



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Π.Μ.Σ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου σε καμένες εκτάσεις της Βόρειας Εύβοιας,
Λεκάνη απορροής Ξηροποτάμου
Μεταπτυχιακή εργασία**

Γεωργία Ταμπουράκη



Αθήνα, 2022



HAROKOPIO UNIVERSITY

**SCHOOL OF ENVIRONMENT, GEOGRAPHY AND
APPLIED ECONOMICS**

DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

P.S.P. APPLIED GEOGRAPHY AND SPATIAL PLANNING

GEO-INFORMATICS

**Flood hazard assessment in burned areas of Northern Evia,
Xiropotamos River drainage basin**
Master Thesis

Georgia Tampouraki



Athens, 2022

Πηγή φωτογραφίας εξωφύλλου:

https://www.athensvoice.gr/greece/726126_fotia-stin-voreia-eyvoia-oi-kamenes-periohes-enaeries-lipseis



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Π.Μ.Σ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ευθύμιος Καρύμπαλης (επιβλέπων)

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας,

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Ισαάκ Παρχαρίδης

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας,

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Γεώργιος Πετρόπουλος

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας,

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Γεωργία Ταμπουράκη δηλώνω υπεύθυνα ότι:

1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

3) Όπου υφίστανται δικαιώματα άλλων δημιουργών έχουν διασφαλιστεί όλες οι αναγκαίες άδειες χρήσης ενώ το αντίστοιχο υλικό είναι ευδιάκριτο στην υποβληθείσα εργασία.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με αφορμή την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κο Ευθύμιο Καρύμπαλη για την ανάθεση της εργασίας και την καθοδήγησή του, καθώς και τη κα Νέλλυ Βαλκάνου για τη βοήθεια της, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της .

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου εκτίμηση για τις ευκαιρίες μάθησης που μου παρείχε η παρακολούθηση του μεταπτυχιακού προγράμματος του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου για τη συνεχή στήριξή τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	8
Abstract	9
Κατάλογος εικόνων, πινάκων, χαρτών	10
Κεφάλαιο 1 ^ο : Φυσικές Καταστροφές	12
1.1 Εισαγωγή	12
1.2 Βασικές έννοιες	12
1.3 Ταξινόμηση φυσικών κινδύνων και καταστροφών	14
1.4 Πυρκαγιές	16
1.4.1 Δασικές πυρκαγιές	16
1.4.2 Επιπτώσεις πυρκαγιών	18
1.5 Πλημμύρες	19
1.5.1 Ταξινόμηση πλημμυρών	21
1.5.2 Πλημμυρικό καθεστώς σε Ελλάδα και Ευρώπη	23
1.5.3 Επιπτώσεις πλημμυρών.....	24
1.5.4 Μηχανισμοί αντιμετώπισης πλημμυρών	25
1.6 Κλιματική αλλαγή και φυσικές καταστροφές	25
1.7 Σκοπός εργασίας	28
Κεφάλαιο 2 ^ο : Περιοχή μελέτης	30
2.1 Εισαγωγικά στοιχεία	30
2.2 Γεωγραφική Θέση	30
2.3 Δημογραφικά χαρακτηριστικά	32
2.4 Οικονομικά χαρακτηριστικά.....	33
2.4.1 Οικονομικά ενεργός πληθυσμός	33
2.4.2 Αριθμός απασχολούμενων ανα κατηγορία απασχόλησης	34
2.5 Κλιματικά χαρακτηριστικά	34
2.6 Περίπτωση μελέτης πυρκαγιάς 2021	35
Κεφάλαιο 3 ^ο : Εκτίμηση Πλημμυρικού Κινδύνου	39
3.1 Εισαγωγή	39
3.2 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)	40

3.3 Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA).....	40
3.4 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και ΣΓΠ.....	42
3.5 Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP).....	43
3.6 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Αναλυτική Ιεράρχηση	44
Κεφάλαιο 4 ^ο : Ανάλυση Δεδομένων και Στάδια Μεθοδολογίας	46
4.1 Εισαγωγή	46
4.2 Δεδομένα	46
4.3 Μεθοδολογία	48
4.3.1 Προσδιορισμός κριτηρίων αξιολόγησης	51
4.3.2 Επαναταξινόμηση κριτηρίων σε μία ενιαία κλίμακα ταξινόμησης	62
4.3.3 Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης	74
4.3.4 Έλεγχος συνέπειας	76
4.3.5 Σύνθεση κριτηρίων.....	77
Κεφάλαιο 5 ^ο : Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας	79
5.1 Δείκτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας (Flood Hazard Index - FHI)	79
5.2 Επικύρωση και συσχέτιση του Δείκτη Επικινδυνότητας με ιστορικό παλαιότερων πλημμύρων και Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου (Ζ.Δ.Υ.Κ.)	81
5.2.1 Ιστορικό πλημμυρικών γεγονότων.....	81
5.2.2 Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (APSFR)	81
5.3 Αξιολόγηση επικινδυνότητας/τρωτότητας ανθρωπογενών κατασκευών και συσχέτιση καμένων εκτάσεων	84
5.3.1 Αξιολόγηση επικινδυνότητας ανθρωπογενών κατασκευών	84
5.3.2 Συσχέτιση αποτελεσμάτων και καμένων εκτάσεων	85
Συζήτηση	87
Συμπεράσματα	90
Βιβλιογραφία	91

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη καταγραφή, εκτίμηση και αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου της Βόρειας Εύβοιας, σημαντικό τμήμα της οποίας κάηκε στις πυρκαγιές του Αυγούστου 2021. Η δασική πυρκαγιά στη βόρεια Εύβοια εκτιμάται ότι έκαψε τουλάχιστον 600.000 στρέμματα δάσους, γεγονός που την κατατάσσει ως τη μεγαλύτερη στην ιστορία της σύγχρονης Ελλάδας.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο διαχείρισης και επεξεργασίας σύνθετων χωρικών δεδομένων. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της μεθόδου της Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP) σε ένα GIS βελτιώνει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και τις δυνατότητες χαρτογράφησης που διαδοχικά διευκολύνουν τη δημιουργία χαρτών εκτίμησης επικινδυνότητας σε πλημμύρα.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, χρησιμοποιούνται παράμετροι που σχετίζονται με την εγγύτητα ως προς το υδρογραφικό δίκτυο, τους τύπους κάλυψης γης, τη υδρο-λιθολογία, τη συσσώρευση ροής, τη διαμόρφωση του υψομέτρου και της μορφολογικής κλίσης της περιοχής μελέτης.

Οι περιοχές σε ζώνες υψηλής και πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας καταγράφηκαν στο δυτικό και κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Η έκταση αυτών των 2 ζωνών επικινδυνότητας ανέρχεται σε 39 km², σχεδόν στο 28% της λεκάνης απορροής. Σχετικά με την τρωτότητα του οικιστικού ιστού και του οδικού δικτύου, περίπου το 57% των οικισμών, δηλαδή 8 οικισμοί από τους 14 της περιοχής και σχεδόν το 45% του οδικού δικτύου (40 km) ανήκουν σε ζώνες πολύ υψηλής και υψηλής επικινδυνότητας. Η καμένη έκταση στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης θα αυξήσει την επιφανειακή απορροή και θα δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες για πλημμυρικά φαινόμενα. Η αξιοπιστία της εφαρμογής επιβεβαιώνεται από τη συσχέτιση μεταξύ του χάρτη επικινδυνότητας πλημμύρας και των ζωνών κινδύνου πλημμύρας και της χωρικής κατανομής του παλαιότερου πλημμυρικού συμβάντος. Τέλος, ο προληπτικός σχεδιασμός μπορεί να αποτελέσει έναν ισχυρό μηχανισμό για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και τη μείωση των οικονομικών επιπτώσεων των πλημμυρών και για την ασφαλή οικιστική ανάπτυξη.

Λέξεις – κλειδιά: Φυσικές καταστροφές, Πλημμύρες, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης, Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων

Abstract

In the present work, an attempt will be made to record, evaluate and assess the flood risk of the Xiropotamos river drainage basin of Northern Evia, after the fires of August 2021. The forest fire in northern Evia is estimated to have burned at least 600.000 acres, which ranks it as the largest in the history of modern Greece.

Geographic Information Systems (GIS) are an important tool for managing and processing complex spatial data. In addition, the integration of the Analytical Hierarchy (AHP) method into a GIS improves the decision-making process and mapping capabilities that successively facilitate the creation of flood risk assessment maps.

To achieve this goal, parameters related to the proximity to the hydrographic network, the types of land cover, the hydro-lithology, the flow accumulation, the formation of the altitude and the slope of the terrain of the study area are used.

Areas in high and very high flood hazard zones were recorded in the western and central part of the study area. The extent of these 2 high risk zones amounts to 39 km², corresponding to almost 28% of the river drainage basin. Regarding the vulnerability of the urbanized areas and the road network, approximately 57% of the settlements, which refers to 8 settlements out of 14 in the area and almost 45% of the road network (40 km) belong to the high and very high hazard zones. The burned area in the eastern part of the study area will increase the surface runoff and will create favorable conditions for floods. The reliability of the application is confirmed by the correlation between the flood hazard map and the flood risk zones and the spatial distribution of the previous flood event. Finally, precautionary planning can be a powerful mechanism for minimizing losses and reducing the economic impacts of the floods and for safe housing development.

Keywords: Natural disasters, Floods, Geographical Information Systems (GIS), Analytical Hierarchy Process, Multi-criteria Decision Analysis

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Χάρτης καμένων εκτάσεων Βόρειας Εύβοιας, πηγή: ΥΛΗ Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 202136

Εικόνα 2: Χάρτης καμένων δασικών εκτάσεων Βόρειας Εύβοιας, πηγή: ΥΛΗ Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 202137

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 : Διάγραμμα ροής σταδίων μεθοδολογίας50

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τα πρωτογενή δεδομένα και οι πηγές τους47

Πίνακας 2: Επαναταξινόμηση παραμέτρου συσσώρευσης ροής64

Πίνακας 3: Επαναταξινόμηση παραμέτρου απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο66

Πίνακας 4 : Επαναταξινόμηση παραμέτρου υψομέτρου εδάφους67

Πίνακας 5: Επαναταξινόμηση παραμέτρου μορφολογικής κλίσης69

Πίνακας 6: Επαναταξινόμηση παραμέτρου κάλυψης γης71

Πίνακας 7: Επαναταξινόμηση παραμέτρου υδρολιθολογίας73

Πίνακας 8: Βαθμοί σημαντικότητας βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι συγκρίσεις μεταξύ των έξι παραμέτρων74

Πίνακας 9: Δυαδικές συγκρίσεις σύμφωνα με τη μέθοδο της Αναλυτικής Ιεράρχησης75

Πίνακας 10: Συντελεστές βαρύτητας των 6 παραμέτρων76

Πίνακας 11: Εκτάσεις ανά ζώνη επικινδυνότητας80

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Χάρτης Λεκάνης Απορροής Ξηροποτάμου31

Χάρτης 2: Χάρτης συσσώρευσης ροής της περιοχής μελέτης52

Χάρτης 3: Χάρτης απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.....53

Χάρτης 4: Χάρτης κατανομής υψομέτρων περιοχής μελέτης54

Χάρτης 5: Χάρτης κατανομής μορφολογικών κλίσεων της περιοχής μελέτης55

Χάρτης 6: Χάρτης κατανομής καλύψεων γης της περιοχής μελέτης	58
Χάρτης 7: Χάρτης λιθολογίας της περιοχής μελέτης	62
Χάρτης 8: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου συσσώρευσης ροής	64
Χάρτης 9: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου απόστασης από το υδρογραφικού δικτύου.....	65
Χάρτης 10: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου υψομέτρου	67
Χάρτης 11: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου μορφολογικής κλίσης	69
Χάρτης 12: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου κάλυψης γης	71
Χάρτης 13: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου υδρολιθολογίας	73
Χάρτης 14: Δείκτης Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας	79
Χάρτης 15: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, παλαιότερου πλημμυρικού συμβάντος και Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας της περιοχής μελέτης	83
Χάρτης 16: Χάρτης επικινδυνότητας, οδικού δικτύου και οικισμών περιοχής μελέτης	84
Χάρτης 17: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας και Καμένων Εκτάσεων περιοχής μελέτης....	86

Κεφάλαιο 1^ο: Φυσικές Καταστροφές

1.1 Εισαγωγή

Στη σύγχρονη εποχή, οι φυσικές καταστροφές επηρεάζουν και μεταβάλλουν τις ζωές εκατομμυρίων ανθρώπων, σε παγκόσμιο επίπεδο. Καταστροφές όπως, πλημμύρες, σεισμοί, κατολισθήσεις, τσουνάμι, τυφώνες, επιδημίες κ.α., έχουν ιδιαίτερα καταστροφικές συνέπειες, θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές, υποβαθμίζοντας παράλληλα το φυσικό περιβάλλον, τις κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες των περιοχών, τις οποίες πλήττουν.

Παρά την τεχνολογική εξέλιξη του σύγχρονου κόσμου, την ανθεκτικότητα και ετοιμότητα μιας κοινωνίας, και γενικότερα τη λήψη κατάλληλων μέτρων, η αντιμετώπιση και διαχείριση των φυσικών καταστροφών είναι μία δύσκολη και πολύπλοκη διαδικασία που χαίρει έγκαιρης προσοχής και ξεπερνάει τα εθνικά σύνορα, τη γεωγραφική θέση και τους κοινωνικοοικονομικούς περιορισμούς (Degiorgis et al., 2012, Λέκκας, 2000).

Για την αποτελεσματική διαχείριση ενός φυσικού κινδύνου είναι αναγκαία σε πρώτη φάση η εκτίμηση του κινδύνου και σε επόμενο στάδιο, ο μετριασμός του, λαμβάνοντας υπόψη εκτός από την φύση του κινδύνου, και την επίδρασή του. Σε περιφερειακή κλίμακα, οι στρατηγικές κατά των επιπτώσεων των πλημμυρών στοχεύουν στον εντοπισμό επιρρεπών περιοχών για την μείωση των επιπτώσεων φυσικών καταστροφών.

1.2 Βασικές έννοιες

Στην ακαδημαϊκή κοινότητα επικρατούν πολλές και διαφορετικές αντιλήψεις και προσεγγίσεις της έννοιας της καταστροφής, κυρίως λόγω των συγκρούσεων που υπάρχουν στην ερμηνεία σχετικά με τα αίτια και τις δυνατότητες διαχείρισης ή αντιμετώπισής της. Κατά κύριο λόγο, οι καταστροφές θεωρούνται το αποτέλεσμα ενός κινδύνου ο οποίος, είτε δεν αντιμετωπίστηκε, είτε δεν έτυχε της κατάλληλης διαχείρισης. Αποτελεί δηλαδή, το αποτέλεσμα ενός κινδύνου που προκύπτει από την έκθεση σε μία απειλητική διαδικασία με ευάλωτες συνθήκες (Σαπουντζάκη, 2016).

Ένας ορισμός που είναι ευρέως αποδεκτός και υιοθετείται έως και σήμερα, προέρχεται από τον Αμερικανό κοινωνιολόγο Quarantelli (1985), έναν από τους θεμελιωτές της Κοινωνιολογίας των

Καταστροφών και είναι ο εξής: «καταστροφή είναι μια κατάσταση κρίσης που προκαλεί εκτεταμένες απώλειες, οι οποίες μάλιστα υπερβαίνουν κατά πολύ την ικανότητα της πληγείσας κοινότητας να ανακάμψει». Επομένως η ύπαρξη ενός συστήματος, ικανού να προλαμβάνει πλήρως τις «απειλές», δεν είναι εφικτή, καθώς σε αυτή τη περίπτωση δεν θα υπήρχε καταστροφή.

Όπως αναφέρει επίσης ο Quarantelli (1998), οι επιστημονικοί ορισμοί της έννοιας «καταστροφή» άργησαν πολύ να ωριμάσουν, αφού η κοινή χρήση του όρου είναι φορτισμένη με πολλές διαφορετικές σημασίες και χρήσεις. Οι καταστροφές από καθαρά κοινωνιολογική άποψη, αντιπροσωπεύουν την τρωτότητα μιας κοινωνίας και αντικατοπτρίζουν τις αδυναμίες των κοινωνικών συστημάτων. Σύμφωνα με τον Quarantelli (2000), οι καταστροφές:

- είναι ξαφνικά γεγονότα,
- διακόπτουν σοβαρά τις συνήθεις λειτουργίες των κοινωνικών μονάδων,
- προκαλούν την υιοθέτηση μη προσχεδιασμένων τρόπων δράσης για να αντιμετωπιστεί η διαταραχή,
- έχουν απρόσμενες διαστάσεις στον κοινωνικό χώρο και χρόνο,
- και θέτουν σε κίνδυνο πολύτιμα κοινωνικά αγαθά (Σαουντζάκη, 2016).

Καθώς, ο πλανήτης μας αποτελεί ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο σύστημα, το οποίο διαμορφώνεται συνεχώς από φυσικές διεργασίες που εκτελούνται, τόσο στο εσωτερικό, όσο και στην επιφάνεια του, είναι δυνατόν, να πάρουν ακραίες διαστάσεις προκαλώντας απειλητικά φαινόμενα ή όπως αποκαλούνται *φυσικοί κίνδυνοι*. Οι *φυσικοί κίνδυνοι*, αποτελούν το σύνολο των στοιχείων εκείνων του φυσικού περιβάλλοντος που είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο και προκαλούνται από δυνάμεις ξένες και άγνωστες σε αυτόν (Λέκκας, 2000). Όταν τα φαινόμενα αυτά, προκαλούν σοβαρές διαταραχές στη λειτουργία μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας με εκτεταμένες ανθρώπινες, υλικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές ζημιές, τότε η εκδήλωση αυτή καλείται *φυσική καταστροφή* (Λέκκας, 2000).

Φυσικός κίνδυνος αποκαλείται κάθε φυσική διεργασία που απειλεί να δημιουργήσει δυσάρεστα και καταστροφικά αποτελέσματα στους ανθρώπους. Η έννοια του φυσικού κινδύνου συνδέεται με φαινόμενα που εμφανίζονται στο κοντινό περιβάλλον του ανθρώπου, ενώ ίδια φαινόμενα, που εξελίσσονται μακριά από το δομημένο και ανθρώπινο περιβάλλον, χαρακτηρίζονται απλά

σαν "φυσικά φαινόμενα", καθώς δεν αποτελούν "φυσικούς κινδύνους" για τον άνθρωπο. Τα καταστροφικά αποτελέσματα που επέρχονται όταν υλοποιηθεί η απειλή ενός φυσικού κινδύνου, αποτελούν μια φυσική καταστροφή (Εμμανουηλίδου, 2019).

Φυσική καταστροφή χαρακτηρίζεται ένα δυσμενές γεγονός, μεγάλης κλίμακας, ως αποτέλεσμα φυσικών διαδικασιών της γης και της βιόσφαιρας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι πλημμύρες, η ξηρασία, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, οι σεισμοί. Μια φυσική καταστροφή προκαλεί απώλειες ζωών και περιουσιών, τραυματισμούς και προβλήματα υγείας, βλάβες στο φυσικό και αστικό περιβάλλον, και στις περισσότερες περιπτώσεις αφήνει στο πέρασμά της οικονομικές και κοινωνικές απώλειες, των οποίων η σοβαρότητα και το μέγεθος εξαρτάται από τον βαθμό τρωτότητας, την προσαρμοστικότητα και την ικανότητα ανάκαμψης της περιοχής στην οποία εκδηλώνονται (Σαπουντζάκη, 2015).

1.3 Ταξινόμηση φυσικών κινδύνων και καταστροφών

Τόσο οι καταστροφές, όσο και οι αιτίες που τις προκαλούν είναι μηχανισμοί πολύπλοκοι και γι' αυτό καθιστούν δύσκολη την ταξινόμησή τους. Σήμερα οι περισσότερες καταστροφές είναι σύνθετες, καθώς, προκαλούνται από παραπάνω από ένα αίτια. Μια καταστροφή μπορεί να προκαλέσει μια άλλη δευτερογενή καταστροφή η οποία αυξάνει τις επιπτώσεις της αρχικής καταστροφής.

Οι φυσικοί κίνδυνοι κατηγοριοποιούνται κυρίως, με βάση την προέλευση τους, η οποία στη συνέχεια, προσδιορίζει τόσο τους τομείς της ανθρώπινης ζωής που επηρεάζονται, όσο και τους τρόπους αντιμετώπισης του εκάστοτε κινδύνου. Ακόμη, η κατηγοριοποίηση των φυσικών κινδύνων γίνεται με βάση την ταχύτητα ή την βιαιότητα και με βάση την εμβέλεια τους. Πιο αναλυτικά:

- Με βάση την προέλευση των φυσικών κινδύνων, η κατηγοριοποίησή τους αφορά: γεωλογικούς, υδρολογικούς, μετεωρολογικούς-κλιματικούς, διαστημικούς, κοινωνικούς, γεωργικούς και βιολογικούς κινδύνους, πυρκαγιές, υγεία και ασθένειες και τη ραδιενέργεια/κοσμική ακτινοβολία.
- Με βάση την ταχύτητα των φυσικών κινδύνων, ταξινομούνται σε δυναμικούς, ταχείας και βραδείας εξέλιξης.

- Και τέλος, με βάση την εμβέλεια τους, παρατηρούνται οι κατηγορίες σημειακών, τοπικών και καθολικών φυσικών κινδύνων.

Η κατηγοριοποίηση τους μπορεί να γίνει και με βάση άλλους παράγοντες, όπως είναι:

- Άμεσοι, Παράγωγοι φυσικοί κίνδυνοι
- Προβλέψιμοι, απρόβλεπτοι
- Ανθρωπογενείς
- Πρόσκαιροι, μη αντιστρεπτοί, διαχρονικοί, με επιπτώσεις για πολλές γενεές.

Μια βασική διάκριση των καταστροφών που μπορεί να γίνει, είναι μεταξύ των γεγονότων που δρουν αστραπιαία και αυτών που δρουν με αργούς ρυθμούς. Στην πρώτη κατηγορία, ανήκουν καταστροφές που γίνονται σε μερικά δευτερόλεπτα (σεισμοί), λεπτά (τυφώνες) ή ώρες (πλημμύρες), ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν καταστροφές που χρειάζονται μήνες (μερικοί τύποι ηφαιστειακών εκρήξεων), χρόνια (διάφοροι τύποι εδαφικών καθιζήσεων) ή και αιώνες (διάφοροι τύποι διάβρωσης) να λάβουν χώρα. Ένας ακόμη μεγάλος παράγοντας που καθιστά δύσκολη την ταξινόμηση των καταστροφών είναι η πολυπλοκότητά τους.

Συνήθως οι καταστροφές ανάλογα με το είδος του φυσικού ή άλλου απειλητικού συμβάντος που τις προκαλεί κατηγοριοποιούνται σε φυσικές και ανθρωπογενείς. Σύμφωνα με τις μελέτες σχετικά με τις καταστροφές, μπορεί να θεωρηθεί ότι όλες οι καταστροφές είναι ανθρωπογενείς, διότι με τις κατάλληλες και έγκαιρες ανθρώπινες ενέργειες πριν από την εκδήλωση της απειλής είναι δυνατόν να παρεμποδιστεί η εξέλιξη μιας καταστροφής. Οι καταστροφές, δηλαδή, θεωρούνται το αποτέλεσμα της ανθρώπινης αποτυχίας στον σχεδιασμό και την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων διαχείρισης (Blaikie et al., 1994).

Η παρούσα εργασία, αφορά στην εκτίμηση επικινδυνότητας σε πλημμυρικό κίνδυνο της λεκάνης απορροής του Ξηροποτάμου/Ξεριά στη Βόρεια Εύβοια, ύστερα από την εξάπλωση πυρκαγιάς και καταστροφή μεγάλων εκτάσεων στη περιοχή, τον Αύγουστο του 2021. Επομένως, θα επικεντρωθεί στη μελέτη και ανάλυση δύο περιπτώσεων φυσικής καταστροφής, αυτών της (δασικής) πυρκαγιάς και του πλημμυρικού κινδύνου για τη περιοχή μελέτης.

1.4 Πυρκαγιές

Η έννοια της πυρκαγιάς αναφέρεται στην ανεξέλεγκτη φωτιά, η οποία προκαλείται από μη ελεγχόμενη καύση με το οξυγόνο και η οποία συνοδεύεται από πρόκληση μεγάλων ποσών θερμότητας και φωτός, γεγονός που έχει ως συνέπεια την καταστροφή του καιγόμενου υλικού. Η φωτιά είναι ένα ενεργό σύστημα που λαμβάνει την ορμητική του ενέργεια από την καύση, δηλαδή τη γρήγορη μεταβολή της αποθηκευμένης χημικής ενέργειας στη βιομάζα, σε κινητική ενέργεια μετάδοσης θερμότητας (Johnson and Miyanishi, 2001). Η φωτιά μεταδίδεται εξ επαφής ή μέσω εκτίναξης καιόμενων σωματιδίων ή από μεταφορά λόγω της διεύθυνσης του ανέμου ή λόγω ακτινοβολίας.

Η πυρκαγιά εξελίσσεται μέσα σε ένα περιβάλλον καύσης, στο οποίο θα πρέπει να συνυπάρχουν και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους τρεις βασικοί παράγοντες, οι οποίοι είναι: η καύσιμη ύλη, το οξυγόνο και η θερμότητα (DeBano et al, 1998, Γκόφας, 2001).

Η καύσιμη ύλη στις δασικές πυρκαγιές διακρίνεται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- στην υπεδάφια καύσιμη ύλη, η οποία περιλαμβάνει την σε αποσύνθεση οργανική ύλη,
- στην καύσιμη ύλη από το εδάφος έως 2 μέτρα από αυτό που περιλαμβάνει τον ξηροτάπητα (βελόνες και πεσμένα φύλλα), την ποώδη βλάστηση (στην καλοκαιρινή περίοδο βρίσκεται συνήθως σε ξερή κατάσταση), τους θάμνους, τα υπολείμματα των υλοτομιών, τα πεσμένα δένδρα κλπ,
- στην εναέρια καύσιμη ύλη, η οποία περιλαμβάνει τα καύσιμα υλικά που βρίσκονται πάνω από τα 2 μέτρα από το έδαφος, όπως είναι τα λεπτά κλαδιά των δένδρων και το φύλλωμα, τα αναρριχόμενα φυτά κλπ.

1.4.1 Δασικές Πυρκαγιές

Οι δασικές πυρκαγιές ανήκουν στις πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας και οι διαδικασίες της καύσης σε αυτές κατευθύνονται από φυσικές διαδικασίες όπως, η μεταφορά θερμότητας από μετεωρολογικούς παράγοντες και η γεωμετρία της καύσιμης ύλης (Καϊλίδης, 1993).

Οι δασικές πυρκαγιές, οι οποίες είναι μεγάλες πυρκαγιές και συχνά καλύπτουν πολλά τετραγωνικά χιλιόμετρα, μπορεί να καίνε για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι δασικές πυρκαγιές

είναι δυνατό να δημιουργήσουν πολύ δυνατούς ανέμους και μπορούν να προωθηθούν πολύ γρήγορα σε απότομες πλαγιές. Στην πραγματικότητα, όσο πιο απότομη είναι η πλαγιά, τόσο πιο γρήγορα προχωρά η φωτιά.

Το περιβάλλον καύσης στην περίπτωση των δασικών πυρκαγιών, δεν είναι περιορισμένο σε ένα θάλαμο, αλλά λόγω των ακαθόριστων χαρακτηριστικών του εδάφους και της ατμόσφαιρας αλλάζει συνεχώς και καθορίζεται από την ποικιλομορφία της καύσιμης ύλης, τις καιρικές συνθήκες, την τοπογραφία και την αλληλεπίδραση με άλλες εστίες φωτιάς, γεγονός το οποίο καθιστά δύσκολο τον περιορισμό και έλεγχο τους.

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ένα καταστροφικό φαινόμενο που πλήττει αρκετές χώρες, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Κάθε χρόνο, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, τα δάση και το φυσικό περιβάλλον γενικότερα βρίσκονται μόνιμα σε κίνδυνο από τη φωτιά. Η Ελλάδα είναι μια χώρα ορεινή, με δάση σε απότομες πλαγιές και έρχεται αντιμέτωπη ιδιαίτερα με δασικές πυρκαγιές, οι οποίες αποτελούν μια από τις κύριες αιτίες «απογύμνωσης» των βουνών της. Οι δασικές πυρκαγιές λόγω του μεγέθους, των χαρακτηριστικών και των συνεπειών τους αποτελούν ένα μεγάλο και περίπλοκο πρόβλημα, που καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους. Σύμφωνα με μελέτες και προβλέψεις ειδικών, το καταστροφικό φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών αναμένεται να επιδεινωθεί ακόμη περισσότερο τα επόμενα χρόνια, λόγω των κλιματικών αλλαγών και της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Λόγω αυτής της επιδείνωσης, είναι πολύ πιθανόν να αυξηθεί η διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου και να επιδεινωθούν οι συνθήκες της, να επεκταθούν οι περιοχές που θα διατρέχουν κίνδυνο και να αυξηθεί η πιθανότητα έναρξης πυρκαγιών, η ταχύτητας διάδοσης καθώς και η δριμύτητά τους.

Οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν τον κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία κατατάσσονται σε κλιματολογικές, μορφολογίας εδάφους, χαρακτηριστικών βλάστησης και σε κινδύνους που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες (αμέλεια, εμπρησμοί κλπ) και φυσικά αίτια (κεραυνοί). Η εξάπλωση των πυρκαγιών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως:

- Ξηρασία

- Ταχύτητα του ανέμου
- Μορφολογία του εδάφους (Παπαχαρισίου, 2008).

1.4.2 Επιπτώσεις πυρκαγιών

Σύμφωνα με το Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας με τη συνθηματική λέξη "ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ", οι δασικές πυρκαγιές είναι φυσικό φαινόμενο που εντάσσεται στην κατηγορία των φυσικών καταστροφών και μπορούν να προκαλέσουν:

- Απώλειες ζωών και τραυματισμούς
- Άμεσες και έμμεσες οικονομικές απώλειες από καταστροφές στον πρωτογενή τομέα (γεωργία, κτηνοτροφία, δασικά προϊόντα), σε διάφορες υποδομές και εγκαταστάσεις της χώρας όπως είναι δίκτυα ηλεκτρισμού, τηλεπικοινωνιών κλπ., καθώς και αρνητικές συνέπειες στη δασική αναψυχή και στον εν γένει τουρισμό
- Διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας των φυσικών οικοσυστημάτων
- Καταστροφή της πανίδας και της χλωρίδας
- Οι πολύ μεγάλες ποσότητες στάχτης που διαχέονται στην ατμόσφαιρα, μπορεί να εμποδίσουν την ανάπτυξη των φυτών, να μειώσει την ορατότητα και να εμποδίσει την αναπνοή ανθρώπων και ζώων
- Η καταστροφή της βλάστησης, η οποία αφήνει το έδαφος εκτεθειμένο σε έντονες βροχοπτώσεις μεγάλο χρονικό διάστημα μετά την εκδήλωση της φωτιάς, δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις για την εκδήλωση κατολισθήσεων
- Καταστροφή των κατοικιών
- Υψηλό κόστος για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών

Μια δασική πυρκαγιά εκτός από σοβαρές άμεσες, μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στο αγροτικό εισόδημα, σε ανθρώπινες περιουσίες και υποδομές και έχει σοβαρό οικονομικό κόστος για την καταστολή της. Σε βάθος χρόνου, μπορεί να οδηγήσει στην οριστική απώλεια βλάστησης, στη διάβρωση του εδάφους και τελικά στην αύξηση των πλημμυρών και την ερημοποίηση.

Στη πράξη, η πρόληψη είναι ο μόνος «δρόμος» προς την αποτελεσματική διαχείριση των πυρκαγιών και εν τέλει στην προστασία των δασών παγκοσμίως. Για αυτό είναι ανάγκη να

επικεντρωθούμε στην πρόληψη των πυρκαγιών, στην ευαισθητοποίηση και ενδυνάμωση των πολιτών, σε ολοκληρωμένες και οργανωμένες προτάσεις και προσπάθειες, να σταματήσουμε τις ενέργειες που οδηγούν σε αυτές.

1.5 Πλημμύρες

Από τους ιστορικούς χρόνους, το νερό θεωρείτο πηγή ζωής και το βασικότερο κριτήριο για την αναζήτηση κατάλληλων τοποθεσιών για τη δημιουργία οργανωμένων κοινωνιών και οικισμών αποτελούσε η ύπαρξη νερού και η εξασφάλιση παροχής του. Καθώς η ύπαρξη νερού πρόσφερε ευνοϊκότερες συνθήκες ανάπτυξης, ενισχύθηκε η εγκατάσταση οργανωμένων κοινωνιών κοντά σε όχθες ποταμών και λιμνών, όπου είχαν τη δυνατότητα για γεωργική καλλιέργεια, κτηνοτροφία, κατασκευή υποδομών και διευκόλυνση των μεταφορών, ευνοώντας έτσι, τα οφέλη της φθηνής και εύκολης μετακίνησης και το εμπόριο.

Οι πλημμύρες είναι από τους πιο επικίνδυνους τύπους φυσικών καταστροφών με συχνά ανυπολόγιστες επιπτώσεις, επηρεάζοντας έως και 170 εκατομμύρια ανθρώπων ετησίως. Οι πλημμύρες είναι πιο προβλέψιμες από τις υπόλοιπες φυσικές καταστροφές και αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, μετά τις δασικές πυρκαγιές. Επιπλέον, σε ακραίες καταστάσεις οι πλημμύρες μπορεί να γίνουν τόσο επικίνδυνες που στο πέρασμα τους να προκαλέσουν εκτός από υλικές ζημιές, κινδύνους, με κόστος ακόμα και την σωματική ακεραιότητα των ανθρώπων. Επομένως, η διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου πρέπει να ξεπερνά τα εθνικά σύνορα, τη γεωγραφική θέση και τους κοινωνικοοικονομικούς περιορισμούς (Degiorgis et al., 2012). Η διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας συνήθως διαχωρίζεται σε δύο φάσεις: α). στην εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας και β). τον μετριασμό του κινδύνου πλημμύρας (Schanze et al., 2006). Αυτή η διάκριση λαμβάνει υπόψη εκτός τόσο τον ίδιο τον κίνδυνο, όσο και την επίδρασή του, αφού η πλήρης εξάλειψη του κινδύνου, συνήθως δεν είναι ούτε δυνατή, ούτε αποτελεσματική. Αναμφισβήτητα, οι στρατηγικές κατά των επιπτώσεων των πλημμυρών σε περιφερειακή κλίμακα απαιτούν τον εντοπισμό επιρρεπών περιοχών (Tehrany et al., 2013) για την παροχή έγκαιρης προειδοποίησης, τη διευκόλυνση της γρήγορης απόκρισης και τη μείωση των επιπτώσεων πιθανών μελλοντικών πλημμυρών.

Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις πλημμύρες, πλημμύρα ορίζεται ως "η προσωρινή κάλυψη από νερό εδάφους το οποίο υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν καλύπτεται από νερό. Αυτό περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους, εφήμερα ρεύματα της Μεσογείου και πλημμύρες από τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές, δύναται δε, να εξαιρεί πλημμύρες από συστήματα αποχέτευσης" (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2007). Η πλημμύρα είναι μια προσωρινή κάλυψη του εδάφους από νερό, η οποία δημιουργείται:

- A. ως αποτέλεσμα της διαφυγής του νερού, τρεχούμενου ή λιμνάζοντος, από τους χώρους που το συγκρατούσαν,
- B. ως αποτέλεσμα ισχυρών κατακρημνίσεων.

Στην πρώτη περίπτωση, η πλημμύρα προκαλείται από καταιγίδες, κατολισθήσεις, σεισμούς, τσουνάμι, κατάρρευση τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων. Στην δεύτερη περίπτωση, οι αιτίες της πλημμύρας είναι διαφορετικές και αφορούν εκτεταμένες βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις και το λιώσιμο των χιονιών.

Μια πλημμύρα στην πραγματικότητα, είναι μια φυσιολογική ροή του μεγάλου κύκλου του νερού που συντηρεί τη ζωή στον πλανήτη μας. Τα γεγονότα που προκαλούν αυτές τις πλημμύρες και τον τρόπο που συμπεριφέρονται/εξελίσσονται μπορεί να εξηγηθούν από τους φυσικούς νόμους και από διάφορους υπολογισμούς.

Για την πλημμυρογένεση το μικρό ποσοστό δασοκάλυψης ή βλάστησης, οι ευπαθείς χειμαρρικοί σχηματισμοί ή το έντονο ανάγλυφο, η καθυστέρηση στην εφαρμογή ενός δασοτεχνικού συστήματος διευθέτησης, οι διάφορες ανθρωπογενείς επεμβάσεις στις κοίτες και χρήσεις γης, όπως επίσης και οι αυξημένες τιμές των αναμενόμενων υδατοπαροχών και στερεοπαροχών συνθέτουν ένα περιβάλλον όπου ο κίνδυνος της εμφάνισης πλημμυρών είναι εμφανής.

Οι φυσικές πλημμύρες προκύπτουν από την τυχαία συνύπαρξη αρκετών μετεωρολογικών παραγόντων, αλλά η κατασκευή φραγμάτων από τον άνθρωπο επηρεάζει την έκταση και τις συνέπειες αυτών των γεγονότων.

Επίσης, οι πλημμύρες δεν προκαλούν μόνο φυσικές καταστροφές, αλλά μπορούν να φέρουν μεγάλη θνησιμότητα και τραυματισμούς, αρρώστιες και πείνα. Σε τριτοκοσμικές χώρες ο

αριθμός των θυμάτων είναι ακόμα μεγαλύτερος, γιατί πολλές περιοχές που βρίσκονται σε υψηλό κίνδυνο πλημμυρών δεν έχουν δικό τους σύστημα προστασίας πλημμυρών (Blaikie, et al., 1994).

Γενικότερα, σύμφωνα με τους Montz και Gruntfest (2002) οι πλημμύρες έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Sene, 2013, Πανούσης, 2015):

- εμφανίζονται ξαφνικά, με λίγο χρόνο, για να υπάρξει προειδοποίηση,
- κινούνται γρήγορα και γενικά βίαια, με αποτέλεσμα τον υψηλό κίνδυνο απειλής της ζωής και σοβαρών υλικών ζημιών και των υποδομών,
- είναι γενικά μικρής κλίμακας σε σχέση με το μέγεθος των επιπτώσεων,
- συνδέονται συχνά με άλλα γεγονότα, όπως οι παραποτάμιες πλημμύρες σε μεγαλύτερα ρέματα και τις κατολισθήσεις λάσπης,
- είναι σπάνιες (Gruntfest & Handmer, 2001).

1.5.1 Ταξινόμηση πλημμυρών

Με βάση την Ευρωπαϊκή ένωση οι πλημμύρες χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Ποτάμιες Πλημμύρες (Fluvial Floods)

Οι ποτάμιες πλημμύρες είναι οι πλέον πιο συχνές και δημιουργούνται κατά μήκος της κοίτης του ποταμού. Προκαλούνται από έντονες βροχοπτώσεις ή από τήξη του χιονιού στις ανάντη περιοχές, με αποτέλεσμα ο όγκος απορροής να υπερβαίνει την τοπική ικανότητα ροής του υδρογραφικού δικτύου. Η ποσότητα της απορροής που παράγεται, σχετίζεται άμεσα με την σύσταση του εδάφους, την ποσότητα και το είδος βλάστησης και την τυχόν κακή λειτουργία αντιπλημμυρικών έργων.

- Παράκτιες Πλημμύρες (Coastal Floods)

Ένα σπανιότερα εμφανιζόμενο είδος πλημμύρας στην Ελλάδα είναι η παράκτια πλημμύρα, η οποία εμφανίζεται στις παράκτιες περιοχές λόγω του κυματισμού της θάλασσας ή μιας μεγάλης λίμνης. Ο κυματισμός προκαλείται συνήθως από τους ισχυρούς ανέμους που πνέουν στην περιοχή, ενώ σπάνια μπορεί να εμφανιστούν και θαλάσσια κύματα βαρύτητας (tsunami).

- Πλημμύρες Κατακρήμνισης (Pluvial Floods)

Μια πλημμύρα κατακρήμνισης προκαλείται από ένα γεγονός ακραίας βροχόπτωσης ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή μη υπερχειλισμένου υδάτινου σώματος. Οι δύο συνήθεις τύποι πλημμυρών κατακρήμνισης είναι:

- Οι πλημμύρες επιφανειακών υδάτων (Surface Water Floods) συμβαίνουν όταν ένα αστικό σύστημα αποχέτευσης κατακλύζεται και το νερό ρέει έξω σε δρόμους και σε κοντινές αστικές κατασκευές. Τα επιφανειακά νερά εμφανίζονται σταδιακά, γεγονός που δίνει ένα χρονικό περιθώριο στους ανθρώπους να μετακινηθούν σε ασφαλείς τοποθεσίες και η στάθμη του νερού είναι συνήθως ρηχή (σπάνια περισσότερο από 1 μέτρο βάθος). Άρα, δεν δημιουργεί άμεση απειλή για ζωές, αλλά μπορεί να προκαλέσει σημαντική οικονομική ζημιά.
- Αιφνίδιες πλημμύρες (Flash Floods) χαρακτηρίζονται οι πλημμύρες που προκαλούνται από ισχυρές βροχοπτώσεις σύντομης χρονικής διάρκειας. Μπορούν επίσης να εμφανιστούν μέσω ξαφνικής απελευθέρωσης νερού από ένα ανάντη φράγμα ή ένα φράγμα. Η ξαφνική πλημμύρα είναι το αποτέλεσμα ατμοσφαιρικών διαταραχών, που συνοδεύονται από τις ραγδαίες βροχοπτώσεις, με μεγάλα ποσά βροχής σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ξαφνικές πλημμύρες είναι πολύ επικίνδυνες και καταστροφικές όχι μόνο λόγω της δύναμης και ορμής του νερού, αλλά και των θραυσμάτων που συχνά παρασύρονται στη ροή. Οι αιφνίδιες πλημμύρες έχουν καταστροφικές συνέπειες, όχι μόνο σε ό,τι αφορά στις απώλειες ανθρωπίνων ζωών, καθώς, μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες ζημιές σε οικοσυστήματα ακόμα και σε ιστορικά ή πολιτισμικά μνημεία. Σε παγκόσμιο επίπεδο οι αιφνίδιες πλημμύρες είναι υπεύθυνες για περισσότερες από 5.000 απώλειες ανθρωπίνων ζωών ετησίως (Jonkman, 2005).

- Αστικές Πλημμύρες (Urban Floods)

Οι αστικές πλημμύρες προκαλούνται λόγω έλλειψης αποστράγγισης σε μία αστική περιοχή, καθώς δεν υπάρχουν στην επιφάνεια διαπερατοί σχηματισμοί ώστε να απορροφηθεί το νερό της βροχόπτωσης. Έτσι, κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων, σχεδόν όλο το νερό απορρέει επιφανειακά, προκαλώντας πολλές φορές σοβαρά κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα.

Αυτός ο τύπος πλημμύρας, σε συνδυασμό με τις πλημμύρες υπονόμων, καθώς το νερό που ρέει επιφανειακά εντός του αστικού ιστού, δύναται να βρει διέξοδο μέσω των υπονόμων, οι οποίοι ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια της βροχόπτωσης υπερχειλίζουν, δημιουργώντας προβλήματα. Οι δύο αυτοί τύποι πλημμύρας έχουν μικρότερο αριθμό ανθρώπινων θυμάτων, συγκριτικά με τους υπόλοιπους.

Στο αστικό περιβάλλον, η αλλαγή χρήσεων γης από τον άνθρωπο έχει οδηγήσει στην αύξηση τόσο του μεγέθους, όσο και της συχνότητας των πλημμυρών σε λεκάνες με μικρή αποστράγγιση. Η αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών, είναι συνάρτηση του ποσοστού της αδιαπέραστης τεχνητής επιφάνειας της περιοχής με το δίκτυο αποχέτευσης. Οι υπόνομοι είναι σημαντικοί στην αστική περιοχή, γιατί επιτρέπουν τη γρήγορη επιφανειακή απορροή των αδιαπέραστων επιφανειών στις κοίτες των ρευμάτων. Σε γενικές γραμμές σε μια αστική περιοχή με 40% αδιαπέραστη επιφάνεια και 6% υποστήριξη από δίκτυο αποχέτευσης, πρέπει να αναμένονται τριπλάσιες πλημμύρες από αυτές που υπήρχαν πριν την αστικοποίηση. Μια καταστροφική πλημμύρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διεύθυνση των χρήσεων γης στο πλημμυρικό πεδίο (γεγονός που εξαρτάται άμεσα από την ανθρώπινη δράση), αλλά και από την υδρολογική συμπεριφορά του ποταμού (Λέκκας, 2000).

1.5.2 Πλημμυρικό καθεστώς σε Ελλάδα και Ευρώπη

Στην Ελλάδα έχουν υπάρξει σημαντικά γεγονότα φυσικών καταστροφών. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ελληνικές πόλεις αναδεικνύουν στοιχεία αυξημένης τρωτότητας και ελλειπούς συσχέτισης της κανονικής ζωής και ρύθμισης της λειτουργίας των αστικών συγκροτημάτων με το σχεδιασμό ασφαλείας (Δελλαδέτσιμας, 2009).

Το μεγαλύτερο μέρος του υδρογραφικού δικτύου της Ελλάδας αποτελείται από ορεινούς χειμάρρους εφήμερης ροής. Επιπρόσθετα, οι υδρολογικές λεκάνες είναι μικρού έως μεσαίου μεγέθους, έχουν έντονο ανάγλυφο και περιορισμένους όγκους απορροής. Λόγω αυτής της πολυπλοκότητας του ανάγλυφου, οι περισσότερες υδρολογικές λεκάνες είναι επιδεκτικές σε αιφνίδιες πλημμύρες (flash floods), οι οποίες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά καταστροφικά φαινόμενα στην περιοχή, μετά τους σεισμούς (Ανδρεαδάκης & Φουντούλης, 2007).

Η πλημμύρα από φυσικά αίτια, είτε παρουσιάζει βραδεία εξέλιξη, είτε ανήκει στην κατηγορία της αιφνίδιας πλημμύρας, που είναι και το πιο συνηθισμένο φαινόμενο στην Ελλάδα. Στον Ελληνικό χώρο, κατά κύριο λόγο, οι πλημμύρες οφείλονται σε καταρρακτώδεις βροχές.

Στην Ευρώπη, οι πλημμύρες είναι αποτέλεσμα ισχυρών κατακρημνίσεων και απότομου λιώσιμου του χιονιού. Στη βόρεια Ευρώπη η εκδήλωση πλημμυρών οφείλεται και σε φράγματα πάγου που δημιουργούνται όταν ο πάγος που λιώνει και παρασύρεται από τα ποτάμια συναντήσει κάποιο φυσικό ή τεχνητό εμπόδιο (Εμμανουηλίδου, 2019).

1.5.3 Επιπτώσεις πλημμυρών

Οι πλημμύρες ενδέχεται να προξενήσουν θανάτους, περιβαλλοντικές καταστροφές, μετακινήσεις πληθυσμών και σοβαρότατες επιπλοκές στην οικονομική ανάπτυξη. Συνηθισμένο φαινόμενο αποτελεί η πρόκληση ζημιών σε σπίτια και επιχειρήσεις που έχουν τοποθετηθεί σε φυσικές περιοχές κατάκλισης των ποταμών από πλημμύρες. Το γεγονός ότι οι άνθρωποι δεν απομακρύνονται από τους ποταμούς και άλλους φορείς του νερού και συνεχίζουν να κατοικούν σε περιοχές που απειλούνται με ζημιές από πλημμύρες, είναι απόδειξη ότι η αξία του να ζουν κοντά στο νερό ξεπερνά το κόστος των επαναλαμβανόμενων περιοδικών πλημμυρών.

Οι πλημμύρες επηρεάζουν διάφορους τομείς της ανθρώπινης ζωής και δραστηριότητας. Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, οι επιπτώσεις των πλημμυρών μπορούν να διακριθούν σε άμεσες και έμμεσες (Messner, et al., 2007). Οι άμεσες επιπτώσεις των πλημμυρών θεωρούνται οι αρνητικές επιπτώσεις που προκύπτουν στην οικονομία, στην κοινωνία, στο περιβάλλον και στον ανθρώπινο πολιτισμό. Ενώ, οι έμμεσες πλημμυρικές συνέπειες είναι αυτές που εμφανίζονται αμέσως μετά την εξασθένηση του πλημμυρικού φαινομένου και οφείλονται σε διακοπή των δραστηριοτήτων γενικά.

Αναλυτικότερα, οι πλημμύρες μπορεί να προκαλέσουν:

- Απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και ζημιές σε περιουσίες
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις (όπως, μόλυνση των πηγών πόσιμου νερού)
- Ζημιές στα οδικά δίκτυα και στα δίκτυα μεταφορών

- Απώλεια βιομηχανικής, αγροτικής και δασικής παραγωγικότητας καθώς και τουριστικών πόρων, λόγω των ζημιών στη γη ή στις εγκαταστάσεις ή στην καταστροφή του συγκοινωνιακού συστήματος
- Μείωση της αξίας της γης σε περιοχών που απειλούνται από πλημμύρες
- Μείωση της παραγωγικότητας ανθρώπων και ζώων λόγω τραυματισμού, θανάτου ή ψυχολογικών τραυμάτων
- Ανάγκη λήψης μέτρων για την αποφυγή ή μείωση επιπρόσθετων ζημιών από πλημμύρες

1.5.4 Μηχανισμοί αντιμετώπισης πλημμυρών

Τα πλημμυρικά φαινόμενα μπορούν να αντιμετωπιστούν με:

- Πρόβλεψη σε περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες με τη χρήση διαφόρων μεθόδων
- Κατασκευή έργων υποδομής όπως φράγματα και διάφορα αντιπλημμυρικά έργα
- Σχεδίαση υποδομών και οικιστικών περιοχών σε μέρη που δεν κινδυνεύουν από πλημμύρες
- Δημιουργία συστημάτων ειδοποίησης
- Αναδάσωση
- Βελτίωση της υδραυλικής χωρητικότητας των κοιτών των ποταμών
- Ενημέρωση και εκπαίδευση του κοινού για την αντιμετώπιση των πλημμυρών

Η πρόβλεψη των πλημμυρών και η έγκαιρη προειδοποίηση είναι βασική προϋπόθεση για την ελαχιστοποίηση των καταστροφών που προκαλούνται από πλημμύρες. Συστήματα πρόβλεψης έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούν τις τελευταίες εξελίξεις στην παρακολούθηση, στην επικοινωνία και στην τεχνολογία των υπολογιστών. Βασίζονται κυρίως στις προβλέψεις των κατακρημνίσεων και σε μοντέλα των ποταμών, των κοιλάδων και της ροής του νερού. Οι πλημμύρες μπορούν να μειωθούν με συνδυασμένες βελτιώσεις στην πρόβλεψη και στην διαχείριση των ποτάμιων συστημάτων (Ζούνη, 2012).

1.6 Κλιματική αλλαγή και φυσικές καταστροφές

Η κλιματική αλλαγή είναι μία από τις μεγαλύτερες παγκόσμιες απειλές για την ανθρώπινη υγεία τον 21^ο αιώνα και ο κίνδυνος που θέτει στην κοινωνία θα συνδέεται ολοένα και περισσότερο με

τους κινδύνους που οφείλονται στις καιρικές συνθήκες. Με τον όρο κλιματική αλλαγή αναφερόμαστε στη μεταβολή του παγκοσμίου κλίματος και ειδικότερα σε μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική κλίμακα. Τέτοιου τύπου μεταβολές περιλαμβάνουν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις ως προς τη μέση κατάσταση του κλίματος ή τη μεταβλητότητά του, που εκτείνονται σε βάθος χρόνου δεκαετιών ή περισσότερων ακόμα ετών. Οι κλιματικές αλλαγές οφείλονται σε φυσικές διαδικασίες, καθώς και σε ανθρώπινες δραστηριότητες με επιπτώσεις στο κλίμα, όπως η τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας. Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC) (1992), η κλιματική αλλαγή ορίζεται ειδικότερα ως η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διακρίνοντας τη από τον όρο της κλιματικής μεταβλητότητας που έχει φυσικά αίτια (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 1994).

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) το 1990 επιβεβαίωσε την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και την επακόλουθη υπερθέρμανση του πλανήτη. Στη Συμφωνία του Παρισιού της Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), οι κυβερνήσεις συμφώνησαν και δεσμεύτηκαν να επιδιώξουν να σταματήσουν το όριο της παγκόσμιας υπερθέρμανσης στον 1,5°C και να δράσουν ανάλογα, με εθνικούς στόχους και σχέδια που θα αναθεωρούνται κάθε πέντε χρόνια. Το 2018, οι κορυφαίοι επιστήμονες του κόσμου παρείχαν στις κυβερνήσεις περισσότερη σαφήνεια για τον στόχο, μέσω της Ειδικής Έκθεσης της IPCC, και έθεσαν τα παγκόσμια ορόσημα για επαρκή δράση: μέχρι το 2030, οι παγκόσμιες εκπομπές CO₂ θα πρέπει να μειωθούν στο μισό, και το αργότερο μέχρι τα μέσα του αιώνα να μηδενιστούν, με ουσιαστικές μειώσεις στις εκπομπές και άλλων αερίων σε όλους τους τομείς της οικονομίας.

Πολλαπλά ευρήματα αναδεικνύουν την πρωτοφανή φύση των πρόσφατων κλιματικών αλλαγών στην ανθρώπινη ιστορία. Την περίοδο 2011-2020, η παγκόσμια θερμοκρασία στην επιφάνεια της Γης ήταν περίπου 1,09°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα. Τώρα, οι θερμοκρασίες μπορούν να συγκριθούν με τα επίπεδα που υπήρχαν περίπου 125.000 χρόνια κατά τη διάρκεια της Τελευταίας Μεσοπαγετωνικής, όταν το στρώμα πάγου της Γροιλανδίας ήταν μικρότερο και η στάθμη της θάλασσας πιθανώς 5-10 μέτρα περίπου υψηλότερη από σήμερα. Η συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού CO₂ δεν έχει υπάρξει τόσο υψηλή εδώ και 2 εκατομμύρια χρόνια

τουλάχιστον. Η παγκόσμια θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης έχει αυξηθεί σημαντικά, με τα τελευταία πέντε χρόνια (2016-2020) να είναι τα θερμότερα τουλάχιστον από το 1850.

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα φαινόμενο ορατό πλέον σε όλους με αισθητές επιπτώσεις. Παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας, συχνές και έντονες καταιγίδες, πλημμύρες, αυξημένες ημέρες καύσωνα και συχνότερες πυρκαγιές μαρτυρούν την μεταβολή του κλίματος.

Σύμφωνα με τα βασικά συμπεράσματα της διεθνούς έρευνας με θέμα «Προσαρμογή της Προστασίας και Διαχείρισης των Μεσογειακών Δασών στην Κλιματική Αλλαγή», που διοργάνωσαν η περιβαλλοντική οργάνωση WWF και η Διεθνής Ένωση για την Προστασία της Φύσης (IUCN) στην Αθήνα (Απρίλιος 2008), οι αντοχές και οι δυνατότητες προσαρμογής των μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων εξαντλούνται λόγω του συνδυασμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ραγδαίες αλλαγές χρήσεων γης, λόγω της επέκτασης των οικονομικών δραστηριοτήτων και του αστικού χώρου, του κατακερματισμού των δασικών εκτάσεων από τις μεταφορικές υποδομές, της υπερεκμετάλλευσης των πόρων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος έρχονται να ενώσουν τις δυνάμεις τους με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, δημιουργώντας έναν επικίνδυνο συνδυασμό (Regato, 2010).

Σύμφωνα με τον Bronstert (2003), η κλιματική αλλαγή έχει ως αποτέλεσμα αλλαγές στις χρήσεις γης, επιφέρει τροποποιήσεις στη μορφολογία των ποταμών και αλλά και στο υδρογραφικό τους δίκτυο. Αυτές οι αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών επηρεάζουν τα πλημμυρικά φαινόμενα σε διαφορετικά επίπεδα, για παράδειγμα, αλλάζοντας την ικανότητα συγκράτησης ιζήματος στα ποτάμια με πιθανές πλημμύρες στις περιοχές που γειτονεύουν με τον ποταμό. Κατά συνέπεια, οι κίνδυνος για πλημμύρα επηρεάζεται από φυσικούς (όπως, κλίμα, λεκάνη απορροής ποταμού, μορφολογία) αλλά και τεχνητούς (όπως, διοχέτευση ποταμών, αστικοποίηση) παράγοντες που αυτοί με την σειρά τους επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης πλημμυρών με περεταίρω κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες (Τζαβέλας, 2021).

Με βάση την αναφορά της IPCC (2007), μια από τις συνέπειες της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής είναι η περιφερειακή διακύμανση του ύψους των βροχοπτώσεων αλλά και οι μεταβολές των ακραίων τιμών. Αυτό συνεπάγεται αλλαγές στην εμφάνιση πλημμυρών. Έχουν

ήδη παρατηρηθεί αλλαγές στις τιμές των κατακρημνισμάτων αλλά και την θερμοκρασία. Αυτά έχουν αποδοθεί σε ανθρωπογενή επίδραση. Οι σημαντικότερες επιπτώσεις είναι οι αλλαγές στη θερμοκρασία, τις χιονοπτώσεις, στο χρόνο που απαιτείται για το λιώσιμο του χιονιού αλλά και την αύξηση της στάθμης της θάλασσας (Modrick & Georgakakos, 2015).

1.7 Σκοπός εργασίας

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται το πρώτο στάδιο της διαχείρισης του πλημμυρικού κινδύνου, δηλαδή τον εντοπισμό των περιοχών υψηλής επικινδυνότητας σε πλημμύρα των καμένων εκτάσεων της Βόρειας Εύβοιας (από τις πυρκαγιές του Αυγούστου 2021). Στόχος είναι ο εντοπισμός των ζωνών υψηλού πλημμυρικού κινδύνου για τη λήψη μέτρων μετριασμού από τις αρμόδιες αρχές.

Η επιλογή της περιοχής μελέτης της λεκάνης απορροής του Ξεριά/Ξηροποτάμου στον Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού έγινε λόγω της εμφανούς αύξησης της επιδεκτικότητας της στον πλημμυρικό κίνδυνο, ύστερα από τις πυρκαγιές που ξέσπασαν το καλοκαίρι του 2021 και άλλαξαν δραματικά το τοπίο, την υδρολογική απόκριση της λεκάνης απορροής και την απογύμνωση του από τη προϋπάρχουσα βλάστηση. Η παρουσία βλάστησης είναι κρίσιμη, καθώς μπορεί να βοηθήσει στην κατείσδυση του νερού των βροχοπτώσεων περιορίζοντας την επιφανειακή απορροή και αποτρέποντας την εμφάνιση πλημμύρας σε διαφορετική περίπτωση, μια απλή καταιγίδα μπορεί να προκαλέσει ακραία πλημμυρικά φαινόμενα.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο διαχείρισης και επεξεργασίας σύνθετων χωρικών δεδομένων. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της μεθόδου της Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP) σε ένα GIS βελτιώνει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και τις δυνατότητες χαρτογράφησης που διαδοχικά διευκολύνουν τη δημιουργία χαρτών αξιολόγησης της επικινδυνότητας σε πλημμυρικό κίνδυνο.

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται το πρώτο στάδιο διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρας, δηλαδή τον ορισμό των περιοχών υψηλού πλημμυρικού κινδύνου σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Στόχος είναι να εντοπιστούν οι επικίνδυνες ζώνες πλημμύρας, ώστε να είναι δυνατή η λήψη μέτρων μετριασμού. Έτσι, προτείνεται και υπολογίζεται ένας χωρικός δείκτης πολλαπλών

κριτηρίων για τον καθορισμό τέτοιων περιοχών. Ο δείκτης εφαρμόστηκε στην περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Ξεριά/Ξηροπόταμου στη Βόρεια Εύβοια.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, χρησιμοποιούνται παράμετροι που σχετίζονται με τη συσσώρευση ροής, την εγγύτητα ως προς το υδρογραφικό δίκτυο, τους τύπους κάλυψης γης, τη γεωλογία της περιοχής μελέτης, τη διαμόρφωση του υψομέτρου και της κλίσης του εδάφους. Αυτοί οι παράγοντες θα αξιολογηθούν, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες της μεθόδου AHP και των GIS.

Επιπλέον, πλημμύρες προηγούμενων ετών, που συνέβησαν στην περιοχή μελέτης θα αξιοποιηθούν για την επικύρωση του χάρτη επικινδυνότητας πλημμύρας. Σε τελευταίο στάδιο, γίνεται εκτίμηση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων/ κατασκευών στις περιοχές υψηλού και πολύ υψηλού κινδύνου που θα έχουν προκύψει από τον παραγόμενο χάρτη επικινδυνότητας πλημμύρας και αξιολόγηση της επίδρασης των καμένων εκτάσεων, η οποία συνεπάγεται τη καταστροφή της βλάστησης και τη διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας του οικοσυστήματος .

Κεφάλαιο 2^ο: Περιοχή Μελέτης

2.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία παρουσίαση των χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης. Η παρούσα εργασία εξετάζει την αξιολόγηση επικινδυνότητας πλημμύρας της λεκάνης απορροής του ποταμού Ξεριά/Ξηροπόταμου της Βόρειας Εύβοιας στο Δήμο Ιστιαίας-Αιδηψού της περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Η Εύβοια καταλαμβάνεται από μεγάλους και απότομους ορεινούς όγκους. Ανάμεσά τους αναπτύσσονται εύφορες πεδιάδες, που αποτέλεσαν χώρους για την εγκατάσταση ανθρώπων και την ανάπτυξη οικισμών και δραστηριοτήτων, όπως η γεωργία, η υλοτομία, η αλιεία και το εμπόριο. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Εύβοιας (ασβεστολιθικά πετρώματα στο βόρειο τμήμα, σχιστόλιθος και αμιάντος στην περιοχή της Καρυστίας στο νότιο τμήμα) στάθηκε η αφορμή για την ανάπτυξη εμπορικής δραστηριότητας των κατοίκων, με σκοπό τη διάθεση οικοδομικού υλικού. Παράλληλα η μικρή απόσταση από τις ακτές της Στερεάς Ελλάδας οδήγησε στην ανάπτυξη του εμπορίου με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της ναυτιλίας.

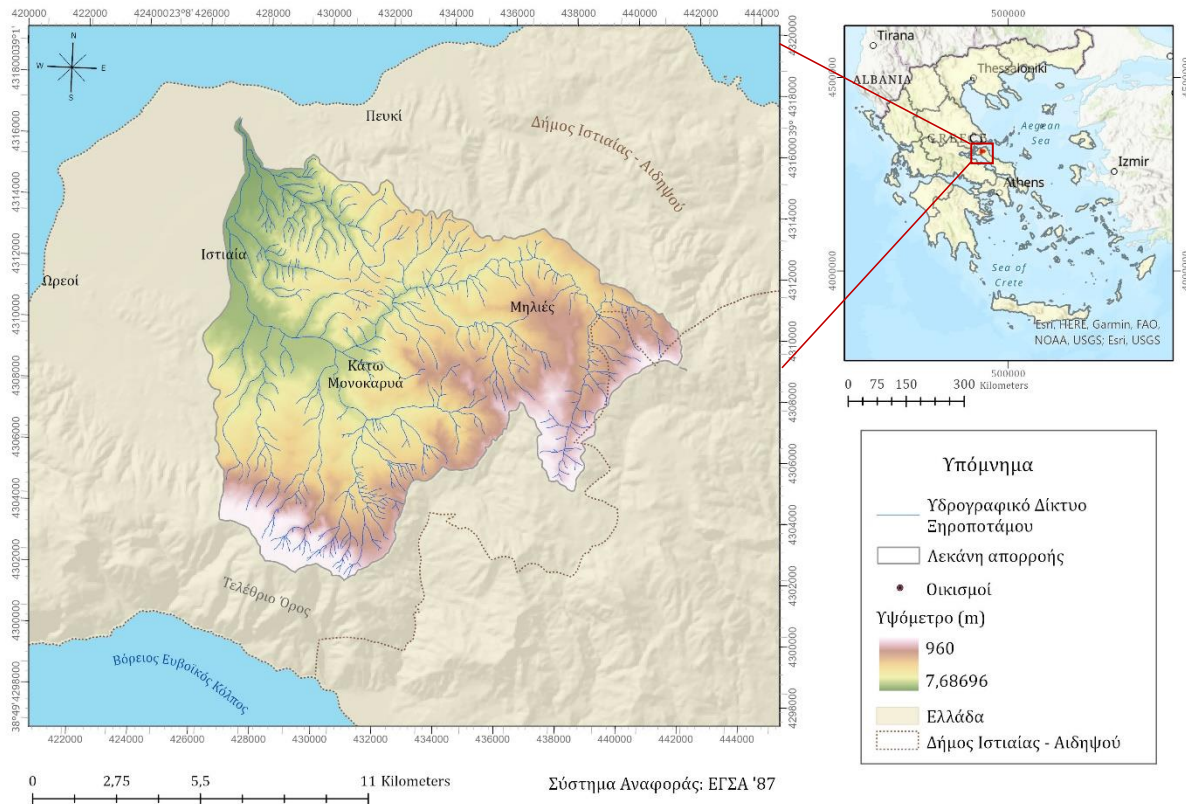
2.2 Γεωγραφική θέση

Ο Δήμος Ιστιαίας-Αιδηψού, σύμφωνα με το Πρόγραμμα Καλλικράτης, προέκυψε από την συνένωση των προϋπαρχόντων δήμων Αιδηψού, Αρτεμισίου και Ιστιαίας, Ωρεών και της Κοινότητας Λιχάδος και η έκτασή του είναι 499,3 km². Έδρα του δήμου είναι η Ιστιαία. Στα νότια, ο δήμος Ιστιαίας-Αιδηψού συνορεύει με τον Δήμο Μαντουδίου-Λίμνης-Αγίας Άννας.

Η Π.Ε. Εύβοιας περιλαμβάνει τα νησιά της Εύβοιας και Σκύρου, καθώς και ένα τμήμα της ηπειρωτικής Στερεάς Ελλάδας. Η Εύβοια είναι το δεύτερο μεγαλύτερο νησί του Ελληνικού αρχιπελάγους μετά την Κρήτη και η συνολική έκτασή της είναι 4.167 km² (που ισοδυναμεί με το 26,8% του συνόλου της Περιφέρειας). Η έδρα της είναι η πόλη της Χαλκίδας.

Το νησί της Εύβοιας εκτείνεται κατά μήκος της βορειοανατολικής ηπειρωτικής Στερεάς Ελλάδας, από το Μαλιακό κόλπο μέχρι απέναντι από την ακτή της Ραφήνας, χωρισμένη από αυτήν με την Ευβοϊκή θάλασσα. Εκτείνεται με κατεύθυνση από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά, με

συνολικό μήκος τα 180 χλμ. και κυμαινόμενο πλάτος από 8 μέχρι 50 χλμ. Στα βορειοδυτικά χωρίζεται από τη Φθιώτιδα και Μαγνησία μέσω του διαύλου Ωρεού, ενώ νότια μέσω του Ευβοϊκού Κόλπου χωρίζεται από τη Βοιωτία και την Αττική. Τα βόρεια και βορειοανατολικά παράλιά της βρέχονται από το Αιγαίο Πέλαγος.



Χάρτης 1: Χάρτης Λεκάνης Απορροής Ξηροποτάμου

Το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής της προσχωματικής πεδιάδας Ιστιαίας είναι αρκετά ανεπτυγμένο και ορίζεται από το χείμαρρο Ξηροπόταμο. Η λεκάνη απορροής του Ξηροποτάμου, διασχίζει τον δήμο Ιστιαίας - Αιδηψού. Ο ποταμός Ξηριάς/ Ξηροπόταμος είναι εφήμερης ροής. Η έκταση της υδρολογικής λεκάνης του Ξηροπόταμου είναι 130 km² περίπου και ορίζεται νότια και ανατολικά από την κορυφή Ξηρό Όρος και νοτιοδυτικά από το Τελέθριο όρος και εβάλλει μετά από περίπου 2.5 km στη θάλασσα (Ε.Γ.Υ., 2019).

Η λεκάνη απορροής έχει σχεδόν κυκλικό σχήμα, με τον κύριο άξονα να εκτείνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά και φτάνει σε ένα υψόμετρο 960 μέτρων στο νοτιοδυτικό της όριο (Τελέθριο όρος). Η κεντρική κοίτη του υδρογραφικού δικτύου ακολουθεί μια κατεύθυνση ροής από νότο προς βορρά για περίπου 5,5 χιλιόμετρα και στη συνέχεια αλλάζει την πορεία του προς ΒΔ για περίπου 2,6 χιλιόμετρα. Στη συνέχεια κάμπτεται απότομα νοτιοανατολικά και περίπου 11,5 χιλιόμετρα πριν τις εκβολές του ρέει βορειοδυτικά. Εκβάλλει στη θάλασσα μεταξύ της Μαγνησίας προς τα βόρεια και της Εύβοιας προς τα νοτιοανατολικά, στο στενό των Ωρεών. Στις εκβολές του ποταμού έχει αναπτυχθεί ένα εκτεταμένο δελταϊκό ριπίδιο που καταλαμβάνει έκταση περίπου 45,4 km² και το μήκος της κοίτης του ποταμού που περικλείεται από το δέλτα του ποταμού είναι περίπου 14,95 km². Στο δελταϊκό αυτό ριπίδιο βρίσκεται η πόλη της Ιστιαίας.

Η δενδριτική μορφή του υδρογραφικού δικτύου αντανακλά τη δράση ποτάμιων διεργασιών και την επίδραση της λιθολογίας της περιοχής. Ως υδρογραφικό δίκτυο, ορίζεται η διαμόρφωση ή διάταξη των υδατορεμάτων σε μια περιοχή. Σχετίζεται με τοπικά γεωλογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, καθώς και την γεωλογική ιστορία της περιοχής (Bates & Jackson, 1987). Η έκταση της γης από την οποία ρέει νερό προς το υδατόρεμα αυτό και στη συνέχεια προς τη θάλασσα (ή και λίμνη), μπορεί να οριστεί ως υδρολογική λεκάνη ή λεκάνη απορροής ενός υδατορέματος. Αυτό σημαίνει ότι κάθε σταγόνα νερού μέσω κατακρημνισμάτων που πέφτει σε αυτήν την περιοχή θα καταλήξει στο ίδιο μέρος: εκεί όπου το ποτάμι συναντά τη θάλασσα, εκτός αν χαθεί λόγω εξάτμισης (Davie, 2008).

Η περιοχή μελέτης καταλαμβάνεται κυρίως από εκτεταμένες δασικές εκτάσεις, όπως εκτάσεις Χαλεπίου Πεύκης, Μαύρης Πεύκης, Ελάτης, Δρυός, θάμνων, παραποτάμιας βλάστησης και λιβαδιών. Εκτεταμένες είναι και οι εκτάσεις σύνθετων συστημάτων καλλιέργειας και οι εκτάσεις που κυριαρχεί η γεωργία.

2.3 Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Δεδομένου ότι το θέμα της εργασίας αφορά κυρίως στις φυσικογεωγραφικές παραμέτρους και διεργασίες για την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου κρίθηκε χρήσιμη η αναφορά στα

δημογραφικά και οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης σε μια ποιοτικής εκτίμησης του πληθυσμού που εκτίθεται στον πλημμυρικό κίνδυνο.

Ο πληθυσμός του Δήμου Ισταίας-Αιδηψού σύμφωνα με την απογραφή του 2011 είναι ίσος με 21.083 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (ΕΛ.ΣΤΑΤ.).

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, ο υπολογιζόμενος πληθυσμός της Ελλάδας την περίοδο 2015-2020 σημείωσε μείωση κατά -1% (από 10,9 εκατ. το 2015 σε 10,7 εκατ. το 2020). Επιμέρους, όλες οι Περιφέρειες εμφάνισαν μείωση την περίοδο 2015-2020. Η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας αντιπροσωπεύει το 5% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδας και για το αντίστοιχο διάστημα παρουσίασε μείωση κατά 0,3% (από 558 χιλ. σε 556 χιλ. κατοίκους). Συγκεκριμένα, στην Περιφερειακή Ενότητα της Εύβοιας παρουσιάστηκε επίσης μείωση του πληθυσμού κατά 0,4% (από 214 χιλ. σε 213 χιλ.). Αναφορικά με την ποσοστιαία κατανομή για το 2020, η Περιφερειακή Ενότητα της Εύβοιας αντιπροσωπεύει το 38% του πληθυσμού της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας.

Αναφορικά με την ηλικιακή κατανομή, παρατηρείται γήρανση του πληθυσμού της Ελλάδας για τη περίοδο 2015-2020, αλλά και της περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας. Αναλυτικότερα, στις επιμέρους ηλικιακές κατηγορίες, μείωση κατέγραψαν οι ηλικίες 0-14 ετών (-6%), 20-24 ετών (-9%), 25-29 ετών (-5%) και 30-44 ετών (-11%) ενώ αύξηση οι ηλικίες 15-19 ετών (+2%), 45-64 ετών (+5%) και 65+ ετών (+2%). Όσον αφορά τα μερίδια των επιμέρους ηλικιών για το 2020, παρατηρούμε ότι το υψηλότερο μερίδιο κατέχουν οι ηλικίες 45-64 ετών (28%) και ακολουθούν οι ηλικίες 65+ ετών (24%), 30-44 ετών (19%), 15-29 ετών (15%) και 0-14 ετών (14%) (INSETE, 2021).

2.4 Οικονομικά χαρακτηριστικά

2.4.1 Οικονομικά ενεργός πληθυσμός

Η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας αντιπροσωπεύει το 5% του οικονομικά ενεργού πληθυσμού της χώρας, ενώ το ποσοστό του οικονομικά ενεργού πληθυσμού της ως προς τον πληθυσμό της ηλικίας 15+ ετών ήταν 51% το 2015 και 50% το 2020. Σε σύγκριση με τις υπόλοιπες Περιφέρειες,

η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας εμφανίζει το 2015 το 6^ο υψηλότερο ποσοστό οικονομικά ενεργού πληθυσμού, ενώ το 2020 το 7^ο υψηλότερο.

2.4.2 Αριθμός απασχολούμενων ανά κατηγορία απασχόλησης

Οι απασχολούμενοι στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας την περίοδο 2015-2019 σημείωσαν αύξηση κατά +7% (από 181 χιλ. το 2015 σε 194 χιλ. το 2019). Επιμέρους, όλες οι κατηγορίες σημείωσαν αύξηση: λοιποί κλάδοι (+6%, από 167 χιλ. το 2015 σε 177 χιλ. το 2019), εστίαση (+9%, από 13 χιλ. το 2015 σε 14 χιλ. το 2019) και καταλύματα (+121%, από 1 χιλ. το 2015 σε 3 χιλ. το 2019). Αναφορικά με την ποσοστιαία κατανομή για την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των απασχολούμενων όπως είναι φυσικό εντοπίζεται στους λοιπούς κλάδους (από 92% το 2015 σε 91% το 2020) ενώ μικρότερα είναι τα μερίδια στην εστίαση (από 7% το 2015 σε 8% το 2020) και τα καταλύματα (από 1% το 2015 σε 1% το 2020) (INSETE, 2021).

2.5 Κλιματικά χαρακτηριστικά

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από το μεσογειακό τύπο της εύκρατης ζώνης και έχει ήπιους υγρούς χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια. Το κλίμα της χώρας μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Υγρό μεσογειακό
- Ξηρό μεσογειακό
- Ηπειρωτικό
- Ορεινό

Το κλίμα της Στερεάς Ελλάδας ποικίλλει ανάλογα με το υψόμετρο και την περιοχή, καθώς και άλλους τοπικούς παράγοντες. Στα παράλια είναι γενικά μεσογειακό με ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες, ενώ στο εσωτερικό, καθώς και σε μεγαλύτερο υψόμετρο, γίνεται ηπειρωτικό, με συχνές χιονοπτώσεις στη διάρκεια του χειμώνα. Στις δυτικές πεδινές περιοχές ο χειμώνας είναι πιο ήπιος με αρκετές βροχές, ενώ στη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρούνται πολύ υψηλές θερμοκρασίες, που συχνά ξεπερνούν τους 40°C και υψηλά ποσοστά υγρασίας. Στην

Ανατολική Στερεά, λόγω των ορεινών όγκων, ο χειμώνας είναι πιο ψυχρός και το καλοκαίρι πιο δροσερό και ξηρό σε σχέση με τα δυτικά.

Γενικά το κλίμα της Εύβοιας χαρακτηρίζεται εύκρατο, με πολλές βροχοπτώσεις, οι οποίες συντελούν στην μεγάλη ποικιλία βλάστησης (ΕΜΥ).

2.6 Περίπτωση μελέτης πυρκαγιάς 2021

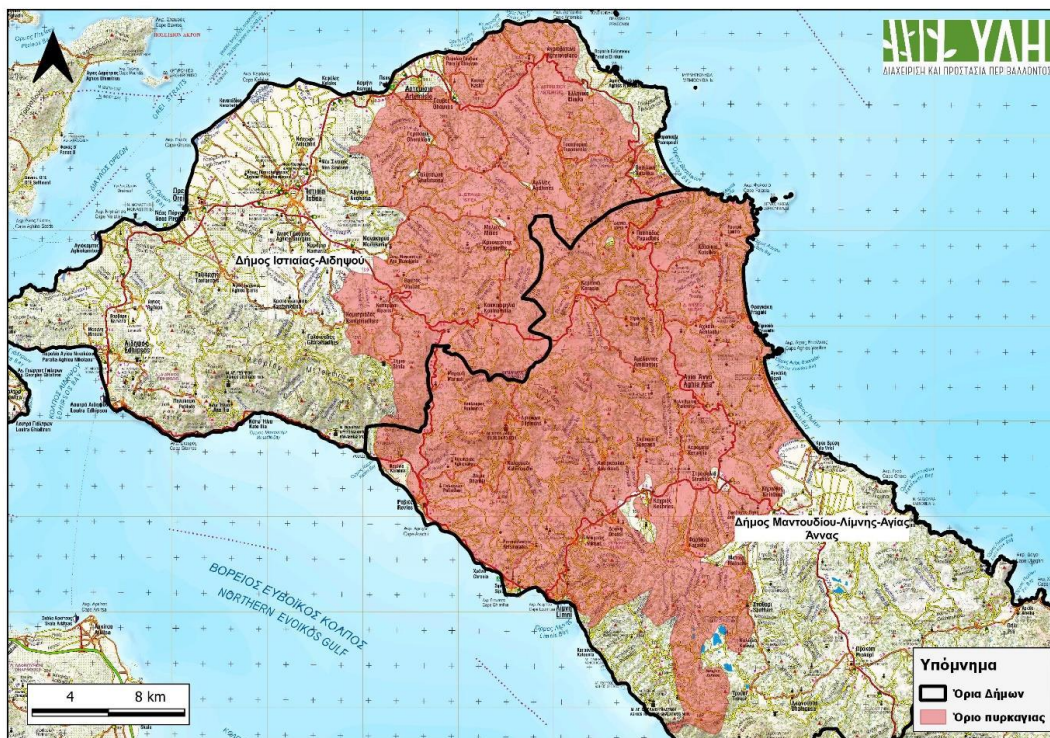
Το καλοκαίρι του 2021 ξέσπασαν εκατοντάδες δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα, οι οποίες αποτέφρωσαν τεράστιες εκτάσεις γης. Συνολικά, καταγράφηκαν 428 δασικές πυρκαγιές που σημειώθηκαν στην Αττική, τη βόρεια Εύβοια, την Ηλεία, τη Μεσσηνία, τη Μάνη, την Αχαΐα, τα Γρεβενά, τη Σαλαμίνα, τη Φωκίδα, τη Ρόδο, τον Έβρο και τη Ζάκυνθο.

Οι καταστροφικές πυρκαγιές που έπληξαν την Βόρεια Εύβοια από τις 3/8/2021 έως τις 11/8/2021, σημειώθηκαν σε πολλές περιοχές στα βόρεια του νησιού, στους Δήμους Μαντουδίου-Λίμνης-Αγίας Άννας και Ιστιαίας-Αιδηψού, και πιο συγκεκριμένα στους οικισμούς Αγία Άννα, Βασιλικά, Μαντούδι, Λίμνη, την Μονή του Οσίου Δαβίδ, Ροβιές, Βουτάς, Ελληνικά, Αγριοβότανο και Αιδηψός ενώ υπήρχαν συνεχείς αναζωπυρώσεις και σε άλλες περιοχές, στα όρια των δύο Δήμων. Η φωτιά απείλησε να φτάσει μέχρι την Ιστιαία, αλλά και την Χαλκίδα. Το μέτωπο της Εύβοιας ήταν το δυσκολότερο για κατάσβεση σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα, διότι οι πυρκαγιές έχουν φτάσει μέχρι την θάλασσα μεταξύ Ευβοϊκού και Αιγαίου. Κοινός παρονομαστής όλων των μεγάλων πυρκαγιών που ξέσπασαν από τα τέλη Ιουλίου και μετά, ήταν οι ακραίες καιρικές συνθήκες καύσωνα που επικρατούσαν εκείνο το διάστημα. Ο καύσωνας συνοδευόταν από πολύ χαμηλά επίπεδα υγρασίας, καθώς επίσης και κάποιες φορές από ισχυρούς ανέμους, κάνοντας το όλο κλίμα ακόμα πιο επικίνδυνο. Έτσι, δημιουργήθηκε πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη δασικών πυρκαγιών.

Στην ανάπτυξη των μεγάλων πυρκαγιών του 2021 συντέλεσε η δράση διάφορων παραγόντων. Πρώτα απ' όλα, η κλιματική αλλαγή, η οποία συνοδεύομενη από την υπερθέρμανση του πλανήτη, οδηγεί σε παρατεταμένες περιόδους ισχυρού καύσωνα και ξηρασίας. Έτσι, υπάρχει μία γενικευμένη έξαρση του φαινομένου. Επιπλέον το γεγονός ότι δεν καθαρίζονται τα δάση από ξερά κλαδιά και φύλλα, οδηγεί στην συσσώρευση καύσιμης ύλης, η οποία, κάτω από συνθήκες καύσωνα, είναι έτοιμη για ανάφλεξη. Τέλος, η ανοργάνωτη συνύπαρξη πολλών

ανθρώπινων δραστηριοτήτων (πχ. αγροτικές, γεωργικές ή οικοδομικές δραστηριότητες) δίπλα σε δάση, δημιουργεί μεγάλο κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Η συνολική έκταση της καμένης έκτασης στη Βόρεια Εύβοια ανέρχεται στα 512.031,54 στρέμματα εκ των οποίων, τα 322.188,92 βρίσκονται στον Δήμο Λίμνης – Μαντουδίου – Αγίας Άννας (ποσοστό 63%) και τα 189.842,61 τον Δήμο Ιστιαίας Αιδηψού (ποσοστό 37%). Στον Δήμο Ιστιαίας – Αιδηψού επίσης 18 Τοπικές Κοινότητες, εκ των οποίων έχει καεί το 62,24% (κατά μέσο όρο) της συνολικής τους έκτασης (ΥΛΗ, Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021).



Εικόνα 1: Χάρτης καμένων εκτάσεων Βόρειας Εύβοιας, πηγή: ΥΛΗ Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021

Σύμφωνα με τον αναρτημένο Δασικό Χάρτη της Διεύθυνσης Δασών Π.Ε. Εύβοιας το σύνολο των δασών και δασικών εκτάσεων που έχουν καεί, ανέρχεται στα 379.392,82 στρέμματα και αποτελούν το 74,1% της συνολικής καμμένης έκτασης. Από την συνολική έκταση των δασών και δασικών εκτάσεων τα 232.897,76 στρέμματα βρίσκονται εντός του Δήμου Λίμνης – Μαντουδίου – Αγίας Άννας (ποσοστό 61,39%) και τα 146.495,05 στον Δήμο Ιστιαίας Αιδηψού (ποσοστό 38,61%).

Η συνολική έκταση των δασών και δασικών εκτάσεων των Τ.Κ. που κάηκαν από την πυρκαγιά στον Δήμο Ιστιαίας–Αιδηψού ανέρχεται στο 79,46%. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις περισσότερες τοπικές κοινότητες το ποσοστό αυτό ξεπερνάει το 90% και φτάνει έως και το 100% των δασών και δασικών εκτάσεων που υπήρχαν.



Εικόνα 2: Χάρτης καμένων δασικών εκτάσεων Βόρειας Εύβοιας, πηγή: ΥΛΗ Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, 2021

Σύμφωνα με τον Χάρτη Βλάστησης της Ελλάδας της Γενικής Διεύθυνσης Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος (Γ.Δ.Δ.Δ.Π.) από το σύνολο των καμένων εκτάσεων, τα δάση και οι δασικές εκτάσεις ανέρχονται σε 335.165,98 στρέμματα και αποτελούν το 65,16% (άθροισμα εκτάσεων Χαλεπίου Πεύκης, Μαύρης Πεύκης, Ελάτης, Δρυός, θάμνων, παραποτάμιας βλάστησης και λιβαδιών). Σχεδόν το 60% των καμένων εκτάσεων καλύπτονται από δάση Χαλεπίου Πεύκης, τα οποία αποτελούν το 90% των συνολικά καμένων δασών και δασικών εκτάσεων.

Το σύνολο των καμένων δασικών εκτάσεων ανέρχεται σε 337.944,75 στρέμματα και αποτελούν το 66% (άθροισμα δάσος κωνοφόρων, μικτό δάσος, μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις

εκτάσεις, δάσος πλατύφυλλων, εκτάσεις με αραιή βλάστηση) του συνόλου των καμένων εκτάσεων.

Ακόμα, από την ανάλυση των στοιχείων των αναδασωτέων εκτάσεων του αναρτημένου δασικού χάρτη της Π.Ε. Εύβοιας προκύπτει, ότι από τις καμένες δασικές εκτάσεις (που ανέρχονται σε 379.392,82 στρέμματα), τα 150.025,47 έχουν κηρυχτεί στο παρελθόν ξανά αναδασωτέα. Από τα παραπάνω προκύπτει δηλαδή, ότι το 39,54% τον καμένων δασών έχει ξανακαεί στο παρελθόν.

Σύμφωνα με το Ελληνικό Κτηματολόγιο προκύπτει για την περιοχή που επλήγη από την πυρκαγιά ότι το ελάχιστο υψόμετρο βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσας (0 μ.), το μέγιστο στα 989 μ. και το μέσο υψόμετρο 303 μ. Το 27% της έκτασης έχει υψόμετρο λιγότερο από 200μ., το 35% αυτής βρίσκεται σε υψόμετρο μεταξύ 200 και 400 μέτρων, ενώ μόνο το 9% βρίσκεται πάνω από τα 600 μέτρα. Οι κλίσεις που επικρατούν στην περιοχή ποικίλουν. Η μέση κλίση είναι 32,8%, ενώ οι εκτάσεις που έχουν κλίση μεγαλύτερη του 50% ανέρχονται στο 19%.

Κεφάλαιο 3^ο : Εκτίμηση Πλημμυρικού Κινδύνου

3.1 Εισαγωγή

Για την αντιμετώπιση και τον μετριασμό των επιπτώσεων ενός κινδύνου, και την λήψη κατάλληλων μέτρων είναι απαραίτητη η εκτίμηση της επικινδυνότητας. Η επικινδυνότητα αποτελεί μια επικίνδυνη κατάσταση ή γεγονός το οποίο απειλεί, ή έχει τις προοπτικές να προκαλέσει τραυματισμό ή απώλεια ζωής ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία, καθώς και υλικές ή περιβαλλοντικές ζημιές (Khan et al., 2008). Η επικινδυνότητα είναι μεν συναφής με την έννοια του κινδύνου, αλλά δεν εμπεριέχει πάντοτε το ενδεχόμενο να συμβεί. Αυτό γίνεται γιατί η επικινδυνότητα στην ουσία, είναι η πιθανολογική περίπτωση όπου ένας φυσικός κίνδυνος μπορεί να επιφέρει επιπτώσεις (Smith, 1996).

Η επικινδυνότητα μιας περιοχής απέναντι σε ένα φυσικό κίνδυνο είναι η ποσοτικοποίηση της σχετικής απειλής που είναι συνδυασμός της συχνότητας εμφάνισης του κινδύνου και κυρίως του ενδεχόμενου μεγέθους του. Ενώ, ως τρωτότητα (vulnerability) ορίζεται η ικανότητα ενός συστήματος να προβλέπει, να αντιμετωπίζει, να αντιστέκεται και να ανακάμπτει από τις επιπτώσεις μιας καταστροφής, δηλαδή εκφράζει το βαθμό ευπάθειας ενός συστήματος σε κάποιο ερέθισμα ή δράση. Η τρωτότητα περιλαμβάνει το συνδυασμό των παραγόντων, που καθορίζουν το βαθμό στον οποίο η ζωή και η επιβίωση ενός ατόμου τίθεται σε κίνδυνο από μια διακριτή και αναγνωρίσιμη εκδήλωση στη φύση ή στην κοινωνία. Έτσι, η τρωτότητα δεν είναι μια σταθερή ιδιότητα αλλά αντίθετα, μια δυναμική και εξελισσόμενη κατάσταση, καθώς ο βαθμός επιρρέπειας σε διαταραχές και / ή απώλειες στο πλαίσιο των διαφορετικών κινδύνων ποικίλει ανάλογα με τις ομάδες της κοινωνίας, αλλά και διότι διαθέτει μια διάσταση χρόνου, αφού είναι “ζημιά” στην επιβίωση και όχι μόνο στη ζωή και στη περιουσία (Εμμανουηλίδου, 2019).

Έτσι, ενώ ο όρος “κίνδυνος” χρησιμοποιείται κυρίως για να εκφράσει την αβεβαιότητα σχετικά με τα δυσμενή γεγονότα, η έννοια της τρωτότητας συνδέεται πιο άμεσα με τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος (Hokstad et al., 2012).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την τρωτότητα διαφοροποιούνται ανάλογα με το υποκείμενο που πλήττεται κάθε φορά και την επικινδυνότητα από την οποία απειλείται (Σαπουντζάκη, 2015).

3.2 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) ή Geographical Information Systems (GIS), ορίζουν ένα σύνολο υλικού, λογισμικού, και διαδικασιών το οποίο με την κατάλληλη χρήση υποστηρίζει την συλλογή, διαχείριση, ανάλυση, μοντελοποίηση και παρουσίαση δεδομένων με χωρική αναφορά. Αποτελούν επίσης σημαντικό εργαλείο υποστήριξης λήψεων αποφάσεων στην επίλυση ποικίλων προβλημάτων διαχείρισης και σχεδιασμού» (Χαλκιάς, 2011).

Γενικότερα, τα ΣΓΠ προσδίδουν πολυάριθμες δυνατότητες για την ανάλυση χωρικών δεδομένων και τη παρουσίαση γεωγραφικά συσχετισμένων πληροφοριών, καθιστώντας τα ένα σημαντικό εργαλείο αντιμετώπισης προβλημάτων και μεγάλων καταστροφών οποιασδήποτε μορφής, για πολλά επιστημονικά πεδία.

Στην παρούσα εργασία, για τον προσδιορισμό και την εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας, κρίθηκε απαραίτητη τη χρήση της τεχνολογίας των ΣΓΠ, με την βοήθεια των οποίων μπορεί η περιοχή μελέτης να ταξινομηθεί σε επιμέρους ζώνες, όσον αφορά τον βαθμό επικινδυνότητας αυτών ως προς την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων.

3.3 Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (MCDA)

Η πρώτη τεκμηριωμένη και ολοκληρωμένη προσπάθεια επιστημονικής αντιμετώπισης ενός προβλήματος σύνθεσης πολλαπλών κριτηρίων, παρουσιάστηκε από τον Pareto (1896), εισάγοντας παράλληλα την έννοια της σύγχρονης πολυκριτηριακής ανάλυσης, την έννοια της αποδοτικότητας (efficiency).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση άρχισε να απασχολεί τους Ευρωπαίους ερευνητές κατά τα τέλη της δεκαετίας 1960. Ιδρυτής της «Ευρωπαϊκής Σχολής» της πολυκριτηριακής ανάλυσης και πρωτοπόρος θεωρείται ο Roy (1968), ο οποίος ανέπτυξε τη θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations).

Τις επόμενες δεκαετίες (1970-1990), η πολυκριτηριακή ανάλυση αναπτύχθηκε τόσο σε θεωρητικό, αλλά και πρακτικό επίπεδο, με σκοπό την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Προς αυτή τη κατεύθυνση, σημαντική υπήρξε η συμβολή και ανάπτυξη της πληροφορικής και των υπολογιστών.

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται ραγδαία ανάπτυξη μεθόδων πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων στο πλαίσιο ερευνών και της επιστήμης των αποφάσεων με τη συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων στη λήψη της τελικής απόφασης.

Για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας, κατάλληλο μεθοδολογικό πλαίσιο αποτελεί η Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (MultiCriteria Decision Analysis ή MCDA) σε περιβάλλον ΣΓΠ. Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων είναι ένα εργαλείο λήψης απόφασης βάσει πολλών κριτηρίων, διαφορετικής βαρύτητας το καθένα.

Η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων έχει ως κύριο στόχο τη διαμόρφωση τυποποιημένων διαδικασιών οι οποίες βοηθούν τους λήπτες αποφάσεων στην επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων, με βάση τη σύνδεση διάφορων παραγόντων που σχετίζονται με το πρόβλημα. Η σύνθεση αυτή βασίζεται σε κανόνες λήψης αποφάσεων για την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών ή λύσεων του προβλήματος (Χαλκιάς, 2015).

Οι μέθοδοι Πολυκριτηριακής ανάλυσης επιλέγονται λόγω των χαρακτηριστικών που τις διακρίνουν καθώς, και για τις αρκετές δυνατότητες που προσφέρουν. Η απλότητα αυτής της μεθόδου στη σύλληψη και εκτέλεση, το γεγονός ότι μπορούν να ενσωματωθούν στην ανάλυση τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά κριτήρια και τέλος η ανάμειξη διαφορετικών ληπτών (ομάδες πολιτών, εμπειρογνώμονες, επιστήμονες, πολιτικές και πολιτειακές ομάδες, διαχειριστές του χώρου) κατά την διαδικασία λήψης απόφασης είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα που έχει (Χαλκιάς, 2015).

Ειδικότερα, όταν η ανάλυση αυτή βρίσκει εφαρμογή στην γεωγραφία και έχει χωρικό πλαίσιο, τότε μιλάμε για την Χωρική Πολυκριτηριακή ανάλυση, αφού τα παραγόμενα μοντέλα αναφέρονται σε τμήματα του χώρου και τα κριτήρια που λαμβάνουν μέρος στην ανάλυση έχουν χωρική κατανομή με σαφείς χωρικές διαστάσεις για αυτό και καλούνται ως χωρικά κριτήρια (Χαλκιάς, 2015). Στην παρούσα περίπτωση μελέτης, εφαρμόζεται η Χωρική Πολυκριτηριακή Ανάλυση με χαρτογραφική υπέρθεση, με σκοπό τον εντοπισμό εναλλακτικών λύσεων που να ικανοποιούν τον λήπτη αποφάσεων (Παπαχαρισίου, 2008).

3.4 Πολυκριτηριακή ανάλυση και ΣΓΠ

Η εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης βασισμένη σε περιβάλλον GIS στο πλαίσιο της εκτίμησης του κινδύνου πλημμύρας ήταν σπάνια μέχρι το 2000 (Black and Burns, 2002) . Μια πρώιμη προσπάθεια χρήσης εργαλείων GIS για κινδύνους που σχετίζονται με το νερό έχει παρουσιαστεί από τον Meja-Navarro et al. (1994). Σύμφωνα με τους Correia et al. (1999), τα GIS αναγνωρίζονται ως ένα ισχυρό μέσο για την ενοποίηση και ανάλυση δεδομένων από διαφορετικές πηγές και παρέχεται χαρτογράφηση κινδύνου πλημμύρας για διαφορετικά σενάρια αστικής ανάπτυξης, προσομοιώνοντας τις συνέπειες εναλλακτικών περιπτώσεων.

Η μελέτη εκτίμησης της τρωτότητας από τις πλημμύρες παρουσιάστηκε επίσης από τους Wang et al. (2011), καθώς και από τους Kourgialas και Karatzas (2011), η εκτίμηση επικινδυνότητας περιοχών σε πλημμύρες με την υπέρθεση επιπέδων GIS που απεικονίζουν χωρικές και κλιματικές πληροφορίες.

Η χρήση των GIS (Geographic Information System) στην υδρολογία και τη διαχείριση των υδάτων προήλθε από την ιδέα σχετικά με τη σχέση μεταξύ του κλίματος, της λεκάνης απορροής, το κανάλι και την κοινωνία τα οποία προκύπτουν περισσότερα από εκατό χρόνια πριν. Από την στιγμή εκείνη η υδρολογία ξεκίνησε να καθιερώνεται στο Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), με την εξέλιξη από την γεωγραφική προσέγγιση για την υδρολογία και τα ποτάμια.

Τα πρώτα θεμέλια μπήκαν από τον Strahler (1952), ο οποίος υποστήριξε την εξάρτηση της ποτάμιας γεωμορφολογίας σχετικά με τις βασικές αρχές της μηχανικής και της δυναμικής ρευστών τα οποία και τα δύο αφορούν χωρικά κατανομημένες παραμέτρους.

Τα ΣΓΠ έχουν βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό στην μελέτη των πλημμυρικών φαινομένων μέχρι και σήμερα, η καταγραφή και διαχείριση των πλημμυρικών φαινομένων όμως αλλάζει χρονικά. Μία από τις πολλές λειτουργίες του ΣΓΠ είναι η επεξεργασία των μεταβλητών που αφορούν σε χρονικό επίπεδο και εν τέλει η ανάλυση τους.

Η αποτελεσματική διαχείριση περιβαλλοντικών κινδύνων όπως είναι οι πλημμύρες, βασίζεται στη σωστή παρακολούθηση και καταγραφή των αλλαγών που λαμβάνουν χώρα στις λεκάνες απορροής μιας περιοχής.

3.5 Η Μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (ΑΗΡ)

Η ανάπτυξη των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS) έχει συνεισφέρει σημαντικά στην επίλυση προβλημάτων λήψης αποφάσεων που αφορούν στο σχεδιασμό και τη διαχείριση του χώρου, καθώς είναι ένα εργαλείο που παρέχει τη δυνατότητα συνδυασμού μεγάλου όγκου γεωγραφικών πληροφοριών. Μία δημοφιλής μέθοδος αυτού του είδους είναι η πολυκριτηριακή ανάλυση, η οποία συνήθως, αποδίδεται και ως πολυκριτηριακή χαρτογραφική υπέρθεση, ενώ μία διαδεδομένη εκδοχή αυτής της μεθόδου είναι η ανάπτυξή της σε συνδυασμό με τη μέθοδο της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process, AHP) (Chalkias et al., 2015).

Η Μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης (ΑΗΡ) προτάθηκε από τον T.L. Saaty (Saaty, 1978, Saaty 1987) σύμφωνα με την οποία, στη διαδικασία λήψης μίας απόφασης, η εμπειρία και η γνώση των ανθρώπων είναι το ίδιο σημαντική με τα διαθέσιμα δεδομένα. Στα ελληνικά έχει προταθεί η απόδοση της μεθόδου με τον όρο «Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης» ή «Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης». Η μέθοδος αναλυτικής ιεράρχησης χαρακτηρίζεται από τρία βασικά χαρακτηριστικά:

- Είναι αναλυτική, εμπεριέχοντας μαθηματική και λογική αιτιολόγηση για τη λήψη αποφάσεων. Έτσι, συμβάλλει στην ανάλυση του προβλήματος σε μια λογική βάση και στη μετατροπή των σκέψεων και διαισθήσεων του αποφασίζοντος σε αριθμητικές αξιολογήσεις.
- Δομεί το πρόβλημα σε μια ιεραρχία, με στόχο τη μείωση της πολυπλοκότητας του μέσα από την αποδόμησή σε υπο-προβλήματα.
- Τέλος, η ΑΗΡ ορίζει μια ρητή διαδικασία για τη λήψη αποφάσεων. Οι εμπειρία του εμπειρογνώμονα (ή των εμπειρογνομόνων) ενσωματώνονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, η οποία αναπτύσσεται σε επιστημονική βάση, κάνοντας ευκολότερη τη συλλογική λήψη αποφάσεων (Χαλκιάς, 2015).

Η απλή τεκμηρίωση, η εύκολη επαναληψιμότητά της, ο πολυκριτηριακός της χαρακτήρας, η αποδόμηση του προβλήματος με ιεραρχική δομή για την κατανόησή του, ο συνδυασμός των ποιοτικών και των ποσοτικών δεδομένων, η αξιοποίηση της εμπειρίας των ειδικών και τέλος η δυνατότητα εντοπισμού ενδεχόμενων ασυνεπειών στις απόψεις των εμπειρογνομόνων είναι

μερικά από τα πλεονεκτήματα που καθιστούν τη χρήση ευρεία από την επιστημονική κοινότητα (Χαλκιάς, 2015).

Η Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια (Χαλκιάς, 2015):

1. Καθορισμός και αποδόμηση προβλήματος
2. Προσδιορισμός κριτηρίων, υποκριτηρίων/ θεματικών επιπέδων GIS
3. Οργάνωση, ομοιογενοποίηση κριτηρίων σε μία ενιαία κλίμακα ταξινόμησης
4. Δημιουργία πινάκων σύγκρισης ανά ζεύγη – Απόδοση συγκριτικής σημαντικότητας ανά ζεύγη
5. Έλεγχος συνέπειας
6. Σύνθεση σταθμισμένων κριτηρίων – Αποτίμηση φαινομένου για κάθε χωρική μονάδα
7. Έλεγχος αποτελεσμάτων - Ανάλυση ευαισθησίας

3.6 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Αναλυτική Ιεράρχηση

Στο πλαίσιο υλοποίησης της εργασίας, η Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης συνδυάζεται με εκείνη της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Από τον παραπάνω συνδυασμό, θα προκύψει η σύνθεση των κριτηρίων της εκτίμησης πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Για τη διαμόρφωση ενός μοντέλου και την εφαρμογή των προαναφερόμενων μεθόδων, αρχικά θα αποδομηθεί το πρόβλημα και θα προσδιορισθούν τα κριτήρια και οι μεταβλητές που είναι σχετιζόμενες με τον υπολογισμό της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Σε επόμενο στάδιο, δημιουργείται η Χωρική Βάση Δεδομένων με την λήψη και επεξεργασία των κατάλληλων δεδομένων, ώστε να παραχθούν τα επίπεδα των δευτερογενών μεταβλητών για το εκάστοτε κριτήριο. Στη συνέχεια, ακολουθεί ο υπολογισμός και παραγωγή των επιπέδων των δευτερογενών μεταβλητών του εκάστοτε κριτηρίου και η διενέργεια επαναταξινομήσεων σε ενιαία τακτική κλίμακα. Κατόπιν, τα κριτήρια συνδυάζονται με απλή αθροιστική υπέρθεση στην περίπτωση που αποδίδεται η ίδια βαρύτητα και με σταθμισμένη αθροιστική υπέρθεση στην περίπτωση που προσδίδεται διαφορετική βαρύτητα σε κάθε κριτήριο. Η σταθμισμένη αθροιστική υπέρθεση, λαμβάνει χώρα βασιζόμενη στην εμπειρία ειδικών, η οποία συντελείται

με την Μέθοδο Αναλυτικής Ιεράρχησης. Αφού γίνουν οι σχετικές επαναταξινομήσεις, προκύπτουν τα αποτελέσματα πλημμυρικής επικινδυνότητας. Τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση-επικύρωση των αποτελεσμάτων με δεδομένα ιστορικών πλημμυρών και ζωνών υψηλού κινδύνου.

Κεφάλαιο 4^ο: Ανάλυση δεδομένων και Στάδια Μεθοδολογίας

4.1 Εισαγωγή

Στη παρούσα ενότητα θα γίνει αναφορά στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα στάδια υλοποίησης της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκαν στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

4.2 Δεδομένα

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη για τον προσδιορισμό της πλημμυρικής επικινδυνότητας της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου, όπως έχει γίνει και σε παρόμοιες μελέτες (Bathrellos et al., 2015 και Skilodimou et al., 2021), περιλαμβάνει τη μελέτη 6 παραμέτρων, η επεξεργασία των οποίων σε περιβάλλον GIS, οδηγεί σε ένα Δείκτη Πλημμυρικής Επικινδυνότητας. Οι παράμετροι αυτές σχετίζονται με τη συσσώρευση ροής (flow accumulation - F), την υδρο-λιθολογία (hydrolithology - H), το υψόμετρο (elevation - E), τη μορφολογική κλίση (slope - S), η κάλυψη γης (land cover – U) και η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης. Από την επεξεργασία των παραμέτρων εξάγονται 6 θεματικοί χάρτες επικινδυνότητας ως προς κάθε μία από αυτές, όσο και ένας τελικός συνδυαστικός χάρτης που παρουσιάζει το δείκτη πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Σε πρώτο στάδιο, για τις ανάγκες της εργασίας, οργανώθηκε μία γεωβάση. Η βάση αυτή περιλαμβάνει δεδομένα που προέρχονται από πηγές, όπως είναι ο τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1:50.000 από την Ελληνική Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.) και ο γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000 από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια, γεωαναφέρθηκαν σε ένα κοινό σύστημα αναφοράς, προς αποφυγή προβλημάτων συμβατότητας, το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ '87). Η αξιοποίηση του λογισμικού της εταιρείας ESRI, ArcGIS Pro και των εργαλείων του (ειδικότερα της εργαλειοθήκης Spatial Analyst) βοήθησε στη κατασκευή δευτερογενών θεματικών επιπέδων, όπως είναι αυτό του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) με μέγεθος κελιού τα 50 μέτρα, ο χάρτης σκίασης αναγλύφου αλλά και της επεξεργασίας των παραμέτρων αναφορικά με την αξιολόγηση της πλημμυρικής επινιδυνότητας.

Τα πρωτογενή δεδομένα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των επιμέρους παραμέτρων, ώστε να προκύψει ο τελικός χάρτης του δείκτη πλημμυρικής επικινδυνότητας, φαίνονται στον Πίνακα 1 και αναλύονται περαιτέρω παρακάτω:

Δεδομένα	Τύπος	Πηγή
DEM	Raster (~ 50m)	Γ.Υ.Σ.
Γεωλογία	Vector	Ι.Γ.Μ.Ε.
Κάλυψη γης (LULC)	Vector	Corine Land Cover
Υδρογραφικό δίκτυο	Vector	Γ.Υ.Σ.
Οικισμοί	Vector	Geodata.gov.gr
Οδικό δίκτυο	Vector	Geodata.gov.gr
Ζ.Δ.Υ.Κ.	Vector	Ειδική Γραμματεία Υδάτων (Ε.Γ.Υ.)
Ιστορικό πλημμυρικών συμβάντων	Vector	Ειδική Γραμματεία Υδάτων (Ε.Γ.Υ.)
Καμένες εκτάσεις	Raster	Copernicus

Πίνακας 1: Τα πρωτογενή δεδομένα και οι πηγές τους.

Από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) προκύπτουν δύο βασικά επίπεδα πληροφορίας. Το πρώτο αφορά την μορφολογική κλίση (Slope). Για το δεύτερο θεματικό επίπεδο, αρχικά παράγεται το επίπεδο του γεμίσματος (Fill) για την αποφυγή σφαλμάτων που θα μπορούσαν να προκύψουν λόγω πιθανής ύπαρξης ταπεινώσεων του αναγλύφου, δηλαδή κάποιου κελιού που θα μπορούσε να είναι πιο χαμηλά από τα υπόλοιπα και να λειτουργήσει ως τοπογραφικό βύθισμα (sink) που διακόπτει τη ροή του νερού. Έπειτα, από το επίπεδο Fill που προκύπτει, παράγεται η Διεύθυνση Ροής (Flow Direction) η οποία υπολογίζει τη διεύθυνση προς την οποία κινείται το νερό υπό την επίδραση της βαρύτητας. Στη συνέχεια, παράγεται το επίπεδο Συσώρευσης Ροής (Flow Accumulation).

Σχετικά με τη λιθολογία της περιοχής μελέτης, τα δεδομένα προέρχονται από το Ι.Γ.Μ.Ε. είναι διανυσματικά δεδομένα αποτελέσματα της ψηφιοποίησης των φύλλων 1:50.000. Για τον σκοπό της εργασίας, γίνεται ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών και αναφορά στην υδροπερατότητα τους.

Τα δεδομένα σχετικά με τις κάλυψη γης για την περιοχή μελέτης προέρχονται από την CORINE Land Cover (LULC) για το έτος 2018 και βρίσκονται σε διανυσματική μορφή.

Τα δεδομένα για την επικύρωση, επαλήθευση και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της πολυκριτηριακής ανάλυσης, προέρχονται από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων, του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Η λήψη τους έγινε από τον ιστότοπο floods.ypeka.gr (<http://floods.ypeka.gr>). Τα δεδομένα αυτά, αφορούν θεματικούς χάρτες στους οποίους περιλαμβάνονται οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ) και το ιστορικό πλημμυρών στη περιοχή μελέτης. Ενώ όσον αφορά την συσχέτιση των καμένων εκτάσεων της περιοχής μελέτης, ύστερα από τη καταστροφική πυρκαγιά του 2021, γίνεται αξιολόγηση της επίδρασης τους στον κίνδυνο πλημμύρας, με τη χρήση δεδομένων Sentinel-2 από την υπηρεσία ανοιχτής πρόσβασης του προγράμματος παρατήρησης της γης, Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το οποίο εξετάζει τον πλανήτη και το περιβάλλον του (από το σύνδεσμο: <https://scihub.copernicus.eu/>).

Τέλος, πρέπει να γίνει αναφορά στα δεδομένα υποβάθρου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Αυτά είναι διανυσματικά δεδομένα που έχουν να κάνουν με την περιοχή μελέτης και είναι είτε σημειακά, είτε γραμμικά, είτε πολυγωνικά δεδομένα και αφορούν τους οικισμούς, το οδικό δίκτυο, τα οποία προέρχονται από το GEODATA.gov.gr (και είναι διαθέσιμα στο σύνδεσμο: <https://geodata.gov.gr/dataset>) και το υδρογραφικό δίκτυο το οποίο προέρχεται από το τοπογραφικό χάρτη του Γ.Υ.Σ.

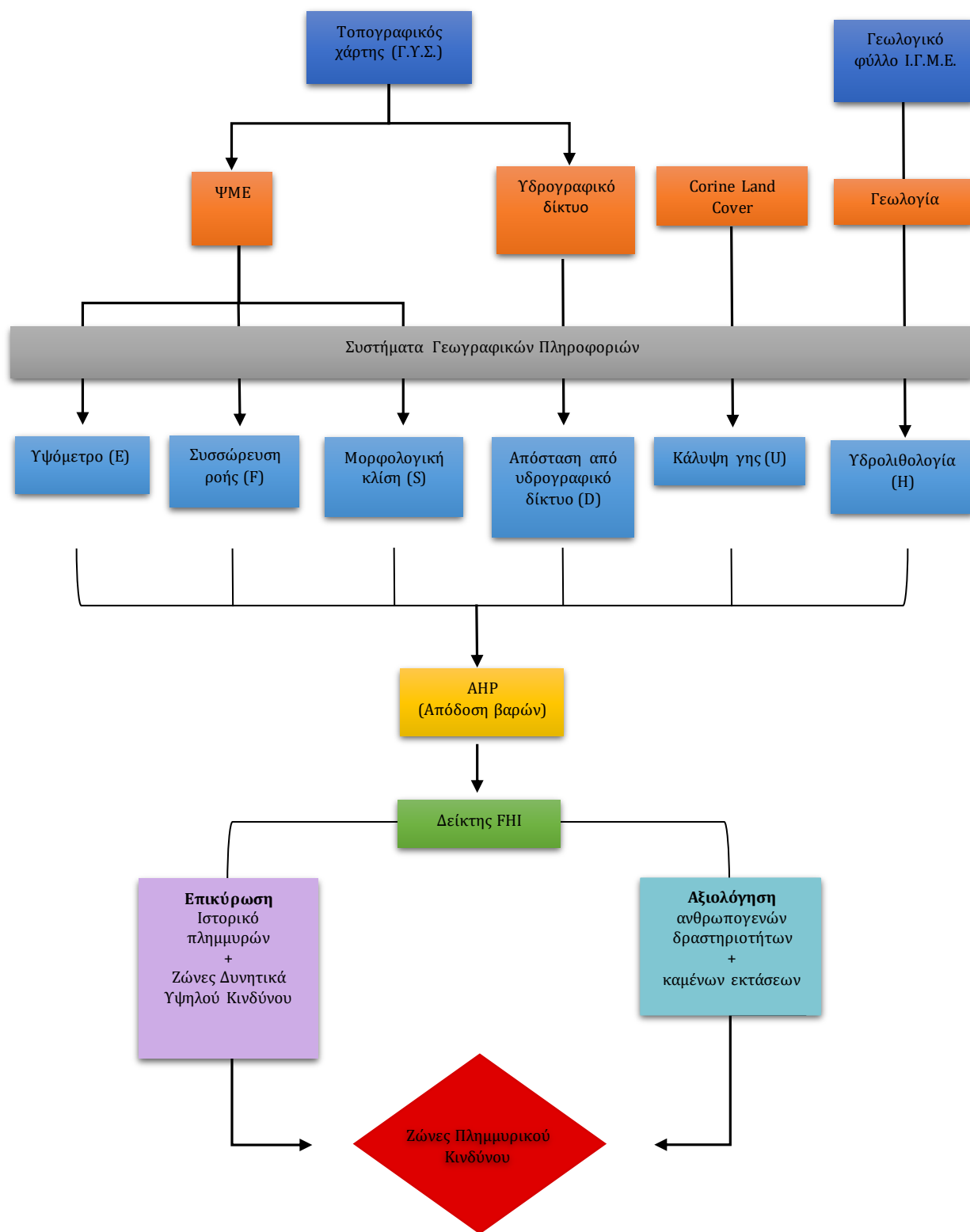
Σε αυτό το σημείο, διευκρινίζεται η υποκειμενική φύση ορισμένων επιλογών που έλαβαν χώρα με κριτήρια την όσο το δυνατόν καλύτερη ακρίβεια και τη πλησιέστερη αναπαράσταση της πραγματικότητας.

4.3. Μεθοδολογία

Με βάση τη σχετική βιβλιογραφία, αναπτύχθηκε ένας ολιστικός δείκτης σε περιβάλλον ΣΓΠ με σκοπό την αποτίμηση της επικινδυνότητας έναντι του κινδύνου πλημμύρας για τη λεκάνη απορροής του Ξηροπόταμου της Βόρειας Εύβοιας. Ο υπολογισμός του συγκεκριμένου δείκτη, όπως ήδη αναφέρθηκε, βασίζεται στην επιλογή επιμέρους παραγόντων που κρίνονται

καθοριστικοί για την έκβαση του υπό μελέτη φαινομένου. Οι τιμές τους στη συνέχεια, υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία προκειμένου να υπολογιστεί η σχετική σημασία κάθε κριτηρίου και ακολούθως, ο αντίστοιχος συντελεστής βάρους (w_i). Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση της μεθόδου της Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP) ως επιμέρους εργαλείου μιας Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. Ύστερα, υπολογίζεται ο δείκτης επικινδυνότητας και αποτυπώνεται χαρτογραφικά σε θεματικό χάρτη. Ο δείκτης αυτός αποτελεί μια ποσοτική έκφραση, που επιτρέπει τη σύγκριση του κινδύνου μιας φυσικής καταστροφής και των πιθανών επιπτώσεών της, ανάμεσα σε διαφορετικές περιοχές που εκτίθενται σε ίδιο τύπο φυσικού κινδύνου, όπως οι πλημμύρες. Με αυτόν το τρόπο, γίνεται εφικτός ο προσδιορισμός των περιοχών μεγάλης πλημμυρικής επικινδυνότητας, με την αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών, με σκοπό την κατάλληλη επιλογή στρατηγικών για τη μείωση της ευπάθειας.

Τα στάδια της μεθολογίας που υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω, στο Σχήμα 1 και αναλύονται στην επόμενη παράγραφο .



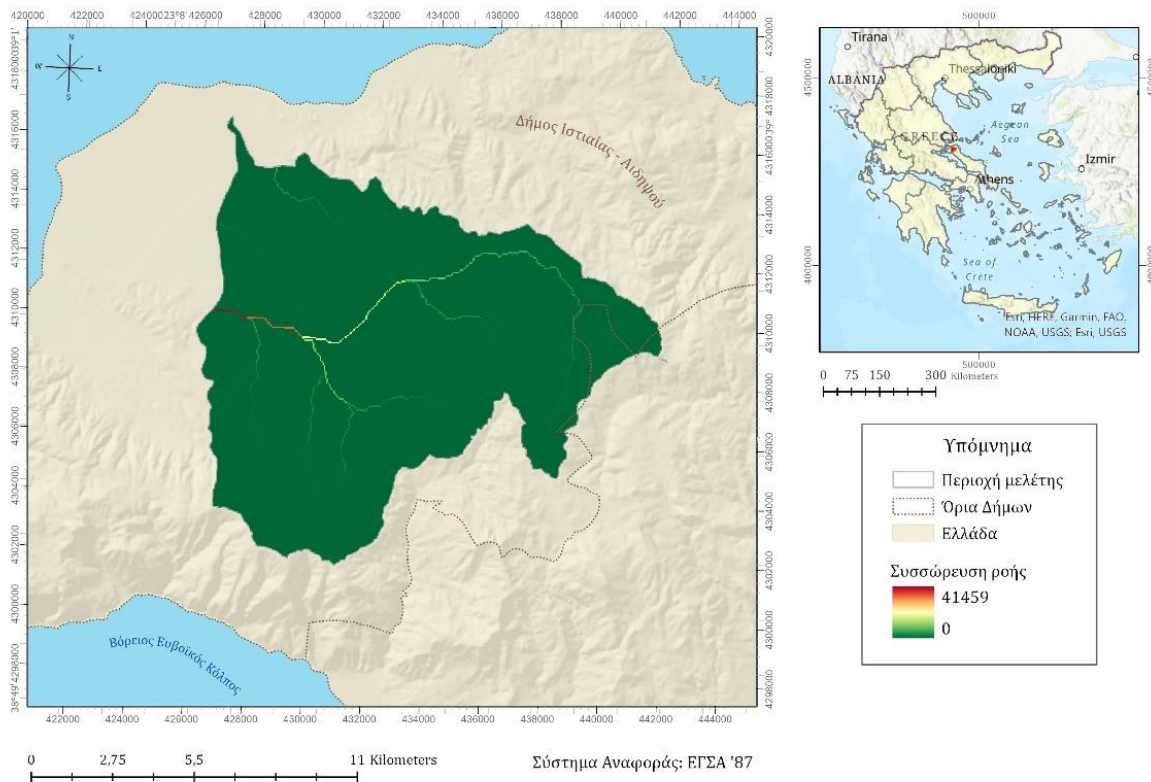
Σχήμα 1 : Διάγραμμα ροής σταδίων μεθοδολογίας

4.3.1 Προσδιορισμός κριτηρίων αξιολόγησης

Η επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης θεωρείται ένα κρίσιμο στάδιο σε κάθε Πολυκριτηριακή Ανάλυση, καθώς από αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της. Ο δείκτης πλημμυρικής επικινδυνότητας που θα αναπτυχθεί στη συνέχεια, δομείται από έξι κριτήρια φυσικών και υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών. Η επιλογή των κριτηρίων βασίστηκε στη άμεση σχέση τους με τη πιθανότητα πλημμυρικού κινδύνου, καθώς και σε σχετικές έρευνες ή ανάλογες εφαρμογές. Τα κριτήρια αυτά επιχειρούν να εξετάσουν την επιδεκτικότητα του συστήματος από διαφορετικές πλευρές, συνιστώντας συνδυαστικά όλα μαζί μία ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αποτίμηση πλημμυρικού κινδύνου. Με αυτό τον τρόπο, μέσα από την Πολυκριτηριακή Ανάλυση και την αξιοποίηση των ΣΓΠ θα καταλήξουμε στα τελικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι:

A). Συσσώρευση Ροής

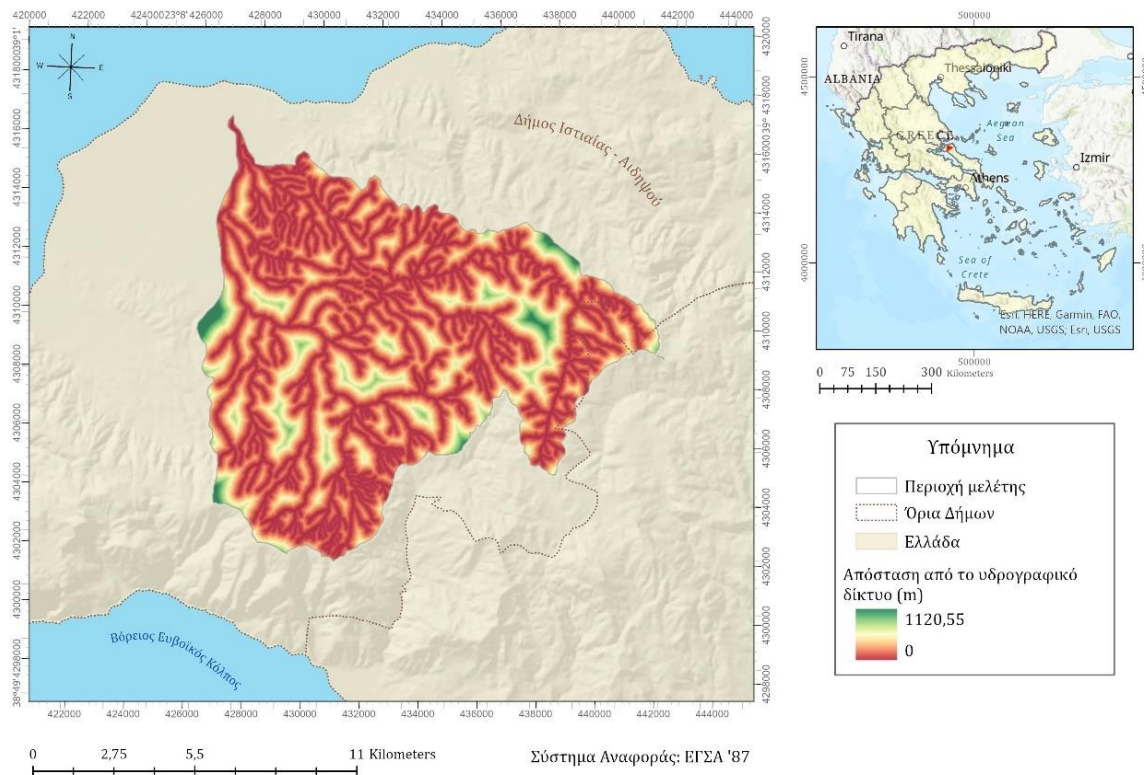
Η συσσώρευση ροής είναι από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για τον καθορισμό του κινδύνου πλημμύρας, καθώς προσδιορίζει τα σημεία συγκέντρωσης επιφανειακού ύδατος που δέχεται κάθε σημείο της περιοχής μελέτης. Οι υψηλές τιμές της συσσωρευμένης ροής απεικονίζουν ψηφίδες στις οποίες το νερό τείνει να συγκεντρώνεται, καθιστώντας τις περιοχές αυτές πιο επιρρεπείς στον κίνδυνο πλημμύρας (Patrikaki et al, 2018). Το επίπεδο συσσώρευσης ροής παράγεται μέσω του επιπέδου Διεύθυνσης Ροής, όπου αθροίζονται οι ροές νερού από τα ανάντη προς τα χαμηλότερα υψόμετρα. Όπως φαίνεται στον Χάρτη 2, οι τιμές συσσώρευσης ροής εμφανίζουν εύρος τιμών μεταξύ 0,001 και 41.459, όπου οι υψηλότερες τιμές συγκεντρώνονται κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, όπου γίνονται υψηλότερες όσο κινούνται από τα ανάντη προς τα κατόντη (στο δυτικό τμήμα της λεκάνης), λόγω της αυξάνουσας τροφοδοσίας από όλη την επιφάνεια της λεκάνης απορροής. Οι περιοχές με τις υψηλότερες τιμές συσσώρευσης ροής είναι κατά συνέπεια αυτές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης πλημμύρας.



Χάρτης 2: Χάρτης συσσώρευσης ροής της περιοχής μελέτης

Β). Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο

Εκτός από περιοχές με συγκεντρωμένα επιφανειακά ύδατα, οι υπερχειλίσσεις ποταμών είναι κρίσιμες για την έναρξη μιας πλημμύρας. Συχνά, ο κίνδυνος πλημμύρας προέρχεται από τις κοίτες ποταμών και επεκτείνεται στις κοντινότερες περιοχές. Ο βαθμός επίδρασης της κοίτης του ποταμού μειώνεται, όσο αυξάνεται η απόσταση από αυτή. Περιοχές κοντά στο δίκτυο του ποταμού (σε απόσταση 100 και 200 μέτρων) παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο πλημμύρας, ενώ η επίδραση αυτής της παραμέτρου μειώνεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις.



Χάρτης 3: Χάρτης απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης

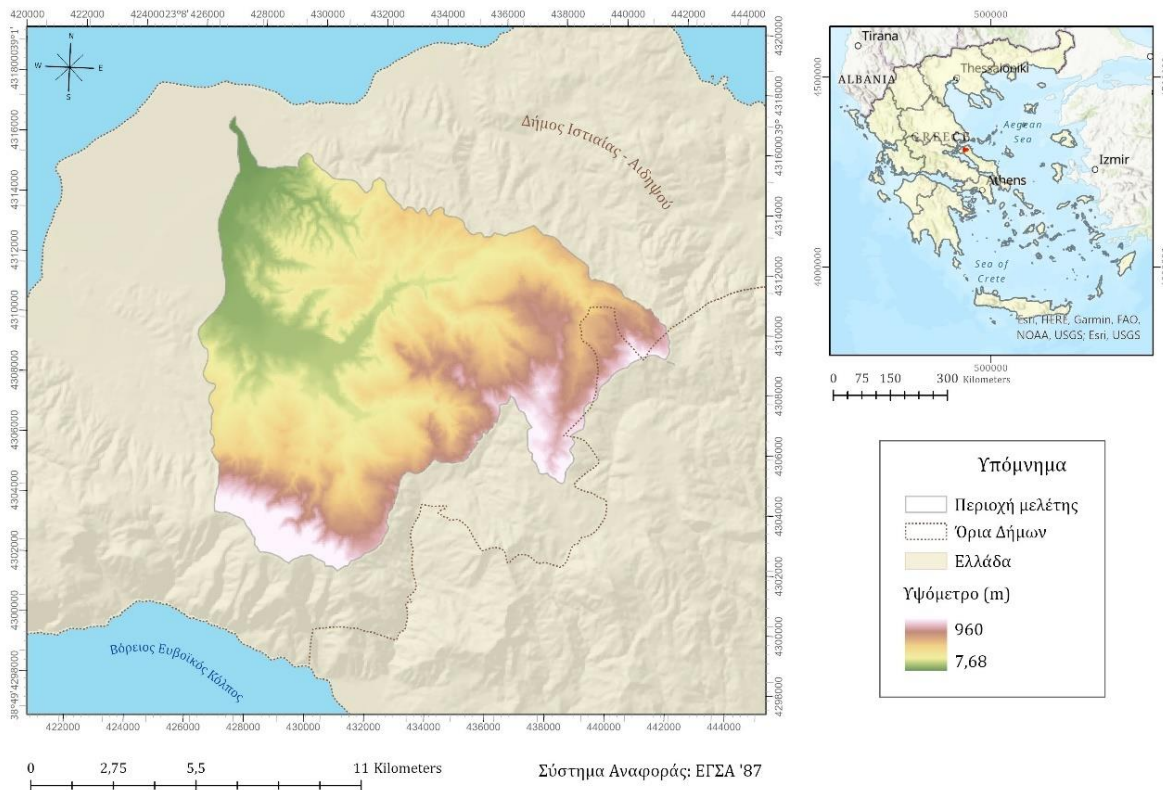
Γ). Υψόμετρο

Η διαμόρφωση του υψομέτρου μίας περιοχής προβάλλει στοιχεία για την τοπογραφία της περιοχής, των διεργασιών που έχουν διενεργηθεί σε αυτή, καθώς και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις χρήσεις γης που επικρατούν στην επιφάνεια του εδάφους. Επιπλέον, το υψόμετρο μπορεί να επηρεάζει και τον βαθμό δραστηριοποίησης του ανθρώπου, καθώς σε χαμηλά υψόμετρα, η παρουσία του ανθρώπου είναι πιο έντονη σε αντίθεση με τα πιο μεγάλα υψόμετρα, όπου είναι πιο σποραδική.

Ακόμα, μεταξύ των διαφορετικών υψομετρικών ζωνών παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση, τόσο ως προς την ποσότητα, όσο και ως προς την μορφή των κατακρημνισμάτων που δέχονται. Το πλημμυρικό φορτίο αντλεί την δυναμική του στα πιο υψηλά υψόμετρα και στη συνέχεια εκτονώνεται στα χαμηλότερα υψόμετρα. οι περιοχές με μικρότερο υψόμετρο εμφανίζουν

μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης πλημμυρικού συμβάντος σε σχέση με τις ημιορεινές ή ορεινές περιοχές.

Σύμφωνα με τον Χάρτη 4, στην υπό μελέτη περιοχή μεγάλα υψόμετρα εμφανίζονται στο νοτιοδυτικό και νοτιοανατολικό τμήμα, ενώ αντίθετα πεδινές περιοχές προς το βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής του Ξηροποτάμου.



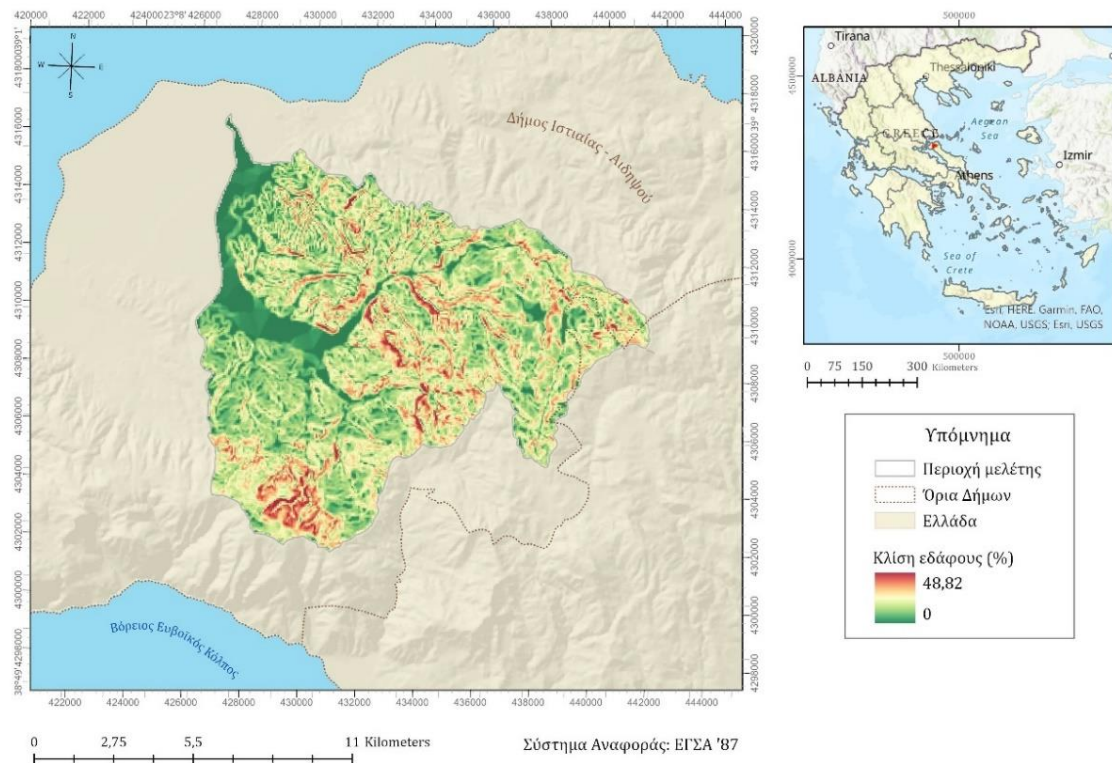
Δ). Μορφολογική κλίση

Τόσο το ανάγλυφο, όσο και οι μορφολογικές κλίσεις, παίζουν σημαντικό ρόλο στη συσσώρευση ροής, καθώς μετασχηματίζουν τη βροχόπτωση σε απορροή (Ευστρατιάδης, et al., 2014). Το νερό καθώς ρέει από υψηλότερα προς χαμηλότερα υψόμετρα, η κλίση επηρεάζει την κατεύθυνση και τη ποσότητα της επιφανειακής απορροής και της διείσδυσης. Επίπεδες εκτάσεις σε χαμηλό υψόμετρο είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην εμφάνιση πλημμύρας, σε σύγκριση με τις περιοχές σε

υψηλότερο υψόμετρο με μεγαλύτερη κλίση, οι οποίες δεν επιτρέπουν τη συγκέντρωση ροής νερού και άρα αποτρέπουν τη πιθανότητα εκδήλωσης πλημμύρας.

Με την κατάλληλη επεξεργασία, μέσω της επέκτασης Spatial Analyst Tool και τις λειτουργίες ανάλυσης επιφανειών (Surface Analysis), εφαρμόστηκε σχετικός αλγόριθμος (Slope) στην επιφάνεια του DEM. Ο αλγόριθμος αυτός υπολόγισε την τιμή της κλίσης(%) σε για κάθε μια ψηφίδα του επιπέδου DEM που χρησιμοποίησε.

Στη περιοχή μελέτης παρατηρείται ένα εύρος τιμών κλίσεων από 0 έως και 48,8 %. Συγκεκριμένα, επικρατούν κυρίως ήπιες και μέσaiες κλίσεις. Ειδικότερα, χαμηλές έως και πολύ χαμηλές κλίσεις παρατηρούνται κατά μήκος των ποταμοχειμάρριων αποθέσεων του ποταμού στο δυτικό και βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Αντίθετα, απότομες κλίσεις παρατηρούνται σε περιορισμένα τμήματα της λεκάνης, κυρίως στους ορεινούς όγκους.



Χάρτης 5: Χάρτης κατανομής μορφολογικών κλίσεων της περιοχής μελέτης

Ε). Κάλυψη γης

Οι καλύψεις γης μιας περιοχής αποτελούν σημαντικό στοιχείο για τη χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας, διότι είναι ένας παράγοντας που εμπεριέχει έναν αριθμό διαφορετικών χαρακτηριστικών και αντικατοπτρίζει εκτός από τις τρέχουσες χρήσεις γης, και τη σημασία τους σε σχέση με την πλημμυρική επιδεκτικότητα. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες καθώς και η παρουσία φυτοκάλυψης, επηρεάζουν διεργασίες, όπως η επιφανειακή απορροή, η υδροπερατότητα του εδάφους, η φυσική διάβρωση και η διαμόρφωση του αναγλύφου. Η κάλυψη γης επηρεάζει το ρυθμό διείσδυσης του νερού, δηλαδή, τη σχέση μεταξύ των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων καθώς και τη ροή των μάζων που αφήνει πίσω μία πλημμύρα.

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως, κτίρια, δρόμοι και άλλες τεχνητές κατασκευές, δημιουργούν αδιαπέρατες επιφάνειες, οι οποίες δεν απορροφούν νερό, αυξάνοντας έτσι την επιφανειακή απορροή του και τη πιθανότητα εκδήλωσης πλημμύρας. Αντίθετα, η βλάστηση μπορεί και λειτουργεί ως αποθήκη νερού και κατά συνέπεια τόσο την επιφανειακή απορροή, όσο και την συσσώρευση της ροής. Η παρουσία παχιάς φυτικής κάλυψης δημιουργεί έναν φυσικό μηχανισμό παρεμπόδισης της ροής των υδάτων, αφού αυξάνει την κατακράτηση του νερού και επιβραδύνει την εμφάνιση επιφανειακής απορροής. Αντίθετα, στις περιοχές όπου η βλάστηση είναι αραιή ή το περιβάλλον είναι έντονα αστικό, μειώνεται η συγκράτηση του νερού ενισχύοντας την πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας (Ευστρατιάδης et al., 2014).

Σύμφωνα με τα δεδομένα CORINE Land Cover (2018), οι καλύψεις γης που παρατηρούνται στη περιοχή μελέτης είναι οι εξής:

1. Τεχνητές επιφάνειες

Ασυνεχής αστικός ιστός (112): Το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης γης καλύπτεται από κτίρια, δρόμους και τεχνητές επιφάνειες, σε συνδυασμό με ζώνες πρασίνου και γυμνού εδάφους που καλύπτουν ασυνεχείς αλλά εκτενείς επιφάνειες.

2. Καλλιεργήσιμες εκτάσεις

2.1 Αρόσιμη γη

Μη αρδευόμενη καλλιεργήσιμη γη (211): Καλλιεργήσιμες περιοχές τακτικά αρόσιμες και γενικά υπό ένα σύστημα εναλλαγής καλλιέργειας. Περιλαμβάνονται καλλιέργειες ζωοτροφών, δενδροκαλλιέργειες, καλλιέργειες φαρμακευτικών, αρωματικών φυτών, καθώς και λιβάδια.

2.2 Μόνιμες καλλιέργειες

Καλλιέργειες που παρέχουν επαναλαμβανόμενη συγκομιδή και καταλαμβάνουν το έδαφος για μεγάλη περίοδο, προτού οργωθεί και ξαναφυτευτεί. Εξαιρούνται τα λιβάδια, οι βοσκότοποι και τα δάση.

Οπωρώνες (222): Εκτάσεις με οπωροφόρα δέντρα ή θάμνους.

Ελαιώνες (223): Περιοχές με ελαιόδεντρα.

2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές

Σύνθετες καλλιέργειες (242): Αγροτεμάχια διαφόρων καλλιεργειών, λιβαδιών ή/και μόνιμων καλλιεργειών.

Γη στην οποία κυριαρχεί η γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης(243): περιοχές που καλύπτεται κυρίως από γεωργία, με διάσοαρτες περιοχές φυσικής βλάστησης

3. Δάση και Ημιφυσικές περιοχές

3.1 Δάση

Δάσος πλατύφυλλων (311): Βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα, θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση, όπου κυριαρχούν τα πλατύφυλλα είδη.

Δάσος κωνοφόρων (312): Βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα, θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση, όπου κυριαρχούν τα κωνοφόρα είδη.

Μεικτό δάσος (313): Βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα, θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση, όπου δεν κυριαρχούν ούτε τα πλατύφυλλα, ούτε τα κωνοφόρα είδη.

3.2 Συνδυασμοί Θαμνώδους και βοτανώδους βλάστησης

Σκληροφυλλική βλάστηση (323): Θαμνώδης, σκληροφυλλική βλάστηση.

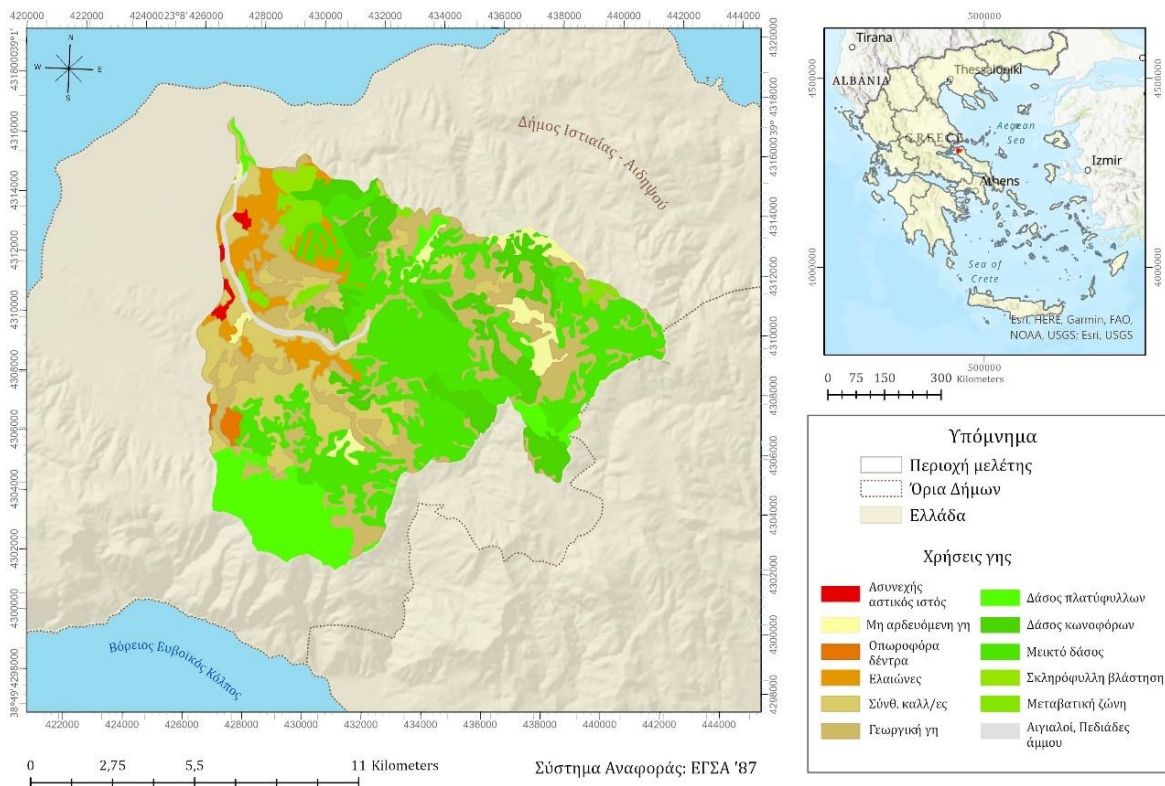
Μεταβατική ζώνη δάσους και θαμνώδων εκτάσεων (324): Θαμνώσης ή ποώδης βλάστηση με διεσπαρμένα δέντρα.

3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση

Αιγιαλοί, αμμόλοφοι, πεδιάδες άμμου (331): Παραλίες, αμμόλοφοι και αμμώδεις εκτάσεις σε παράκτιες ή ηπειρωτικές θέσεις. Συμπεριλαμβάνονται οι κοίτες ρεμάτων και χειμάρρων.

Σύμφωνα με τον παρακάτω χάρτη, η περιοχή μελέτης καταλαμβάνεται κυρίως από εκτάσεις μεικτού δάσους, δηλαδή βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα, θάμνους και χαμηλή βλάστηση. Εκτεταμένες είναι και οι εκτάσεις σύνθετων συστημάτων καλλιέργειας και οι εκτάσεις που κυριαρχεί η γεωργία.

Ενώ, χαρακτηριστική είναι η παρουσία οικισμών(ασυνεχούς οικιστικής ζώνης) κατά μήκος των χειμάρριων αποθέσεων του ποταμού.



Χάρτης 6: Χάρτης κατανομής καλύψεων γης της περιοχής μελέτης

Στ). Υδρολιθολογία

Ένας σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την επιφανειακή απορροή, εκτός από την μορφολογία μιας περιοχής και επομένως και την πλημμυρική παροχή, είναι η λιθολογία της περιοχής. Κάθε λιθολογικός σχηματισμός έχει και την αντίστοιχη περατότητα, η οποία εξαρτάται από τη σύσταση του.

Η περατότητα εκφράζει την ευκολία ή δυσκολία κίνησης του νερού μέσα στη μάζα των πετρωμάτων. Το ποσοστό διείσδυσης και κυκλοφορίας του νερού διαμέσου της μάζας των πετρωμάτων οφείλεται στις μηχανικές ιδιότητες τους. Αυτό πρακτικά, καθιστά τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών μία από τις βασικές παραμέτρους εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας, αφού μικρή περατότητα συνεπάγεται με αυξημένη συσσώρευση ροής και αυξημένο πλημμυρικό κίνδυνο, ενώ αντίστροφα, μεγάλη περατότητα συνεπάγεται με μικρή συσσώρευση ροής (Ευστρατιάδης et al., 2014).

Για τον υπολογισμό της παραμέτρου της λιθολογίας, ελήφθησαν υπόψη οι γεωλογικοί χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) κλίμακας 1:50.000, σε ψηφιακή μορφή. Το αρχείο της λιθολογίας είναι διανυσματικής μορφής (vector) με πολυγωνικές οντότητες που περιλάμβανε σε πρώτο στάδιο 8 κατηγορίες λιθολογικών σχηματισμών και είναι οι εξής:

- Ασβεστόλιθοι, Δολομίτες (Πέρμια, Τριαδική- Κρητιδική περίοδος): Ο ασβεστόλιθος είναι ιζηματογενές πέτρωμα, του οποίου το βασικό συστατικό είναι ο ασβεστίτης (CaCO_3). Στην πλειονότητά τους είναι θαλάσσιοι, έχουν βιολογική έως βιοχημική προέλευση και εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία ειδών ανάλογα με τους ανθρακικούς συστατικούς κόκκους τους. Οι ασβεστόλιθοι (λιθοποιημένα ανθρακικά ιζήματα) στην πλειονότητά τους, αποτελούνται από ανθρακικούς κόκκους, κύρια μάζα και συγκολλητικό υλικό δείχνοντας άμεση αναλογία με τα κλαστικά πετρώματα.
- Οι ασβεστόλιθοι που περιέχουν ως κύριο συστατικό εκτός από ασβεστίτη και δολομίτη ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) συνιστούν τους δολομιτικούς ασβεστολίθους. Ο δολομίτης είναι ανθρακικό ορυκτό του ασβεστίου και του μαγνησίου. Ο δολομίτης σχηματίστηκε από διαγένεση ή υδροθερμική μετασώματωση του ασβεστίτη σε υπεραλατούχες ιζηματογενείς αποθέσεις (Κατή, 2020).
- Αλλουβιακές αποθέσεις (Τεταρτογενές): Αποτελούν σύγχρονες προσχώσεις ασύνδετων υλικών από κροκάλες, άμμους, λεπτομερή πηλοαμμώδη, αργιλικά συστατικά, αμμούχους αργίλους, χάλικες, κροκαλολατύπες ποικίλου μεγέθους και σύστασης και παράκτιους σχηματισμούς.

- Κροκαλοπαγή (Νεογενές): Τα κροκαλοπαγή είναι συμπαγή πετρώματα που προκύπτουν από συγκόλληση κροκαλών (αποστρογγυλεμένα κομμάτια πετρώματος), ενώ τα λατυποπαγή από συγκόλληση λατυπών (γωνιώδη). Είναι τα πιο αδρομερή κλαστικά πετρώματα, με ποσοστό συμμετοχής των συστατικών $> 2\text{mm}$ (μέγεθος χάλικα) περισσότερο από 30% (Folk, 1974). Η συγκολλητική ύλη συνήθως είναι ασβεστιτική ή χαλαζιακή. Ο κύριος σχηματισμός τους γίνεται όταν έχουμε επίκλυση ή απόσυρση της θάλασσας (Κατή, 2020).
- Σχιστόλιθοι, Πυριτόλιθοι (Άνω Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό, Μεσοζωϊκός αιώνας): Ως σχιστόλιθος χαρακτηρίζεται κάθε σχιστοφυές ισχυρά μεταμορφωμένο πέτρωμα που συνίσταται από τα ορυκτά μοσχοβίτη, χλωρίτη, χαλαζία και άλλα τυπικά ορυκτά που είναι διατεταγμένα σε σχεδόν παράλληλη διάταξη λόγω της ισχυρής μεταμόρφωσης.
- Πυριτόλιθοι(κερατόλιθοι): Οι πυριτόλιθοι είναι πολύ λεπτόκοκκα πυριτικά ιζηματογενή πετρώματα ανόργανης, βιογενούς, βιοχημικής, ηφαιστειακής υδροθερμικής προέλευσης, που αποτελούνται από ορυκτά του SiO_2 (κυρίως χαλαζία, χαλκηδόνιο και οπάλιο) και μικρά ποσοστά προσμίξεων. Συνήθως, είναι πετρώματα συμπαγή, σκληρά, κρυπτοκρυσταλλικά και με κογχώδη θραυσμό (Κατή, 2020).
- Μάργες (Νεογενές): Η μάργα είναι ιζηματογενής σχηματισμός, που χημικά και ορυκτολογικά κυμαίνεται μεταξύ ασβεστολίθου και αργίλου. Μάργα (μικτό χημικοκλαστικό ιζηματογενές πέτρωμα – το κλαστικό υλικό είναι αργιλικό και το χημικό ανθρακικό ασβέστιο). Η τυπική μάργα περιέχει 35-65% άργιλο. Μπορούν να βρεθούν όλες οι ενδιάμεσες συστάσεις μεταξύ ασβεστολίθου και μάργας. Οι αποθέσεις των μαργών μπορεί να είναι είτε βιογενούς, είτε χημικής προέλευσης. Η ιζηματογένεσή τους μπορεί να έλαβε χώρα σε αβαθείς ή βαθιές θάλασσες ή και λίμνες.
- Τραβερίνης (Νεογενές): είναι πέτρωμα ανθρακικό, με ανοιχτό, καστανοκίτρινο χρώμα και με χαρακτηριστική πορώδη υφή. Το ανθρακικό ασβέστιο αποτίθεται γύρω από φυτικά μέρη, τα οποία μετά την αποσύνθεσή τους απομακρύνονται και αφήνουν τους πόρους στο πέτρωμα.
- Τόφφοι (Πέρμια περίοδος): Οι τόφφοι είναι πετρώματα που σχηματίζονται από την καθίζηση υλικών, που εκτινάσσονται από διάφορα ηφαίστεια. Διακρίνονται ανάλογα με τον τύπο της λάβας σε βασαλτικούς τόφφους, ρυολιθικούς τόφφους, τραχειτικούς κ.λ.π.

- Γνεύσιοι – Σχιστόλιθοι (Προ – Λιθανθρακοφόρος περίοδος, Παλαιζωικού αιώνα): Τα μεταμορφωμένα πετρώματα χαρακτηρίζονται από τον σχιστοφυή ιστό τους, που εμφανίζεται στα περισσότερα από αυτά (πχ. γνεύσιος) και ο οποίος είναι το αποτέλεσμα της στρωσιφυούς ανάπτυξης των συστατικών των πετρωμάτων κυρίως φυλλόμορφων και ινόμορφων. Ο γνεύσιος έχει ως θεμελιώδη συστατικά αστρίους και χαλαζία. Είναι κατά το πλείστον μεσόκοκκο και χαρακτηρίζεται από τη σχιστότητα και τη γνευσιοειδή υφή. Κύριο συστατικό του είναι κάποιο είδος μαρμαρυγία, βιοτίτης ή μοσχοβίτης, αλλά μπορούν να βρεθούν πάρα πολλά άλλα ορυκτά, όπως κεροσίλβη, επίδοτο, γρανάτης, κορδιερίτης, σταυρόλιθος, συλλιμανίτης, ανδαλουσίτης, κυανίτης και άλλα. Οι σχιστόλιθοι χρονολογούνται κυρίως γύρω από το Παλαιοζωικό. Πρόκειται για μαρμαρυγιακούς, αμφιβολιτικούς, επιδοτικούς και πρασινιτικούς σχιστόλιθους σε εναλλαγές με γνευσιοσχιστόλιθους και γνεύσιους (Κωστόπουλος, 2020).

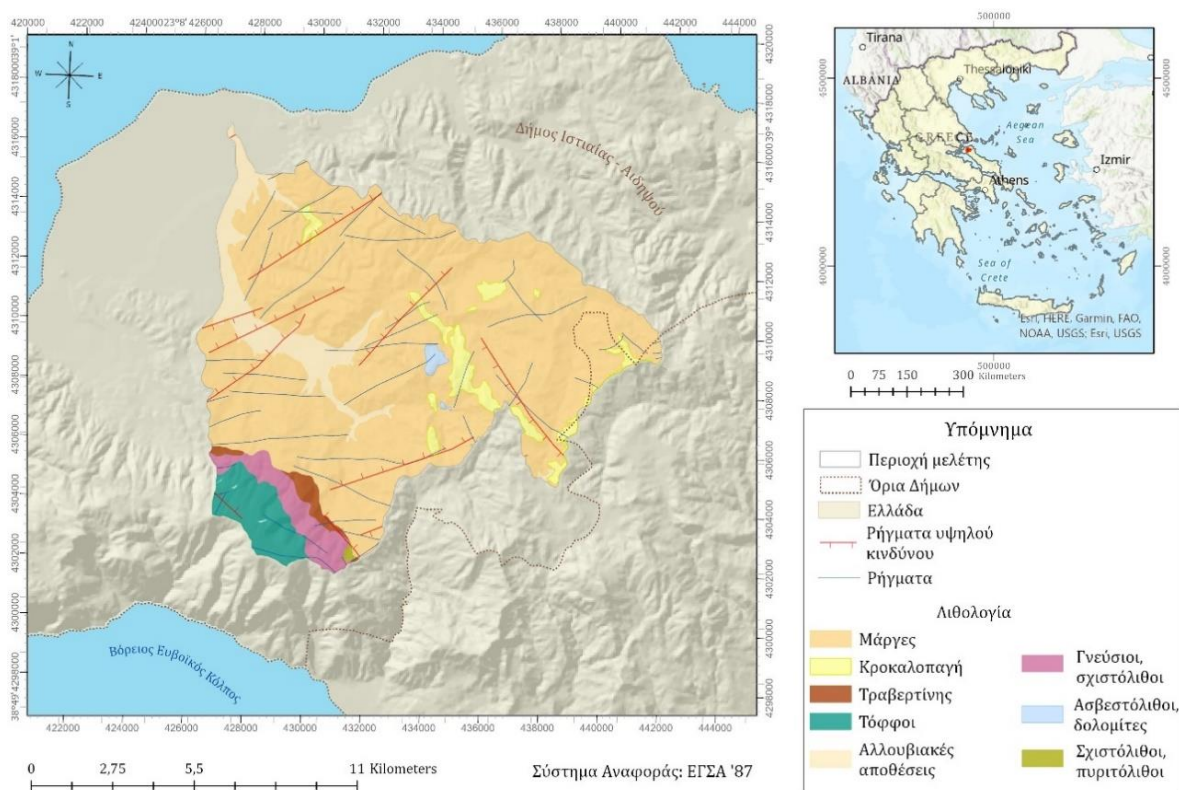
Η γεωλογική δομή του Υδατικού Διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας περιλαμβάνει μεταλπικούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς και Νεογενούς στις πεδινές περιοχές, ενώ στις λοφώδεις εξάρσεις και τους ορεινούς όγκους εμφανίζονται σχηματισμοί του υποβάθρου, (κυρίως αμεταμόρφωτοι) που γεωτεκτονικά ανήκουν στις ζώνες Πίνδου, Παρνασσού – Γκιώνας, Βοιωτικής, Υποπελαγονικής.

Γεωλογικά, η Εύβοια αποτελεί συνέχεια της Αττικής. Το έδαφός της αποτελείται κυρίως από σχιστόλιθους, ενώ παρουσιάζει πολλές γεωλογικές διαπλάσεις. Έντονη πάντως φαίνεται να υπήρξε και η ηφαιστειακή δράση κατά τη διάρκεια της τεταρτογενούς περιόδου του καινοζωϊκού αιώνα, όπου και αποσχίστηκε από την ηπειρωτική χώρα.

Η γεωλογική δομή της Εύβοιας χαρακτηρίζεται από διαδοχικές μειοκαινικές λεκάνες που διακρίνονται από τα πετρώματα του γεωλογικού υποβάθρου τα οποία εμφανίζονται στις παρυφές τους. Συνολικά η γεωλογική δομή του νησιού είναι ιδιαίτερα περίπλοκη με εμφανίσεις κάθε μορφής γεωλογικού σχηματισμού και οφιολιθικά καλύμματα κύρια στα κεντρικά και βόρεια.

Στην περιοχή παρατηρείται επίσης πλήθος ρηγμάτων σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης, τα οποία διασταυρώνονται μεταξύ τους σε πολλές περιπτώσεις. Τα ρήγματα είναι διαρρήξεις

των πετρωμάτων που συνοδεύονται από μετακίνηση των τεμαχών εκατέρωθεν των διαρρήξεων. Η επιφανειακή εξάπλωση ενός ρήγματος ποικίλει και μπορεί να έχει μήκος από μόλις μερικά εκατοστά μέχρι και εκατοντάδες χιλιόμετρα. Ανάλογα με τη θέση τους ως προς το υδρογραφικό δίκτυο και την πιθανή τομή του υπόγειου ταμιευτήρα, ενδέχεται να ευνοούν ή να αποτρέπουν την κίνηση του υπόγειου ή του επιφανειακού νερού (Κόκκινου, 2015). Παρακάτω ακολουθεί ο λιθολογικός χάρτης που κατασκευάστηκε για τη περιοχή μελέτης.



Χάρτης 7: Χάρτης λιθολογίας της περιοχής μελέτης

4.3.2 Επαναταξινόμηση κριτηρίων σε μία ενιαία κλίμακα ταξινόμησης

Για να είναι δυνατή η σύγκριση των θεματικών επιπέδων και η υπέρθεσή τους, είναι απαραίτητο τα δεδομένα να βρίσκονται στην ίδια κλίμακα ταξινόμησης βάσει του παράγοντα του κινδύνου. Με αυτόν τον τρόπο, εκτιμάται ποσοτικά ο βαθμός συμβολής της κάθε συνιστώσας στην

επιδεκτικότητα εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων, παρέχοντας πληροφορίες για τη χωρική διακύμανση της έντασης ενός κινδύνου από μια θέση σε μια άλλη.

Επιπλέον, για τη χαρτογραφική αποτύπωση του δείκτη πλημμυρικής επικινδυνότητας, σχεδιάστηκε μια κλίμακα από το 1-5, στην προσπάθεια να καταστεί ο δείκτης αυτός απλός, περιεκτικός αλλά και εύκολος στην κατανόηση. Πιο αναλυτικά, η κλίμακα που εφαρμόζεται στην συνέχεια, είναι τακτική με πέντε διακριτές κατηγορίες επικινδυνότητας σε πλημμύρα (1 = πολύ χαμηλή, 2 = χαμηλή, 3 = μέτρια, 4 = υψηλή και 5 = πολύ υψηλή).

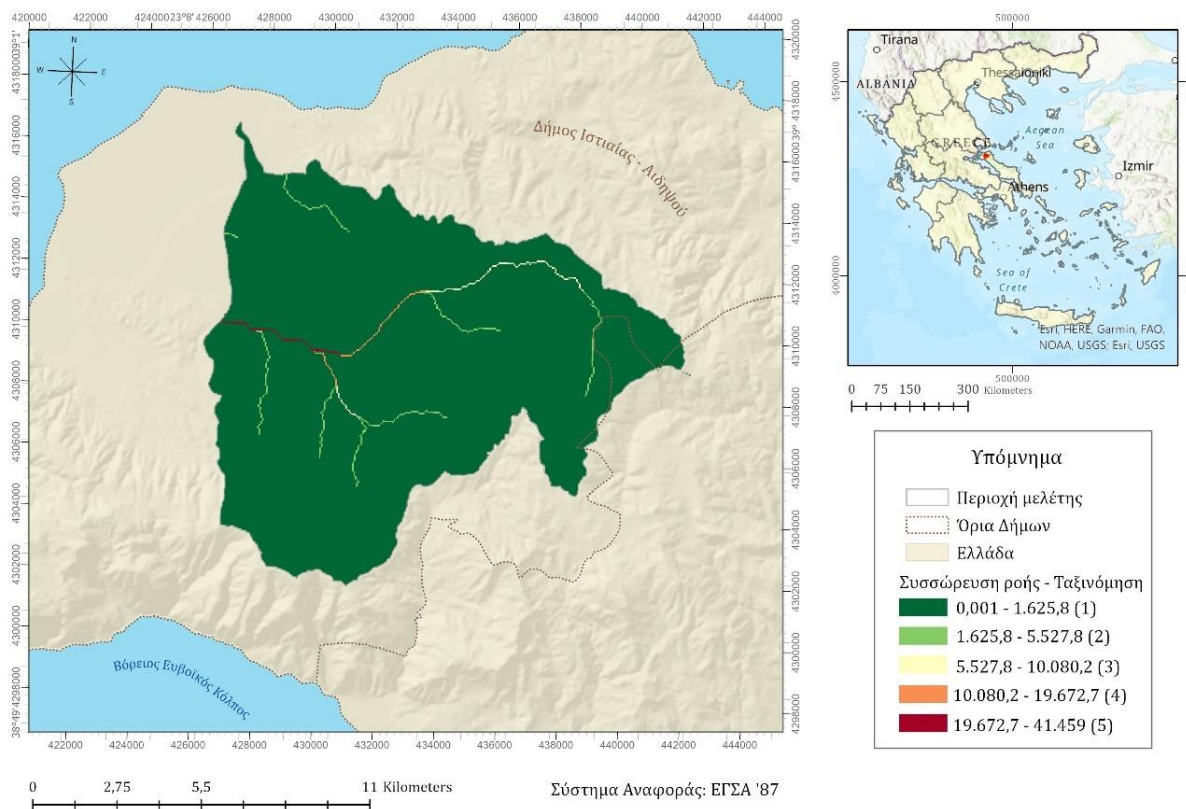
Σημειώνεται ότι στην κλίμακα των επαναταξινομημένων παραγόντων χρησιμοποιήθηκε η ίδια αντιπροσωπευτική χρωματική κλίμακα, κατά την οποία το πράσινο χρώμα αντιστοιχεί στην κατηγορία 1 της ελάχιστης επικινδυνότητας, το κίτρινο στην κατηγορία 3 της μέτριας και το κόκκινο στην κατηγορία 5 της μέγιστης επικινδυνότητας. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι ευκολότερος ο συσχετισμός των περιοχών ως προς την επιδεκτικότητα της εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων για τους 6 διαφορετικούς παράγοντες.

Σε αυτό το στάδιο, γίνεται υπέρθεση των επαναταξινομημένων θεματικών χαρτών των παραμέτρων με διαφορετικά βάρη σε περιβάλλον GIS. Να αναφερθεί ότι τα δεδομένα των παραμέτρων διανυσματικής μορφής, όπως είναι της λιθολογίας και κάλυψης γης, για τις ανάγκες της εργασίας και την υπέρθεση των θεματικών επιπέδων των 6 παραμέτρων, μετασχηματίζονται σε ψηφιδωτή μορφή (με μέγεθος κελιού τα 50 μέτρα) για την μετέπειτα σύνθεσή τους.

Α). Ταξινόμηση παράμετρου συσσώρευσης ροής

Η παράμετρος συσσώρευσης τοής ταξινομήθηκε σε 5 κατηγορίες επιδεκτικότητας ως προς την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Πιο συγκεκριμένα, στον Χάρτη 8, οι περιοχές που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο βαθμό επιδεκτικότητας και συνεπώς εμφανίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο σε περίπτωση εκδήλωσης ενός πλημμυρικού φαινομένου, είναι αυτές κατά μήκος των κεντρικών κλάδων του υδρογραφικού δικτύου στο δυτικότερο τμήμα της λεκάνης απορροής. Αντίθετα, οι περιοχές κατά μήκος των κορυφογραμμών, εμφανίζουν πολύ μικρό βαθμό επιδεκτικότητας, καθώς, η συσσώρευση ροής είναι μηδενική. Γενικότερα, όσο πιο μεγάλη είναι

η συσσώρευση ροής που εμφανίζει μια περιοχή, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός πλημμυρικής επιδεκτικότητας της.



Χάρτης 8: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου συσσώρευσης ροής

ΚΛΑΣΕΙΣ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ	ΕΚΤΑΣΗ %
0,001 - 1.625,8	1	128,18 km ²	98,6
1.625,8 – 5.527,8	2	1,05 km ²	0,81
5.527,8 – 10.080,2	3	0,32 km ²	0,25
10.080,2 – 19.672,7	4	0,21 km ²	0,16
19.672,7 – 41.459	5	0,19 km ²	0,15

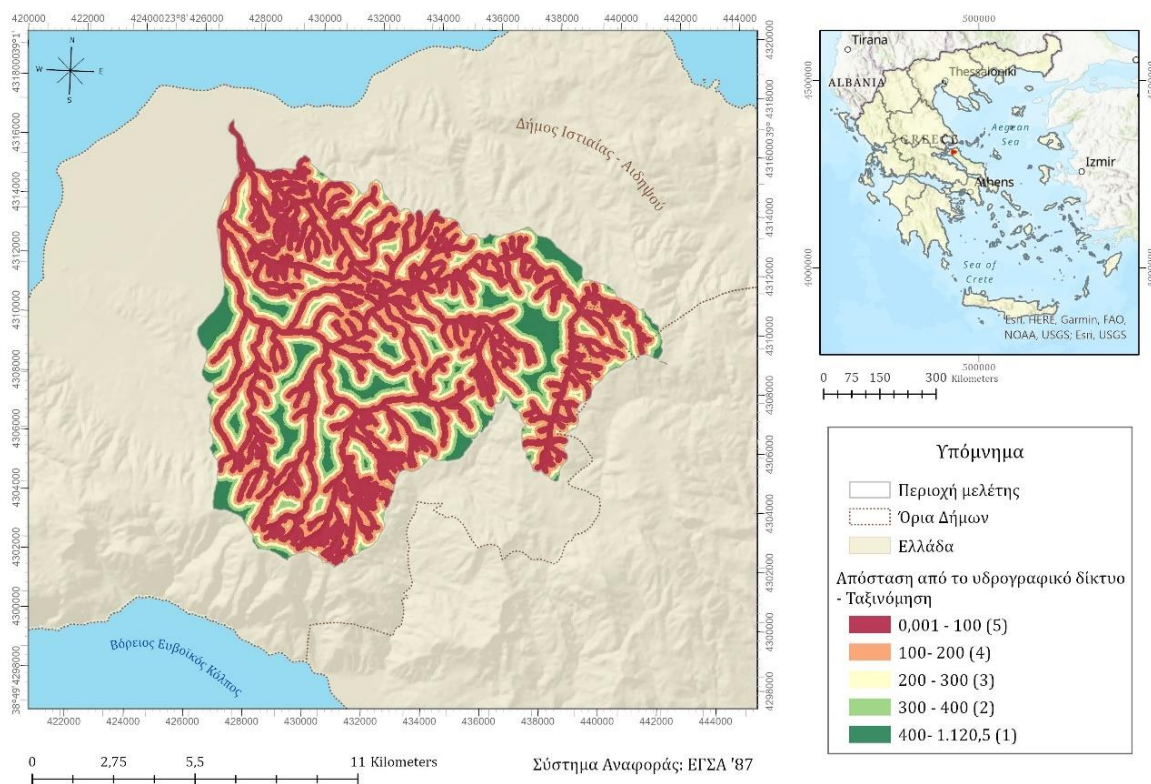
Πίνακας 2: Επαναταξινόμηση παραμέτρου συσσώρευσης ροής

Β). Ταξινόμηση παραμέτρου απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο

Η ταξινόμηση της παραμέτρου της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης, έγινε σε 5 κατηγορίες:

- 0 – 100 m
- 100 – 200 m
- 200 – 300 m
- 300 - 400 m
- 400 – 1.120,5 m

Ο βαθμός επικινδυνότητας μειώνεται, όσο αυξάνεται η απόσταση από αυτή. Περιοχές κοντά στο δίκτυο ποταμών (100 και 200 m) παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο πλημμύρας με συνολική έκταση το 72,2% της λεκάνης απορροής, ενώ η επίδραση αυτής της παραμέτρου μειώνεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις.



Χάρτης 9: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο

ΚΛΑΣΕΙΣ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ %
0,001- 100	5	59,02 km ²	45,4
100 - 200	4	34,83 km ²	26,79
200 - 300	3	17,49 km ²	13,46
300 - 400	2	9,6 km ²	7,39
400 – 1.120,5	1	9,04 km ²	6,96

Πίνακας 3: Επαναταξινόμηση παραμέτρου απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο

Γ). Ταξινόμηση παράμετρου υψομέτρου εδάφους

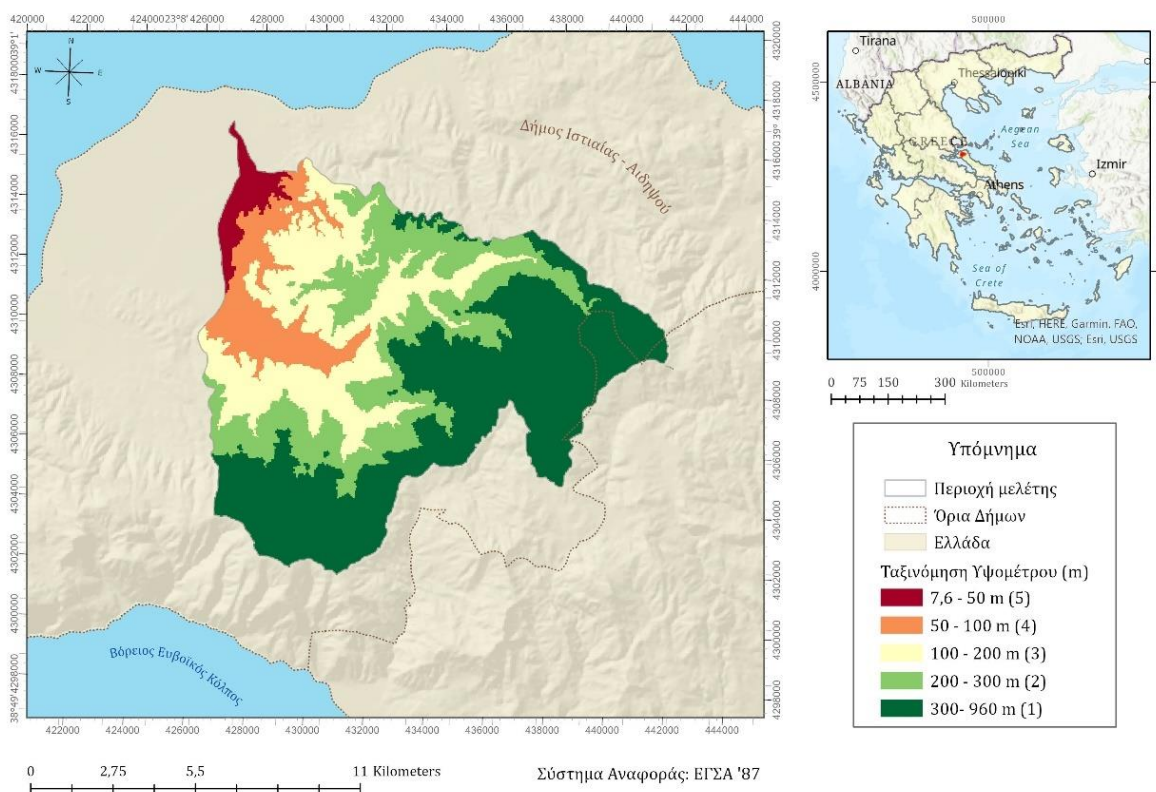
Με βάση το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους ή DEM (Digital Elevation Model) της περιοχής και τη συνεκτίμηση της διακύμανσης των τιμών του υψομέτρου στην εξεταζόμενη περιοχή καθώς και τη σχετική βιβλιογραφία, κρίθηκε απαραίτητη η αξιολόγηση της υψομετρικής διακύμανσης σε πέντε υψομετρικές ζώνες. Τα όρια των κλάσεων προσαρμόζονται ανάλογα με την πυκνότητα και τη διακύμανση του πλήθους των διαφόρων τιμών και τοποθετούνται εκεί, όπου υπάρχουν σχετικά μεγάλες διαφορές στις τιμές των δεδομένων (Χαλκιάς, 2015).

Οι υψομετρικές ζώνες μετά τη διαδικασία επαναταξινόμησης κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε κατηγορίες βάσει της επιδεκτικότητας ως προς την εκδήλωση πλημμύρας:

- 0 – 50 m
- 50 – 100 m
- 100 - 200 m
- 200 - 300 m
- 300 - 960 m

Το αποτέλεσμα που προκύπτει αποδεικνύει ότι, όσο πιο μικρά είναι τα υψόμετρα που επικρατούν, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος να εμφανιστεί ένα πλημμυρικό φαινόμενο σε σχέση με τις ημιορεινές και ορεινές περιοχές. Το πλημμυρικό φορτίο, αντλεί την δυναμική του στα πιο υψηλά υψόμετρα και εν συνεχεία εκτονώνεται στα χαμηλότερα υψόμετρα. Επομένως, η διακύμανση των τιμών του υψομέτρου στα πιο χαμηλά υψόμετρα, υποδηλώνει πολύ υψηλό

κίνδυνο εμφάνισης ενός πλημμυρικού συμβάντος. Σύμφωνα με τον Χάρτη 10, μόνο το 13% της περιοχής μελέτης βρίσκεται σε υψηλή και πολύ υψηλή επικινδυνότητα πλημμυρικού κινδύνου, στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της. Ενώ αντίθετα, το 65,6% της έκτασης της λεκάνης απορροής παρουσιάζει χαμηλή /πολύ χαμηλή επιδεκτικότητα.



Χάρτης 10: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου υψομέτρου

ΚΛΑΣΕΙΣ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ %
<50	5	3,97 km ²	3,06
50 – 100	4	12,38 km ²	9,53
100 - 200	3	28,23 km ²	21,72
200 - 300	2	30,7 km ²	23,6
300 - 960	1	54,67 km ²	42,06

Πίνακας 4 : Επαναταξινόμηση παραμέτρου υψομέτρου εδάφους

Δ). Ταξινόμηση παράμετρου μορφολογικής κλίσης

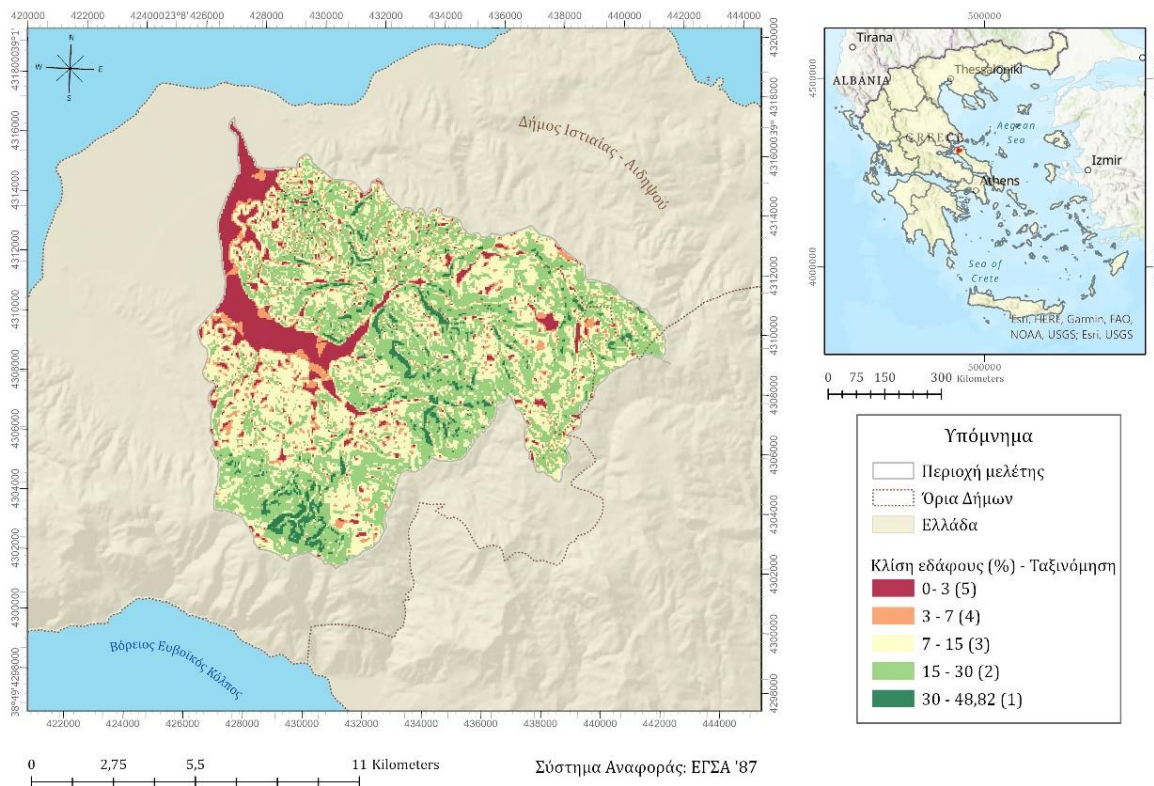
Η επεξεργασία και επαναταξινόμηση της παραμέτρου των μορφολογικών κλίσεων έγινε σε πέντε κατηγορίες. Οι πέντε αυτές κατηγορίες των κλίσεων του ανάγλυφου, περιγράφουν αντίστοιχα πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας βάσει βιβλιογραφίας με κριτήριο την ευνοϊκότητα αυτών ως προς την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων.

Πιο αναλυτικά, όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση του εδάφους, τόσο πιο απότομο είναι το ανάγλυφο, άρα το νερό αποστραγγίζεται ταχύτερα, δεν επιτρέπει τη συσσώρευση του και συνεπώς την εμφάνιση πλημμύρας. Το αντίστροφο συμβαίνει στις περιοχές όπου κυριαρχεί ανάγλυφο με μικρές κλίσεις(πεδινές περιοχές), παρατηρείται αυξημένη συσσώρευση ροής καθιστώντας τις περιοχές αυτές ιδιαίτερα ευάλωτες στην εμφάνιση πλημμύρας (Ouma & Tateishi, 2014). Στον χάρτη που ακολουθεί εμφανίζονται οι κατηγορίες, όπως αυτές διαμορφώθηκαν.

Από την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν, συνεκτιμώντας παράλληλα και σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές για ανάλογες περιπτώσεις, η διακύμανση των τιμών των κλίσεων διαμορφώνεται σε πέντε κλάσεις. Οι κλάσεις που προέκυψαν είναι:

- < 3 %: Ελαφρώς κεκλιμένο επίπεδο (πλημμυρικά πεδία, επιφάνειες επιπέδωσης)
- 3 - 7 % : Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων, τεκτονικές αναβαθμίδες)
- 7 - 15 %: Απότομο ανάγλυφο
- 15 - 30 % : Απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων, μεσαίων όρεων)
- 30 - 48,8 % : Εξαιρετικά απόκρημνο ανάγλυφο

Σύμφωνα με τον χάρτη ταξινόμησης της παραμέτρου της κλίσης εδάφους, το 18% της έκτασης της λεκάνης παρουσιάζει υψηλό και πολύ υψηλό κίνδυνο εκδήλωσης πλημμύρας, συγκεκριμένα στις εκτάσεις των ποτάμιων αποθέσεων στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής, 77,8%, ταξινομείται σε μέτρια προς χαμηλή επικινδυνότητα πλημμυρικού κινδύνου.



Χάρτης 11: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου μορφολογικής κλίσης

ΚΛΑΣΕΙΣ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ %
< 3 %	5	12,54 km ²	9,65
3 - 7 %	4	10,87 km ²	8,36
7 - 15 %	3	49,9 km ²	38,4
15 - 30 %	2	51,3 km ²	39,46
30 - 48,82 %	1	5,35 km ²	4,12

Πίνακας 5: Επαναταξινόμηση παραμέτρου μορφολογικής κλίσης

Ε). Ταξινόμηση παραμέτρου καλύψεων γης

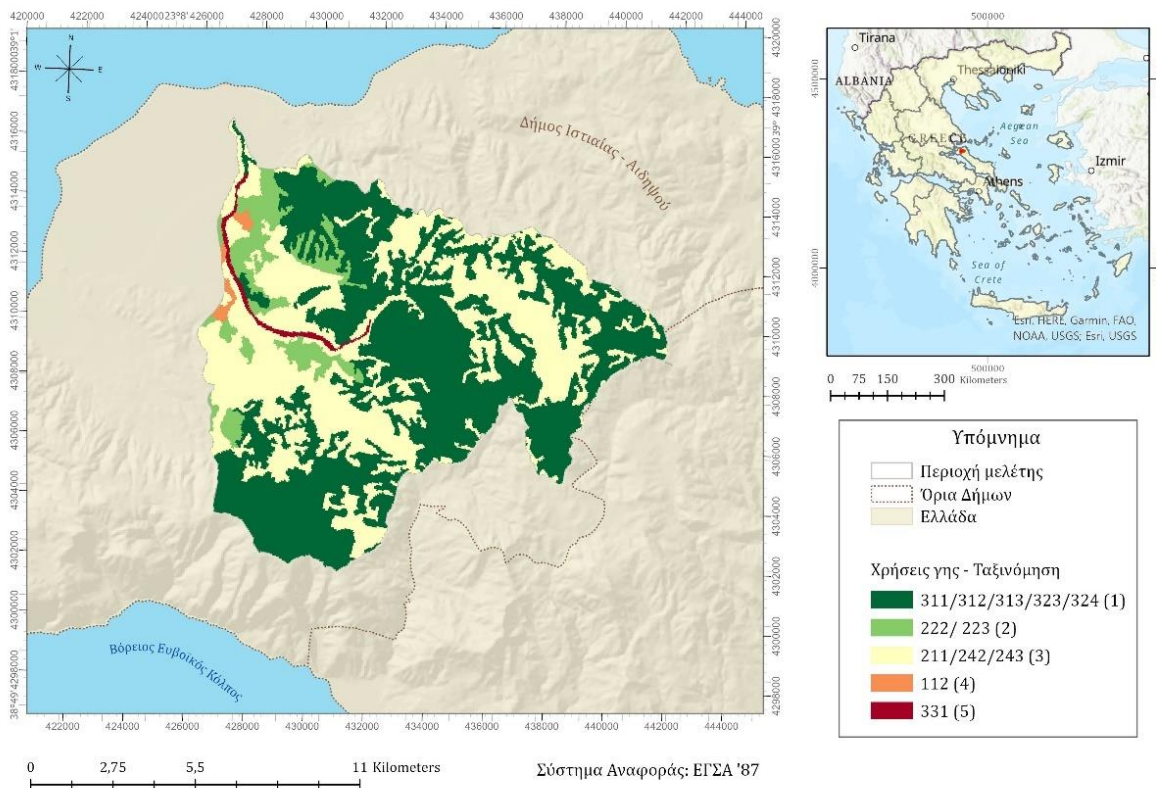
Η ομαδοποίηση των καλύψεων γης σχετίζεται κυρίως με το ρυθμό κατεΐσδυσης ως αποτέλεσμα της επίδρασης των επιφανειακών χαρακτηριστικών που τόσο στην υπόγεια όσο και την επιφανειακή απορροή, της κατεΐσδυσης των επιφανειακών υδάτων και της ροής ιζημάτων

(Patrikaki et al, 2018). Συνεπώς, όσο πιο «γυμνή» ή τεχνητή είναι μια επιφάνεια η διηθητικότητα του νερού μειώνεται, αφού δεν υπάρχει επαρκής βλάστηση να το απορροφήσει, καθιστώντας σύντομα το έδαφος κορεσμένο με αποτέλεσμα τα ύδατα να κινούνται επιφανειακά, αυξάνοντας τις πλημμυρικές παροχές σε περιπτώσεις ισχυρών βροχοπτώσεων. Αντιθέτως, οι δασώδεις περιοχές έχουν μέγιστο βαθμό διηθητικότητας, με το νερό να απορροφάται από τις ρίζες των δέντρων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι οι εκτάσεις μειωμένης επιδεκτικότητας, που αντιστοιχούν σε δασώσεις περιοχές και ελαιώνες, εντοπίζονται κυρίως σε παράκτιες περιοχές πέριξ του ορεινού όγκου του Σάος. Αντίθετα, οι αστικές περιοχές ανήκουν στη ζώνη υψηλής επιδεκτικότητας, λόγω των αδιαπέρατων επιφανειών από σκυρόδεμα, που επικρατούν στο αστικό περιβάλλον. Ακόμα, υψηλής επιδεκτικότητας είναι και οι περισσότερες ημιορεινές και ορεινές περιοχές, λόγω της ανεξέλεγκτης υπερβόσκησης και της αλόγιστης υλοτομίας, που έχουν συντελέσει στην υποβάθμιση τόσο των δασών όσο και των λιβαδιών και των βοσκοτόπων.

Σύμφωνα με το χαρτογραφικό υπόβαθρο χρήσεων/καλύψεων γης που αφορούν το έτος 2018, στην περιοχή μελέτης υπάρχουν 13 κατηγορίες χρήσεων γης. Ωστόσο, για να γίνει συσχέτιση τους με την πλημμυρική επιδεκτικότητα, βάση βιβλιογραφικών αναφορών, έγινε η ομαδοποίηση τους σε πέντε κλάσεις με βάση τη συμβολή της κάθε μιας κατηγορίας στην εμφάνιση πλημμυρικού κινδύνου (πολύ χαμηλή έως πολύ υψηλή επιδεκτικότητα). Οι 5 κατηγορίες με βάση την επιδεκτικότητα τους σε πλημμύρα, είναι οι εξής:

- Πολύ χαμηλή (1): Δάσος πλατύφυλλων, Δάσος κωνοφόρων, Μεικτό δάσος, Σκηροφυλλική βλάστηση, μεταβατική ζώνη δασικών-θαμνώδων εκτάσεων.
- Χαμηλή (2): Ελαιώνες, Οπωρώνες
- Μέτρια (3): Μη αρδευόμενη καλλιεργήσιμη γη, Σύνθετα συστήματα καλλιεργειών, Γη στην οποία κυριαρχεί η γεωργία με εκτάσεις φυσικής βλάστησης.
- Υψηλή (4): Ασυνεχής αστικός ιστός
- Πολύ υψηλή (5): Αιγιαλοί, αμμόλοφοι και πεδιάδες άμμου.



Χάρτης 12: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου κάλυψης γης

Καθώς η περιοχή καλύπτεται από εκτεταμένες δασικές εκτάσεις με έντονη φυτοκάλυψη και καλλιεργούμενες εκτάσεις, είναι αναμενόμενο να παρατηρείται υψηλό ποσοστό πολύ χαμηλής και μέτριας επικινδυνότητας, 52,46% και 39,08% αντίστοιχα, για τα τμήματα της περιοχής μελέτης.

ΚΛΑΣΕΙΣ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ	ΕΚΤΑΣΗ %
ΑΙΓΙΑΛΟΙ, ΑΜΜΟΛΟΦΟΙ ΚΑΙ ΠΕΔΙΑΔΕΣ ΑΜΜΟΥ	5	1,25 km ²	0,96
ΑΣΥΝΕΧΗΣ ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	4	0,76 km ²	0,59
ΜΗ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΗ ΓΗ, ΣΥΝΘΕΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ, ΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΚΥΡΙΑΡΧΕΙ Η ΓΕΩΡΓΙΑ ΜΕ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	3	50,8 km ²	39,08
ΕΛΑΙΩΝΕΣ, ΟΠΩΡΩΝΕΣ	2	8,95 km ²	6,89
ΔΑΣΟΣ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ, ΔΑΣΟΣ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ, ΜΕΙΚΤΟ ΔΑΣΟΣ, ΣΚΗΡΟΦΥΛΛΙΚΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ, ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ ΔΑΣΙΚΩΝ-ΘΑΜΝΩΔΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	1	68,2 km ²	52,46

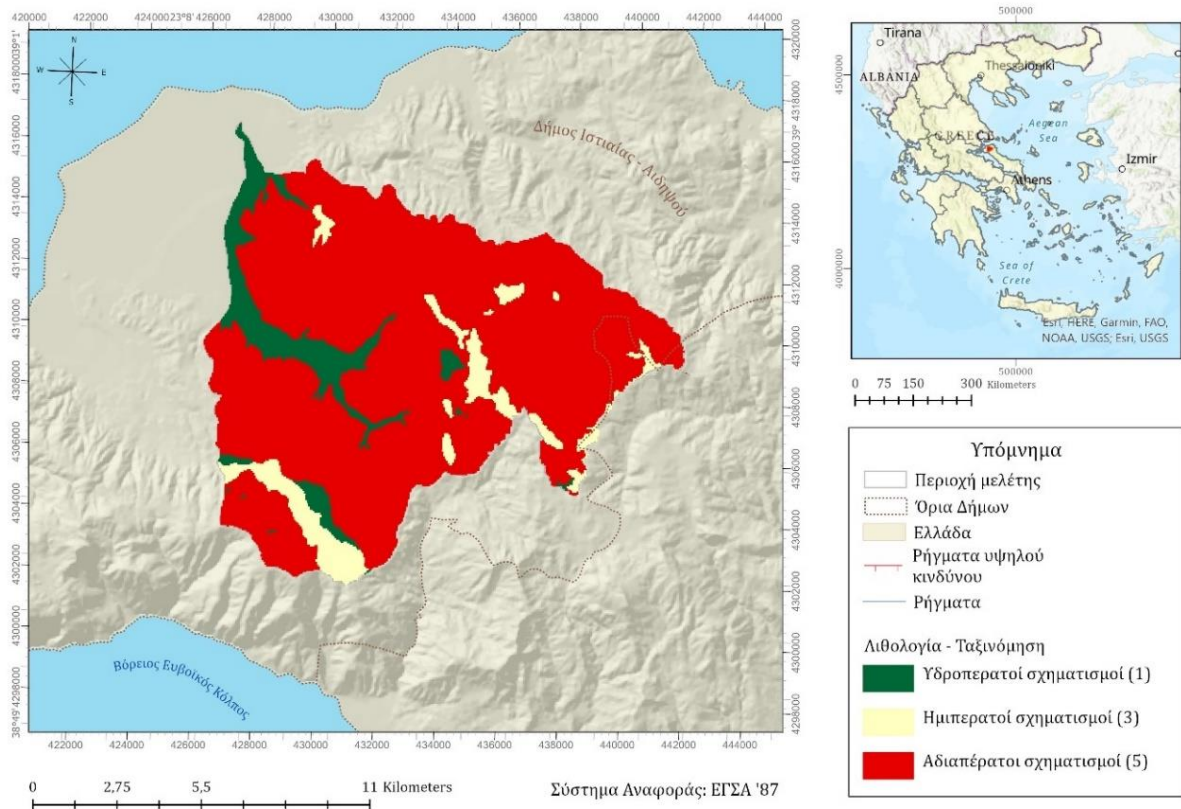
Πίνακας 6: Επαναταξινόμηση παραμέτρου κάλυψης γης

ΣΤ). Ταξινόμηση παραμέτρου υδρο-λιθολογίας

Η γεωλογία των επικίνδυνων περιοχών από πλημμύρες είναι ένα σημαντικό κριτήριο, διότι μπορεί να ενισχύσει/μετριάσει το μέγεθος των πλημμυρικών γεγονότων. Οι γεωολογικοί σχηματισμοί διακρίνονται από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σε ό,τι αφορά τη συμπεριφορά τους στο νερό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων(ποσοστό υδατοπερατότητας), ανάλογα με τη φύση και τη λιθολογική τους σύσταση. Σχετικά με την παράμετρο της υδροπερατότητας των λιθολογικών σχηματισμών, μετά την επαναταξινόμηση της λιθολογίας, προέκυψαν τρεις κατηγορίες βάσει επιδεκτικότητας ως προς την εκδήλωση πλημμύρας. Οι τρεις αυτές κατηγορίες περιγράφουν αντίστοιχα τα τρία διαφορετικά επίπεδα πλημμυρικής επικινδυνότητας. Βάσει σχετικών μελετών εκτίμησης του πλημμυρικού κινδύνου, οι κατηγορίες αυτές ομαδοποιήθηκαν σε τρεις κατηγορίες, με κριτήριο την υδροπερατότητα τους (διαπερατοί, ημιπερατοί ή αδιαπέρατοι), χαρακτηριστικό το οποίο επηρεάζει καθοριστικά την εκδήλωση ή μη πλημμυρικών φαινομένων. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι σχηματισμοί του Χάρτη 5, ομαδοποιήθηκαν ως εξής:

- Αδιαπέρατα πετρώματα: Μάργες, Τόφφοι
- Ημιπερατά πετρώματα: Κροκαλοπαγή, εναλλαγές στρωμάτων Γνεύσιων και Σχιστόλιθων και εναλλαγές στρωμάτων Σχιστόλιθων και Πυριτόλιθων
- Υδροπερατά πετρώματα: Αλλουβιακές αποθέσεις, εναλλαγές στρωμάτων Ασβεστόλιθων και Δολομίτων, Τραβερτίνης

Πιο συγκεκριμένα, τα αδιαπέρατα γεωλογικά στρώματα ανήκουν στην ζώνη της πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη έκταση και κατά κύριο λόγο είναι ορεινές ή ημιορεινές περιοχές. Τα ημιπερατά ανήκουν σε αυτή της ενδιάμεσης επικινδυνότητας. Τέλος, τα διαπερατά γεωλογικά στρώματα ανήκουν στην πολύ χαμηλή ζώνη πλημμυρικής επικινδυνότητας λόγω της υψηλότερης ικανότητας διείσδυσής του νερού και τη ροή των υπόγειων υδάτων, και εντοπίζονται περιορισμένα μεταξύ των παραπάνω σχηματισμών, έχοντας πολύ μικρή έκταση.



Χάρτης 13: Χάρτης ταξινόμησης παραμέτρου υδρολιθολογίας

ΚΛΑΣΕΙΣ	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ	ΕΚΤΑΣΗ %
ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	5	108,7 km ²	83,66
ΗΜΙΠΕΡΑΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	3	9,8 km ²	7,54
ΔΙΑΠΕΡΑΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	1	11,44 km ²	8,8

Πίνακας 7: Επαναταξινόμηση παραμέτρου υδρολιθολογίας

Το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης της λεκάνης απορροής καταλαμβάνεται περιοχές υψηλής επικινδυνότητας, με συνολική έκταση που αγγίζει τα 108,7 km², ή το 83,6% της συνολικής επιφάνειας της περιοχής μελέτης. Ωστόσο, τα κατάντη του υδρογραφικού δικτύου όπου οι πλημμύρες εμφανίζονται συχνότερα και με μεγαλύτερη ένταση εμφανίζουν πολύ χαμηλή επικινδυνότητα ως προς τον παράγοντα της γεωλογίας, καθώς καταλαμβάνονται από διαπερατές αλλουβιακές χαλαρές ποταμοχειμάρειες αποθέσεις.

4.3.3 Διαδικασία αναλυτικής ιεράρχησης

Α. Δημιουργία πίνακα σύγκρισης ανά ζεύγη – Απόδοση συγκριτικής σημαντικότητας ανά ζεύγη (Pairwise comparison matrix)

Εκτός από την απλή αθροιστική υπέρθεση που προηγήθηκε για τον προσδιορισμό της πλημμυρικής επιδεκτικότητας των περιοχών, θεωρήθηκε απαραίτητο να πραγματοποιηθεί και σταθμισμένη αθροιστική υπέρθεση με τη χρήση βαρών. Οι συντελεστές βαρύτητας, προσδιορίζουν τη σχετική σπουδαιότητα κάθε παράγοντα σε σχέση με το βαθμό συνεισφοράς στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Τα βάρη (W) που ορίσθηκαν προήλθαν με την εφαρμογή της Μεθόδου Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP).

Η Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιήθηκε για την στάθμιση των μεταβλητών και των κριτηρίων. Σε πρώτη φάση πραγματοποιήθηκαν οι συγκρίσεις ανά ζεύγη μεταξύ των έξι μεταβλητών που επηρεάζουν την πλημμυρική επιδεκτικότητα και στην συνέχεια προέκυψαν οι συντελεστές βαρύτητας για κάθε μια από αυτές. Επιπλέον, οι συντελεστές βαρύτητας των μεταβλητών που θα προκύψουν, πρέπει να έχουν ως άθροισμα την μονάδα. Οι συγκρίσεις ανά ζεύγη βασίζονται στην θεμελιώδη κλίμακα σύγκρισης (Πίνακας 8) η οποία είναι μία τακτική αριθμητική κλίμακα από 1-9.

ΛΕΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ
ΑΠΟΛΥΤΑ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	9
ΙΣΧΥΡΑ - ΑΠΟΛΥΤΑ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	8
ΙΣΧΥΡΑ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	7
ΜΕΤΡΙΑ - ΙΣΧΥΡΑ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	6
ΜΕΤΡΙΑ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	5
ΕΛΑΦΡΑ - ΜΕΤΡΙΑ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	4
ΕΛΑΦΡΑ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	3
ΕΞ' ΙΣΟΥ - ΕΛΑΦΡΑ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	2
ΕΞ' ΙΣΟΥ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟ	1

Πίνακας 8: Βαθμοί σημαντικότητας βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι συγκρίσεις μεταξύ των έξι παραμέτρων

Ακολουθεί η παρουσίαση σε πίνακα των συγκρίσεων που έλαβαν χώρα, βασιζόμενοι κυρίως στη βιβλιογραφία αλλά και στην υποκειμενική άποψη του ερευνητή.

	ΚΛΙΣΗ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ	ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΡΟΗΣ	ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΚΑΛΥΨΗ ΓΗΣ
ΚΛΙΣΗ	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	5,00
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ	0,50	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00
ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΡΟΗΣ	0,33	0,50	0,50	1,00	3,00	3,00
ΥΔΡΟ- ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	0,25	0,33	0,33	0,33	1,00	3,00
ΚΑΛΥΨΗ ΓΗΣ	0,20	0,25	0,25	0,33	0,33	1,00

Πίνακας 9: Δυαδικές συγκρίσεις σύμφωνα με τη μέθοδο της Αναλυτικής Ιεράρχησης

Οι ανά ζεύγη συγκρίσεις που προηγήθηκαν είχαν ως αποτέλεσμα την απόδοση συντελεστών βαρύτητας σε κάθε μεταβλητή. Το σκεπτικό των ανά ζεύγη συγκρίσεων και συνεπώς της απόδοσης βαρών, βασίστηκε στην εκτίμηση της σπουδαιότητας του κάθε παράγοντα έναντι των άλλων ως προς την εκδήλωση ενός πλημμυρικού φαινομένου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συντελεστές βαρύτητας που προέκυψαν για κάθε μεταβλητή με τους οποίους θα συμμετέχουν στην σταθμισμένη υπέρθεσή τους (Πίνακας 10). Οι τιμές τους έχουν στρογγυλοποιηθεί σε τρία δεκαδικά ψηφία ώστε το άθροισμα τους να ισούται με την μονάδα.

Β. Απόδοση συντελεστών βαρύτητας στις παραμέτρους

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Σ.Β.
ΚΛΙΣΗ	0,333
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,228
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ	0,182
ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΡΟΗΣ	0,131
ΥΔΡΟ-ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	0,079
ΚΑΛΥΨΗ ΓΗΣ	0,047

Πίνακας 10: Συντελεστές βαρύτητας των 6 παραμέτρων

Σημαντικότερη παράμετρος θεωρήθηκε η μορφολογική κλίση (με Σ.Β.=0,333), καθώς θεωρήθηκε ότι η κατανομή μικρών και μεγάλων κλίσεων έχει σημαντικό αντίκτυπο στην επιφανειακή απορροή και διείσδυση των κατακρημνισμάτων και άρα στην πιθανότητα εκδήλωσης πλημμύρας. Δεύτερη σε σημαντικότητα έρχεται το κριτήριο του υψομέτρου (με Σ.Β.=0,228), διότι σαν μεταβλητή είναι σημαντικός παράγοντας για την επιδεκτικότητα και τις συνέπειες μίας πλημμύρας. Στη συνέχεια ακολουθούν, η απόσταση από το υδρογραφικό (με Σ.Β.=0,182), η συσσώρευση ροής (με Σ.Β.=0,131) και η υδρολιθολογία (με Σ.Β.=0,079). Τέλος, τη μικρότερη επίδραση φαίνεται να έχει η παράμετρος κάλυψης γης (με Σ.Β.=0,047).

4.3.4 Έλεγχος συνέπειας

Μετά τη δημιουργία του πίνακα συγκρίσεων ανά ζεύγη σύμφωνα με την ΑΗΡ, σημαντικός είναι και ο έλεγχος στην συνέπεια των συντελεστών βαρύτητας για τον εντοπισμό λογικών λαθών και την διεξαγωγή διορθώσεων στον πίνακα συγκρίσεων όταν οι μεταβλητές ή τα κριτήρια είναι πάνω από δύο, σε αριθμό. Η συνέπεια ελέγχεται με τον υπολογισμό του λόγου συνέπειας (CR) και είναι αποδεκτή όταν $CR \leq 0,10$ (Χαλκιάς, 2015), χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$CR = CI / RI$$

Όπου,

CR η αναλογία συνέπειας

CI ο δείκτης συνέπειας

RI ο τυχαίος δείκτης

Ο τυχαίος δείκτης RI παίρνει μία συγκεκριμένη τιμή, ανάλογα με τον αριθμό των εξεταζόμενων παραμέτρων. Εν προκειμένω, οι παράμετροι είναι έξι, συνεπώς $RI = 1,21$. Ο δείκτης λόγου συνέπειας υπολογίζεται με το λ_{max} που αποτελεί τη μέγιστη τιμή του πίνακα των συγκρίσεων και n το πλήθος των παραμέτρων.

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Το λ_{max} υπολογίστηκε 6,24, ενώ το n είναι ίσο με 6. Συνεπώς, ο λόγος συνέπειας είναι $CI = 0,01$, οπότε συμπεραίνεται ότι η απόδοση των βαρών είναι συνεπής.

Επιπλέον, παρατίθεται και η τιμή του λόγου συνέπειας, βασική προϋπόθεση για την ορθότητα των βαρών, ο οποίος στη παρούσα περίπτωση είναι $0,04 < 0,1$, γεγονός που επιβεβαιώνει τη συνέπεια των αποτελεσμάτων και τα καθιστά αποδεκτά.

4.3.5 Σύνθεση κριτηρίων

Αφού ολοκληρωθεί η ταξινόμηση των παραμέτρων και η απόδοση συντελεστών βαρύτητας, ακολουθεί η σταθμισμένη χαρτογραφική υπέρθεση τους. Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η σύνθεση και η σύγκριση των δεδομένων/μεταβλητών. Προσδιορίζονται οι συντελεστές βαρύτητας της κάθε μεταβλητής (εφόσον αυτοί υπάρχουν), και γίνεται η άθροιση των μεταβλητών. Το στάδιο αυτό αποτελεί καθοριστικό σταθμό για την ανάδειξη αποτελεσμάτων. Ο υπολογισμός του Δείκτη Πλημμυρικής Επικινδυνότητας, υπολογίζεται (μέσω του εργαλείου “Raster Calculator” της επέκτασης “Spatial Analyst”), από τον παρακάτω τύπο:

$$FHI = (S \times W_S) + (E \times W_E) + (D \times W_D) + (F \times W_F) + (G \times W_G) + (U \times W_U)$$

Όπου,

r_i = η βαθμονόμηση των παραμέτρων σε κάθε σημείο/κελί

w_i = το βάρος της κάθε παραμέτρου

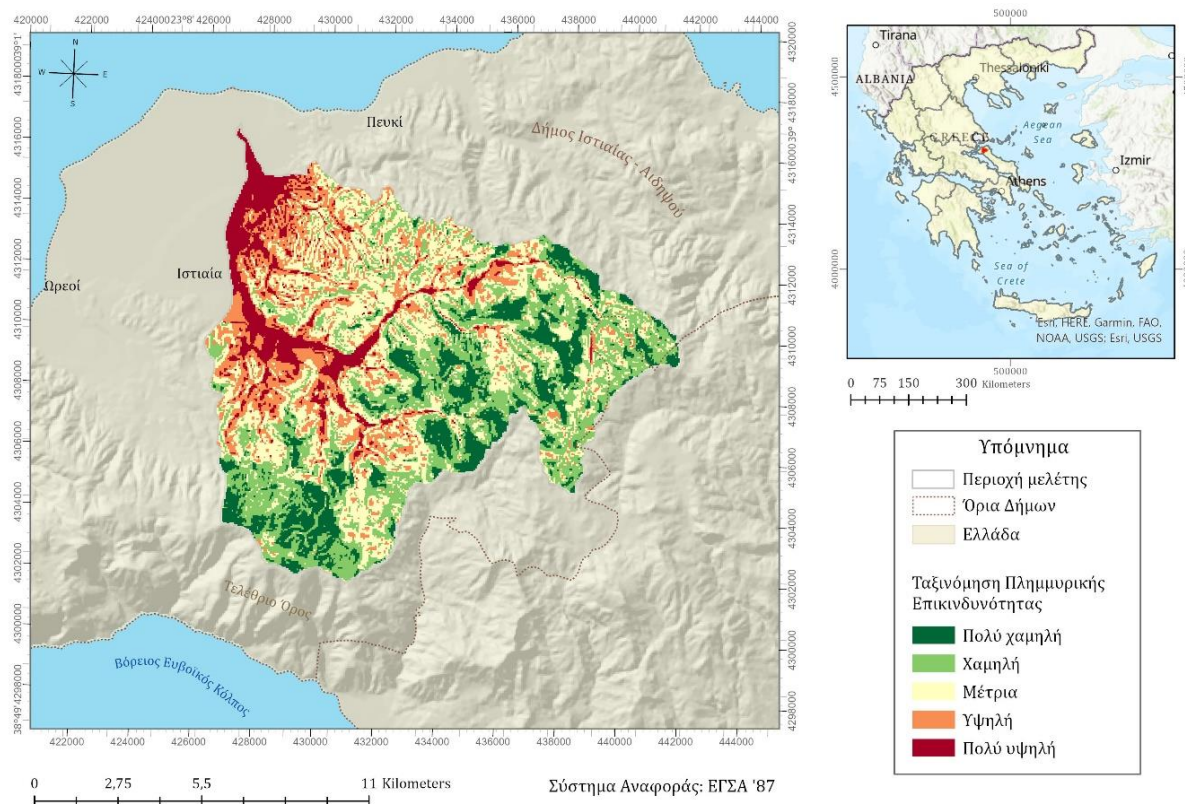
n = το πλήθος των παραμέτρων

Πριν το τελικό αποτέλεσμα, πραγματοποιείται επαναταξινόμηση του τελικού χάρτη σε τακτική κλίμακα, το οποίο αποδίδεται με τη μορφή θεματικού χάρτη πέντε κατηγοριών. Οι βαθμίδες που χρησιμοποιήθηκαν για την επιδεκτικότητα είναι οι εξής: πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή.

Κεφάλαιο 5^ο: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας

5.1 Δείκτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας (Flood Hazard Index - FHI)

Στον σχετικό χάρτη που προέκυψε παρακάτω, αποτυπώνεται η κατανομή των περιοχών βάσει των πέντε κατηγοριών επιδεκτικότητας έναντι του κινδύνου πλημμύρας. Για το εκάστοτε επίπεδο επιδεκτικότητας, τα αποτελέσματα είναι ευκρινή ώστε να μπορούν να αναλυθούν και να ερμηνευθούν.



Χάρτης 14: Δείκτης Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ένα σημαντικό ποσοστό της περιοχής, χαρακτηρίζεται από μεγάλη επιδεκτικότητα (υψηλή ή πολύ υψηλή) που καλύπτει το 27,55% της συνολικής έκτασής της. Εντοπίζεται κυρίως στα δυτικά και κεντρικά τμήματα της περιοχής, που είναι πεδινές με χαμηλότερες κλίσεις και υψόμετρο ή περιοχές όπου συναντάται συνεχής αστικός ιστός, καθώς και σε περιοχές που βρίσκονται κοντά στις κοίτες και τις εκβολές των ρεμάτων. Σχετικά με το

βαθμό της μέτριας επιδεκτικότητας, συγκεντρώνει έκταση που αγγίζει το 30,2% της συνολικής έκτασης της λεκάνης και κατανέμεται διάσπαρτα σε όλη την έκταση του. Σε αυτές τις περιοχές, συναντάται μικρότερου μεγέθους συσσώρευση ροής ενώ το υψόμετρο και οι κλίσεις μεγαλώνουν, με αποτέλεσμα να έχουμε μικρότερη πλημμυρική επιδεκτικότητα. Τέλος, η μικρού βαθμού επιδεκτικότητα (χαμηλή ή πολύ χαμηλή) καλύπτει το 42,2 % της έκτασης της περιοχής, και εντοπίζεται στα ορεινότερα τμήματα, όπου συνδυαστικά τα δεδομένα που μελετήθηκαν συγκεντρώνουν χαμηλές τιμές.

ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΈΚΤΑΣΗ	ΈΚΤΑΣΗ %
ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	18,32 km ²	14,09
ΧΑΜΗΛΗ	36,6 km ²	28,15
ΜΕΤΡΙΑ	39,26 km ²	30,2
ΥΨΗΛΗ	23,67 km ²	18,21
ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ	12,14 km ²	9,34

Πίνακας 11: Εκτάσεις ανά ζώνη επικινδυνότητας

Τα παραπάνω αποτελέσματα, δείχνουν σαφώς μια σημαντική εικόνα της πλημμυρικής επιδεκτικότητας. Για την επικύρωση του μοντέλου, θα γίνει συσχέτιση του παραγόμενου χάρτη επικινδυνότητας με δεδομένα που σχετίζονται με παλαιότερα πλημμυρικά γεγονότα και Ζώνες πλημμυρικού κινδύνου, δεδομένα που παρέχονται από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων.

Ο βαθμός πλημμυρικής επιδεκτικότητας, είναι αυτός που απειλεί σε μικρό ή μεγάλο βαθμό το ανθρωπογενές στοιχείο με την εκδήλωση μιας πιθανής πλημμύρας ως ακραίο φυσικό φαινόμενο. Για μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση επομένως, θα γίνει μια προσπάθεια αξιολόγησης της πλημμυρικής επιδεκτικότητας των οικιστικών περιοχών και του οδικού δικτύου.

Τέλος, θα γίνει συσχέτιση του παραγόμενου χάρτη πλημμυρικής επιδεκτικότητας με τα πραγματικά δεδομένα επί του παρόντος, ύστερα από τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2021 στην περιοχή μελέτης και την ευρύτερη Βόρεια Εύβοια. Καθώς, η πυρκαγιά έχει καταστρέψει το έδαφος, το τοπίο και έχει τροποποιήσει σε τεράστιο βαθμό τόσο τις καλύψεις γης που υπήρχαν πριν από αυτή. Οι εκτεταμένες δασικές εκτάσεις και τα συστήματα καλλιεργήσιμων εκτάσεων πλέον δεν υπάρχουν σε συντριπτικό βαθμό και συνεπώς και οι διεργασίες που επικρατούσαν ως

προς τους μηχανισμούς της επιφανειακής απορροής και κατείσδυσης του νερού προς το υπέδαφος έχουν μεταβληθεί απόλυτα.

5.2 Επικύρωση και συσχέτιση του Δείκτη Επικινδυνότητας με ιστορικό παλαιότερων πλημμύρων και Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου (Ζ.Δ.Υ.Κ.)

5.2.1 Ιστορικό πλημμυρικών γεγονότων

Στο τελευταίο βήμα για την αποτίμηση της επιδεκτικότητας έναντι του κινδύνου πλημμύρας, είναι η πιστοποίηση του μοντέλου και του δείκτη που χρησιμοποιήθηκε κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας. Η πιστοποίηση, αφορά τη συγκριτική αξιολόγηση των παραγόμενων αποτελεσμάτων του μοντέλου με δεδομένα πραγματικής κατάστασης.

Σύμφωνα με την Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΥΠΕΝ-ΕΓΥ, 2012) στο Υ.Δ. Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, έχουν λάβει χώρα εκατόν ογδόντα ένα (181) ιστορικά πλημμυρικά γεγονότα εκ των οποίων τα σαράντα (40) χαρακτηρίστηκαν ως σημαντικά πλημμυρικά γεγονότα δηλαδή ποσοστό 22%, για το χρονικό διάστημα 1939-2016. Το μεγαλύτερο πλήθος των ιστορικών πλημμυρών σημειώθηκαν κατά την περίοδο 2001 έως σήμερα με εκατόν εφτά (107) ιστορικά γεγονότα (59,12% επί του συνόλου) εκ των οποίων τα είκοσι οχτώ (28) χαρακτηρίστηκαν ως σημαντικά. Από το 1981 έως το 2000 έχουν καταγραφεί εξήντα έξι (66) ιστορικά γεγονότα (36,46% επί του συνόλου) και οχτώ (8) από αυτά χαρακτηρίστηκαν σημαντικά. Επίσης, κατά την περίοδο 1960-1980 σημειώθηκαν επτά (7) πλημμυρικά γεγονότα (3,87% επί του συνόλου) με τα τέσσερα (4) να αποτελούν σημαντικά πλημμυρικά γεγονότα και τέλος το 1939 καταγράφηκε ένα (0,55% επί του συνόλου) πλημμυρικό γεγονός το οποίο δεν χαρακτηρίζεται ως σημαντικό.

Στην παρούσα μελέτη, έγινε σύγκριση των παραγόμενων αποτελεσμάτων με τους χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας που έχει καταρτίσει η Ειδική Γραμματεία Υδάτων για την περιοχή μελέτης (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2019).

5.2.2 Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Ζ.Δ.Υ.Κ.Π.)

Οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Ζ.Δ.Υ.Κ.Π.) ορίστηκαν στην Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΥΠΕΝ-ΕΓΥ, 2012), συνδυάζοντας τα αποτελέσματα από τον προσδιορισμό των περιοχών όπου είναι πιθανόν να

σημειωθεί πλημμύρα και των περιοχών με δυνητικά σημαντικές συνέπειες από μελλοντικές πλημμύρες, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τις αναφορές των περιφερειακών φορέων και τις σημαντικές ιστορικές πλημμύρες. Ως περιοχές όπου είναι πιθανόν να σημειωθεί πλημμύρα ορίστηκαν αυτές που ικανοποιούν έναν τουλάχιστον από τους δύο παρακάτω περιορισμούς:

- βρίσκονται σε θέσεις προσχωματικών αποθέσεων,
- βρίσκονται σε έδαφος με κλίση μικρότερη από 2%.

Πιο αναλυτικά, οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας προσδιορίστηκαν από την γεωγραφική τομή:

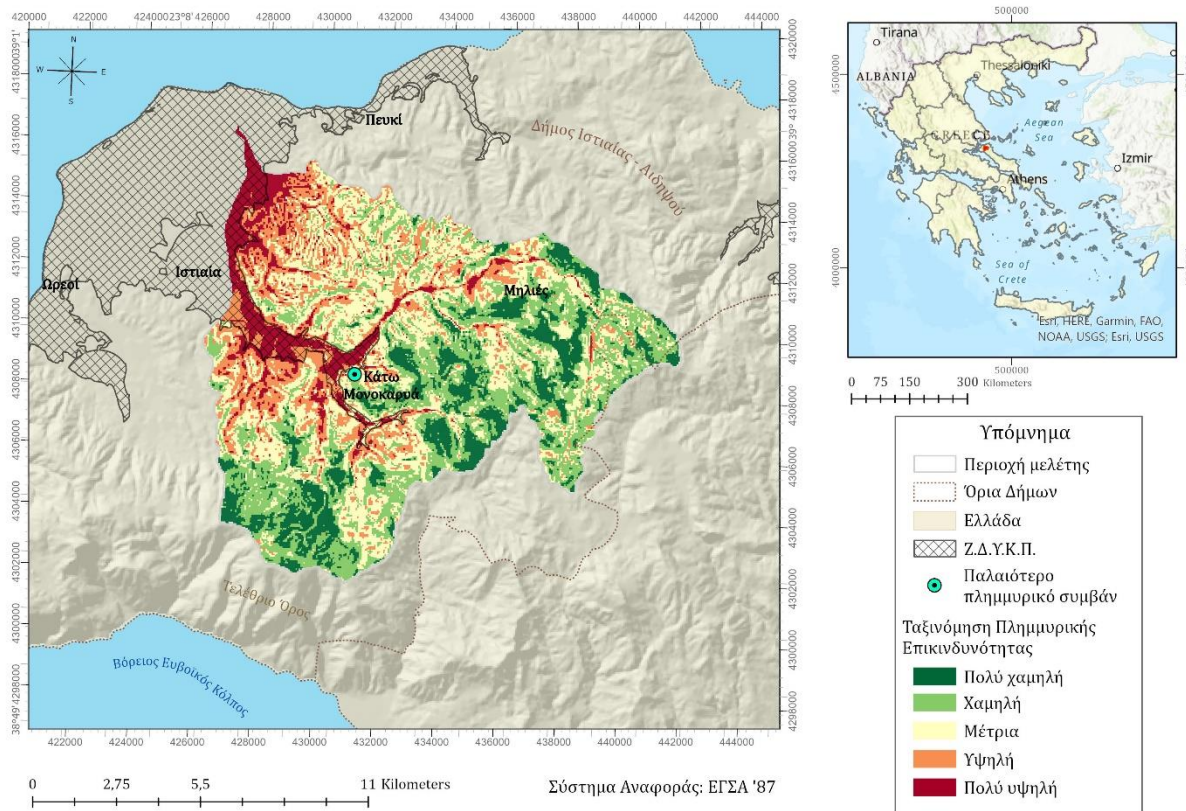
- των περιοχών με δυνητικά σημαντικές συνέπειες από μελλοντικές πλημμύρες, και
- των περιοχών που είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα.

ΖΔΥΚΠ Ωρεοί, Ιστιαία και Κανατάδικα νήσου Εύβοιας

Η ζώνη, έκτασης 55,63km², βρίσκεται στο βόρειο άκρο της Νήσου Εύβοιας και εκτείνεται βόρεια μέχρι τη θαλάσσια περιοχή του Δίαυλου Ωρεών, νοτιοδυτικά έως τις βορειοανατολικές παρυφές του Τελέθριου Όρους και ανατολικά έως τον οικισμό Γούβες. Αποτελεί ως επί το πλείστον το κατώτερο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του χειμάρρου Ξηροποτάμου. Το ανάγλυφο χαρακτηρίζεται πεδινό σε όλη του την έκταση της ζώνης και τη χαρακτηρίζουν μικρές και ήπιες κλίσεις.

Η ζώνη αποτελείται από τις πεδινές περιοχές κυρίως τριών συστημάτων υδρογραφικού δικτύου. Δυτικά το υδρογραφικό δίκτυο που διέρχεται από την πεδιάδα των Ωρεών, κεντρικά της Ιστιαίας με κυρίαρχο ρέμα τον Ξηροπόταμο και ανατολικά του Αρτεμισίου με κύριο χείμαρρο τον Βρύσα. Στη ΖΔΥΚΠ που ορίζεται από τις περιοχές Ωραιοί, Ιστιαία και Κανατάδικα νήσου Ευβοίας, έχουν καταγραφεί συνολικά 9 ιστορικά συμβάντα. Τα πλημμυρικά γεγονότα έλαβαν χώρα τα έτη 1990, 2003, 2006 και 2015 και κανένα από αυτά δεν χαρακτηρίστηκε ως σημαντικό. Το κύριο αίτιο πλημμύρας στη ΖΔΥΚΠ είναι η υπερχειλίση ποταμού και ο επικρατών μηχανισμός πλημμύρας είναι η φυσική υπερχειλίση.

Στον επόμενο χάρτη αυτό, παρουσιάζονται οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ) και τα συμβάντα παλαιότερων ετών.



Χάρτης 15: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, παλαιότερου πλημμυρικού συμβάντος και Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας της περιοχής μελέτης

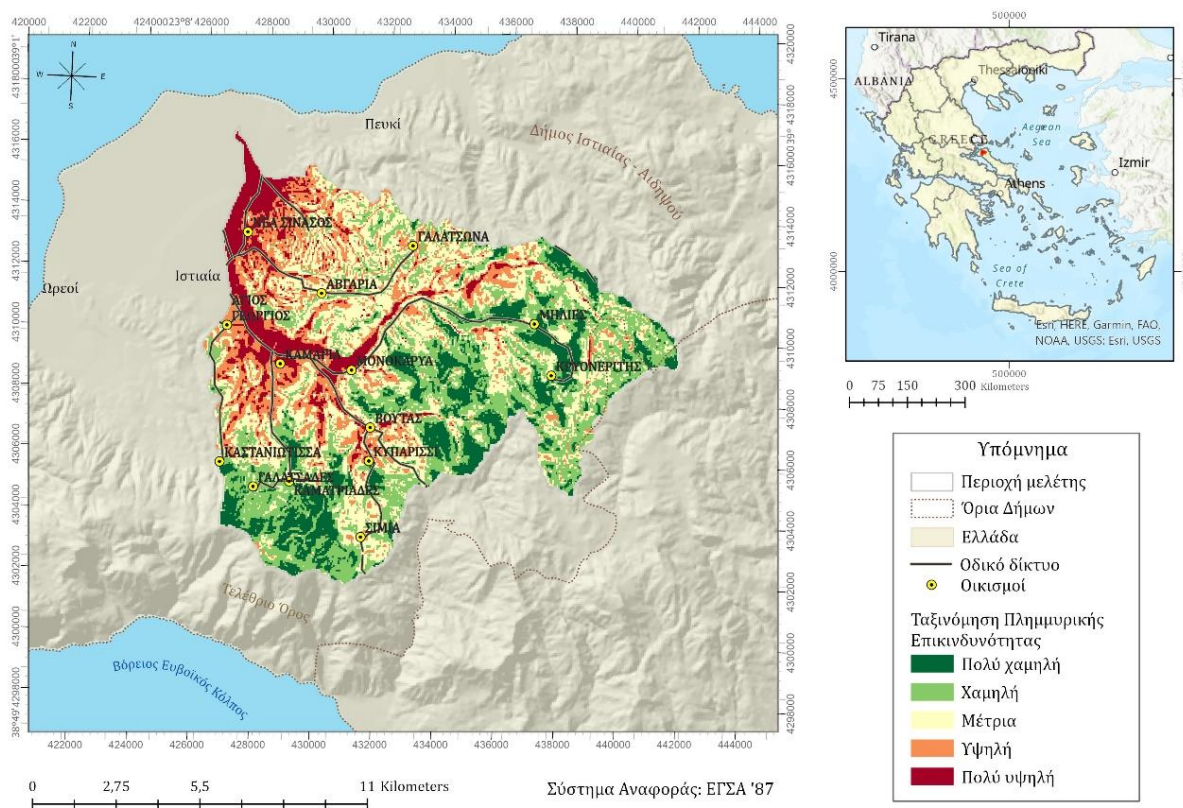
Από τον παραπάνω χάρτη, παρατηρείται συμφωνία μεταξύ του παραγόμενου χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας και της ζώνης δυνητικά υψηλού κινδύνου της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων. Καθώς, εντός η ζώνη κινδύνου συμπίπτει με περιοχές υψηλού και πολύ υψηλού κινδύνου, της λεκάνης απορροής.

Σχετικά με το παλαιότερο πλημμυρικό συμβάν, στην ευρύτερη περιοχή της Κάτω Μονοκαρυάς, φαίνεται ότι ανήκει σε ζώνη μέτριας-υψηλής επικινδυνότητας, το οποίο οφείλεται στα χαμηλά υψόμετρα και τις μορφολογικές κλίσεις που επικρατούν στο δυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής.

5.3 Αξιολόγηση επικινδυνότητας ανθρωπογενών κατασκευών και συσχέτιση καμένων εκτάσεων

5.3.1 Αξιολόγηση επικινδυνότητας ανθρωπογενών κατασκευών

Στο παρόν υποκεφάλαιο θα γίνει προσπάθεια αποτίμησης της πλημμυρικής επιδεκτικότητας των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων/κατασκευών. Στον επόμενο θεματικό χάρτη, παρουσιάζονται 14 οικιστικές περιοχές και το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.



Χάρτης 16: Χάρτης επικινδυνότητας, οδικού δικτύου και οικισμών περιοχής μελέτης

Όπως είναι φανερό, σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη, οι οικιστικές περιοχές και το οδικό δίκτυο παρουσιάζουν παρόμοιο χωρικό πρότυπο ως προς τη κατανομή και την ανάπτυξη τους στη περιοχή, καθώς οι οικισμοί τείνουν να αναπτύσσονται κοντά στο οδικό δίκτυο. Οι οικισμοί που παρουσιάζουν πολύ υψηλή επιδεκτικότητα σε πλημμύρα φαίνεται να είναι οι Νέα Συνασός, Άγιος Γεώργιος, Καμάρια, Μονοκαρυά και Βουτάς. Ακολουθούν οι οικισμοί Κυπαρίσσι, Γαλατσώνα και Αβγαριά με υψηλή επικινδυνότητα. Η υψηλή επιδεκτικότητα των οικισμών

αυτών οφείλεται στο γεγονός ότι επικρατούν χαμηλότερες μορφολογικές κλίσεις, μικρότερο υψόμετρο αλλά και στην παρουσίας αραιής βλάστησης. Οι υπόλοιποι οικισμοί παρουσιάζουν εμφανώς μικρότερη επιδεκτικότητα, κυρίως γιατί βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα που επικρατούν μεγαλύτερες μορφολογικές κλίσεις.

Σχετικά με το οδικό δίκτυο της περιοχής, του οποίου το μήκος υπολογίζεται γύρω στα 88 km, που εξετάζεται, εκτιμάται ότι παραπάνω από 40 km του οδικού δικτύου βρίσκεται σε ζώνες υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας, με εξαίρεση το ανατολικό και νοτιότερο τμήμα της λεκάνης. Και σε αυτή τη περίπτωση, η υψηλή επιδεκτικότητα του δικτύου οφείλεται στις χαμηλές κλίσεις και τα χαμηλά υψόμετρα που επικρατούν στα τμήματα αυτά, της περιοχής μελέτης.

5.3.2 Συσχέτιση αποτελεσμάτων και καμένων εκτάσεων

Μετά τις πυρκαγιές που ξέσπασαν στη Βόρεια Εύβοια τον Αύγουστο του 2021, από τις οποίες το 66% του συνόλου των καμένων εκτάσεων αποτελούσαν δάση κωνοφόρων, μικτού δάσους, μεταβατικές δασώδεις εκτάσεις και εκτάσεις με αραιή βλάστηση.

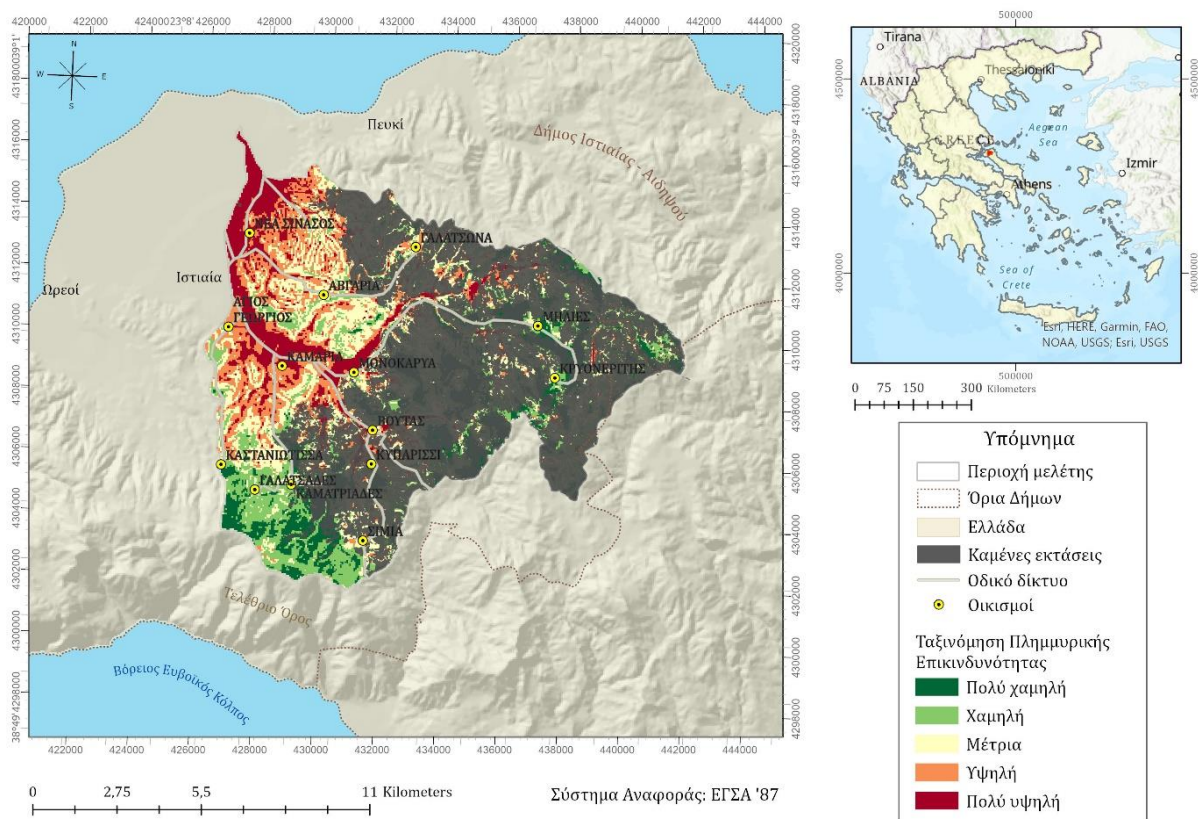
Για τη περιοχή μελέτης, το σύνολο των καμένων εκτάσεων φτάνει τα 58 km², δηλαδή σχεδόν τη μισή έκταση της λεκάνης του Ξηροπόταμου με κατεύθυνση από τα ανατολικά στα δυτικά. Το μεγαλύτερο τμήμα των καμένων εκτάσεων αποτελούσε δασικές και καλλιεργήσιμες εκτάσεις και αρόσιμη γη. Αυτή η καταστροφή, θα επιβαρύνει τις συνθήκες πλημμυρικής επικινδυνότητας της περιοχής μελέτης, με διάφορους τρόπους.

Η έλλειψη βλάστησης θα προκαλέσει μείωση της αντίστασης του εδάφους στη παράσυρση από την επιφανειακή απορροή, καθώς και αύξησης του ύψους βροχής που καταλήγει στην επιφάνεια της λεκάνης, λόγω της έλλειψης συγκράτησης του νερού.

Ακόμα, η απουσία βλάστησης θα οδηγήσει στη διάβρωση και παράσυρση του εδάφους από τις πλαγιές της λεκάνης προς τα κατάντη και τις κοίτες των υδατορεμάτων.

Πρόκειται να σημειωθεί σημαντική και απότομη αύξηση της υδατοστερεοπαροχής στην κοίτη των υδατορευμάτων και υπερχείλιση της πεδινής κοίτης του υδατορεύματος και επιδείνωση της κατάστασης σε περίπτωση ύπαρξης ανθρώπινων παρεμβάσεων.

Τέλος, αναμένεται η εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων στην πεδινή γεωργική και κατοικημένη περιοχή της λεκάνης με πληθώρα δυσμενών επιπτώσεων.



Χάρτης 17: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας και Καμένων Εκτάσεων περιοχής μελέτης

Συζήτηση

Η προτεινόμενη μεθοδολογία για την εκτίμηση των επικίνδυνων περιοχών από πλημμύρες μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για τον μετριασμό των καταστροφικών επιπτώσεων των πλημμυρών.

Στη παρούσα μελέτη, παρουσιάστηκε μία μέθοδος αξιολόγησης πλημμυρικής επικινδυνότητας στο πλαίσιο της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων σε συνδυασμό με τη Μέθοδο της Αναλυτικής Ιεράρχησης, για την οποία λήφθηκαν υπόψη 6 φυσικοί και ανθρωπογενείς παράγοντες, σχετικοί με την υψηλή απορροή επηρεάζουν το υδρογραφικό δίκτυο, όταν έντονες καταιγίδες προκαλούν μεγάλες ποσότητες απορροής, που υπερβαίνει τη χωρητικότητα του υδρογραφικού συστήματος. Οι φυσικοί παράγοντες σχετίζονται με την εξέλιξη μίας πλημμύρας και είναι η κλίση, το υψόμετρο, η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, η συσσώρευση ροής και η υδρολιθολογία της περιοχής μελέτης. Οι ανθρωπογενείς παράγοντες συνδέονται με τη διαμόρφωση των καλύψεων γης.

Η εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον ΓΠΣ παρέχει τη δυνατότητα υπέρθεσης ποσοτικών και ποιοτικών επιπέδων πληροφορίας και χαρτογραφικής απεικόνισης της εκτίμησης κινδύνου πλημμύρας. Έτσι, δημιουργήθηκε ένας χάρτης αξιολόγησης επικινδυνότητας σε πλημμύρα. Αυτός ο χάρτης αντιπροσωπεύει τον πιθανό κίνδυνο πλημμύρας στην περιοχή μελέτης και κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε κατηγορίες (Χάρτης 14) επιπέδου κινδύνου: πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή.

Οι περιοχές σε ζώνες υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας καταγράφηκαν στο δυτικό και κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Η έκταση αυτών των 2 ζωνών επικινδυνότητας ανέρχεται σε 35,8 km², σχεδόν στο 28% της λεκάνης απορροής. Το πεδινό ανάγλυφο, οι μικρές κλίσεις και η μεγάλη συσσώρευση ροής στο δυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής του Ξηροπόταμου, είναι παράγοντες που συντείνουν σε συνθήκες υψηλής επιφανειακής απορροής και συνεπώς στην εκδήλωση εμφάνισης πλημμυρικών συμβάντων σε αυτό.

Αντίθετα, οι ζώνες χαμηλής και πολύ χαμηλής επικινδυνότητας, παρατηρούνται σε ορεινές περιοχές στο νότιο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Αυτές οι εκτάσεις παρουσιάζουν

πιο απότομες κλίσεις και χαρακτηρίζονται από φυτοκάλυψη (δάση, χαμηλή βλάστηση και καλλιεργήσιμες εκτάσεις).

Σχετικά με συνθήκες επικινδυνότητας/τρωτότητας του οικιστικού και οδικού δικτύου, περίπου το 57% των οικισμών, δηλαδή 8 οικισμοί από τους 14 της περιοχής και σχεδόν το 45% του μήκους του οδικού δικτύου (40 km) ανήκουν σε ζώνες πολύ υψηλής και υψηλής επικινδυνότητας. Αυτό το αποτέλεσμα καθιστά αντιληπτό το γεγονός ότι, οι οικιστικές ζώνες και το δίκτυο μεταφοράς, έχουν κατασκευαστεί σε περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν καταλλήλως, έτσι ώστε να δοθούν κατάλληλες κατευθύνσεις για την προστασία του οδικού δικτύου και την κατασκευή κατάλληλων αντιπλημμυρικών μέτρων. Σε αυτούς τους τομείς, ο προληπτικός σχεδιασμός και η επιλογή των κατάλληλων κανόνων κατασκευής είναι απαραίτητα για την πρόληψη και τον μετριασμό των συνεπειών των κινδύνων πλημμύρας.

Ύστερα από τις πυρκαγιές του Αυγούστου 2021, στη Βόρεια Εύβοια, το έδαφος απογυμνώθηκε, γεγονός το οποίο, το καθιστά ευάλωτο σε καταιγίδες ή έντονες βροχοπτώσεις, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν αύξηση επιφανειακής απορροής και διάβρωση του εδάφους. Η απορροή αυξάνεται συχνά στα ανώτερα τμήματα της λεκάνης απορροής, και έτσι εγκυμονεί κινδύνους πλημμύρας σε αστικές ζώνες που βρίσκονται κατάντη. Έτσι, η καμένη περιοχή στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για πλημμύρες, επιβαρύνοντας ιδιαίτερα τις πεδινές περιοχές στο δυτικό τμήμα της.

Επιπλέον, η εφαρμογή επικύρωσης που λαμβάνει υπόψη ιστορικά γεγονότα πλημμύρας και ζώνες υψηλού κινδύνου της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων, μπορεί να υποστηρίξει την ανάλυση.

Λεπτομερείς έρευνες σχετικά με την κατάσταση και την εξέλιξη των φυσικών κινδύνων και την έκθεση των ανθρωπογενών στοιχείων σε κίνδυνο θα βοηθήσει στην πρόταση κατάλληλων μέτρων προστασίας. Η εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας διευκολύνει την ταυτοποίηση τοποθεσιών από τον ήδη υπάρχοντα αστικό ιστό και το οδικό δίκτυο που βρίσκονται σε μη ασφαλείς περιοχές. Έτσι, οι κατάλληλες προσεγγίσεις μετριασμού ή μείωσης κινδύνου μπορεί να είναι περισσότερες και να σχεδιαστούν και εφαρμοστούν πιο αποτελεσματικά. Επιπλέον, η ευαισθητοποίηση των μη ασφαλών περιοχών που σχετίζονται με τον κίνδυνο πλημμύρας μπορεί να είναι χρήσιμη στον σχεδιασμό ετοιμότητας έκτακτης ανάγκης.

Ως εκ τούτου, οι επιστήμονες, οι μηχανικοί, οι ενδιαφερόμενοι, οι σχεδιαστές και οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη προτεινόμενη προσέγγιση σε επερχόμενα έργα χωροταξικού σχεδιασμού. Επιπροσθέτως, οι τοπικές αρχές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τον παραγόμενο χάρτη επικινδυνότητας για τη λήψη μέτρων και στρατηγικών που στοχεύουν στον μετριασμό των κινδύνων πλημμύρας και στη διαχείριση μετά την πυρκαγιά.

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο την ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας που προσδιορίζει τις επιρρεπείς ζώνες σε πλημμυρικά φαινόμενα για την λεκάνη απορροής του Ξηροπόταμου Βόρειας Εύβοιας. Από την εφαρμογή της προαναφερθείσας μεθοδολογίας στην περιοχή του ποταμού Ξεριά/Ξηροπόταμου έχουν προκύψει οι επικίνδυνες ζώνες σε πλημμύρες.

Οι περιοχές πολύ υψηλού και υψηλού κινδύνου πλημμύρας εντοπίζονται κυρίως στα δυτικά τμήματα της περιοχής μελέτης ως συνέπεια της σύνθεσης πεδινών με ήπια κλίση, και αστικών περιοχών. Οι παραπόταμοι και οι χείμαρροι επισημαίνονται ως περιοχές/παράγοντες με υψηλό κίνδυνο πλημμύρας και ως εκ τούτου, ενδέχεται να συμβάλουν σημαντικά σε πλημμυρικά συμβάντα στην περιοχή, μελλοντικά. Η καμένη έκταση στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης αναμένεται να αυξήσει την επιφανειακή απορροή και συνεπώς να δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες για την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων.

Η αξιοπιστία της εφαρμογής επιβεβαιώνεται από τη συσχέτιση μεταξύ του χάρτη επικινδυνότητας πλημμύρας και των ζωνών κινδύνου πλημμύρας και της χωρικής κατανομής του παλαιότερου πλημμυρικού συμβάντος.

Περίπου το 45% του μήκους του οδικού δικτύου και το 57% του συνόλου των οικισμών εντάσσονται σε ζώνες υψηλού και πολύ υψηλού πλημμυρικού κινδύνου.

Η προτεινόμενη μέθοδος προσφέρει μία πολύπλευρη μελέτη της περιοχής, είναι απλή στην εφαρμογή και παρέχει λογικά αποτελέσματα, η αξιοποίηση των οποίων θα μπορούσε να οδηγήσει στην περαιτέρω ανάλυσή της. Επομένως, επιστήμονες, ενδιαφερόμενοι και οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να εφαρμόσουν την προτεινόμενη προσέγγιση στον προσεχή σχεδιασμό έργων και χρήσεων γης. Οι τεχνικές μετριάσμού του κινδύνου πλημμύρας μπορούν να σχεδιαστούν πιο αποτελεσματικά, ενώ η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να είναι χρήσιμη στον σχεδιασμό ετοιμότητας έκτακτης ανάγκης και ιδιαίτερα στη διαχείριση των καμένων εκτάσεων.

Βιβλιογραφία

Ελληνική:

Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας – Διεύθυνση Σχεδιασμού και Αντιμετώπισης Έκτακτων Αναγκών. (2020). *Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών και Άμεσης/Βραχείας Διαχείρισης των Συνεπειών από την Εκδήλωση Χιονοπτώσεων και Παγετού με την κωδική ονομασία «ΒΟΡΕΑΣ», στα πλαίσια του Γενικού Σχεδίου Πολιτικής Προστασίας με τη συνθηματική λέξη "Ξενοκράτης"*.

Γκόφας Α. 2001, *Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας*, Γιαχούδη-Γιαπούλη.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων. (2019). *1η Αναθεώρηση προκαταρκτικής αξιολόγησης κινδύνων πλημμύρας*, Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Εμμανουηλίδου Π. (2019). *Ανθεκτικότητα έργων υποδομής στον Τομέα της Ενέργειας έναντι των φυσικών κινδύνων*, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, (2007). *Οδηγία 2007/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας*.

Ευστρατιάδης Ε., Κουτσογιάννης Δ., Μαμάσης Ν., & Δημητριάδης, Π. (2014). *Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων (Ερευνητικό έργο στα πλαίσια της Δράσης «Συνεργασία» του ΕΣΠΑ 2007- 2013)*, Αθήνα: Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας.

Ζούνη Σ. (2012). *Κλιματική Αλλαγή και Αντιπλημμυρική Προστασία: Η περίπτωση της Ολλανδίας*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

Ι.Γ.Μ.Ε. (1972). *Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας: φύλλο Εύβοιας*. Αθήνα.

INSETTE Intelligence. (2021). *Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας-Ετήσια έκθεση ανταγωνιστικότητας και διαρθρωτικής προσαρμογής στον τομέα του τουρισμού για το έτος 2020*.

Καϊλίδης Δ. Σ., 1993. *Πρόληψη και κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών*. Θεσσαλονίκη, σελ. 1-18.

Κατή Μ. (2020). *Σημειώσεις Πετρολογίας Ιζηματογενών Πετρωμάτων*, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος.

Κόκκινου, Ε. (2015). *Περιβαλλοντική γεωλογία και γεωτεχνολογία*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Σελ. 21-24. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/325>

Κωστόπουλος Δ. (2020). Πετρολογία Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων: Θερμοδυναμικές και Θερμομηχανικές Διεργασίες, Εκδόσεις ΝΕΟΝ, Γουδή.

Λέκκας, Ε. (2000). *Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές* (2η Έκδοση εκδ.). Αθήνα.

Διαθέσιμο στο: <http://www.elekkas.gr/images/stories/pdfdocs/books/tk.pdf>

ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 23ης Οκτωβρίου 2007 για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρα

Πανούσης Κ. (2015). *Καταγραφή και Ποιοτική ανάλυση των πλημμυρικών φαινομένων στο λεκανοπέδιο της Αττικής την περίοδο 1980-2014*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

Παπαχαρισίου Σ. (2008). *Φυσικοί Κίνδυνοι: Διαχείριση Φυσικών Κινδύνων, Εφαρμογή Εκτίμησης Κατολισθητικής Επικινδυνότητας*, Αριστότελειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Regato P., Κορακάκη Ε. (2010). *Τα μεσογειακά δάση απέναντι στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή*, WWF Ελλάς,

Σαπουντζάκη Κ, Δανδουλάκη Μ. (2015). *Κίνδυνοι και Καταστροφές : Έννοιες και Εργαλεία Αξιολόγησης, Προστασίας, Διαχείρισης*. Αθήνα.

Σαπουντζάκη Κ., Δανδουλάκη Μ. (2016). *Κίνδυνοι και Καταστροφές, Οι όροι και τα θεωρητικά εργαλεία του πεδίου της διαχείρισης κινδύνων και καταστροφών: Διεπιστημονικότητα ή Βαβέλ;*, Κίνδυνοι και Καταστροφές. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/6297>

Τζαβέλας Γ. (2021). *Μορφολογικά χαρακτηριστικά υδρογραφικών λεκανών και υδρογραφικού δικτύου και αφνίδες πλημμύρες*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

ΥΛΗ Ε.Ε.–Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος. (2021). *Αρχική αποτίμηση αποτελεσμάτων της πυρκαγιάς στη Βόρεια Εύβοια*.

Χαλκιάς, Χ. (2011). *Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Μαθήματος: Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών* (Συμπληρωματικές Σημειώσεις). Καλλιθέα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Χαλκιάς, Χ. (2015). *Γεωγραφική Ανάλυση με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/4549>

Ξενόγλωσση:

Bates R. L., Jackson J. A. (1987). *Glossary of geology*.

- Bathrellos, G.D., Karymbalis, E., Skilodimou, H.D. et al. *Urban flood hazard assessment in the basin of Athens Metropolitan city, Greece*. *Environ Earth Sci* 75, 319 (2016). <https://doi.org/10.1007/s12665-015-5157-1>
- Black, A. R., & Burns, J. C. (2002). *Re-assessing the flood risk in Scotland*. *Science of the Total Environment*, 294(1-3), 169-184.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (1994). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* (1st ed.). Routledge. Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.4324/9780203974575>
- Bronstert A. (2003). *Floods and Climate Change: Interactions and Impacts, Risk Analysis*, Vol. 23, Issue 3, p. 545-557.
- Correia, F. N., Da Silva, F. N., & Ramos, I. (1999). *Floodplain management in urban developing areas. Part II. GIS-based flood analysis and urban growth modelling*. *Water Resources Management*, 13(1), 23-37.
- Davie, T. (2008). *Fundamentals of Hydrology*. 2nd Edition, Routledge, New York.
- DeBano L. F., Daniel G. L., Ffolliot P. F. (1998). *Fire's Effects on Ecosystems*, John Wiley & Sons.
- Degiorgis M. et al. (2012). *Classifiers for the detection of flood-prone areas using remote sensed elevation data*, *Journal of Hydrology*, Volumes 470-471, Pg: 302-315
- Folk R.L. (1974). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing, Austin, Texas.
- Grundfest E., Handmer J., (2001). *Coping with Flash Floods*, NATO Science Series, Environmental Security, vol.77.
- Hokstad, P., Utne, I. B., & Vatn, J. (2012). *Risk and interdependencies in critical infrastructures*. Springer, London.
- Jonkman, S.N. (2005). *Global Perspectives on Loss of Human Life Caused by Floods*. *Nat Hazards* 34, 151–175. Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.1007/s11069-004-8891-3>
- John Ogden, Johnson EA, Miyanishi K, eds. 2001. *Forest fires: behaviour and ecological effects*. London: Academic Press. 594, *Annals of Botany*, Volume 88, Issue 6, December 2001, Pages 1220–1221. Διαθέσιμο στο: <https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1545>
- Khan, H., Vasilescu, L. G., & Khan, A. (2008). *Disaster management cycle-a theoretical approach*. *Journal of Management and Marketing*, 6(1), 43-50.

- Kourgialas, Nektarios N., and George P. Karatzas. 2011. *Flood Management and a GIS Modelling Method to Assess Flood-Hazard Areas—a Case Study*. Hydrological Sciences Journal 56(2): 212–25.
- Meja-Navarro, M., Wohl, E. E., & Oaks, S. D. (1994). *Geological hazards, vulnerability, and risk assessment using GIS: model for Glenwood Springs*.
- Messner, F., Penning-Rowsell, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S., & Van der Veen, A. (2007). Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods. FLOODsite.
- Modrick T. H., Georgadakis K. (2015). *The character and causes of flash flood occurrence changes in mountainous small basins of Southern California under projected climatic change*, Journal of Hydrology: Regional Studies 3(C):312-336 <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.02.003>.
- Montz, B.E., & Gruntfest, E.C. (2002). *Flash flood mitigation: recommendations for research and applications*. Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards, 4, 15-22.
- Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). *Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment*. Water, 6(6), 1515-1545.
- Pareto, V. (1896). *Cours d'économie politique: professé à l'Université de Lausanne* (Vol. 1). F. Rouge.
- Patrikaki, O., Kazakis, N., Kougias, I., Patsialis, T., Theodossiou, N., & Voudouris, K. (2018). *Assessing flood hazard at river basin scale with an index-based approach: The case of Mouriki, Greece*. Geosciences, 8(2), 50.
- Per Hokstad & Ingrid B. Utne & Jørn Vatn (2012). *Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures*, Springer Series in Reliability Engineering, Springer, edition 127, number 978-1-4471-4661-2, December.
- Quarantelli, E.L. (1985). *What Is Disaster? The Need for Clarification in Definition and Conceptualization in Research*.
- Quarantelli E. L. (1998) (ed.): *What is a Disaster? Natural Hazards* 18, Pg: 87–88.
- Quarantelli E. L. (2000). *Disaster Planning, Emergency Management and Civil Protection: The Historical Development of Organized Efforts to Plan for and To Respond to Disasters*, Disaster Research Center: University of Delaware.
- Roy, B. (1968). *Classement et choix en présence de points de vue multiples*. Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle, 2(8), 57-75.

Saaty, T. L. (1978). *Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets*. Fuzzy sets and systems, 1(1), 57-68.

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1987). *Uncertainty and Rank Order in the Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research, p. 107-117.

Schanze J. (2006). *Flood Risk Management– A Basic Framework*. In: Schanze J., Zeman E., Marsalek J. (eds) Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. NATO Science Series, vol 67. Springer, Dordrecht.

https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4598-1_1

Sene K. (2013). *Flash Hazards: Forecasting and Warning*, Springer, United Kingdom.

Skilodimou H.D., Bathrellos G. D., and Alexakis D.E. (2021). *Flood Hazard Assessment Mapping in Burned and Urban Areas*, Sustainability 13, no. 8: 4455. <https://doi.org/10.3390/su13084455>

Smith, S. K., & McCarty, C. (1996). *Demographic effects of natural disasters: A case study of Hurricane Andrew*. Demography, 33(2), 265-275.

Strahler, A. N. (1952). *Dynamic basis of geomorphology*. Geological Society of America Bulletin 63: 923–938.

Tehrany, M.S., Lee, M.J., Pradhan, B. et al. *Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models*. Environ Earth Sci 72, 4001–4015 (2014). <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3289-3>

United Nations Framework Convention on Climate Change. (1992). United Nations.

Wang, Y., Li, Z., Tang, Z., & Zeng, G. (2011). *A GIS-based spatial multi-criteria approach for flood risk assessment in the Dongting Lake Region, Hunan, Central China*. Water resources management, 25(13), 3465-3484.

Σύνδεσμοι:

Copernicus: <https://scihub.copernicus.eu/>

GEODATA.gov.gr: <https://geodata.gov.gr/dataset>

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.) (φύλλο Πάτρας): <https://www.gys.gr/hmgs-new-maps-500000.html>

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤ.Α.Τ.): <http://www.statistics.gr/>