίνουν σε αυτή. Το μόνο βέβαιο είναι πως, η κλιματική κρίση που συμβαίνει στον πλανήτη θα επηρεάσει με διαφορετικό τρόπο την κλιματική κρίση στην μεσόγειο, καθώς η μεσόγειος φαίνεται από τα παραπάνω, πως είναι πιο επιρρεπής στις αλλαγές, σε σχέση με άλλες περιοχές του κόσμου.

Όσον αναφορά τα δεδομένα που φαίνονται παρακάτω, έχουν παρθεί από το 'IPCC', το οποίο είναι μια παγκόσμια διακυβερνητική επιτροπή για την κλιματική κρίση. Αναφορικά, υπολόγισαν πως οι τελευταίες τέσσερις δεκαετίες, η καθεμία χωριστά, είχαν υψηλότερη θερμοκρασία από κάθε άλλη από το 1850. Αξιοσημείωτο και το γεγονός πως παραδέχθηκαν πως η ανθρωπίνη επιρροή είναι ο πιθανότερος λόγος για την υποχώρηση των παγετώνων από το 1990, όπως και η μείωση του αρκτικού πάγου τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Σχετικά με τις βροχοπτώσεις, η μέση βροχόπτωση παγκοσμίως έχει αυξηθεί από το 1950, ενώ από το 1980 και μετά η ρυθμός αύξησης θεωρείται μεγαλύτερος. Στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε πως η μέση βροχόπτωση επηρεάζεται από την αύξηση της θερμοκρασίας, βάση σεναρίων για αύξηση 1,5°C, 2°C και 4°C βαθμούς αντίστοιχα.

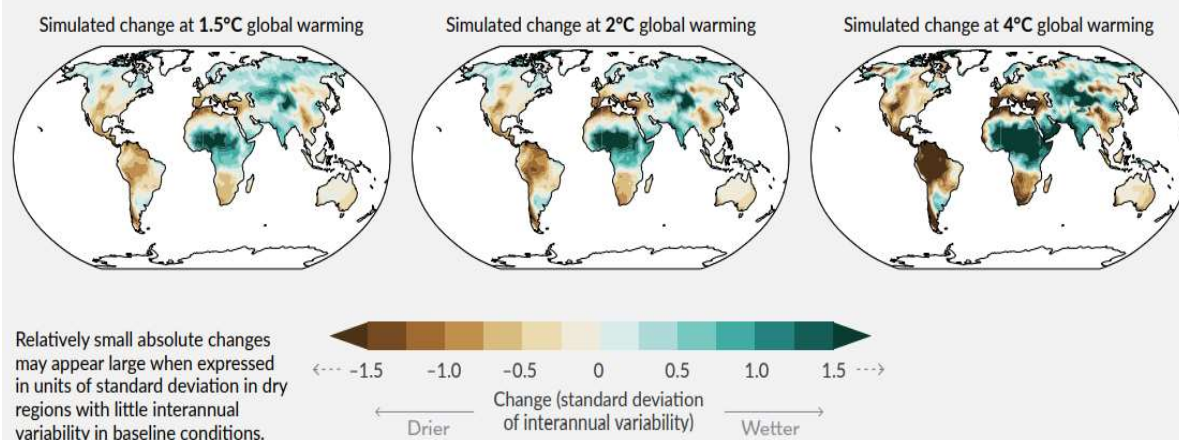
Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί πως η αύξηση της τάξεως 1,5 βαθμών, είναι η αύξηση που παρατηρείται να φτάνει η γη για το 2023, μια χρονιά η οποία έχει σπάσει κάθε ρεκόρ όσον αναφορά τις αυξήσεις των θερμοκρασιών πάνω στην γη, η οποία εκτός από την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου, επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από το φαινόμενο 'El Nino', το οποίο έφερε αύξηση της θερμοκρασίας σε πολλές περιοχές του πλανήτη (Copernicus: 2023 Is the Hottest Year on Record, with Global Temperatures Close to the 1.5°C Limit | Copernicus, 2024). Έτσι, καταλαβαίνει κανείς πως οι εξελίξεις, όσον αναφορά την παγκόσμια άνοδο της θερμοκρασίας είναι ραγδαίες και πως οι προβλέψεις των επιστημόνων για την άνοδο της θερμοκρασίας μπορεί να πέσουν αρκετά εκτός. Ωστόσο είναι ακόμα νωρίς να μιλήσει κανείς για μόνιμη αλλαγή της θερμοκρασίας πάνω στην γη και θα πρέπει να περιμένουμε πως θα κινηθεί η θερμοκρασία τα επόμενα χρόνια, ώστε να βγουν ασφαλή συμπεράσματα για μόνιμη αύξηση της τάξεως 1,5°C πάνω στον πλανήτη γη (2023 Was the Earth's Hottest Year by Far | Le Monde, 2024).



Εικόνα 3.2 Εικονική απεικόνιση (Simulation) της αλλαγής του ποσοστού βροχόπτωσης(%) σε σχέση με την αλλαγή στην αύξηση της θερμοκρασίας(IPCC, 2021)

(d) Annual mean total column soil moisture change (standard deviation)

Across warming levels, changes in soil moisture largely follow changes in precipitation but also show some differences due to the influence of evapotranspiration.



Εικόνα 3.3 Εικονική απεικόνιση της αλλαγής του ποσοστού της υγρασίας εδάφους(%) σε σχέση με την αλλαγή στην αύξηση της θερμοκρασίας (IPCC, 2021)

Αναλύοντας τους παραπάνω πίνακες είναι φανερό πως η αλλαγή στην εμφάνιση βροχοπτώσεων δεν είναι ίδια σε όλο τον κόσμο. Συγκεκριμένα, με την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, φαίνεται πως σε κάποια μέρη, όπως η κεντρική Ασία ή η βόρεια Αφρική η τάση των βροχοπτώσεων τείνει να αυξηθεί ποσοστιαία, ενώ στη περιοχή ενδιαφέροντος, την μεσόγειο, δείχνει μείωση. Εδώ αξίζει να αναφερθεί πως οι συγκεκριμένες απεικονίσεις μας δείχνουν την τάση και όχι ποιοτικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, η περίοδος που μας απασχολεί για την εμφάνιση των πυρκαγιών είναι κυρίως οι καλοκαιρινοί μήνες, το οποίο όσον αναφορά τις βροχοπτώσεις την συγκεκριμένη περίοδο δεν φαίνεται στα συγκεκριμένα μοντέλα. Το μόνο σίγουρο είναι πως με την αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζεται όλο και περισσότερο το μοτίβο των βροχοπτώσεων και της υγρασίας του εδάφους. Επιπρόσθετα, διαπιστώνεις κανείς, πως το κάθε σενάριο είναι όλο και χειρότερο για την περιοχή της μεσογείου. Δηλαδή, στην πρώτη περίπτωση της αύξησης του 1,5°C, η μείωση των βροχοπτώσεων και της υγρασίας του εδάφους είναι εμφανή(περίπου 10-20% για τις βροχοπτώσεις), ενώ στο σενάριο των 4°C, η μείωση αυτών των παραμέτρων είναι αρκετά μεγαλύτερη(μείωση 30-40%). Συμπερασματικά, η αύξηση στην εμφάνιση των πυρκαγιών θα επηρεαστεί σε ανάλογο βαθμό, άρα θα καθοριστεί και αυτή από την δυνατότητα του ανθρώπου να ελέγξει τους εκπεμπόμενους ρύπους στην ατμόσφαιρα, οι οποίοι επηρεάζουν την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με (*Wildfires | Copernicus, 2023*) ο κίνδυνος πυρκαγιάς για όλη την Ευρώπη, ήταν αυξημένος από τον μέσο όρο για όλο το 2022, όπως και η καμένη έκταση, η οποία θεωρείται η δεύτερη μεγαλύτερη που έχει καταγραφεί ποτέ.

Παράλληλα, με την αύξηση της θερμοκρασίας στη μεσόγειο, αυξάνεται και η ξηρασία του εδάφους τους θερμούς μήνες, με αποτέλεσμα να αυξάνεται κατακόρυφα και ο κίνδυνος πυρκαγιών. Έτσι, οι συνεχόμενες μέρες με υψηλή θερμοκρασία ή καύσωνα, κάνουν τα δάση όλο και πιο επιρρεπή σε πυρκαγιές, αφού με την παραμικρή σπίθα μια δασική φωτιά μπορεί να γίνει πολύ γρήγορα ανεξέλεγκτη, καθιστώντας την δυνατότητα κατάσβεσης της από δύσκολη έως αδύνατη.

Συμπερασματικά, οι δασικές πυρκαγιές στη μεσόγειο, αναμένεται να δουν αύξηση μέχρι τα μέσα του 21<sup>ου</sup> αιώνα, ενώ μέχρι το τέλος του αιώνα, η αύξηση αυτή θα καθοριστεί σε μεγάλο βαθμό από την δυνατότητα του ανθρώπου να ελέγξει τους παραγόμενους ρύπους και την ανάσχεση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας. Οι αριθμοί από μόνοι τους όμως δεν έχουν την μεγαλύτερη σημασία, καθώς η κλιματική κρίση έχει επηρεάσει σε πολύ μεγάλο βαθμό την συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών, παρατηρώντας τα τελευταία χρόνια όλο και μεγαλύτερες δασικές πυρκαγιές, δημιουργώντας πολύ μεγάλες καμένες εκτάσεις. Η πολιτική διαχείρισης των δασών από τα μεσογειακά κράτη, πρόκειται να παίξει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση και συμπεριφορά των πυρκαγιών, καθώς η τρέχουσα τακτική, που παρατηρείται στις χώρες της μεσογείου, προάγει την συσσώρευση βιομάζας στις δασικές εκτάσεις, το οποίο κάνει τα δάση πιο ευάλωτα σε ακραία συμβάντα ξηρασίας και δασικές πυρκαγιές (Morán-Ordóñez, Ameztegui, et al., 2020).

## Κεφάλαιο 4. Υπηρεσίες Δασοπυρόσβεσης ανά τον κόσμο

Κάποιες από τις πιο έμπειρες χώρες-κράτη δασοπυρόσβεσης ανά τον κόσμο είναι ο Καναδάς, η Αυστραλία, οι Η.Π.Α, η Γαλλία και η Ισπανία. Οι συγκεκριμένες, λόγω πολλαπλών πυρκαγιών και λόγω εξέλιξης τους μετά από καταστροφικές πυρκαγιές έχουν καταφέρει να αναπτύξουν τρόπους πρόληψης, αντιμετώπισης και αποκατάστασης, ώστε να μπορούν να θεωρηθούν παραδείγματα προς μίμηση προς άλλες χώρες που αντιμετωπίζουν το αντίστοιχο πρόβλημα. Παρακάτω θα αναλυθεί, ο τρόπος που κάποιες από αυτές τις υπηρεσίες λειτουργούν, ώστε να βγουν συμπεράσματα για την βελτίωση της δασοπυρόσβεσης στις χώρες της μεσογείου, οι οποίες επηρεάζονται όλο και περισσότερο από την κλιματική κρίση.

### 4.1. Η περίπτωση του Καναδά

Κατά μέσο όρο, 6000 φωτιές συμβαίνουν στον Καναδά ανά έτος, από τις οποίες οι μισές ξεκινάν από τον άνθρωπο(Hirsch & Fuglem, 2006), (συνήθως από ατύχημα), ενώ η πλειοψηφία από τις υπόλοιπες μισές έχουν ως αίτιο τους κεραυνούς. Οι τελευταίες, εξελίσσονται σε μεγαλύτερης έκτασης πυρκαγιές, καθώς είναι συνήθως σε πιο απομακρυσμένα μέρη και ο Καναδάς έχει την ιδιαιτερότητα της τεράστιας έκτασης, η οποία είναι αραιοκατοικημένη. Έτσι, το 3% των συνολικών φωτιών που συμβαίνουν σε ένα έτος, ευθύνονται για το 88% της συνολικής καμένης έκτασης(Forest Fires in Canada | The Canadian Encyclopedia, 2020)(Experts See Climate Change Fingerprint in Worsening Heat Waves and Fires - The Washington Post, 2023). Παρόλου που ο αριθμός των φωτιών ανά έτος είναι σε ένα σταθερό επίπεδο κάθε χρόνο, η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας έχει αυξήσει τα ανεπιθύμητα καιρικά φαινόμενα, όπως η ξηρασία και οι καλοκαιρινοί καύσωνες, με αποτέλεσμα όλο και μεγαλύτερες εκτάσεις να απειλούνται(Rogers et al., 2020). Ενδεικτικά για το έτος 2023, σε 6.663 φωτιές, περίπου 18 εκατομμύρια εκτάρια έκτασης κάηκαν, ενώ κατά μέσο όρο των δέκα τελευταίων ετών σε 5.597 φωτιές κάηκαν 2.752.161 εκτάρια(Canadian Wildland Fire Information System | National Wildland Fire Situation Report, 2023).

Σύμφωνα με 'National Fire protection Agency' του Καναδά(NFPA) στην αναφορά 'Canadian Fire Department Profile' του 2018 η πυροσβεστική υπηρεσία διαθέτει τόσο 152.650 πυροσβέστες, από τους οποίους το 17% είναι μόνιμοι(Career Firefighters), ενώ το 83% είναι εθελοντές και/ή εποχιακοί επί πληρωμή πυροσβέστες(Paid On Call Firefighters). Από τα συνολικά 3.672 πυροσβεστικά τμήματα, τα 3061 είναι αποκλειστικά με εθελοντές και εποχιακούς επί πληρωμή πυροσβέστες, η πλειοψηφία δηλαδή των τμημάτων(83%), κάτι το οποίο βοηθάει πολύ στον συνολικό αριθμό των πυροσβεστών που έχει διαθέσιμους όταν θα τους χρειαστεί την πυροσβεστική περίοδο. Επιπρόσθετα, η τακτική αυτή βοηθάει στην αποτελεσματικότητα των πυροσβεστικών τμημάτων, καθώς οι πυροσβέστες αυτοί είναι μόνιμοι κάτοικοι κοντά στα τμήματα τα οποία ανήκουν, που παρόλο που η κύρια εργασία τους είναι κάποια άλλη, είναι σωστά εκπαιδευμένοι να χρησιμοποιηθούν όταν χρειαστούν και γνωρίζουν την ιδιαιτερότητα της περιοχής τους. Αξίζει να αναφερθεί πως οι Καναδοί δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην εκπαίδευση των πυροσβεστών τους, ακολουθώντας μια βασική στρατιωτική εκπαίδευση 9 βδομάδων, ενώ



στη συνέχεια φοιτούν για 7 μήνες στην πυροσβεστική σχολή(Firefighter | Canadian Armed Forces, 2023), με την εκπαίδευση να συνεχίζεται στο εκάστοτε τμήμα, καθώς αναλόγως τοποθεσίας του κάθε τμήματος στη χώρα, υπάρχουν διαφορετικές δεξιότητες που πρέπει να αναπτύξουν. Για παράδειγμα, σε κάποια τμήματα χρειάζεται να εκπαιδευτούν περισσότερο στη διάσωση σε νερού-πάγο, ενώ σε άλλα τμήματα στην απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών ή βιομηχανική πυρόσβεση, αναλόγως πάντα την ιδιαιτερότητα του κάθε τμήματος. Η канаδική πυροσβεστική προστασία θεωρείται πρωτοπόρα στην προστασία των πυροσβεστών από παρατεταμένη έκθεση σε καρκινογόνα υλικά, διαθέτοντας πολύ περιοριστικά πρωτόκολλα ασφαλείας και δίνει μεγάλη έμφαση στην έρευνα για τον καρκίνο που σχετίζεται με τις βιομηχανικές φωτιές (Tymstra et al., 2020).



Εικόνα 4.1 Εικόνα: Αμερικάνικη ομάδα πυροσβεστών(Boise Hotshots), η οποία εστάλη για βοήθεια στην Αλμπέρτα του Καναδά, μετά από ελεγχόμενη καύση μιας περιοχής (Canada's Ability to Prevent Forest Fires Lags Behind the Need - The New York Times, 2023).

Οι канаδικές υπηρεσίες πυρόσβεσης βασίζονται κυρίως στις δράσεις κάθε επαρχίας, της οποίας το πυροσβεστικό σώμα είναι υπεύθυνο για τα αντιπυρικά έργα, όπως καθαρισμό της βλάστησης γύρω από τις πόλεις και διατήρηση καθαρών αντιπυρικών ζωνών(Canada's Ability to Prevent Forest Fires Lags Behind the Need - The New York Times, 2023). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, λόγω της κλιματικής κρίσης και της αλλαγής στην συμπεριφορά των πυρκαγιών(Canada's Exceptional Wildfire Season Made Seven Times More Likely by Climate Change | Le Monde, 2023), έχει τεθεί θέμα για την δημιουργία μιας εθνικής ομάδας πυρόσβεσης, η οποία θα αναλαμβάνει δράση όταν απαιτείται, για τον έλεγχο και μετριασμό μιας μεγάλης σε έκταση φωτιάς, καθώς τα πυροσβεστικά τμήματα των επαρχιών αδυνατούν πολλές φορές να τις αντιμετωπίσουν ζητώντας περαιτέρω βοήθεια(Why Doesn't Canada Have a National Wildfire-Fighting Force? | CBC News, 2023). Μια πρακτική, η οποία θεωρείται πως έχει οδηγήσει σε αύξηση των μεγάλων πυρκαγιών, καθώς εφαρμόζεται όλο και σε λιγότερα μέρη στον Καναδά, είναι η ελεγχόμενη καύση, η οποία χρησιμοποιούνταν από τους ιθαγενείς για την καύση του υποστρώματος μέσα

στα δάση, ώστε να ελέγχουν πιο εύκολα μια πυρκαγιά, καθώς θα έβρισκε λιγότερη καύσιμη ύλη στο πέρασμα της(Did Climate Change Cause Canada's Wildfires? | BBC Future, 2023).

Από όλα τα ανωτέρω, καταλαβαίνει κανείς, πως η υπηρεσία πυρόσβεσης του Καναδά, που θεωρείται από τις κορυφαίες, αντιμετωπίζει προβλήματα λόγω της κλιματικής κρίσης και αναγκάζεται να αλλάξει τακτικές για την αντιμετώπιση αυτών και μπορεί να θεωρηθεί παράδειγμα για τις αντίστοιχες υπηρεσίες πυρόσβεσης της μεσογείου.

## 4.2 Η περίπτωση των Η.Π.Α.

Σύμφωνα με το 'National Fire Protection Association'(NFPA) των ΗΠΑ, εκτιμάται πως το 2020, ένα εκατομμύριο πυροσβέστες υπηρετούσαν στις Ηνωμένες Πολιτείες σε 29.452 τμήματα, από τους οποίους το 35% ήταν πυροσβέστες καριέρας(Career Firefighters), ενώ το 65% εθελοντές. Από τον συνολικό αριθμό των τμημάτων, το 18% ήταν κυρίως με πυροσβέστες καριέρας, προστατεύοντας το 70% του συνολικού πληθυσμού(U.S. Fire Department Profile | NFPA Research, 2023).

Οι Η.Π.Α. έχουν μεγάλη εμπειρία σε κατάσβεση δασικών πυρκαγιών, καθώς έχουν πολλά δασικά πάρκα, τα οποία βρίσκονται διαρκώς σε κίνδυνο. Όσον αφορά τις ενέργειες που ακολουθούν στις Ηνωμένες Πολιτείες τα εθνικά πάρκα (National Park Service-NPS) για να αντιμετωπίσουν μια δασική φωτιά σύμφωνα με (Wildland Firefighting Tactics - Fire, 2024) είναι:

- Παρακολούθηση, όπου παρακολουθούν την συμπεριφορά και επιπτώσεις που πρόκειται να έχει, ώστε να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα.
- Περιορισμός, διαχείριση δηλαδή της περιμέτρου της πυρκαγιάς με έμμεσες και άμεσες δράσεις, αναλόγως τοπογραφικών χαρακτηριστικών, καύσιμης ύλης και καιρικών παραγόντων.
- Συγκράτηση, ολοκλήρωση δηλαδή μιας γραμμής ελέγχου γύρω από την πυρκαγιά, το οποίο συμβάλλει στο να μην εξαπλωθεί.
- Προστασία συγκεκριμένης ζώνης-σημείου, όπως για παράδειγμα κάποιο κτίριο που μπορεί να βρει στο πέρασμα της.
- Καταστολή, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις εργασίες που είναι απαραίτητες για την κατάσβεση και περιορισμό εξάπλωσης της.

Οι τακτικές που ακολουθούνται για την κατάσβεση μιας δασικής πυρκαγιάς, μπορεί να περιλαμβάνουν νέες ή υβριδικές τακτικές, αναλόγως χρόνου και τοποθεσίας. Σε πολλές περιπτώσεις μια φωτιά, από την στιγμή που δεν απειλεί ανθρώπινες ζωές, αφήνεται να εξελιχθεί, καθώς μπορεί να είναι ωφέλιμη για το φυσικό σύστημα. Η προστασία της ανθρώπινης ζωής όμως είναι πρωτεύον μέλημα για τις υπηρεσίες πυρόσβεσης των Η.Π.Α.(Wildland Firefighting Tactics - Fire (U.S. National Park Service), 2024). Σε περιοχές άγριας φύσης, η κατάσβεση μιας φωτιάς συχνά ελέγχεται από στρατηγικές ελάχιστης επίπτωσης(Minimum Impact Strategy and Tactics-MIST), το οποίο σημαίνει πως εφαρμόζονται τακτικές οι οποίες διαχειρίζονται τους πόρους

αποτελεσματικά με τις λιγότερες περιβαλλοντολογικές, πολιτιστικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Κάποιοι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται, πέρα από την ρίψη επιβραδυντικού υγρού ή νερού, είναι η δημιουργία αντιπυρικής γραμμής με χρήση διάφορων εργαλείων, όπως οι μπουλντόζες, ωστόσο αυτό απαιτεί μεγάλες μετακινήσεις και έκθεση των πυροσβεστών σε κίνδυνο, το οποίο δεν είναι πάντα η σωστή ή η κατάλληλη επιλογή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα του κινδύνου μετακίνησης των πυροσβεστών εν μέσω μεγάλης πυρκαγιάς, είναι η απώλεια 19 πυροσβεστών στην Αριζόνα το 2013(Τραγωδία Με 19 Πυροσβέστες Νεκρούς Στην Αριζόνα | Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, n.d.). Η δημιουργία αντιπυρικής γραμμής για τον έλεγχο μιας δασικής πυρκαγιάς στις ΗΠΑ, γίνεται και με την μέθοδο ελεγχόμενης καύσης(Prescribed Fire | US Forest Service, 2023)(Φωτιάς: Έτοιμη Προς Εφαρμογή η Μέθοδος Του «αντιπύρ» | Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ,2022).

Σύμφωνα με (Cultural Resources and Post-Wildland Fire Programs, 2023) του 'U.S. National Park Service' οι τακτικές αποκατάστασης ξεκινούν πολλές φορές πριν ακόμα τεθεί σε πλήρη έλεγχο η πυρκαγιά και αποτελούνται από τέσσερα προγράμματα, τα οποία υλοποιούνται διαδοχικά, χρηματοδοτούνται ξεχωριστά και έχουν διαφορετικούς στόχους. Συγκεκριμένα είναι:

- Αποκατάσταση κατάσβεσης των αγριότοπων(Wildland Fire Suppression Rehabilitation), το οποίο περιλαμβάνει όλες εκείνες τις ενέργειες για την αποκατάσταση των ζημιών που συνέβησαν κατά την κατάσβεση της φωτιάς και χρηματοδοτείται από τα έξοδα της κατάσβεσης.
- Αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης σε καμένες εκτάσεις(Burned Area Emergency Response-BAER), οι ενέργειες που απαιτούνται για να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στη ζωή ή ιδιοκτησία των επηρεαζόμενων από την φωτιά ανθρώπων(1-12 μήνες).
- Αποκατάσταση καμένης περιοχής(Burned Area Rehabilitation), δίνοντας έμφαση στις περιοχές που δεν μπορούν να ανακάμψουν χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση(1-3 χρόνια).
- Αποκατάσταση(Restoration), η φάση στην οποία συνεχίζεται η αποκατάσταση της καμένης περιοχής από τα εθνικά πάρκα μετά τα 3 χρόνια του προηγούμενου προγράμματος και με πόρους που διαθέτει το εκάστοτε πάρκο.

Για τα εθνικά πάρκα της Αμερικής, η φωτιά είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη συγκεκριμένων σκοπών, όπως η απομάκρυνση της περίσσειας ή νεκρής βλάστησης ή η αναγέννηση των φυτών. Η απομάκρυνση και έλεγχος της περίσσειας καιόμενης ύλης είναι πολύ σημαντική για τα δάση των Η.Π.Α., ξοδεύοντας έτσι μεγάλη προσπάθεια και πόρους κάθε χρόνο με στοχευμένες ενέργειες, όπως καθαρισμό των δασών με βαριά μηχανήματα, με απομάκρυνση πεσμένων κλαδιών, με χρήση ζώων που βόσκουν και με χρήση χημικών για απομάκρυνση ορισμένων φυτών(Fuels Management | U.S. Department of the Interior, 2023) Σύμφωνα με (Fire Ecology and Monitoring - Yosemite National Park), οι οικολόγοι στο 'Yosemite' ανακάλυψαν πως οι ελεγχόμενες πυρκαγιές μπορούν να βοηθήσουν στη δημιουργία υγιών δασών και στην μείωση των μεγάλων πυρκαγιών, διότι όπως υποστηρίζουν, οι επιτυχημένες τακτικές καταστολής που εφαρμόζονται έχουν κάνει τα δάση να είναι πιο επιρρεπή σε μεγάλης κλίμακας πυρκαγιές, λόγω της αύξησης της πυκνότητας των δέντρων.



Η πυροσβεστική υπηρεσία των Η.Π.Α., εκτός από τα πυροσβεστικά σώματα της κάθε πολιτείας, διαθέτουν ένα σύνολο τουλάχιστον 10.0000 πυροσβεστών, οι οποίοι ανταποκρίνονται σε χιλιάδες δασικές πυρκαγιές κάθε χρόνο σε εδάφη του εθνικού δασικού συστήματος, καθώς και σε εδάφη υπό την δικαιοδοσία άλλων ομοσπονδιακών, πολιτειακών και τοπικών υπηρεσιών (People Working in Fire | US Forest Service, 2024) και χωρίζονται σε:

- 'Handcrews', 20μελής ομάδες πυροσβεστών.
- 'Hotshots', οι οποίοι θεωρούνται οι πιο εξειδικευμένοι πυροσβέστες που τοποθετούνται σε πιο επικίνδυνα σημεία των πυρκαγιών.
- 'Engine crews', αυτοί που διαχειρίζονται τα εξειδικευμένα πυροσβεστικά οχήματα
- 'Smokejumpers', αλεξιπτωτιστές πυροσβέστες, οι οποίοι ρίχνονται στην μάχη της φωτιάς από αεροπλάνα άμεσα και σε απομακρυσμένες περιοχές.
- 'Helitack crews', πυροσβέστες οι οποίοι μεταφέρονται με ελικόπτερα κοντά σε μια πυρκαγιά.

Συμπερασματικά, οι πυροσβεστικές υπηρεσίες των Η.Π.Α. διαθέτουν ένα από τα πιο ολοκληρωμένα συστήματα πυρόσβεσης στην υφήλιο, με πυροσβέστες με υψηλή κατάρτιση και εκπαίδευση, τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

### 4.3 Η περίπτωση της Γαλλίας

Η Γαλλία διαθέτει πυροσβεστικές υπηρεσίες, οι οποίες είναι οργανωμένες με ένα λίγο διαφορετικό τρόπο από αυτές που αναλύθηκαν προηγουμένως. Σύμφωνα με (Sécurité Civile / Statistiques / Publications - Ministère de l'Intérieur, 2022) η Γαλλία το έτος 2022 διέθετε 254.800 πυροσβέστες, από τους οποίους:

- 43.000 ήταν μόνιμο πολιτικό προσωπικό(17%)
- 198.800 ήταν εθελοντές(78%)
- 13.000 στρατιωτικοί πυροσβέστες(5%), οι οποίοι ανήκουν στο τμήμα του Παρισιού(Paris Fire Brigade-Army) και Μασσαλίας(Marseille Naval Fire Battalion-Navy)

Εκτός από τις δυο μεγάλες πόλεις(Παρίσι-Μασσαλία) που έχουν την δικιά τους πυροσβεστική υπηρεσία, η οποία ανήκει σε στρατό και ναυτικό αντίστοιχα, τα υπόλοιπα πυροσβεστικά τμήματα ανήκουν στην εκάστοτε περιφέρεια(Department) στην οποία ανήκουν. Οι περιφέρειες που επηρεάζονται από μεγάλες δασικές φωτιές είναι οι ανατολικές και οι παράκτιες της μεσογείου, με κύρια αίτια των μεγάλων πυρκαγιών να είναι ο εμπρησμός (Chappaz & Ganteaume, 2023) και βασικό τους χαρακτηριστικό οι μεγάλες καμένες εκτάσεις, καθώς σχεδόν το 1% των φωτιών ευθύνεται για το 71% τις συνολικής καμένης γης(Ganteaume & Jarriot, 2013).

Οι νέοι στη Γαλλία, στην ηλικία των 16 ετών, μπορούν να συμμετάσχουν σε ένα προαιρετικό πρόγραμμα(Service National Universel-SNU) τεσσάρων βδομάδων, το οποίο περιλαμβάνει από θεωρητικά μαθήματα(π.χ. πρώτων βοηθειών) μέχρι και εθελοντική εργασία σε κάποια

υπηρεσία(Στρατό-Αστυνομία-Πυροσβεστική) και σκοπεύει να γίνει υποχρεωτική μέχρι το 2026, σε μια προσπάθεια να τονωθεί το αίσθημα πατριωτισμού και ενότητας στους νέους ανθρώπους(*France's Raw Recruits Sign up for Return of National Service - BBC News, n.d.*). Αυτό το πρόγραμμα πρόκειται να αντικαταστήσει την υποχρεωτική μέρα 'Defence and Citizenship Day' (*Journée Défense et Citoyenneté*), η οποία είναι για όλους τους πολίτες άνω των 18 ετών και δημιουργήθηκε αφότου σταμάτησε η υποχρεωτική θητεία των ανδρών στο στρατό το 2002(*France Announces Deep Cuts in Military, End of Conscription - Los Angeles Times, 1996*). Οι εθελοντές παίζουν σπουδαίο ρόλο στην πυροσβεστική υπηρεσία της χώρας, όπως για παράδειγμα στο Παρίσι, όπου νέοι ηλικίας 18-25 ετών μπορούν να συμμετάσχουν στα πυροσβεστικά τμήματα σε ένα πρόγραμμα σύμβασης 10 μηνών χωρίς ανανέωση, μετά από εκπαίδευση 12 ημερών και μηνιαία απολαβή 610 ευρώ(*Service Civique Pompier - Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris, 2023*).

Η πυροσβεστική υπηρεσία της Γαλλίας βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στους εθελοντές πυροσβέστες 5ετής σύμβασης, οι οποίοι κατέχουν το σημαντικό ποσοστό 78% των συνολικών πυροσβεστών και πληρώνονται με την ώρα μόνο όταν χρησιμοποιηθούν από την εκάστοτε περιφέρεια(*Volunteer Fire Brigade (VBS) | Service-Public.Fr, 2023*). Συμπερασματικά, οι πυροσβεστική υπηρεσία της Γαλλίας είναι πολυδιάστατη, καθώς η πυροσβεστική υπηρεσία του Παρισιού, μια από τις μεγαλύτερες του κόσμου, ανήκει στο στρατό, ενώ αυτή της Μασσαλίας στο ναυτικό και οι υπόλοιπες ανήκουν στις περιφέρειες της Γαλλίας, με τους εθελοντές πυροσβέστες να έχουν μεγάλο μερίδιο στις υπηρεσίες πυρόσβεσης. Επιπρόσθετα, είναι από τις πιο αποτελεσματικές υπηρεσίες πυρόσβεσης της Ευρώπης, δίνοντας μεγάλη έμφαση στην άμεση επέμβαση μεγάλης κλίμακας στα πρώτα στάδια που θα εμφανιστεί μια πυρκαγιά, ξοδεύοντας μεγάλα χρηματικά ποσά στις υπηρεσίες πυρόσβεσης της χώρας(*France's Costly but Effective Fire-Fighting Strategy, 2023*)

## **Κεφάλαιο 5. Προτεινόμενα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των δασικών πυρκαγιών ενόψει κλιματικής κρίσης**

Η κλιματική κρίση, αδιαμφισβήτητα, κάνει τις δασικές πυρκαγιές πιο σφοδρές, καθώς επιδεινώνει τις συνθήκες υπό τις οποίες εξελίσσονται. Έτσι, τα δάση γίνονται ολοένα και πιο ευάλωτα στα στοιχεία της φύσης, το οποίο τα κάνει ακόμα πιο πολύτιμα στην ζωή του ανθρώπου. Ωστόσο δεν είναι η κλιματική κρίση αυτή που ευθύνεται για το έναυσμα των πυρκαγιών και ούτε είναι αυτή που φτάνει για την αδυναμία διαχείρισης και σωστής αντιμετώπισης. Είναι αυτή που θα πρέπει να αφυπνίσει τους ανθρώπους, αφού καθώς εξελίσσεται, δείχνει τις καταστροφικές συνέπειες που πρόκειται να έχει στις ζωές αυτών και αναδεικνύει την ανάγκη για προσαρμογή στα καινούργια δεδομένα.

### **5.1. Έμφαση στην Πρόληψη**

Σύμφωνα με (Κλιματική Αλλαγή Στην Ελλάδα - Dianeosis, 2022) οι Έλληνες θεωρούν πως η προστασία του περιβάλλοντος(42%) έχει αντίστοιχη προτεραιότητα με την οικονομική ανάπτυξη(42%), ενώ ένα μικρό ποσοστό(15%) πιστεύει πως είναι εξίσου σημαντικά. Αυτό σημαίνει πως ελληνικός λαός είναι σχετικά ευαισθητοποιημένος με την προστασία του περιβάλλοντος, ωστόσο έχει τα δικά του προβλήματα να ασχοληθεί, τα οποία είναι συνήθως οικονομικής φύσεως. Άρα η ευαισθητοποίηση του κόσμου σε αυτά τα ζητήματα, θα πρέπει να είναι ύψιστης προτεραιότητας στην εκάστοτε κυβέρνηση-φορέα, εκτός από τα μέτρα πρόληψης που είναι απαραίτητα για την προστασία των δασών, όπως η διάνοιξη και καθαρισμός των αντιπυρικών ζωνών που σχεδιάζεται να υλοποιηθεί το 2024 σύμφωνα με το Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης Και Πολιτικής Προστασίας.

Όσον αναφορά τα ελληνικά δεδομένα, τα τελευταία χρόνια η χώρα ξοδεύει υπέρογκα ποσά για την κατάσβεση των πυρκαγιών(όπως για παράδειγμα η ενοικίαση μεγάλου στόλου αεροσκαφών και ελικοπτέρων αεροπυρόσβεσης), όπως και για την αποκατάσταση των ζημιών, ενώ για την πρόληψη ξοδεύει πολύ λιγότερα(ΠΡΟΛΗΨΗ | WWF, 2023). Αυτό, έχει σαν αποτέλεσμα, σχεδόν κάθε χρόνο να εξελίσσονται μεγάλες σε έκταση πυρκαγιές στον ελλαδικό χώρο, βάζοντας τον ελληνικό λαό να ξοδεύει υπέρογκα ποσά για την κατάσβεση και ύστερα αποκατάσταση των φωτιών. Αντιθέτως, αν είχε δοθεί μεγαλύτερη σημασία στην πρόληψη, πολλές πυρκαγιές δεν θα ξεσπούσαν καν, αφού δεν θα έβρισκαν τις κατάλληλες συνθήκες, και σε περίπτωση που εκδηλώνονταν, η διαχείριση τους θα ήταν σαφώς πιο εύκολη. Συμπερασματικά, η διάθεση μεγάλων πόρων στην καταστολή, χωρίς να δίνεται η πρέπουσα σημασία στην πρόληψη, μπορεί να θεωρηθεί παρωχημένη και αναποτελεσματική τακτική. Μερικά από τα μέτρα που θα έκαναν πιο αποτελεσματική την πρόληψη, παίρνοντας και ως παράδειγμα της χώρας που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι η προδιαγεγραμμένη καύση, η στοχευμένη βόσκηση και η μηχανική απομάκρυνση, ιδιαίτερα σε ζώνες μίξης οικισμών-δασών. Η διαχείριση της καύσιμης ύλης είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας, που πρέπει να ληφθεί υπόψη, για μια αποτελεσματική πρόληψη.



Εικόνα 5.2 Εικόνα: Κάθε χρόνο ξοδεύονται χιλιάδες Ευρώ για την κατάσβεση και αποκατάστασης μιας φωτιάς στην Ελλάδα (Wildfires Cost Europe €4.1 Billion as Greece Suffers Most Damage - Bloomberg, 2023), ενώ ξοδεύονται πολύ λιγότερα για την πρόληψη.

## 5.2. Συμβολή εναέριων μέσων

Τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερα εναέρια μέσα χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των πυρκαγιών. Πλέον, τα εναέρια μέσα δεν απασχολούν μόνο στην καταστολή, όπως συνέβαινε παλαιότερα, αλλά συμβάλλουν σε πολύ μεγάλο βαθμό και στην πρόληψη, όπως και στην αποκατάσταση. Με τα σύγχρονα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Unmanned Aircraft Vehicles-UAVs), τα οποία διαθέτουν σύγχρονα συστήματα, όπως θερμικές κάμερες, μπορούν να συμβάλλουν στην πρόληψη και καταπολέμηση των πυρκαγιών αφού μπορούν να πετούν για πολλές ώρες με μικρό κόστος, χωρίς τους περιορισμούς που επιφέρει ο ανθρώπινος παράγοντας. Υπάρχουν τα 'UAV' Σταθερής πτέρυγας, όπως είναι τα ισραηλινά 'Heron' που μισθώνει η Ελλάδα, και τα 'Drones' με πολλαπλούς ρότορες, τα οποία είναι πιο μικρά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για τον εντοπισμό μιας δασικής φωτιάς, όσο και για την μετάδοση ζωντανής εικόνας στα μέσα αεροπυρόσβεσης, για την πιο έγκαιρη και αποτελεσματική τακτική πυρόσβεσης. Η Ελλάδα, παρόλο που διαθέτει τέτοια συστήματα, τα χρησιμοποιεί κυρίως σε δύσκολες περιπτώσεις και συνήθως όταν η φωτιά έχει πάρει ήδη έκταση, καθώς δεν διαθέτει πολλά σε αριθμό και επιπρόσθετα υπάρχει και το πρόβλημα της διαχείρισης αυτών, όπως τα UAV Heron, τα οποία ανήκουν στις ένοπλες δυνάμεις, με ότι αυτό συνεπάγεται. Θα έπρεπε να υπάρχουν τέτοια συστήματα, τα οποία θα υπάγονται αποκλειστικά στο υπουργείο κλιματικής κρίσης και προστασίας του πολίτη και τα οποία θα χρησιμοποιούνται κατά κόρων για την πρόληψη των δασικών πυρκαγιών την περίοδο υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς, όπως και για τον έλεγχο της καιγόμενης έκτασης και την χαρτογράφηση αυτής, ακολουθώντας το παράδειγμα άλλων προηγμένων χωρών, όπως η Ιταλία.

Η Ιταλία χρησιμοποιεί όλο και πιο εντατικά τα UAS, εναέρια μη επανδρωμένα αεροσκάφη ή Drones, τα οποία χρησιμεύουν για πρόληψη (περιπολίεις αέρος), αξιολόγηση κινδύνου, έλεγχος έκτασης μια φωτιάς, χαρτογράφηση μιας καιόμενης έκτασης και αξιολόγηση ζημίας. Τα δεδομένα που συλλέγουν αυτά τα συστήματα μεταδίδονται σε ζωντανή σύνδεση δίνοντας ζωντανή εικόνα στις αρμόδιες αρχές, οι οποίες κατευθύνουν τα επίγεια και εναέρια μέσα αεροπυρόσβεσης, αναλόγως πάντα της κατάστασης την δεδομένη στιγμή, κάνοντας έτσι την πυρόσβεση πολύ πιο

αποτελεσματική. Η Ιταλία το 2022 επιχείρησε με 100 drones, κάποια με σταθερή πτέρυγα και άλλα με πολλαπλούς ρότορες, τα οποία επιχειρούσαν από 15 βάσεις με συνολικό αριθμό 150 Ιπταμένων(San-Miguel-Ayanz et al., 2023). Παρατηρώντας κάποιος την παρακάτω εικόνα, διαπιστώνει πως ένα τέτοιο σύστημα έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι ενός κοινού αεροσκάφους περιπολίας, αφού μπορεί με τα υπερσύγχρονα συστήματα που διαθέτει, όπως οι θερμικές κάμερες, να εντοπίσει μια πυρκαγιά που βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, διευκολύνοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό την έγκαιρη κατάσβεση της. Επιπλέον, το κόστος πτήσης ενός τέτοιου αεροσκάφους είναι πολύ μικρότερο σε σύγκριση με ένα κοινό αεροσκάφος και αντίστοιχα η διάρκεια πτήσεως και αυτονομία του πολύ μεγαλύτερη, κάνοντας το ιδανικό για πτήσεις επιτήρησης-περιπολίας.



Εικόνα 5.1 Εικόνα: Διαφορά της θερμικής με την οπτική κάμερα, οι οποίες είναι τοποθετημένες πάνω στο ίδιο UAS(Unmanned Aircraft System)(San-Miguel-Ayanz et al., 2023).

Η Ευρωπαϊκή ένωση, μετά από την φονική φωτιά στην Πορτογαλία το 2017, αποφάσισε να δημιουργήσει ένα στόλο πυροσβεστικών αεροσκαφών(rescEU assets), τα οποία αναμένεται να χρησιμοποιηθούν το 2026, περιμένοντας ένα σύνολο στόλου 12 αεροσκαφών μέχρι το 2029, τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιούνται σε όλα τα κράτη μέλη, αναλόγως κατάστασης(Fighting Europe's Fires: Inside the EU's Emergency Response Centre | Euronews,2022 ). Η βοήθεια μεταξύ των κρατών είναι αρκετά συχνή, με τις χώρες να στέλνουν η μια στην άλλη πυροσβέστες, οχήματα και πυροσβεστικά αεροσκάφη, ώστε να συνδράμουν στην καταπολέμηση μιας μεγάλης δασικής πυρκαγιάς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτό της μεγάλης φωτιάς στην Εύβοια το 2021, όπου αρκετές χώρες έστειλαν βοήθεια μετά από την ενεργοποίηση του ευρωπαϊκού μηχανισμού πολιτικής προστασίας(RescEU) από την Ελλάδα. Οι χώρες που ανταποκρίθηκαν ήταν: Κύπρος, Γαλλία, Κροατία, Ρουμανία, Ισπανία, Τσεχία, Γερμανία, Πολωνία, Σλοβακία, Αυστρία, Ουκρανία, Ισραήλ, Ελβετία, Αίγυπτος, Ηνωμένο Βασίλειο, Κουβέιτ, Κατάρ, Μολδαβία, Η.Α.Ε, και Σερβία, πολύτιμη βοήθεια τόσο από τις ευρωπαϊκές και μη χώρες('Φωτιές: Δεκάδες Οι Χώρες Που Έχουν Αποστείλει Βοήθεια Στην Ελλάδα', 2021). Η βοήθεια σε μεγάλες καταστροφές είναι σύνηθες φαινόμενο μεταξύ των χωρών, το οποίο εξυπηρετεί και σε επίπεδο εξωτερικής πολιτικής αυτών των χωρών, καθώς συμβάλλει στη βελτίωση των μεταξύ τους σχέσεων.

### **5.3. Ενιαίο σύστημα διαχείρισης δασικών πυρκαγιών**

Όσον αναφορά την δασοπυρόσβεση στην Ελλάδα, τα πράγματα είναι αρκετά περίπλοκα, καθώς διαφορετικοί φορείς είναι υπεύθυνοι για την πρόληψη, καταστολή και αποκατάσταση των δασικών πυρκαγιών, κάνοντας την συνεργασία αυτών αρκετά περίπλοκη και προβληματική. Δυστυχώς, τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν από το 1998, όπου η ευθύνη δασοπυρόσβεσης πέρασε από τη Δασική Υπηρεσία στο πυροσβεστικό σώμα, φαίνεται πως μετά από 25 χρόνια δεν έχουν επιλυθεί και η κλιματική κρίση που βρίσκεται εν εξελίξει κάνει επιτακτική την ανάγκη για δημιουργία ενός κοινού φορέα, ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για την συνολική αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών.

Ο θεσμός του δασοφύλακα, που απαξιώθηκε τα τελευταία χρόνια, πρέπει να έρθει ξανά στο προσκήνιο και πρέπει να υπάρξει αναδιοργάνωση, ενίσχυση και επανασύνδεση των δασικών Υπηρεσιών, χωρίς να διαχωρίζεται η πρόληψη από την καταστολή και την αποκατάσταση των δασικών πυρκαγιών, το οποίο δυστυχώς συμβαίνει αυτή την στιγμή στην Ελλάδα. Έτσι θα υπάρχει ένας κοινός φορέας, η Δασική Υπηρεσία, η οποία θα οργανώνεται σε τοπικό επίπεδο, θα γνωρίζει τα δασικά οικοσυστήματα και τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περιοχής και θα φροντίζει συνολικά την προστασία των δασών, αναλαμβάνοντας τόσο την πρόληψη, όσο και την καταστολή και αποκατάσταση των ζημιών σε περίπτωση φωτιάς (Μια Ισχυρή Δασική Υπηρεσία | Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 2023). Συμπερασματικά, η Ελλάδα πρέπει να κάνει μεγάλες αλλαγές στο υπάρχον σύστημα για να καταφέρει να μειώσει το χάσμα που υπάρχει μεταξύ των διαφορετικών φορέων και επιπλέον, ακολουθώντας το παράδειγμα της Η.Π.Α, θα πρέπει να δημιουργήσει και μια ομάδα καταστολής από έμπειρους πυροσβέστες, η οποία θα επέμβαινε όπου είναι αναγκαίο, βοηθώντας και ενισχύοντας τις τοπικές υπηρεσίες δασοπυρόσβεσης.

### **5.4. Η σημασία του εθελοντισμού**

Είναι πάρα πολλά τα παραδείγματα στην Ελλάδα, όπου νέοι άνθρωποι συμβάλλουν με αυτοθυσία στην καταπολέμηση μιας δασικής πυρκαγιάς χωρίς να έχουν πρότερη εκπαίδευση ή αντίστοιχη εμπειρία, ωστόσο δεν υπάρχει η σωστή οργάνωση αυτών των ανθρώπων που επιθυμούν να βοηθήσουν, καθώς δεν υπάρχει η οργάνωση που έχουν άλλες χώρες, όπως η Γαλλία. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην χρησιμοποίηση των εθελοντών πυροσβεστών, οι οποίοι μπορούν να παίξουν καίριο ρόλο στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών. Παρόλο που υπάρχει ο θεσμός του εθελοντή πυροσβέστη στην Ελλάδα, σύμφωνα με τον νόμο 4029/2011 (Ο Θεσμός Του Εθελοντή Πυροσβέστη - Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος, 2023), ο θεσμός αυτός πρέπει να ενισχυθεί σε μεγάλο βαθμό, προσλαμβάνοντας και εκπαιδύοντας περισσότερους νέους ανθρώπους, παρέχοντας τους τον σωστό εξοπλισμό και ενισχύοντας τους, δίνοντας ηθικές και χρηματικές αμοιβές, όπως και προνόμια μέσα στην κοινωνία. Έτσι η εκάστοτε υπηρεσία πυρόσβεσης, θα έχει διαθέσιμους πολλούς περισσότερους πυροσβέστες στην περίοδο αιχμής, δηλαδή το καλοκαίρι, από το να έχει μόνο τους μόνιμους υπαλλήλους. Αυτό προϋποθέτει σωστή οργάνωση, σωστή εκπαίδευση των εθελοντών πυροσβεστών και πάνω από όλα αναδιάρθρωση του συστήματος πυρόσβεσης στην Ελλάδα, παίρνοντας ως πρότυπο άλλες προηγμένες χώρες όπως η Γαλλία και Καναδάς, όπου η πλειοψηφία των πυροσβεστών τους είναι εθελοντές.

Επιπλέον, εκτός από την σωστή οργάνωση των εθελοντών πυροσβεστών, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ευαισθητοποίηση των πολιτών έναντι στην καταπολέμηση των δασικών πυρκαγιών, τόσο μέσω των Μ.Μ.Ε., όσο και μέσω της παιδείας στα σχολεία. Θα μπορούσε να εφαρμοστεί, έστω και πιλοτικά, ένα πρόγραμμα αντίστοιχο με αυτό των νέων στη Γαλλία, όπου οι μαθητές θα ολοκληρώνουν ένα κύκλο μαθημάτων(όπως πρώτες βοήθειες) και στη συνέχεια θα λαμβάνουν μέρος και σε μια πρακτική εκπαίδευση σε κάποιο πυροσβεστικό τμήμα της περιοχής που διαμένουν. Με αυτό τον τρόπο, θα ευαισθητοποιούνται οι νέοι άνθρωποι, δείχνοντας ενδιαφέρον για την προστασία των φυσικών πόρων της περιοχής τους, ενώ παράλληλα μαθαίνουν να δουλεύουν ομαδικά σε ένα υγιές σύστημα.

## Βιβλιογραφία

- 2023 was the Earth's hottest year by far.* (n.d.). Retrieved January 23, 2024, from [https://www.lemonde.fr/en/environment/article/2024/01/09/2023-was-the-earth-s-hottest-year-on-record\\_6416498\\_114.html](https://www.lemonde.fr/en/environment/article/2024/01/09/2023-was-the-earth-s-hottest-year-on-record_6416498_114.html)
- Annexes.* (n.d.). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.002>
- Annual economic losses caused by weather - and climate - related extreme events in the EU Member States — European Environment Agency.* (n.d.). Retrieved November 21, 2023, from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/annual-economic-damage-caused-by-1>
- Badeau, J., Guibal, F., Fulé, P. Z., Chauchard, S., Moneglia, P., & Carcaillet, C. (2024). 202 years of changes in Mediterranean fire regime in *Pinus nigra* forest, Corsica. *Forest Ecology and Management*, 554, 121658. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2023.121658>
- Bento, A. M., Miller, N., Mookerjee, M., & Severnini, E. (2023). A unifying approach to measuring climate change impacts and adaptation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 121, 102843. <https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2023.102843>
- Canada's Ability to Prevent Forest Fires Lags Behind the Need - The New York Times.* (n.d.). Retrieved January 20, 2024, from <https://www.nytimes.com/2023/06/09/world/canada/canada-firefighting-capacity.html>
- Canada's exceptional wildfire season made seven times more likely by climate change.* (n.d.). Retrieved January 23, 2024, from [https://www.lemonde.fr/en/environment/article/2023/08/23/canada-s-exceptional-wildfire-season-made-seven-times-more-likely-by-climate-change\\_6104645\\_114.html](https://www.lemonde.fr/en/environment/article/2023/08/23/canada-s-exceptional-wildfire-season-made-seven-times-more-likely-by-climate-change_6104645_114.html)
- Chappaz, F., & Ganteaume, A. (2023). Role of land-cover and WUI types on spatio-temporal dynamics of fires in the French Mediterranean area. *Risk Analysis*, 43(5), 1032–1057. <https://doi.org/10.1111/risa.13979>
- Christopoulou, A., Fulé, P. Z., Andriopoulos, P., Sarris, D., & Arianoutsou, M. (2013). Dendrochronology-based fire history of *Pinus nigra* forests in Mount Taygetos, Southern Greece. *Forest Ecology and Management*, 293, 132–139. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2012.12.048>
- Climate Reanalyzer.* (n.d.-a). Retrieved November 8, 2023, from [https://climatereanalyzer.org/clim/sst\\_daily/](https://climatereanalyzer.org/clim/sst_daily/)
- Climate Reanalyzer.* (n.d.-b). Retrieved November 11, 2023, from <https://climatereanalyzer.org/clim/seaice/>



- Coe, J. A., & Godt, J. W. (2012). Review of approaches for assessing the impact of climate change on landslide hazards. *Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding - Proceedings of the 11th International and 2nd North American Symposium on Landslides and Engineered Slopes, 2012*, 371–377.
- Cook, B. I., Mankin, J. S., & Anchukaitis, K. J. (2018). Climate Change and Drought: From Past to Future. *Current Climate Change Reports* 4:2, 4(2), 164–179. <https://doi.org/10.1007/S40641-018-0093-2>
- Copernicus: 2023 is the hottest year on record, with global temperatures close to the 1.5°C limit* | Copernicus. (n.d.). Retrieved January 23, 2024, from <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>
- Cultural Resources and Post-Wildland Fire Programs (U.S. National Park Service)*. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from [https://www.nps.gov/articles/cr\\_and\\_post\\_wildland\\_fire\\_programs.htm](https://www.nps.gov/articles/cr_and_post_wildland_fire_programs.htm)
- Daily CO2*. (n.d.). Retrieved November 24, 2023, from <https://www.co2.earth/daily-co2>
- Did climate change cause Canada's wildfires? - BBC Future*. (n.d.). Retrieved January 20, 2024, from <https://www.bbc.com/future/article/20230612-did-climate-change-cause-canadas-wildfires>
- Duane, A., Aquilué, N., Canelles, Q., Morán-Ordoñez, A., De Cáceres, M., & Brotons, L. (2019). Adapting prescribed burns to future climate change in Mediterranean landscapes. *Science of The Total Environment*, 677, 68–83. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.04.348>
- EFFIS - Statistics Portal*. (n.d.-a). Retrieved January 17, 2024, from <https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/estimates>
- EFFIS - Statistics Portal*. (n.d.-b). Retrieved June 3, 2023, from <https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/estimates>
- European Environment Agency. (n.d.). *Europe's changing climate hazards: an index-based interactive EEA report*.
- Evidence | Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet*. (n.d.). Retrieved January 13, 2024, from <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- Experts see climate change fingerprint in worsening heat waves and fires - The Washington Post*. (n.d.). Retrieved January 20, 2024, from <https://www.washingtonpost.com/weather/2023/05/18/western-wildfires-canada-climate-change-heat/>

- Fighting Europe's fires: Inside the EU's emergency response centre* | Euronews. (n.d.). Retrieved January 18, 2024, from <https://www.euronews.com/my-europe/2022/07/25/fighting-europes-fires-inside-the-eus-emergency-response-centre>
- Fire Ecology and Monitoring - Yosemite National Park (U.S. National Park Service)*. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.nps.gov/yose/learn/nature/fireecology.htm>
- Firefighter* | Canadian Armed Forces. (n.d.). Retrieved January 20, 2024, from <https://forces.ca/en/career/firefighter/>
- Forest Fires in Canada* | The Canadian Encyclopedia. (n.d.). Retrieved January 19, 2024, from <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/forest-fire>
- FRA 2000 on definitions of forest and forest change*. (n.d.). Retrieved May 31, 2023, from <https://www.fao.org/3/ad665e/ad665e03.htm>
- France Announces Deep Cuts in Military, End of Conscription* - Los Angeles Times. (n.d.). Retrieved January 22, 2024, from <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1996-02-23-mn-39209-story.html>
- France's costly but effective fire-fighting strategy*. (n.d.). Retrieved January 23, 2024, from [https://www.lemonde.fr/en/environment/article/2023/08/06/france-s-costly-but-effective-fire-fighting-strategy\\_6082164\\_114.html](https://www.lemonde.fr/en/environment/article/2023/08/06/france-s-costly-but-effective-fire-fighting-strategy_6082164_114.html)
- France's raw recruits sign up for return of national service* - BBC News. (n.d.). Retrieved January 22, 2024, from <https://www.bbc.com/news/world-europe-48755605>
- Fuels Management* | U.S. Department of the Interior. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.doi.gov/wildlandfire/fuels>
- Ganteaume, A., & Jappiot, M. (2013). What causes large fires in Southern France. *Forest Ecology and Management*, 294, 76–85. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2012.06.055>
- Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63(2–3), 90–104. <https://doi.org/10.1016/J.GLOPLACHA.2007.09.005>
- Hirsch, K., & Fuglem, P. (n.d.). *CANADIAN WILDLAND FIRE STRATEGY: BACKGROUND SYNTHESSES, ANALYSES, AND PERSPECTIVES*. Retrieved January 19, 2024, from <http://ccfm.org/>
- Huang, Y., Wu, S., & Kaplan, J. O. (2015). Sensitivity of global wildfire occurrences to various factors in the context of global change. *Atmospheric Environment*, 121, 86–92. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOENV.2015.06.002>

- Karsai, I., Roland, B., & Kampis, G. (2016). The effect of fire on an abstract forest ecosystem: An agent based study. *Ecological Complexity*, 28, 12–23. <https://doi.org/10.1016/J.ECOCOM.2016.09.001>
- Kloster, S., Mahowald, N. M., Randerson, J. T., & Lawrence, P. J. (2012). The impacts of climate, land use, and demography on fires during the 21st century simulated by CLM-CN. *Biogeosciences*, 9(1), 509–525. <https://doi.org/10.5194/BG-9-509-2012>
- Labenski, P., Ewald, M., Schmidlein, S., Heinsch, F. A., & Fassnacht, F. E. (2023). Quantifying surface fuels for fire modelling in temperate forests using airborne lidar and Sentinel-2: potential and limitations. *Remote Sensing of Environment*, 295, 113711. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2023.113711>
- Letcher, T. M. (n.d.). *Why discuss the impacts of climate change?* <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822373-4.00020-3>
- Lionello, P., & Scarascia, L. (2018). The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. *Regional Environmental Change*, 18(5), 1481–1493. <https://doi.org/10.1007/S10113-018-1290-1/FIGURES/6>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Matthews, J. B. R., Berger, S., Huang, M., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B., Lonnoy, E., Maycock, T. K., Waterfield, T., Leitzell, K., & Caud, N. (2021). *Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Edited by*. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- Mitsopoulos, I., & Mallinis, G. (2017). A data-driven approach to assess large fire size generation in Greece. *Natural Hazards*, 88(3), 1591–1607. <https://doi.org/10.1007/S11069-017-2934-Z/METRICS>
- Morán-Ordóñez, A., Ameztegui, A., De Cáceres, M., de-Miguel, S., Lefèvre, F., Brotons, L., & Coll, L. (2020). Future trade-offs and synergies among ecosystem services in Mediterranean forests under global change scenarios. *Ecosystem Services*, 45, 101174. <https://doi.org/10.1016/J.ECOSER.2020.101174>
- Morán-Ordóñez, A., Duane, A., Gil-Tena, A., De Cáceres, M., Aquilué, N., Guerra, C. A., Geijzendorffer, I. R., Fortin, M. J., & Brotons, L. (2020). Future impact of climate extremes in the Mediterranean: Soil erosion projections when fire and extreme rainfall meet. *Land Degradation & Development*, 31(18), 3040–3054. <https://doi.org/10.1002/LDR.3694>
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2021). Wildfires and global change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(7), 387–395. <https://doi.org/10.1002/FEE.2359>
- Pechony, O., & Shindell, D. T. (2010). Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(45), 19167–19170.

<https://doi.org/10.1073/PNAS.1003669107/ASSET/E5BAE289-2CDB-4874-90EE-79AF2EC81C18/ASSETS/GRAPHIC/PNAS.1003669107EQ1.GIF>

*People Working in Fire* | US Forest Service. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.fs.usda.gov/science-technology/fire/people>

Ping, C. L. (2004). Cold-Region Soils. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 4, 268–276. <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00024-2>

*Prescribed Fire* | US Forest Service. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.fs.usda.gov/managing-land/prescribed-fire>

Regato, P. (2008). *Τα Μεσογειακά Δάση απέναντι στην Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή*. [www.orfanosm.gr](http://www.orfanosm.gr)

Rogers, B. M., Balch, J. K., Goetz, S. J., Lehmann, C. E. R., & Turetsky, M. (2020). Focus on changing fire regimes: interactions with climate, ecosystems, and society. *Environmental Research Letters*, 15(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/AB6D3A>

San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, Tracy., Boca, Roberto., Maianti, Pieralberto., LastNameLibertà, Giorgio., Oom, Duarte., Branco, Alfredo., De Rigo, Daniele., Ferrari, Davide., Roglia, Elena., & Scionti, Nicola. (2023). Advance Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022. *Publications Office of the European Union, Luxembourg, May*, 1–54. <https://doi.org/10.2760/091540>

San-Miguel-Ayanz, J., Moreno, J. M., & Camia, A. (2013). Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management*, 294, 11–22. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2012.10.050>

*Sécurité civile / Statistiques / Publications - Ministère de l'Intérieur*. (n.d.). Retrieved January 22, 2024, from <https://mobile.interieur.gouv.fr/Publications/Statistiques/Securite-civile/2022>

*September 2023 Temperature Update - Berkeley Earth*. (n.d.). Retrieved November 8, 2023, from <https://berkeleyearth.org/september-2023-temperature-update/>

*Service civique pompier - Brigade de sapeurs-pompiers de Paris*. (n.d.). Retrieved January 22, 2024, from <https://pompiersparis.fr/service-civique-pompier/>

*State of Mediterranean Forests*. (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations and Plan Bleu, Regional Activity Center of UN Environment/Mediterranean Action Plan, ISBN FAO: 978-92-5-131047-2

Tedim, F., Xanthopoulos, G., & Leone, V. (2015). Forest Fires in Europe: Facts and Challenges. *Wildfire Hazards, Risks, and Disasters*, 77–99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00005-1>

- Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, S. M., Volaire, F., Boone, A., Le Page, M., Llasat, M. C., Albergel, C., Burak, S., Cailleret, M., Kalin, K. C., Davi, H., Dupuy, J. L., Greve, P., Grillakis, M., Hanich, L., Jarlan, L., Martin-StPaul, N., ... Polcher, J. (2020). Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios. *Earth-Science Reviews*, 210, 103348. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2020.103348>
- Tuel, A., & Eltahir, E. A. B. (2020). Why Is the Mediterranean a Climate Change Hot Spot? *Journal of Climate*, 33(14), 5829–5843. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0910.1>
- Tymstra, C., Stocks, B. J., Cai, X., & Flannigan, M. D. (2020). Wildfire management in Canada: Review, challenges and opportunities. *Progress in Disaster Science*, 5, 100045. <https://doi.org/10.1016/J.PDISAS.2019.100045>
- Urry, J. (2015). Climate Change and Society. *Why the Social Sciences Matter*, 45–59. [https://doi.org/10.1057/9781137269928\\_4](https://doi.org/10.1057/9781137269928_4)
- U.S. fire department profile | NFPA Research*. (n.d.). Retrieved January 20, 2024, from <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/us-fire-department-profile?l=400>
- Volunteer Fire Brigade (VBS) | Service-Public.fr*. (n.d.). Retrieved January 23, 2024, from <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F72?lang=en>
- Why doesn't Canada have a national wildfire-fighting force? | CBC News*. (n.d.). Retrieved January 20, 2024, from <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/national-wildfire-fighting-force-canada-1.6925785>
- Wildfires | Copernicus*. (2023). Retrieved January 23, 2024, from <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/wildfires>
- Wildfires Cost Europe €4.1 Billion as Greece Suffers Most Damage - Bloomberg*. (n.d.). Retrieved February 2, 2024, from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-09-04/greece-suffers-most-damage-as-wildfires-cost-europe-4-1-billion>
- Wildland Firefighting Tactics - Fire (U.S. National Park Service)*. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.nps.gov/subjects/fire/wildland-firefighting-tactics.htm>
- Άρθρο Νίκου Μπόκαρη στην «Κ»: Μια ισχυρή Δασική Υπηρεσία | Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ*. (n.d.). Retrieved February 4, 2024, from <https://www.kathimerini.gr/society/562529548/arthron-mpokari-stin-k-mia-ischyri-dasiki-ypiresia/>
- Κλιματική Αλλαγή Στην Ελλάδα - Dianeosis*. (n.d.). Retrieved February 1, 2024, from [https://www.dianeosis.org/research/climate\\_change/](https://www.dianeosis.org/research/climate_change/)

Ο Θεσμός του Εθελοντή Πυροσβέστη - Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος. (n.d.). Retrieved February 4, 2024, from <https://www.fireservice.gr/el/o-thesmos-tou-ethelonte-pyrosbeste>

ΠΡΟΛΗΨΗ | WWF. (2023). Retrieved February 1, 2024, from [https://www.wwf.gr/ti\\_kanoume/fysh/dasi/prolipsi/](https://www.wwf.gr/ti_kanoume/fysh/dasi/prolipsi/)

Τραγωδία με 19 πυροσβέστες νεκρούς στην Αριζόνα | Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.kathimerini.gr/world/492100/tragodia-me-19-pyrosvestes-nekroys-stin-arizona/>

Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας | *Civilprotection.gov.gr*. (n.d.). Retrieved August 8, 2023, from <https://civilprotection.gov.gr/>

Φωτιές: Δεκάδες οι χώρες που έχουν αποστείλει βοήθεια στην Ελλάδα. (n.d.). Retrieved January 18, 2024, from <https://www.protothema.gr/greece/article/1150425/foties-dekades-oi-hores-pou-ehoun-aposteilei-voitheia-stin-ellada/>

Φωτιές: Έτοιμη προς εφαρμογή η μέθοδος του «αντιπύρ» | Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://www.kathimerini.gr/society/561904105/foties-etoimi-pros-efarmogi-i-methodos-toy-antipyri/>