



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ
ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ. Η
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ Β. ΕΥΒΟΙΑΣ ΤΟ 2021.

ΣΤΑΜΟΥΛΗ ΜΑΡΙΑ
Επιβλέπων Καθηγητής: ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΑΝΙΑΤΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2024

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του

Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο

“

_____”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και οι πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Σταμούλη Μαρία, 2023, Αθήνα

Υπογραφή Φοιτητή:



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ	1
1.1 Τί είναι οι πυρκαγιές	1
1.2 Είδη πυρκαγιών	2
1.3 Παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη μιας πυρκαγιάς	3
1.4 Αιτίες πυρκαγιάς	4
1.4.1 Φυσικά αίτια πυρκαγιών	5
1.4.2 Ανθρωπογενή αίτια πυρκαγιών	5
1.5 Το θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο δασοπροστασίας στην Ελλάδα.....	6
1.6 Υπόγειοι υδατικοί πόροι.....	9
1.6.1 Υδρολογικός κύκλος.....	10
1.6.2 Λεκάνη απορροής.....	11
1.6.3 Επιφανειακή απορροή.....	12
1.6.4 Η κίνηση των υπόγειων υδάτων.....	13
1.6.5 Είδη υπόγειων υδάτων	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	15
2.1 Παράμετροι καθορισμού της ποιότητας των υδάτων	16
2.1.1 Θερμοκρασία.....	17
2.1.2 Σκληρότητα	18
2.1.3 Αλκαλικότητα.....	18
2.1.4 Συνολικά διαλυμένα στερεά (T.D.S).....	18
2.1.5 Διαλυμένο οξυγόνο (DO).....	19
2.1.6 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).....	19
2.1.7 Ενεργός οξύτητα (pH).....	19
2.2 Κατιόντα.....	20
2.2.1 Ασβέστιο (Ca^{+2}) – Μαγνήσιο (Mg^{+2}).....	20
2.2.2 Νάτριο (Na^{+}) – Κάλιο (K^{+})	20
2.2.3 Αμμωνιακά ιόντα (NH_4^{+}).....	21
2.2.4 Σίδηρος (Fe^{+2}).....	21
2.3 Ανιόντα.....	21
2.3.1 Χλώριο (Cl^{-})	21
2.3.2 Όξινα ανθρακικά (HCO_3^{-}).....	21
2.3.3 Νιτρικά (NO_3^{-}).....	22
2.3.4 Θεϊκά (SO_4^{2-}).....	22

2.4 Βαρέα μέταλλα και ιχνοστοιχεία	22
2.5 Θρεπτικά συστατικά.....	23
2.6 Βιολογικές παράμετροι	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ	23
3.2 Μελέτη περίπτωσης στην περιοχή της Μαλαισίας.....	23
3.2 Μελέτη περίπτωσης στην περιοχή του Ν. Ηλείας.....	25
3.3. Μελέτη περίπτωσης στην περιοχή της Πορτογαλίας.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ.....	28
4.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πυρκαγιών.....	29
4.1.1 Η ατμόσφαιρα.....	29
4.1.2 Το έδαφος.....	30
4.1.3 Η χλωρίδα και η πανίδα	31
4.1.4 Ο Άνθρωπος.....	32
4.1.5 Οι κατολισθήσεις και οι πλημμύρες	33
4.1.6 Οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ. Η ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΤΗΝ Β.ΕΥΒΟΙΑ ΤΟ 2021	34
5.1 Το νησί της Εύβοιας.....	34
5.1.1 Η Γεωλογία του Ν. Ευβοίας.....	35
5.1.2 Το κλίμα της περιοχής	35
5.1.3 Η Γεωμορφολογία και η βλάστηση της Εύβοιας	36
5.2 Η περιοχή μελέτης-Β. Εύβοια.....	36
5.2.1 Η Γεωλογία της Β. Εύβοιας	38
5.2.2 Το κλίμα και η βλάστηση της περιοχής.....	40
5.2.3 Η Γεωμορφολογία της περιοχής.....	40
5.2.4 Η Υδρογεωλογία της περιοχής.....	44
5.2.5 Η παραγωγική δραστηριότητα	45
5.3 Οι πυρκαγιές στην Ελλάδα το 2021	46
5.4 Η πυρκαγιά στην Βόρεια Εύβοια.....	48
5.5 Εκτίμηση της πυρκαγιάς στην Β. Εύβοια.....	54
5.5.1 Η συνολική καμένη έκταση της περιοχής.....	54
5.5.2 Οι καμένες δασικές εκτάσεις της περιοχής.....	56
5.6 Οι επιπτώσεις στους υπόγειους υδατικούς πόρους.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ	63
6.1 Διαχείριση των δασικών πυρκαγιών	63
6.1.1 Πρόληψη	66
6.1.2 Καταστολή	70

6.1.3 Η αποκατάσταση των δασών	72
6.2 Προτάσεις ανασυγκρότησης της Β. Εύβοιας	75
6.2.1 Στόχοι προστασίας.....	76
6.2.2 Στόχοι ανάδειξης	77
6.2.3 Στόχοι οργάνωσης της παραγωγής.....	78
6.2.4 Στόχοι διατήρησης της βιοποικιλότητας.....	78
6.2.5 Παρακολούθηση των δεικτών της κλιματικής αλλαγής	79
6.3 Προτάσεις για την περιοχή της Β. Εύβοιας.....	79
6.3.1 Χρήση νέων τεχνολογιών για την εκτίμηση κινδύνου μίας πυρκαγιάς	80
7.Συμπεράσματα.....	83
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	86
Α) Ελληνική	86
Β) Ξενόγλωσση	88
Γ) Διαδικτυακοί Τόποι.....	93

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1. Το Τρίγωνο Ανάφλεξης της Φωτιάς.....	2
Εικόνα 1.2. Ο Υδρολογικός Κύκλος.....	11
Εικόνα 1.3. Τύποι Διάταξης των Κόκκων σε Πορώδη Μέσα.....	14
Εικόνα 5.1. Χάρτης του Δήμου Μαντουδίου-Λίμνης-Αγίας Άννας.....	37
Εικόνα 5.2. Χάρτης του Δήμου Ιστιαίας-Αιδηψού.....	38
Εικόνα 5.3. Στρωματογραφική στήλη της Πελαγονικής ζώνης της Κεντρικής και Βόρειας Εύβοιας.....	39
Εικόνα 5.4. Χάρτης υψομέτρου της περιοχής της Εύβοιας.....	41
Εικόνα 5.5. Χάρτης προσανατολισμού των πρανών στην περιοχή της Εύβοιας.....	42
Εικόνα 5.6. Χάρτης κλίσεων των πρανών στην περιοχή της Εύβοιας.....	43
Εικόνα 5.7. Χάρτης πυρκαγιών Ελλάδος 2021.....	47
Εικόνα 5.8. Η Β. Εύβοια στις 8 Αυγούστου 2021.....	49
Εικόνα 5.9. Η περιοχή της Β. Εύβοιας πριν την πυρκαγιά.....	50
Εικόνα 5.10. Η περιοχή της Β. Εύβοιας 10 μέρες μετά την πυρκαγιά	51
Εικόνα 5.11. Χάρτης μητρικού πετρώματος της Β. Εύβοιας.....	52
Εικόνα 5.12. Χάρτης λεκανών απορροής και ρεμάτων στην καμένη περιοχή Β. Εύβοιας...53	
Εικόνα 5.13. Η συνολική καμένη έκταση.....	54
Εικόνα 6.1. Χάρτης περιοχών υψηλού κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς στην Ελλάδα.....	65
Εικόνα 6.2. Χάρτης πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς για 2/08/2024.....	69
Εικόνα 6.3. Κατασκευή κορμοφραγμάτων στα Γεράνεια Όρη.....	74
Εικόνα 6.4. Η διαδικασία της τηλεπισκόπησης.....	82

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5.1. Δήμοι και πληθυσμός του Ν. Ευβοίας.....	34
Πίνακας 5.2 Κλάσεις υψομέτρου πληγείσας περιοχής.....	44
Πίνακας 5.3 Κατηγορίες κλίσεων στην πληγείσα περιοχή.....	44
Πίνακας 5.4. Καμένες εκτάσεις του Δήμου Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας.....	55
Πίνακας 5.5. Καμένες εκτάσεις του Δήμου Ιστιαίας-Αιδηψού.....	56
Πίνακας 5.6. Καμένες δασικές εκτάσεις του Δήμου Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας.....	57
Πίνακας 5.7. Καμένες δασικές εκτάσεις του Δήμου Ιστιαίας-Αιδηψού.....	57
Πίνακας 5.8. Είδη βλάστησης και κάλυψη γης της καμένης έκτασης.....	58
Πίνακας 5.9. Χρήσεις Γης.....	59
Πίνακας 5.10. Αναδασωτέες εκτάσεις.....	60
Πίνακας 5.11. Οι μετρήσεις των υπόγειων υδάτων στην Ιστιαία.....	60
Πίνακας 5.12. Οι μετρήσεις των υπόγειων υδάτων στην περιοχή των Βασιλικών.....	61
Πίνακας 5.13. Οι μετρήσεις των υπόγειων υδάτων στην περιοχή του Τελέθριου Όρους.....	62
Πίνακας 5.14. Οι μετρήσεις των υπόγειων υδάτων στην περιοχή του Μαντουδίου.....	62
Πίνακας 6.1. Πίνακας ανάλυσης SWOT των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων για την περιοχή της Β. Εύβοιας.....	75
Πίνακας 6.2. Πίνακας ανάλυσης SWOT των ευκαιριών και απειλών στην περιοχή της Β. Εύβοιας.....	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1. Αιτίες των Δασικών Πυρκαγιών.....	6
Διάγραμμα 5.1. Μέσες θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις στην περιοχή της Εύβοιας τα τελευταία 30 έτη.....	35

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση των επιπτώσεων των πυρκαγιών στους υπόγειους υδατικούς πόρους, με ειδική αναφορά στις πυρκαγιές που έπληξαν την Β. Εύβοια το 2021. Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μία από τις πιο καταστροφικές φυσικές καταστροφές, οι οποίες προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Στις μεσογειακές χώρες και συγκεκριμένα στην Ελλάδα, οι δασικές πυρκαγιές είναι αναμενόμενες ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, ωστόσο η συχνότητά τους τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, έχει αυξηθεί σημαντικά. Βασικός παράγοντας είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα με ποσοστό που αγγίζει το 95%, ενώ πιο σπάνια, οι πυρκαγιές αυτές οφείλονται σε φυσικά αίτια. Η συμπεριφορά μίας δασικής πυρκαγιάς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η τοπογραφία και η βλάστηση της περιοχής, η καύσιμη ύλη, οι μετεωρολογικές συνθήκες κ.α. Τα αποτελέσματα είναι είτε άμεσα όπως είναι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος και της οικονομίας, ή έμμεσα με επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση των υπόγειων υδάτων δεν εμφανίζεται μόνο στις πληγείσες περιοχές, αλλά και σε πιο απομακρυσμένες περιοχές, με σημαντικές συνέπειες στη ζωή των κατοίκων. Συγκεκριμένα, η πυρκαγιά που ξεκίνησε τον Αύγουστο του 2021 στη Β. Εύβοια χαρακτηρίστηκε ίσως ως η πιο καταστροφική πυρκαγιά της χώρας μας με σχεδόν 520.000 στρέμματα καμένων εκτάσεων. Η σωστή διαχείριση τέτοιων μεγάλων δασικών πυρκαγιών περιλαμβάνει την πρόληψη, καταστολή και αποκατάσταση του οικοσυστήματος. Είναι γεγονός, ότι πλέον, οι περισσότερες χώρες διαθέτουν τα κατάλληλα μέσα και εργαλεία για τη σωστή πρόληψη των πυρκαγιών ή την αποκατάσταση του περιβάλλοντος με την συμβολή φυσικά και των νέων τεχνολογιών.

Λέξεις Κλειδιά: Δασική Πυρκαγιά, Κλιματική Αλλαγή, Υπόγεια Ύδατα, Επιπτώσεις, Β. Εύβοια.

ABSTRACT

This master's thesis focuses on analyzing the impact of wildfires on underground water resources, with a specific reference to the fires that affected Northern Evia in 2021. Forest fires are one of the most destructive natural disasters, causing severe effects on both the environment and human activity. In Mediterranean countries, and particularly in Greece, forest fires are expected, especially during the summer months. However, their frequency has significantly increased in recent years due to climate change. A key factor is human activity, accounting for 95% of the causes, while wildfires due to natural causes are rarer. The behavior of a forest fire depends on many factors, such as the area's topography and vegetation, fuel, weather conditions, etc. The consequences can be either direct, such as environmental and economic degradation, or indirect, with impacts on human health. The qualitative and quantitative degradation of groundwater occurs not only in the affected areas but also in more remote regions, with significant consequences for the inhabitants' lives. Specifically, the wildfire that began in August 2021 in Northern Evia was perhaps the most devastating fire in Greece, with nearly 52,000 hectares of burned land. Proper management of such large forest fires involves prevention, suppression, and ecosystem restoration. It is a fact that most countries now have the appropriate means and tools for effective fire prevention and environmental restoration, naturally with the contribution of new technologies.

Keywords: Forest Fire, Climate Change, Groundwater, Effects, N. Evia.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πυρκαγιές αποτελούν μία από τις πιο επίκαιρες φυσικές καταστροφές στον πλανήτη, επηρεάζοντας το έδαφος, την βλάστηση, τους υπόγειους υδατικούς πόρους αλλά και την ανθρώπινη ζωή. Συγκεκριμένα, οι υπόγειοι υδατικοί πόροι, αποτελούν κύρια πηγή ζωής για τον ανθρώπινο πληθυσμό και το οικοσύστημα, ωστόσο η ρύπανσή τους από τις πυρκαγιές σε συνδυασμό με την αργή κίνησή τους, μπορεί να έχουν καταστροφικές συνέπειες.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διπλωματική εργασία, επικεντρώνεται στη μελέτη των επιπτώσεων των πυρκαγιών στους υπόγειους υδατικούς πόρους ενώ εστιάζει στην περίπτωση της Β. Εύβοιας και προτείνει μέτρα αντιμετώπισης που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτήν την περίπτωση. Μελετώντας την αλληλεπίδραση των πυρκαγιών και του υδρολογικού κύκλου, η εργασία ερευνά πιθανές αλλαγές στην ποιότητα και την ποσότητα των υπόγειων υδάτων καθώς και τις συνέπειές τους στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Οι στόχοι της συγκεκριμένης διπλωματικής περιλαμβάνουν την ανάλυση του υδρολογικού συστήματος στην Βόρεια Εύβοια (πριν και μετά την πυρκαγιά), την αξιολόγηση της ποιότητας των υπόγειων υδατικών πόρων, την κατανόηση των αλλαγών του οικοσυστήματος μετά από μία πυρκαγιά και τέλος ορισμένες προτάσεις για την αποκατάσταση του οικοσυστήματος και για την αντιμετώπιση μίας πυρκαγιάς.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο Κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στις έννοιες των πυρκαγιών και των υπόγειων υδατικών πόρων και παρουσιάζεται το θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο της δασοπροστασίας στην Ελλάδα. Στο δεύτερο Κεφάλαιο αναλύονται οι παράγοντες καθορισμού της ποιότητας των υδάτων και έπειτα, το 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζει ορισμένες Μελέτες Περιπτώσεων παρόμοιων με της Β. Εύβοιας. Το 4^ο Κεφάλαιο αναφέρει τις επιπτώσεις που έχουν οι πυρκαγιές τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Στην συνέχεια, το 5^ο Κεφάλαιο επικεντρώνεται συγκεκριμένα στην πυρκαγιά στην περιοχή της Β. Εύβοιας το 2021, περιγράφοντας αναλυτικά τις περιοχές που επηρεάστηκαν (π.χ. ημερομηνίες, χάρτες περιοχών), τα δημογραφικά, υδρολογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά τους, καθώς αναλύονται και οι τυχόν αλλαγές στην ποιότητα των υδάτων που προκάλεσε η πυρκαγιά. Τέλος, προτείνονται μερικά μέτρα αντιμετώπισης, τόσο για το γενικό σύνολο των πυρκαγιών, όσο και συγκεκριμένα για την περιοχή της Β. Εύβοιας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

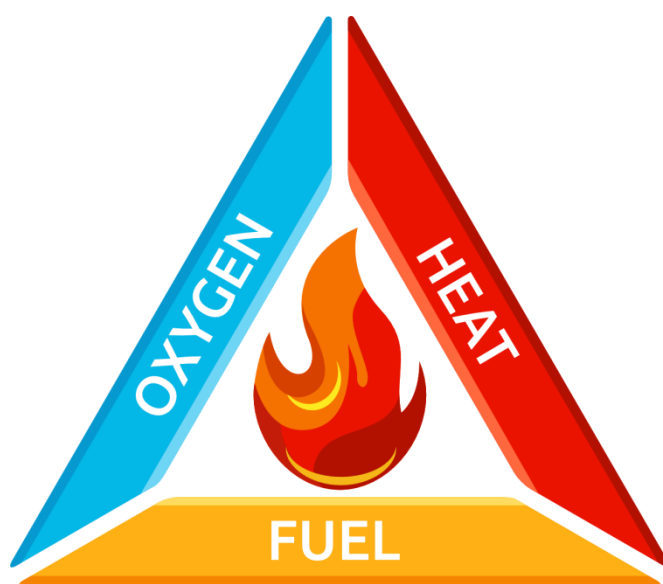
1.1 Τί είναι οι πυρκαγιές

Με τον όρο πυρκαγιά περιγράφεται η οποιαδήποτε ανεξέλεγκτη καύση των οικοσυστημάτων όπως για παράδειγμα δάση, λιβάδια, όπου καταναλώνονται φυσικά καύσιμα και εκλύονται τεράστιες ποσότητες θερμότητας, ενώ εξαιτίας των ανέμων δεν περιορίζονται γεωγραφικά. Η έναρξη μίας πυρκαγιάς οφείλεται σε ανθρωπογενείς παράγοντες είτε σε φυσικά καιρικά φαινόμενα (National Geographic).

Για να προκληθεί μία φωτιά, είναι απαραίτητη η συνύπαρξη τριών παραγόντων, γνωστή και ως το τρίγωνο ανάφλεξης της φωτιάς (Εικόνα 1.1). Κάθε πλευρά του τριγώνου αντιπροσωπεύει και κάθε μία από τις προϋποθέσεις, οι οποίες είναι το οξυγόνο, το καύσιμο και η θερμότητα. Πιο συγκεκριμένα, χρειάζεται αρκετό οξυγόνο (16%) που είναι απαραίτητο για την καύση, κάποιο είδος καυσίμου ή οποιουδήποτε άλλου υλικού το οποίο είναι εύφλεκτο και περιγράφεται από το ποσοστό υγρασίας, το μέγεθος, το σχήμα, την ποσότητα και την διάταξη (π.χ. γρασίδι, σπία κ.α.) αλλά και θερμότητα έτσι ώστε το υλικό αυτό να φθάσει στη σωστή θερμοκρασία ανάφλεξης αφαιρώντας την υγρασία από το εύφλεκτο υλικό ή καύσιμο. Οι πηγές θερμότητας δεν εμπεριέχουν μόνο τις ανθρωπογενείς δράσεις όπως τα τσιγάρα, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα, για παράδειγμα αστραπές ή ακόμη και ο ήλιος. Ωστόσο, ο άνεμος συντελεί στην τροφοδότηση του οξυγόνου ώστε να ξεκινήσει η πυρκαγιά αλλά και στην αναζωπύρωσή της (Agee, J.K., 1996).

Όπως είναι γνωστό, οι πυρκαγιές είναι πολύ επικίνδυνες κυρίως όταν εξελίσσονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές καθώς μπορεί να αποβούν θανατηφόρες ενώ ταυτόχρονα μπορούν να καταστρέψουν τεράστιες εκτάσεις γης. Κάθε χρόνο, κυρίως την καλοκαιρινή περίοδο, καταστρέφονται εκατομμύρια στρέμματα βλάστησης με το μεγαλύτερο ποσοστό να οφείλεται σε ανθρωπογενείς δράσεις. Το αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται η επιφανειακή απορροή ενώ υποβαθμίζεται η ποιότητα του νερού αλλά και της ατμόσφαιρας μέσω του CO₂ που εκλύεται. Παρόλα αυτά, οι πυρκαγιές είναι απαραίτητες για ορισμένα είδη φυτών ώστε να επιβιώσουν. Αναλυτικότερα, η καύση, βοηθά στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών που βρίσκονται στο έδαφος και στην προώθηση ανάπτυξης της βλάστησης. Για παράδειγμα, ορισμένα δέντρα πρέπει να περάσουν πρώτα από τη διαδικασία της θέρμανσης έτσι ώστε να απελευθερώσουν τους σπόρους τους. Αρκετά είδη φυτών χρειάζονται να περάσουν μία

πυρκαγιά κάθε λίγα χρόνια ενώ άλλα αρκούνται σε μία με δύο φορές τον αιώνα με στόχο την καταπολέμηση ασθενειών. Επιπλέον, όταν αποτρέπεται ένα οικοσύστημα από καύση, αυξάνεται η βιομάζα του εδάφους με αποτέλεσμα μία μελλοντική ανεπιθύμητη πυρκαγιά. Έτσι, λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών, μπορεί να προκληθούν ανεπανόρθωτες ζημιές στο μηχανισμό ανάπλασης του οικοσυστήματος. Είναι κατανοητό λοιπόν, ότι οι πυρκαγιές εκτός από τις αρνητικές συνέπειες που γνωρίζουμε ότι προκαλούν, επιδρούν θετικά στη βιοποικιλότητα και την υγεία του φυσικού περιβάλλοντος (National Geographic).



Εικόνα 1.1. Το Τρίγωνο Ανάφλεξης της Φωτιάς (Πηγή: <https://praxis42.com/resources/fire-safety/fire-triangle-tetrahedron-elements-explained/>)

1.2 Είδη πυρκαγιών

Ανάλογα με το υλικό καύσης, οι πυρκαγιές χωρίζονται σε αστικές και δασικές. Η κύρια διαφορά τους είναι το μέσο κατάσβεσης. Σε μια αστική πυρκαγιά, ανάλογα με το υλικό που καίγεται, εφαρμόζεται και το κατάλληλο μέσο κατάσβεσης, για παράδειγμα ο πυροσβεστικός αφρός ή ο πυροσβεστήρας διοξειδίου του άνθρακα μαζί με νερό. Σε μία δασική πυρκαγιά, το μέσο κατάσβεσης είναι μόνο το νερό. Επιπρόσθετα, μία δασική πυρκαγιά διακρίνεται σε πυρκαγιά εδάφους, επιφάνειας ή κόμης ανάλογα με τη θέση και τον τρόπο εξάπλωσης (National Geographic).

1. Πυρκαγιές εδάφους ή υπόγειες: Στην συγκεκριμένη κατηγορία η καύσιμη ύλη είναι οργανική, δηλαδή ξερά φύλλα ή κλαδιά, τα οποία είναι συγκεντρωμένα στην επιφάνεια του εδάφους και αποσυντίθενται σταδιακά. Σε αυτές τις πυρκαγιές δεν είναι

απαραίτητη η ύπαρξη καπνού ενώ λόγω της αργής διάδοσης, μπορούν να γίνουν αρκετά επικίνδυνες.

2. Πυρκαγιές επιφάνειας ή έρπουσες: Οι πυρκαγιές αυτές καίνε τους χορτοβοσκότοπους, τον βελονοτάπητα, το χορτάρι, τα υπολείμματα των υλοτομιών ή έναν συνδυασμό όλων των παραπάνω. Οι πυρκαγιές των θάμνων που θεωρούνται από τις πλέον επικίνδυνες πυρκαγιές, εντάσσονται σε αυτήν την κατηγορία και προέρχονται οι πυρκαγιές κόμης. Σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία, η διάδοσή τους είναι αρκετά γρήγορη εξαιτίας της ύπαρξης αέρα, οξυγόνου, καύσιμο υλικό και κατάλληλη θερμοκρασία.
3. Πυρκαγιές κόμης ή επικόρυφες: Στις πυρκαγιές κόμης το υλικό που καίγεται είναι η κόμη των δέντρων. Το συγκεκριμένο είδος εμφανίζεται συνήθως στα κωνοφόρα δέντρα. Σε πυκνά δάση μπορεί να αποβούν καταστροφικές καθώς εξαπλώνονται με ταχύτητα και η φωτιά μεταδίδεται από την μία κόμη στην άλλη.

Στην Ελλάδα υπάρχουν είτε μεγάλες είτε μικρές μικτές πυρκαγιές ενώ το πιο συνηθισμένο είδος είναι οι έρπουσες πυρκαγιές.

1.3 Παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη μιας πυρκαγιάς

Μία πυρκαγιά μπορεί να επηρεαστεί από τρεις παράγοντες, τον καιρό, τα καύσιμα και την τοπογραφία. Για αυτό το λόγο, είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε πώς συμπεριφέρεται μία μελλοντική πυρκαγιά για να μπορέσουμε να την διαχειριστούμε όσο καλύτερα γίνεται.

Ο καιρός πρακτικά είναι η κατάσταση της ατμόσφαιρας σε συγκεκριμένο χρόνο και μέρος και σχετίζεται με την υγρασία, τη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, όπου μπορούν να επηρεάσουν την έναρξη, τη συμπεριφορά μίας φωτιάς ή την καταστολή της (Pyne, 1996). Η ατμοσφαιρική αστάθεια, η οποία υπολογίζεται καθημερινά από τον δείκτη Haines (Haines, 1988), όπως η ακραία ξηρασία ή τα ψυχρά μέτωπα είναι ορισμένα παραδείγματα καιρικών συνθηκών που είναι σημαντικά για τη διαχείριση των πυρκαγιών (Johnson, Miyanishi, 2001). Η θερμότητα, που περιλαμβάνεται στο τρίγωνο της φωτιάς, είναι αυτή η θερμική ενέργεια που υποκινεί την προθέρμανση της καύσης. Επιπλέον, η υγρασία είναι σημαντικός παράγοντας εκδήλωσης μίας φωτιάς. Τα δεδομένα δείχνουν ότι οι αυξανόμενες ποσότητες υγρασίας του καυσίμου επιβραδύνουν την φωτιά ενώ υπάρχει μεγαλύτερη ευκολία ανάφλεξης. Ο άνεμος μπορεί να εξαπλώσει τη φωτιά πολλά χιλιόμετρα μακριά ενώ μεταφέρει στάχτες που μπορεί να δημιουργήσουν νέα μέτωπα

πυρκαγιών. Συνδέεται επίσης με ψυχρά μέτωπα, σημαντικό για τη μεταφορά καπνού από μεγάλες πυρκαγιές (Freitas, 2005).

Το είδος καυσίμου ή η κατάστασή του είναι επίσης σημαντική για την εμφάνιση πυρκαγιών. Οι Latham και Williams (2001) ανακάλυψαν ότι ορισμένοι τύποι καυσίμου είναι πιο αποτελεσματικοί στην ανάφλεξη. Έτσι λοιπόν, η μελέτη έδειξε ότι τα δέντρα (κωνοφόρα και φυλλοβόλα) καίγονται πολύ πιο εύκολα σε σχέση με το γρασίδι, δημιουργώντας μεγάλη θερμότητα. Αντίθετα, η φωτιά που προέρχεται από τα ξηρά χόρτα είναι μικρότερη σε διάρκεια και θερμότητα.

Τέλος, η τοπογραφία της περιοχής περιλαμβάνει τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της, όπως για παράδειγμα η κλίση του εδάφους, το υψόμετρο κ.α. Τις περισσότερες φορές, μία πυρκαγιά εξαπλώνεται προς τα υψηλότερα μέρη μίας πλαγιάς και η ταχύτητά της εξαρτάται από την κλίση του εδάφους. Πιο αναλυτικά, σε κεκλιμένο έδαφος, η φωτιά πλησιάζει το καύσιμο υλικό μπροστά της, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμότητα. Επιπλέον, εξαιτίας της κλίσης, πολλά φλεγόμενα κομμάτια πέφτουν προς τα κάτω και δημιουργούνται νέες εστίες πυρκαγιάς. Στα πιο ελαφριά καύσιμα (π.χ. χόρτα), η ταχύτητα εξάπλωσης της πυρκαγιάς είναι πολύ πιο μεγάλη. Ένα κλειστό φαράγγι, δηλαδή ένα βαθύ και κλειστό από τη μία μεριά, είναι το πιο συχνό παράδειγμα ραγδαίας εξάπλωσης της φωτιάς. Αυτό συμβαίνει καθώς, λόγω του περιορισμένου χώρου, δημιουργείται ισχυρό ρεύμα αέρα στο πάνω μέρος, και σε συνάρτηση με τον αυξημένο άνεμο και την αστάθεια της ατμόσφαιρας, ανεβαίνει η πυρκαγιά ψηλά σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

1.4 Αιτίες πυρκαγιάς

Οι δασικές πυρκαγιές μπορούν να προκληθούν με δύο τρόπους, από φυσικά αίτια και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων). Τα φυσικά αίτια περιλαμβάνουν τα καιρικά φαινόμενα όπως τους κεραυνούς ή σε ελάχιστες περιπτώσεις προκαλούνται από καύση ξηράς ύλης, για παράδειγμα τα φύλλα. Αντίθετα, οι πυρκαγιές που προκαλούνται από τον άνθρωπο οφείλονται σε ποικίλους λόγους, όπως εμπρησμοί είτε από πρόθεση είτε από αμέλεια, και αποτελούν την πιο συχνή αιτία πυρκαγιάς. Τέλος, υπάρχουν και οι πυρκαγιές που εκτυλίσσονται κάτω από άγνωστες αιτίες (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011, Βορίσης, 2004).

1.4.1 Φυσικά αίτια πυρκαγιών

Στα φυσικά αίτια εντάσσονται οι πυρκαγιές που προκαλούνται κυρίως από κεραυνούς. Σε αρκετές περιπτώσεις, οι πυρκαγιές αυτές, δεν σβήνονται με τη βοήθεια της βροχής, με αποτέλεσμα να προκαλούν μεγάλες καταστροφές, ειδικότερα όταν οι κεραυνοί πέφτουν σε δυσπρόσιτες περιοχές, ώστε να μεσολαβεί χρόνος έως την έναρξη της καταστολής. Επιπλέον, στα φυσικά αίτια μπορούν να ενταχθούν και οι πυρκαγιές από ηφαίστεια, σε χώρες όπου υπάρχει έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα. Παρόλα αυτά, οι πυρκαγιές που προκαλούνται από φυσικά αίτια είναι ελάχιστες, με ποσοστό περίπου 3% (Βορίσης, 2004).

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχει προστεθεί στα φυσικά αίτια μίας πυρκαγιάς και η περίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Η κλιματική αλλαγή προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας η οποία οδηγεί σε ξηρασία του εδάφους. Έτσι λοιπόν, αυξάνονται οι περίοδοι λειψυδρίας, με αποτέλεσμα να γίνεται η βλάστηση όλο και πιο εύφλεκτη, εξαιτίας της ξηρότητάς της (Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας).

1.4.2 Ανθρωπογενή αίτια πυρκαγιών

Το μεγαλύτερο ποσοστό πρόκλησης των δασικών πυρκαγιών προέρχεται από ανθρωπογενείς αιτίες (50%). Πιο συγκεκριμένα, οι περισσότερες περιπτώσεις πυρκαγιών αφορούν εμπρησμούς. Οι εμπρησμοί από αμέλεια αποτελούν τη βασική αιτία πυρκαγιών και περιλαμβάνουν την απόρριψη των τσιγάρων, την καύση σκουπιδιών ή ξερών χόρτων, καλώδια του ηλεκτρικού, παρασκευή φαγητού στο ύπαιθρο κ.α. Τους καλοκαιρινούς μήνες, οι περιπτώσεις πυρκαγιών από αμέλεια αυξάνονται δραματικά, καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την αυξημένη κινητικότητα σε δάση έχουν αρνητικά αποτελέσματα (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011).

Δυστυχώς όμως, υπάρχουν και οι εμπρησμοί από πρόθεση (30%) και αποτελούν την πιο καταστροφική πυρκαγιά αφού οι εμπρηστές ενεργούν ενώ έχουν λάβει τα κατάλληλα μέτρα και επιλέγοντας τις ημέρες που είναι πιο ευνοϊκές για την εξάπλωση μίας πυρκαγιάς. Οι εμπρησμοί αυτοί, έχουν συνήθως ως κύριο στόχο τη δημιουργία οικοπέδων ή την υποβάθμιση του τουρισμού μίας περιοχής (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011).

Τέλος, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1.1, το 17% των πυρκαγιών προέρχεται από άγνωστες αιτίες, αιτίες δηλαδή που δεν μπορούν να εξηγηθούν ή να αποδειχθούν.

Γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ότι τουλάχιστον το 80% των πυρκαγιών προκαλείται από τον άνθρωπο, συνειδητά ή από αδιαφορία, γεγονός που θα έπρεπε να προβληματίσει την κοινωνία μας.



Διάγραμμα 1.1. Αιτίες των Δασικών Πυρκαγιών (Πηγή: (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, Επεξεργασία ίδια).

1.5 Το θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο δασοπροστασίας στην Ελλάδα

Το θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης του κινδύνου των δασικών πυρκαγιών αποτελεί ειδικότερη έκφανση της ελληνικής νομοθεσίας για την προστασία του περιβάλλοντος, η οποία κυριαρχείται από τις διατάξεις για την προστασία των δασών (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011). Ειδικότερα, μετά την αναθεώρηση του 2001, η συνταγματική προστασία των δασών παρουσιάζεται στην Ελλάδα ακόμη πιο ενισχυμένη.

Το Σύνταγμα της Ελλάδος, έχει συστήσει ένα ιδιαίτερο προστατευτικό καθεστώς για τα δάση (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011, Παναγόπουλος, 2001, Κουτούπα- Ρεγκάκου, 2007) οι βασικές συνιστώσες του οποίου περιγράφονται στα άρθρα 24 παρ. 1 εδ. γ, δ, ε και 117 παρ.3 και 4 Σ. Σύμφωνα με την παρ. 1 του αρ. 24 Σ « Νόμος ορίζει τα σχετικά με την προστασία των δασών και των δασικών εκτάσεων. Η σύνταξη δασολογίου συνιστά υποχρέωση του κράτους. Απαγορεύεται η μεταβολή του προορισμού των δασών και των δασικών εκτάσεων, εκτός εάν προέχει για την Εθνική Οικονομία η αγροτική εκμετάλλευση ή άλλη τους χρήση, που την επιβάλλει το δημόσιο συμφέρον ».

Παράλληλα, οι παρ. 3 και 4 του άρ.117 Σ. επιδιώκουν την προστασία δημοσίων ή ιδιωτικών δασών και δασικών εκτάσεων, που καταστράφηκαν ή καταστρέφονται από πυρκαγιά ή που με άλλο τρόπο αποψιλώνονται, ώστε να μην αποβάλλουν για το λόγο αυτό το χαρακτήρα που είχαν πριν καταστραφούν, κηρύσσοντας υποχρεωτικά αναδασωτέες τις εκτάσεις αυτές και αποκλείοντας να διατεθούν για άλλη χρήση.

Ο Ν. 998/1979 «περί προστασίας των δασών και των δασικών εν γένει εκτάσεων της Χώρας» εκδόθηκε σε εκτέλεση της συνταγματικής διάταξης του άρ. 24 παρ.1 εδ.γ'. Επί της ουσίας, πρόκειται για ένα θεσμικό νομοθέτημα που πραγματώνει τη σχετική συνταγματική διάταξη, επιδιώκοντας να μεταφερθεί το πνεύμα της στις επιμέρους διατάξεις του (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011, Ευπραξία-Αίθρα, 1998).

Περιλαμβάνει διατάξεις που προστατεύουν, τόσο τα δάση, όσο και τα είδη χλωρίδας και πανίδας. Σκοπός του νόμου είναι ο καθορισμός των συγκεκριμένων μέτρων προστασίας για τη διατήρηση, ανάπτυξη και βελτίωση των δασών και δασικών εκτάσεων της χώρας και ο προσδιορισμός των όρων και προϋποθέσεων "υπό τις οποίες τα δάση και δασικές εν γένει εκτάσεις ή τμήματα αυτών είναι δυνατό να μεταβάλλουν την κατά προορισμό χρήση τους ή να εξυπηρετούν και άλλες χρήσεις, για λόγους που επιβάλλονται από το δημόσιο συμφέρον". Αξίζει να σημειωθεί ότι, κατά το νόμο, τα δάση και οι δασικές εκτάσεις συνιστούν εθνικό χεφόλατο, η δε προστασία τους αποτελεί υποχρέωση τόσο των κρατικών οργάνων, όσο και των πολιτών.

Περαιτέρω διατάξεις προστασίας των δασών αποτελούν (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011, σελ.21): ο ισχύων Δασικός Κώδικας (ΠΔ 86/69), που ενσωμάτωσε διάφορα παλαιότερα νομοθετήματα (περί «προστατευτικών δασών», «Εθνικών Δρυμών», «αισθητικών δασών» και «διατηρητέων μνημείων της φύσης», ο Ν.1650/86 για την προστασία του περιβάλλοντος και ο Ν.3208/03 για την «προστασία δασικών οικοσυστημάτων, κατάρτιση δασολογίου, ρύθμιση εμπραγμάτων δικαιωμάτων επί δασών».

Ο Ν.998/79 παρείχε, εκτός των άλλων και τη νομική οργανωτική βάση της δασοπυρόσβεσης στην Ελλάδα. Για περίπου 20 χρόνια, μέχρι το 1998, την ευθύνη για την δασοπυρόσβεση είχαν οι Δασικές Υπηρεσίες (Δασαρχεία), με τη συνδρομή της Πυροσβεστικής, εφόσον υπήρχε ανάγκη. Τον Μάιο του 1998, με το Ν. απ' αριθ. 2612/1998 «Ανάθεση της δασοπυρόσβεσης στο Πυροσβεστικό Σώμα και άλλες διατάξεις»(ΦΕΚ 1121Α(25- 51998) η σχετική ευθύνη και ο επιχειρησιακός σχεδιασμός καταστολής των πυρκαγιών στα δάση και τις δασικές εν γένει εκτάσεις ανατέθηκε στο Πυροσβεστικό Σώμα. Ορίστηκε ότι η

αρμοδιότητα αυτή ασκείται από τις κατά τόπο Πυροσβεστικές Υπηρεσίες και ότι όλα οι φορείς που παρέχουν συνδρομή ενεργούν υπό τις οδηγίες του επικεφαλής των πυροσβεστικών δυνάμεων (άρ.1 Ν.2612/98). Εξάλλου, όλα τα εναέρια και επίγεια μέσα, καθώς και κάθε άλλο πυροσβεστικό υλικό που διέθετε το Υπουργείο Γεωργίας παραδόθηκε στο ΠΣ (αρ.2 Ν.2612/98).

Στην αρμοδιότητα του Υπουργείου Γεωργίας (Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος) παρέμεινε, κατά βάση, η πρόληψη των δασικών πυρκαγιών, εκτός «..από την έκδοση σχετικών πυροσβεστικών κανονισμών κα διατάξεων, την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών, την οργάνωση περιπόλων, την επιτήρηση των δασών με επίγεια και εναέρια μέσα, την κατανομή των πυροσβεστικών δυνάμεων, τη συνεργασία με άλλες αρχές και Φορείς, τη Φύλαξη γης περιοχής για αναζωπυρώσεις», τα οποία ανήκουν στην αρμοδιότητα του ΠΣ (άρ.1 παρ.2).

Έκτοτε, πλέον, με το άρθ. 1 Ν. υπ' αριθ. 3511/2006 (ΦΕΚ258/Α') «αναδιοργάνωση του Πυροσβεστικού Σώματος, αναβάθμιση της αποστολής του και άλλες διατάξεις», το Πυροσβεστικό Σώμα έχει ως προς τη δασοπυρόσβεση, ως βασική αποστολή «.. Την ασφάλεια κατ προστασία της ζωής και της περιουσίας των πολιτών κατ του κράτους καθώς κατ τοπ δασικοί πλούτου κατ φυσικού περιβάλλοντος της χώρας από τους κινδύνους των πυρκαγιών, θεομηνιών και άλλων καταστροφών» και σχετικές αρμοδιότητες, α) την περιφρούρηση και διαφύλαξη της περιουσίας που καταστράφηκε ή απειλήθηκε από πυρκαγιές ή άλλες καταστροφές μέχρι την παράδοσή της σε αστυνομικά όργανα ή τους κατόχους της β) τη διατήρηση και προστασία της κοινωνικής ασφάλειας από τα εγκλήματα εμπρησμού (άρ. 264,265,266,267 ΠΚ), γ) τη θέσπιση και τον έλεγχο εφαρμογής της νομοθεσίας πυροπροστασίας και δ) την πιστοποίηση των εθελοντών πυροσβεστών, που υπάγονται στο Ν.1951/91 και των εθελοντών και εθελοντικών ομάδων, που δραστηριοποιούνται στα πλαίσια της αποστολής του ΠΣ, αλλά δεν έχουν οργανωθεί σύμφωνα με τον προαναφερόμενο Νόμο (άρ.2 Ν. 3511/2006).

Τέλος σχετική με την αντιμετώπιση των εκτάκτων αναγκών που προκαλούν οι καταστροφικές δασικές πυρκαγιές είναι η οργάνωση του συστήματος Πολιτικής Προστασίας. Σύμφωνα με το Ν. 3013/2002 «Αναβάθμιση της πολιτικής προστασίας κατ λοιπές διατάξεις», η Γενική Γραμματεία πολιτικής προστασίας έχει την ευθύνη για το σχεδιασμό, οργάνωση και συντονισμό της δράσης, για την πρόληψη, ετοιμότητα, ενημέρωση και αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών που προκαλούν καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (άρθρο 6).

Επιπλέον, είναι αρμόδια για τη σύνταξη και επικαιροποίηση του Γενικού Σχεδίου Πολιτικής Προστασίας, με το οποίο επιδιώκεται η διαμόρφωση συστήματος αποτελεσματικής αντιμετώπισης καταστροφικών φαινομένων για την προστασία της ζωής, της υγείας και της περιουσίας των πολιτών και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Το παρόν Γενικό Σχέδιο 1127 με την κωδική ονομασία «ΞΕΝΟΚΡΑΙΗΣ» (ΥΑ 1299 ΦΕΚ 423/Β/10-4-2003) προσδιορίζει τις εμπλεκόμενες, στην αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, υπηρεσίες καθώς και τα όργανα που διευθύνουν και συντονίζουν τις επιχειρησιακές δυνάμεις σε όλα τα επίπεδα, παρέχει κατευθυντήριες γραμμές και οδηγίες σχεδίασης προς όλους τους υπόχρεους για τη σύνταξη Ειδικών Σχεδίων φορείς και ενεργοποιεί το σύστημα επικοινωνίας και ροής πληροφοριών μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων παραγόντων στη διαχείριση εκτάκτων αναγκών, λόγω φυσικών καταστροφών (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011).

Οι δασικές πυρκαγιές είναι φαινόμενα που εντάσσονται ρητά στην κατηγορία των φυσικών καταστροφών (Προσθήκη 1, Παράρτημα Α' σχεδίου ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ) και ως τέτοια, η αντιμετώπιση των εκτάκτων αναγκών που προκαλούν, απαιτεί επιχειρησιακό σχεδιασμό, οργάνωση και συντονισμό, σύμφωνα με τις κατευθύνσεις του Γενικού Σχεδίου, αλλά και τις κατευθύνσεις των Ειδικών Σχεδίων, που υποχρεούνται να συντάσσουν οι επιφορτισμένοι, με την δασοπυρόσβεση, φορείς.

Τέλος, όπως ορίζεται στο άρ.1 Ν. 3511/2006, το ΠΣ ειδικά, στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων του, συμμετέχει στην αντιμετώπιση κάθε έκτακτης ανάγκης, που προκαλείται σε περίοδο ειρήνης ή πολέμου και σε συνεργασία με τις συναρμόδιες Αρχές και Υπηρεσίες συμβάλλει στην εξασφάλιση της πολιτικής προστασίας και της πολιτικής άμυνας της Χώρας (Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης, 2011).

1.6 Υπόγειοι υδατικοί πόροι

Στον πλανήτη υπάρχουν δύο κύρια υδάτινα σώματα τα οποία μπορούμε να διακρίνουμε, οι ωκεανοί και τα παγοκαλύμματα. Ωστόσο, αυτές οι εντυπωσιακά τεράστιες αποθήκες νερού δεν είναι τόσο εύκολο να χρησιμοποιηθούν καθώς, η σύσταση του θαλασσινού νερού καθορίζεται με βάση την αλμυρότητα και τα χλωρίδια, γεγονός που το καθιστά αρκετά αλμυρό για χρήση ενώ από την άλλη μεριά, το λιώσιμο των καλυμμάτων πάγου είναι μία αρκετά δαπανηρή διαδικασία με επιπλέον περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Παρόλα αυτά, η

προσβασιμότητα σε καθαρό και πόσιμο νερό μπορεί να εξασφαλιστεί από τα ποτάμια, τις λίμνες ή τις βροχές (Younger, 2009).

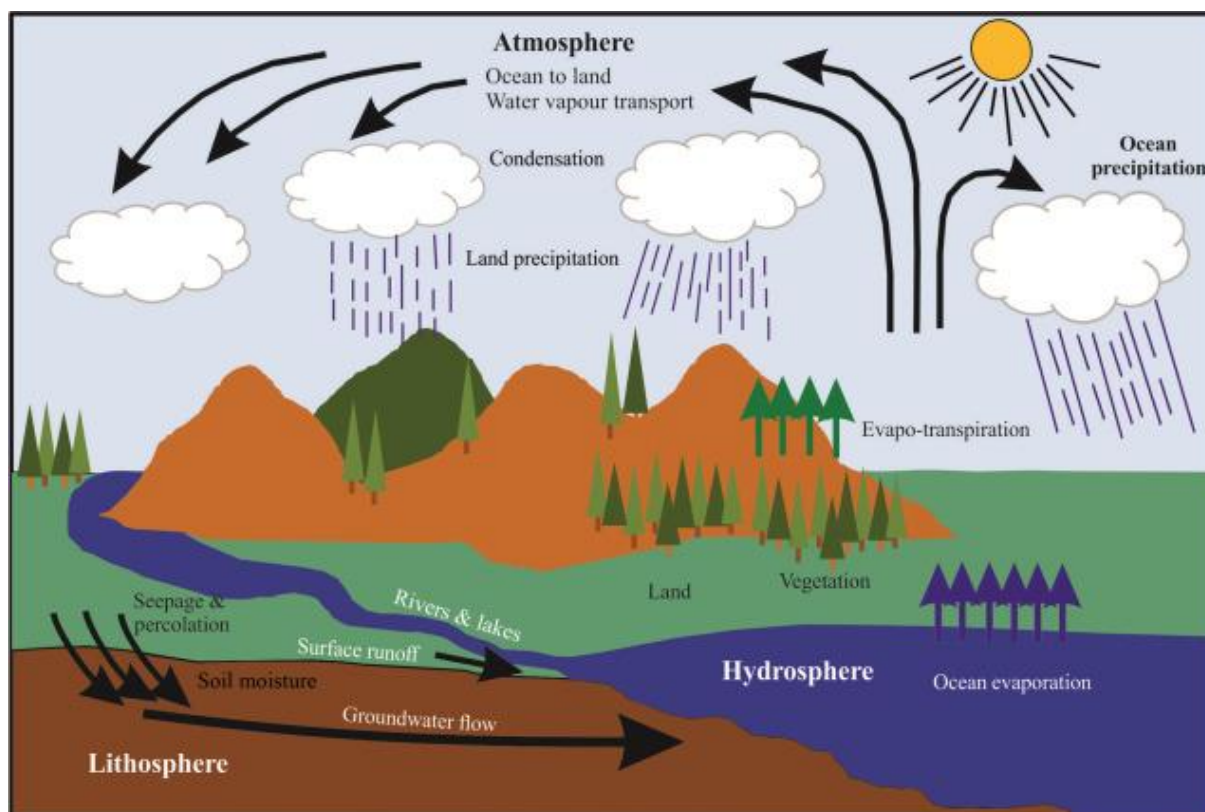
Είναι αρκετά εντυπωσιακό, ωστόσο, αν αναλογιστεί κανείς, ότι τα επιφανειακά ύδατα (συμπεριλαμβανομένου της ατμοσφαιρικής υγρασίας) αποτελούν μόλις το 1% της επιφάνειας του πλανήτη. Η φύση λοιπόν είναι απρόβλεπτη, καθώς κάτω από το έδαφος είναι «κρυμμένο» σχεδόν το υπόλοιπο 99% του νερού (Hershey, 1998). Με αυτόν τον τρόπο, εύκολα διαπιστώνεται, ότι τα υπόγεια ύδατα κατέχουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ζωής στη Γη καθώς είναι η μεγαλύτερη πηγή γλυκού νερού και η οποιαδήποτε μόλυνσή τους, θα έχει σοβαρές συνέπειες στους ζωντανούς οργανισμούς.

Ένας απλός ορισμός που δίνεται για τον όρο «υπόγεια ύδατα» αναφέρει ότι υπόγεια ύδατα είναι οποιαδήποτε ύδατα τα οποία υπάρχουν κάτω από την επιφάνεια της Γης (Younger, 2009). Τα υπόγεια ύδατα βρίσκονται σε κορεσμένες ζώνες κάτω από την επιφάνεια της Γης, ενώ η άνω επιφάνεια αυτής της ζώνης ονομάζεται υδροφόρος ορίζοντας. Πιο συγκεκριμένα, τα υπόγεια ύδατα γεμίζουν τους πόρους στα υπόγεια υλικά όπως χαλίκια, άμμος ή βράχοι ενώ εάν ρέουν φυσικά ή μπορούν να απομακρυνθούν με άντληση σε χρήσιμες ποσότητες, τότε τα πετρώματα αυτά ονομάζονται υδροφορείς. Η κίνηση ωστόσο, των υπόγειων υδάτων είναι εξαιρετικά αργή (7-60cm/ημέρα), με αποτέλεσμα το νερό να μπορεί να παραμείνει σε έναν υδροφόρο ορίζοντα για εκατοντάδες χρόνια (United States Geological Survey).

1.6.1 Υδρολογικός κύκλος

Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει τη διαρκή κίνηση του νερού όπου περιλαμβάνει και τις τρεις φάσεις του (υγρή, στερεά, αέρια) καθώς κινείται ανάμεσα στην ατμόσφαιρα, τη ξηρά και την υδρόσφαιρα. Πιο αναλυτικά, το νερό που εξατμίζεται από τη θάλασσα, ανεβαίνει με την μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα και κινείται εξαιτίας των ανέμων. Μέσω της διαπνοής των φυτών οδηγείται και πάλι στην ατμόσφαιρα ως υδρατμοί και στην συνέχεια, συμπυκνώνεται δημιουργώντας τα σύννεφα. Έπειτα, επιστρέφει στη θάλασσα και στην ξηρά μέσω της βροχής ή του χιονιού. Ένα μέρος αυτών των υδάτων, δεσμεύεται από την βλάστηση και εισέρχεται στο έδαφος, εμπλουτίζοντας τους ταμιευτήρες των υπόγειων υδάτων. Στη συνέχεια, ρέει στην επιφάνεια του εδάφους δημιουργώντας τα ποτάμια, τα οποία καταλήγουν τελικά στη θάλασσα. Τέλος, μέσω των πόρων και των ρωγμών, ενισχύεται και η υπόγεια απορροή με αποτέλεσμα να εκφορτίζεται επιφανειακά ή να οδηγείται προς τη θάλασσα

(Εικόνα 1.2). Όλη αυτή η διαδικασία, επιταχύνεται με τη βοήθεια της ηλιακής και της βαρυτικής ενέργειας (Κουτσογιάννης, Ξανθόπουλος, 1999).



Εικόνα 1.2. Ο Υδρολογικός Κύκλος (Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/hydrological-cycle>)

1.6.2 Λεκάνη απορροής

Η κατάσταση μιας λεκάνης απορροής είναι ένας υποκειμενικός όρος ο οποίος δείχνει την κατάσταση μιας λεκάνης σε ό, τι αφορά την υδρολογική λειτουργία και παραγωγικότητα του εδάφους της. Αποτελεί αναμφισβήτητα τον πιο σημαντικό παράγοντα για την εκτίμηση των επιπτώσεων μίας πυρκαγιάς, στην υδρολογία μίας λεκάνης. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία μίας λεκάνης απορροής σχετίζεται με την ικανότητά της να παραλαμβάνει τα κατακρημνίσματα στα ρεύματα και έπειτα να τα προωθεί, χωρίς ωστόσο να επιβαρύνει το περιβάλλον. Το ποσοστό παραγωγικότητας του εδάφους δείχνει την ικανότητά του να υποστηρίζει την ανάπτυξη των φυτών και τις φυσικές ακολουθίες των φυτοκοινωνιών (DeBano, 1998).

Μία λεκάνη απορροής η οποία βρίσκεται σε καλή κατάσταση, έχει την ικανότητα να φιλτράρει τα κατακρημνίσματα πριν διεισδύσουν στο έδαφος ενώ δεν συμβάλλουν στη

διάβρωση καθώς η ροή στο έδαφος δεν παρασέρνει τους κόκκους του εδάφους. Επιπλέον, η ανταπόκριση των ρευμάτων στα κατακρημνίσματα είναι αρκετά αργή και η βασική απορροή είναι συνεχής ανάμεσα στις καταιγίδες. Αντίθετα, όταν τα κατακρημνίσματα ρέουν στην επιφάνεια του εδάφους, υπάρχει εκτεταμένη διάβρωση, η απόκριση των ρευμάτων είναι γρήγορη και δεν υπάρχει απορροή μεταξύ των καταιγίδων, τότε η κατάσταση μίας λεκάνης απορροής χαρακτηρίζεται ως κακή.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατάσταση μίας λεκάνης απορροής και την παραγωγικότητα του εδάφους είναι:

- Η φυτοκάλυψη
- Η ευστάθεια της μάζας του εδάφους
- Η ιζηματογένεση
- Η παραγωγικότητα του εδάφους σε σχέση με την ανάπτυξη των φυτών
- Η δυναμικότητα των καναλιών των ρεμάτων

Γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ότι η πυρκαγιά διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη μιας λεκάνης απορροής και εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκειά της (DeBano, 1998).

1.6.3 Επιφανειακή απορροή

Ο όρος επιφανειακή απορροή αναφέρεται στη ροή του νερού, υπό την επίδραση της βαρύτητας κατά μήκος των φυσικών υδατορεμάτων (Κουτσογιάννης, 1999). Συχνά αναφέρεται και ο όρος επίγεια ροή ο οποίος όμως σχετίζεται με τη δισδιάστατη ροή που πραγματοποιείται στην επιφάνεια του εδάφους. Ανάλογα με τον μηχανισμό με τον οποίο προκαλείται, διακρίνεται στην επίγεια ροή Horton και στην επίγεια ροή λόγω κορεσμού (Κουτσογιάννης, 1999). Συγκεκριμένα, η ροή κατά Horton ξεκινά μετά τον κορεσμό της επιφάνειας του εδάφους ενώ τα βαθύτερα στρώματα παραμένουν ακόρεστα με αποτέλεσμα η ένταση της βροχόπτωσης να είναι μεγαλύτερη από το βαθμό διήθησης. Στην ροή λόγω κορεσμού, η βροχόπτωση διηθείται συνολικά στο αρχικό στάδιο και έπειτα η πλευρική ροή (ακόρεστη και κορεσμένη μορφή του εδάφους), ανυψώνει τον υδροφόρο ορίζοντα στα κατάντη μέχρι να φθάσει στην επιφάνεια του εδάφους και να ξεκινήσει η ροή (Κουτσογιάννης, 1999). Η περίσσεια νερού εντάσσεται στο συνολικό μέρος της κατακρήμνισης, που ρέει στην επιφάνεια του εδάφους μαζί με αυτήν που στραγγίζεται στο έδαφος και δεν καταναλώνεται από την εξατμισοδιαπνοή, ούτε διαφεύγει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την κίνηση του νερού σε μία λεκάνη απορροής είναι (Στεφανίδης, 1991):

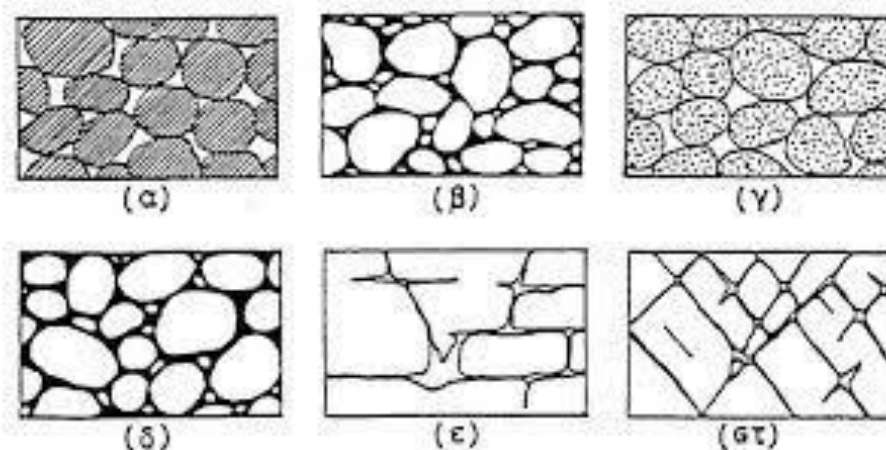
1. Το κλίμα
2. Η φυτοκάλυψη
3. Το ανάγλυφο
4. Το γεωλογικό υπόβαθρο

Γενικά, ένα υδατόρεμα περιλαμβάνει την κατακράτηση κατακρήμνισης, την επιφανειακή ροή (που δεν διεισδύει στο έδαφος) και την υπόγεια ροή η οποία διεισδύει στο έδαφος και έπειτα ρέει σε ένα κανάλι σε χρόνο ώστε να θεωρείται μέρος της ροής κατακρήμνισης. Η μη μόνιμη ροή είναι το άθροισμα της κατακράτησης καναλιών, της επιφανειακής και της υπόγειας ροής (DeBano, 1998).

1.6.4 Η κίνηση των υπόγειων υδάτων

Η κίνηση του υπόγειου νερού παρατηρείται όταν υπάρχει διαφορά δυναμικού ροής ανάμεσα σε δύο θέσεις σε έναν υδροφορέα και θεωρείται ασυμπίεστη και μονοφασική, δηλαδή το υπόγειο νερό δεν περιέχει άλλα αέρια. Ανάλογα με τη διαδρομή που ακολουθεί η ροή του υπόγειου νερού, διακρίνεται σε συνεχή (επιλεκτικές διαδρομές στους γεωλογικούς σχηματισμούς) και ασυνεχή (διακεκριμένες διαδρομές κατά μήκος των ασυνεχειών) (Βουδούρης, 2013).

Ασυνεχή μέσα θεωρούνται τα διαρρηγμένα πετρώματα ενώ συνεχή ή πορώδη μέσα ονομάζονται οι κοκκώδεις σχηματισμοί (Βουδούρης, 2013). Πιο συγκεκριμένα, τα πορώδη μέσα είναι οι γεωλογικοί σχηματισμοί που επιτρέπουν την κυκλοφορία του νερού μέσα σε αυτά. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι ιζηματογενείς σχηματισμοί, τα ασταθή εδάφη ή ακόμα και τα πιο στερεοποιημένα τα οποία όμως εμφανίζουν ρωγμές (από διάβρωση ή ρηγμάτωση). Τα διάκενα αυτών των γεωλογικών σχηματισμών μπορούν να περιέχουν νερό ή αέρα (κορεσμένη ροή) ή έναν συνδυασμό αυτών των δύο (ακόρεστη ροή). Όπως παρατηρείται στο Εικόνα 1.3, υπάρχουν έξι τύποι διάταξης των κόκκων και των διακένων στα πορώδη μέσα. Οι τύποι (α), (β), (γ), (δ), σχετίζονται με την διαβάθμιση των ιζηματογενών αποθέσεων ενώ οι τύποι (ε) και (στ) αφορούν το πορώδες που απέκτησε το πέτρωμα μετά από χημική ανάλυση και ρηγμάτωση αντίστοιχα (Κουτσογιάννης, Ξανθόπουλος, 1999).



Εικόνα 1.3. Τύποι Διάταξης των Κόκκων σε Πορώδη Μέσα (Πηγή: Meinzer, 1923)

1.6.5 Είδη υπόγειων υδάτων

Η πιο σημαντική προέλευση των υπόγειων υδάτων είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, ενώ ένα μικρότερο μέρος αποτελούν τα υπόγεια νερά μαγματικής προέλευσης, δηλαδή τα νερά που συνδέονται με την άνοδο του μάγματος. Αντίστοιχα μεταμορφωμένα νερά, είναι τα υπόγεια νερά που προέρχονται από τις διαδικασίες μεταμόρφωσης των πετρωμάτων. Όπως αναφέρθηκε, το νερό εξαιτίας της αργής του κίνησης, αποθηκεύεται στον υδροφόρο ορίζοντα για χιλιάδες χρόνια, για αυτό το λόγο ονομάζεται και απολιθωμένο νερό. Ο χρόνος παραμονής του νερού, αποτελεί και την ηλικία του, η οποία μπορεί να υπολογιστεί με φυσικά ραδιοϊσότοπα (Βουδούρης, 2013).

Υπάρχουν δύο τρόποι για να καταφέρει να διεισδύσει το νερό κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, είτε μέσω των βροχοπτώσεων είτε με την βοήθεια των επιφανειακών υδάτων όπως οι λίμνες και τα ποτάμια (Βουδούρης, 2013). Έπειτα, εξαιτίας του υδρολογικού κύκλου, επιστρέφει στην επιφάνεια του εδάφους με φυσικές διεργασίες (π.χ. πηγές, εξατμισοδιαπνοή φυτών) ή με ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. γεωτρήσεις).

Γενικά, μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερα είδη υπόγειων υδάτων (Βουδούρης, 2013):

1. υγροσκοπικό νερό: Το υγροσκοπικό νερό ορίζεται ως το νερό που συγκρατείται από το έδαφος, όταν αυτό βρεθεί σε ισορροπία με ατμόσφαιρα που έχει σχετική υγρασία 99% και θερμοκρασία 30°C (Αλιφράγκης, 2008, Βουδούρης 2013). Ουσιαστικά, το υγροσκοπικό νερό, καταλαμβάνει τμήματα του ολικού πορώδους και περιβάλλει τις εξωτερικές επιφάνειες ή τα διάκενα των ορυκτών ενώ συγκρατείται με ηλεκτροστατικές δυνάμεις. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική επιφάνεια, τόσο

μεγαλύτερη θα είναι και η ικανότητα προσρόφησης του υγροσκοπικού υγρού, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στα λεπτόκοκκα υλικά.

2. υμενώδες νερό: Σε συνδυασμό με το υγροσκοπικό υγρό, επικαλύπτουν με ένα λεπτό υμένα τα τεμάχια των πετρωμάτων. Τα λεπτόκοκκα υλικά έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε υμενώδες υγρό ενώ η αφαίρεσή του πραγματοποιείται με φυγοκέντρηση και εξάτμιση.
3. τριχοειδές υγρό: Το τριχοειδές νερό οφείλεται στις τριχοειδείς δυνάμεις και έχει την ικανότητα να ανεβαίνει έως και τα 2 μέτρα σε πιο λεπτόκοκκα υλικά, ενώ στα πιο αδρόκοκκα, η άνοδος είναι μηδενική. Επιπλέον ανάλογα με το εάν μπορεί να κινηθεί με την βαρύτητα, διαιρείται στο συνεχές τριχοειδές που βρίσκεται πάνω από τη στάθμη του υπόγειου νερού και στο ασυνεχές τριχοειδές νερό που βρίσκεται πάνω από το συνεχές.
4. βαρυτικό νερό: Τελευταίο είναι το βαρυτικό νερό που όπως διαπιστώνεται από το όνομά του, είναι το νερό που μπορεί να κινηθεί με την βαρύτητα. Ουσιαστικά, αποτελεί το πιο σημαντικό είδος νερού, καθώς μέσω της αξιοποίησής του, καλύπτεται ένα μεγάλο ποσοστό υδατικών αναγκών. Λαμβάνεται με φυσική ροή, αντλήσεις, εξάτμιση ή φυγοκέντρηση.

Το υγροσκοπικό, υμενώδες και ασυνεχές τριχοειδές αποτελούν το νερό κατακράτησης, ενώ το βαρυτικό και το συνεχές τριχοειδές αποτελούν το ελεύθερο νερό (Βουδούρης, 2013)

Επιπλέον, η παρουσία του υπόγειου νερού διακρίνεται σε δύο ζώνες, τη ζώνη αερισμού και τη ζώνη κορεσμού. Η ζώνη αερισμού αποτελείται από πόρους οι οποίοι πληρούνται μερικώς από νερό και μερικώς από αέρα. Το νερό στη ζώνη αυτή, συγκρατείται από διάφορους μηχανισμούς όπως για παράδειγμα με την βοήθεια της τριχωειδούς ανύψωσης. Ταυτόχρονα, η περιεκτικότητα του αέρα στη ζώνη αερισμού είναι περίπου ίδια με αυτής της ατμόσφαιρας αλλά με μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας. Από την άλλη μεριά, στη ζώνη κορεσμού τα διάκενα αποτελούνται μόνο από νερό με τη παρουσία υδροστατικής πίεσης. Στη ζώνη αυτή υπάρχουν όλα τα είδη νερών και είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς από αυτήν την ζώνη προέρχεται η τροφοδοσία του νερού (Βουδούρης, 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

2.1 Παράμετροι καθορισμού της ποιότητας των υδάτων

Ο όρος της ποιότητας του νερού χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού, όσον αφορά την καταλληλότητά του για μία συγκεκριμένη χρήση (Pike et.al, 2009). Στους περισσότερους ποταμούς της Ευρώπης, περισσότερο από το 50% της ετήσιας ροής προέρχεται από τα υπόγεια ύδατα. Για το λόγο αυτό, η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων επηρεάζει σημαντικά και τα συνδεδεμένα υδατικά και χερσαία οικοσυστήματα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2008). Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση (2022) της Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, στην Ελλάδα περίπου το 40% των υπόγειων υδάτων βρίσκονται σε κακή κατάσταση (ποιοτική και ποσοτική). Οι κύριες αιτίες υποβάθμισης του νερού περιλαμβάνουν την υφαλμύριση του υδροφορέα και τη νιτρορύπανση από φυτοφάρμακα, κυρίως σε αγροτικές περιοχές.

Οι πυρκαγιές επηρεάζουν πολλά χαρακτηριστικά του υδρολογικού καθεστώτος, τα οποία είναι σημαντικά για όλες τις αποκρίσεις ποιότητας του νερού, καθώς το νερό μεταφέρει ρύπους και επηρεάζει τις συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων (Bladon, 2014, Chanasyk, 2003, Moody, 2013, Rhoades, 2011). Η πυρκαγιά μπορεί να καταστρέψει την βλάστηση επηρεάζοντας τις διεργασίες του εδάφους και τον κύκλο του νερού. Από την έρευνα των Paul, M. J., LeDuc, S. D., Lassiter, M. G., Moorhead, L. C., Noyes P. D., & Leibowitz, S. G., (2022) διαπιστώθηκε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η πυρκαγιά αύξησε την επιφανειακή απορροή σε ποσοστό που έφθασε έως και 100% σε σχέση με τα επίπεδα αναφοράς.

Οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται το υπόγειο νερό είναι η γεωλογία, η μορφολογία και το κλίμα της περιοχής. Αναλυτικά, η γεωλογία, δηλαδή η στρωματογραφία της περιοχής, καθορίζει την κίνηση και τις ποσότητες του νερού που μπορούν να μεταφερθούν στους υπόγειους υδατικούς πόρους και επηρεάζει τα χημικά συστατικά του νερού. Η μορφολογία αναφέρεται στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά (μέγεθος, σχήμα κ.α.) επιδρά στην ενεργειακή κατάσταση του νερού σε σχέση με την κίνησή του. Τέλος, το κλίμα περιλαμβάνει την θερμοκρασία, τα επίπεδα βροχόπτωσης, την υγρασία κ.α. με αποτέλεσμα να ελέγχει τις ποσότητες του νερού και την κατανομή τους με την πάροδο του χρόνου. Έτσι λοιπόν, ο υδρολογικός κύκλος του νερού μπορεί να καθορίσει τις συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων, με αποτέλεσμα ανάλογα τα χαρακτηριστικά της περιοχής, να συμμετέχουν σχεδόν όλα τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. (Καραβίτης, 2010).

Οι κύριες διεργασίες που καθορίζουν την ποιότητα των υπόγειων υδάτων μπορεί να είναι φυσικές (διασπορά, ανάμιξη), γεωχημικές (ιονταλλαγή, οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις,

κατακρήμνιση, διάλυση) και βιολογικές (κυτταρική σύνθεση, μικροβιακή αναπνοή και σύνθεση). Σημαντικό ρόλο, ωστόσο, στην ποιότητα των υδάτων διαδραματίζει και η ανθρώπινη παρέμβαση είτε άμεσα με την εισαγωγή χημικών ουσιών είτε έμμεσα επηρεάζοντας το σύστημα των υπόγειων υδάτων όπως για παράδειγμα με τη διαδικασία της υπεράντλησης, όπου αυξάνεται το ποσοστό του θαλασσινού νερού. Το αποτέλεσμα είναι το νερό να ρυπαίνεται και στη συνέχεια να ακολουθούν οι διαδικασίες κίνησης του υπόγειου νερού. Με αυτόν τον τρόπο, η ρύπανση του νερού σταδιακά μειώνεται στον υδροφορέα ή το ρυπασμένο νερό βρίσκει διέξοδο στα επιφανειακά ύδατα. Ωστόσο, στους πολύ βαθείς υδροφορείς, όπου δεν υπάρχει ανθρώπινη παρέμβαση, η ποιότητα του νερού εξαρτάται καθαρά από την γεωχημεία του εδάφους και τις αντιδράσεις που σχηματίζει με το νερό (Καραβίτης, 2010).

Υπάρχουν πολλοί παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού, οι οποίοι περιλαμβάνουν τα κύρια χημικά στοιχεία και τις ενώσεις αυτών, τις φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες. Οι πιο σημαντικοί αφορούν την προέλευση του νερού, την κίνησή του, το έδαφος, το pH και τη θερμοκρασία. Πιο αναλυτικά, οι παράγοντες που επηρεάζουν τα υπόγεια ύδατα χωρίζονται, όπως αναφέραμε, σε τρεις κατηγορίες, στους φυσικούς (θερμοκρασία, χρώμα, οσμή, θολότητα), χημικούς (pH, αγωγιμότητα, σκληρότητα, ιόντα, βαρέα μέταλλα, θρεπτικά συστατικά, οργανικές ενώσεις, αέρια, διαλυμένο οξυγόνο) και βιολογικούς παράγοντες (Καραβίτης, 2010).

2.1.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι μία παράμετρος η οποία επηρεάζει όλες τις αντιδράσεις (φυσικές, χημικές, βιολογικές). Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, ταυτόχρονα αυξάνεται και η ταχύτητα των αντιδράσεων ενώ μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο που υπάρχει στο νερό. Η θερμοκρασία των πετρωμάτων καθορίζει και τη θερμοκρασία των υπόγειων υδάτων, η οποία συνήθως δεν εμφανίζει μεταβολές ή αυξάνονται 1-5°C με το βάθος. Η θερμοκρασία είναι επίσης απαραίτητη για την υδρόβια ζωή, για το λόγο αυτό έχουν οριστεί σε αρκετές πολιτείες των ΗΠΑ ορισμένοι ρυθμιστικοί στόχοι για τη θερμοκρασία που βασίζονται τόσο στις φυσιολογικές απαιτήσεις της υδρόβιας ζωής όσο και στην επίδραση της θερμοκρασίας σε άλλους ρύπους. Δεν αποτελεί εξάλλου, έκπληξη το γεγονός της αύξησης της θερμοκρασίας μετά από πυρκαγιές (Bixby, 2015).

2.1.2 Σκληρότητα

Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στην περιεκτικότητα του νερού σε ορισμένα μεταλλικά ιόντα. Τα κυριότερα ιόντα είναι το Ca^{+2} και το Mg^{+2} . Η σκληρότητα είναι μία πολύ βασική παράμετρος καθώς αποτελεί κριτήριο για την καταλληλότητα του νερού η οποία συνδέεται και με τις επιπτώσεις που έχει στην υγεία των ανθρώπων (Βουδούρης, 2009). Η σκληρότητα διακρίνεται σε ανθρακική, μη ανθρακική και ολική (το άθροισμα της ανθρακικής και της μη ανθρακικής) (Ζανάκη, 2001). Συγκεκριμένα, όταν τα ύδατα έχουν σκληρότητα από 0-100 mg/L CaCO_3 θεωρούνται «μαλακά», από 100-200 mg/L «μέσης σκληρότητας», από 200-300 mg/L «σκληρά» και μεγαλύτερα από 300 mg/L «πολύ σκληρά» (Μήτρακας, 2001).

2.1.3 Αλκαλικότητα

Ο όρος αλκαλικότητα αναφέρεται στην ικανότητα που έχει το νερό να εξουδετερώνει τα οξέα. Εξαρτάται από την παρουσία ανθρακικών (CO_3^{-2}) και οξυανθρακικών (HCO_3^-) ιόντων κυρίως σε νερά με pH μικρότερο από 9,5 (Hem, 1989).. Σε περίπτωση εμφάνισης οργανικής ύλης, θα επηρεαστεί και ο βαθμός αλκαλικότητας των υπόγειων υδάτων (Βουδούρης, 2009). Τα χλωριούχα, θειικά και νιτρικά ιόντα δεν επηρεάζουν την αλκαλικότητα.

2.1.4 Συνολικά διαλυμένα στερεά (T.D.S)

Τα συνολικά διαλυμένα στερεά εκφράζουν την συνολική συγκέντρωση αλάτων στο νερό, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κολλοειδή κι τα διαλυμένα αέρια. Αποτελούν ένα δείκτη αλατότητας και είναι στενά συνδεδεμένα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Σε σύγκριση με τα επιφανειακά ύδατα, τα υπόγεια νερά εμφανίζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις διαλυμένων στερεών. Αυτό συμβαίνει διότι τα υπόγεια ύδατα βρίσκονται για μεγαλύτερο χρονικά διάστημα σε επαφή με τα πετρώματα με αποτέλεσμα να έχουν την δυνατότητα να διαλύσουν περισσότερα ορυκτά. Το T.D.S εξαρτάται από τη διεύδυση της θάλασσας, τη διάλυση του νερού και την εξάτμισή του. Σε ξηρές περιοχές ή σε λεκάνες με κακή αποστράγγιση, το T.D.S είναι σχετικά πιο αυξημένο, ενώ στις παράκτιες περιοχές ενισχύει την αλατότητα των υπόγειων νερών (Βουδούρης, 2006). Οι παράμετροι που επηρεάζουν και αυξάνουν το T.D.S στα υπόγεια νερά είναι ο χρόνος παραμονής στον υδροφόρο, το μήκος και το βάθος της διαδρομής που έχουν διανύσει, η ταχύτητα ροής κ.α. (Βουδούρης, 2009). Συγκεκριμένα, όταν οι τιμές του T.D.S είναι 0-1.000 mg/L τότε το νερό χαρακτηρίζεται ως «γλυκό», μεταξύ 1.000-10.000 mg/L θεωρείται υφάλμυρο, 10.000-

100.000 mg/L είναι αλμυρό ενώ για τιμές μεγαλύτερες από 100.000 mg/L το νερό χαρακτηρίζεται υπεράλμυρο (Carroll, 1962).

2.1.5 Διαλυμένο οξυγόνο (DO)

Η ικανότητα διάλυσης του οξυγόνου μέσα στο νερό επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η αλατότητα κ.α. Όταν αυτοί οι παράμετροι αυξηθούν, τότε η διαλυτότητα του οξυγόνου μειώνεται και αντιστρόφως, ενώ όταν οι συνθήκες παραμένουν ίδιες, τότε η διαλυτότητα είναι σταθερή και υπολογίσιμη. Το ποσοστό του οξυγόνου μέσα στα ύδατα μπορεί να μειωθεί εξαιτίας διαφόρων παραγόντων όπως για παράδειγμα οργανικές ουσίες ή λύματα τα οποία χρειάζονται οξυγόνο για να αποσυντεθούν. Τέλος, με την παρουσία μικροφύκων ή υδρόβιων φυτών, οι συγκεντρώσεις του οξυγόνου αυξάνονται (Ζανάκη, 2001).

2.1.6 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ορίζεται ως η ικανότητα του νερού να μεταφέρει ηλεκτρικά φορτία και καθορίζεται από την παρουσία ιόντων (συγκέντρωση, ευκινησία κ.α.). Έτσι, αν αυξηθεί η θερμοκρασία και η ποσότητα των αλάτων, ταυτόχρονα θα αυξηθεί και η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Οι ρύποι όπως το χλώριο, μαγνήσιο, νάτριο, ανθρακικά, θειικά, κάλιο κ.α. οι οποίοι εισέρχονται στους υδατικούς πόρους, μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την αγωγιμότητα. Οι ενδεικτικές ποσοτήτες της στο πόσιμο νερό είναι 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ενώ οι αυξημένες συγκεντρώσεις των αλάτων μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα υγείας (Βουδούρης, 2009).

2.1.7 Ενεργός οξύτητα (pH)

Η ενεργός οξύτητα ή αλλιώς το pH αναφέρεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων H_3O^+ (Βουδούρης, 2009). Το pH του νερού καθορίζεται από την θερμοκρασία, τις συγκεντρώσεις οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα και την αλατότητα. Ουδέτερο χαρακτηρίζεται το pH με τιμή ίση με 7, το $\text{pH}<7$ θεωρείται όξινο ενώ όταν το $\text{pH}>7$ το διάλυμα είναι αλκαλικό. Με αυτό τον τρόπο, τα υπόγεια νερά μπορούν να χαρακτηριστούν ως ουδέτερα, όξινα ή αλκαλικά αντίστοιχα (Σούλιος, 2006). Οι τιμές των φυσικών νερών κυμαίνονται μεταξύ 4 έως 9. Πιο συγκεκριμένα, το όξινο pH του νερού ευνοεί την αποσάθρωση καθώς μειώνονται οι συγκεντρώσεις σιδήρου ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η συγκέντρωση SiO_2 . Γενικά, το pH των υδάτων μειώνεται ανάλογα με την ηλικία

του νερού. Μία νέα υδάτινη μάζα είναι αλκαλική και σταδιακά με την πάροδο του χρόνου μετατρέπεται σε όξινη λόγω της συγκέντρωσης οργανικών υλικών.

2.2 Κατιόντα

2.2.1 Ασβέστιο (Ca^{+2}) – Μαγνήσιο (Mg^{+2})

Το ασβέστιο υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά καθώς η προέλευσή του οφείλεται στα πετρώματα τα οποία διαπερνά το νερό. Συγκεκριμένα, προέρχεται από τα ανθρακικά πετρώματα, τα μάρμαρα, τη γύψο, τους πυρόξενους και γενικότερα από ορυκτά της ομάδας του επιδότου (Βουδούρης, 2006). Η περιεκτικότητα του νερού σε ασβέστιο κυμαίνεται από 0 έως και εκατοντάδες mg/L και συμβάλλει στην ολική σκληρότητα. Παρόλα αυτά, δεν είναι επιβλαβές για τον ανθρώπινο οργανισμό (Νταρακάς, 2010).

Το μαγνήσιο αποτελεί ένα από τα πιο συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών. Συναντάται στον ολιβίνη, μαγνησίτη, δολομίτη κ.α. Απαντάται επίσης και στα αργιλικά ορυκτά τα οποία έχουν υποστεί διάλυση όπου το νερό βρίσκεται προσροφημένο στο πλέγμα τους (Βουδούρης, 2006). Τα άλατα του μαγνησίου και του ασβεστίου αποτελούν και την ολική σκληρότητα του νερού.

Και τα δύο στοιχεία είναι απαραίτητα για τον οργανισμό, ωστόσο όταν η συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη από 125 mg/L, τότε αρχίζουν να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην υγεία των ανθρώπων (Νταρακάς, 2010).

2.2.2 Νάτριο (Na^{+}) – Κάλιο (K^{+})

Το νάτριο αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία που προσλαμβάνει ο άνθρωπος καθώς τα άλατα βρίσκονται στις τροφές που καταναλώνει αλλά και στο πόσιμο νερό. Η συγκέντρωσή του όταν βρίσκεται ελεύθερο στη φύση κυμαίνεται από 1-500 mg/L αλλά στο πόσιμο νερό δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 20 mg/L (Νταρακάς, 2006). Το νάτριο συναντάται στον αλβίτη, στον αλίτη και στους νατριούχους αμφιβόλους. Η παρουσία του στα υπόγεια νερά είναι συνδεδεμένη με τη διείδυση της θάλασσας στους υδροφόρους ορίζοντες (Βουδούρης, 2006). Το κάλιο συναντάται σε όλα τα φυσικά νερά, ωστόσο η περιεκτικότητά του δεν ξεπερνά τα 20 mg/L. Βρίσκεται στο ορθόκλαστο, μικροκλινή κ.α. Δεν υπάρχουν αναφορές που να σχετίζονται με τις αρνητικές επιπτώσεις του καλίου στην υγεία (Νταρακάς, 2010).

2.2.3 Αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+)

Τα υπόγεια ύδατα περιέχουν αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+) ή ελεύθερη αμμωνία (NH_3) σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0,2 mg/L. Εξαιρέση αποτελούν τα ύδατα που βρίσκονται κάτω από δασικά εδάφη, όπου οι συγκεντρώσεις είναι μεγαλύτερες. Η αμμωνία δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία, ωστόσο αποτελεί δείκτη κοπρανώδους ρύπανσης. Στις περιπτώσεις όπου οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας υπερβούν τα επιθυμητά όρια (0,5 mg/L), τότε δημιουργούνται προβλήματα οσμής και γεύσης στο πόσιμο νερό, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στο σχηματισμό νιτρωδών αλάτων στα συστήματα ύδρευσης (Νταρακάς, 2010).

2.2.4 Σίδηρος (Fe^{+2})

Ο σίδηρος βρίσκεται στα υπόγεια νερά, τα οποία διασχίζουν πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, ο σίδηρος μπορεί να αλλοιώσει τη γεύση του νερού ενώ η καθημερινή κατανάλωσή του είναι ικανή να προκαλέσει βλάβες στους ιστούς του οργανισμού (Νταρακάς, 2010).

2.3 Ανιόντα

2.3.1 Χλώριο (Cl^-)

Το χλώριο προέρχεται από τη διάβρωση των ιζηματογενών πετρωμάτων, τους εβαπορίτες και είναι γνωστό στη φύση ως άλατα νατρίου, καλίου και ασβεστίου. Η προέλευσή τους στις παράκτιες λεκάνες οφείλεται στην διείδυση της θάλασσας στους υπόγειους υδροφορείς. Επιπλέον, εισέρχεται στο έδαφος μέσω των λιπασμάτων και των αποβλήτων. Παρά την αλλοιωμένη γεύση που προσδίδουν στο νερό οι υψηλές συγκεντρώσεις του, δεν επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων. Ωστόσο, το ελεύθερο χλώριο χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού, αλλά εξαιτίας των παράγωγων ενώσεων που δημιουργούνται, έχει ορισμένες επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό (Βουδούρης, 2009, Νταρακάς, 2010).

2.3.2 Όξινα ανθρακικά (HCO_3^-)

Τα όξινα ανθρακικά είναι το επικρατέστερο ανιόν στα υπόγεια ύδατα. Η προέλευσή του οφείλεται στο διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και του εδάφους καθώς και από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων, ενώ οι αυξημένες συγκεντρώσεις του υποδηλώνουν γρήγορη ανανέωση του νερού. Έχει την ικανότητα να ρυθμίζει το pH των υδάτων αλλά και του ανθρώπινου οργανισμού (Βουδούρης, 2009).

2.3.3 Νιτρικά (NO₃⁻)

Τα νιτρικά αποτελούν το τελικό προϊόν αποσύνθεσης των οργανικών αζωτούχων ενώσεων, για αυτό το λόγο απαντώνται στα ύδατα σε μικρές συγκεντρώσεις. Ωστόσο, η αύξηση των συγκεντρώσεων είναι χαρακτηριστική της ύπαρξης λιπασμάτων ή ζωικών αποβλήτων. Επίσης, νιτρικά υπάρχουν ακόμα και στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα οποία μεταφέρονται στο έδαφος μέσω της βροχής (Ζανάκη, 2001). Η ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωση νιτρικών στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/L με τα επιθυμητά όρια να αγγίζουν τα 20-25 mg/L (Νταρακάς, 2010).

2.3.4 Θειικά (SO₄²⁻)

Τα θειικά ιόντα βρίσκονται σε ορυκτά όπως είναι η γύψος και ο ανυδρίτης ή σε οξείδωση θειούχων ενώσεων που απαντώνται σε αργίλικα πετρώματα αλλά μπορεί να προέρχονται και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 250 mg/L στο νερό, θεωρούνται απαγορευτικές για οποιαδήποτε χρήση (Βουδούρης, 2009). Επιπλέον, μπορεί να αναχθεί σε υδρόθειο, το οποίο έχει την ικανότητα διάβρωσης των αγωγών που μεταφέρουν το νερό.

2.4 Βαρέα μέταλλα και ιχνοστοιχεία

Τα ιχνοστοιχεία σε μικρές συγκεντρώσεις είναι αναγκαία για τον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ αντίθετα σε μεγάλες ποσότητες αρχίζουν να είναι τοξικά. Τέτοια ιχνοστοιχεία είναι ο χαλκός, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το χρώμιο κ.α. Ωστόσο, στοιχεία όπως ο άργιλος και το κάδμιο είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για την υγεία ακόμα και σε πολύ μικρές ποσότητες (Νταρακάς, 2010).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού ευθύνονται κατά βάση στην βιομηχανική δραστηριότητα στα προϊόντα φυτοπροστασίας. Ο χαλκός αποτελεί βασικό στοιχείο για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Το κάδμιο θεωρείται ένα από τα πιο τοξικά μέταλλα που βρίσκεται κυρίως σε θειούχα ορυκτά μαζί με μόλυβδο και ψευδάργυρο. Σε καθαρά νερά οι συγκεντρώσεις του είναι μικρότερες από 1 mg/L (Νταρακάς, 2010).

Ο μόλυβδος αποτελεί ένα από τα πιο τοξικά μέταλλα και προέρχεται κυρίως από βιομηχανικές δραστηριότητες. Επιπλέον πηγές είναι τα εντομοκτόνα καθώς και οι χρωστικές ουσίες που περιέχουν στα συστατικά τους μόλυβδο (Νταρακάς, 2010).

2.5 Θρεπτικά συστατικά

Τα πιο γνωστά θρεπτικά συστατικά είναι το άζωτο, ο φώσφορος και σε ορισμένες περιπτώσεις το πυρίτιο. Αναλυτικά, το άζωτο βρίσκεται σε διάφορες μορφές (αέριο, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , οργανικό άζωτο). Το φώσφορο διακρίνεται στις ενώσεις φωσφόρου στο νερό σε οργανικές, ανόργανες, διαλυμένες ή σωματιδιακές. Παρόλα αυτά, οι διαφορετικές φυσικές, χημικές ή βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν διαρκώς στο υδάτινο περιβάλλον, αλλάζουν τις παραπάνω αναλογίες.

2.6 Βιολογικές παράμετροι

Στα ύδατα αναπτύσσονται πολλοί μικροοργανισμοί όπως μύκητες, βακτήρια, φύκη κ.α. τα οποία ευθύνονται για τη μετάδοση πολλών ασθενειών, την οσμή ή την γεύση του νερού καθώς και για τον ευτροφισμό των υδάτινων οικοσυστημάτων. Αυτοί οι παθογόνοι μικροοργανισμοί θεωρούνται πηγές δυνητικής ενόχλησης και κινδύνου στο πόσιμο νερό (WHO, 1993).

Επιπλέον, είναι σημαντική η αξιολόγηση των υπόγειων υδάτων για την αποφυγή ύπαρξης κολοβακτηριδίων (Craun, 1987). Στο σύστημα νερού, σε φυσιολογικές συνθήκες, δεν πρέπει να εντοπίζονται κολοβακτηρίδια, για αυτό όταν γίνεται αντιληπτή η ύπαρξή τους σημαίνει ότι προήλθαν από κάποια μολυσμένη πηγή. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η προστασία των υπόγειων υδάτων από τέτοιες μικροβιολογικές μολύνσεις (Kramer, 1996).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

3.2 Μελέτη περίπτωσης στην περιοχή της Μαλαισίας

Οι πυρκαγιές είναι συνδεδεμένες με τις ατμοσφαιρικές μολύνσεις που προκαλούν, ωστόσο, επηρεάζουν αρνητικά και τους υδατικούς πόρους. Στην έρευνά τους το 2022 οι Fara, Nurul Ezaila Alias, Kasturi Devi Kanniah, Ab, A., Izni Izzati Mohamad, & Rasnavi Paramasivam εστίασαν στην επίδραση της πυρκαγιάς στα υδάτινα οικοσυστήματα στην περιοχή Johor της Μαλαισίας. Αναλυτικά, ο Robinne το 2016 δημιούργησε μία πρώτη εκτίμηση των κινδύνων του νερού από τις πυρκαγιές. Η μελέτη έδειξε ότι η ασφάλεια των υδάτων σε αρκετές περιοχές του κόσμου είναι ευάλωτη στις πυρκαγιές και δεν εξαρτάται από την κοινωνικοοικονομική κατάσταση (Robbine, 2016). Μία πιο πρόσφατη έρευνα από τον Pennino το 2022 έδειξε μία σημαντική αύξηση στην ποσότητα των αιωρούμενων ιζημάτων

σε ρέματα μετά από ένα συμβάν δασικής πυρκαγιάς (Pennino, 2022). Η ποιότητα του νερού μπορεί να επηρεάζεται από τις διαφορετικές συνθήκες απορροής. Τα αποτελέσματα τείνουν να είναι μεγαλύτερα μετά την πυρκαγιά, δηλαδή αυξημένες τιμές διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC), νιτρικών και άλλων ουσιών που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Πρακτικά, όσο περισσότερα ιζήματα δημιουργούνται, τόσο υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού και μειώνουν την ικανότητα αποθήκευσής του (Murphy, 2018). Η ανάλυση που διεξήγαγε ο Rust για τα θρεπτικά συστατικά που μπορεί να υπάρχουν στα ύδατα μετά την πυρκαγιά, έδειξε σημαντικές αυξήσεις στη ροή των θρεπτικών ουσιών (διαφορετικές μορφές αζώτου και φωσφόρου) και στις συγκεντρώσεις μετάλλων. Οι αλλαγές αυτές στην ποιότητα των υδάτων παρατηρούνται κατά τα πρώτα 5 χρόνια μετά την εκδήλωση της πυρκαγιάς. Παρόλο που τα ιόντα και τα μέταλλα αρχίζουν να μειώνονται σταδιακά στα 5 χρόνια, η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων αυξανόταν συνεχώς (Rust, 2018). Στην περιοχή Johor της Μαλαισίας, προβλέπεται αύξηση κατά 17% στη ζήτηση του νερού μέχρι το 2030 εξαιτίας της πληθυσμιακής επέκτασης και αστικοποίησης, θέτοντας υπό πίεση τους υδάτινους πόρους. Έτσι, η κυβέρνηση, αναζητά νέες πηγές νερού (π.χ. υπόγεια ύδατα) ως εναλλακτική στις υφιστάμενες δεξαμενές αποθήκευσης νερού στην περιοχή (Ranhill Utilities Berhad, 2021). Ωστόσο, τα επιφανειακά ύδατα είναι ήδη αρκετά μολυσμένα, ενώ ενδέχεται να επιδεινωθούν σε περίπτωση πυρκαγιάς. Οι πυρκαγιές στην πολιτεία Johor αυξάνονται κάθε χρόνο από το 2017-2019 ((United States Environmental Protection Agency, 2019). Συγκεκριμένα, το 2019 σημειώθηκαν 8.354 πυρκαγιές, δηλαδή 3.426 περισσότερες από το 2018. Ο καιρός της περιοχής Johor ποικίλλει ανάλογα με το υψόμετρο και μπορεί να διαιρεθεί σε δύο διαφορετικές περιόδους, τις ξηρές και τις βροχερές. Η ετήσια θερμοκρασία διαφέρει σημαντικά σε όλη την περιοχή και κυμαίνεται από 24 έως 33 βαθμούς Κελσίου (MetMalaysia, 2020). Η συνολική κατανάλωση του πόσιμου νερού για οικιακή χρήση το 2019 ήταν 835.000 m³, ενώ για βιομηχανική και εμπορική χρήση ήταν 599.000 m³. Επιπλέον, επεξεργασμένο νερό χρησιμοποιείται και για τους πυροσβεστικούς κρουσμούς. Για τη μελέτη της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το NASA's Fire Information for Resource Management System (FIRMS). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν πολύγωνα των υπόγειων υδάτων και ποταμών της Μαλαισίας και ο παγκόσμιος χάρτης της Μαλαισίας όπου τα δεδομένα του αναπτύχθηκαν με τη συνεργασία της Εθνικής Υπηρεσίας Γεωχωρικών Πληροφοριών (NGIA) και του τμήματος έρευνας και χαρτογράφησης της Μαλαισίας. Έπειτα με τη χρήση του προγράμματος ArcMap έγινε η ανάλυση των δεδομένων όπου ταξινομήθηκε

το επίπεδο της έκθεσης (πολύ χαμηλό-πολύ υψηλό) ανάλογα με τον αριθμό των πυρκαγιών από το 2001-2020. Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι η πολιτεία Johor βρίσκεται στην πρώτη κλάση (0-5 πυρκαγιές). Αυτό σημαίνει ότι σπάνια συμβαίνουν πυρκαγιές. Γενικότερα, τα περισσότερα ύδατα, έχουν χαμηλή έκθεση σε πυρκαγιές και μόνο το 1% των υδάτινων σωμάτων εκτίθενται σε υψηλού κινδύνου πυρκαγιές (επίπεδο 5). Οι πιο διαδεδομένες στην περιοχή, είναι οι πυρκαγιές τύρφης όπου εμφανίζονται κάθε χρόνο από το 2000 έως το 2020 στο Pengerang. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να συσχετιστεί με τοπικές εκμεταλλεύσεις που περιλαμβάνουν τύρφη. Γενικά, η Μαλαισία έχει από τα υψηλότερα ποσοστά εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών στην ΝΑ Ασία, γεγονός που οφείλεται στην περικοπή, την καύση και εκμετάλλευση της ξυλείας (Vadrenu, 2019). Με βάση το Εθνικό Πρότυπο Ποιότητας Νερού της Μαλαισίας (INWQS) διαπιστώθηκε ότι από τον Απρίλιο έως τον Αύγουστο του 2015, η αλατότητα του νερού, η αγωγιμότητα, τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) και το επίπεδο νιτρικών αλάτων έπεσαν στην κατηγορία 1. Το pH, το διαλυμένο οξυγόνο (DO) και η θολότητα ανήκουν στην κατηγορία 2. Οι τιμές του χημικού οξυγόνου και το αμμώνιο ταξινομήθηκαν στην κατηγορία 3 και ολικά φωσφορικά ιόντα βρέθηκαν στην κατηγορία 4 (Mohd Asharuddin, 2016). Παρόλο που δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία για τα υψηλά επίπεδα φωσφόρου και αμμωνίας, είναι γνωστό ότι οι πυρκαγιές προκαλούν συχνά αυξήσεις στην περιεκτικότητα νιτρικών και φωσφορικών αλάτων στο νερό (Writer, 2014).

3.2 Μελέτη περίπτωσης στην περιοχή του Ν. Ηλείας

Επίσης, σε άλλη έρευνα, οι Dimitriadou, S., Katsanou, K., Charalabopoulos, S., & Lambrakis, N. ασχολήθηκαν με μία από τις μεγαλύτερες πυρκαγιές στην Ελλάδα τον Αύγουστο του 2007 στο Ν. Ηλείας. Στις μεσογειακές περιοχές, οι πυρκαγιές είναι πολύ συχνές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ενώ αρκετοί ερευνητές θεωρούν ότι η σημαντική αύξησή τους την τελευταία δεκαετία έχει συνδυαστεί με την κλιματική αλλαγή, η οποία οδηγεί στη διάβρωση του εδάφους και τη μείωση της βιοποικιλότητας (Olivella M.A, 2014). Στην συγκεκριμένη πυρκαγιά, το μεγαλύτερο μέρος της καμένης έκτασης αποτελούνταν από πευκόδασος. Σύμφωνα με διάφορες εργαστηριακές μελέτες, τα στοιχεία που βρέθηκαν μετά την πυρκαγιά ήταν Ca, Mg, K, Si, P, Mn, Zn, V, Pb, Cr, και Cu (Bodi M.B, 2014, Silva V., 2015). Η τέφρα μεταφέρεται με την απορροή και τον άνεμο στα επιφανειακά ύδατα, ενώ ένα μέρος της, διεισδύει στο έδαφος, γειμίζοντας το νερό των υδροφορέων, επηρεάζοντας το προφίλ του εδάφους και υποβαθμίζοντας την ποιότητα του νερού. Όσον αφορά την περιοχή μελέτης, ο Ν. Ηλείας είναι μία αγροτική περιοχή με χαμηλό υψόμετρο στην Δ. Πελοπόννησο, που

συνορεύει με το Ιόνιο Πέλαγος. Το κλίμα της περιοχής είναι ήπιο μεσογειακό με μέση ετήσια θερμοκρασία 17°C. Τα υδροφόρα συστήματα της περιοχής μπορούν να ταξινομηθούν σε 2 κατηγορίες, στα καρστικά συστήματα υδροφορέων και στα κοκκώδη συστήματα Νεογενούς και Τεταρτογενούς, τα οποία καταλαμβάνουν και το 80% της περιοχής μελέτης (Karapanos E., 2009). Τα κύρια ποτάμια της περιοχής είναι ο Αλφειός και ο Πηνειός ποταμός. Η περιοχή που μελετήθηκε αποτελεί την μεγαλύτερη περιοχή του Ν. Ηλείας που έχει υποστεί τις περισσότερες ζημιές από την πυρκαγιά, αφού καήκαν περίπου 4.000 εκτάσεις γης ενώ υπήρξαν και αστικές ζημιές και δυστυχώς απώλειες ανθρώπινων ζωών (WWF Greece). Έτσι λοιπόν, τρεις μήνες μετά την πυρκαγιά, συλλέχθηκαν 99 δείγματα από πηγές, γεωτρήσεις πηγάδια κοκκωδών και καρστικών υδροφορέων. Μετρήθηκαν οι ασταθείς χημικοί παράμετροι (θερμοκρασία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH, διαλυμένο οξυγόνο), οι συγκεντρώσεις H_2S , CO_2 , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , F^- , SiO_2 , NH_4^+ , Cl^- . Τα δείγματα των υπόγειων υδάτων ταξινομήθηκαν σε τρεις υδροχημικούς τύπους. Ο επικρατέστερος τύπος ήταν $Ca-HCO_3$, το οποίο είναι χαρακτηριστικό του γλυκού νερού. Η αραίωση της γύψου, οδηγεί σε δείγματα νερού $Ca-HCO_3-SO_4$. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις νατρίου αποδίδονται κυρίως στις διεργασίες ανταλλαγής ιόντων, στην παρουσία εξατμίσεων, ενώ μπορεί να οφείλονται και στη διείσδυση του θαλασσινού νερού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ωστόσο, οι προαναφερθείσες συγκεντρώσεις ήταν κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια του πόσιμου νερού (World Health Organization). Έπειτα από περισσότερη ανάλυση, οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα υπόγεια ύδατα δεν εμφανίζουν κάποια αύξηση που θα μπορούσε να αποδοθεί στην πυρκαγιά. Η τέφρα από την πυρκαγιά μεταβάλλει το pH των επιφανειακών υδάτων και του εδάφους. Μία σημαντική ποσότητα μετάλλων και ιχνοστοιχείων απελευθερώνεται από την τέφρα στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Τα επιβραδυντικά πυρκαγιάς που χρησιμοποιούνται είναι χημικές ενώσεις του φωσφόρου, του αζώτου και του θείου, που θα μπορούσαν να καταλήξουν στα υπόγεια ύδατα. Παρόλα αυτά, η μέση τιμή pH μετά την πυρκαγιά ήταν 7,1 και η μέγιστη 8,1. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, που δείχνει και την αύξηση των κατιόντων, ήταν παρόμοιες ή και χαμηλότερες από τις τιμές πριν την πυρκαγιά. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων αζώτου, των φωσφορικών και θειϊκών αλάτων ήταν τα αναμενόμενα για την περιοχή και δεν υπήρξαν αλλοιώσεις οι οποίες μπορεί να οφείλονται στις πυρκαγιές. Ωστόσο, ορισμένες υψηλές τιμές του NO_3 αποδόθηκαν στα λιπάσματα και στις αλλαγές του εδάφους από τους αγρότες (Karapanos E., 2009).

3.3. Μελέτη περίπτωσης στην περιοχή της Πορτογαλίας

Οι Mansilha, C., Melo, A., Martins, Z. E., Ferreira, I. M. P. L. V. O., Pereira, A. M., & Espinha Marques, J. μελέτησαν την μεγαλύτερη καταστροφή που προκλήθηκε από πυρκαγιές το 2017 στην Πορτογαλία. Παρόλο που τις τελευταίες δεκαετίες έχει σημειωθεί μεγάλος αριθμός πυρκαγιών, σε σχέση με άλλες χώρες που έχουν παρόμοιες συνθήκες, οι πυρκαγιές που σημειώθηκαν το 2017 ήταν καταστροφικές, τόσο για τα δάση και τις υλικές ζημιές όσο και για τις ανθρώπινες ζωές. Η κλιματική αλλαγή επιδείνωσε την κατάσταση καθώς ήταν το πιο ξηρό καλοκαίρι τα τελευταία 90 χρόνια. Η καμένη περιοχή ήταν 539.921 στρέμματα γης, γεγονός που αντιπροσωπεύει το 60% της συνολικής έκτασης που κάηκε σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση, στην οποία μόνο η Πορτογαλία αντιπροσωπεύει το 2,1% (JRC, 2018). Συγκεκριμένα, η πόλη Braga βρίσκεται στη ΒΔ Πορτογαλία στην επαρχία Minho. Είναι ο έβδομος μεγαλύτερος δήμος της Πορτογαλίας με πληθυσμό 181.494 κατοίκους (INE, 2012). Η πόλη περιβάλλεται από περιαστικές περιοχές που αποτελούνται από δάση, στα ΝΑ οριοθετείται από ορεινή κορυφογραμμή ενώ στα Βόρεια και Νότια εμπίπτει στις λεκάνες απορροής του ποταμού Cavado και Ave αντίστοιχα. Το κλίμα της Braga έχει ατλαντικά χαρακτηριστικά με μέση τιμή ετήσιας βροχόπτωσης γύρω στα 1449 mm και μέση θερμοκρασία γύρω στους 15°C (AEMET-IM, 2011, Peel M.C, 2007). Τα δείγματα των υπόγειων υδάτων συλλέχθηκαν σε πηγές που παρέχουν μη επεξεργασμένο νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση και βρίσκονται κοντά στην πόλη Braga. Οι συγκεντρώσεις των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων των υπόγειων υδάτων που συλλέχθηκαν στην περιοχή, παρουσίασαν σημαντικές διαφορές. Οι αναλύσεις των αποτελεσμάτων δείχνουν μία ελαφρά αύξηση των τιμών του pH στα περισσότερα από τα δείγματα. Δεν βρέθηκε κάποια διαφορά στη θολότητα, το χρώμα και την συγκέντρωση του πυριτίου. Χωρίς σημαντικές διακυμάνσεις παρέμεινε επίσης, η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, σταθερά που δείχνει την ποιότητα του νερού και των διαλυμένων στερεών (Certini G., 2011). Σε αυτήν την μελέτη, οι συγκεντρώσεις του συνολικού οργανικού άνθρακα, δεν φάνηκαν να επηρεάζονται από την πυρκαγιά, ενώ το χημικό οξύγονο αυξήθηκε και σταδιακά μειώθηκε κατά την επαναφορά της βλάστησης. Επιπλέον, η μετατόπιση της περιεκτικότητας σε κατιόντα, οφείλεται κυρίως στη μείωση του ασβεστίου και την αύξηση του νατρίου, ενώ η μετατόπιση της περιεκτικότητας σε ανιόντα, οφείλεται στην αύξηση του χλωρίου και τωνθειικών. Ωστόσο, παρόμοιες αλλαγές παρατηρούνται και σε άκαυστες περιοχές οπότε μπορεί να μην συνδέονται αποκλειστικά με την πυρκαγιά. Μία μικρή μείωση

παρατηρήθηκε και στα διττανθρακικά, τα οποία προέρχονται από την αλληλεπίδραση νερού-πετρώματος και εξαρτάται από τη φύση των διαδρομών ροής των υπόγειων υδάτων. Οι συγκεντρώσεις χλωρίου, νατρίου, καλίου και μαγνησίου δεν διαφέρουν σημαντικά ενώ υπάρχει αύξηση των θειικών στα υπόγεια νερά και πιθανότατα οφείλεται στην οξείδωση του θείου στην οργανική ύλη του εδάφους μετά την πυρκαγιά. Η περιεκτικότητα στο φθόριο έχει αυξηθεί επίσης, κατά 2 τάξεις μεγέθους. Κατά τους πρώτους μήνες μετά την πυρκαγιά και οι συγκεντρώσεις του αζώτου αυξήθηκαν σημαντικά (Townsend S.A, 2004, Mast M.A., 2008). Επιπρόσθετα, επειδή η πυρκαγιά απομακρύνει την δασική κάλυψη, η μεταφορά των θρεπτικών ουσιών μέσω της διήθησης μπορεί να αυξηθεί. Εκτός από τα νιτρικά, το αμμώνιο μπορεί να αυξηθεί καθώς εξατμίζεται κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς και μπορεί να διαλυθεί σε νερό. Σημαντικές αυξήσεις μετά την πυρκαγιά εμφανίστηκαν και σε ορισμένα μέταλλα όπως ο σίδηρος και το μαγγάνιο τα οποία μπορούν να αλλοιώσουν τη γεύση και το χρώμα του νερού (Sham C.H., 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

Κάθε χρόνο, κυρίως τους θερινούς μήνες, οι δασικές πυρκαγιές απειλούν όλο και περισσότερα οικοσυστήματα, με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις να μην περιορίζονται μόνο στα δάση αλλά να επηρεάζουν τόσο τις περιβαλλοντικές όσο και τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι, οι επιπτώσεις των πυρκαγιών συνεχίζουν να εμφανίζονται ακόμα και μετά από αρκετές δεκαετίες, για το λόγο αυτό, θα πρέπει να αξιολογούνται μακροπρόθεσμα (Biro & Mavsar, 2009). Έτσι, οι επιπτώσεις ταξινομούνται σε άμεσες και έμμεσες (Τσουκαλά, 2009).

Άμεσες είναι οι επιπτώσεις προκαλούν μερική ή ολοκληρωτική καταστροφή των δασικών εκτάσεων όπως για παράδειγμα :

- Καταστροφή της πανίδας και της χλωρίδας.
- Ατμοσφαιρική ρύπανση.
- Τραυματισμοί ή απώλεια ζωής.
- Καταστροφές σε κατοικίες, υποδομές κ.α.

Από την άλλη πλευρά, έμμεσες είναι οι επιπτώσεις που προκύπτουν από την απώλεια των ωφελειών του δάσους, δηλαδή:

- Διαταραχή της βιοποικιλότητας του δάσους.
- Διάβρωση του εδάφους.
- Αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων.
- Επιπτώσεις στην υγεία κ.α.

Παρόλα αυτά, αξίζει να αναφερθεί ότι, οι δασικές πυρκαγιές έχουν και ορισμένες θετικές επιδράσεις όταν φυσικά είναι ελεγχόμενες. Συγκεκριμένα, οι πυρκαγιές βοηθούν στη φυσική αναγέννηση των δασών εξαιτίας της καύσης. Με αυτό τον τρόπο καταστρέφονται οι παράγοντες που συντελούν στην αναστολή της ανάπτυξης των φυτών. Επιπρόσθετα, μειώνονται οι τυχόν ασθένειες που μπορεί να προσβάλλουν τα φυτά λόγω της καύσης αυτών. Είναι γνωστό, ότι η καύση των χόρτων, πριν από την εποχή της φύτευσης, έχει θετική επίδραση στην αναδάσωση των καμένων περιοχών (Τσουκαλά, 2009). Τέλος, η ελεγχόμενη καύση, μπορεί να λειτουργήσει προληπτικά, καθώς απομακρύνει τη ζωντανή βλάστηση με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αντιπυρικές ζώνες (Ταμπάκης και Καρανικόλα, 2015).

4.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πυρκαγιών

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πυρκαγιών εξαιτίας της τέφρας και των μικροσωματιδίων της ατμόσφαιρας και του νερού, μπορούν να εκδηλωθούν ακόμα και αρκετά χιλιόμετρα μακριά από την εστία της φωτιάς (Kala, 2023).

Οι δασικές πυρκαγιές επιδρούν σημαντικά στην ατμόσφαιρα, στην ανθρώπινη υγεία, στο έδαφος, στην χλωρίδα και στην πανίδα και στους υπόγειους υδατικούς πόρους. Ακόμα, έχει παρατηρηθεί και αλλαγή στο μικροκλίμα της περιοχής με αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της υγρασίας.

4.1.1 Η ατμόσφαιρα

Με τη βοήθεια των δασών παράγεται το μεγαλύτερο μέρος του οξυγόνου της ατμόσφαιρας ενώ ταυτόχρονα δεσμεύει το διοξείδιο του άνθρακα. Σύμφωνα με το GMFC (2019), ένα εκτάριο δάσους μπορεί να παράγει 4 τόνους οξυγόνου κάθε χρόνο αλλά και τα φύλλα των δέντρων έχουν την ικανότητα να συκρατούν 30-70 τόνους σκόνης ανά εκτάριο (Τσουκαλά, 2009). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κατά την καύση τους να εκπέμπεται έως και 8% CO₂ και CH₄ παγκοσμίως και έως 13% νιτρικά οξείδια (GMFC, 2019).

Πιο αναλυτικά, η καύση των δασών οδηγεί στην υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα λόγω εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα, όζοντος και αιωρούμενων σωματιδίων (Kala, 2023). Όπως αναφέρει η Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης της

Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2018), οι ετήσιες εκπομπές άνθρακα από δασικές πυρκαγιές κυμαίνονται από 2,5 δις. έως 4,0 δις. τόνους CO₂ την τελευταία δεκαετία. Η διαδικασία αυτή, οδηγεί στην ρύπανση της ατμόσφαιρας με συνέπεια να επιδεινώνεται η κλιματική αλλαγή, καθώς οι ενώσεις του άνθρακα που δεσμεύονταν στα φυτά, εκλύονται στην ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης (GMFC, 2019).

Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ο καπνός μίας πυρκαγιάς είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμοί, υδρογονάνθρακες (εκτός μεθανίου NMHC), μεθάνιο, οξείδια του αζώτου και σωματιδιακή ύλη (Birot & Mavsar, 2009). Επιπλέον το 55% είναι πίσσα, 25% καπνιά και 20% στάχτη (Δημητρέλλος, 2022). Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως όταν ένα νέφος καπνού περνά από μία αστική περιοχή, τότε αλληλεπιδρά με τους ρύπους της περιοχής αυτής και παράγει δευτερογενή προϊόντα, όπως για παράδειγμα το όζον. Επιπλέον, οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε λεπτά σωματίδια, αυξάνοντας τη θολότητα (Liu, 2016). Όπως είναι φυσικό, η στάχτη του καπνού δεν ρυπαίνει μόνο την ατμόσφαιρα αλλά και το νερό ή το έδαφος όπου θα εναποτεθεί (Δημητρέλλος, 2022).

Η ποσότητα του παραγόμενου καπνού καθώς και η σύνθεσή του εξαρτώνται από την ένταση της πυρκαγιάς. Σε πυρκαγιές μεγάλης έντασης, ο καπνός που παράγεται, αποτελείται από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς. Αντίθετα σε πυρκαγιές μικρότερης έντασης, εξαιτίας της ατελούς καύσης, παράγονται μεγαλύτερες ποσότητες επιβλαβών αερίων (Fowler, 2003).

Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στις ΗΠΑ, δείχνουν ότι οι δασικές πυρκαγιές είναι υπεύθυνες για την εκπομπή ενώσεων του υδραργύρου (μεγαλύτερες από 40%) ενώ άλλες μελέτες έδειξαν ότι στις πυρκαγιές της Πορτογαλίας το 2003, το ποσοστό των αερίων του θερμοκηπίου ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με το ποσοστό που εκπέμπεται από την βιομηχανία και τον τομέα των μεταφορών. Παρόλα αυτά, οι πυρκαγιές που εκδηλώνονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση δεν επιδρούν σημαντικά στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (Birot & Mavsar, 2009).

4.1.2 Το έδαφος

Στην επιφάνεια του εδάφους υπάρχει οργανική ύλη και το φύλλωμα των δέντρων με αποτέλεσμα να προστατεύουν το έδαφος συγκρατώντας μεγάλη ποσότητα νερού, το οποίο εισέρχεται στα κατώτερα στρώματα του εδάφους με τη βοήθεια των πόρων και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες (Κωνσταντινίδης, 2003). Εξαιτίας της καύσης και των υψηλών θερμοκρασιών, το έδαφος γίνεται αδιαπέρατο, εμποδίζοντας τη διήθηση του νερού στα υποστρώματα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η διάβρωση καθώς, το νερό κινείται

μόνο στην επιφάνεια του εδάφους, προκαλώντας τη μετακίνηση μεγάλης ποσότητας εδαφικού υλικού (Κόκκαλης, 2017). Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση του εδάφους, τόσο μεγαλύτερη είναι και η διάβρωση, ιδιαίτερα σε περιόδους βροχοπτώσεων.

Ο βαθμός υποβάθμισης της ποιότητας του εδάφους καθορίζεται σημαντικά από τη χημική σύσταση του εδάφους καθώς και την ένταση της πυρκαγιάς. Για παράδειγμα, μία πυρκαγιάς μεγάλης έντασης, σε αντίθεση με μία πυρκαγιά μικρής έντασης, προκαλεί ανεπανόρθωτη καταστροφή στη βλάστηση της περιοχής. Έτσι λοιπόν, απουσιάζει η υγρασία του εδάφους, μεταβάλλεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH ενώ μειώνονται και οι συγκεντρώσεις αζώτου, με συνέπεια να υπάρχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών (Τσουκαλά, 2009).

4.1.3 Η γλωρίδα και η πανίδα

Όπως έχει αναφερθεί, μία δασική πυρκαγιά διαταράσσει την ισορροπία ενός οικοσυστήματος όπως είναι η βλάστηση και η πανίδα της περιοχής. Η επαναφορά του οικοσυστήματος με φυσικές διεργασίες είναι μία εξαιρετικά αργή διαδικασία και καθορίζεται από την συχνότητα μίας πυρκαγιάς (μεγαλύτερη από 30 χρόνια) και την ανθεκτικότητα των ειδών (Birot & Mavsar, 2009). Έτσι, οι θάμνοι και τα δάση δρυός ανήκουν στα μεσογειακά οικοσυστήματα, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να αναγεννηθούν έπειτα από μία πυρκαγιά.

Παλαιότερα, ο άνθρωπος ζούσε αρμονικά με το φυσικό περιβάλλον, καθώς οι πυρκαγιές βοηθούσαν στην αναγέννηση των δασών. Σήμερα, δυστυχώς δεν υπάρχει ισορροπία εξαιτίας της ανθρωπογενής δραστηριότητας και των αλληπάλληλων πυρκαγιών στις ίδιες περιοχές (Ξανθόπουλος, 1998).

Παρόλα αυτά, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι πυρκαγιές επηρεάζουν και την πανίδα μίας περιοχής. Πολλά ζώα πεθαίνουν κατά την διάρκεια μίας πυρκαγιάς, ενώ εκείνα που θα καταφέρουν να ξεφύγουν, δεν θα μπορέσουν να ζήσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα καθώς το οικοσύστημά τους έχει καταστραφεί. Για το λόγο αυτό, η επιβίωσή τους σχετίζεται με την ικανότητα προσαρμογής τους σε νέα περιβάλλοντα (Κωνσταντινίδης, 2003). Για παράδειγμα, σε μικρής έντασης πυρκαγιά, τα πτηνά έχουν την δυνατότητα να ξεφύγουν, ωστόσο σε μεγάλες πυρκαγιές πεθαίνουν από ασφυξία. Τα ζώα που δεν διαθέτουν γρήγορους μηχανισμούς αντίδρασης, όπως οι χελώνες, εγκλωβίζονται μέσα στις φλόγες (Κωνσταντινίδης, 2003).

4.1.4 Ο Άνθρωπος

Μία από τις πιο σοβαρές επιπτώσεις των πυρκαγιών είναι ο καπνός που εκλύεται στην ατμόσφαιρα εξαιτίας των ρύπων που δημιουργούνται. Οι επιπτώσεις αυτών των ρύπων στην ανθρώπινη υγεία μπορεί να είναι αρκετά σοβαρές (Miranda, 2007). Αυτό εξαρτάται από τις μετεωρολογικές συνθήκες εκείνη την χρονική περίοδο, τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς αλλά και από την αντίδραση του κάθε ανθρώπινου οργανισμού. Ιδιαίτερα ευάλωτοι, είναι οι άνθρωποι που ανήκουν στις ευπαθείς ομάδες όπως οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά και τα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα (Liu et al, 2016).

Οι πυροσβέστες ανήκουν στην ομάδα που πλήττεται περισσότερο σε μία πυρκαγιά, καθώς η έκθεσή τους στους καπνούς είναι διαρκής. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις, κυρίως στο αναπνευστικό σύστημα αυτών των ανθρώπων, οι οποίες βέβαια μπορούν να αναστραφούν (Brauer, 1998). Δυστυχώς, δεν λείπουν και οι τραυματισμοί ή ακόμα και η απώλεια ανθρώπινων ζώων κατά τη διάρκεια μίας κατάσβεσης λόγω των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή (υψηλές θερμοκρασίες, εισπνοή μονοξειδίου του άνθρακα κ.α.) (GMFC, 2019).

Οι αρνητικές συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων εξαιτίας του καπνού εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως τη διάρκεια της έκθεσης, τη συγκέντρωση των ρύπων στην ατμόσφαιρα και ο όγκος των ρύπων που εισέρχεται στον οργανισμό. Ο καπνός βρίσκει δίοδο μέσω της εισπνοής, της κατάποσης και της δερματικής απορρόφησης. Το αποτέλεσμα είναι εκτός από τα κοινά συμπτώματα όπως δάκρυα ή ερεθισμός, να δημιουργηθούν προβλήματα στην καρδιά και τους πνεύμονες, δηλαδή άσθμα, καρδιακές παθήσεις κ.α. (Fowler, 2003).

Η απώλεια ανθρώπινων ζώων οφείλεται κυρίως στον εγκλωβισμό των ανθρώπων γύρω από το σημείο της πυρκαγιάς. Ο εγκλωβισμός οφείλεται στη δράση πολλών παραγόντων όπως είναι η ταχύτητα της φωτιάς, η οποία εξαρτάται και από τις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, την τοπογραφία και την χωροταξία της περιοχής καθώς και το είδος του καυσίμου. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η αντιμετώπιση της πυρκαγιάς από την μεριά των πολιτών, αφού ο πανικός μειώνει σημαντικά τις πιθανότητες διαφυγής (GMFC, 2019). Στην Ελλάδα, οι πυρκαγιές είναι πολύ συχνές, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, στις οποίες έχουν χάσει τη ζωή τους πολλοί άνθρωποι, κυρίως απλοί πολίτες, με αποκορύφωμα την πυρκαγιά στο Μάτι Αττικής το 2018 όπου 102 συνάνθρωποί μας έχασαν τη ζωή τους.

4.1.5 Οι κατολισθήσεις και οι πλημμύρες

Σε περίπτωση μίας πυρκαγιάς, το σύστημα των δέντρων που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και τα προστατεύει, καταστρέφεται με συνέπεια το έδαφος να διαβρώνεται πιο γρήγορα. Το αποτέλεσμα είναι το έδαφος να μην έχει την ικανότητα να συγκρατήσει το νερό, το οποίο οδηγεί σε κατολισθητικά και πλημμυρικά φαινόμενα. Συγκεκριμένα, μία δασική έκταση είναι δυνατό να συγκρατήσει έως και το 30% των υδάτων να φτάσει στα κατάντη (Αντωνόπουλος, 1997).

Μία πυρκαγιά είναι ικανή να μεταβάλλει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους με συνέπεια το έδαφος να γίνεται πιο υδρόφοβο, κάτι που οδηγεί σε περισσότερα φαινόμενα διάβρωσης (Στεφανίδης, 2009). Ανάλογα με την κλίση και τη μετεωρολογία της περιοχής, καθορίζεται και το φαινόμενο της διάβρωσης. Για παράδειγμα, σε περιβάλλον όπου κυριαρχούν οι απότομες κλίσεις και οι έντονες βροχοπτώσεις, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος διάβρωσης, έπειτα από μία πυρκαγιά (Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη και Καζάνης, 2012).

Σε περιοχές όπου έχει ξεσπάσει μία πυρκαγιά, οι σταγόνες της βροχής, εξαιτίας της αδυναμίας του εδάφους να τα συγκρατήσει, παρασύρονται και εναποτίθενται σε πεδινές περιοχές (Στεφανίδης, 2009). Η τέφρα που εναποτίθενται στο έδαφος περιέχει ορισμένα μέταλλα τα οποία εισέρχονται στους υδροφόρους ορίζοντες μέσω της βροχής. Το αποτέλεσμα είναι η ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση τόσο των υπογείων όσο και των επιφανειακών υδάτων (Τσουκαλά, 2009).

Σε ορεινές περιοχές, οι βροχοπτώσεις που έπονται μίας πυρκαγιάς, έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν τον κύκλο του νερού, ενώ αυξάνεται σημαντικά η παροχή του νερού, προκαλώντας έντονη διάβρωση του εδάφους σε μικρό χρονικό διάστημα. Οι πλημμύρες προκαλούν μεγάλες ζημιές στις καλλιέργειες, σε κατοικίες, στο οδικό δίκτυο ακόμα και σε ανθρώπινες ζωές. Παρόλα αυτά, είναι κάτι παροδικό, με τα φαινόμενα να εξασθενούν μόλις επανέλθει η βλάστηση (Birot & Mavsar, 2009).

4.1.6 Οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις

Οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις μίας πυρκαγιάς είναι εξίσου σημαντικές. Η αποτίμηση των ζημιών βασίζεται κυρίως στις τιμές των προϊόντων που καταστράφηκαν. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι μόνο οι πυρκαγιές του 2007 σε Αττική, Εύβοια και Ηλεία επιβάρυναν το κράτος με ποσό που άγγιζε τα 5 δις ευρώ. Παρόμοια και σε άλλες

μεγάλες πυρκαγιές της Ευρώπης, όπως το 2005 στην Πορτογαλία, το κόστος των ζημιών ήταν 800 εκ. ευρώ (Biro & Mavsar, 2009).

Οι απώλειες φυσικών αγαθών όπως η ξυλεία, η ρητίνη, ο τουρισμός κ.α. έχουν ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται σημαντικά η οικονομία μίας χώρας ενώ οι θέσεις εργασίας που σχετίζονται με αυτούς τους τομείς μειώνονται δραματικά (Kala, 2023). Κατά συνέπεια, ο πληθυσμός των πυρόπληκτων περιοχών ελαττώνεται αφού οι άνθρωποι μεταναστεύουν σε περιοχές με καλύτερες συνθήκες διαβίωσης (Thomas et al, 2017). Οι μεγαλύτερες απώλειες παρατηρούνται στον αγροτικό τομέα ενώ το κόστος αποκατάστασης των ζημιών είναι τεράστιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ. Η ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΤΗΝ Β.ΕΥΒΟΙΑ ΤΟ 2021

5.1 Το νησί της Εύβοιας

Η Εύβοια αποτελεί το δεύτερο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδος με έκταση 3.684 km² και πληθυσμό 210.778 κατοίκους. Βρίσκεται κατά μήκος της βορειοανατολικής ηπειρωτικής Στερεάς Ελλάδας, από τον Μαλιακό Κόλπο μέχρι απέναντι από την ακτή της Ραφήνας όπου χωρίζεται με αυτήν με τον Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, τον πορθμό του Ευρίπου στο ύψος της Χαλκίδας και τον Νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Το σχήμα της είναι μακρόστενο με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και με συνολικό μήκος 180 χλμ. και πλάτος που κυμαίνεται από 8-50 χλμ. Πιο συγκεκριμένα, στα βορειοδυτικά χωρίζεται από τη Φθιώτιδα και τη Μαγνησία, νότια από τη Βοιωτία και την Αττική και νοτιοανατολικά από την Άνδρο. Στο βόρειο τμήμα της βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος. Ο Ν. Ευβοίας περιλαμβάνει 8 δήμους (Πίνακας 5.1), ενώ η πρωτεύουσα του νησιού είναι η Χαλκίδα, η οποία βρίσκεται πολύ κοντά με την ηπειρωτική Ελλάδα όπου ενώνεται οδικώς (Wikipedia.org).

ΔΗΜΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (2021)
ΧΑΛΚΙΔΕΩΝ	109.256
ΔΙΡΦΥΩΝ-ΜΕΣΣΑΠΙΩΝ	15.934
ΕΡΕΤΡΙΑΣ	12.652
ΙΣΤΙΑΙΑΣ-ΑΙΔΗΨΟΥ	19.396

ΚΑΡΥΣΤΟΥ	11.903
ΚΥΜΗΣ-ΑΛΙΒΕΡΙΟΥ	26.350
ΜΑΝΤΟΥΔΙΟΥ-ΛΙΜΝΗΣ-ΑΓΙΑΣ ΑΝΝΑΣ	12.235

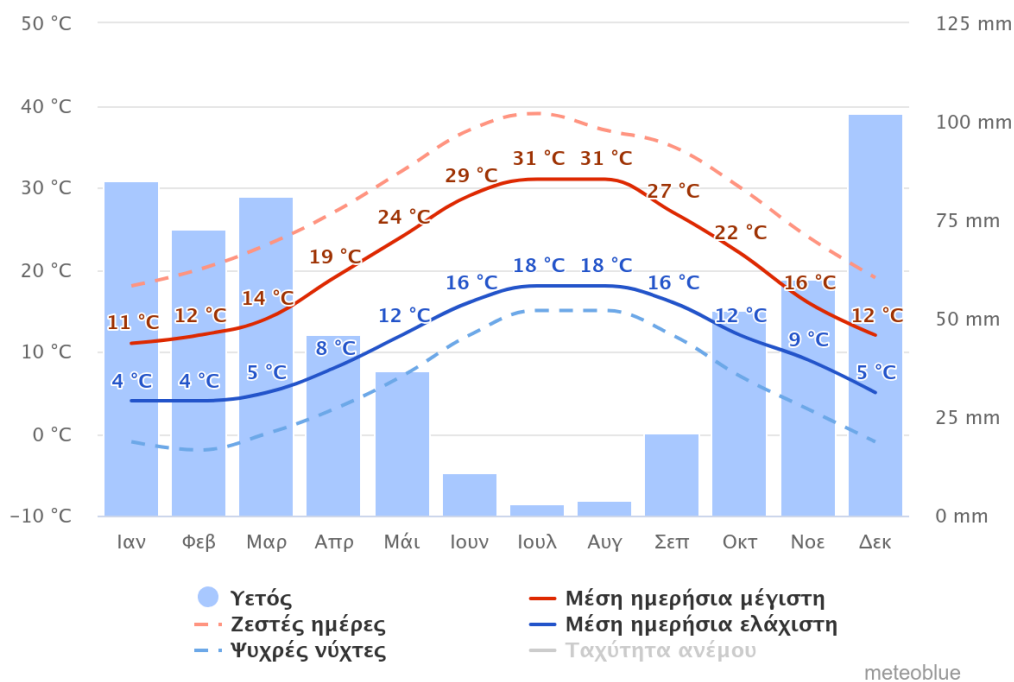
Πίνακας 5.1. Δήμοι και πληθυσμός του Ν. Ευβοίας (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2023)

5.1.1 Η Γεωλογία του Ν. Ευβοίας

Στο νησί της Εύβοιας κυριαρχούν τα σχιστολιθικά πετρώματα ενώ παρουσιάζει πολλές γεωλογικές διαπλάσεις. Επιπλέον, πολλές περιοχές καλύπτονται από ιζήματα του Νεογενούς, τα οποία με τη σειρά τους καλύπτουν παλαιότερα ιζήματα του Μεσοζωϊκού και της Πελαγονικής ζώνης. Αυτά τα Νεογενή ιζήματα περιλαμβάνουν λάσπη, γύψο, λιγνίτη και ποτάμιες αποθέσεις. Τέλος, ανάμεσα σε αυτά τα ιζήματα έχουν βρεθεί αρκετές απολιθωματοφόρες θέσεις, κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού (Wikipedia.org).

5.1.2 Το κλίμα της περιοχής

Το κλίμα της Εύβοιας είναι εύκρατο με αρκετές βροχοπτώσεις που ευνοούν την ανάπτυξη της βλάστησης (Wikipedia.org). Στο Διάγραμμα 5.1 εμφανίζεται ο μέσος όρος των θερμοκρασιών και του ύψους του νετού ανά μήνα για δεδομένα που συλλέχθηκαν τα τελευταία 30 χρόνια.



Διάγραμμα 5.1. Μέσες θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις στην περιοχή της Εύβοιας τα τελευταία 30 έτη. (Πηγή: <https://www.meteoblue.com>)

5.1.3 Η Γεωμορφολογία και η βλάστηση της Εύβοιας

Η Εύβοια αποτελείται από μεγάλους ορεινούς όγκους όπως το Τελέθριο (970m) στα βόρεια, η Δίρφυς (1.743m) στα κεντρικά και η Όχη (1.398m) στα νότια του νησιού. Οι κύριες πεδινές περιοχές βρίσκονται στο Βόρειο τμήμα της Εύβοιας, γύρω από την Ιστιαία, ωστόσο, υπάρχουν πεδινές εκτάσεις τόσο στην περιοχή της Χαλκίδας όσο και στη λεκάνη Κύμης-Αλιβερίου. Το μεγαλύτερο ποτάμι του νησιού είναι ο Λήλας που πηγάζει από την Δίρφυ και διασχίζει την πεδιάδα της Χαλκίδας και καταλήγει στο Νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Επιπλέον, εκτός από τις μεγάλες πεδιάδες των Ψαχνών και Ληλαντίων, υπάρχουν και πιο μικρές κοιλάδες και παράκτιες λωρίδες ορμίσκων, σπήλαια (π.χ. Κύμης), καταρράκτες και απολιθωμένο δάσος (Μαστρογιάννη, 2019).

Η χλωρίδα της Εύβοιας είναι αρκετά πλούσια ενώ περιλαμβάνει και σπάνια είδη φυτών που την κατατάσσουν σε ένα από τα σημαντικότερα κέντρα χλωριδικής ποικιλότητας του Αιγαίου. Η Βόρεια Εύβοια έχει περισσότερη βλάστηση από την νότια με πιο χαρακτηριστικά τα πευκοδάση χαλεπίου και μαύρης πεύκης.

5.2 Η περιοχή μελέτης-B. Εύβοια

Η περιοχή μελέτης αφορά ένα μεγάλο μέρος του βόρειου τμήματος της Περιφερειακής Ενότητας της Εύβοιας. Στη Βόρεια Εύβοια ανήκουν οι δήμοι Μαντουδίου-Λίμνης-Αγίας Άννας και Ιστιαίας-Αιδηψού.

Ο Δήμος Μαντουδίου-Λίμνης-Αγίας Άννας βρίσκεται στη βορειοανατολική Εύβοια και έχει έδρα την Λίμνη. Περιλαμβάνει τις Δημοτικές Ενότητες Ελυμνίων, Νηλέως και Κηρέως (Εικόνα 5.1). Στα βόρεια συνορεύει με το Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού, στα νότια με το Δήμο Διρφύων-Μεσσαπίων ενώ δυτικά βρέχεται από το βόρειο Ευβοϊκό κόλπο και ανατολικά από το Αιγαίο Πέλαγος (Δήμος Μαντουδίου-Λίμνης-Αγίας Άννας, 2023). Σύμφωνα με την απογραφή του 2021, ο πληθυσμός του Δήμου ανέρχεται στους 12.235 κατοίκους ενώ η έκτασή του είναι 585,39 km². Στο βόρειο κομμάτι του, στα σύνορα με τον Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού, βρίσκεται το όρος Ξηρό από όπου πηγάζει και ο ποταμός Νηλέας με το ομώνυμο καταρράκτη του. Στην περιοχή της Λίμνης βρίσκεται το όρος Καντήλι (1.225m) όπου υπάρχει ένα μεγάλο πευκοδάσος με πλούσια βλάστηση και πολλά είδη πτηνών. Ο ποταμός Κηρέας, είναι ο δεύτερος ποταμός του Δήμου και βρίσκεται κοντά στην Αγία Άννα. Στον

ποταμό αυτό, εκτείνεται και ένα πλατανόδασος με χαρακτηριστικό το διάσημο Γεροπλάτανο, ο οποίος αποτελεί το μεγαλύτερο και γηραιότερο δέντρο της Βαλκανικής Χερσονήσου (Wonder Greece, N. Ευβοίας, 2023).



Εικόνα 5.1. Χάρτης του Δήμου Μαντουδίου-Λίμνης-Αγίας Άννας (Πηγή: Wikipedia)

Στο βορειότερο τμήμα του νησιού ανήκει και ο Δήμος Ιστιαίας-Αιδηψού όπου περιλαμβάνει τις δημοτικές ενότητες Ιστιαίας, Αιδηψού, Αρτεμισίου, Ωρεών και Λιχάδας (Εικόνα 5.2). Στα Ανατολικά, βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος, δυτικά από τον Ευβοϊκό κόλπο και στα βόρεια βρίσκονται τα δύο Στενά του Αρτεμισίου και Ωρεών-Τρικεριού. Ο Δήμος με έδρα την Ιστιαία έχει έκταση 499,32 km² ενώ ο πληθυσμός του υπολογίζεται στους 19.396 κάτοικους. Χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλό υψόμετρο με το όρος Τελέθριο (970m) να βρίσκεται ανάμεσα στην Ιστιαία και την Αιδηψό και το όρος Ξηρό όπως αναφέρθηκε, που βρίσκεται στα σύνορα των δύο Δήμων (Wonder Greece, N. Ευβοίας, 2023).



Εικόνα 5.2. Χάρτης του Δήμου Ιστιαίας-Αιδηψού (Πηγή: Wikipedia)

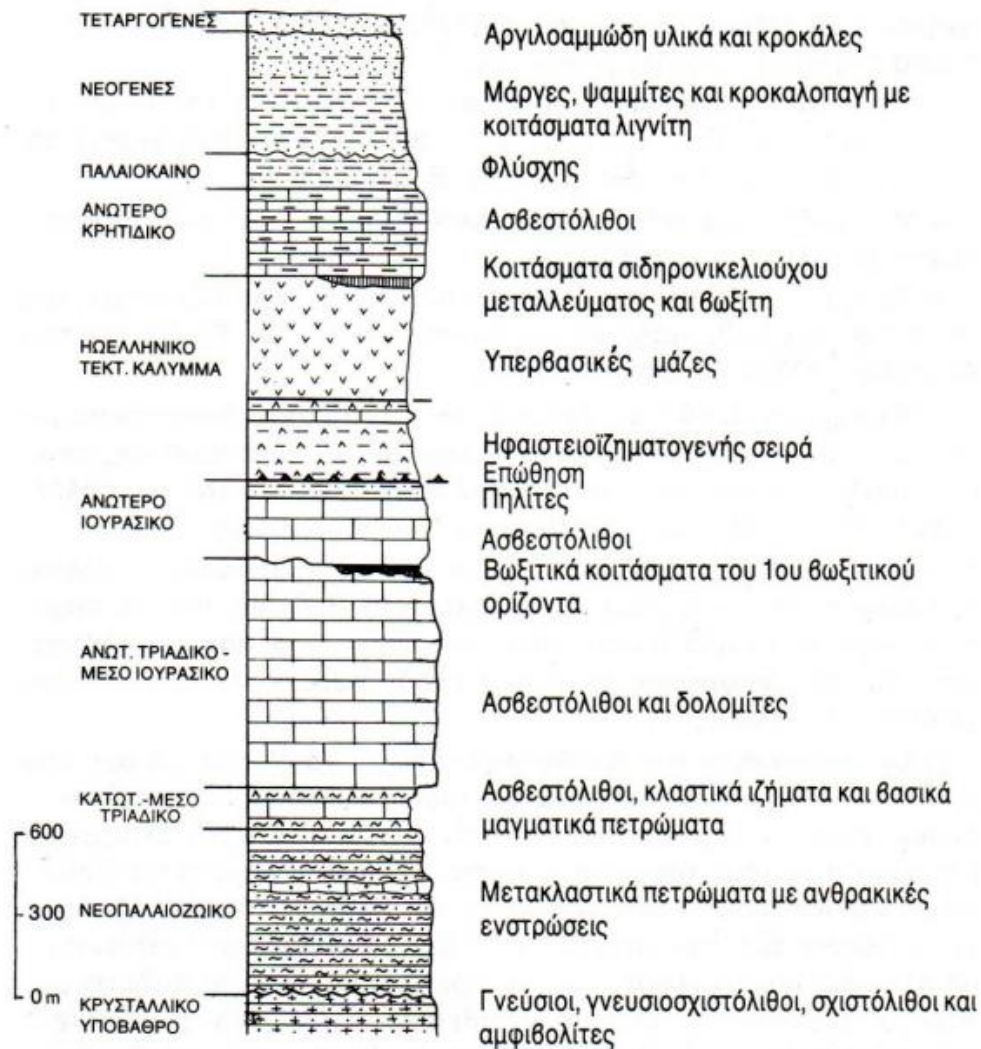
5.2.1 Η Γεωλογία της Β. Εύβοιας

Η Βόρεια Εύβοια ανήκει στην Πελαγονική ζώνη μη μεταμορφωμένων σχηματισμών. Επομένως, τα πετρώματα που κυριαρχούν είναι οι βιοτικοί και διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι και γνευσιοσχιστόλιθοι, οι οποίοι εμφανίζονται στην περιοχή Γαλατσάδων-Αιδηψού, νεοπαλαιοζωϊκοί σχηματισμοί όπως ψαμμίτες, αρκόζες και αργιλικόι σχιστόλιθοι, ασβεστόλιθοι οι οποίοι απαρτίζουν τους ορεινούς όγκους του Ξηρού όρους, σερπεντινωμένοι περιδοτίτες (οφιόλιθοι), πετρώματα με βαρέα μέταλλα που δημιουργούν αβαθή και μη γόνιμα εδάφη, νεογενείς αποθέσεις στις ιζηματογενείς λεκάνες (Λίμνης-Ιστιαίας), που αποτελούνται από κροκαλοπαγή, μάργες και άμμο, ενώ συμμετέχει και μεγάλο ποσοστό λιγνίτη (ανάπτυξη Χαλεπίου πέυκης) και τέλος, τεταρτογενείς αποθέσεις στις περιοχές της Ιστιαίας και του Μαντουδίου, οι οποίες οφείλουν τον σχηματισμό τους στους ποταμούς Ξηριά, Κηρέα και Νηλέα (Τρίγκας, 2003, Πρόγραμμα Ανασυγκρότησης της Βόρειας Εύβοιας, 2022).

Στην Εικόνα 5.3 παρουσιάζεται μία τυπική στρωματογραφική στήλη της Κεντρικής και Βόρειας Εύβοιας η οποία περιλαμβάνει:

- Ένα παλαιοζωϊκό κρυσταλλικό υπόβαθρο.
- Νεοπαλαιοζωϊκούς ημιμεταμορφωμένους, κυρίως κλαστικούς, σχηματισμούς.

- Σχηματισμούς του Κατώτερου-Μέσου Τριαδικού (κλαστικούς σχηματισμούς, εκρηξιγενή πετρώματα και ασβεστόλιθους).
- Μη μεταμορφωμένους ανθρακικούς σχηματισμούς του Μέσου-Ανώτερου Τριαδικού-Ανώτερου Ιουρασικού.
- Επωθημένες μεγάλες μάζες οφιολιθικών πετρωμάτων, πάνω στους προηγούμενους σχηματισμούς, που συνοδεύονται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας (Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα).
- Επικλυσιγενείς μεσο-ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους.
- Παλαιοκαινικό φλύσχη.



Εικόνα 5.3. Στρωματογραφική στήλη της Πελαγονικής ζώνης της Κεντρικής και Βόρειας Εύβοιας (Κατσικάτσος Γ.Χ., 1992)

5.2.2 Το κλίμα και η βλάστηση της περιοχής

Στην περιοχή μελέτης, η θερμοκρασία διαφέρει αρκετά ανάμεσα στους καλοκαιρινούς και χειμερινούς μήνες ενώ τα επίπεδα βροχόπτωσης είναι περίπου 600 mm. Οι άνεμοι πλέουν προς τα βορειοανατολικά του νησιού με αποτέλεσμα να επιδρούν σημαντικά στο κλίμα της Β. Εύβοιας. Για παράδειγμα, το κλίμα στις ανατολικές περιοχές είναι πολύ διαφορετικό σε σχέση με το κλίμα που επικρατεί στα δυτικά. Συγκεκριμένα, στα ανατολικά, υπάρχουν πιο έντονες βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις, χαμηλότερη θερμοκρασία και μεγαλύτερη ένταση των βόρειων ανέμων (Πρόγραμμα Ανασυγκρότησης της Βόρειας Εύβοιας, 2022) .

Το βιοκλίμα της περιοχής, ειδικά το ορεινό, ανήκει στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο, με ψυχρούς χειμώνες, ενώ οι πιο πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές ανήκουν στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με ήπιους χειμώνες (Μαυρομάτης, 1980).

Όσον αφορά τη χλωρίδα, η Βόρεια Εύβοια χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα πλούσια βλάστηση με 1.663 αυτοφυή είδη. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στην συνύπαρξη ηπειρωτικών και Αιγαιακών στοιχείων όσο και στην γεωμορφολογία της περιοχής. Οι πιο χαρακτηριστικοί τύποι βλάστησης που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης είναι οι θαμνώδεις εκτάσεις, τα πευκοδάση χαλεπίου και μαύρης πεύκης, τα ελαιοδάση και δρυοδάση και πιο σπάνια η Ευβοϊκή Δρυ. Επιπλέον, στην ευρύτερη περιοχή της Β. Εύβοιας εντοπίζονται 5 προστατευόμενες περιοχές του Δικτύου Natura 2000, από τις οποίες οι 4 είναι χερσαίες και μία θαλάσσια. Τέλος, το Απολιθωμένο Δάσος Κερασιάς αποτελεί έναν σημαντικό Γεώτοπο της περιοχής καθώς συμπεριλαμβάνεται σε ένα από τα πιο πλούσια απολιθωμένα δάση της Ευρώπης (Πρόγραμμα Ανασυγκρότησης της Βόρειας Εύβοιας, 2022) .

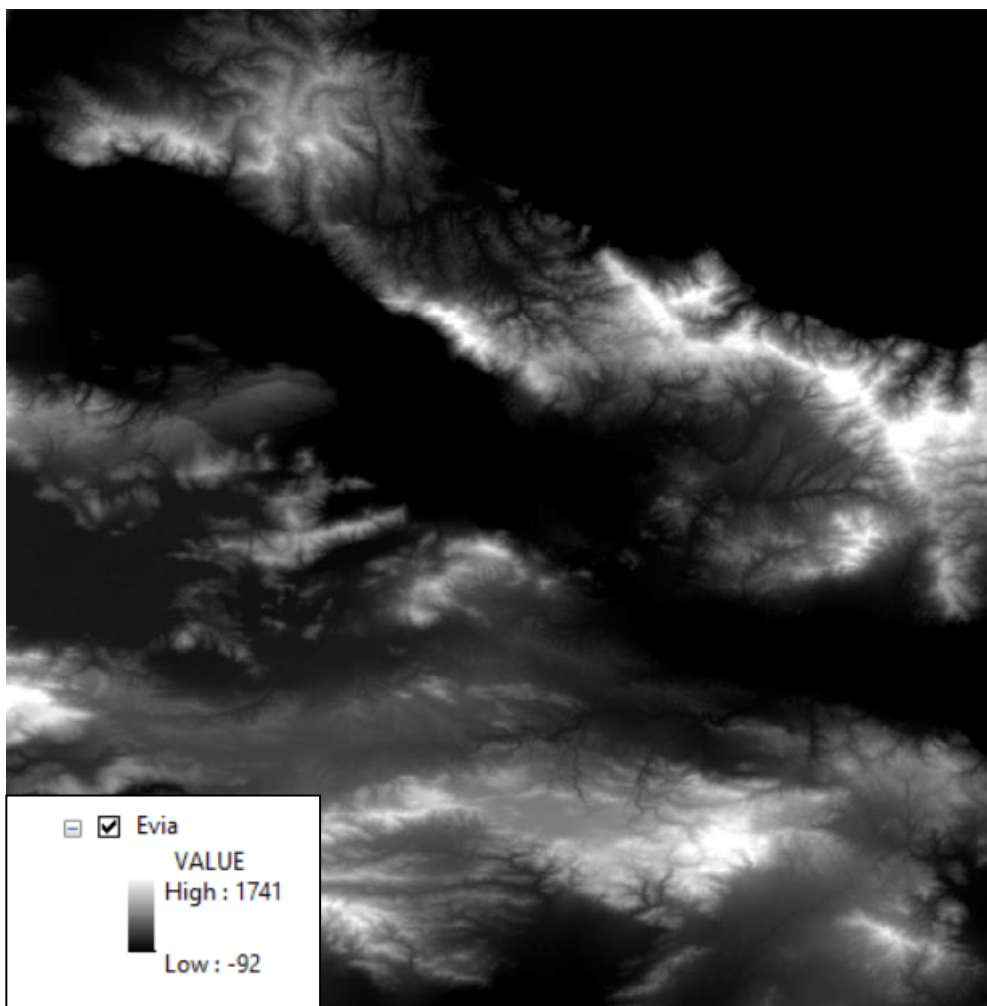
5.2.3 Η Γεωμορφολογία της περιοχής

Το ανάγλυφο της Β. Εύβοιας χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλό υψόμετρο το οποίο υψώνεται σταδιακά από τα ανατολικά προς τα δυτικά, με υψηλότερο σημείο τα βουνά Τελέθριο, Καβαλλάρης και Ξηρό. Οι δύο μεγάλες χαραδρώσεις των ποταμών Νηλέας και Σηπιάς, που πηγάζουν από το όρος Ξηρό, δημιουργούν την μορφολογική τομή που χαρακτηρίζει το νότιο άκρο της περιοχής και την ανύψωση των όγκων της Κεντρικής Εύβοιας, με πιο σημαντικό στοιχείο, το όρος Καντήλι (wikipedia).

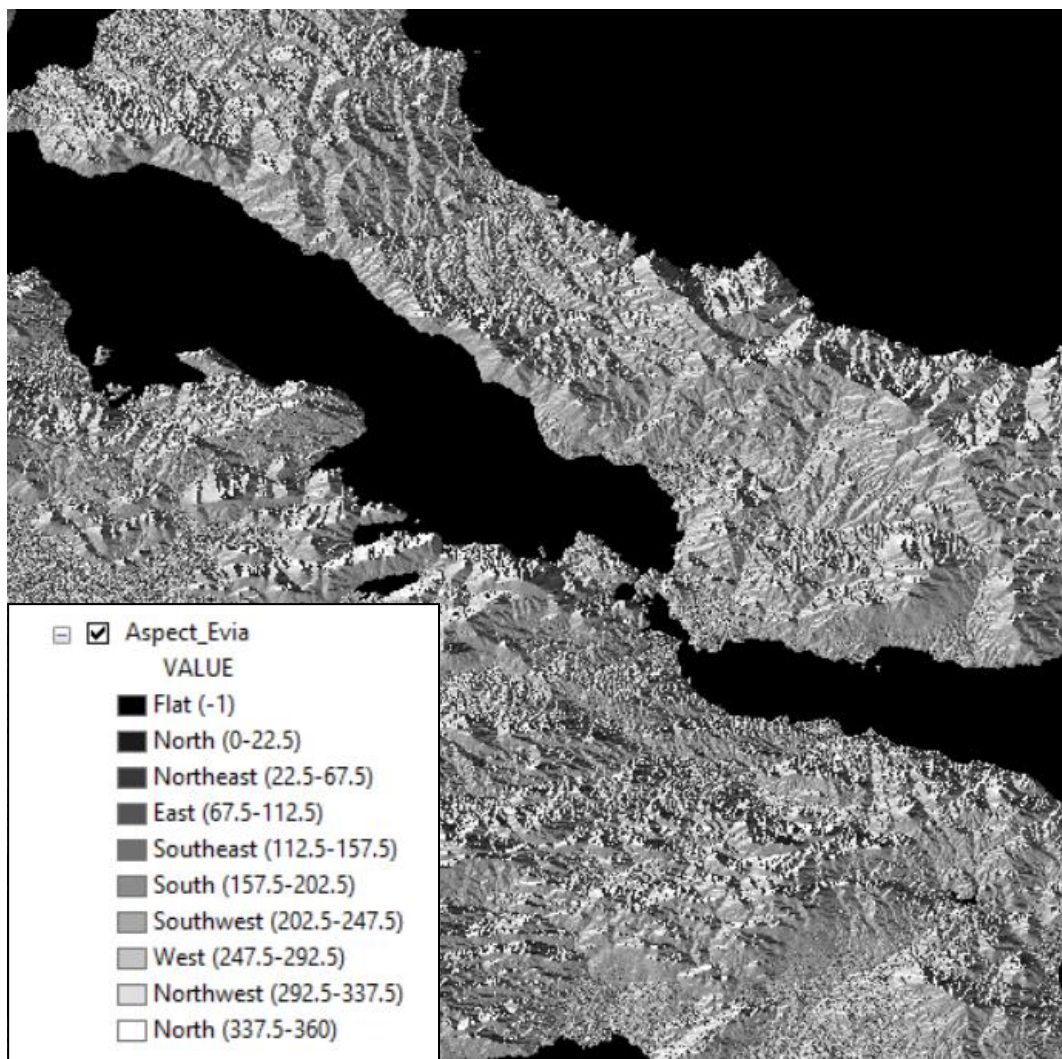
Από την υπηρεσία Earth Explorer USGS πάρθηκε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Εικόνα 5.4). Το αρχικό αρχείο ψηφιακού μοντέλου εδάφους περιελάμβανε μία μεγαλύτερη έκταση, οπότε

το αρχείο κόπηκε στα όρια της περιοχής μελέτης. Οι τιμές του αναφέρονται στο υψόμετρο της περιοχής.

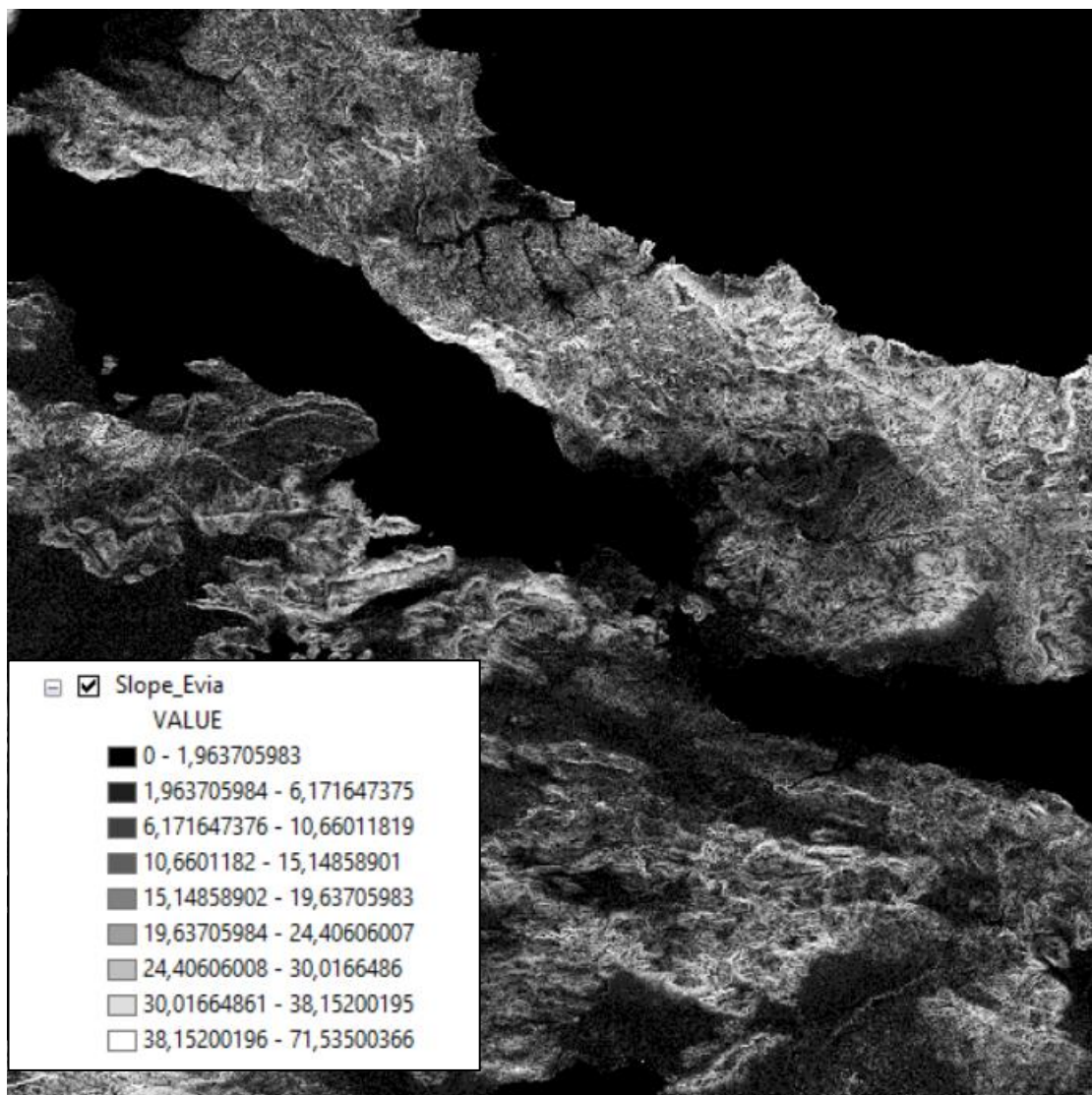
Έπειτα, οι δύο χάρτες δημιουργήθηκαν στο λογισμικό Arcmap με τη χρήση των εντολών (Raster Surface→Aspect) και (Raster Surface→Slope). Ως αρχείο εισόδου έχει χρησιμοποιηθεί το αρχείο του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Ο Εικόνα 5.5 μας δείχνει τον προσανατολισμό των πρηνών ενώ ο Εικόνα 5.6 την κλίση τους.



Εικόνα 5.4. Χάρτης υψομέτρου της περιοχής της Εύβοιας (Επεξεργασία ίδια).



Εικόνα 5.5. Χάρτης προσανατολισμού των πρανών στην περιοχή της Εύβοιας (Επεξεργασία ίδια).



Εικόνα 5.6. Χάρτης κλίσεων των πρανών στην περιοχή της Εύβοιας (Επεξεργασία ίδια).

Επιπλέον, από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM) του Ελληνικού Κτηματολογίου, προέκυψαν τα δεδομένα για το υψόμετρο και τις κλίσεις της πληγείσας περιοχής. Αναλυτικά, το ελάχιστο υψόμετρο, βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσα (0 μ.) ενώ το μέγιστο στα 989 μ. Το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 35%) βρίσκεται σε υψόμετρο από 200-400 μ. (Πίνακας 5.2) Όσον αφορά τις κλίσεις της περιοχής, οι τιμές ποικίλουν με τη μέση κλίση να βρίσκεται στο 32,8% (Πίνακας 5.3) (ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021).

A/A	Υψόμετρο (μ.)	Έκταση (στρ)	Ποσοστό
1	0-100	66.995,19	13,08%
2	100-200	121.905,09	23,81%
3	200-400	176.031,03	34,38%
4	400-600	100.521,64	19,63%
5	>600	46.577,63	9,10%

ΣΥΝΟΛΟ	512.030,59	100,00%
--------	------------	---------

Πίνακας 5.2. Κλάσεις υψομέτρου πληγείσας περιοχής (ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος)

A/A	Κλίση (%)	Έκταση (στρ)	Ποσοστό
1	0-10	57.117,43	11,16%
2	10-20	105.269,38	20,56%
3	20-30	104.832,38	20,47%
4	30-40	84.572,99	16,52%
5	40-50	62.675,64	12,24%
6	>50	97.562,76	19,05%
	ΣΥΝΟΛΟ	512.030,59	100,00%

Πίνακας 5.3. Κατηγορίες κλίσεων στην πληγείσα περιοχή (ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος)

5.2.4 Η Υδρογεωλογία της περιοχής

Η Εύβοια υπάγεται στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Αναλυτικά, το ΥΥΣ Ιστιαίας-Λίμνης είναι κοκκώδους υδροφορίας και αναπτύσσεται στις μάζες των νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων που σχηματίζουν την περιοχή της Β. Εύβοιας μεταξύ Ιστιαίας, Λίμνης και δυτικά των Κεχριών της Αγίας Άννας και των Βασιλικών έως το Ακρωτήριο Αρτεμίσιο. Το σύστημα αυτό τροφοδοτείται από την κατείσδυση του νερού από τον Ξηροπόταμο, από διαφορετικές πηγές και από πλευρικές μεταγγίσεις του νερού από καρστικούς υδροφορείς ενώ η εκφόρτιση του συστήματος γίνεται προς τη θάλασσα. Σύμφωνα με το 1^ο Σχέδιο Διαχείρισης, το σύστημα ταξινομήθηκε σε καλή ποιοτική κατάσταση, με λίγο αυξημένη την παράμετρο του μαγνησίου εξαιτίας της λιθολογικής δομής. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι στην παράκτια περιοχή υπάρχουν ορισμένες εκτάσεις ζωνών υφαλμύρινσης. Οι κύριες χρήσεις γης είναι κατά βάση αγροτικές ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις χρήσεις μόνιμης ή παραθεριστικής κατοικίας. Η άντληση του συστήματος χρησιμεύει κυρίως για αρδευτικούς ή υδρευτικούς σκοπούς (Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, ΥΠΕΝ).

Το ΥΥΣ Βασιλικών-Νηλέα αποτελείται από διαφορετικούς υδροφόρους ορίζοντες που υπάρχουν στην περιοχή της Β. Εύβοιας, ανάμεσα στα Βασιλικά και το όρος Καντήλι. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από χαμηλό και πολυσχιδές ανάγλυφο με μικρές πεδιάδες. Λόγω του ασβεστολιθικού υποβάθρου της Υποπελαγονικής ζώνης και των οφιολίθων, στο σύστημα αναπτύσσονται κοκκώδεις υπόγειες υδροφορίες, ρωγματική υδροφορία στη μάζα

των οφιολίθων και καρστική υδροφορία λόγω των ανθρακικών πετρωμάτων. Και οι τρεις υδροφόροι του συστήματος επικοινωνούν με τη θάλασσα. Με βάση το 1^ο Σύστημα Διαχείρισης, και αυτό το σύστημα ταξινομήθηκε σε καλή ποιοτική κατάσταση αλλά υπάρχουν και εδώ αυξημένες τιμές μαγνησίου εξαιτίας της λιθολογίας της περιοχής. Οι χρήσεις γης είναι κατά βάση αγροτικές, ενώ υπάρχουν και εκτάσεις με φυσική βλάστηση. Επιπλέον, στην συγκεκριμένη περιοχή υπάρχουν δύο ενεργά μεταλλεία εξόρυξης λευκόλιθου. Το σύστημα αντλείται για αρδευτική και υδρευτική χρήση (Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, ΥΠΕΝ).

Επόμενο είναι το ΥΥΣ Μαντουδίου το οποίο περιλαμβάνει διαφορετικής μορφής υδροφορίες με πιο σημαντική την ρωγματική υδροφορία που αναπτύσσεται σε οφιολίθους και σχιστοκερατολιθικά πετρώματα, στους ασβεστόλιθους της Υποπελαγονικής και στα τριτογενή ιζήματα της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κηρέα. Και αυτό το σύστημα ταξινομήθηκε σε καλή ποιοτική κατάσταση ενώ υπάρχουν αυξημένες τιμές μαγνησίου εξαιτίας της λιθολογικής κατάστασης. Οι χρήσεις γης είναι κατά βάση αγροτικές, ενώ υπάρχουν και εκτάσεις με φυσική βλάστηση (Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, ΥΠΕΝ).

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι όλα τα υδροσημεία του συστήματος βρίσκονται σε καλή κατάσταση (ποιοτική), επομένως και η ποιότητα του υπόγειου νερού χαρακτηρίζεται ως καλή. Δεν εντοπίστηκαν υψηλές τιμές σε χλωριόντα με αποτέλεσμα παρά την συνεχή έκθεση του συστήματος στην ακτογραμμή, να μην αναπτύσσονται συνθήκες υφαλμύρινσης. Ταυτόχρονα, δεν εμφανίζονται προβλήματα νιτρορύπανσης. Όσον αφορά την ποσοτική κατάσταση των υδροσημείων, αυτή ταξινομήθηκε ως καλή (Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, ΥΠΕΝ).

5.2.5 Η παραγωγική δραστηριότητα

Το δάσος είναι η κύρια πηγή του πρωτογενούς τομέα παραγωγής, όπως για παράδειγμα της μελισσοκομίας, υλοτομίας, κτηνοτροφίας κ.α. ενώ επιπρόσθετα συμβάλλει στην αύξηση του τουρισμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων της Βόρειας Εύβοιας ασχολούνται κυρίως με την πρωτογενή παραγωγή. Επιπλέον δραστηριότητες αφορούν την φυτική παραγωγή, δηλαδή η καλλιέργεια ελιάς, σύκου και η αμπελουργία. Πολύ σημαντικό ρόλο στην οικονομία, διαδραματίζουν και οι αλιευτικές δραστηριότητες. Σχετικά με την εξορυκτική βιομηχανία, σε αντίθεση με παλαιότερα, σήμερα είναι σχεδόν ανύπαρκτη, με εξαίρεση

κάποιες λιγοστές εξορύξεις λευκόλιθου στην περιοχή του Κάκαβου. Φυσικά, δεν λείπει και ο τουρισμός, ο οποίος είναι ιδιαίτερα αυξημένος σε ολόκληρο το νησί με πιο σημαντικά κέντρα να είναι οι παραθαλάσσιες περιοχές του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου όπως η Αιδηψός, η Λίμνη, οι Ροβιές κ.α. (Πρόγραμμα Ανασυγκρότησης της Βόρειας Εύβοιας, 2022) .

5.3 Οι πυρκαγιές στην Ελλάδα το 2021

Η περίοδος των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα το 2021 ξεκίνησε με εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες στις περισσότερες περιοχές της χώρας. Τα επίπεδα βροχοπτώσεων, ειδικά τον μήνα Μάιο, ήταν σχεδόν μηδενικά κυρίως στη νότια ηπειρωτική χώρα.

Επιπλέον, το καλοκαίρι του 2021, από τα μέσα Ιουλίου έως και το τέλος Αυγούστου, χαρακτηρίζεται από ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες στα βόρεια και κεντρικά ηπειρωτικά μέρη της χώρας, με τη μέγιστη θερμοκρασία να αγγίζει τους 46°C. Κατά την περίοδο αυτή, σημειώθηκε και ο μεγαλύτερος καύσωνας, από άποψη διάρκειας, για τα τελευταία 35 χρόνια. Ο ξηρός αέρας είχε επίσης, οδηγήσει στην ξηρασία της βλάστησης, γεγονός που οδήγησε στην ταχεία ανάφλεξη και εξάπλωση της φωτιάς. Εξαιτίας της περιόδου ξηρασίας λοιπόν, αυξήθηκε και ο κίνδυνος πυρκαγιάς με αποτέλεσμα να καταγραφούν καταστροφικές πυρκαγιές μεταξύ 3-11 Αυγούστου (European Forest Fire Information System).

Σύμφωνα με τις πληροφορίες που ελήφθησαν από τις τοπικές Δασικές υπηρεσίες και το Εθνικό παρατηρητήριο Δασικών πυρκαγιών, ο συνολικός αριθμός των πυρκαγιών που καταγράφηκαν σε όλη την Ελλάδα ήταν 118 με την συνολική καμένη έκταση να αγγίζει τα 125913,96 εκτάρια (Εικόνα 5.7).



Εικόνα 5.7. Χάρτης πυρκαγιών Ελλάδος 2021 (Πηγή: : Aristotle University of Thessaloniki-Laboratory of Forest Management and Remote Sensing, <http://epadap.web.auth.gr>).

Πιο αναλυτικά, οι πιο σημαντικές δασικές πυρκαγιές καταγράφονται:

- 1 Αυγούστου στην Ρόδο
- 3 Αυγούστου στην Ανατολική Μάνη
- 3-6 Αυγούστου στην Αττική
- 3-11 Αυγούστου στην περιοχή της Βόρειας Εύβοιας
- 4-5 Αυγούστου στην Αρχαία Ολυμπία
- 8 Αυγούστου στην Αρκαδία (European Forest Fire Information System).

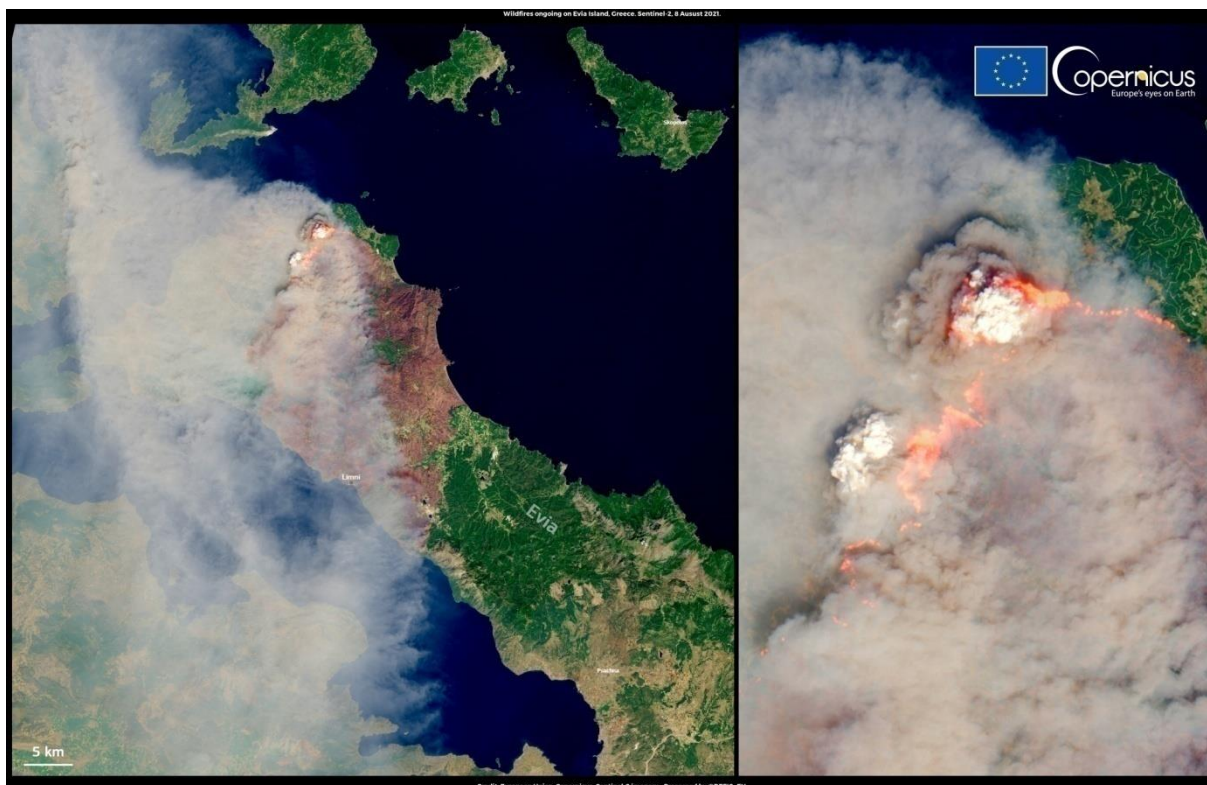
Με βάση αυτά τα αποτελέσματα, το καλοκαίρι του 2021 χαρακτηρίστηκε ως η χειρότερη περίοδος μεταξύ του 2008-2021, καθώς η συνολική καμένη έκταση του 2021, προσεγγίζει το άθροισμα των καμένων εκτάσεων της πιο πρόσφατης οκταετίας (2013-2020) κατατάσσοντας την Ελλάδα πρώτη ανάμεσα σε 15 χώρες της Μεσογείου (<https://dasarxeio.com>). Από τις συνολικές καμένες εκτάσεις, τα 10.453 εκτάρια αντιστοιχούν σε περιοχές Natura 2000, δηλαδή το 8% της συνολικής καμένης έκτασης και το 0,29% της συνολικής έκτασης των

καμένων περιοχών Natura 2000. Τέλος, από τις χαρτογραφημένες εκτάσεις, τα 50189.91 εκτάρια ανήκουν στην πυρκαγιά που ξέσπασε στην περιοχή της Βόρειας Εύβοιας, η οποία χαρακτηρίζεται ως η μεγαλύτερη πυρκαγιά όλων των ευρωπαϊκών χωρών το 2021 (EFFIS).

5.4 Η πυρκαγιά στην Βόρεια Εύβοια

Το μεσημέρι της 3^{ης} Αυγούστου 2021, σύμφωνα με το Πυροσβεστικό Σώμα, ξεκίνησε μία πυρκαγιά από το χωριό Κριεζιά του Δήμου Κύμης-Αλιβερίου. Ταυτόχρονα ξεκίνησε και μία άλλη πυρκαγιά κοντά στον οικισμό Λίμνη, στα ανατολικά της Β. Εύβοιας. Σύμφωνα με τα δεδομένα από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, που αφορούσαν το μετεωρολογικό σταθμό Βατερή, ο οποίος βρίσκεται βόρεια της Λίμνης σε υψόμετρο 130m, εκείνη την ημέρα, η θερμοκρασία στην περιοχή ήταν ακραία υψηλή με μέγιστη τους 41°C στις 2μ.μ. και με μέγιστη ταχύτητα ανέμου τα 46 km/h (Μάντζαρης, 2023). Εξαιτίας της μεγάλης έντασης, η φωτιά επεκτάθηκε γρήγορα και προς το εσωτερικό του νησιού. Έτσι, δόθηκαν εντολές για εκκένωση 8 περιοχών έως τις 4 Αυγούστου ενώ μέχρι το βράδυ, η φωτιά είχε εξαπλωθεί σε 4 μεγάλα μέτωπα με διαφορετικές κατευθύνσεις. Την επόμενη ημέρα, στις 5 Αυγούστου, τα μέτωπα είχαν ενωθεί όπου και η φωτιά είχε καλύψει σχεδόν όλο το βόρειο τμήμα του νησιού, ενώ περιοχές όπως το Μαντούδι, που είχαν ξεφύγει από την πυρκαγιά, απειλούνταν και πάλι. Τις επόμενες μέρες, το Λιμενικό προσπάθησε να εκκενώσει τις περιοχές από τη θάλασσα. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι την ίδια περίοδο, είχαν ξεσπάσει πυρκαγιές και σε άλλες περιοχές της χώρας, όπως η πυρκαγιά που έπληξε την Βαρυπόμπη στην Αττική, στην οποία είχαν επικεντρωθεί όλες οι πυροσβεστικές δυνάμεις καθώς η φωτιά απειλούσε κατοικημένες περιοχές. Δυστυχώς, η πυρκαγιά στην Βόρεια Εύβοια δεν έλαβε την απαραίτητη προσοχή με αποτέλεσμα να συνεχιστεί για ακόμα 8 μέρες μέχρι που έσβησε στη θάλασσα. (Xanthopoulos, 2022).

Με τη βοήθεια του δορυφόρου Copernicus Sentinel-2, αποτυπώνεται η πυρκαγιά στις 8 Αυγούστου του 2021, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.8.



Εικόνα 5.8. Η Β. Εύβοια στις 8 Αυγούστου 2021 (Πηγή:
<https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/evia-wildfire-greece>)

Η πολιτική που εφαρμόστηκε είχε ως στόχο την αποφυγή της απώλειας των ανθρώπινων ζωών. Έτσι λοιπόν, τέθηκε σε εφαρμογή η απομάκρυνση των κατοίκων με τη βοήθεια του 112 της Πολιτικής Προστασίας με αποτέλεσμα οι δυνάμεις της Πυροσβεστικής να προσπαθούν να σώσουν τις περιουσίες των πολιτών, χωρίς όμως τα αναμενόμενα αποτελέσματα, καθώς η πυρκαγιά δεν μπορούσε να περιοριστεί. Η πυρκαγιά στην Βόρεια Εύβοια με σχεδόν 520.000 στρέμματα καμένων εκτάσεων, θεωρείται ίσως η πιο καταστροφική πυρκαγιά της Ελλάδος (Xanthopoulos, 2022).

Η καταστροφή αφορά περισσότερο τους Δήμους Ιστιαίας-Αιδηψού και Μαντουδίου-Λίμνης-Αγίας Άννας που ανήκουν στα Δασαρχεία Λίμνης και Ιστιαίας αντίστοιχα. Η Έκθεση Πυρκαγιάς του Δασαρχείου Λίμνης, σχετικά με τον Δήμο Λίμνης - Μαντουδίου – Αγίας Άννας αναφέρει ότι έχει καεί περίπου το 77% της συνολικής του έκτασης ενώ στο Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού έχει καεί περίπου το 62%. Συγκεκριμένα, από τα 520.000 στρέμματα, τα 382.000 ήταν εκτάσεις που αντιστοιχούν στο 74% της συνολικής περιοχής με το μεγαλύτερο τμήμα της να καλύπτεται από κωνοφόρα και πλατύφυλλα είδη. Τα δάση μαύρης πεύκης είναι αυτά που καταστράφηκαν σχεδόν εξ ολοκλήρου καθώς κατάφερε να διασωθεί μόνο το 6,3%

της επιφάνειάς τους. Όσον αφορά τα δάση χαλέπιας πεύκης διασώθηκε μόνο το 10% ενώ από τα δάση πλατύφυλλης δρυός καταστράφηκε σχεδόν το 50% (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι περιοχές αυτές ήταν πρώτες σε παραγωγή ρητίνης στην Ελλάδα πριν την καταστροφή, παράγοντας το 85% της ρητίνης στην χώρα μας. Μετά την πυρκαγιά, ο κλάδος αυτός τείνει να εξαφανιστεί, με αποτέλεσμα να σταματήσει η παραγωγή ρητίνης για τα επόμενα 20 έτη (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

Στην Εικόνα 5.9 απεικονίζεται η περιοχή της Β. Εύβοιας πριν την πυρκαγιά ενώ η Εικόνα 5.10 δείχνει την καταστροφή 10 μέρες μετά την πυρκαγιά.



Εικόνα 5.9. Η περιοχή της Β. Εύβοιας πριν την πυρκαγιά (1/8/21) (Πηγή: Copernicus.eu)



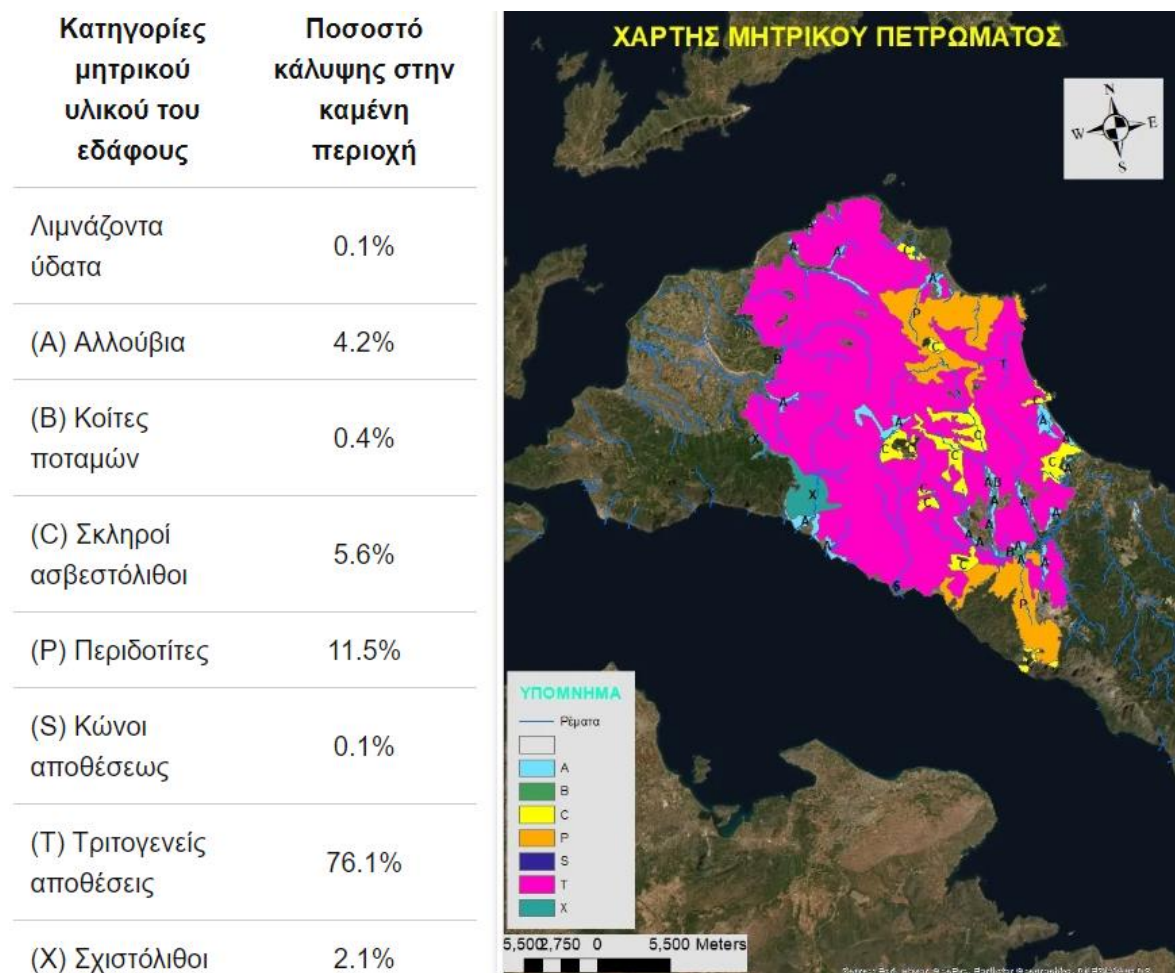
Εικόνα 5.10. Η περιοχή της Β. Εύβοιας 10 μέρες μετά την πυρκαγιά (13/8/21) (Πηγή: Copernicus.eu)

Από την Εικόνα 5.11 διαπιστώνεται ότι οι Τριτογενείς αποθέσεις αποτελούν το μητρικό πέτρωμα της περιοχής με ποσοστό 76,1%, γεγονός που δείχνει ότι τα εδάφη είναι μαλακά και γόνιμα. Για το λόγο αυτό, ο κίνδυνος διάβρωσης και κατά συνέπεια των πλημμυρικών φαινομένων είναι ιδιαίτερα υψηλός, κυρίως σε περιοχές με μεγάλες τοπογραφικές κλίσεις (Χάρτης 1) (Καούκης & Ξανθόπουλος, 2022).

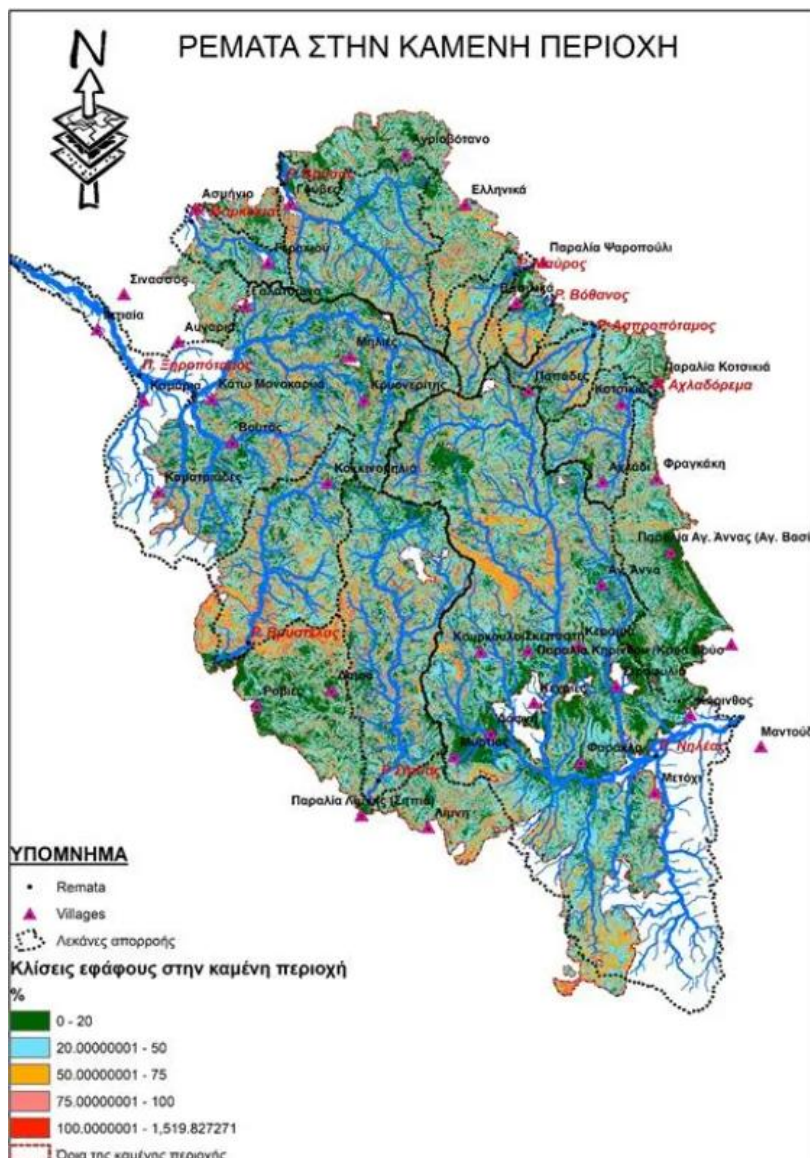
Σε επίπεδο λεκάνης απορροής, εξαιτίας της καταστροφής της βλάστησης στην καμένη περιοχή, έχει ως αποτέλεσμα τις παρακάτω διεργασίες διάβρωσης του εδάφους και κατ' επέκταση τη δημιουργία πλημμύρας (Μπαλούτσος κ.α., 2001).

- Δημιουργία υδρόφοβου στρώματος στο έδαφος εξαιτίας της καύσης οργανικών ουσιών και της διείδυσης χημικών ενώσεων. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της επιφανειακής απορροής.
- Αύξηση του ύψους βροχής στην επιφάνεια του εδάφους λόγω της απουσίας βλάστησης.
- Μείωση της ικανότητας συγκράτησης υγρασίας του εδάφους λόγω καύσης.
- Κατακερματισμός των εδαφικών συσσωματωμάτων λόγω μεγαλύτερης ενέργειας των σταγόνων βροχής.

- Ελάττωση της ταχύτητας διήθησης της βροχής στο έδαφος εξαιτίας απόφραξης των πόρων του.
- Αύξηση της επιφανειακής απορροής της λεκάνης.
- Μείωση της ικανότητας του εδάφους να αντιστέκεται στην παράσυρση από την επιφανειακή απορροή, εξαιτίας της απουσίας βλάστησης.
- Διάβρωση του πυθμένα και των πρανών της κοίτης των υδατορευμάτων και μεταφορά των υλικών προς τα κατόντη.
- Υπερχείλιση του υδατορεύματος, ιδίως σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ανθρωπογενής παρέμβαση.
- Ύπαρξη πλημμυρικών φαινομένων στην πεδινή περιοχή της λεκάνης (Μπαλούτσος κ.α., 2001).



Εικόνα 5.11. Χάρτης μητρικού πετρώματος της Β. Εύβοιας (Πηγή: Δασική υπηρεσία)



Εικόνα 5.12. Χάρτης λεκανών απορροής και ρεμάτων στην καμένη περιοχή Β. Εύβοιας (Πηγή: Καούκης & Ξανθόπουλος, 2022)

Οι επιπτώσεις αυτής της καταστροφής αφορούν κυρίως τον αυξημένο κίνδυνο πλημμυρών στους οικισμούς Ροβιές, Κρύα Βρύση, Νεοχώρι, Βασιλικά, Ιστιαία, Αρτεμίσιο αλλά και στους οικισμούς στα περίχωρα (Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2021). Στις λεκάνες των ποταμών Ξηριά και Νηλέα που περνούν από τις περιοχές της Ιστιαίας και της Κηρίνου αντίστοιχα, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πλημμυρικών φαινομένων. Επιπρόσθετα, είναι φανερό ότι η γεωμορφολογία της περιοχής θα αλλάξει ριζικά ενώ μεγάλο ποσοστό των καμένων εκτάσεων δεν θα μπορέσουν να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση, πριν από την πυρκαγιά, λόγω της δριμύτητας της φωτιάς, του έντονου γεωμορφολογικού αναγλύφου και της ταχύτατης διάβρωσης (<https://eniameta.diazoma.gr/>).

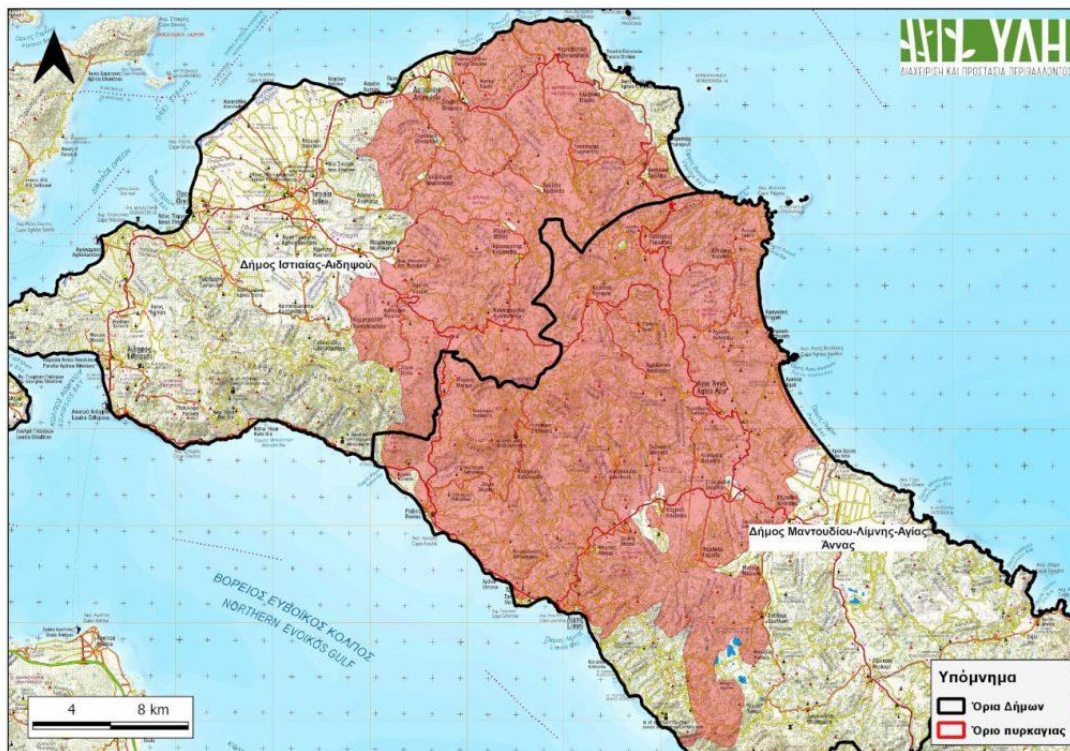
5.5 Εκτίμηση της πυρκαγιάς στην Β. Εύβοια

Η εταιρεία ΥΛΗ-Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, πραγματοποίησε μία πρώτη εκτίμηση του αντίκτυπου της πυρκαγιάς στην Β. Εύβοια, από τις 3-11 Αυγούστου του 2021. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το Πληροφοριακό Σύστημα για τις Δασικές Πυρκαγιές στην Ευρώπη (European Forest Fire Information System). Επιπλέον, για τη σωστή καταγραφή των καμένων δασικών εκτάσεων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από:

- Το Δασικό Χάρτη της περιοχής.
- Το Ψηφιακό Χάρτη βλάστησης της Γ.Δ.Δ.Δ.Π.
- Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα χαρτογράφησης Corine Land Cover (2018).
- Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM) από το Ελληνικό Κτηματολόγιο.

5.5.1 Η συνολική καμένη έκταση της περιοχής

Σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, υπολογίστηκε ότι η συνολική καμένη έκταση της περιοχής από την πυρκαγιά του 2021 στην Β. Εύβοια είναι πάνω από 512.031,54 στρέμματα (Εικόνα 5.13). Συγκεκριμένα. Τα 322.188,92 ανήκουν στον Δήμο Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας ενώ τα υπόλοιπα 189.842,61 ανήκουν στον Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού.



Εικόνα 5.13. Η συνολική καμένη έκταση (Πηγή; ΥΛΗ-Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος)

Αυτή η καταστροφική πυρκαγιά έπληξε 18 Τοπικές Κοινότητες στον Δήμο Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας, όπου το 77,11% της συνολικής έκτασης έχει καταστραφεί και στον Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού επηρεάστηκαν επίσης 18 Τοπικές Κοινότητες με τη συνολική καμένη έκταση να αγγίζει το 62,31%. Στους παρακάτω Πίνακες (5.4, 5.5) παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα δεδομένα για τις πληγείσες περιοχές (ΥΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021).

A/A	Τοπική Κοινότητα	Συνολική έκταση(στρ.)	Καμένη έκταση(στρ.)	Ποσοστό καμένης επί συνολικής έκτασης
1	ΛΙΜΝΗΣ	46.166,31	31.628,42	68,51%
2	ΑΓΙΑΣ ΑΝΝΑΣ	27.100,04	26.334,37	97,17%
3	ΑΜΕΛΑΝΤΩΝ	18.600,73	18.600,73	100,00%
4	ΑΧΛΑΔΙΟΥ	19.136,09	18.772,78	98,10%
5	ΔΑΦΝΟΥΣΣΗΣ	39.601,71	2.287,89	5,78%
6	ΚΕΡΑΜΕΙΑΣ	5.342,83	5.342,83	100,00%
7	ΚΕΡΑΣΕΑΣ	21.574,79	21.574,79	100,00%
8	ΚΕΧΡΙΩΝ	16.327,79	13.244,92	81,12%
9	ΚΗΡΙΝΘΟΥ	16.838,59	7.571,24	44,96%
10	ΚΟΤΣΙΚΙΑΣ	9.912,95	9.431,80	95,15%
11	ΚΟΥΡΚΟΥΛΩΝ	34.244,71	34.244,71	100,00%
12	ΜΕΤΟΧΙΟΥ ΚΗΡΕΩΣ	9.693,14	987,73	10,19%
13	ΠΑΠΠΑΔΩΝ	26.811,33	26.416,61	98,53%
14	ΡΟΒΙΩΝ	57.663,11	54.842,70	95,11%
15	ΣΚΕΠΑΣΤΗΣ	7.021,74	6.955,99	99,06%
16	ΣΠΑΘΑΡΙΟΥ	40.981,38	25.294,90	61,72%
17	ΣΤΡΟΦΥΛΙΑΣ	12.276,41	11.510,76	93,76%
18	ΦΑΡΑΚΛΑΣ	8.533,31	7.145,75	83,74%
	ΣΥΝΟΛΟ	417.826,95	322.188,92	77,11%

Πίνακας 5.4. Καμένες εκτάσεις του Δήμου Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας (Πηγή: ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος)

A/A	Τοπική Κοινότητα	Συνολική έκταση(στρ.)	Καμένη έκταση (στρ.)	Ποσοστό καμένης επί συνολικής έκτασης
1	ΙΣΤΙΑΙΑΣ	45.039,92	18,31	0,04%
2	ΑΒΓΑΡΙΑΣ	6.272,91	827,94	13,20%
3	ΑΓΔΙΝΩΝ	10.892,45	10.676,11	98,01%

4	ΑΓΡΙΟΒΟΤΑΝΟΥ	13.916,19	13.200,28	94,86%
5	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΥ	6.737,72	3.014,83	44,75%
6	ΑΣΜΗΝΙΟΥ	14.980,10	5.077,54	33,90%
7	ΒΑΣΙΛΙΚΩΝ	29.430,39	26.036,49	88,46%
8	ΒΟΥΤΑ	39.080,23	30.716,54	78,60%
9	ΓΑΛΑΤΣΑΔΩΝ	18.353,42	4.230,30	23,05%
10	ΓΑΛΑΤΣΩΝΑΣ	10.884,37	10.623,25	97,60%
11	ΓΕΡΑΚΙΟΥΣ	12.372,68	12.014,78	97,11%
12	ΓΟΥΒΩΝ	14.659,49	12.698,65	86,62%
13	ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ	20.122,67	11.417,80	56,74%
14	ΚΑΜΑΡΙΩΝ	9.427,45	20,41	0,22%
15	ΚΟΚΚΙΝΟΜΗΛΕΑΣ	19.874,73	19.874,73	100,00%
16	ΚΡΥΟΝΕΡΙΤΗ	14.212,68	14.073,75	99,02%
17	ΜΗΛΕΩΝ	8.468,75	8.155,02	96,30%
18	ΜΟΝΟΚΑΡΥΑΣ	10.268,51	7.165,86	69,78%
	ΣΥΝΟΛΟ	304.658,59	189.842,61	62,31%

Πίνακας 5.5. Καμένες εκτάσεις του Δήμου Ιστιαίας-Αιδηψού (Πηγή: ΥΛΗ-Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος)

5.5.2 Οι καμένες δασικές εκτάσεις της περιοχής

Οι συνολικές καμένες δασικές εκτάσεις της Β. Εύβοιας αγγίζουν τα 379.392,82 στρέμματα, όπως αποκαλύπτει ο Δασικός Χάρτης της Π.Ε Εύβοιας. Από αυτά, τα 232.897,76 στρέμματα (62,31%) βρίσκονται στα όρια του Δήμου Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας ενώ τα υπόλοιπα 146.495,05 στρέμματα (38,61%) βρίσκονται στον Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού. Από την συνολική καμένη έκταση των δασικών περιοχών, το 77,20% ανήκει στον Δήμο Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας ενώ στον Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού φθάνει το 79,46%. Αξιοσημείωτο είναι, ότι σε πολλές περιοχές το ποσοστό αυτό αγγίζει το 90% (Πίνακας 5.6, Πίνακας 5.7) (ΥΛΗ-Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021).

A/A	Τοπικές Κοινότητες	Σύνολο δασών (στρ.)	Καμένα δάση (στρ.)	Ποσοστό καμένων δασών (%)
-----	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------------

1	ΛΙΜΝΗΣ	34.193,04	21.227,10	62,08%
2	ΑΓΙΑΣ ΑΝΝΑΣ	15.686,46	15.440,82	98,43%
3	ΑΜΕΛΑΝΤΩΝ	16.486,47	16.486,47	100,00%
4	ΑΧΛΑΔΙΟΥ	11.070,80	10.895,29	98,41%
5	ΔΑΦΝΟΥΣΣΗΣ	37.496,85	2.287,89	6,10%
6	ΚΕΡΑΜΕΙΑΣ	2.529,12	2.529,12	100,00%
7	ΚΕΡΑΣΣΕΑΣ	16.194,96	16.194,96	100,00%
8	ΚΕΧΡΙΩΝ	7.784,95	7.267,56	93,35%
9	ΚΗΡΙΝΘΟΥ	6.551,33	5.186,03	79,16%
10	ΚΟΤΣΙΚΙΑΣ	6.429,32	6.113,48	95,09%
11	ΚΟΥΡΚΟΥΛΩΝ	28.444,31	28.444,31	100,00%
12	ΜΕΤΟΧΙΟΥ ΚΗΡΕΩΣ	6.361,19	885,44	13,92%
13	ΠΑΠΠΑΔΩΝ	22.700,06	22.311,68	98,29%
14	ΡΟΒΙΩΝ	42.525,96	41.712,83	98,09%
15	ΣΚΕΠΑΣΤΗΣ	4.062,29	4.062,07	99,99%
16	ΣΠΑΘΑΡΙΟΥ	34.527,99	23.429,55	67,86%
17	ΣΤΡΟΦΥΛΙΑΣ	4.070,03	4.066,58	99,92%
18	ΦΑΡΑΚΛΑΣ	4.579,18	4.356,58	95,14%
	ΣΥΝΟΛΟ	301.694,32	232.897,76	77,20%

Πίνακας 5.6. Καμένες δασικές εκτάσεις του Δήμου Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας
(Πηγή: ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος)

A/A	Τοπικές Κοινότητες	Σύνολο δασών (στρ.)	Καμένα δάση (στρ.)	Ποσοστό καμένων δασών (%)
1	ΙΣΤΙΑΙΑΣ	3.098,02	6,52	0,21%
2	ΑΒΓΑΡΙΑΣ	3.582,21	641,35	17,90%
3	ΑΓΔΙΝΩΝ	7.365,74	7.365,74	100,00%
4	ΑΓΡΙΟΒΟΤΑΝΟΥ	10.352,21	10.019,44	96,79%
5	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΥ	2.059,75	1.804,11	87,59%
6	ΑΣΜΗΝΙΟΥ	5.640,48	4.460,57	79,08%
7	ΒΑΣΙΛΙΚΩΝ	22.364,02	21.075,47	94,23%
8	ΒΟΥΤΑ	31.870,70	24.170,68	75,84%
9	ΓΑΛΑΤΣΑΔΩΝ	13.173,01	2.804,63	21,29%
10	ΓΑΛΑΤΣΩΝΑΣ	8.000,84	7.920,76	99,00%
11	ΓΕΡΑΚΙΟΥΣ	8.834,56	8.773,16	99,30%
12	ΓΟΥΒΩΝ	9.010,51	8.810,77	97,78%
13	ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ	15.906,02	10.107,88	63,54%
14	ΚΑΜΑΡΙΩΝ	2.641,00	5,94	0,23%
15	ΚΟΚΚΙΝΟΜΗΛΕΑΣ	16.281,33	16.281,33	100,00%
16	ΚΡΥΟΝΕΡΙΤΗ	10.806,06	10.801,68	99,96%
17	ΜΗΛΕΩΝ	5.346,00	5.318,28	99,48%
18	ΜΟΝΟΚΑΡΥΑΣ	8.037,51	6.126,73	76,23%
	ΣΥΝΟΛΟ	184.370,00	146.495,05	79,46%

Πίνακας 5.7. Καμένες δασικές εκτάσεις του Δήμου Ιστιαίας-Αιδηψού (ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος)

Επιπλέον, τα αποτελέσματα της έρευνας σύμφωνα με τον Χάρτη Βλάστησης της Ελλάδος της Γενικής Διεύθυνσης Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος έδειξα ότι, το σύνολο των καμένων δασικών εκτάσεων φθάνει τα 335.165,98 στρέμματα τα οποία αποτελούνται κυρίως από εκτάσεις Χαλεπίου και Μαύρης πεύκης, Ελάτης, Δρυός, Θάμνων, παραποτάμιας βλάστησης και λιβαδιών (Πίνακας 5.8.). Τα δάση Χαλεπίου πεύκης αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της καμένης βλάστησης (60%), δηλαδή αντιστοιχούν σχεδόν στο 90% των καμένων δασικών εκτάσεων (ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021).

A/A	Κάλυψη γης	Δήμος Λίμνης Μαντουδίου-Αγίας Άννα	Δήμος Ιστιαίας-Αιδηψού	Σύνολο	Ποσοστό επί της συνολικής καμένης έκτασης (%)
1	Χαλέπιος Πεύκη	185.978,91	114.287,60	300.266,51	58,64%
2	Μαύρη Πεύκη	6.017,67	7.911,88	13.929,55	2,72%
3	Ελάτη	8.545,39	1.028,14	9.573,53	1,87%
4	Θάμνοι	3.485,31	979,88	4.465,19	0,87%
5	Λιβάδια-Αραιή ξυλώδης βλ.	2.999,43	103,43	3.102,86	0,61%
6	Δρυς	792,54	1.524,03	2.316,57	0,45%
7	Παραποτάμια Βλάστηση	996,59	515,19	1.511,77	0,30%
8	Καστανιά	37,78	0,00	37,78	0,01%
9	Γεωργ. Καλλιέργειες	102.124,42	60.701,66	162.826,08	31,80%
10	Εγκαταλελημμένες γεωργικές καλλ.	8.422,78	1.737,66	10.160,44	1,98%
11	Οικισμοί	1.776,08	736,42	2.512,50	0,49%
12	Άγωνα	1.008,03	316,20	1.324,23	0,26%
	ΣΥΝΟΛΟ	322.184,95	189.842,06	512.027,01	100,00%

Πίνακας 5.8. Είδη βλάστησης και κάλυψη γης της καμένης έκτασης (Πηγή: ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος)

Σύμφωνα με τα δεδομένα από το πρόγραμμα Corine Land Cover (2018), διαπιστώθηκε ότι από το σύνολο όλων των καμένων εκτάσεων, συμπεριλαμβανομένου των δασών και των δασικών εκτάσεων ανέρχονται στα 337.944,75 στρέμματα δηλαδή σε ποσοστό 66% (Πίνακας 5.9). Αυτές οι δασικές εκτάσεις αποτελούνται από κωνοφόρα δάση, μικτά δάση, δάση πλατύφυλλων, μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις και εκτάσεις με αραιή

βλάστηση. Ωστόσο, υπάρχει μία αντίθεση στα αποτελέσματα του Δασικού Χάρτη σε σχέση με το Corine Land Cover εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στο πρόγραμμα Corine Land Cover (ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021).

A/A	Χρήσεις γης	Δήμος Λίμνης Μαντουδίου- Αγίας Άννα (στρ.)	Δήμος Ιστιαίας- Αιδηψού (στρ.)	Σύνολο (στρ.)	Ποσοστό επί της συνολικής καμένης έκτασης (%)
		79.581,46	69.007,00	148.588,46	
2	Μικτά δάση	62.556,54	39.681,62	102.238,16	19,97%
3	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	43.611,40	5.652,34	49.263,73	9,62%
4	Δάση πλατυφύλλων	16.650,65	7.811,35	24.462,00	4,78%
5	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	252,54	0,00	252,54	0,05%
	Σκληροφυλλική βλάστηση	9.249,14	3.890,71	13.139,85	2,57%
6	Γεωργικές καλλιέργειες	106.807,67	63.416,61	170.224,27	33,25%
	Τεχνητές εκτάσεις	2.672,21	345,47	3.017,68	0,59%
7	Υδάτινες επιφάνειες	482,27	0,00	482,27	0,09%
8	Παραλίες, αμμουδιές	325,04	37,52	362,56	0,07%
ΣΥΝΟΛΟ		322.188,92	189.842,61	512.031,54	100,00%

Πίνακας 5.9. Χρήσεις Γης (Πηγή: ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος).

Τέλος, όσον αφορά τις αναδασωτέες περιοχές, από τον Δασικό Χάρτη της Π.Ε. Εύβοιας συμπεραίνεται ότι, από όλες τις καμένες δασικές εκτάσεις που αγγίζουν τα 379.392,82 στρέμματα, τα 150.025,47 στρέμματα (39,54%) αναφέρονται ως αναδασωτέα, δηλαδή έχουν καεί ξανά τα προηγούμενα χρόνια. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.10) αναφέρονται οι αναδασωτέες εκτάσεις των Δήμων Ιστιαίας-Αιδηψού και Λίμνης-Μαντουδίου-Αγίας Άννας (ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021).

A/A	Δήμος	Καμένα Δάση & δ. εκτάσεις (στρ.)	Κηρύξεις Αν. των καμένων δασών (στρ.)	Ποσοστό Αν. επί των καμένων δασών
1	Δήμος Λίμνης Μαντουδίου-Αγίας Άννα	232.897,76	114.966,98	49,36%
2	Δήμος Ιστιαίας-Αιδηψού	146.495,05	35.058,50	23,93%
	ΣΥΝΟΛΟ	379.392,82	150.025,47	39,54%

Πίνακας 5.10. Αναδασωτές εκτάσεις (ΥΛΗ- Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος).

5.6 Οι επιπτώσεις στους υπόγειους υδατικούς πόρους

Στα προηγούμενα Κεφάλαια αναλύθηκαν οι παράγοντες καθορισμού της ποιότητας των υδάτων ενώ σύμφωνα με τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΠΕΝ, η ποσοτική και ποιοτική κατάσταση των υπόγειων υδάτων στις περιοχές της Ιστιαίας, Μαντουδίου, Βασιλικών και Τελέθριου Όρους πριν από τις πυρκαγιές χαρακτηρίζεται ως καλή. Σε αυτό την ενότητα θα εξεταστούν ορισμένοι από τους παράγοντες καθορισμού της ποιότητας των υδάτων και θα γίνει σύγκριση μεταξύ των ετών 2021 και 2022, δηλαδή, πριν και μετά την πυρκαγιά.

Αρχικά, στην περιοχή του Δήμου Ιστιαίας-Αιδηψού δεν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις με μόνη εξαίρεση την ποσότητα Σιδήρου η οποία μετά την πυρκαγιά έγινε σχεδόν διπλάσια (Πίνακας 5.11). Αυτό οφείλεται κυρίως στην αλλαγή της σύστασης του εδάφους καθώς το έδαφος είναι πιο εκτεθειμένο στη διάβρωση, με αποτέλεσμα τα ορυκτά που περιέχουν σίδηρο να μπορούν να διαλυθούν και να εισέρθουν ευκολότερα μέσα στους υπόγειους υδατικούς πόρους. Επιπλέον, η πολύ μικρή αλλαγή στο pH είναι ικανή να επιταχύνει την ικανότητα διάλυσης του σιδήρου. Επίσης, παρατηρείται μικρή μείωση στην στάθμη του νερού που προκαλείται κυρίως λόγω αυξημένης ταχύτητας εξάτμισης καθώς δεν υπάρχει επαρκής βλάστηση για προστασία. Ακόμα οι πυρκαγιές μπορούν να αλλάξουν τη δομή του εδάφους καθιστώντας το λιγότερο διαπερατό. Έτσι λοιπόν, το νερό παραμένει στην επιφάνεια αυξάνοντας την απορροή και μειώνοντας την ποσότητα των υπόγειων υδάτων (Βουδούρης, 2006).

Πίνακας 5.11. Οι μετρήσεις των υπόγειων υδάτων στην Ιστιαία (Πηγή: Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων, 2024)

	2021	2022
pH	7,17	7,29
EC (μS/cm)	793	720
DO (mg/l)	5,50	8,50
T (oC)	14,50	16,80
Nitrate (mg/l)	8,73	8,44
Στάθμη (m)	5,80	5,15
Επικίνδυνες Μετρήσεις		
Ar (μg/l)	5	5
Cl (mg/l)	24,60	25,17
Cr⁶⁺ (μg/l)	10	10
Fe (μg/l)	175	320

Στις περιοχές Βασιλικά και του Τελέθριου Όρους δεν παρατηρείται κάποια σημαντική μεταβολή, ωστόσο σε αντίθεση με τον Δήμο Ιστιαίας, στην περιοχή του Τελέθριου Όρους, οι ποσότητες του σιδήρου μετά την πυρκαγιά μειώνονται σημαντικά (Πίνακας 5.13). Αυτό μπορεί να συμβεί καθώς μετά από μία πυρκαγιά, εξαιτίας της έλλειψης βλάστησης, μπορεί να αυξηθεί η εισροή οξυγόνου στο υπέδαφος. Έτσι, ο δισθενής σίδηρος οξειδώνεται σε τρισθενή ο οποίος είναι λιγότερο διαλυτός στο νερό. Επίσης, στην περιοχή των Βασιλικών έχουμε μείωση της παροχής λόγω της απώλειας βλάστησης, της αυξημένης επιφανειακής απορροής είτε γενικά της διατάραξης που προκύπτει στην υδρολογική ισορροπία (Νταρακάς, 2010).

Πίνακας 5.12. Οι μετρήσεις των υπόγειων υδάτων στην περιοχή των Βασιλικών (Πηγή: Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων, 2024)

	2021	2022
pH	8	7,73
EC (μS/cm)	544	554
DO (mg/l)	6,60	8,90
T (oC)	13,90	14,10
Nitrate (mg/l)	0,27	0,11
Παροχή (m³/h)	408,51	380

Επικίνδυνες Μετρήσεις		
Ar (µg/l)	5	5
Cl (mg/l)	17,39	17,21
Cr ⁶⁺ (µg/l)	10	10
Fe (µg/l)	18	19

Πίνακας 5.13. Οι μετρήσεις των υπόγειων υδάτων στην περιοχή του Τελέθριου Όρους
(Πηγή: Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων, 2024)

	2021	2022
pH	7	7,34
EC (µS/cm)	560	540
DO (mg/l)	6,40	8,40
T (οC)	16,70	15,70
Nitrate (mg/l)	3,35	1,43
Στάθμη (m)	-	-
Επικίνδυνες Μετρήσεις		
Ar (µg/l)	5	5
Cl (mg/l)	48,80	47,79
Cr ⁶⁺ (µg/l)	10	10
Fe (µg/l)	70	30

Τέλος, στην περιοχή του Μαντουδίου, φαίνεται μία τεράστια αύξηση του σιδήρου που οφείλεται κυρίως, όπως προαναφέρθηκε στην σύσταση του εδάφους ενώ η στάθμη του νερού είναι και εδώ μειωμένη (Πίνακας 5.14). Επιπλέον, εδώ παρατηρείται και μία αύξηση στην ηλεκτρική αγωγιμότητα που οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως την αύξηση των διαλυτών αλάτων, τον εμπλουτισμό με ιόντα από τέφρα, μεταβολή των χημικών διεργασιών κ.α.

Πίνακας 5.14. Οι μετρήσεις των υπόγειων υδάτων στην περιοχή του Μαντουδίου (Πηγή:
Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων, 2024)

	2021	2022

Ph	8,05	7,63
EC (μS/cm)	337	435
DO (mg/l)	6,20	4,30
T (oC)	16,20	16,70
Nitrate (mg/l)	2,25	2,73
Στάθμη (m)	16,46	13,58
Επικίνδυνες Μετρήσεις		
Ar (μg/l)	5	5
Cl (mg/l)	35,35	41,23
Cr⁶⁺ (μg/l)	10	10
Fe (μg/l)	42	600

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

6.1 Διαχείριση των δασικών πυρκαγιών

Σε σχέση με άλλες φυσικές καταστροφές, οι δασικές πυρκαγιές θεωρούνται σχετικά πιο αναμενόμενες (Biro, 2009). Παρόλα αυτά, το ποσοστό των πυρκαγιών συνεχώς αυξάνεται, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς είναι αποτέλεσμα διαφορετικών παραγόντων όπως, περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί, οικονομικοί, πολιτικοί κ.α. Για το λόγο αυτό, οι μη έγκαιρες ή λανθασμένες πολιτικές διαχείρισης, είναι ικανές να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες καταστροφές (Ξανθόπουλος, 2012).

Μία ολοκληρωμένη διαχείριση μείωσης των δασικών πυρκαγιών περιλαμβάνει ένα οργανωμένο σχέδιο με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων. Είναι σημαντικό να γίνονται οι κατάλληλες ενέργειες έτσι ώστε να περιοριστεί ο αριθμός των δασικών πυρκαγιών μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα.

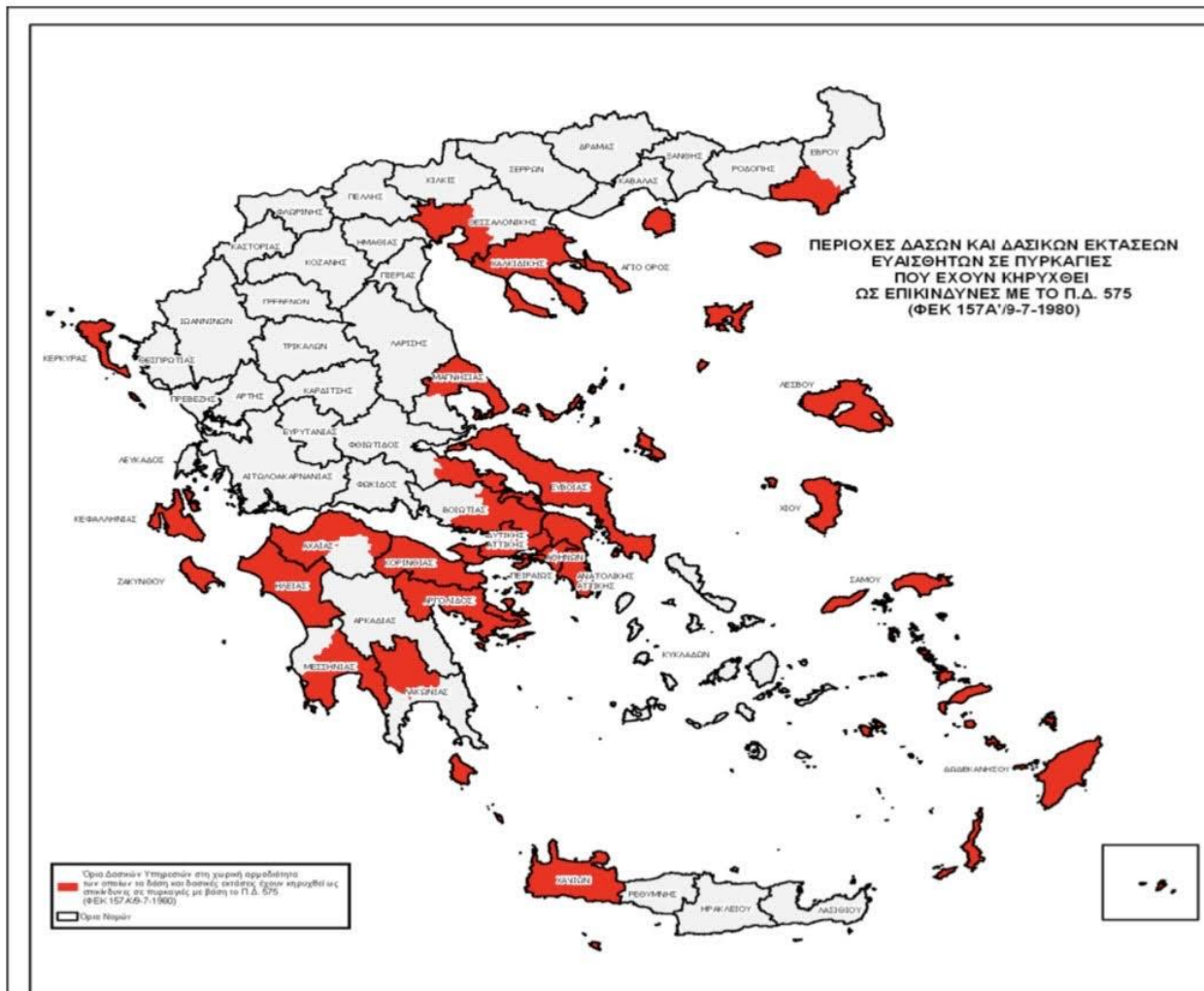
Σύμφωνα με το Τμήμα Δασών του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, η πρόληψη αποτελεί πρωταρχική σημασία για την καταπολέμηση των πυρκαγιών. Έπειτα ακολουθούν η ανίχνευση των δασικών πυρκαγιών, η προκαταστολή και τέλος η καταστολή των πυρκαγιών.

Όπως επισημαίνεται σε προηγούμενα Κεφάλαια, η διαχείριση των πυρκαγιών σχετίζεται από την ένταση, το μέγεθος καθώς και με την συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι πυρκαγιές. Ο σωστός και έγκαιρος σχεδιασμός για την αντιμετώπισή τους συνδέεται άμεσα με την εκτίμηση του κινδύνου, ο οποίος φυσικά, εξαρτάται από το κλίμα, την βλάστηση, τις μετεωρολογικές συνθήκες, την τοπογραφία της περιοχής αλλά και από την ανθρώπινη παρέμβαση. Η μηδενική εμφάνιση των πυρκαγιών είναι προφανώς αδύνατη, ωστόσο μπορούν με την κατάλληλη διαχείριση να περιοριστούν σε μεγάλο βαθμό. Αυτό θα συμβεί με την εξάλειψη των αιτιών που δημιουργούν αυτές τις καταστροφές, οι οποίες είναι κατά βάση ανθρωπογενείς. Μία πολλά υποσχόμενη και οικονομική λύση αποτελεί η χρήση της δασικής βιομάζας για την παραγωγή βιοενέργειας μετατρέποντας τα λιγναροκυτταρικά υλικά σε καύσιμη ύλη (Rigolot et al., 2009).

Η πολιτική της εκάστοτε χώρας όσον αφορά τις δασικές πυρκαγιές διαφέρει. Στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στην καταστολή αυτών των φαινομένων, έχοντας σε δεύτερη μοίρα την πρόληψη και την διαχείριση της ύλης. Όπως αναφέρει η WWF το 2022, μόνο το 16,05% των κρατικών πόρων χρησιμοποιήθηκαν για δράσεις πρόληψης καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό (83,95%) επενδύθηκε για την καταστολή των πυρκαγιών κατά το χρονικό διάστημα 2016-2020.

Σήμερα, παρόλο που η δασοπυρόσβεση έχει εξελιχθεί αρκετά, δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν όλες οι μεγάλες πυρκαγιές με απόλυτη επιτυχία κυρίως λόγω των αντίξοων καιρικών συνθηκών (Rigolot et al., 2009). Η δυσκολία αυτή γίνεται πιο έντονη στις ζώνες κατοικήσιμων περιοχών-δασών καθώς σε αυτές τις περιπτώσεις, γίνεται μεγαλύτερος αγώνας για την ασφάλεια των πολιτών και έπειτα των περιουσιών τους και δευτερευόντως για την προστασία των δασών (Καρανικόλα, 2009).

Σύμφωνα με το άρθρο 25 Ν.998/79, στην Ελλάδα τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη των πυρκαγιών ενεργοποιούνται κατά την αντιπυρική περίοδο, δηλαδή από 1^η Μαΐου μέχρι 31^η Οκτωβρίου. Έτσι, τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ο μηχανισμός δασοπροστασίας της χώρας βρίσκεται σε συνεχή ετοιμότητα για τις πυρκαγιές που θα εκδηλωθούν. Στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 6.1) παρουσιάζονται οι περιοχές της Ελλάδος στις οποίες είναι πιο πιθανό να εκδηλωθούν δασικές πυρκαγιές, όπως αναφέρονται στο Π.Δ. 575/1980 (ΦΕΚ 157Α/9-7-1980).



ΠΡΟΕΔΡΙΚΟΝ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 575 (ΦΕΚ 157Α/9-7-1980)

Περί κηρύξεως ιδιαίτερας ευαίσθητων εις πυρκαγιάς περιοχών δασών και δασικών εκτάσεων ως επικινδύνων.

Κηρύσσονται, κατά το άρθρον 25 του Ν.998/79 ως επικίνδυναι περιοχαι δασών και δασικών εκτάσεων της Χώρας αι εμπιπτουσαι εις την τοπικήν αρμοδιότητα των ως έπειτα δασικών υπηρεσιών:

- α) Διευθύνσεις Δασών Κεφαλληνίας, Ζακύνθου, Κερκύρας, Λέσβου, Σάμου, Χανίων και Χίου.
- β) Δασαρχια Αλεξανδρουπολεως, Αρναίας, Πολυγύρου, Κασσανδρας, Φάσου, Θεσσαλονίκης, Σκοπέλου, Βολου, Αταλάντης, Ισθμίας, Λίμνης, Χαλκιδος, Θηβών, Πάρνηθος, Πεντέλης, Καπανδριπίου, Λαυρίου, Αιγάλεω, Παραϊώς, Ρόδου, Κω, Μεγάρων, Πόρου, Κορινθού, Ξυλοκάστρου, Αγίου, Πατρών, Αμαλιάδος, Πύργου, Ολυμπίας, Καλαμάτας, Σπάρτης και Κρανιδίου.

Εικόνα 6.1. Χάρτης περιοχών υψηλού κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς στην Ελλάδα (Πηγή: www.civilprotection.gr)

Στα πλαίσια καλύτερης συνεργασίας μεταξύ των κρατών καθώς και καλύτερης διαχείρισης των πυρκαγιών, θεσπίστηκαν οι ακόλουθοι στόχοι (4) (FAO, 2006).

- Ανάπτυξη διεθνών προτύπων και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης, παρακολούθησης, εκτίμησης των επιπτώσεων και αναφοράς των πυρκαγιών.
- Εκπαίδευση στα σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία και μέσα.
- Ανάπτυξη πολιτικών, νομικών, θεσμικών και σχεδιαστικών πλαισίων και διεθνών συμφωνιών για συνεργασία στη διαχείριση πυρκαγιών, συμπεριλαμβανομένης της αμοιβαίας βοήθειας σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.
- Ανάπτυξη έρευνας.

Η σωστή διαχείριση και αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών αφορά όλες τις προβλεπόμενες ενέργειες για την προστασία τόσο των δασικών εκτάσεων όσο και των ανθρώπινων ζώων και περιουσιών και περιλαμβάνουν τις διαδικασίες πρόληψης, καταστολής και αποκατάστασης των καταστροφών (GFMC, 2019). Η ισορροπία των παραπάνω τριών χαρακτηριστικών είναι καίριας σημασίας καθώς θα μπορέσουν να οδηγήσουν στο βέλτιστο αποτέλεσμα.

6.1.1 Πρόληψη

Η πρόληψη των δασικών πυρκαγιών αποτελεί το πρώτο στάδιο αντιμετώπισης μίας πυρκαγιάς πριν από την εκδήλωσή της (GFMC, 2019). Συγκεκριμένα περιλαμβάνει:

- Την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας έναρξης μιας πυρκαγιάς.
- Τη μείωση του ποσοστού εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς.
- Την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων μιας πυρκαγιάς.
- Τη δημιουργία ενός μηχανισμού για τον έγκαιρο εντοπισμό κάθε νέας εστίας φωτιάς, μεταφέροντας τις ανάλογες πυροσβεστικές δυνάμεις για άμεση αντιμετώπιση.

Κύριο στόχο αποτελεί η μείωση ή και εξάλειψη των επιπτώσεων των πυρκαγιών. Πιο αναλυτικά, η πρόληψη περιλαμβάνει δράσεις σχετίζονται με (Ξανθόπουλος, 2012):

- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών. Η εκστρατεία ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των πολιτών αποτελεί μία συνεχή διαδικασία, η οποία αρχίζει από τα σχολικά χρόνια των πολιτών και συνεχίζεται έως και σήμερα με τη βοήθεια των μέσων μαζικής ενημέρωσης.
- Έρευνα και ανάλυση των αιτιών μίας πυρκαγιάς. Η συνεχής επεξεργασία και ανάλυση των διαθέσιμων δεδομένων για μεμονωμένες πυρκαγιές σε συνδυασμό με τη δημιουργία μίας βάσης δεδομένων που θα περιλαμβάνει όλες τις πυρκαγιές της χώρας, αποτελεί τη σημαντικότερη δράση για την πρόληψη μίας πυρκαγιάς. Επιπρόσθετα, η πρόληψη και διερεύνηση των εμπρησμών από καταρτισμένο προσωπικό είναι ικανή να μειώσει σημαντικά τις πυρκαγιές άγνωστης προέλευσης.
- Η σωστή διαχείριση των δασών. Η διαχείριση του δάσους περιλαμβάνει αρχικά ένα έμπειρο προσωπικό, το οποίο θα έχει τις απαιτούμενες γνώσεις διαχείρισης της παραγόμενης βιομάζας. Επιπλέον η διαχείριση των δασών περιλαμβάνει την

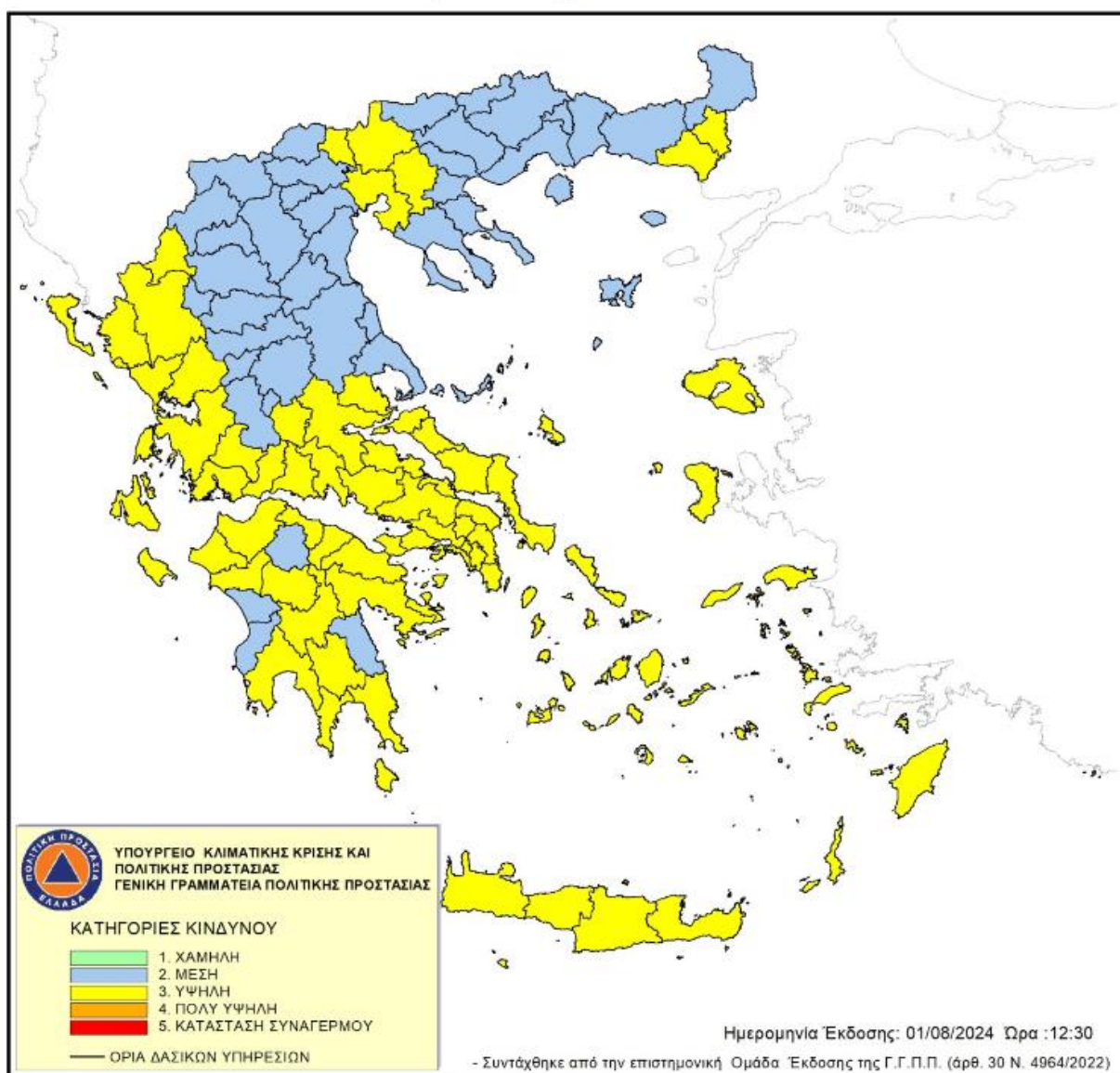
απομάκρυνση των νεκρών προϊόντων, το κλάδεμα των δέντρων με στόχο να μειωθεί η ένταση μίας πιθανής πυρκαγιάς και τέλος, την κατασκευή δασικών δρόμων ώστε να υπάρχει μία δίοδος διαφυγής των πολιτών αλλά και ταυτόχρονα να διευκολύνεται η είσοδος των πυροσβεστών. Ωστόσο, η βοήθεια της τοπικής κοινωνίας αποτελεί κύριο παράγοντα για την πρόληψη και την καταστολή των πυρκαγιών. Επιπλέον, η ορθολογική διαχείριση της καύσιμης ύλης βοηθά στην καταστολή τους καθώς αυξάνεται η αντοχή των δασών σε ακραίες καιρικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα συμβαίνει σήμερα με την κλιματική αλλαγή. Η διαχείριση λοιπόν, αυτής της καύσιμης ύλης αποτελείται από τρεις συγκεκριμένες δράσεις, την απομόνωση, την διαφοροποίηση και την αλλαγή του είδους της καύσιμης ύλης (Rigolot et. Al., 2009). Η απομόνωση της καύσιμης ύλης είναι η μόνη που πραγματοποιείται με τη δημιουργία ζωνών για να σταματά η ανάπτυξη της βλάστησης έτσι ώστε να είναι πιο εύκολος ο περιορισμός μίας πυρκαγιάς.

- Τα τεχνικά μέτρα. Η χρήση των νέων τεχνολογιών μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη μείωση της συχνότητας εμφάνισης των πυρκαγιών όπως για παράδειγμα στην εφαρμογή νέων σύγχρονων υλικών στο δίκτυο μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος ή στα φρένα των αμαξοστοιχιών.
- Η νομοθεσία. Η εφαρμογή των νομοθετικών μέτρων είναι απαραίτητη και ειδικά σε περιπτώσεις όπου η νομοθεσία μπορεί να περιέχει ασάφειες που μπορεί να δημιουργήσουν συγκρούσεις μεταξύ των πολιτών και του δημοσίου. Οι νομοθεσίες που σχετίζονται με τις πυρκαγιές και την προστασία των δασών απαρτίζονται από τη νομοθεσία δημιουργίας κτηματολογίου, δασικών χαρτών, περιβαλλοντική νομοθεσία κ.α.
- Αντιπυρικός σχεδιασμός. Ο προκατασταλτικός σχεδιασμός περιλαμβάνει όλους τους φορείς που μπορεί να εμπλέκονται σε μία πυρκαγιά και ορίζει τα μέτρα προστασίας που πρέπει να ληφθούν από την κοινωνία και τους αρμόδιους φορείς. Η ανάλυση περιλαμβάνει την καύσιμη ύλη, το ιστορικό πυρκαγιών στην εκάστοτε περιοχή, τα μετεωρολογικά δεδομένα, τη γεωμορφολογία της περιοχής κ.α. Έπειτα ακολουθεί η εκτίμηση της πιθανότητας εκδήλωσης πυρκαγιάς και της πιθανής έντασής της, καθώς και η εκτίμηση των απειλούμενων ειδών που πρέπει να προστατευτούν. Τέλος, σύμφωνα με αυτό το οργανόγραμμα σχεδιάζεται ο αντιπυρικός σχεδιασμός και καθορίζονται τα έργα και οι δράσεις που θα υλοποιηθούν, η κατανομή των μέσων και

των δυνάμεων που θα χρησιμοποιηθούν, ο τρόπος κινητοποίησης και συνεργασίας με τους υπόλοιπους φορείς κ.α.

- Αντιτυρικά έργα. Έτσι λοιπόν, με βάση τον παραπάνω αντιτυρικό σχεδιασμό, προκύπτουν και τα ανάλογα αντιτυρικά έργα που περιλαμβάνουν την κατασκευή δρόμων, αντιτυρικών ζωνών κ.α. σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής και τον προϋπολογισμό του κράτους.
- Σύστημα εκτίμησης κινδύνου εκδήλωσης μίας πυρκαγιάς. Το πιο σημαντικό εργαλείο σε έναν αντιτυρικό σχεδιασμό αποτελεί το σύστημα εκτίμησης κινδύνου, το οποίο μπορεί να προβλέψει για εντός λίγων ημερών, την εκδήλωση μίας πυρκαγιάς σε μία περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει η δυνατότητα εντατικής παρακολούθησης της συγκεκριμένης περιοχής λαμβάνοντας εγκαίρως τα απαραίτητα μέτρα. Στη χώρα μας, την περίοδο μεταξύ 1^{ης} Μαΐου έως τις 31 Οκτωβρίου, δημοσιεύεται καθημερινά ο χάρτης κατανομής κινδύνου πυρκαγιάς με τη βοήθεια της Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (ΓΓΠΠ) και των νέων τεχνολογιών. Στην Εικόνα 6.2 φαίνεται ο χάρτης πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς στην Ελλάδα για την Παρασκευή 2/08/24.

**ΧΑΡΤΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΠΟΥ ΙΣΧΥΕΙ ΓΙΑ
Παρασκευή 02/08/2024**



Εικόνα 6.2. Χάρτης πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς για 2/08/2024. (Πηγή: <https://civilprotection.gov.gr/>).

- Εντοπισμός πυρκαγιών με τη βοήθεια νέων τεχνολογιών. Η έγκαιρη αντιμετώπιση μιας πυρκαγιάς βασίζεται στον έγκαιρο εντοπισμό και στην γρήγορη πληροφόρηση των αρμόδιων αρχών. Σε αυτό λοιπόν, συμβάλλει το επίγειο δίκτυο πυροφυλακίων, σε συνδυασμό με τις περιπολίες από πυροσβεστικά οχήματα και εθελοντές, καθώς και τις αναφορές πολιτών σε περίπτωση εντοπισμού μίας φωτιάς. Η διαθέσιμη εξελιγμένη τεχνολογία τα τελευταία χρόνια, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, τόσο

στην άμεση ενημέρωση με τη βοήθεια των κινητών τηλεφώνων, όσο και στην επιτήρηση των δασών, καθώς έχει εγκατασταθεί ένα επίγειο δίκτυο καμερών και τοποθέτησης αισθητήρων πυρανίχνευσης. Οι κάμερες αποστέλλουν εικόνα στα συντονιστικά κέντρα ενώ οι αισθητήρες μπορούν αναγνωρίζουν μια εστία φωτιάς και στη συνέχεια να σημάνουν συναγερμό. Σε περιόδους υψηλού κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς, πραγματοποιούνται περιπολίες με μικρά αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας ενώ ουσιαστικό ρόλο έχουν και οι επιτηρήσεις με μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones). Τέλος, η χρήση δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού πυρκαγιών, θα είναι πιο χρήσιμη στο μέλλον, καθώς ακόμα υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί, κυρίως ως προς τη συχνότητα σάρωσης της γης από τους δορυφόρους, αλλά και ως προς το μέγεθος της πυρκαγιάς που μπορούν να ανιχνεύσουν, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει έγκαιρη ενημέρωση μίας εστίας πυρκαγιάς.

6.1.2 Καταστολή

Η διαδικασία καταστολής των δασικών πυρκαγιών είναι αρκετά επικίνδυνη και ταυτόχρονα επιβαρύνει πολύ τον κρατικό προϋπολογισμό. Υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι κατάσβεσης ανάλογα με τον τύπο της πυρκαγιάς, τον ρυθμό εξάπλωσης, την τοπογραφία της περιοχής κ.α (Ταμπάκης και Καρανικόλα, 2015). Το πιο σημαντικό στοιχείο σε μία προσπάθεια καταστολής αποτελεί η ύπαρξη ενός δασοπυροσβεστικού μηχανισμού, δηλαδή η ύπαρξη των κατάλληλων μέσων και η διάθεση ενός καταρτισμένου προσωπικού.

Πιο συγκεκριμένα, η ρύθμιση ενός έργου δασοπυρόσβεσης εξαρτάται από ορισμένες επιλογές (Ξανθόπουλος, 2012):

- Μία από την πιο σημαντική επιλογή αποτελεί η επιλογή του φορέα όπου θα είναι υπεύθυνος για την κατάσβεση της πυρκαγιάς καθώς από αυτόν εξαρτάται το κόστος και η σωστή διαχείριση της πυρκαγιάς. Έτσι, η επιλογή του εξαρτάται άμεσα από τον τύπο του οικοσυστήματος της εκάστοτε περιοχής. Παλαιότερα, και έως το 1998 το έργο της δασοπυρόσβεσης το αναλάμβανε η Δασική Υπηρεσία ενώ μετά το 1998, βάση νόμου, ανατέθηκε στην Πυροσβεστική Υπηρεσία.
- Έπειτα, εφόσον έχει γίνει η επιλογή του φορέα δασοπυρόσβεσης, επισυνάπτεται και η συνεργασία του με άλλους φορείς, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στην Αυστραλία με την Rural Fire Service όπου αποτελείται από εθελοντές Πυροσβέστες.

- Οι επιλογές των μέσων καταστολής (επίγεια και εναέρια) ποικίλουν ανάλογα με τις μετεωρολογικές συνθήκες, την τοπογραφία και την βλάστηση της περιοχής κ.α. Παρόλα αυτά, η μεγαλύτερη προσπάθεια γίνεται συνήθως από τις επίγειες δυνάμεις, χωρίς ωστόσο να σημαίνει ότι τα εναέρια μέσα δεν παίζουν καθοριστικό ρόλο (Ταμπάκης και Καρανικόλα, 2015).
- Όπως αναφέρθηκε, τα εναέρια μέσα είναι εξίσου σημαντικά για αυτό πρέπει να γίνεται σωστή επιλογή αεροπλάνων και ελικοπτέρων. Φυσικά για την τελική επιλογή συνυπολογίζονται οι ικανότητες του κάθε μέσου καθώς και το κόστος τους. Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η διαθεσιμότητα του κάθε μέσου από το κράτος. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι αεροπλάνων (μονοκινητήρια ή τετρακινητήρια, αμφίβια ή αεριοθούμενα). Το ίδιο ισχύει και για τα ελικόπτερα όπου έχουν την δυνατότητα μεταφοράς έως και δεκαπέντε τόνων νερού. Ωστόσο, τα ελικόπτερα έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να φθάσουν πολύ κοντά στην πυρκαγιά αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την ακρίβεια της ρίψης. Το υγρό αυτό, μπορεί να είναι εκτός από νερό, δασοπυροσβεστικός αφρός είτε επιβραδυντικές ουσίες προστιθέμενες σε νερό.
- Επιπλέον, η ορθή επιλογή αποκεντρωμένης ή συγκεντρωτικής οργάνωσης, επιδρά στην άμεση καταστολή μίας πυρκαγιάς.
- Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η επιλογή της μεθόδου καταστολής. Οι πιο σημαντικές είναι η άμεση και η έμμεση προσβολή. Η άμεση προσβολή έχει ως στόχο το επίκεντρο της πυρκαγιάς ενώ αντίθετα η έμμεση προσβολή στοχεύει περιμετρικά της και πραγματοποιείται με καύση της ύλης που υπάρχει ανάμεσα στη γραμμή αντιμετώπισης και στο μέτωπο ή με δημιουργία αντιπυρικών ζωνών σε καθορισμένη απόσταση από το μέτωπο, η οποία εξαρτάται από τις συνθήκες της περιοχής. Παρόλα αυτά, πρέπει κάθε φορά να αξιοποιείται στο μέγιστο βαθμό το διαθέσιμο νερό και τα χειρωνακτικά μέσα δασοπυρόσβεσης (Βορίσης, 2008).
- Τέλος, μία τεχνική που δεν χρησιμοποιείται πλέον σε αρκετές χώρες, είναι η επιλογή της φωτιάς ως μέσο καταστολής. Παλαιότερα, όταν δεν υπήρχαν τα κατάλληλα μέσα δασοπυρόσβεσης, ή σε περιπτώσεις όπου δεν υπήρχε διαθέσιμο νερό χρησιμοποιούσαν αυτήν την τεχνική ως εναλλακτική επιλογή. Η τεχνική αυτή γίνεται με την καύση της καύσιμης ύλης γύρω από την πυρκαγιά, είτε με τη χρήση φωτιάς σε περιοχή μπροστά από το μέτωπο (αντιπύρ), έτσι ώστε να διακοπεί η καύσιμη ύλη και να σταματήσει η εξάπλωση της πυρκαγιάς. Παρόλο που η συγκεκριμένη μέθοδος

είναι αρκετά αποτελεσματική, κρύβει αρκετούς κινδύνους για το λόγο αυτό προϋποθέτει πολύ καλή γνώση και εμπειρία του αντικειμένου.

Συνοψίζοντας, καταλαβαίνουμε ότι η δασοπυρόσβεση αποτελεί μία σύνθετη διαδικασία καθώς απαιτεί άμεσο συντονισμό, καλή οργάνωση και λήψη αποφάσεων. Τα εναέρια μέσα έχουν την δυνατότητα να δράσουν αποτελεσματικά, ειδικά αν ειδοποιηθούν εγκαίρως. Δυστυχώς όμως, το κόστος τους είναι πολύ μεγάλο για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται ορθή χρήση αυτών των μέσων συνδυαστικά φυσικά με τη χρήση των επίγειων δυνάμεων. Έτσι λοιπόν, καταλήγουμε ότι, η σωστή αξιοποίησή όλων των μέσων καθορίζει την αποτελεσματικότητα της δασοπυρόσβεσης (GFMC, 2019).

6.1.3 Η αποκατάσταση των δασών

Η μεταπυρική περίοδος έχει ως βασικό στόχο την αποκατάσταση και σταθεροποίηση των καμένων εκτάσεων και την επαναφορά της βλάστησης στην πληγείσα περιοχή (Στεφανίδης, 2009). Έχει παρατηρηθεί αρκετές φορές ότι μετά από μεγάλες πυρκαγιές, ορισμένα δάση αναγεννώνται φυσικά. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε μεσογειακά οικοσυστήματα καθώς έχουν αναπτύξει μηχανισμούς επιβίωσης ώστε να δημιουργηθούν από την αρχή χωρίς την ανθρώπινη δραστηριότητα, κυρίως έπειτα από πυρκαγιές χαμηλής έντασης και μικρής επαναληψιμότητας (Moreira, 2009). Έτσι, συμπεραίνεται ότι η φυσική αναγέννηση εξαρτάται όχι μόνο από τον τύπο της βλάστησης αλλά και τις ιδιότητες του εδάφους, καθώς και από τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς (ένταση, συχνότητα, κ.α.).

Κατά τη διάρκεια της προσπάθειας αποκατάστασης των δασών από μία πυρκαγιά, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ότι ταυτόχρονα θα πρέπει να γίνεται και η πρόληψη επόμενων πυρκαγιών καθώς και να γίνεται σταδιακή προσαρμογή της βλάστησης στα νέα δεδομένα. Η πυρκαγιά σε μία περιοχή μπορεί να είναι και ευκαιρία για θέσπιση νέων κανόνων και αναπροσαρμογής έτσι ώστε να βελτιώνεται η χλωρίδα της εκάστοτε καμένης έκτασης. Η αυξημένη ετερογένεια μιας περιοχής περιέχει εμπόδια και ασυνέχειες που αποτρέπουν την εξάπλωση μιας πυρκαγιάς (Moreira, 2009).

Σύμφωνα με δημοσίευση του GFMC το 2019 η μεταπυρική αποκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει μία σειρά μέτρων έτσι ώστε να επανέλθει η περιοχή στην αρχική της κατάσταση ή ακόμη και να βελτιωθούν και να προβλεφθούν μελλοντικές πιθανές πυρκαγιές.

Παρακάτω θα αναλυθούν ορισμένα μέτρα που θεωρούνται απαραίτητα για μία σωστή αποκατάσταση.

- Αρχικά, πολύ σημαντική είναι η σωστή αξιοποίηση των κορμών των καμένων δένδρων. Ορισμένοι κορμοί μπορούν να συγκομισθούν για να χρησιμοποιηθούν, να παραμείνουν αχρησιμοποίητοι, να κοπούν για λόγους ασφαλείας ή να χρησιμοποιηθούν σε αντιδιαβρωτικές κατασκευές (Ξανθόπουλος, 2012). Μία υλοτόμηση πρέπει να γίνεται αργά και σταθερά καθώς σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να επιφέρει περαιτέρω διάβρωση, κυρίως σε εδάφη που είναι περισσότερο επιρρεπή σε τέτοια φαινόμενα. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μεταφορά των κορμών, προτείνεται να γίνεται όταν η φυσική αναγέννηση είναι ικανή να προστατέψει το έδαφος (Moreira, 2009). Παρόλα αυτά, είναι απαραίτητη τις περισσότερες φορές, η γρήγορη απομάκρυνση των καμένων κορμών καθώς υπάρχει ο κίνδυνος εξάπλωσης επιδημίας εντόμων. Σε πυρκαγιές με χαμηλή έως μέτρια ένταση, τα αποδυναμωμένα δέντρα είναι περισσότερο ευάλωτα στα ξυλοφάγα έντομα και για αυτό το λόγο επιβάλλεται σωστή διαχείριση των συστάδων προς αποφυγή επιδημιών. Αντίθετα, σε υψηλής έντασης πυρκαγιές ο κίνδυνος προσβολής των καμένων δέντρων από φλοιοφάγα έντομα είναι αρκετά χαμηλότερος (Moreira, 2009).
- Η σταθεροποίηση του εδάφους (γυμνής έκτασης) έως την αναγέννηση της νέας βλάστησης είναι απολύτως απαραίτητη για τον περιορισμό της διάβρωσής του και της προστασίας των γύρω οικισμών από τυχόν πλημμυρικά φαινόμενα λόγω της αυξημένης επιφανειακής απορροής του νερού της βροχής με ταυτόχρονη μεταφορά φερτών υλών, καθώς και την αποτροπή κατολισθητικών φαινομένων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κορμών και κλαδιών απόληψης για την κατασκευή κλαδοπλεγμάτων και κορμοδεμάτων και την κατασκευή φραγμάτων από κορμούς δέντρων, από πέτρα ή από οπλισμένο σκυρόδεμα για τη συγκράτηση των φερτών υλικών, με τη φύτευση χαμηλής βλάστησης για άμεση προστασία της καμένης περιοχής κ.α. (Μπαλούτσος κ.ά. 2007). Ωστόσο, η εφαρμογή των κορμοφραγμάτων απαιτεί επαρκής γνώση και σωστή τεχνική, καθώς η λανθασμένη κατασκευή τους, μπορεί να τα καταστήσει αναποτελεσματικά (Moreira, 2009). Στην Εικόνα 6.3 παρατηρείται η κατασκευή κορμοφραγμάτων στα Γεράνεια Όρη έπειτα από μία καταστροφική πυρκαγιά.



Εικόνα 6.3. Κατασκευή κορμοφραγμάτων στα Γεράνεια Όρη (Πηγή: <https://biodasos.gr>)

- Η αποκατάσταση της βλάστησης είναι ζωτικής σημασίας για την αναγέννηση ενός δάσους. Μπορεί να γίνει είτε με απευθείας σπορά είτε με τεχνηκή αναδάσωση μόνο σε εκτάσεις όπου δεν προβλέπεται φυσική αναδάσωση, ενώ στις καμένες εκτάσεις απαγορεύεται η βόσκηση, η αλλαγή χρήσης γης και οι καταπατήσεις. Γίνεται κατανοητό λοιπόν ότι, η αναδάσωση δεν ενδείκνυται πάντα ως μέθοδος αποκατάστασης και όταν αυτή επιβάλλεται είναι απαραίτητο να γίνεται πολύ συνετή επιλογή των τύπων βλάστησης και των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς κάποιες περιοχές είναι ακατάλληλες για ορισμένα είδη βλάστησης (Moreira, 2009). Ωστόσο, εξαιτίας πολλών πιέσεων που δέχεται το κράτος από διαφορετικές ομάδες πολιτών, η αναδάσωση επιτρέπεται σε αρκετές περιοχές χωρίς ωστόσο να κρίνεται απαραίτητη (Ταμπάκης και Καρανικόλα, 2015). Επίσης, ορισμένες τεχνικές όπως η φύτευση είναι αρκετά κοστοβόρες ενώ είναι απαραίτητη και προεργασία του εδάφους. Από την άλλη μεριά, η διαδικασία της σποράς, είναι αρκετά πιο οικονομική αλλά με περισσότερες πιθανότητες αποτυχίας. Η καλύτερη λύση θεωρείται η υποβοηθούμενη φυσική αποκατάσταση, όπου επιτυγχάνεται με επεμβάσεις στη φυσική αναγέννηση, όπως αραιώσεις, διαχείριση της ανεπιθύμητης βλάστησης κ.α. (Moreira, 2009). Παρόλα αυτά, η αρχή της αναδάσωσης σε μία περιοχή περιλαμβάνει τη χρήση παρόμοιων φυτών με τα προϋπάρχοντα, πριν από την πυρκαγιά.

Παρόλα αυτά, η κύρια εργασία για την αποκατάσταση των δασών από μία πυρκαγιά αποτελεί η καταγραφή και αποτίμηση της καμένης γης. Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη για πολλούς παράγοντες όπως για παράδειγμα, για την αντιμετώπιση της διάβρωσης και

υποβάθμισης των εδάφων, τη διαχείριση της γλωρίδας και της πανίδας της περιοχής, την σωστή διαχείριση των υδάτων, τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων, την αποφυγή των μεταβολών χρήσης γης κ.α. (GFMC, 2019).

Η μεταπτυρική αποκατάσταση συμπεριλαμβάνει και τα μέτρα ανασυγκρότησης των πυρόπληκτων περιοχών, καθώς και την εξασφάλιση της συνέχειας των οικονομικών δραστηριοτήτων (GFMC, 2019).

6.2 Προτάσεις ανασυγκρότησης της Β. Εύβοιας

Με τη βοήθεια της ανάλυσης SWOT μπορεί να επιλεγεί η κατάλληλη λύση για την ανασυγκρότηση των καμένων εκτάσεων γης στην Β. Εύβοια, αλλά και για την επέκταση και δημιουργία νέων σύγχρονων εγκαταστάσεων στην συγκεκριμένη περιοχή. Τα Πλεονεκτήματα και τα Μειονεκτήματα αναφέρονται στους ενδογενείς πόρους ενώ αντίθετα οι Ευκαιρίες και οι Απειλές αφορούν τους εξωγενείς πόρους όπως για παράδειγμα περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς κ.α. (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

Πίνακας 6.1. Πίνακας ανάλυσης SWOT των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων για την περιοχή της Β. Εύβοιας (Πηγή:<https://eviameta.diazoma.gr/>).

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ο τουρισμός αποτελεί κύρια πηγή εισοδήματος.	Υπερτερεί ο τουρισμός σε σχέση με την οικονομία του δάσους (υποβάθμιση).
Περιοχές με μεγάλη οικολογική σημασία.	Η έλλειψη σύγχρονων δασικών υποδομών και έργων αναψυχής.
Η οικονομία εξαρτάται από την πρωτογενή παραγωγή.	Ο ελλιπής χωρικός σχεδιασμός.
Το δάσος ως δεξαμενή δέσμευσης άνθρακα.	Η μη ύπαρξη μέτρων προστασίας σε οικοσυστήματα.
Το ενδιαφέρον και η συμμετοχή της ελληνικής κοινωνίας για την αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων.	Η εύφλεκτη βλάστηση συνδυαστικά με την κλιματική αλλαγή.
Η ύπαρξη σημαντικών πηγών νερού και υδροφορέων (ποτάμια, λίμνες), σε όλη την καμένη περιοχή.	Η δύσβατη πρόσβαση σε πληγείσες περιοχές.

Επιπλέον, οι ευκαιρίες, οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν την ανάπτυξη της περιοχής, είναι σημαντικό να μπορούν να συνδυάσουν το φυσικό περιβάλλον, τις παραγωγικές δραστηριότητες, τον τουρισμό και τις υποδομές (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

Συγκεκριμένα:

Πίνακας 6.2. Πίνακας ανάλυσης SWOT των ευκαιριών και απειλών στην περιοχή της Β. Εύβοιας (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

Ευκαιρίες	Απειλές
Το ενδιαφέρον της κοινωνίας.	Το ασαφές καθεστώς ιδιοκτησίας στο δασικό τμήμα της περιοχής.
Χρηματοδότηση των έργων υποδομών	Η μονόπλευρη ανάπτυξη του πρωτογενούς τομέα (θάλασσα).
Η θεσμοθέτηση της Πράσινης Συμφωνίας (Green Deal) ως βασική αναπτυξιακή στρατηγική της Ε.Ε.	Η υποβάθμιση του δασικού τοπίου εξαιτίας της εγκατάλειψης των παραγωγικών δραστηριοτήτων.
Η θεσμοθέτηση της Εθνικής Στρατηγικής για τα Δάση 2018-2030.	Η συνεχής εναπόθεση μπαζών σε δασικές εκτάσεις.
Η διασύνδεση του τουρισμού με το δάσος.	Η μείωση του πληθυσμού σε ορεινές περιοχές.
Η προώθηση του εναλλακτικού τουρισμού.	Η υψηλή τρωτότητα λόγω της κλιματικής αλλαγής και η αύξηση των κινδύνων για μεγαπυρκαγιές.
	Η καθυστέρηση στην έγκριση προγραμμάτων υποδομών.

Σύμφωνα λοιπόν, με τις παραπάνω αναλύσεις SWOT μπορούμε να θέσουμε συγκεκριμένους στόχους για την ανάκαμψη της Β. Εύβοιας. Πιο αναλυτικά, οι στόχοι μπορούν να εξειδικευτούν στις παρακάτω κατηγορίες (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

1. Στόχοι Προστασίας,
2. Στόχοι Ανάδειξης,
3. Στόχοι Οργάνωσης της Παραγωγής,
4. Στόχοι Διατήρησης της Βιοποικιλότητας και
5. Στόχοι Οργάνωσης των Δασικών Δραστηριοτήτων.

6.2.1 Στόχοι προστασίας

Οι συγκεκριμένοι στόχοι περιλαμβάνουν (<https://eviameta.diazoma.gr/>) :

- Την προστασία του περιβάλλοντος συμπεριλαμβανομένου της χλωρίδας και της πανίδας της περιοχής, τους οικισμούς και τα έργα υποδομών. Πιο αναλυτικά, η προστασία του δάσους είναι μία πιο σύνθετη διαδικασία, καθώς οι αναδασώσεις θα πρέπει να συνδυάζονται με την αντιπυρική προστασία και τη δημιουργία δρόμων.

- Η αντιπυρική προστασία αποτελεί τον μεγαλύτερο κίνδυνο μίας δασικής έκτασης. Για το λόγο αυτό, είναι πολύ σημαντική η σωστή οργάνωση της, η οποία περιλαμβάνει τα μέτρα προστασίας και πρόληψης, την προκαταστολή και την καταστολή της πυρκαγιάς.
- Σε συνέχεια με την δασική προστασία, έρχεται και η προστασία των οικισμών γύρω από μία δασική περιοχή, δηλαδή η δημιουργία αντιπυρικών ζωνών περιμετρικά των οικισμών αυτών έτσι ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η πιθανότητα μίας πυρκαγιάς. Σε περιοχές αυξημένου κινδύνου, είναι πιθανή η δημιουργία ενός δικτύου ενεργητικής δασοπυρόσβεσης.
- Τέλος, η προστασία του εδάφους από την διάβρωση είναι εξίσου σημαντική καθώς, η διάβρωση επηρεάζει όχι μόνο το έδαφος και το νερό, αλλά και τις υποδομές σε κοντινές αποστάσεις. Τα συγκεκριμένα έργα προστασίας περιλαμβάνουν την τοποθέτηση κορμών κάθετα στη ροή των υδάτων (κορμοφράγματα). Πιο αναλυτικά τα αντιδιαβρωτικά έργα στο Δασαρχείο Λίμνης έχουν ολοκληρωθεί από το 2021. Εδώ περιλαμβάνονται και τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας όπου στην συγκεκριμένη πυρκαγιά του 2021, επιλέχθηκαν συγκεκριμένες κοίτες χειμάρων όπου είναι πιο πιθανές να εμφανίσουν πλημμυρικά φαινόμενα. Για να εξαλειφθούν αυτά τα φαινόμενα πρέπει να γίνει η εκπόνηση μελετών ορεινών υδρονομικών έργων στα Δασαρχεία Λίμνης και Ιστιαίας.

6.2.2 Στόχοι ανάδειξης

Η ανάδειξη του δάσους και του οικοσυστήματος αποτελεί την πολιτιστική μας κληρονομιά καθώς και κύρια αιτία του τουρισμού σε αυτές τις περιοχές. Τα έργα αυτά αποτελούνται από την συντήρηση των υποδομών και τη δημιουργία νέων αλλά και την αποκατάσταση όσων κάηκαν στην πυρκαγιά. Συγκεκριμένα:

- Η συντήρηση αλλά και η δημιουργία νέων μονοπατιών όπως για παράδειγμα στο Τελέθριο και στο Ξηρό Όρος.
- Η ανάδειξη των πιο ελκυστικών τουριστικών σημείων όπως είναι οι καταρράκτες, οι λίμνες ή τα φαράγγια.

- Η αποκατάσταση του Δασικού χωριού Παπάδων καθώς και διαφόρων χώρων αναψυχής.
- Και τέλος, τα έργα αποκατάστασης και ανάδειξης του απολιθωμένου δάσους Κερασιάς (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

6.2.3 Στόχοι οργάνωσης της παραγωγής

Η συγκεκριμένη πυρκαγιά, άφησε πίσω της εκτός από υλικές ζημιές, και αρκετούς ανθρώπους χωρίς εισόδημα, καθώς αρκετοί στην συγκεκριμένη περιοχή ασχολούνται με χρήσεις γης και καλλιέργειες. Οι μεγαλύτεροι πληγέντες ήταν κυρίως ρητινοκαλλιεργητές, μελισσοκόμοι, κτηνοτρόφοι υλοτόμοι και καρβουνάδες. Η παραγωγή τους μετά τη φωτιά βασίστηκε κατά βάση σε γειτονικές εκτάσεις γης αλλά δεν ήταν τόσο εφικτή αυτή η μετακίνηση. Το πιο σημαντικό πρόβλημα είναι η καταστροφή του παραγωγικού κεφαλαίου και η δυσκολία αναγέννησης του δάσους προβληματίζει περισσότερο τους κτηνοτρόφους. Για το λόγο αυτό, οι στόχοι περιλαμβάνουν:

- Τόσο τη φυσική όσο και την τεχνητή αναγέννηση των δασών.
- Η ανάγκη για αναπλήρωση των εσόδων των πληγέντων παραγωγών, όπως για παράδειγμα το επταετές πρόγραμμα απασχόλησης ανέργων ρητινοπαραγωγών το οποίο εφαρμόζεται από το 2022.
- Η προσωρινή αντικατάσταση προϊόντων με συγκεκριμένα μέτρα μέχρι την ανάκαμψη της παραγωγής (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

6.2.4 Στόχοι διατήρησης της βιοποικιλότητας

Η σταδιακή μείωση της βιοποικιλότητας είναι πολύ συχνή σε καμένες εκτάσεις. Έτσι λοιπόν, πρέπει να λαμβάνονται ορισμένα μέτρα για την προστασία αυτών των ειδών, τα οποία βρίσκονται μέσα στην πυρκαγιά. Ορισμένα από αυτά τα μέτρα είναι τα εξής:

- Η άμεση καταγραφή των ειδών, κυρίως των σπάνιων ειδών που εμφανίζονται στην περιοχή.
- Το πρόγραμμα διάσωσης του δάσους ποδισκοφόρου δρυός στην περιοχή του Αγίου Νικολάου Κανατάδικων.
- Επίσης, το πρόγραμμα διάσωσης του υδροχαρούς δάσους και λειψάνων δάσους φτελιάς και νερόφραξου στην περιοχή της Κρύας Βρύσης.

- Το πρόγραμμα παρακολούθησης για το μικρό και μεγάλο Λιβάρι στον Δήμο Ιστιαίας καθώς και για την ανάδειξη της Ευβοϊκής δρυός (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

6.2.5 Παρακολούθηση των δεικτών της κλιματικής αλλαγής

Η φυσική και η τεχνητή αναγέννηση του καμένου δάσους καθώς και η απόληψη ξυλείας και αποθηκευμένου άνθρακα, είναι ικανά να προκαλέσουν αλλαγές στο ισοζύγιο του άνθρακα. Τόσο ο υπολογισμός του αποθηκευμένου άνθρακα όσο και η παρακολούθηση της νέας εξάπλωσης διαφορετικών ειδών στην καμένη περιοχή αποτελούν πλέον ένα από τα σημαντικότερα θέματα προς επίλυση. Έτσι λοιπόν, μπορούν να εφαρμοστούν τα παρακάτω μέτρα:

- Ο υπολογισμός των κορμών των δέντρων όπου θα μπορέσουν να απομακρυνθούν από την πυρκαγιά.
- Η μετατροπή της ξυλείας σε άνθρακα.
- Ο υπολογισμός της δέσμευσης άνθρακα ανά έτος.
- Και τέλος, η παρακολούθηση της εξάπλωσης των ειδών (<https://eviameta.diazoma.gr/>).

6.3 Προτάσεις για την περιοχή της Β. Εύβοιας

Έπειτα από την ανάλυση των στόχων, προτείνονται ορισμένα μέτρα και δράσεις για την ανάδειξη της Β. Εύβοιας μετά από την καταστροφική πυρκαγιά του 2021. Τα έργα αυτά, πρότειναν οι ειδικοί της ομάδας ανασυγκρότησης καθώς και άλλοι μελετητές (<https://eviameta.diazoma.gr/>). Πιο συγκεκριμένα :

- Μελέτες αντιπυρικής προστασίας, η οποίες θα αφορούν ξεχωριστά τα δύο Δασαρχεία της Ιστιαίας και της Λίμνης (φορείς).
- Μελέτες αναδάσωσης της περιοχής. Συγκεκριμένα, αφορά την σύνταξη πέντε διαφορετικών μελετών (πέντε δασοπονικά είδη) σε συνεργασία με το Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Η αναδάσωση εξαρτώνται κυρίως από τα αποθέματα των φυτών και των σπόρων τους. Με αυτόν τον τρόπο, θα υπολογιστούν οι περιοχές των αναδασώσεων, οι οποίες καλύπτονταν από ελάτη, μαύρη και χαλέπιο πεύκη,

πλατύφυλλη και Ευβοϊκή δρυ. Αναλυτικά, με την εποπτεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, έχει αποφασιστεί η δημιουργία ενός δασικού φυτωρίου στην περιοχή Τσαπουρνιά του Δήμου Ιστιαίας, όπου θα καλλιεργηθούν τα παραπάνω φυτά.

- Μελέτες υδρονομικών έργων. Οι συγκεκριμένες μελέτες κρίνονται απαραίτητες καθώς βάση αυτών, θα παρθούν μέτρα για την προστασία του εδάφους και των ρεμάτων, ώστε να αποτραπούν τα πλημμυρικά φαινόμενα.
- Μελέτες διάνοιξης δρόμων για την ανάδειξη των φυσικών πόρων, οι οποίες περιλαμβάνουν την δημιουργία μονοπατιών φύσης και συντήρησης των ήδη υφιστάμενων έργων όπου έχουν πληγεί από τις πυρκαγιές. Συγκεκριμένα, αφορά τη διάνοιξη μονοπατιών στις περιοχές Προκόπι-Καντήλι, Πήλι-Πυξαριά του Δήμου Λίμνης, Βασιλικά- Προφήτης Ηλίας Τσαπουρνιάς και στο Δήμο Ιστιαίας- Αιδηψού που αφορά τη δημιουργία 23 νέων διαδρομών συμπεριλαμβανομένου και του Τελέθριου Όρους.
- Πρόγραμμα χρηματοδότησης των δασών. Τα περισσότερα δάση αποτελούν ιδιοκτησίες, για αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η χρηματοδότηση των ιδιοκτητών ώστε να μπορέσουν να ανακάμψουν και να ανασυγκροτήσουν την καμένη γη. Η χρηματοδότηση θα αφορά τον καθαρισμό και προστασία των μη καμένων εκτάσεων, μελέτες αναδιαμόρφωσης για τα ήδη καμένα δάση και επιδοτήσεις για νέα εργαλεία και μηχανήματα.

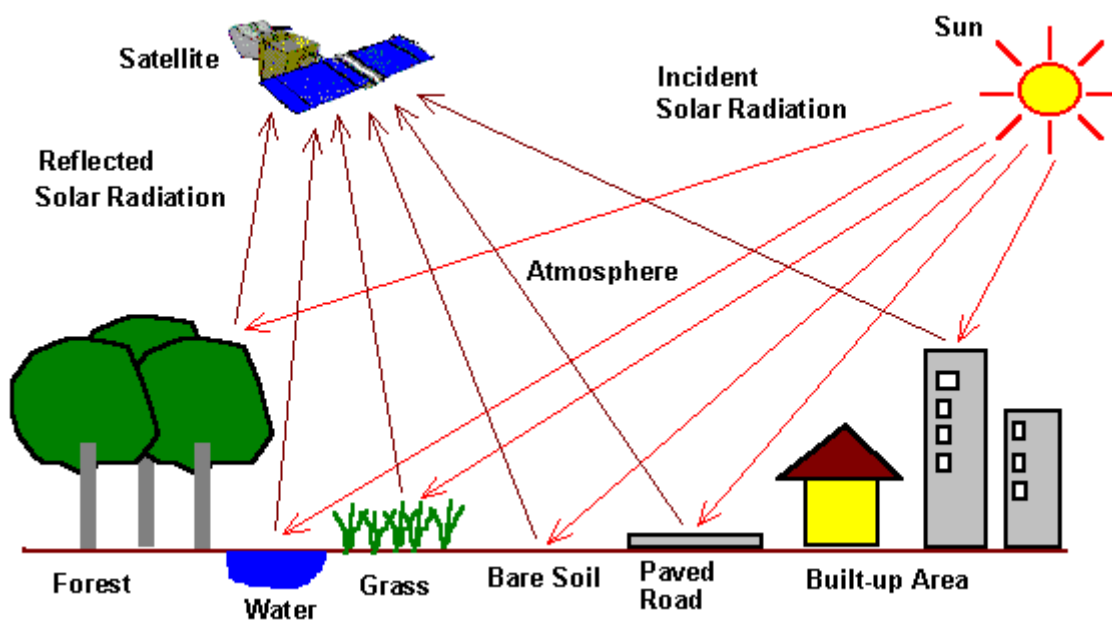
Παρόλο που οι περισσότερες πολιτικές που τίθενται σε ισχύ αφορούν την καταστολή μίας πυρκαγιάς έπειτα από την έναρξή τους, οι παραπάνω στόχοι και μελέτες δείχνουν τη διάθεση αυτό να αλλάξει και να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην πρόληψη των πυρκαγιών έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι καταστροφές (Moreira, 2009). Σήμερα, όλα αυτά μπορούν να συνδυαστούν και με τις νέες τεχνολογίες της εποχής μας έτσι ώστε να έχουμε πιο έγκυρα και ακριβή αποτελέσματα με στόχο την μείωση των επιπτώσεων των πυρκαγιών στους φυσικούς πόρους.

6.3.1 Χρήση νέων τεχνολογιών για την εκτίμηση κινδύνου μίας πυρκαγιάς

Το πιο σημαντικό κομμάτι της μελέτης, για την αντιμετώπιση μίας πυρκαγιάς, είναι η εκτίμηση των κινδύνων καθώς και ο εντοπισμός των περιοχών που θα επηρεαστούν περισσότερο. Σύμφωνα λοιπόν, με την μελέτη των Gabban et. al (2009), οι οποίοι εστίασαν

στην αξιολόγηση των κινδύνων μίας πυρκαγιάς μέσω δεικτών, αξιοποιώντας δορυφορικά, μετεωρολογικά και άλλα δεδομένα έτσι ώστε να εντοπίσουν τις περιοχές που διατρέχουν τον υψηλότερο κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς, κατέληξαν στα παρακάτω αποτελέσματα. Οι δείκτες Fire Weather Index (FWI) και Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) χρησιμοποιούνται πιο συχνά σε τέτοιου είδους εκτιμήσεις, για το λόγο αυτό σύγκριναν τα αποτελέσματα στον κάθε δείκτη ξεχωριστά σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις, σε περιοχές που επλήγησαν από πυρκαγιά καθώς και σε αυτές που δεν επηρεάστηκαν καθόλου. Έτσι λοιπόν, παρατήρησαν την συμπεριφορά τους με τη χρήση ποσοτικών αλλά και γραφικών μεθόδων και κατέληξαν ότι, ο δείκτης FWI είναι πιο ακριβής στον εντοπισμό τέτοιων εκτάσεων.

Το πιο σημαντικό εργαλείο για την μελέτη αυτών των δεικτών αποτελεί η τηλεπισκόπηση. Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για την τηλεπισκόπηση αλλά ο πιο απλός ορισμός δόθηκε από τους Baret and Curtis (1977) όπου ως τηλεπισκόπηση όρισαν « η τηλεπισκόπηση είναι η παρατήρηση ενός στόχου με κάποια συσκευή από απόσταση». Ουσιαστικά, περιλαμβάνει την καταγραφή, επεξεργασία, ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων που λαμβάνονται με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Gabban et.al, 2009).



Εικόνα 6.4. Η διαδικασία της τηλεπισκόπησης (Πηγή: <https://athena2020.eu>)

Αναλυτικότερα, βασικό εργαλείο της τηλεπισκόπησης είναι η πηγή ενέργειας έτσι ώστε να φωτίζει τον στόχο όπου στην περίπτωση μας είναι η βλάστηση. Έπειτα, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ενέργεια) ανακλάται, στη συνέχεια απορροφάται και τέλος μεταδίδεται σε

αισθητήρες. Οι αισθητήρες αυτοί, βρίσκονται σε πλατφόρμες οπουδήποτε εντός ή εκτός της Γης (Εικόνα 6.4). Οι δορυφόροι, είτε φυσικοί είτε τεχνητοί, είναι αυτοί που προσφέρουν τις εικόνες τηλεπισκόπησης και η τροχιά που διαγράφουν (από βορρά προς νότο), μαζί με την τροχιά της Γης προσφέρουν την μέγιστη κάλυψη της επιφάνειας σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Gabban, 2009).

Επίσης, ένα αρκετά βοηθητικό εργαλείο αποτελεί και το ευρωπαϊκό σύστημα EFFIS (European Forest Fire Information System) όπου περιέχει ιστορικές πληροφορίες για όλες τις πυρκαγιές της Ευρώπης. Με αυτόν τον τρόπο, όλα τα κράτη- μέλη της Ευρώπης μπορούν να ανταλλάξουν δεδομένα καθώς και να αντιγράψουν τα μέτρα πρόληψης ή καταστολής που χρησιμοποίησε η εκάστοτε χώρα. Συνολικά περιλαμβάνει 319 μεσογειακές χώρες με σάρωση από τους δορυφόρους της NOAA, ο οποίος παρέχει πληροφορίες για την παρατήρηση της Γης με κάλυψη έως 2.700 km και χρησιμοποιείται για την καταγραφή της βλάστησης, των πλημμυρικών φαινομένων, της ποιότητας του νερού κ.α. (<http://www.noaa.gov/>).

Επιπλέον, εκτός από το κομμάτι της τηλεπισκόπησης, τα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης δασικών πυρκαγιών είναι εξίσου σημαντικά για την πρόληψη των πυρκαγιών. Τα πιο γνωστά είναι τα Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), το GPS, οι αισθητήρες και το διαδίκτυο (Ευτυχίδης, 2008). Για παράδειγμα, αν συνδυαστούν το GIS και το GPS, γίνεται η καταγραφή των χαρακτηριστικών μίας περιοχής στο GIS και έπειτα τα αποτελέσματα μεταφέρονται στους χρήστες με αυτόματο τρόπο μέσω ασύρματης επικοινωνίας (Καραντζίδης et. al, 2015).

Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα τηλεανίχνευσης έχουν εξελιχθεί έτσι ώστε να εντοπίζουν την τοποθεσία μίας πυρκαγιάς έτσι ώστε να γίνεται όσο το δυνατόν πιο έγκαιρη η κατάσβεσή της. Ωστόσο, η εγκατάσταση του συστήματος προϋποθέτει τη λεπτομερή χαρτογράφηση της περιοχής (υψόμετρο, χρήσεις γης, γεωλογία της περιοχής κ.α.) (Καραντζίδης et. al, 2015).

Οι τρόποι ανίχνευσης διαφέρουν ανάλογα με το μέσο. Έτσι λοιπόν, η παρατήρηση γίνεται από σταθμούς στην επιφάνεια της Γης, από εναέρια μέσα ή από τους δορυφόρους. Οι πιο συνηθισμένες τεχνολογίες ανίχνευσης καπνού είναι οι υπέρυθροι αισθητήρες, τα οπτικά συστήματα, τα ραδιόμετρα, τα συστήματα LIDAR κ.α. ((Καραντζίδης et. al, 2015).

Αυτά τα συστήματα τώρα διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, σε αυτά όπου χρησιμοποιείται κάμερα ή δορυφόροι για την μεταφορά των εικόνων και είναι πιο ακριβά σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιούν GPS και ασύρματο. Η χρήση κάμερας μπορεί να κοστίζει αλλά είναι πιο αποτελεσματική καθώς καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις (Καραντζίδης et. al, 2015).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται καθημερινά τόσο από επιστήμονες όσο και από απλούς ανθρώπους. Για το λόγο αυτό, είναι ένα εξίσου χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση του κινδύνου μίας πυρκαγιάς σε μία περιοχή. Η πρόληψη του κινδύνου έναρξης μίας πυρκαγιάς εξαρτάται, όπως έχουμε δει, από πολλούς παράγοντες, για το λόγο αυτό η τεχνητή νοημοσύνη είναι ικανή να συνδέσει όλες αυτά τα δεδομένα, συνδυαστικά με το ιστορικό εκδήλωσης πυρκαγιών στην περιοχή. Συγκεκριμένα, στην χώρα μας, χρησιμοποιήθηκαν δύο προγράμματα με τη βοήθεια των τεχνητών νευρωνικών δικτύων το 2021 και 2022 όπου προσεγγίζουν με διαφορετικό τρόπο τον κίνδυνο μίας πυρκαγιάς (<https://dasarxeio.com>).

7.Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, τα δάση δεν θεωρούνται άδικα οι πνεύμονες της Γης, καθώς εκτός από το φυσικό πλούτο που προσφέρουν, προστατεύουν το έδαφος από διαβρώσεις και κατά συνέπεια από πλημμυρικά φαινόμενα. Δυστυχώς, οι δασικές πυρκαγιές είναι αναπόφευκτες αφού οφείλονται και σε φυσικά αίτια (π.χ. κεραυνοί). Ωστόσο, οι πυρκαγιές, επιδρούν και θετικά στα οικοσυστήματα καθώς αποτελούν ένα φυσικό τρόπο αναγέννησης των δασών και των φυτών εφόσον συμβαίνουν μέσα σε λογικά διαστήματα. Παρόλα αυτά, η αυξημένη ανθρωπογενής δραστηριότητα αυξάνει δραματικά την εμφάνιση των πυρκαγιών σε δασικές εκτάσεις με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η ποιότητα των φυσικών πόρων τόσο στην πληγείσα περιοχή όσο και στα περίχωρα.

Στην Ελλάδα, τα τελευταία 40 χρόνια, ο αριθμός των πυρκαγιών έχει υπερτριπλασιαστεί και αναμένεται ο αριθμός αυτός να αυξηθεί κι άλλο αν δεν παρθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης και καταστολής των πυρκαγιών. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το EFFIS, το 2021 ξέσπασαν 85 πυρκαγιές, οι οποίες έκαψαν 1.307.444 στρέμματα γης αλλά ευτυχώς με τους θανάτους να περιορίζονται στους τρεις.

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η κλιματική αλλαγή λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών και των περιόδων ξηρασίας τα οποία υποκινούν και την έναρξη μίας φωτιάς.

Επιπλέον, είναι λογικό, οι περισσότερες πυρκαγιές να εκδηλώνονται κατά τις μεσημεριανές ώρες την θερινή περίοδο με αποκορύφωμα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Συγκεκριμένα, ο Αύγουστος θεωρείται ο μήνας των πυρκαγιών καθώς σε αυτόν αντιστοιχούν το 24% των επεισοδίων.

Όσον αφορά την συμπεριφορά μίας πυρκαγιάς επισημαίνεται ότι οι περισσότερες πυρκαγιές ξεκινούν σε υψόμετρο χαμηλότερο των 600μ. διότι η βλάστηση σε αυτές τις περιοχές είναι πιο πλούσια και με θερμοκρασία 25-30°C ενώ όταν η υγρασία είναι 50-55% τότε η πιθανότητες μίας πυρκαγιάς μειώνονται. Τέλος, η ταχύτητα εξάπλωσης μίας πυρκαγιάς αυξάνεται σύμφωνα με την κλίση της.

Οι δασικές πυρκαγιές εκτός από την οικολογική καταστροφή που δημιουργούν, επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία καθώς και τις περιβαλλοντικές και οικονομικοκοινωνικές συνθήκες ενώ τα αρνητικά αποτελέσματα εντοπίζονται και σε περιοχές μακριά από τον τόπο έναρξης της πυρκαγιάς. Η χλωρίδα και η πανίδα δεν μένουν φυσικά ανεπηρέαστες ενώ μία πυρκαγιά είναι ικανή να εξαφανίσει ορισμένους πληθυσμούς αλλά και να καταστρέψει τις καλλιέργειες των αγροτών οδηγώντας σε ανεργία και εγκατάλειψη αυτών των οικισμών. Από τις πιο σημαντικές συνέπειες είναι η αλλαγές που επιφέρει στην υγεία των ανθρώπων, τόσο από τα τοξικά στοιχεία της ατμόσφαιρας που εισέρχονται στον οργανισμό με την εισπνοή, όσο και λόγω της υποβάθμισης των υδάτων.

Η σωστή διαχείριση και αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών είναι καίριας σημασίας η οποία εξαρτάται από την εκτίμηση του κινδύνου. Ο κίνδυνος αυτός καθορίζεται από το κλίμα, το είδος της βλάστησης, τις μετεωρολογικές συνθήκες, την τοπογραφία και τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην εκάστοτε περιοχή. Οι πολιτικές που εφαρμόζονται πρέπει να δίνουν έμφαση στην πρόληψη και όχι στην καταστολή, ελαχιστοποιώντας τα αίτια που τις δημιουργούν την ποσότητα της καύσιμης ύλης. Ωστόσο, σε συνδυασμό με τη χρήση των νέων τεχνολογιών, η εκτίμηση του κινδύνου γίνεται άμεσα και με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η πυρκαγιά που ξεκίνησε στη Β. Εύβοια, το καλοκαίρι του 2021, έκαιγε για 8 συνεχόμενες ημέρες, σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες (> 42°C), ήπιους ανέμους έπειτα από μια μεγάλη περίοδο ξηρασίας που ξεκίνησε από τον Μάιο του 2021. Δυστυχώς, δεν έλαβε την απαραίτητη προσοχή εξαιτίας της ταυτόχρονης πυρκαγιάς στη Βαρυμπόμπη Αττικής. Μεγαλύτερη έμφαση δόθηκε στην εκκένωση οικισμών μέσω του αριθμού έκτακτης ανάγκης 112 της Πολιτικής Προστασίας, με αποτέλεσμα οι πυροσβεστικές δυνάμεις να επιχειρούν να σώσουν περιουσίες πολιτών, ενώ η πυρκαγιά εξαπλωνόταν συνεχώς και έσβησε τελικά στη θάλασσα.

Ο τελικός απολογισμός ήταν 520.000 στρέμματα καμένης έκτασης, εκ των οποίων το 74% ήταν δασικές εκτάσεις κωνοφόρων και πλατύφυλλων ειδών, καταστροφή περιουσιών και

υποδομών, καθώς και τεράστιες επιπτώσεις στην οικονομία συμπεριλαμβανομένου της κτηνοτροφίας, μελισσοκομίας, γεωργίας, καθώς και σε ένα μεγάλο κομμάτι του τουρισμού. Ο κίνδυνος διάβρωσης και κατά συνέπεια των πλημμυρικών φαινομένων ήταν μεγάλος, ειδικά στις περιοχές με μεγάλη τοπογραφική κλίση. Πρέπει να τονίσουμε ότι λόγω των εκτεταμένων ζημιών σε όλα τα επίπεδα, η αποκατάστασή θα έπρεπε να ξεκινήσει άμεσα. Για το λόγο αυτό, θεσπίστηκαν ορισμένα μέτρα και ρυθμίσεις και εκδόθηκαν Υπουργικές Αποφάσεις για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος και των πληγέντων, ενώ το 2022 ολοκληρώθηκε το "Στρατηγικό Σχέδιο Ανασυγκρότησης της Β. Εύβοιας", το οποίο περιλαμβάνει 71 έργα και δράσεις, συνολικού προϋπολογισμού 380 εκατ. ευρώ με ορίζοντα ολοκλήρωσής τους σταδιακά έως το 2030.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Α) Ελληνική

1. Αντωνόπουλος, Π. (1997), Προστασία Δασών από Πυρκαγιές. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
2. Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, Μ., και Καζάνης, Δ. (2012), Ο οικολογικός ρόλος της φωτιάς στα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας. Στο Χ. Παπαγεωργίου, Γ. Καρέτσος και Γ. Κατσαδωράκης (Επιμ.). Το Δάσος-Μια ολοκληρωμένη Προσέγγιση (σσ. 103-116). WWF Ελλάς.
3. Βορίσης, Δ., (2008), Δασικές Πυρκαγιές. Διαθέσιμο ηλεκτρονικά.
4. Βουδούρης Κ. (2006), Θέματα υδρογεωλογίας περιβάλλοντος, Εργαστήριο τεχνικής γεωλογίας και υδρογεωλογίας, τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
5. Βουδούρης, Κ. (2013), Τεχνική Υδρογεωλογία. Υπόγεια Νερά.
6. Βουδούρης, Κ., (2009), Υδρογεωλογία περιβάλλοντος- Υπόγεια νερά και περιβάλλον, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
7. Δημητρέλλος, Γ. (2022), Δασικές πυρκαγιές και Μεσογειακά οικοσυστήματα. Οικολογία δασικών πυρκαγιών. Τμήμα Βιολογίας. Πανεπιστήμιο Πατρών.
8. Ευτυχίδης, Γ. (2008), Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Δασικών Πυρκαγιών. Εφαρμογές σε Περιφέρειες της Ελλάδας, Ημερίδα ΤΕΕ 5-5-2008.
9. Ζανάκη Κ. (2001), Έλεγχος ποιότητας του νερού, Εκδόσεις Ίων.
10. Καούκης, Κ. & Ξανθόπουλος, Γ. (2022), Εντοπισμός πιθανών προβλημάτων στην περιοχή της Β. Εύβοιας μετά την πυρκαγιά της 3ης Αυγούστου 2021. Ινστιτούτο Μεσογειακών & Δασικών Οικοσυστημάτων.
11. Καραβίτης, Χ.Α (2010), Σχεδιασμός και διαχείριση υδατικών πόρων.
12. Καρανζίδης, Ν., Παρασχάκης, Ι., Δρόσος, Β., Πικριδάς, Χ. & Δούκας, Α. (2015), Έγκαιρη ειδοποίηση δασικής πυρκαγιάς και πρώτη πρόσβαση από δασικούς δρόμους. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ.
13. Καρανικόλα, Π. (2009), Εισαγωγή στη Δασολογική και Περιβαλλοντική Επιστήμη. Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Δ.Π.Θ.

14. Κουτούπα- Ρεγκάκου, Ε. (2007), Δίκαιο του περιβάλλοντος (Β' Έκδοση Επαυξημένη), Αθήνα- Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σάκκουλα Α.Ε.
15. Κουτσογιάννης, Δ., & Ξανθόπουλος, Θ. (1999), Τεχνική Υδρολογία, 3^η Έκδοση.
16. Κωνσταντινίδης, Π. (2003), Μαθαίνοντας να ζούμε με τις δασικές πυρκαγιές. Αθήνα: Εκδόσεις Κυριακίδη.
17. Μαντζάρης, Ι. (2023), Προσομοίωση Συμπεριφοράς Δασικής Πυρκαγιάς με χρήση Τηλεπισκοπικών Δεδομένων και Μοντέλων Διάδοσης. Η περίπτωση της Β. Εύβοιας - Αύγουστος 2021.
18. Μαστρογιάννη, Κ. (2019), Άτλας Πυρκαγιών της Εύβοιας.
19. Μήτρακας Μ. (2001), Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία του νερού, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
20. Μπαλούτσος Γ., Οικονόμου Α., Καούκης Κ., (2001), Ο Κίνδυνος Πλημμύρας σε Λεκάνη Απορροής μετά από Πυρκαγιά, Ανάλυση Προβλήματος και Άμεσα Μέτρα Μείωσης των Επιπτώσεων, Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου με Θέμα: Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα.
21. Ντάρακας Ε. (2010), Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διεργασίες επεξεργασίας νερού, Τομέας υδραυλικής και τεχνικής περιβάλλοντος.
22. Ξανθόπουλος, Γ. (1998), Δασικές Πυρκαγιές στην Ελλάδα. Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον.
23. Ξανθόπουλος, Γ. (2012), Το φαινόμενο της δασικής πυρκαγιάς ως πρόβλημα: χαρακτηριστικά, προσεγγίσεις αντιμετώπισης και συνολική διαχείριση. Στο Χ. Παπαγεωργίου, Γ. Καρέτσος και Γ. Κατσαδωράκης (Επιμ.). Το Δάσος-Μια ολοκληρωμένη Προσέγγιση (σσ. 103-116). WWF Ελλάς.
24. Πλένιου, Μ. (2021), Δασικές Πυρκαγιές 2021. Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών.
25. Σούλιος Γ. (2006), Γενική Υδρογεωλογία, 4^{ος} Τόμος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
26. Στεφανίδης, Π. (1991), Φυσικό Περιβάλλον, Δασικές Πυρκαγιές, Υδρολογικές Συνέπειες, Ανακοίνωση Αριθμός 21, ΑΠΘ, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη.
27. Στεφανίδης, Π. (2009), Τα αντιδιαβρωτικά και αντιπλημμυρικά έργα μετά από δασικές πυρκαγιές. Μύθος ή Πραγματικότητα; 14ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο. Πάτρα, Ελλάδα.

28. Στεφανίδης, Π. (2009), Τα αντιδιαβρωτικά και αντιπλημμυρικά έργα μετά από δασικές πυρκαγιές. Μύθος ή Πραγματικότητα; 14ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο. Πάτρα, Ελλάδα.
29. Ταμπάκης, Σ. και Καρανικόλα, Π. (2015), Δασικές Πυρκαγιές και Κοινωνία. Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Δ.Π.Θ.
30. Ταμπάκης, Σ. και Καρανικόλα, Π. (2015), Δασικές Πυρκαγιές και Κοινωνία. Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Δ.Π.Θ. Ανακτήθηκε 5 Ιουνίου, 2023.
31. Τρίγκας Π. (2003), Συμβολή στη μελέτη του ενδημισμού της γλωρίδας της νήσου Εύβοιας.
32. Τσουκαλά, Μ. (2009), Έκπλυση Τέφρας Δασικών Υλών Παρουσία Χημικών Επιβραδυντών Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Δασικών Πυρκαγιών. Διδακτορική Διατριβή. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

B) Ξενόγλωσση

1. Agee, J.K. (1996), Fire Ecology of Pacific Northwest Forests. Retrieved from Island Press, Washington, D.C. / Covelo, California.
2. Bart, R. R., & Tague, C. L. (2017), The impact of wildfire on baseflow recession rates in California. *Hydrological Processes*, 31(8), 1662–1673.
3. Birot, Y. & R. Mavsar. (2009), Wildfires impact in 3D: Environment, economy, society. Y. Birot, Living with wildfire: what science can tell us, Joensuu, Finland: European Forest Institute.
4. Bixby, R. J., Cooper, S. D., Gresswell, R. E., Brown, L. E., Dahm, C. N., & Dwire, K. A. (2015), Fire effects on aquatic ecosystems: An assessment of the current state of the science. *Freshwater Science*, 34(4), 1340–1350.
5. Bodí, M.B., Martin, D.A., Balfour, V.N., Santín, C., Doerr, S.H., Pereira, P., Cerdà, A., Mataix-Solera, J. (2014), Wildland fire ash: Production, composition and eco-hydro-geomorphic effects. *Earth Sci*.
6. Brauer, M. (1998), Health Impact of Biomass Air Pollution. Report Prepared for the Bioregional Workshop on Health Impacts of Haze-Related Air Pollution. Kuala Lumpur, Malaysia.

7. Carroll, D. (1962), Rainwater as a Chemical Agent of Geologic Processes: A Review. In *Google Books*. U.S. Government Printing Office.
8. Certini, G., Nocentini, C., Knicker, H., Arfaioli, P., Rumpel, C. (2011), Wildfire effects on soil organic matter quantity and quality in two fire-prone Mediterranean pine forests. *Geoderma*.
9. Craun, G.F., Berger, P.S. and Calderon, R.L. (1997), Coliform bacteria and waterborne disease outbreaks. *J. AWWA*.
10. DeBano, L. F., Neary, D. G., & Ffolliott, P. F. (1998), Fire Effects on Ecosystems. In *Google Books*. John Wiley & Sons.
11. Dimitriadou, S., Katsanou, K., Charalabopoulos, S., & Lambrakis, N. (2018), Interpretation of the Factors Defining Groundwater Quality of the Site Subjected to the Wildfire of 2007 in Ilia Prefecture, South-Western Greece. *Geosciences*, 8(4), 108.
12. European Commission. Council of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption; European Commission: Brussels, Belgium, 1998; pp. 32–54.
13. Fara, Nurul Ezaila Alias, Kasturi Devi Kanniah, Ab, A., Izni Izzati Mohamad, & Rasnavi Paramasivam. (2022), Open data application to evaluate exposure of wildfire to water resources: A case study in Johor, Malaysia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 70(4), 475–480.
14. Fowler, C. (2003), Human health impacts of Forest Fires in the Southern United States: A Literature Review. *Journal of Ecological Anthropology*.
15. Freitas, S.R., Longo, K.M., Silva Dias, M.A.F., Silva Dias, P.L., Chatfield, R., Prins, E., Artaxo, P., Grell, G.A., and Recuero, F.S. (2005), Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. Retrieved from Environ.
16. Gabban, A., San-Miguel-Ayanz, J. & Viegas, D. (2009). Assessment of Forest Fire Risk in European Mediterranean Region: Comparison of Satellite-Derived and Meteorological Indices. EUR 23706 EN. Luxembourg.
17. GFMC. (2019), Εκθεση της Ανεξάρτητης Επιτροπής Εμπειρογνομόνων για τη Διερεύνηση των Αιτίων των Πυρκαγιών στο πλαίσιο της Πρωθυπουργικής Απόφασης Υ60/2018 – ΦΕΚ 3937/Β/10-9-201.
18. Haines, D.A. (1988), A lower atmosphere severity index for wildland fires. Retrieved from *Nat. Weath. Digest*.

19. Hem D.J. (1989), Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural water, 3rd Edition, US Geological Survey Water-Supply.
20. Johnk, B. T., & Mays, D. C. (2021), Wildfire Impacts on Groundwater Aquifers: A Case Study of the 1996 Honey Boy Fire in Beaver County, Utah, USA. *Water*, 13(16), 2279.
21. Johnson, E.A., and Miyanishi, K., (2001), Forest fires: Behavior and ecological effects. Retrieved from Academic Press, San Diego, CA.
22. Kala, C. (2023), Environmental and socioeconomic impacts of forest fires: A call for multilateral cooperation and management interventions. *Natural Hazards Research*.
23. Karapanos, E., (2009), Hydrogeological-Hydrochemical Parameters of the Drained Mouria Lake (Prefecture of Ilia), Controlling the Rehabilitation and the Sustainable Management of the Wetlands. Ph.D. Thesis, University of Patras, Patras,
24. Koukouvelas, I., Mpresiakas, A., Sokos, E., Doutsos, T., (1996), The tectonic setting and earthquake ground hazards of the 1993 Pyrgos earthquake, Peloponnese, Greece. *J. Geol. Soc.*
25. Kramer, M.H., Herwaldt, B.L., Calderon, R.L. and Juranek, D. D., (1996), Surveillance for waterborne-disease outbreaks—United States, 1993-1994.
26. Lambrakis, N., Stournaras, G., Katsanou, K., (2011), Springer: Berlin, Germany, Volume 2.
27. Latham, D., and Williams, E. (2001), Lightning and forest fires. In: Johnson, E.A., and Miyanishi, K., eds. Forest fires: Behavior and ecological effects. Retrieved from Academic Press, San Diego, CA.
28. Liu, Z., Murphy, J., Martins, V., Maghirang, R., and Devlin, D. (2016), Health and Environmental Impacts of Smoke from Vegetation Fires: A Review. *Journal of Environmental Protection*.
29. Mandel, S. (2012), Groundwater Resources: Investigation and Development. In *Google Books*. Elsevier.
30. Mansilha, C., Melo, A., Martins, Z. E., Ferreira, I. M. P. L. V. O., Pereira, A. M., & Espinha Marques, J. (2020), Wildfire Effects on Groundwater Quality from Springs Connected to Small Public Supply Systems in a Peri-Urban Forest Area (Braga Region, NW Portugal). *Water*, 12(4), 1146.

31. Mast, M.A., Clow, D.W. (2008), Effects of 2003 wildfires on stream chemistry in Glacier National Park, Montana. *Hydrol.*
32. Ministry of Environment and Water, (2020), Malaysia Third Biennial Update Report to UNFCCC. Putrajaya, Malaysia.
33. Miranda, I., Monteiro, A., Martins, V., Carvalho, A., and Borrego, C. (2007), The 2003 fire season in Portugal: impacts on air quality. Seventh Symposium on Fire and Forest Meteorology, 23–25 October 2007, Bar Harbor, Maine, USA.
34. Mohd-Asharuddin, S., Zayadi, N., Rasit, W., Othman, N., (2016), Water quality characteristics of Sembrong dam reservoir, Johor, Malaysia. *IOP Conference Series, Materials Science and Engineering.*
35. Moreira, F., & Vallejo, R. (2009). What to Do After Fire? Post-Fire Restoration. Στο Y. Birot (Επιμ.). *Living with wildfire: what science can tell us*, Joensuu, Finland: European Forest Institute.
36. Murphy, B., Yocom, L., Belmont, P., (2018), Beyond the 1984 perspective: Narrow focus on modern wildfire trends underestimates future risks to water security. *Earth's Future*, 6, 1492–1497.
37. Olivella, M.A, Ribalta, T.G., De Febrer, A.R., Mollet, J.M., De Las Heras, (2014), F.X.C. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in riverine waters after Mediterranean forest fires.
38. Papanikolaou, D., Fountoulis, I., Metaxas, Ch., (2007), Active faults, deformation rates and Quaternary paleogeography at Kyparissiakos Gulf (SW Greece) deduced from onshore and offshore data. *Quat. Int.*
39. Parhizkar, M., & Cerda, A. (2023), Modelling effects of human-caused fires on rill detachment capacity based on surface burning of soils in forest lands.
40. Paul, M. J., LeDuc, S. D., Lassiter, M. G., Moorhead, L. C., Noyes, P. D., & Leibowitz, S. G. (2022), Wildfire Induces Changes in Receiving Waters: A Review With Considerations for Water Quality Management. *Water Resources Research*, 58(9).
41. Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A. (2011), Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst.* 1633–1644.
42. Pennino, M.J., Leibowitz, S.G., Compton, J.E., Beyene, M.T., LeDuc, S.D., (2022), Wildfires can increase regulated nitrate, arsenic, and disinfection byproduct violations

and concentrations in public drinking water supplies. *Science of the Total Environment*.

43. Pike, R. G. & Feller, M. C. & Stednick, J.D. & Rieberger, K.J. & Carver, M. (2009), Water Quality and Forest Management: Chapter 12. *Compendium of Forest Hydrology and Geomorphology in British Columbia*.
44. Pinel-Alloul, B., Prepas, E., Planas, D., Steedman, R., & Charette, T. (2002), Watershed Impacts of Logging and Wildfire: Case Studies in Canada. *Lake and Reservoir Management*, 18(4), 307–318.
45. Pyne, S.J., Andrews, P.L., and Laven, R.D. (1996), *Introduction to wildland fire* (second ed.). Wiley.
46. Rigolot, E., Fernandes, P., & Rego, F. (2009), *Managing Wildfire Risk: Prevention, Suppression*.
47. Robinne, F.-N.N., Miller, C., Parisien, M.-A.A., Emelko, M.B.B., Bladon, K.D.D., Silins, U., Flannigan, M., (2016), A global index for mapping the exposure of water resources to wildfire. *Forests*.
48. Rust, A., Hogue, T., Saxe, S., McCray, J., (2018), Post-fire water-quality response in the western United States. *International Journal of Wildland Fire*.
49. Sham, C.H., Tuccillo, M.E., Rooke, J. (2013), *Report on the Effects of Wildfire on Drinking Water Utilities and Effective Practices for Wildfire Risk Reduction and Mitigation*; Water Research Foundation and U.S. Environmental Protection Agency: Waltham, MA, USA.
50. Silva, V., Pereira, J.L., Campos, I., Keizer, J.J., Gonçalves, F., Abrantes, N. (2015), Toxicity assessment of aqueous extracts of ash from forest fires, *Catena*.
51. Stamatopoulos, L., Kontopoulos, N., (1994), Geomorphology and evolution of the region between Lapa and Eleotopos, northwestern Peloponnesus (Greece). *IL Quaternario Ital. J. Quat. Sci.*
52. Stanley, M. (2022), *Wildfires* National Geographic Society. Retrieved from National Geographic website.
53. Thomas, D., Butry, D., Gilbert, S., Webb, D & Fung, J. (2017), *The Costs and Losses of Wildfires: A Literature Review*. Special Publication (NIST SP), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

54. Townsend, S.A., Douglas, M.M. (2004), The effect of a wildfire on stream water quality and catchment water yield in a tropical savanna excluded from fire for 10 years (Kakadu National Park, North Australia). *Water Res.*
55. Vadrevu, K.P., Lasko, K., Giglio, L., Schroeder, W., Biswas, S., Justice, C., (2019), Trends in vegetation fires in South and Southeast Asian Countries. *Scientific Reports.*
56. Writer, J.H., Hohner, A., Oropeza, J., Schmidt, A., Cawley, K., Rosario-Ortiz, F., (2014), Water treatment implications after the High Park Wildfire, Colorado. *Journal American Water Works Association.*
57. Younger, P. L. (2009), *Groundwater in the Environment: An Introduction.* In *Google Books.* John Wiley & Sons.

Γ) Διαδικτυακοί Τόποι

1. <https://el.wikipedia.org>
2. <https://www.usgs.gov/faqs/what-groundwater>
3. <https://www.eagme.gr/pages/eagme-6385-deigmatolhpsies-se-1896-ydroshmeia-to-2022-gia-to-dipyn>
4. <https://www.malian.gov.gr/index.php/municipality/taftotita-dimou>
5. http://www.wondergreece.gr/v1/el/Perioxes/N_Eyboias
6. <https://evoia-meta.b-cdn.net/meletes-telika/eviameta-meleti-dasos.pdf?v=3>
7. <https://effis.jrc.ec.europa.eu/>
8. <http://fmrsvm.for.auth.gr/>
9. <https://dasarxeio.com>
10. https://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2020/06/EL07_1REV_P07_Taxinomisi YYS.pdf
11. ΥΛΗ Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, (2021). [dasarxeio.com IwAR2v3Sv2_8fkQx9jx321342PLChyTUFjaqUMMKLSBXxt4lAw7QS5rYCbWb4](https://dasarxeio.com/IwAR2v3Sv2_8fkQx9jx321342PLChyTUFjaqUMMKLSBXxt4lAw7QS5rYCbWb4)
12. https://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/fd51_gr/fd51_gr?OpenDocument
13. <http://www.noaa.gov/>