



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

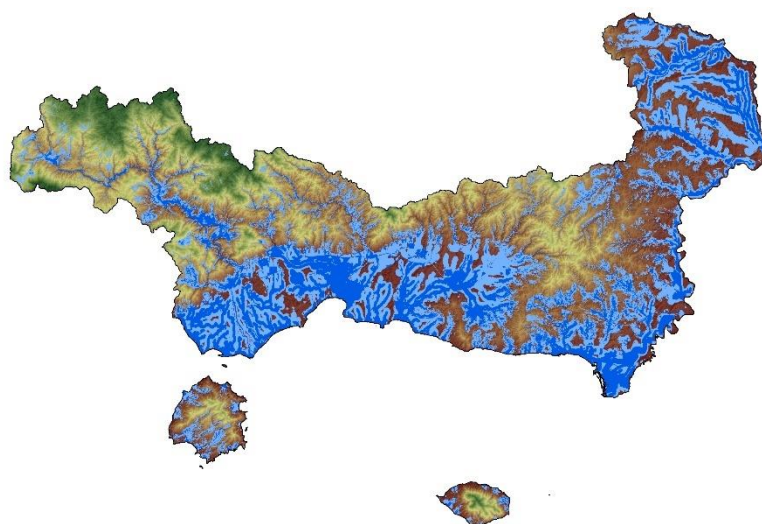
**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΘΡΑΚΗΣ



Παντούλας Χρήστος-Σπυρίδων

Επιβλέπων Καθηγητής:

Βασίλειος Α. Τσιχριντζής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	III
Κατάλογος Πινάκων	VI
Κατάλογος Εικόνων	VIII
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	X
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	XII
ABSTRACT	XIII
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	1
1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ	2
1.3 ΤΥΠΟΙ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ	2
1.4 ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΣΥΜΒΑΝΤΑ	3
1.5 ΑΙΤΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΕΝΝΕΣΗΣ & ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	10
1.6 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	11
1.6.1 ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ	11
1.6.2 ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ	12
1.6.3 Καθορισμός Υδατικών Διαμερισμάτων & Λεκανών Απορροής Ποταμών	14
1.7 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ	17
1.8 ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	19
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	19
2.2 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	19
2.2.1 Γεωγραφικά και Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά	19
2.2.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	21
2.2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ	25
2.2.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	26
2.2.5 ΕΔΑΦΟΣ	27
2.2.6 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	28
2.2.7 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	30
2.2 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΝΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	31
2.2.1 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ.....	31
2.2.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	34
2.2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΜΕΘΟΛΟΛΟΓΙΑ	39
3.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	39
3.1.1 Ανάλυση Βιβλιογραφίας και Συμπεράσματα	51
3.1.2 Επιλογή Κριτηρίων και Επεξεργασία Δεδομένων	58

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

3.1.3 Δομή Προβλήματος	71
3.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	72
3.2.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	72
3.2.2 ESRI / ArcGIS	74
3.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	74
3.3.1 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Σ.Γ.Π.	74
3.3.2 Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία.....	76
3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	78
3.4.1 Βαρύτητα Κριτηρίων	78
3.4.2 Διερεύνηση Κριτηρίων /Σενάρια	80
3.4.3 Μεταβολή Χρήσεων Γης - Φαινόμενα Πυρκαγιάς.....	89
3.4.4 Ταξινόμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας.....	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	93
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	93
4.2 ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	94
4.2.1 Υψόμετρο	94
4.2.2 Κλίση.....	95
4.2.3 Ένταση Βροχόπτωσης	96
4.2.4 Χρήσεις Γης.....	96
4.2.5 Συσσώρευση Ροής.....	97
4.2.6 Τύπος Εδάφους	98
4.2.7 Απόσταση από το Υδατόρεμα	99
4.3 Πλημμυρική Επικινδυνότητα για το Υ.Δ. Θράκης	100
4.3.1 Σενάριο 1	101
4.3.2 Σενάριο 2	103
4.3.3 Σενάριο 3	105
4.3.4 Σενάριο 4	107
4.3.5 Σενάριο 5	109
4.3.6 Σενάριο 6	111
4.3.7 Σενάριο 7	113
4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	115
4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ	116
4.6 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	123
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	127
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	127
Διεθνής Βιβλιογραφία	130

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Διαδικτυακές Πηγές	133
--------------------------	-----

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Κατηγορίες Πλημμυρών (Πηγή: Διακάκης και Μαρτζακλής, 2017).	3
Πίνακας 2: Τα 10 πιο θανατηφόρα πλημμυρικά γεγονότα παγκοσμίως (Πηγές: https://www.history.com/news/worlds-most-catastrophic-floods-in-photos , https://disasterpreparedness.org/disaster-preparedness-flood-disaster-plan/flood-information-worst-floods-in-history/ , https://www.valuwalk.com/top-10-deadliest-floods-world-history/).	6
Πίνακας 3: Υδατικά Διαμερίσματα και Λεκάνες Απορροής Ποταμών (Πηγή: http://www.4862.syzefxis.gov.gr/index.php/9-lekanes-aporrois-potamon/5-xartis-lekanon-aporrois-potamon).	14
Πίνακας 4: Δήμοι των Π.Ε. του Υ.Δ. Θράκης.	19
Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά κατηγοριών εδαφών (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, 2017).	28
Πίνακας 6: Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά ΛΑΠ του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, 2017).	28
Πίνακας 7: Μεταβολή του ΑΕΠ της Π.Ε.	35
Πίνακας 8: Κατηγορίες χρήσεων γης σύμφωνα με το Corine Land Cover.	36
Πίνακας 9: Κριτήρια αξιολόγησης πλημμυρικής επικινδυνότητας και τρωτότητας (Πηγή: Δεβελέκου, 2020).	39
Πίνακας 10: Επιλογή κριτηρίων σε κάθε μεθοδολογία (Πηγή: Χατζηδάκη, 2013).	43
Πίνακας 11: Δείκτες πλημμυρικής επικινδυνότητας και τρωτότητας (Πηγή: Wang et al., 2011).	44
Πίνακας 12: Παράγοντες αξιολόγησης πλημμυρικού κινδύνου (Πηγή: Stefanidis and Stathis, 2013).	46
Πίνακας 13: Παράγοντες εκτίμησης πλημμυρικού κινδύνου και πλημμυρικής τρωτότητας (Πηγή: Chakraborty & Mukhopadhyay, 2019).	49
Πίνακας 14: Παράγοντες πλημμυρικού κινδύνου και τρωτότητας (Πηγή: Ouma and Tateishi, 2014).	50
Πίνακας 15: Κριτήρια πλημμυρικής επικινδυνότητας και συχνότητα εμφάνισης.	51
Πίνακας 16: Κριτήρια μεγαλύτερης συχνότητας χρήσης.	56
Πίνακας 17: Συντελεστής αδιαπερατότητας των κατηγοριών των χρήσεων γης.	64
Πίνακας 18: Υδρολογικός τύπος και ταχύτητα διήθησης νερού των γεωλογικών σχηματισμών (Τσιχριντζής, 1999).	69
Πίνακας 19: Συντελεστής διηθητικότητας των γεωλογικών σχηματισμών.	69
Πίνακας 20: Σημαντικότητα κριτηρίων για την μέθοδο AHP.	77
Πίνακας 21: Μητρώο Σύγκρισης των Μ.Ο. των κριτηρίων.	79
Πίνακας 22: Βαρύτητες κριτηρίων βάση του Μ.Ο. της βιβλιογραφίας.	79
Πίνακας 23: Μητρώο συγκρίσεων πρώτου σεναρίου.	80
Πίνακας 24: Κανονικοποιημένο μητρώο πρώτου σεναρίου.	80
Πίνακας 25: Συντελεστές βαρύτητας πρώτου σεναρίου.	81
Πίνακας 26: Μητρώο συγκρίσεων δεύτερου σεναρίου.	81
Πίνακας 27: Κανονικοποιημένο μητρώο δευτέρου σεναρίου.	82
Πίνακας 28: Συντελεστές βαρύτητας δευτέρου σεναρίου.	82
Πίνακας 29: Μητρώο συγκρίσεων τρίτου σεναρίου.	83
Πίνακας 30: Κανονικοποιημένο μητρώο τρίτου σεναρίου.	83
Πίνακας 31: Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων τρίτου σεναρίου.	83
Πίνακας 32: Μητρώο σύγκρισης, σενάριο 4.	84
Πίνακας 33: Κανονικοποιημένο μητρώο, σενάριο 4.	84
Πίνακας 34: Συντελεστές βαρύτητας, σενάριο 4.	84
Πίνακας 35: Μητρώο Σύγκρισης, σενάριο 5.	85

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

<i>Πίνακας 36: Κανονικοποιημένο μητρώο, σενάριο 5.....</i>	<i>85</i>
<i>Πίνακας 37: Συντελεστές βαρύτητας, σενάριο 5.....</i>	<i>85</i>
<i>Πίνακας 38: Μητρώο Σύγκρισης, σενάριο 6.....</i>	<i>86</i>
<i>Πίνακας 39: Κανονικοποιημένο μητρώο, σενάριο 6.....</i>	<i>86</i>
<i>Πίνακας 40: Συντελεστές βαρύτητας, σενάριο 6.....</i>	<i>87</i>
<i>Πίνακας 41: Μητρώο Σύγκρισης, σενάριο 7.....</i>	<i>87</i>
<i>Πίνακας 42: Κανονικοποιημένο μητρώο, σενάριο 7.....</i>	<i>88</i>
<i>Πίνακας 43: Συντελεστές βαρύτητας, σενάριο 7.....</i>	<i>88</i>

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Χάρτης εμφάνισης πλημμυρικών περιστατικών ανά χώρα, έτη 2000-2022 (Πηγή: https://www.emdat.be/).....	4
Εικόνα 2: Κατανομή παγκοσμίως των φυσικών καταστροφών, έτη 1973 έως 2023 (Πηγή: https://ourworldindata.org/natural-disasters)	5
Εικόνα 3: Χάρτης Συχνότητας Πλημμυρικών Επεισοδίων, έτη 2000-2020 (Πηγή: https://www.meteo.gr/graphics/extreme/HIWE-report2000-2020.pdf).	9
Εικόνα 4: Διάγραμμα ποσοστιαίας κατανομής εμφάνισης πλημμυρικών περιστατικών (Πηγή: Αιτσίου Τζένη, https://ikee.lib.auth.gr/record/325100/files/LITSIOYTZENH881_EE.pdf)	10
Εικόνα 5: Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας (Κωδικές ονομασίες)	16
Εικόνα 6: Λεκάνες Απορροής Ποταμών του Υ.Δ. Θράκης.....	20
Εικόνα 7: Διάγραμμα Θερμοκρασιών της περιοχής μελέτης ανά μήνα (Πηγή: https://www.meteoblue.com/).....	22
Εικόνα 8: Διάγραμμα κατανομής ηλιοφάνειας ανά μήνα, περιοχή μελέτης (Πηγή: https://www.meteoblue.com/).....	23
Εικόνα 9: Διάγραμμα θερμοκρασιών ανά μήνα του έτος για την περιοχή μελέτης (Πηγή: https://www.meteoblue.com/).....	23
Εικόνα 10: Διάγραμμα Υετού ανά μήνα της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Πηγή: https://www.meteoblue.com/).....	24
Εικόνα 11: Διάγραμμα Ανέμου ανά μήνα του έτους για την ευρύτερη περιοχή μελέτης (Πηγή: https://www.meteoblue.com/).....	24
Εικόνα 12: Διάγραμμα κατεύθυνσης και ταχύτητας των ανέμων για την ευρύτερη περιοχή μελέτης (Πηγή: https://www.meteoblue.com/)	25
Εικόνα 13: Διάγραμμα Πληθυσμιακής κατανομής ανά Δήμο και ανά Περιφέρεια. (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας, Πηγή Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ.).....	32
Εικόνα 14: Κατανομή επιπέδου εκπαίδευσης του Υ.Δ Θράκης (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας, Πηγή Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ.)	33
Εικόνα 15: Διάγραμμα κατανομή απασχόλησης ανά οικονομική δραστηριότητα ((Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας, Πηγή Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ.).....	33
Εικόνα 16: Διάγραμμα κατανομής ανεργίας για την Π.Ε. (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας, Πηγή Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ.)	34
Εικόνα 17: Διάγραμμα κατανομής χρήσεων γης/Corine Land Cover 2018.	35
Εικόνα 18: Μεταβολή του δείκτη RI(Πηγή: Saaty, 1987).....	58
Εικόνα 19: Υψομετρικός χάρτης του Υ.Δ. Θράκης.	60
Εικόνα 20: Μετατροπή μονάδων υψομέτρου σε κλίσης (Πηγή: ESRI/ArcGIS)	61
Εικόνα 21: Χάρης Κλίσεων του Υ.Δ Θράκης	61
Εικόνα 22: Χάρτης μηνιαίων υψών Βροχόπτωσης του Υ.Δ Θράκης (Δείκτης MFI).....	63
Εικόνα 23: Χάρτης χρήσεων γης Υ.Δ. Θράκης (Corine Land Cover 2018).....	65
Εικόνα 24: Εργαλείο "fill" (Πηγή: ESRI/ArcGIS)	66
Εικόνα 25: Μετατροπή μονάδων του εργαλείου "flow direction" (Πηγή: ESRI/ArcGIS)	66
Εικόνα 26: Μετατροπή μονάδων του εργαλείου "flow accumulation" (Πηγή: ESRI/ArcGIS) ..	67
Εικόνα 27: Χάρτης Συσσώρευση ροής του Υ.Δ. Θράκης.	68
Εικόνα 28: Χάρτης Υδρολογικού τύπου εδάφους Υ.Δ. Θράκης.	70
Εικόνα 29: Χάρτης απόστασης από το υδατόρεμα.	71
Εικόνα 30: Αποτεφρωμένη περιοχή μετά το συμβάν της πυρκαγιάς 21/07/ 2022	90
Εικόνα 31: Αποτεφρωμένη έκταση έπειτα από το συμβάν πυρκαγιάς, 23/08/2023 (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας).....	91
Εικόνα 32: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας με βάση το κριτήριο υψομέτρου για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης	94

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Εικόνα 33: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο της κλίσης	95
Εικόνα 34: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο της έντασης βροχόπτωσης.....	96
Εικόνα 35: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο χρήσεων γης	97
Εικόνα 36: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο συσσώρευσης ροής.....	98
Εικόνα 37: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο τύπου εδάφους	99
Εικόνα 38: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, κριτήριο απόστασης από υδατόρεμα	100
Εικόνα 39: Ζώνες Δύνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας)	101
Εικόνα 40: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση Σεναρίου 1	102
Εικόνα 41: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης της πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 1.....	103
Εικόνα 42: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 2	104
Εικόνα 43: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 2.....	105
Εικόνα 44: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 3	106
Εικόνα 45: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 3.....	107
Εικόνα 46: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 4.....	108
Εικόνα 47: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα του Σεναρίου 4.....	109
Εικόνα 48: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 5	110
Εικόνα 49: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 5.....	111
Εικόνα 50: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 6.....	112
Εικόνα 51: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 6.....	113
Εικόνα 52: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα βάση του Σεναρίου 2.....	114
Εικόνα 53: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 7.....	115
Εικόνα 54: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, πυρκαγιάς 21/07/2022 (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας).....	117
Εικόνα 55: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, πυρκαγιάς 23/08/2023 (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας).....	118
Εικόνα 56: Τύπος επικύρωσης Horritt-Bates, 2002.....	119
Εικόνα 57: Διάγραμμα επικύρωσης σεναρίων	119
Εικόνα 58: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης, βάσει τον μέσο όρο όλων των σεναρίων που εξετάστηκαν.....	125

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βασίλειο Α. Τσιχριντζή, Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την αποδοχή της εκπόνησης και την ανάθεση του θέματος της Διπλωματικής Εργασίας, για την άψογη συνεργασία καθ' όλη την διάρκεια υλοποίησης της Διπλωματικής Εργασίας, όπως και για τις γνώσεις που μετέδωσε μέσω της διδασκαλίας του στην διάρκεια φοίτησης μου στην Σχολή.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Χαρίλαο Βαγγέλη, Επίκουρου Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής και Ιωάννη Ναλμπάντη, Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής για την συμμετοχή τους στην Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Ιωάννη Κούρτη, Διδάκτορα της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής, για την υποστηριξή του, το χρόνο που διέθεσε και την συμβολή του σε σημαντικά ζητήματα που οδήγησαν στην ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, θερμά ευχαριστώ οφείλω σε όλους που υποστήριξαν την προσπάθεια μου αυτή, κυρίως την οικογένεια μου.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πλημμύρα αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα, λόγω του καταστροφικού της χαρακτήρα. Θεωρείται η δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, καθώς το αποτύπωμα της μπορεί να καταστεί ολέθριο. Η πρόβλεψη ενός πλημμυρικού περιστατικού είναι αρκετά δύσκολη, για τον λόγο αυτό η Ευρώπη και τα κράτη-μέλη της έχουν θεσπίσει κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο, το οποίο αποσκοπεί στον μετριασμό των αρνητικά δυνητικών επιπτώσεων από πλημμύρες.

Η συγκεκριμένη εργασία αποσκοπεί στην αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης και στην διερεύνηση του βαθμού επιρροής των παραγόντων στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Για την υλοποίηση του σκοπού αυτού μελετήθηκε λεπτομερώς ένα τμήμα της βιβλιογραφίας για την διερεύνηση τόσο μεθοδολογιών όσο και παραγόντων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Η διαδεδομένη χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης και πιο συγκεκριμένα της μεθόδου της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας στην αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας ήταν κριτήριο για την χρήση αυτής της μεθόδου. Από την μελέτη της βιβλιογραφίας διαπιστώθηκε ότι η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας περιλαμβάνει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία αφορούν κυρίως μορφολογικά χαρακτηριστικά, τον παράγοντα της βροχόπτωσης και τη διηθητική ικανότητα του εδάφους. Μεταξύ των πιο διαδεδομένων παραγόντων τα πλέον χρησιμοποιούμενα κριτήρια αξιολόγησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι: το υψόμετρο, η κλίση, η βροχόπτωση, οι χρήσεις γης, ο τύπος εδάφους, η συσσώρευση ροής και η απόσταση από το υδατόρεμα. Ο βαθμός επιρροής του κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα διερευνήθηκε βάσει επτά σεναρίων πλημμυρικής επικινδυνότητας, των οποίων οι συντελεστές βαρύτητας, εκτιμώνται με την χρήση της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, εναλλάσσονταν καθορίζοντας ως σημαντικότερο έναν από τους προαναφερθέντες παράγοντες ανά σενάριο. Η πλημμυρική επικινδυνότητα ταξινομήθηκε σε πέντε κατηγορίες οι οποίες ήταν: πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή. Τα αποτελέσματα των σεναρίων κατέδειξαν τις περιοχές υψηλού κινδύνου πλημμύρας με διαφορές ως προς την έκταση των κατηγοριών ταξινόμησης ανάλογα με το εξεταζόμενο σενάριο. Η επικύρωση των σεναρίων πραγματοποιήθηκε με βάση τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας με χρήση της εξίσωσης των Horritt and Bates (2002). Αποδείχθηκε ότι το Σενάριο 7, με σημαντικότερο παράγοντα την απόσταση από το υδατόρεμα, ανέδειξε την πλημμυρική επικινδυνότητα με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Με αφορμή την μεγάλη πυρκαγιά που συνέβη στην Π.Ε. Έβρου στην περιοχή της Δαδιάς και της Αλεξανδρούπολης το 2023 και αυτή του 2022, εξετάστηκε η επιρροή της πλημμυρικής επικινδυνότητας ως προς την μεταβολή των χρήσεων γης και συγκεκριμένα των αποτεφρωμένων εκτάσεων. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε βάσει του σεναρίου 2, το οποίο είχε ως σημαντικότερο παράγοντα τις χρήσεις γης. Αποδείχθηκε ότι η αποτεφρωμένη έκταση αυξάνει σε μεγάλο βαθμό την πλημμυρική επικινδυνότητα.

Η επιρροή των παραγόντων είναι διαφορετική στην εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι αλλαγές που επιδέχεται κάποιος παράγοντας επηρεάζει άμεσα την πλημμυρική επικινδυνότητα. Γενικότερα, οι περιοχές υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας ήταν οι πεδινές και αυτές οι οποίες ήταν κοντά σε τμήματα του υδρογραφικού δικτύου.

ABSTRACT

Floods constitute a complex problem as a result of the catastrophic consequences they entail. Floods are considered as the second most common natural disaster due to the pernicious consequences they may cause. It is rather difficult to forecast a flood event. To this end, the European Union has enacted an institutional framework, the Flood Directive (2007/60/EU), which aims to moderate the negative consequences of floods.

This Diploma thesis aims to evaluate the flood risk in the River Basin District of Thrace (EL12). In addition, it aims to quantify the degree of influence of different factors used in the assessment of flood risk. First of all, a short literature review took place. The review aimed at collecting methodologies and factors used in flood risk assessment. The widespread use of the multicriteria analysis and the Analytic Hierarchy Process (AHP) justifies the use of this method. The review revealed that specific factors such as precipitation, infiltration rate, altitude, slope, land uses, soil type, flow accumulation and the distance from the streams are the most commonly used factors. In the present thesis, the factors used for assessing flood risk were the: (i) altitude, (ii) slope, (iii) precipitation, (iv) land use, (v) soil type, (vi) flow accumulation and (vii) distance from stream. In addition, seven scenarios were developed for the investigation of the degree of influence of every factor. In every scenario, one of the factors were weighted as the most influential, while the value of the rest of the factors was based on the values used in the literature. The results of scenarios were classified in 5 classes ranging from very low to very high flood risk. Generally, the high flood risk areas were located on the plain areas of the River Basin District of Thrace. The results also revealed that the area percentage of every class varies across the seven scenarios studied. The validation of the methodology was carried out using the Potentially Significant Flood Risk Areas for the River Basin District of Thrace, proposed by the Flood Risk Management Plans and the index proposed by Horritt and Bates (2002). The validation procedure revealed that the seventh scenario, with the most important factor being the distance from streams, described the high flood risk areas better than every other scenario.

Finally, the effect of land use changes and more specifically the effect of forest fires on flood risk was assessed. Two forest fires were assessed namely the Dadia forest fire in 2022 and the Dadia and Alexandroupoli forest fires in 2023. Due to these fire events the forest land use changed into burned areas. Based and the results, the flood risk assessment that took place revealed that the land use changes can have severe impacts on the flood risk of the study area.

Overall, the results revealed that every factor affects to a certain extend the flood risk. Also, the change of a factor influences the flood risk, depending on the degree of the severity of the factor and the intensity of a factor change. Additionally, the high flood risk areas are mainly found in plain areas.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι φυσικές καταστροφές είναι ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους που έχει να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα (Συλλίρης, 2022). Οι τελευταίες δεκαετίες χαρακτηρίζονται από την αύξηση των φυσικών καταστροφών. Μια φυσική καταστροφή εμφανίζεται όταν ένας κίνδυνος προκαλεί τραγότητα και η ζημιά που έχει προκληθεί είναι αδύνατον να ανακάμψει από την χρήση των πόρων της πληγείσας περιοχής (<https://www.mirc.ntua.gr/natural-disasters-metsovo/natural-disasters>). Ο φυσικός κίνδυνος νοείται ως το φαινόμενο (π.χ., πλημμύρα, σεισμός, ξηρασία κ.α.), το οποίο ενδέχεται να εξελιχθεί σε καταστροφή. Οι φυσικοί κίνδυνοι χαρακτηρίζονται από το σύντομο χρονικό διάστημα της εκδήλωσής τους, από την αμεσότητα των αποτελεσμάτων τους, από το γεγονός ότι μπορεί να προκαλέσουν καταστροφή και από το γεγονός ότι δημιουργούν καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (<https://www.mirc.ntua.gr/natural-disasters-metsovo/natural-disasters>). Οι φυσικές καταστροφές κατηγοριοποιούνται ως: γεωφυσικές, υδρολογικές, μετεωρολογικές, κλιματικές και βιολογικές (<https://www.mirc.ntua.gr/natural-disasters-metsovo/natural-disasters>).

Η πλημμύρα κατατάσσεται στην κατηγορία των υδρολογικών φυσικών καταστροφών. Προκαλείται από την υπερχειλίση των νερών είτε των ποταμών, είτε των λιμνών, είτε των θαλασσών. Οφείλεται κατά κύριο λόγο σε κλιματικές συνθήκες και ενισχύεται από την μορφολογία του εδάφους (Λέκκας, 2000, Κατιρτζίδης, 2015, Γρίβα, 2021). Οι πλημμύρες αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, μετά τις δασικές πυρκαγιές, είναι αναμενόμενες και εκδηλώνονται είτε ως πλημμύρες βραδείας εξέλιξης, οι οποίες δεν προκαλούν μεγάλες καταστροφές, είτε ως ξαφνικά γεγονότα-αιφνίδιες πλημμύρες (flash floods), που έχουν σοβαρές επιπτώσεις στις ανθρώπινες κοινωνίες που πλήττουν (Λέκκας, 2000).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Το φαινόμενο της πλημμύρας συναντάται από την αρχαιότητα, με γνωστό παράδειγμα το πλημμυρικό πεδίο του Νείλου στην περιοχή της Αιγύπτου (Μπέλλος, 2015, Δεβελέκου, 2020). Δεν είναι τυχαίο που σε πολλές περιπτώσεις, έχουν καταστραφεί από πλημμύρες ολόκληροι πολιτισμοί. Οι παράγοντες ποικίλουν, κάποιιοι από αυτούς είναι οι έντονες βροχοπτώσεις, η μεταβολή χρήσης γης κ.α. Οι δυνητικές επιπτώσεις των διαχωρίζονται στις (ΥΠΕΚΑ, 2009):

- Επιπτώσεις ασφάλειας και υγείας: αφορούν την ανθρώπινη υγεία, τις κοινωνικές επιπτώσεις από ζημιές σε σημαντικές υποδομές.
- Οικονομικές επιπτώσεις: ζημιές ακινήτων και κινητών ιδιοκτησιών και υποδομών (οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα, αεροδρόμια, λιμένες).
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Ρύπανση και επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα του τόπου.
- Πολιτιστικές επιπτώσεις: μνημεία πολιτισμού.

Η αναγνώριση ότι η πλημμύρα μπορεί να προκαλέσει θανάτους, να προσβάλει την ανθρώπινη ζωή και το γεγονός ότι είναι αδύνατο να προληφθεί, συγχρόνως με την αυξανόμενη συχνότητα του φαινομένου, δημιούργησε την ανάγκη για την πρόληψη των πλημμυρών, δημιουργώντας σχέδια διαχείρισης κίνδυνων πλημμύρας, προσδιορίζοντας τις ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας με σκοπό τον μετριασμό των επιπτώσεων του φαινομένου αυτού και τον σχεδιασμό κατάλληλων αντιπλημμυρικών έργων.

Η εκδήλωση πλημμυρικών γεγονότων στην Ελλάδα είναι, ως επί το πλείστον, απόρροια της έντονης γεωγραφικής μεταβλητότητας των κλιματικών στοιχείων λόγω της συνύπαρξης ανεπτυγμένης ακτογραμμής και ορογραφίας (Ράμπιας, 2007).

1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ

Σύμφωνα με το Άρθρο 2 της Κ.Υ.Α. 31822/1542/Ε103 ως πλημμύρα ορίζεται *«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»*.

Ο Κίνδυνος Πλημμύρας ορίζεται ως: *«ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται μ' αυτή την πλημμύρα»*.

Τέλος, με τον όρο Επικινδυνότητα Πλημμύρας ορίζεται: *«Η δυνατότητα εμφάνισης πλημμύρας σε συγκεκριμένο χώρο (ποσοτικοποιούμενη μέσω του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους) που αντιστοιχεί σε δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης»*.

1.3 ΤΥΠΟΙ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Η διεθνής βιβλιογραφία παρουσιάζει πλήθος ταξινομήσεων για την κατηγοριοποίηση των τύπων πλημμύρας. Στην συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η ταξινόμηση (Διακάκης και Μαρτζακλής, 2017) η οποία βασίζεται στα χαρακτηριστικά, τον τρόπο εκδήλωσης, τα αίτια και τις επιπτώσεις των τύπων πλημμυρών. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει και αναλύει τους τύπους πλημμύρας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Πίνακας 1: Κατηγορίες Πλημμυρών (Πηγή: Διακάκης και Μαρτζακλής, 2017).

Τύπος Πλημμύρας	Περιγραφή	Αίτια Πλημμυρογένεσης	Χαρακτηριστικά
Ποτάμιες πλημμύρες (fluvial floods)	Οφείλονται στην υπερχειλίση ποταμών μόνιμης ροής	Παρατεταμένη βροχόπτωση	Αργός ρυθμός ανύψωσης υδάτων Διάρκεια μερικών ημερών Χαμηλές ταχύτητες ροής Μεγάλη εξάπλωση των υδάτων
Παράκτιες πλημμύρες (coastal floods)	Άνοδος των θαλάσσιων υδάτων και κίνηση τους προς την ακτή	Ισχυροί κυματισμοί και ισχυροί άνεμοι πολλών ημερών	Γρήγορη εξάπλωση
Αστικές Πλημμύρες (urban floods)	Υπερχειλίση συστημάτων αποχέτευσης αστικών περιοχών	Αδιαπερατότητα μεγάλων επιφανειών	Γρήγορη εξάπλωση Καταστρεπτική ικανότητα
Αστραπιαίες πλημμύρες (flash floods)	Υπερχειλίση του συστήματος αποστράγγισης λόγω της γρήγορης συγκέντρωσης υδάτων	Βροχόπτωση υψηλής έντασης	Ραγδαία εξάπλωση Υψηλή ταχύτητα ροής Καταστρεπτική ικανότητα Μεταφορά πλήθος φερτών υλών Μικρή διάρκεια
Πλημμύρες από αστοχία τεχνικού έργου (dam-failure floods)		Αστοχία τεχνικών έργων	Ραγδαία εξάπλωση Καταστρεπτική ικανότητα
Πλημμύρες υπεδάφικου νερού (groundwater floods)	Επιστροφή των υδάτων στην επιφάνεια του εδάφους	Κορεσμός υδροφόρου ορίζοντα	Διάρκεια πολλών ημερών Λαμβάνουν χώρα σε επίπεδες περιοχές Αργή εξάπλωση
Πλημμύρες από την τήξη χιονιού (rain on snow floods)		Ταχεία τήξη χιονιού	
Πλημμύρες λόγω ice-jams (ice-jam floods)	Δημιουργία λιμναζόντων υδάτων λόγω παγωμένων εμποδίων ποταμών		
Πλημμύρες Jökulhlaup (Jökulhlaup floods)	Δημιουργία λιμναζόντων υδάτων λόγω εμποδίων ποταμών που προκλήθηκαν από ένα παγετόνα.		

1.4 ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΣΥΜΒΑΝΤΑ

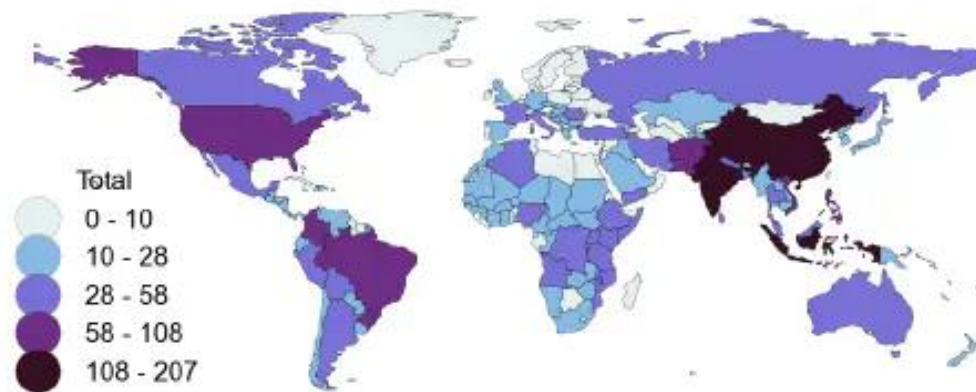
1.4.1 Παγκόσμια και Ευρωπαϊκά Πλημμυρικά φαινόμενα

Η κατανομή των πλημμυρικών περιστατικών δεν είναι ομοιόμορφη στον πλανήτη. Σε ορισμένες χώρες εμφανίζονται πιο έντονα πλημμυρικά φαινόμενα σε σχέση με άλλες. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται η κατανομή της πλημμυρικών συμβάντων, για κάθε χώρα,

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

κατηγοριοποιημένη σε πέντε κλάσεις που αφορούν τον αριθμό των πλημμυρικών περιστατικών.

Flood occurrence per country (2000-2022)



Εικόνα 1: Χάρτης εμφάνισης πλημμυρικών περιστατικών ανά χώρα, έτη 2000-2022 (Πηγή: <https://www.emdat.be/>)

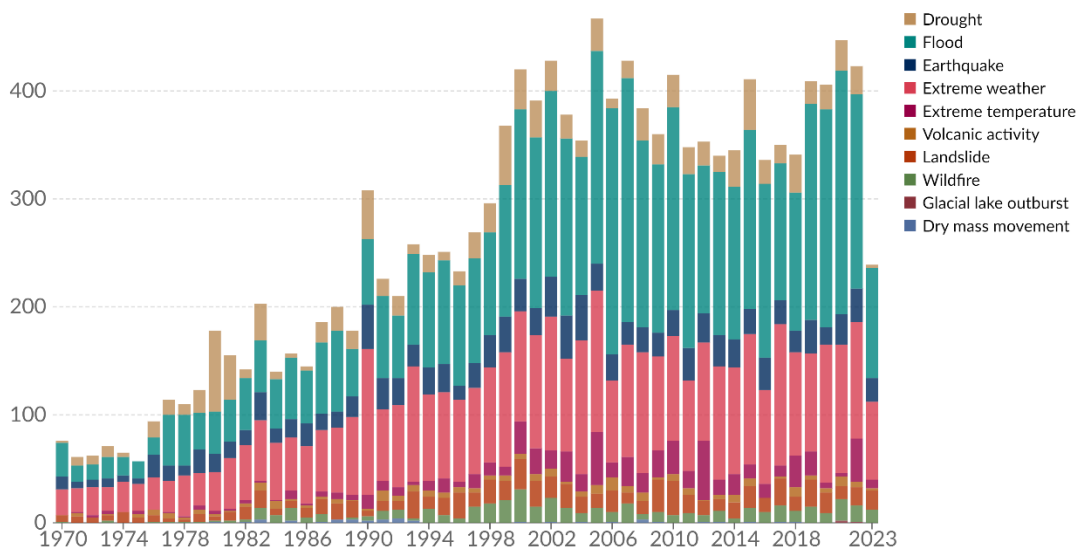
Οι φυσικές καταστροφές χαρακτηρίζονται από την μη προβλεψιμότητα τους. Τους τελευταίους δύο αιώνες έχουν χαθεί πάνω από 100.000.000 ανθρώπινες ζωές από τις φυσικές καταστροφές, περίπου το ένα δέκατο αυτών οφείλεται στις πλημμύρες (<https://www.emdat.be/>). Η πλημμύρα θεωρείται από τους πιο διαδεδομένους τύπους καταστροφών. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τις κλιματικές συνθήκες οι οποίες με την σειρά τους οδηγούν σε ακραία καιρικά φαινόμενα, των οποίων οι συνέπειες πολλές φορές είναι καταστροφικές (https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el). Οι πλημμύρες κάνουν όλο και πιο συχνή την εμφάνιση τους τα τελευταία χρόνια, κάτι το οποίο αποδίδεται στην πληθυσμιακή αύξηση και στις ανθρώπινες παρεμβάσεις (Γρίβα, 2021). Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η κατανομή των φυσικών καταστροφών για κάθε χρονιά, από το 1970 έως και το 2023 (<https://ourworldindata.org/natural-disasters>). Παρατηρείται η υψηλή εμφάνιση της πλημμύρας έναντι των υπόλοιπων τύπων φυσικών καταστροφών και η αυξανόμενη εμφάνιση των πλημμυρών με την πάροδο των ετών.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Global reported natural disasters by type, 1970 to 2023

Our World
in Data

The annual reported number of natural disasters, categorised by type. The number of global reported natural disaster events in any given year. Note that this largely reflects increases in data reporting, and should not be used to assess the total number of events.



Data source: EM-DAT, CRED / UCLouvain (2023)

[OurWorldInData.org/natural-disasters](https://ourworldindata.org/natural-disasters) | CC BY

Note: Data includes disasters recorded up to September 2023.

Εικόνα 2: Κατανομή παγκοσμίως των φυσικών καταστροφών, έτη 1973 έως 2023 (Πηγή: <https://ourworldindata.org/natural-disasters>)

Έχουν καταγραφεί πολύ μεγάλοι αριθμοί θανάτων και ζημιών στην ιστορία της ανθρωπότητας από τις πλημμύρες., Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τις δέκα πιο θανατηφόρες πλημμύρες στην ανθρώπινη παγκόσμια ιστορία (<https://www.history.com/news/worlds-most-catastrophic-floods-in-photos>, <https://disasterpreparedness.org/disaster-preparedness-flood-disaster-plan/flood-information-worst-floods-in-history/>, <https://www.valuewalk.com/top-10-deadliest-floods-world-history/>).

Οι μεγαλύτερες πλημμυρικές καταστροφές λαμβάνουν χώρα εκτός Ευρώπης. Η Κίνα, οι Ινδίες και οι ΗΠΑ έχουν καταγράψει τις περισσότερες και μεγαλύτερες καταστροφές από πλημμύρες. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τον ΟΗΕ, παρατηρείται μεγάλη αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων και σημειώνεται ότι τα φαινόμενα αυτά ενδέχεται να αυξηθούν τα επόμενα χρόνια (Γρίβα, 2021).

Σύμφωνα με τον ΥΠΕΚΑ (2009), από το έτος 1980 στην Ευρώπη έχουν καταγραφεί 1500 πλημμυρικά συμβάντα, περισσότεροι από 4300 θάνατοι και ζημιές ύψους 170 δις ευρώ. Παρά την αύξηση του πληθυσμού, τα ανθρώπινα θύματα των πλημμυρών παρουσιάζουν πτώση με ετήσιο ρυθμό 1,4% μέχρι το 1950 και 4,3% πτώση από τότε και έπειτα. Παρόμοια είναι και η κατάσταση στις οικονομικές ζημιές (European Environment Agency, 2007).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Πίνακας 2: Τα 10 πιο θανατηφόρα πλημμυρικά γεγονότα παγκοσμίως (Πηγές: <https://www.history.com/news/worlds-most-catastrophic-floods-in-photos>, <https://disasterpreparedness.org/disaster-preparedness-flood-disaster-plan/flood-information-worst-floods-in-history/>, <https://www.valuewalk.com/top-10-deadliest-floods-world-history/>).

Τοποθεσία	Ημερομηνία	Τύπος πλημμύρας	Αριθμός Θανάτων
Κίνα – Yellow River, Yangtze River, Huai River	1931	Ποτάμια	4.000.000
Κίνα – Yellow River	1887	Ποτάμια	2.000.000
Κίνα – Yellow River	1938	Ποτάμια	900.000
Κίνα – Banqiao Dam	1975	Αστοχία Τεχνικού έργου	160.000
Κίνα – Yangtze River	1935	Ποτάμια	142.000
Ολλανδία – St. Felix	1530	Παράκτια	120.000
Κίνα – Yangtze River	1911	Ποτάμια	100.000
Βιετνάμ – Red River	1971	Ποτάμια	100.000
Ολλανδία – St.Lucia	1287	Παράκτια	80.000
Ολλανδία – Βόρεια Θάλασσα	1212	Παράκτια	60.000

Μεταξύ του 1950 και σήμερα η Ευρώπη έχει πληγεί από σοβαρές πλημμύρες. Αρχικά το 1953, η γνωστή και ως «North Sea Flood of 1953», από την οποία επλήγησαν η Ολλανδία, τα παράλια της Μεγάλης Βρετανίας, το Βέλγιο και η Γερμανία. Η «North Sea Flood of 1953» ήταν βορειοδυτική καταιγίδα, της οποίας οι άνεμοι ύψωσαν τα ύδατα της θάλασσας 4 με 5 μέτρα πάνω από την μέση στάθμη της θάλασσας. Το νερό κάλυψε μεγάλες εκτάσεις γης καταστρέφοντας πάνω από 25.000 κατοικίες και προκάλεσε τον θάνατο σε 2000 ανθρώπους. Η πιο θανατηφόρα πλημμύρα στην ιστορία της Ρουμανίας συνέβη το 1926 με την υπερχειλίση του ποταμού Δούναβη, η οποία στοίχισε την ζωή σε περίπου 1.000 ανθρώπους. Το 1973 στην Ισπανία, και συγκεκριμένα στην περιοχή της Βαρκελώνης, συνέβη η χειρότερη πλημμύρα στην ιστορία της Ισπανίας, όταν μία ακραία βροχόπτωση έπληξε τη χώρα, έπειτα από ξηρασία έξι μηνών, αφήνοντας πίσω της περίπου 500 νεκρούς. Στις 25 και 26 Νοεμβρίου του 1967, η Πορτογαλία επλήγη από την πιο καταστροφική πλημμύρα στην ιστορία της, όταν μετά από έντονες βροχοπτώσεις τεσσάρων με εννέα ωρών και εκτιμώμενης περιόδου επαναφοράς 100 ετών, η πόλη της Λισαβόνας πλημμύρησε. Στη συγκεκριμένη πλημμύρα πέθαναν 462 άνθρωποι. Μία από τις χειρότερες πλημμύρες στην Ισπανία ήταν αυτή του 1962, γνωστή ως «Rubi flood», στην περιοχή της Βαρκελώνης, μετά από έντονη βροχόπτωση διάρκειας δυο ωρών και ύψους 200 mm, η οποία άφησε περίπου 800 νεκρούς. Γνωστή ως «North Sea Flood of 1962», η καταστροφική παράκτια πλημμύρα του 1962 προκλήθηκε από έναν εξωτροπικό κυκλώνα στην Βόρεια Θάλασσα πλημμυρίζοντας την περιοχή του Αμβούργου στην Γερμανία, με τα θύματα των νεκρών να αγγίζουν τους 347. Η κατάρρευση του φράγματος Val di Stava στην Βόρεια Ιταλία, στην περιοχή του Tesero, προξένησε πλημμύρα η οποία αφαίρεσε την ζωή από 268 ανθρώπους. Στην περιοχή της Βουλγαρίας το έτος 1970 ο ποταμός Tisza υπερχειλίσει με αποτέλεσμα η πεδιάδα να πλημμυρήσει και να χαθούν περί τους 300 ανθρώπους. Το 1954, μετά από έντονες καταιγίδες, ο ποταμός Salerno στην Ιταλία υπερχειλίσει με αποτέλεσμα να θανατώσει πάνω από 200 ανθρώπους. Η πιο πρόσφατη και από τις πιο σημαντικές πλημμύρες στην Ευρώπη συνέβη τον Ιούλιο του 2021, όταν ισχυρότατες βροχοπτώσεις, τόσο ισχυρές που επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τέτοιο φαινόμενο εμφανίζεται μία φορά στα 400 χρόνια, έπληξαν την Γερμανία και το Βέλγιο, τα ύδατα των ποταμών ξεπέρασαν τις κοίτες, πλημμυρίζοντας τεράστιες εκτάσεις και προσέβαλαν χιλιάδες ανθρώπους, εκ των οποίων περί τους 200 βρέθηκαν νεκροί (<https://www.history.com/news/worlds-most-catastrophic-floods->

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

[in-photos, https://disasterpreparedness.org/disaster-preparedness-flood-disaster-plan/flood-information-worst-floods-in-history/](https://disasterpreparedness.org/disaster-preparedness-flood-disaster-plan/flood-information-worst-floods-in-history/), <https://www.valuewalk.com/top-10-deadliest-floods-world-history/>).

1.4.2 Ιστορικό Πλημμυρών στην Ελλάδα

Η κλίμακα των καταστροφών από τις πλημμύρες στην Ελληνική επικράτεια δεν έχει τέτοια μεγέθη σε σχέση με αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Παρόλα αυτά, έχει πληγεί αρκετές φορές τον τελευταίο αιώνα από πλημμύρες, οι οποίες έχουν αφήσει έντονα το στίγμα τους. Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότερες πλημμύρες που συνέβησαν στην χώρα χρονολογικά από την παλαιότερη έως την πλέον πρόσφατη. (<https://www.newsbomb.gr/ellada/story/1466767/ellada-oi-7-pio-fonikes-plimmyres-stin-istoria-tis-xoras>, <https://eleftherostypos.gr/istories/837356-to-apotypoma-tis-fysis-oi-katastrofikes-plimmyres-poy-sygklonisan-tin-ellada>, http://edu.chi.civil.ntua.gr/site-LESSONS/HTML_PLIMIRES/PERIEXOMENO/Prosthetes_simioseis_GREECE.htm, <https://www.newsbeast.gr/greece/arthro/7864456/kakokairia-ianos-oi-epistimonες-lene-pos-itan-o-ischyroteros-kyklonas-sti-mesogeio-apo-ta-mesa-tou-20ου-aioua>, <https://www.cnn.gr/ellada/story/382087/apo-tin-evrydiki-ston-daniel-oi-xeiroteres-plimmyres-tis-20etias-i-katastrofi-se-arithmoys>.)

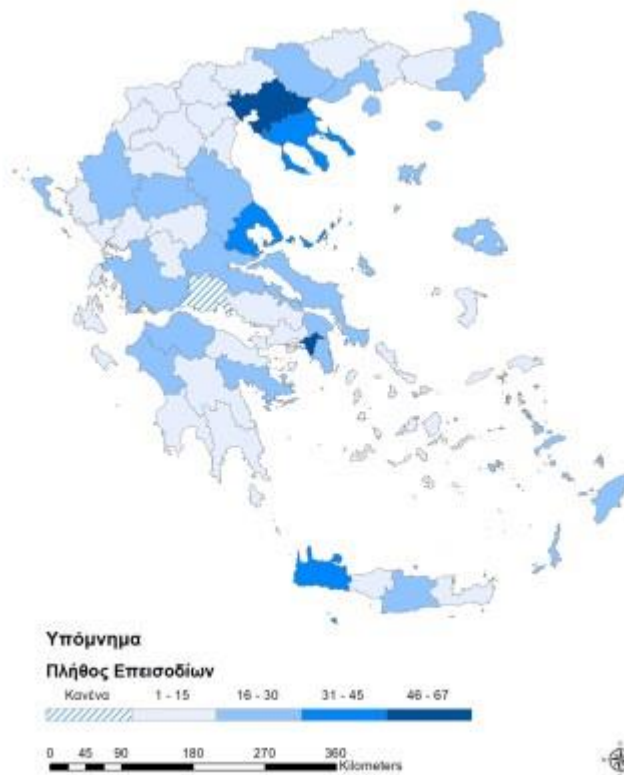
- Η «Πλημμύρα του Αγίου Φιλίππου» όπως ονομάστηκε λόγω του ότι συνέβη ανήμερα της εορτής του Απόστολου Φιλίππου, στις 14 Νοεμβρίου του 1896. Η σφοδρή βροχόπτωση διήρκεσε 11 ώρες και 40 λεπτά και το ύψος της βροχής μετρήθηκε στα 150,2 mm. Τα πρόχειρα σπίτια, οι χωματόδρομοι, το ανύπαρκτο αποχετευτικό δίκτυο, οι λανθασμένες διευθετήσεις του Ιλισού και του Κηφισού αποτέλεσαν σημαντικοί παράγοντες του συμβάντος. Ο απολογισμός του συμβάντος ήταν 62 νεκροί, 450 κατεστραμμένες κατοικίες, κατεστραμμένοι δρόμοι και υποδομές.
- 4 Ιουνίου 1907, η «Φονική» πλημμύρα, όπως χαρακτηρίστηκε λόγω του μεγέθους της καταστροφής που προκάλεσε, στα Τρίκαλα Θεσσαλίας. Μία σφοδρή καταιγίδα διάρκειας 7 ωρών υπερχειλίσε τον ποταμό Ληθαίο. Αποτέλεσμα αυτού, ήταν η καταστροφή πάνω από 2000 κατοικιών που άφησε άστεγους 6000 ανθρώπους, ο θάνατος πάνω από 100 πολιτών, η καταστροφή όλων των γεφυρών της περιοχής πλην μίας, της κεντρικής. Ως αίτια αυτής της μεγάλης πλημμύρας ήταν η απουσία υδραυλικών έργων, οι επεμβάσεις στην κοίτη του ποταμού, οι πλιθινές κατοικίες, η έντονη βροχόπτωση και η τοπικότητα του φαινομένου.
- Ισχυρή νεροποντή διάρκειας τριών ωρών με επίκεντρο την πόλη της Καλαμάτας είχε σαν αποτέλεσμα την άνοδο των υδάτων της κοίτης του ποταμού Νέδοντα και των ρεμάτων του με αποτέλεσμα τα ύδατα να εισχωρήσουν εντός της πόλης και αποτέλεσμα αυτού ήταν ο θάνατος 15 ανθρώπων και ζημιές ύψους 200.000.000 δρχ.
- Μία ισχυρή καταιγίδα που διήρκεσε 18 ώρες ήταν ικανή να πλημμυρίσει τις περιοχές της Πελοποννήσου στις 28 Νοεμβρίου του 1928. Η υπερχειλίση του Πηνειού ποταμού είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή των γεωργικών εκτάσεων, την κατάρρευση 200 κατοικιών και τον θάνατο 10 ανθρώπων.
- Το έτος του 1934 στις 22 Νοεμβρίου στην Αττική, από μία ισχυρή καταιγίδα έξι ωρών υπερχειλίσε ο Κηφισός Ποταμός. Πολλές περιοχές της Αθήνας επηρεάστηκαν με το νερό να φτάνει σε κάποιες περιοχές έως και τα δύο μέτρα, έξι άνθρωποι έχασαν την ζωή τους και προξενήθηκαν ζημιές σε σπίτια.
- Στις 13 Οκτωβρίου του 1955 ο Βόλος έρχεται αντιμέτωπος με μία σφοδρή καταιγίδα η οποία εξελίχθηκε σε πλημμύρα. Ο απολογισμός τις πλημμύρας ήταν 27 νεκροί και 23 τραυματίες, ανυπολόγιστες ζημιές καθώς μεγάλο τμήμα της πόλης καταστράφηκε.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Μία από τις πιο θανατηφόρες πλημμύρες εξελίχθηκε στην Αττική στις 6 Νοεμβρίου του 1961 όταν μέσα σε 8 ώρες σημειώθηκε ύψος βροχής 114 mm επηρεάζοντας κυρίως τις περιοχές του Μπουρναζίου, των Λιοσίων, του Ταύρου, του Θησειού, του Αιγάλεω, του Μοσχάτου, του Νέου Φαλήρου, της Νίκαιας και του Ρέντη. Σαρανταεπτά άνθρωποι έχασαν την ζωή τους και 4000 έμειναν άστεγοι.
- Άλλη μία μεγάλη πλημμύρα σημειώθηκε και πάλι στο Λεκανοπέδιο της Αττικής στις 2 Νοεμβρίου του 1977, η οποία εξελίχθηκε μέσα σε λίγες ώρες. Σε κάποιες περιοχές τα ύψη της βροχής έφτασαν τα 160 mm στις Δυτικές περιοχές με αποτέλεσμα ο Κηφισός ποταμός να ξεχειλίζει. Οι νεκροί έφτασαν τους 39, 1924 υπόγεια πλημμύρισαν και οι περιοχές του Μοσχάτου και Αιγάλεω κηρύχθηκαν σε καθεστώς έκτακτης ανάγκης.
- Στην περιοχή της Νέας Ιωνίας και του Περισσού Αττικής συνέβη άλλη μία πλημμύρα στις 21 Οκτωβρίου του 1994, όπου προκλήθηκε από μία καταιγίδα 9 ωρών, με αποτέλεσμα τα ύδατα του ποταμού Ποδονίφτη να υπερβούν την κοίτη του. Δέκα άνθρωποι έχασαν την ζωή τους.
- Μία από τις σοβαρές και σχετικά πρόσφατες πλημμύρες έπληξαν την περιοχή της Μάνδρας Αττικής στις 15 Νοεμβρίου του 2017. Η έντονη βροχόπτωση δημιούργησε χείμαρρο από το όρος Πατέρα ακολουθώντας την πορεία των ρεμάτων που λόγω εμποδίων διαπέρασαν την πόλη. Οι καταστροφές ήταν πολλές και εκτός αυτού 24 άνθρωποι βρέθηκαν νεκροί.
- Στις 9 Αυγούστου του 2020, η καταιγίδα «Θάλεια» εκδηλώθηκε στην περιοχή της Εύβοιας, της Βοιωτίας και της Φθιώτιδας με την Εύβοια να αντιμετωπίζει τα σοβαρότερα προβλήματα. Ο βροχομετρικός σταθμός στην Στενή Ευβοίας σημείωσε 300 χιλιοστά βροχής σε διάστημα 8 ωρών. Οι θάνατοι που σημειώθηκαν ήταν οχτώ, 2500 σπίτια υπέστησαν σοβαρές ζημιές, όπως ζημιές προξενήθηκαν σε γέφυρες.
- Ο Μεσογειακός κυκλώνας, όπως χαρακτηρίστηκε από τους ειδικούς, με το όνομα «Ιανός» ξεκίνησε από τον Κόλπο Σύρτης και πέρασε στην Ελλάδα στις 17 Σεπτεμβρίου του 2020, επηρεάζοντας αρχικά τα Επτάνησα. Στις 20 Σεπτεμβρίου τα φαινόμενα του κυκλώνα έπληξαν την περιοχή της Θεσσαλίας με αποτέλεσμα να προκληθούν φαινόμενα πλημμύρας. Η περιοχή της Καρδίτσας κατέγραψε τις περισσότερες ζημιές. Καταγράφηκαν 4 θάνατοι, πάνω από 5000 ζημιές κτηρίων και πραγματοποιήθηκαν πάνω από 900 διασώσεις.
- Μόλις πριν λίγους μήνες η κακοκαιρία με το όνομα «Daniel» έπληξε όλη την χώρα με μεγαλύτερο θύμα της περιοχή της Θεσσαλίας. Η έντονη βροχόπτωση διήρκεσε σχεδόν δύο ημέρες, σταθμοί του Πήλιου σημείωσαν 754 mm βροχής, που αποτελεί την μεγαλύτερη τιμή που έχει καταγραφεί στην περιοχή. Η περιοχή του Βόλου έφτασε τα 367 mm βροχής. Η έκταση των πλημμυρισμένων περιοχών έφτασε 1.438.762 στρέμματα και όλη η περιοχή της Θεσσαλίας αντιμετώπιζε σοβαρά προβλήματα. Συγκεκριμένα, ο Βόλος και περιοχές της Καρδίτσας κηρύχθηκαν σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Καλλιέργειες καταστράφηκαν, ζώα πνίγηκαν και σκοτώθηκαν 17 άνθρωποι.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των πλημμυρών στον Ελληνικό χώρο έχει προέλθει από έντονα καιρικά φαινόμενα και την υπερχειλίση ποταμών (αιφνίδιες πλημμύρες). Η Εικόνα 3 παρουσιάζει το πλήθος των πλημμυρικών επεισοδίων ανά νομό από το 2000 έως το 2022.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 3: Χάρτης Συχνότητας Πλημμυρικών Επεισοδίων, έτη 2000-2020 (Πηγή: <https://www.meteo.gr/graphics/extreme/HIWE-report2000-2020.pdf>).

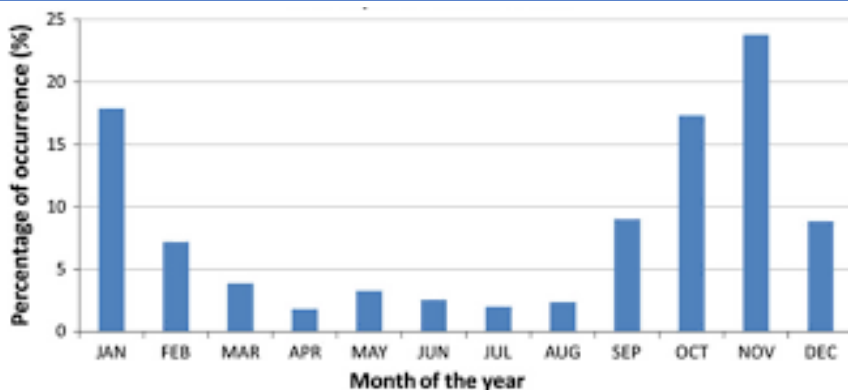
Η Αττική είναι μία από τις περιοχές της Ελλάδας που έχουν συχνή εμφάνιση πλημμυρών και σε αυτό οφείλεται η έντονη αστική ανάπτυξη και η χαμηλή περατότητα των εδαφών. Παρόμοια εμφανίζεται η κατάσταση στην Θεσσαλονίκη. Επιπλέον, ο Νομός Χανίων είχε αρκετά πλημμυρικά συμβάντα τα τελευταία 20 χρόνια, όπως επίσης ο Νομός Χαλκιδικής και ο Νομός Μαγνησίας. Από την Περιφέρεια της Θράκης, ο Νομός Έβρου παρουσιάζει επεισόδια πλημμύρας.

1.4.3 Χωροχρονική κατανομή των πλημμυρών

Με σκοπό την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου, ο Διακάκης (2013) παρουσίασε την χωρική και χρονική κατανομή εμφάνισης των πλημμυρών σε επίπεδο χώρας συγκρίνοντας την με αυτή της περιοχής της Μεσογείου.

Πιο συγκεκριμένα μετά από την συλλογή δεδομένων εμφάνισης των πλημμυρών και των θανάτων που έχουν προέλθει από αυτές, αναφέρει ότι το Φθινόπωρο με ποσοστό 46,6% είναι η πιο συχνή εποχή εμφάνισης του φαινομένου και ακολουθεί ο Χειμώνας (38%), ακολούθως η Άνοιξη (8,7%) και το Καλοκαίρι (6,7%). Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται η κατανομή της εμφάνισης πλημμυρών ανά μήνα. Ως απόρροια αυτού, ο Νοέμβριος είναι ο μήνας εμφάνισης περισσότερων συμβάντων πλημμύρας, με ποσοστό 20,6%. Δεύτερος μήνας εμφάνισης πλημμυρών έρχεται ο Ιανουάριος με ποσοστό 19,5% (Λιτσίου, 2020).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 4: Διάγραμμα ποσοστιαίας κατανομής εμφάνισης πλημμυρικών περιστατικών (Πηγή: Λιτσίου Τζένη, https://ikee.lib.auth.gr/record/325100/files/LITSIOYTZENH881_EE.pdf)

Αναφέρεται επίσης, διαφορετική χρονική κατανομή των πλημμυρών του ανατολικού και του δυτικού τμήματος της χώρας. Οι ανατολικές περιφέρειες καταγράφουν πλημμυρικά συμβάντα κυρίως τον Ιανουάριο (32%), ενώ οι δυτικές τον Νοέμβριο (23%), τον Οκτώβριο (18%) και τον Ιανουάριο (16%). Επίσης, στο Βόρειο τμήμα της Ελλάδας καταγράφονται περισσότερες πλημμύρες το καλοκαίρι σε σχέση με το Νότιο (Διακάκης, 2013).

Σύμφωνα με τον Διακάκη (2013), η Μεσόγειος παρουσιάζει εποχικότητα στην εμφάνιση πλημμυρών, όπως και σχέση γεωγραφικής θέσης. Το βόρειο τμήμα της χαρακτηρίζεται από την αυξημένη παρουσία πλημμυρικών συμβάντων τους θερινούς μήνες, σε αντίθεση με το νότιο τμήμα, της οποίας τα περισσότερα πλημμυρικά περιστατικά εμφανίζονται τους χειμερινούς μήνες. Η ίδια κατάσταση επικρατεί και στον άξονα Δύσης-Ανατολής. Οι δυτικές περιοχές της Μεσογείου έχουν αυξημένη συχνότητα εμφάνισης πλημμυρών κατά την περίοδο του καλοκαιριού και οι ανατολικές την περίοδο του χειμώνα. Οι ενδιάμεσες περίοδοι του χρόνου, Φθινόπωρο και Άνοιξη, παρουσιάζουν σταθερή συχνότητα πλημμυρικών επεισοδίων και στους δύο άξονες (Βορράς-Νότου και Δύσης-Ανατολής)

1.5 ΑΙΤΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΕΝΝΗΣΗΣ & ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Βασικό και κύριο αίτιο για την εμφάνιση μίας πλημμύρας, είναι η ποσότητα του νερού που κατακλύζει μία περιοχή στεριάς. Αυτό μπορεί να προκύψει από έντονα καιρικά φαινόμενα βροχές, χιονοπτώσεις, χαλαζοπτώσεις κ.α., γεγονότα τα οποία εναποθέτουν μεγάλες ποσότητες νερού, είτε από ισχυρούς ανέμους, οι οποίοι ωθούν τα θαλάσσια ύδατα προς την στεριά, είτε από σεισμούς που μπορεί να προκαλέσουν μεγάλα κύματα. Στην συγκεκριμένη εργασία θα παρουσιαστούν τα αίτια τα οποία οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα και όχι τα φυσικά αίτια. Τα σημαντικότερα ανθρωπογενή αίτια είναι (http://edu.chi.civil.ntua.gr/site-LESSONS/HTML_PLIMIRES/PERIEXOMENO/Prosthetes_simioseis_GREECE.htm):

- Η αστική ανάπτυξη και η εξάπλωση της, που μειώνει την υδροπερατότητα των εδαφών και αυξάνει την επιφανειακή απορροή,
- Η κατασκευή έργων σε τμήματα του υδρογραφικού δικτύου,
- Το φράξιμο των κοιτών των ποταμών,
- Τα απαρχαιωμένα και ανεπαρκή αντιπλημμυρικά έργα και δίκτυα αποχέτευσης ομβρίων υδάτων,
- Η έλλειψη συντήρησης του δικτύου απορροής υδάτων,
- Η αποψίλωση των δασών και οι πυρκαγιές,

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Ο εγκιβωτισμός της κοίτης ποταμών και χειμάρρων
- Η μεταβολή της κοίτης ποταμού.

Η αποφυγή ενός πλημμυρικού συμβάντος είναι αδύνατη. Δυνατή όμως είναι η αξιολόγηση και διαχείριση της επικινδυνότητας των πλημμυρικών φαινομένων (Kourgialas and Karatzas, 2011). Πιο συγκεκριμένα οι Kourgialas and Karatzas (2011) αναφέρουν ότι η στρατηγική διαχείρισης πλημμυρών περιλαμβάνει: (i) μέτρα πριν τις πλημμύρες, (ii) πρόβλεψη πλημμυρών, (iii) μέτρα μετά τις πλημμύρες.

- Προπλημμυρικά μέτρα: αυτά αφορούν στρατηγικές για την πρόληψη και διαχείριση πλημμυρών, δηλαδή τεχνικά έργα για τον έλεγχο των πλημμυρών, ρυθμιστικά μέτρα για τις χρήσεις γης και τον πολεοδομικό σχεδιασμό και οικονομικά μέτρα για την προώθηση, την ρύθμιση και την επικοινωνία.
- Πρόβλεψη πλημμυρών: αυτή αφορά σύστημα προειδοποίησης πλημμύρας (FFWS), το οποίο περιλαμβάνει δίκτυο τηλεμετρικών σταθμών καταγραφής βροχοπτώσεων, μετεωρολογικών παραμέτρων και ροής ποταμού, το οποίο παρέχει άμεση προειδοποίηση για ανάπτυξη σχεδίου εκκένωσης. Αποσκοπεί στην άμεση κινητοποίηση και ο απώτερος σκοπός του είναι η μείωση των δυνητικών συνεπειών.
- Μεταπλημμυρικά μέτρα: αυτά αφορούν την άμεση αποκατάσταση των πληγέντων περιοχών - μέτρα ανακούφισης και αποκατάστασης υποδομών που υπέστησαν ζημιές. Αποσκοπούν στον μετριασμό των συνεπειών και την άμεση αποκατάσταση.

1.6 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.6.1 ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ

Το 2000 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε την οδηγία 2000/60/ΕΚ για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Η θέσπιση της οδηγίας προήλθε από τις εξής εκτιμήσεις:

- Το νερό αποτελεί κληρονομιά και πρέπει να προστατεύεται.
- Βελτίωση οικολογικής ποιότητας κοινοτικών επιφανειακών υδάτων.
- Προστασία υπόγειων υδάτων.
- Αυξανόμενη πίεση λόγω αύξησης της ζήτησης ύδατος καλής ποιότητας.
- Προστασία των υδροβιότοπων.
- Ορθολογική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων.

Σκοπός της οδηγίας αποτελεί η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων, βελτιώνοντας την κατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων, του υδάτινου περιβάλλοντος, προωθώντας την βιώσιμη χρήση του νερού, αποτρέποντας την περαιτέρω ρύπανση των υδάτων, μετριάζοντας τις επιπτώσεις ξηρασίας και πλημμύρας, παρέχοντας καλής ποιότητας επιφανειακό και υπόγειο νερό. Η Οδηγία 2000/60 ορίζει ότι τα κράτη μέλη προσδιορίζουν τις εθνικές τους λεκάνες απορροής ποταμών και τμήματα αυτών που βρίσκονται σε άλλα κράτη για την παρούσα μελέτη. Επιπλέον, με την Οδηγία 2000/60 θεσπίστηκε ότι τα κράτη μέλη πρέπει εξασφαλίζουν τις κατάλληλες διοικητικές ρυθμίσεις και προσδιορίζουν κατάλληλη αρμόδια αρχή.

Τα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής καθορίζουν προγράμματα για την λήψη μέτρων για τα:

- Επιφανειακά Ύδατα: προστασία, αναβάθμιση και αποκατάσταση των συστημάτων επιφανειακών υδάτων σκοπεύοντας στην καλή κατάσταση τους και μείωση της ρύπανσής τους.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Υπόγεια Ύδατα: Λήψη μέτρων για τον περιορισμό διοχέτευσης ρύπων στα υπόγεια ύδατα προλαμβάνοντας την υποβάθμιση των συστημάτων υπογείων υδάτων. Τα κράτη μέλη προστατεύουν, αναβαθμίζουν και αποκαθιστούν όλα τα συστήματα υπόγειων υδάτων για την επίτευξη της καλής κατάστασής τους.
- Προστατευόμενες περιοχές: Τα κράτη μέλη συμμορφώνονται με όλα τα πρότυπα και τους στόχους. Σε υδατικά συστήματα, στα οποία αφορούν δύο ή περισσότεροι στόχοι εφαρμόζεται ο αυστηρότερος στόχος. Τα κράτη μέλη καθορίζουν τα τεχνητά συστήματα επιφανειακών υδάτων.

Τα κράτη μέλη για κάθε λεκάνη απορροής ποταμού αναλαμβάνουν την ανάλυση των χαρακτηριστικών της, την επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα και την οικονομική ανάλυση χρήσης ύδατος. Απαραίτητη είναι η ενημέρωση αυτών. Σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού προσδιορίζονται όλα τα υδατικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για υδροληψία πόσιμου νερού και τα υδατικά συστήματα για μελλοντική χρήση. Για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής παρακολουθείται η κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και οι προστατευόμενες περιοχές.

Το εθνικό δίκαιο με τον Νόμο ΥΠ' ΑΡΙΘ. 3199 εναρμονίζεται με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Με το ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟ 51 συμμορφώνεται με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/ΕΚ «για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων». Το παρόν Π.Δ. αποσκοπεί στην εφαρμογή των διατάξεων των άρθρων 9 και 10 του ν.1650/1986 και των άρθρων 4,5,6,7,8 του νόμου 3199/2003 και την συμμόρφωση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, με σκοπό την ολοκληρωμένη προστασία και ορθολογική διαχείριση των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων νερών. Απώτερος σκοπός είναι η αποτροπή της επιδείνωσης και βελτίωσης των υδάτινων οικοσυστημάτων, η προώθηση βιώσιμης χρήσης νερού, η ενίσχυση της προστασίας και η βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος, η μείωση της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και ο μετριασμός από πλημμύρες και ξηρασίες.

1.6.2 ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ

Στις 23 Οκτωβρίου του έτους 2007 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο εξέδωσαν την οδηγία 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση κινδύνων πλημμύρας, η οποία στηρίχτηκε στις εξής εκτιμήσεις:

- Οι πλημμύρες δύνανται να προκαλέσουν θανάτους, μετακινήσεις πληθυσμών, περιβαλλοντικές και οικονομικές ζημιές
- Αποτελούν απρόβλεπτα φαινόμενα, που ωστόσο ορισμένες ανθρώπινες δραστηριότητες αυξάνουν την πιθανότητα του φαινομένου και των αρνητικών επιπτώσεων αυτού.
- Σκοπός είναι η μείωση του κινδύνου των αρνητικών συνεπειών και τα μέτρα να συντονιστούν σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού.
- Απαιτείται η συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών και τρίτων χωρών για τον μετριασμό και πρόληψη πλημμυρών, όπως και η βοήθεια σε περιπτώσεις ανάγκης.
- Στις αναπτυξιακές πολιτικές να εξετάζονται οι επιπτώσεις κινδύνων πλημμύρας.
- Σημειώνονται διάφοροι τύποι πλημμυρών και διαφορετικές ζημιές σε κάθε τόπο. Οι στόχοι για την διαχείριση πλημμύρας καθορίζονται από τα κράτη μέλη.
- Καθορισμός σημαντικών και μη περιοχών στην λεκάνη απορροής ποταμού για την αξιολόγηση κινδύνων πλημμύρας και δυνατότητα μετριασμού του.
- Καθιέρωση χαρτών κινδύνου και επικινδυνότητας αναφερόμενοι στις δυνητικές αρνητικές συνέπειες και πηγές περιβαλλοντικής ρύπανσης που συνδέονται με διαφορετικά σενάρια πλημμύρας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Καθορισμός σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες των περιοχών, τα οποία εστιάζουν στην πρόληψη, την προστασία και την ετοιμότητα.

Η Οδηγία 2007/60/ΕΚ θέτει ως σκοπό την θέσπιση πλαισίου για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, με στόχο την μείωση των αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία, στο περιβάλλον, στην πολιτιστική κληρονομιά και στις οικονομικές δραστηριότητες που συνδέονται με τις πλημμύρες στην Κοινότητα.

Τα κράτη μέλη υποχρεούνται να προβούν στις ακόλουθες ενέργειες:

- Διεξαγωγή Προκαταρκτικής Αξιολόγησης των Κινδύνων Πλημμύρας: Για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού η τμήμα διεθνούς λεκάνης απορροής ποταμού που βρίσκεται στην επικράτεια τους. Για την υλοποίηση αυτής δύναται να χρησιμοποιηθούν χάρτες της λεκάνης απορροής ποταμού, περιγραφή παρελθοντικών πλημμυρικών συμβάντων και να αξιολογηθούν οι δυνητικές αρνητικές συνέπειες μελλοντικών πλημμυρών, με σκοπό τον προσδιορισμό των περιοχών ύπαρξης δυνητικών σοβαρών κινδύνων πλημμύρας.
- Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας: Σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού για περιοχές που κρίθηκαν επικίνδυνες από την προκαταρκτική αξιολόγηση. Για τους χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας εξετάζονται τα ακόλουθα σενάρια:
 - Πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας ή σενάρια ακραίων φαινομένων.
 - Πλημμύρες μέσης πιθανότητας (με περίοδο επαναφοράς ≥ 100 χρόνια).
 - Πλημμύρες υψηλής πιθανότητας ανάλογα με την περίπτωση.

Για κάθε από τα παραπάνω σενάρια παρατίθενται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η έκταση της πλημμύρας
- Το βάθος του νερού ή η στάθμη του νερού ανάλογα με την περίπτωση
- Ανάλογα με την περίπτωση, η ταχύτητα ροής ή η σχετική ροή υδάτων

Οι αρνητικές συνέπειες των παραπάνω σεναρίων περιγράφονται από τους χάρτες κινδύνου πλημμύρας ως εξής:

- Ενδεικτικός αριθμός κατοίκων που ενδέχεται να πληγούν
- Τύπος οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή που ενδέχεται να πληγεί
- Περιοχές που ενδέχεται να προκληθεί περιβαλλοντική ρύπανση και προστατευόμενες περιοχές που ενδέχεται να επηρεαστούν
- Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας: Σε επίπεδο λεκάνης απορροής θέτοντας κατάλληλους στόχους για την μείωση των αρνητικών συνεπειών των πλημμυρών στις περιοχές κινδύνου και εστιάζοντας στην πρόληψη, προστασία και ετοιμότητα των πλημμυρών.

Τα κράτη μέλη λαμβάνουν μέτρα για τον συντονισμό της εφαρμογής της παρούσας οδηγίας και της οδηγίας 2000/60/ΕΚ, που αφορά περιβαλλοντικούς στόχους εστιάζοντας στην μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, την επίτευξη κοινών συνεργειών και το κοινό όφελος.

Μέσω της Κ.Υ.Α. 31822/1542/Ε103 (ΦΕΚ 1108Β'/2010), το εθνικό δίκαιο συμμορφώνεται με τις διατάξεις της οδηγίας 2007/60/ΕΚ «για την αξιολόγηση και την διαχείριση κινδύνων πλημμύρας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου» και τροποποιεί την υπ' αριθ. 31822/1542/2010 Κοινή Υπουργική Απόφαση, μέσω της Κ.Υ.Α. 177772/924/2017 (ΦΕΚ2140 Β'/2017) για την ενσωμάτωση της Οδηγίας στο εθνικό δίκαιο. Με την θέσπιση του πλαισίου σκοπός είναι η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες που συνδέονται με τις πλημμύρες. Η παρούσα απόφαση εφαρμόζεται στις περιοχές της λεκάνης απορροής ποταμού/υδατικά διαμερίσματα που προσδιορίζονται στο άρθρο 3 του Π.Δ. 51/2007.

1.6.3 Καθορισμός Υδατικών Διαμερισμάτων & Λεκανών Απορροής Ποταμών

Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, βάσει του Αριθμ.Οικ.706, αποφάσισε τον καθορισμό 45 Λεκανών Απορροής Ποταμών, οι οποίες υπάγονται σε 14 Περιοχές Λεκανών Απορροής Ποταμών που τους αποδίδεται ο όρος Υδατικά Διαμερίσματα (Υ.Δ.). Στον Πίνακα 3 αναγράφονται τα Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας, οι Λεκάνες Απορροής Ποταμών και στο Υ.Δ. που ανήκει και το ποσοστό της Περιφέρειας που καταλαμβάνει η καθεμία. Η Εικόνα 5 παρουσιάζει τα Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας.

Πίνακας 3: Υδατικά Διαμερίσματα και Λεκάνες Απορροής Ποταμών (Πηγή: <http://www.4862.syzefxis.gov.gr/index.php/9-lekanes-aporrois-potamon/5-xartis-lekanon-aporrois-potamon>)

Υδατικό Διαμέρισμα	Λεκάνες Απορροής	Ποσοστό Έκτασης ανά Περιφέρεια
Δυτική Πελοπόννησος (EL01)	Αλφειού (GR29)	Πελοποννήσου (53,72%) Δυτικής Ελλάδας (46,28%)
	Πάμισου – Νέδοντος - Νέδα (GR32)	Πελοποννήσου (96,31%) Δυτικής Ελλάδας (3,69%)
Βόρεια Πελοπόννησος (EL02)	Ρεμάτων Παραλίας Βορ. Πελοποννήσου (GR27)	Πελοπόννησος (57%) Δυτικής Ελλάδας (43%)
	Πείρου – Βέργα – Πηνιεύ (GR28)	Δυτικής Ελλάδας (100%)
	Κεφαλονιάς – Ιθάκης – Ζακύνθου (GR450)	Ιονίων Νήσων (100%)
Ανατολική Πελοπόννησος (EL03)	Οροπεδίου Τρίπολης (GR30)	Πελοπόννησος (100%)
	Ρεμάτων Αργολικού Κόλπου (GR31)	Πελοπόννησος (100%) Αττικής (12,72%)
	Ευρώτα (GR33)	Πελοπόννησος (100%)
Δυτική Στερεά Ελλάδα (EL04)	Αχελώου (GR15)	Δυτικής Ελλάδας (53,08%) Στερεάς Ελλάδας (24,13%) Θεσσαλίας (19,22%) Ηπείρου (3,33%) Ιονίων Νήσων (0,23%)
	Ευήνου (GR20)	Δυτικής Ελλάδας (83,87%) Στερεάς Ελλάδας (16,13%)
	Μόρνου (GR21)	Στερεάς Ελλάδας (75,88%) Δυτικής Ελλάδας (24,12%)
	Λευκάδας (GR44)	Ιονίων Νήσων (99,988%) Δυτικής Ελλάδας (0,012%)
Ήπειρος (EL05)	Αώου (GR11)	Ηπείρου (81,13%) Δυτικής Μακεδονίας (18,16%) Θεσσαλίας (0,01%)
	Καλαμάς (GR12)	Ηπείρου (100%)
	Αχέροντος και Λούρου (GR13)	Ηπείρου (100%)
	Αράχθου (GR14)	Ηπείρου (96,242%) Δυτικής Ελλάδας (3,634%) Θεσσαλίας (0,124%)
	Κέρκυρας - Παζών (GR34)	Ιονίων Νήσων (100%)

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Αττική (EL06)	Λεκανοπεδίου Αττικής (GR26)	Αττικής (89,41%) Πελοποννήσου(8,73%) Στερεάς Ελλάδας (1,29%) Νοτίου Αιγαίου (0,57%)
Ανατολική Στερεά Ελλάδα (EL07)	Σπερχειού (GR18)	Στερεάς Ελλάδας (95,325%) Θεσσαλίας (4,669%) Δυτικής Ελλάδας (0,006%)
	Εύβοιας (GR19)	Στερεάς Ελλάδας (99,996%) Αττικής (0,004%)
	ΒΑ Παραλίας Καλλιδρόμου (GR22)	Στερεάς Ελλάδας (100%)
	Βοιωτικού Κηφισού (GR23)	Στερεάς Ελλάδας (79,96%) Αττικής (0,24%)
	Άμφισσας (GR24)	Στερεάς Ελλάδας (100%)
	Ασωπού (GR25)	Στερεάς Ελλάδας (79,96%) Αττικής (20,04%)
	Σποράδων (GR35)	Θεσσαλίας (55,24%) Στερεάς Ελλάδας (44,76%)
Θεσσαλία (EL08)	Πηνειού (GR16)	Θεσσαλίας (89,96%) Στερεάς Ελλάδας (7,19%) Δυτικής Μακεδονίας (1,76%) Κεντρικής Μακεδονίας (1,04%) Ηπείρου (0,04%)
	Ρεμάτων Αλμυρού – Πηλίου (GR17)	Θεσσαλίας (99,96%) Στερεάς Ελλάδας (0,04%)
Δυτική Μακεδονία (EL09)	Εριγώνος (GR01)	Δυτικής Μακεδονίας (99,57%) Κεντρικής Μακεδονίας (0,43%)
	Αλιάκμονα (GR02)	Δυτικής Μακεδονίας (61,80%) Κεντρικής Μακεδονίας (36,25%) Θεσσαλίας (1,50%) Ηπείρου (0,45%)
Κεντρική Μακεδονία (EL10)	Αξιού (GR03)	Κεντρικής Μακεδονίας (100%)
	Γαλλικού (GR04)	Κεντρικής Μακεδονίας (100%)
	Χαλκιδικής (GR05)	Κεντρικής Μακεδονίας (100%)
	Άθως (GR43)	Άθως (96,01%) Κεντρικής Μακεδονίας (3,99%)
Ανατολική Μακεδονία (EL11)	Στρυμόνα (GR06)	Κεντρικής Μακεδονίας (59,91%) Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης (40,09%)
Θράκη (EL12)	Νέστου (GR07)	Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης (100%)
	Ρέματος Ξάνθης – Ξηρορέματος (GR08)	Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης (100%)

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

	Ρεμάτων Κομοτηνής – Λουτρού (GR09)	Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης (100%)
	Έβρου (GR09)	Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης (100%)
	Θάσου – Σαμοθράκης (GR42)	Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης (100%)
Κρήτη (EL13)	Ρεμάτων Βορείου Τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου (GR39)	Κρήτης (100%)
	Ρεμάτων Νοτίου Τμήματος Χανίων – Ρεθύμνου – Ηρακλείου (GR40)	Κρήτης (100%)
	Ρεμάτων Ανατολικής Κρήτης (GR41)	Κρήτης (100%)
Νήσοι Αιγαίου (EL14)	Ανατολικού Αιγαίου (GR39)	Βορείου Αιγαίου (100%)
	Κυκλάδων (GR37)	Νοτίου Αιγαίου (99,73%) Αττικής (0,27%)
	Δωδεκανήσων (GR38)	Νοτίου Αιγαίου (100%)



Εικόνα 5: Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας (Κωδικές ονομασίες)

1.7 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023) ως «κλιματική αλλαγή» ορίζεται η μεταβολή της κλιματικής κατάστασης που προσδιορίζει τις μεταβολές των ιδιοτήτων του κλίματος για μία εκτεταμένη περίοδο (δεκαετίες ή περισσότερες).

Το κλίμα στην διάρκεια των ετών έχει παρουσιάσει κρίσιμες μεταβολές. Στο παρελθόν οι θερμοκρασίες πάνω στον πλανήτη ήταν πολύ χαμηλές με τις περιόδους αυτές να χαρακτηρίζονται ως παγετωνικές περιόδους. Η περίοδος των τελευταίων 150 ετών είναι διαφορετική. Οι θερμοκρασίες της γης ήταν οι υψηλότερες που έχουν παρατηρηθεί, με τα αίτια αυτής της τεράστιας ανόδου να αποδίδονται, τόσο σε φυσικούς παράγοντες όσο και σε ανθρωπογενείς παράγοντες. Η άνοδος της θερμοκρασίας φέρει μεγάλες μεταβολές. Μία από αυτές είναι η άνοδος της Μέσης Στάθμης της Θάλασσας (Μ.Σ.Θ.). Αυτό οφείλεται στην άνοδο της θερμοκρασίας των θαλάσσιων υδάτων και την τήξη των ηπειρωτικών παγετώνων. Ενδέχεται τις επόμενες δεκαετίες το ύψος της Μ.Σ.Θ. να αυξηθεί έως και 50 εκατοστά (https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el).

Η κλιματική αλλαγή συνεπάγεται και ακραία καιρικά φαινόμενα. Ως ακραίο χαρακτηρίζεται ένα φαινόμενο του οποίου η ένταση είτε η διάρκεια του είναι αυξημένη. Δεν είναι τυχαία η εμφάνιση όλο και πιο έντονων και συχνών καιρικών φαινομένων. Η αύξηση των βροχοπτώσεων μπορεί να οδηγήσει σε μία ποτάμια πλημμύρα ή και αιφνίδια πλημμύρα, οι ισχυροί άνεμοι μπορεί να οδηγήσουν σε μία παράκτια πλημμύρα. Τα γεγονότα αυτά εμφανίζονται όλο και πιο συχνά τα τελευταία χρόνια. Στο μέλλον ενδέχεται να είναι ακόμα πιο συχνά και έντονα και κατ' επέκταση και οι φυσικές καταστροφές (Σούρλας, 2021).

1.8 ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

Δασικές εκτάσεις αποτελούν οι περιοχές που καλύπτονται από φυσική βλάστηση. Αποτελούν τους «πνεύμονες του πλανήτη», παράγουν ποσότητες οξυγόνου απορροφώντας ταυτόχρονα το επιβλαβές διοξείδιο του άνθρακα. Ρυθμίζουν το κλίμα ρυθμίζοντας την θερμοκρασία, συγκρατούν και ενισχύουν την βιοποικιλότητα, εμπλουτίζουν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες με νερό, αποτελούν «φίλτρα» του εδάφους, και καθαρίζουν τον αέρα (http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/DASIKA/Forests/Forests1.htm).

Κάθε χρόνο ανά τον κόσμο καίγονται τεράστιες δασικές εκτάσεις, των οποίων η αποκατάσταση είναι πολύ χρονοβόρα. Η αποτέφρωση των δασών επηρεάζει τους υδάτινους αποδέκτες, την διάβρωση των εδαφών και κατ' επέκταση την απορροή των υδάτων (Χαλαστάνη, 2022).

- Μετά το πέρας μίας πυρκαγιάς το έδαφος μεταβάλλεται ως προς τις την θρεπτική του σύσταση, την ενεργό οξύτητα του (pH), και άλλες φυσικοχημικές του ιδιότητες. Η οξύτητα του εδάφους μειώνεται καθώς με την καύση ζώσης και νεκρής οργανικής ύλης απελευθερώνονται οξείδια αλκαλιμετάλλων και γαιοαλκαλιμετάλλων, τα οποία μετατρέπονται σε υδροξείδια, τα οποία είναι υπεύθυνα για την ελάττωση της ενεργού οξύτητας. Η διαβρωτική ικανότητα του εδάφους αυξάνεται και το οργανικό επιφανειακό στρώμα εδάφους που καίγεται το καθιστά υδατοαποθητικό. Η εδαφική υγρασία μειώνεται καθώς τα φυτά συμβάλουν στην κίνηση και κατακράτηση του νερού εντός τους εδάφους (Χαλαστάνη, 2022).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεταβολές του εδάφους μετά το πέρας της πυρκαγιάς (Χαλαστάνη, 2022).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

-
- Η ποσότητα του νερού της βροχής στο έδαφος είναι μεγαλύτερη λόγω της έλλειψης της βλάστησης.
 - Το έδαφος είναι εκτεθειμένο με αποτέλεσμα την διάβρωση του.
 - Η ταχύτητα της διήθησής του νερού είναι μειωμένη λόγω φραγμένων εδαφικών πόρων.
 - Η ταχύτητα επιφανειακής απορροής είναι αυξημένη λόγω των μειωμένων εμποδίων και της μειωμένης ταχύτητας διήθησης.

Ως απόρροια των παραπάνω αυξάνεται η διάβρωση της κοίτης των ποταμών και μεταφέρονται φερτά υλικά (Χαλαστάνη, 2022).

Οι δασικές πυρκαγιές καταστρέφουν κατά κύριο λόγο βλάστηση. Παρόλα αυτά, η βλάστηση και κυρίως τα δέντρα είναι υπεύθυνα για την διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής. Η εξατμισοδιαπνοή έχει σχέση με την απορροή. Τμήμα του νερού της κατακρήμνισης μέσω της εξατμισοδιαπνοής μετατρέπεται σε υδρατμό και επομένως, η μειωμένη βλάστηση συνεπάγεται και μικρότερη παραγωγή υδρατμών (Γκόφας, 2001).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας καθορίστηκε το Υδατικό Διαμέρισμα (Υ.Δ.) Θράκης με κωδική ονομασία EL12. Το Υ.Δ. Θράκης αποτελείται από το μεγαλύτερο τμήμα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, η οποία αποτελείται από τις ποεριοφερειακές ενότητες Έβρου, Ροδόπης, Ξάνθης, Καβάλας, Δράμας και Θάσου. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι δήμοι των προαναφερθέντων Περιφερειακών Ενοτήτων.

Από την Π.Ε. Δράμας το Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης περιλαμβάνει τον Δ. Δράμας σε ποσοστό 56,30%, τον Δ. Νευροκοπίου σε ποσοστό 40,58%, τον Δ. Παρανεστίου σε ποσοστό 78,86% και τον Δ. Προσοτσάνης σε ποσοστό 0,3%. Από την Π.Ε. Καβάλας καταλαμβάνει εκτάσεις των Δήμων Καβάλας και Νέστου σε ποσοστά 1,86% και 90,82% αντίστοιχα. Από την Π.Ε. Ξάνθης το Υ.Δ. Θράκης περιέχει όλους του δήμους της Π.Ε.

Πίνακας 4: Δήμοι των Π.Ε. του Υ.Δ. Θράκης.

Π.Ε. Δράμας	Π.Ε. Έβρου	Π.Ε. Καβάλας	Π.Ε. Θάσου	Π.Ε. Ξάνθης	Π.Ε. Ροδόπης
Δ. Δράμας	Δ. Αλεξανδρούπολης	Δ. Καβάλας	Δ. Θάσου	Δ. Ξάνθης	Δ. Κομοτηνής
Δ. Δοξάτου	Δ. Διδυμοτείχου	Δ. Νέστου		Δ. Αβδηρών	Δ. Ιάσμου
Δ. Νευροκοπίου	Δ. Ορεστιάδας	Δ. Παγγαίου		Δ. Μύκης	Δ. Μαρώνειας – Σαπών
Δ. Παρανεστίου	Δ. Σουφλίου			Δ. Τοπείρου	Δ. Αρριανών
Δ. Προσοτσάνης	Δ. Σαμοθράκης				

2.2 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.2.1 Γεωγραφικά και Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά

Το Υ.Δ. Θράκης τοποθετείται στο βορειοανατολικό άκρο της χώρας. Από τον Βορρά συνορεύει με την Βουλγαρία και τα σύνορα της καθορίζονται από τον υδροκρίτη λεκανών Νέστου-Οχυρού. Από ανατολικά συνορεύει με την Τουρκία μέχρι τον κόλπο Αίνου και δυτικά συνορεύει με το Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας, με σύνορα τον υδροκρίτη των Λεκανών Νέστου – Οχυρού, Νέστου Ρέματος Νέας Καρβάλης και τον υδροκρίτη των παραλιακών ρεμάτων Χρυσούπολης μέχρι τον κόλπο της Καβάλας. Νοτιοδυτικά βρέχεται από το Αιγαίο και νοτιοανατολικά από το Θρακικό Πέλαγος. Η έκταση του Υ.Δ. είναι 11.243 km², με τα 564 km² να ανήκουν στις Νήσους Θάσο και Σαμοθράκη.

Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμού (Λ.Α.Π.) του Υ.Δ. Θράκης, το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής έχει υψόμετρο έως 200 μέτρα με ποσοστό 49,77%, με αμέσως επόμενο το τμήμα της περιοχής που βρίσκεται από τα 200-600 μέτρα με ποσοστό 30,15%. Το μικρότερο ποσοστό (21,89%) παρουσιάζουν οι περιοχές με υψόμετρα άνω των 600 μέτρων. Οι κλίσεις του εδάφους παρουσιάζουν παρόμοια κατανομή με τις επίπεδες κλίσεις να κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό της τάξης των 44,78%, τις κυματώδεις με 13,33%, τις λοφώδεις με 27,88% και τις επικλινείς με ποσοστό 15,82%.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Η μορφολογία του εδάφους διαιρείται στην Ορεινή ζώνη που αποτελείται από την οροσειρά της Ροδόπης, που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της περιοχής και εκτείνεται έως το Ν. Ροδόπης ανατολικά, έχει υψηλότερη κορυφή το Γυφτόκαστρο με υψόμετρο τα 1827 μέτρα και στα ανατολικά βρίσκεται η κορυφή του Παπίκιου στα 1483 μέτρα. Στα σύνορα με την Βουλγαρία συναντάται η οροσειρά της Κούλας, η οποία σχηματίζει τις κορυφές Χαϊντού και Αχλάτ Τσαλ με υψόμετρα 1525 και 1400 μέτρα, αντίστοιχα, στα ανατολικά. Η λοφώδης ζώνη βρίσκεται στις παρυφές της ορεινής ζώνης και στην ανατολική πλευρά της λεκάνης Αβδήρων. Η πεδινή ζώνη εκτείνεται από την Ξάνθη στην Κομοτηνή έως τους ποταμούς Νέστος δυτικά και Έβρος ανατολικά.

Οι Λεκάνες Απορροής Ποταμών (Λ.Α.Π.) που αποτελούν το Υδατικό Διαμέρισμά είναι αυτές που φαίνονται στην Εικόνα 6:

1. Νέστου (GR07), έκτασης 2975,5 km², (στη Ελληνική επικράτεια)
2. Ρέματος Ξάνθης – Ξηρορέματος (GR08), έκτασης 1663,6 km²
3. Ρεμάτων Κομοτηνής – Λουτρού Έβρου (GR09), έκτασης 1958,4 km²
4. Έβρου (GR10), έκτασης 4080,9 km²
5. Θάσου Σαμοθράκης (GR42), έκτασης 564,3 km²



Εικόνα 6: Λεκάνες Απορροής Ποταμών του Υ.Δ. Θράκης

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Από τις λεκάνες αυτές, οι Λ.Α.Π. Νέστου και Έβρου αποτελούν διασυνοριακές λεκάνες, με αυτή του Νέστου να καταλαμβάνει και τμήμα στην Βουλγαρία και του Έβρου να βρίσκεται σε Βουλγαρία, Τουρκία και Ελλάδα.

Στην δυτική πλευρά του Υ.Δ. Θράκης βρίσκεται Λ.Α.Π. Νέστου, μιας από τις δύο διασυνοριακές λεκάνες, την οποία διατρέχουν δύο κύριοι ποταμοί, ο ποταμός Νέστος του οποίου οι πηγές βρίσκονται στην Βουλγαρία στο όρος Ρίλα και οι εκβολές στο Θρακικό πέλαγος και ο ποταμός Δεσπάτης με πηγές επίσης στη Βουλγαρία.

Η λεκάνη Ρέματος Ξάνθης – Ξηρορέματος βρίσκεται ανατολικά της προηγούμενης λεκάνης και διασχίζεται από τους ποταμούς Κόσυνθος, Κομψατός Τραύος, οι οποίοι εκβάλουν στην λίμνη Βιστωνίδα. Στην συγκεκριμένη Λ.Α.Π. βρίσκονται οι λιμνοθάλασσες Κεσσάνη, Λαφρούδα, Λάφρη και Πόρτο-Λάγους.

Ανατολικά της λεκάνης Ξάνθης – Ξηρορέματος βρίσκεται η λεκάνη Ρεμάτων Κομοτηνής – Λουτρού Έβρου με κύριους ποταμούς τον Βοσβόζη και Φιλιούρη.

Η λεκάνη του Έβρου αποτελεί την δεύτερη διασυνοριακή λεκάνη της οποίας η έκταση της μοιράζεται σε τρεις χώρες. Ο κύριος ποταμός της λεκάνης είναι ο ποταμός Έβρος, ο οποίος πηγάζει στο όρος Ρίλα και εκβάλει στο Θρακικό Πέλαγος. Οι σημαντικότεροι παραπόταμοι που βρίσκονται στην Ελληνική επικράτεια είναι ο ποταμός Άδρας και ο Ερυθροπόταμος.

Η λεκάνες της Θάσου και της Σαμοθράκης αποτελούνται από το περίγραμμα των Νήσων. Το σχήμα του περιγράμματος της Θάσου είναι στρογγυλό με μήκος 115 km, το ανάγλυφο χαρακτηρίζεται ήπιο και δεν υπάρχουν υδατορέματα μόνιμης ροής με εξαίρεση τα υδατορέματα χειμαρώδους ροής Διπόταμος, Πλατανόρεμα και Λάκκος Μαριών. Το περίγραμμα της Σαμοθράκης προσομοιάζει σε ωοειδές με ακτογραμμή 95 km. Το ανάγλυφο της είναι ορεινό και υδατορέματα μόνιμης ροής είναι το ρέμα Ξηροπόταμος και το ρέμα Βάτου.

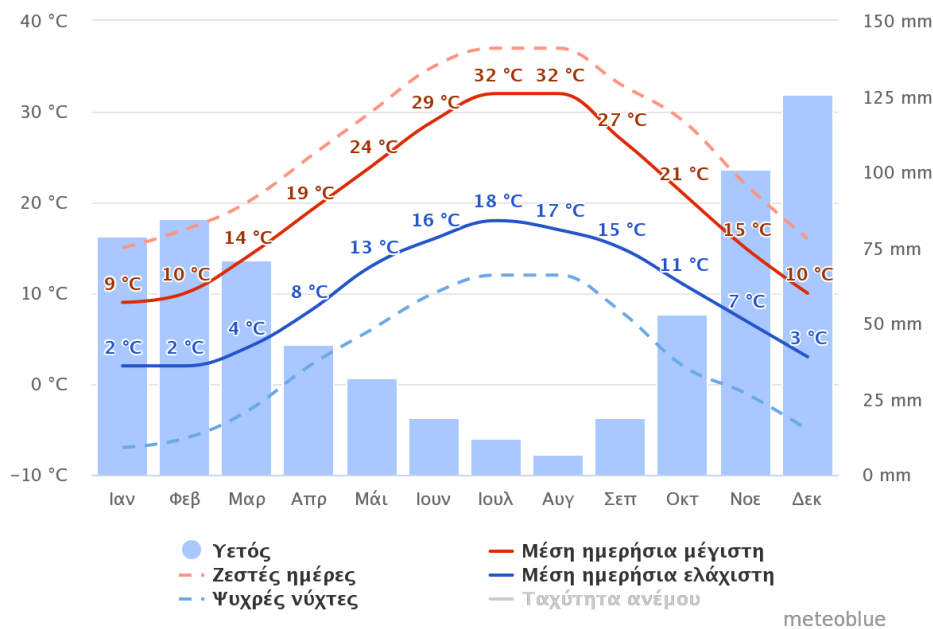
2.2.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το κλίμα στην περιοχή εμφανίζεται με δύο προφίλ. Προς τις ακτές της περιοχής θεωρείται μεσογειακό και προς τα ορεινά μεσοευρωπαϊκό. Χαρακτηρίζεται ως ενδιάμεσο που πρόκειται για μία μορφή μεταβατικού τύπου κλίματος. Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου κλίματος είναι μεταξύ των δύο τύπου κλιμάτων. Ο υετός ακολουθεί το μεσογειακό κλίμα κατά το οποίο η ξηρή περίοδος συμπίπτει με την θερμή. Οι βροχοπτώσεις παρουσιάζουν μεγάλη διάρκεια όπως και η νεφοκάλυψη. Οι παγετοί εμφανίζονται συχνά όπως και η χιονόπτωση κυρίως στις ορεινές περιοχές. Κινούμενοι προς τις ορεινές, το ηπειρωτικό κλίμα εμφανίζει εντονότερα τα χαρακτηριστικά του καθώς οι βροχοπτώσεις είναι υψηλότερες. Η υγρή περίοδος είναι από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάρτιο με τον Δεκέμβριο να είναι ο πιο βροχερός μήνας και η ξηρή από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο, με τον μήνα Αύγουστο να είναι ο ξηρότερος. Παρουσιάζονται οι Εικόνες 7 έως 12 οι οποίες αφορούν την περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, σύμφωνα με

(https://www.meteoblue.com/el/%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CF%8C%CF%82/historyclimate/climatemodelled/%ce%91%ce%bd%ce%b1%cf%84%ce%bf%ce%bb%ce%b9%ce%ba%ce%ae-%ce%9c%ce%b1%ce%ba%ce%b5%ce%b4%ce%bf%ce%bd%ce%af%ce%b1-%ce%ba%ce%b1%ce%b9-%ce%98%cf%81%ce%ac%ce%ba%ce%b7_%ce%95%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1_6697803).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

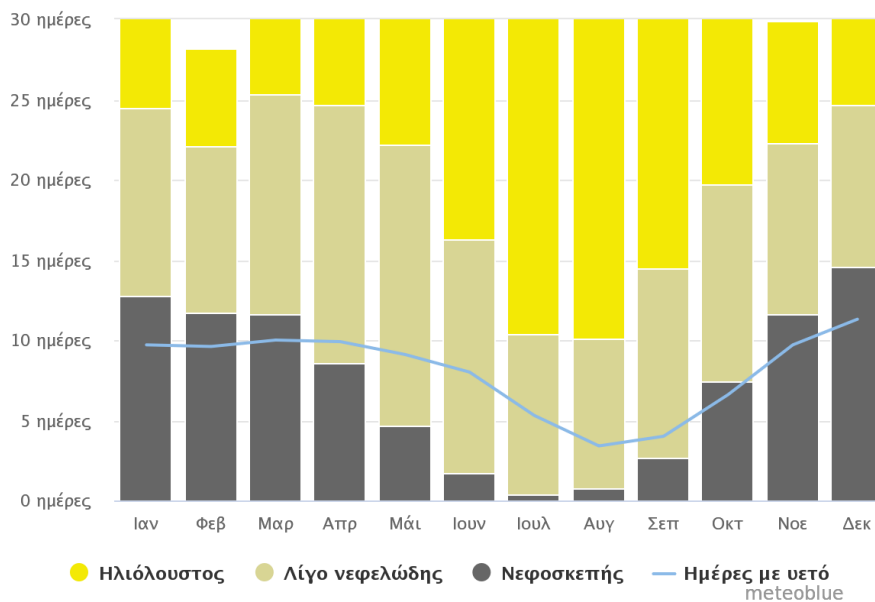
Στην Εικόνα 7 παρουσιάζονται οι μέσες μέγιστες θερμοκρασίες (κόκκινη συνεχής γραμμή) και οι μέσες ελάχιστες (μπλε συνεχής γραμμής), οι διακεκομμένες γραμμές συμβολίζουν τις υψηλότερες μέγιστες και χαμηλότερες ελάχιστες τιμές που έφτασε η θερμοκρασία, αντίστοιχα ανά μήνα, για την ευρύτερη περιοχή της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Επίσης, απεικονίζονται και το μηνιαίο ύψος βροχής. Οι χειμερινοί μήνες είναι οι πιο ψυχροί και συγκεκριμένα ο Ιανουάριος είναι ο πιο ψυχρός μήνας του έτους με τιμές θερμοκρασίας να κυμαίνονται από 2°C – 9°C. Αντιθέτως, οι θερινοί μήνες είναι οι θερμότεροι και συγκεκριμένα ο Ιούλιος είναι ο πιο θερμός μήνας, με τις τιμές της θερμοκρασίας να κυμαίνονται από 18°C έως 32°C. Η θερμοκρασία και ο νετός παρουσιάζονται ως αντίρροπα, καθώς οι χαμηλές θερμοκρασίες εμφανίζουν και αυξημένο ύψος βροχής και αντίθετως οι υψηλές θερμοκρασίες χαμηλά ύψη.



Εικόνα 7: Διάγραμμα Θερμοκρασιών της περιοχής μελέτης ανά μήνα (Πηγή: <https://www.meteoblue.com/>)

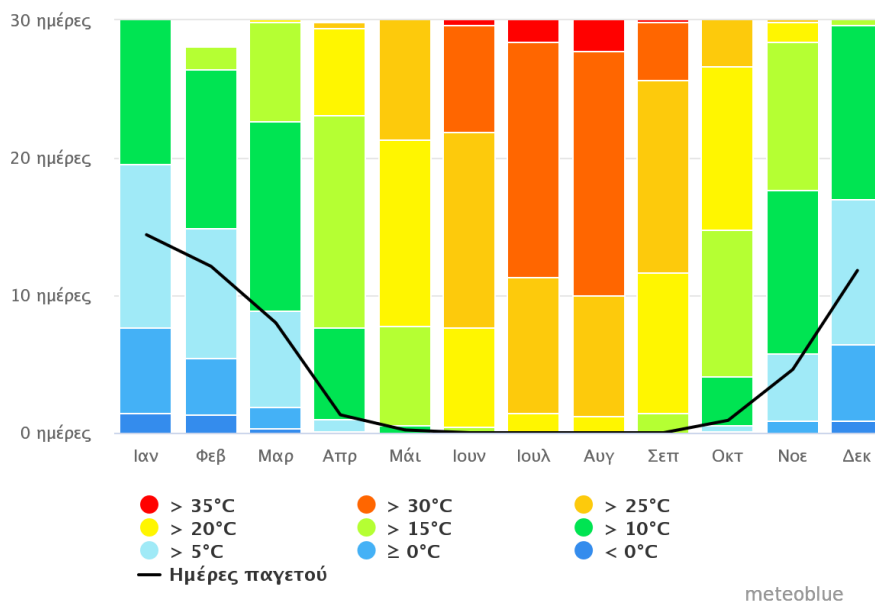
Στην Εικόνα 8 παρουσιάζεται η κατανομή Ηλιοφάνειας – Νεφοκάλυψης σε μέρες ανά μήνα. Η ηλιοφάνεια είναι εντονότερη τους θερινούς μήνες με τον Ιούλιο και τον Αύγουστο να καταγράφουν τις περισσότερες ημέρες ηλιοφάνειας (20), και αντίστοιχα τις λιγότερες ημέρες νεφοκάλυψης. Από την άλλη, οι χειμερινοί μήνες καταγράφουν τις περισσότερες ημέρες νεφοκάλυψης και τις λιγότερες ημέρες ηλιοφάνειας. Συγκεκριμένα, ο Δεκέμβρης παρουσιάζει μέσο όρο νεφοκάλυψης 14 ημέρες και ηλιοφάνειας μόλις 5 ημέρες.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 8: Διάγραμμα κατανομής ηλιοφάνειας ανά μήνα, περιοχή μελέτης (Πηγή: <https://www.meteoblue.com/>)

Στην Εικόνα 9 απεικονίζεται η κατανομή της θερμοκρασίας σε ημέρες, ταξινομημένες σε εννέα κλάσεις ανά μήνα. Οι χειμερινοί μήνες είναι οι ψυχρότεροι με τον Ιανουάριο να καταγράφει τις περισσότερες ημέρες χαμηλής θερμοκρασίας. Οι θερμότεροι μήνες είναι οι θερινοί και θερμότερος μήνας ο Αύγουστος με 20 ημέρες θερμοκρασίας άνω των 30°C.

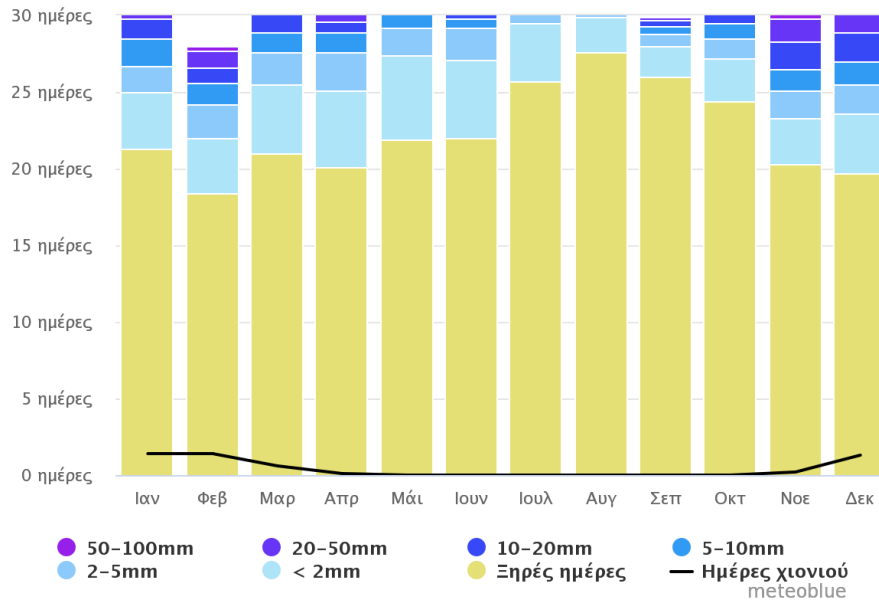


Εικόνα 9: Διάγραμμα θερμοκρασιών ανά μήνα του έτους για την περιοχή μελέτης (Πηγή: <https://www.meteoblue.com/>)

Η Εικόνα 10 παρουσιάζει την κατανομή της βροχόπτωσης, ταξινομημένες σε 7 κατηγορίες, ανά μήνα. Βάσει του διαγράμματος, η υγρή περίοδος εμφανίζεται να είναι από τον Οκτώβριο έως και τον Απρίλιο και αντίστοιχα η ξηρή από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο. Τις περισσότερες

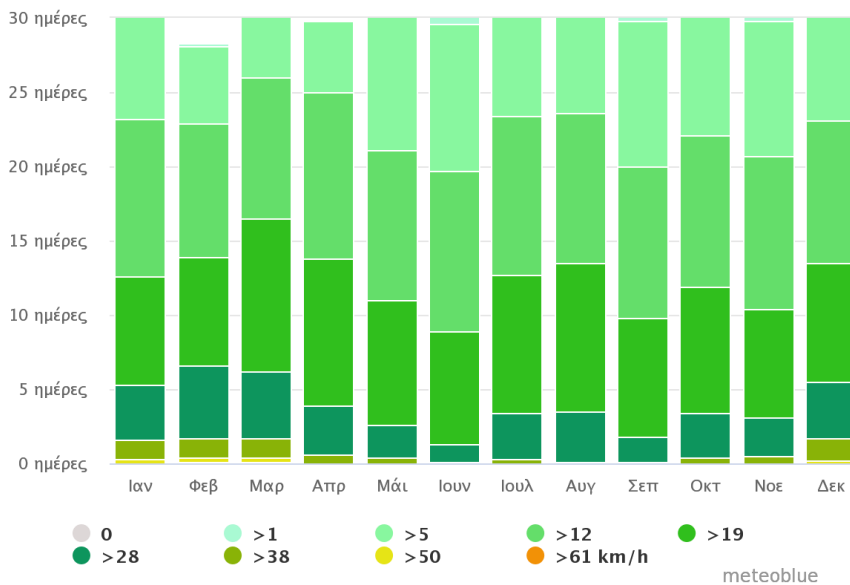
Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

ημέρες βροχόπτωσης παρουσιάζουν οι μήνες Νοέμβριος, Δεκέμβριος και Φεβρουάριος. Εντονότερες βροχοπτώσεις παρουσιάζει ο Νοέμβριος και περισσότερες ημέρες υετού έχει ο Δεκέμβριος.



Εικόνα 10: Διάγραμμα Υετού ανά μήνα της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Πηγή: <https://www.meteoblue.com/>)

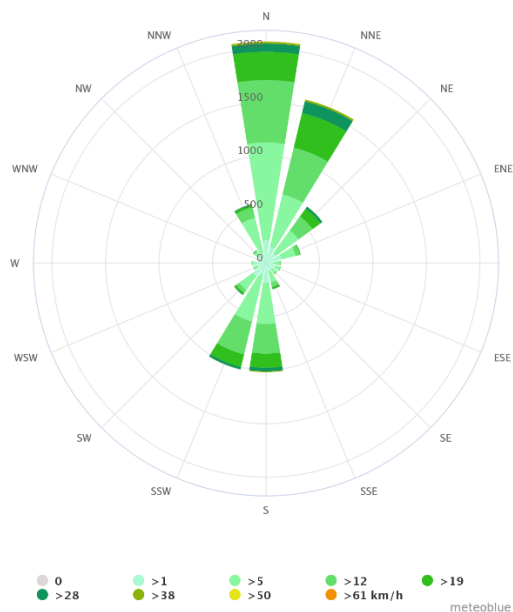
Στην Εικόνα 11 απεικονίζεται η χρονική κατανομή της ταχύτητας του ανέμου σε ημέρες ανά μήνα. Το συγκεκριμένο διάγραμμα παρουσιάζει ομοιομορφία, καθώς δεν καταγράφονται μεγάλες μεταβολές στην εμφάνιση και ταχύτητα του ανέμου στην διάρκεια του χρόνου. Η ταχύτητα του ανέμου είναι ελαφρώς αυξημένη τους χειμερινούς μήνες. Τον μήνα Σεπτέμβριο καταγράφονται οι χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου και οι υψηλότερες τον Μάρτιο.



Εικόνα 11: Διάγραμμα Ανέμου ανά μήνα του έτους για την ευρύτερη περιοχή μελέτης (Πηγή: <https://www.meteoblue.com/>)

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Η Εικόνα 12 παρουσιάζει την ταχύτητα του ανέμου και την κατανομή χρονικά σε ημέρες, κατηγοριοποιώντας την σε 9 κλάσεις. Ο κύριος και εντονότερος άνεμος είναι ο Βόρειος, εμφανίζεται τις περισσότερες ημέρες του χρόνου με ταχύτητα μεγαλύτερη των 38 km/h. Επόμενος είναι ο Βόρειος-Βορειοανατολικός άνεμος με παρόμοιες ταχύτητες αλλά μικρότερη διάρκεια.



Εικόνα 12: Διάγραμμα κατεύθυνσης και ταχύτητας των ανέμων για την ευρύτερη περιοχή μελέτης (Πηγή: <https://www.meteoblue.com/>)

2.2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Το Υ.Δ. Θράκης αποτελείται από μεγάλη ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών, περιλαμβανομένων Τεταρτογενών και Νεογενών σχηματισμών, ιζήματα Τριτογενών και μεταϊζηματογενή πετρώματα. (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017)

Το πεδινό τμήμα της περιοχής αποτελείται από ιζήματα τεταρτογενούς, τα οποία είναι αποθέματα από χειμάρρους και ποταμούς που καλύπτουν τους Τριτογενείς σχηματισμούς. Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται από συνεχείς παράλληλους σχηματισμούς ριπιδίων αδρομερών υλικών που συναντάται κυρίως στις εκβολές των ποταμών και στους πρόποδες των ορεινών περιοχών. Αποθέσεις άμμου, όπως χάλικες, κροκάλες και αργίλους βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο Δέλτα του Έβρου. Το δέλτα του Νέστου καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις, οι οποίες συναντώνται και στο βύθισμα Ξάνθης – Κομοτηνής. Πλειστοκαινικές αποθέσεις καταλαμβάνουν τμήματα στα κράσπεδα της ορεινής ζώνης και στον ποταμό Άρδα (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017)

Οι νεογενείς σχηματισμοί αποτελούνται κυρίως από Πλειοκαινικούς σχηματισμούς και ειδικότερα χάλικες και άμμους (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Οι τριτογενείς σχηματισμοί αφορούν της ιζηματογενείς λεκάνες της Ορεστιάδας, Αλεξανδρούπολης και Ξάνθης – Κομοτηνής. Ως πρώτα ιζήματα συναντώνται κροκαλοπαγή, λατυποκροκαλοπαγή και ψαμίτες και στα ανώτερα στρώματα σχηματίζονται νουμουλιτικοί ασβεστόλιθοι και θαλάσσιοι κλαστικοί σχηματισμοί. Κατά του Τριτογενούς σχηματισμού δημιουργήθηκαν και ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί που βρίσκονται στην περιοχή των Ελληνοβουλγαρικών συνόρων, στον Διπόταμο – Καλότυχο, στην Αλεξανδρούπολη και στο χωριό Σουνίου στην περιοχή Ξάνθης – Κομοτηνής, σε μικρότερη έκταση. Οι λεκάνες Αισύμης – Κίρκης δυτικά της Αλεξανδρούπολης και Φερών – Δαδιάς – Σουφλίου στα ανατολικά της εμφανίζουν ηφαιστειακά πετρώματα (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Το ορεινό τμήμα της περιοχής του Υ.Δ. Θράκης, κυρίως ο ορεινός όγκος της Ροδόπης, αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο. Χωρίζεται σε δύο τεκτονικές ενότητες, την κατώτερη ενότητα Παγγαίου και την ανώτερη ενότητα Σιδηρονέρου. Η ενότητα Σιδηρονέρου απαρτίζεται από ορθογνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και λεπτές στρώσεις μαρμάρων και μιγματίτων. Η ενότητα Παγγαίου αποτελείται από ορθογνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες στον κατώτερο ορίζοντα, από μάρμαρα στον μεσαίο ορίζοντα και από εναλλαγές σχιστολιθών και μαρμάρων στον ανώτερο ορίζοντα (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Η κεντρική Ροδόπη σχηματίζεται από μαρμαροαμφιβολιτική σειρά υπερβασικών σωμάτων με μαγματίτες, γνευσιοποιημένους γρανίτες και γρανίτες και παρουσιάζει απουσία ανθρακικών σχηματισμών. Η ανατολική έχει παρόμοιο γεωλογικό χαρακτήρα απουσίας της μαρμαροαμφιβολιτικής σειράς και υπερβασικά σώματα. Η δυτική Ροδόπη εμφανίζει λιθολογικές ενότητες γνευσίων, λιθολογικών εναλλαγών και μαρμάρων. Η ορεινή μάζα της Ροδόπης αποτελείται και από όξινα πυριγενή πετρώματα, πλουτονίτες (γρανίτες, μονζονίτες, γρανοδιορίτες και διορίτες) και ηφαιστίτες (ρυόλιθοι, ανδεσίτες, δακίτες και δολερίτες) (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Σχηματισμός μεταϊζηματογενών πετρωμάτων με μαγματικά σώματα συναντάται δυτικά της Αλεξανδρούπολης, ο οποίος χωρίζεται σε δύο ενότητες, αυτή της Μάκρης και αυτή του Δρυμού – Μελίας. Η ενότητα Δρυμού – Μελίας απαρτίζεται κατά κύριο λόγο από φλυσχοειδή ιζήματα και διεισδύσεις βασικών σωμάτων, ενώ η ενότητα Μακρής απαρτίζεται από τους εξής σχιστόλιθους, αμφιβολιτικούς, ανθρακικούς, μάρμαρα και χλωριτικούς και από φυλλίτες και μάρμαρα (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

2.2.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Τα υδρολιθικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών περιγράφουν την ικανότητα της υδροπερατότητας, που δείχνει την ποσότητα του νερού που εισέρχεται στον κάθε σχηματισμό και την ποσότητα που απορρέει από αυτόν. Υπολογίζεται με τον συντελεστή κατείσδυσης σε ποσοστό (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαρτίζουν το Διαμέρισμα ανήκουν σε ποσοστό 47,3% σε περατούς σχηματισμούς. Οι περατοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται από τον υψηλότερο συντελεστή κατείσδυσης, 10-15% έως και 50% και σε αυτούς εντάσσονται οι ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, πυριγενείς και ιζηματογενείς σχηματισμοί και κλαστικά κοκκώδη. Οι ημιπερατοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν το 26,9% του συνόλου των γεωλογικών σχηματισμών. Χαρακτηρίζονται από μέτρια υδροπερατότητα, με συντελεστή κατείσδυσης της τάξης των 5 έως 10%. Σε αυτούς ανήκουν πυριγενείς, μεταμορφωμένοι, ιζηματογενείς σχηματισμοί. Οι αδιαπερατοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται ως ήπιας υδροπερατότητας με συντελεστή κατείσδυσης μικρότερο του 5%, κατέχουν τον 25,8% των γεωλογικών μετασχηματισμών και

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

αποτελούνται κυρίως από πυριγενείς μεταμορφωμένους, ηφαιστειακούς και κλαστικούς ιζηματογενείς σχηματισμούς (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Το Υ.Δ. Θράκης αποτελείται από τρία υδροφόρα συστήματα, το κοκκώδες σύστημα, το οποίο βρίσκεται μέσα στις τεταρτογενείς, τριτογενείς και νεογενείς αποθέσεις, το καρστικό σύστημα το οποίο αναπτύσσεται μέσα στα υδροπερατά μάρμαρα και τέλος το ρωγματικό, το οποίο συναντάται εντός πυριγενών και ηφαιστειακών πετρωμάτων με την προϋπόθεση ότι αυτά είναι τεκτονισμένα (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

2.2.5 ΕΔΑΦΟΣ

Τα εδάφη ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες υδρολογικών τύπων. Η ταξινόμηση των εδαφικών τύπων στηρίζεται στην εκτίμηση ότι η δυνητική απορροή είναι αντιστρόφως ανάλογη της Υδραυλικής Αγωγιμότητας Κορεσμού και της ταχύτητας διήθησης. Τα χαρακτηριστικά των κατηγοριών στηρίζονται (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017):

- Στον υδροφόρο ορίζοντα
- Στον ρυθμό μετάδοσης του νερού
- Στην υφή
- Στην δομή και τον βαθμό διόγκωσης της αργίλου.

Οι παράγοντες της ταξινόμησης είναι οι εξής (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017):

- Η πρόσληψη και η μεταφορά νερού πραγματοποιείται υπό συνθήκες μέγιστης υγρασίας (επιμελώς βρεγμένο έδαφος)
- Το έδαφος να μην είναι παγωμένο
- Η επιφάνεια του εδάφους να είναι γυμνή
- Οι άργιλοι που έχουν την ικανότητα διόγκωσης, να υφίσταται την μέγιστη διόγκωση.

Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών (2017) του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης, οι κατηγορίες των Υδρολογικών τύπων εδάφους περιγράφονται όπως παρακάτω.

Τύπος Α – χαρακτηρίζεται από την χαμηλή δυνητική ικανότητα απορροής και την μεγάλη ταχύτητα διήθησης. Η περιεκτικότητα του σε άργιλο είναι μικρότερη από 10% και σε άμμο μεγαλύτερη από 90%. Έχουν έντονα βάθη και καλή αποστράγγιση και εμφανίζονται με αμμώδη ή χαλικώδη μορφή.

Τύπος Β – χαρακτηρίζεται από χαμηλή έως μεσαία δυνητική απορροή και μεσαία ταχύτητα διήθησης. Αποτελείται από άργιλο σε ποσοστά 10 έως 20% και από άμμο 50 έως 90%. Αφορά εδάφη κυρίως μετρίου βάθους και μέτριας αποστράγγισης με μέση έως λεπτή κοκκομετρία.

Τύπος C – χαρακτηρίζεται από την μεσαία έως υψηλής ικανότητα δυνητικής απορροής και την μικρή ταχύτητα διήθησης. Η περιεκτικότητα του σε άργιλο είναι μεταξύ του 20 με 40% και σε άμμο μικρότερη του 50%. Τα εδάφη αυτού του τύπου έχουν στρώση περιορισμού της κατείσδυσης και εμφανίζονται με μέση έως λεπτή κοκκομετρία.

Τύπος D – χαρακτηριστικό τους είναι η υψηλή δυνητική τους απορροή και η ιδιαίτερη μικρή ταχύτητα διήθησης. Περιέχουν άργιλο σε ποσοστό μεγαλύτερο του 40% και άμμο μικρότερη του 50%. Είναι κυρίως αργιλώδη εδάφη που παρουσιάζουν διόγκωση με στρώση που

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

περιορίζει την κατεύθυνση. Ο Πίνακας 5 αναλύει τα χαρακτηριστικά των Υδρολογικών Τύπων εδάφους.

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά κατηγοριών εδαφών (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, 2017)

	Τύπος Α	Τύπος Β	Τύπος C	Τύπος D
Περιεκτικότητα Αργίλου/Άμμου	<10% / >90%	10-20% / 50-90%	20-40% / <50%	>40% / <50%
Υδραυλική Αγωγιμότητα	>40 μm/sec	10-40 μm/sec	1-10 μm/sec	<1 μm/sec
Βάθος Αδιαπεραστής Στρώσης	>50 cm	>50 cm	>50 cm	50-100 cm
Βάθος Υδροφόρου Ορίζοντα	>60 cm	>60 cm	>60 cm	>100 cm
Ταχύτητα Διήθησης	>0.76 cm/h	0.4-0.76 cm/h	0.12-0.4 cm/h	<0.12 cm/h

2.2.6 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

2.2.6.1 ΛΑΠ

Από τις 45 Λεκάνες Απορροής Ποταμών οι οποίες επικυρώθηκαν σύμφωνα με την απόφαση 706/16-7-2010 (ΦΕΚ 1383B/2-9-2010&ΦΕΚ 1572B/28-9-2010), οι 5 ανήκουν στο Υ.Δ. Θράκης (EL12). Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τις Λεκάνες Απορροής Ποταμών του Υ.Δ Θράκης και τα φυσικά τους χαρακτηριστικά.

Πίνακας 6: Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά ΛΑΠ του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, 2017).

Λεκάνη Απορροής Ποταμού	Έκταση (km²)	Υψόμετρο (m)		
		Μέσο	Μέγιστο	Ελάχιστο
ΝΕΣΤΟΥ (GR07)	2975.5	606	2200	0
Ρέματος ΞΑΝΘΗΣ – ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΥ (GR08)	1663.6	363	1822	0
Ρέματος ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ – ΛΟΥΤΡΟΥ (GR09)	1958.4	289	1459	0
ΈΒΡΟΥ (GR10)	4080.9	175	1202	0
ΘΑΣΟΥ – ΣΑΜΟΘΡΑΚΗΣ (GR42)	564.3	347	1600	0
Υ.Δ. ΘΡΑΚΗΣ (EL12)	11242.8	356	2200	0

2.2.6.2 ΠΟΤΑΜΙΑ

Το Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης έχει ως κύριους ποταμούς τους ποταμούς Νέστο και Έβρο. Ο ποταμός Νέστος βρίσκεται στην δυτική πλευρά του διαμερίσματος, επίσης είναι διασυνοριακός ποταμός καθώς τμήμα του βρίσκεται στην Βουλγαρία. Ο ποταμός Έβρος βρίσκεται στην ανατολική πλευρά του διαμερίσματος και είναι διασυνοριακός ποταμός, τον οποίο μοιράζονται οι χώρες της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Τουρκίας, αποτελεί σύνορο

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

μεταξύ Ελλάδας – Τουρκίας (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Ο ποταμός Νέστος αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους ποταμούς στην Ελλάδα, πηγάζει στο όρος Ρίλα στην κεντρική Βουλγαρία και εκβάλλει στο Θρακικό Πέλαγος στην Π.Ε. Καβάλας. Η λεκάνη απορροής του έχει συνολική έκταση 5184 km², εκ των οποίων τα 3437 km² βρίσκονται επί Βουλγαρικής επικράτειας και τα 1747 km² επί Ελληνικής. Το συνολικό μήκος του υπολογίζεται στα 243 km, 130 km από τα οποία ρέουν επί Ελληνικού εδάφους. Διασχίζει τις Π.Ε. της Δράμας, της Ξάνθης και της Καβάλας, εισερχόμενος από την Π.Ε. Δράμας με κατεύθυνση Νότια-Νοτιοανατολική. Το Δέλτα του Νέστου συναντάται μετά από το χωριό Τοξότες οδεύοντας προς τις πεδινές περιοχές. Οι μεγαλύτεροι παραπόταμοι είναι ο Δεσπάτης ποταμός, το ρέμα Λειμώνος, το Διαβολόρεμα και το Αρκουδόρεμα. Η ροή του ποταμού μεταβάλλεται με την εποχικότητα, την περίοδο του χειμώνα παρουσιάζει μέγιστη παροχή και ελάχιστη το καλοκαίρι. Η παροχή του κυμαίνεται από 10 m³/s, ξηρές περιόδους, έως 1,000 m³/s κατά την διάρκεια πλημμυρικών φαινομένων. Δύο υδροηλεκτρικά φράγματα και ένα μικρό αρδευτικό φράγμα (Τοξότες), βρίσκονται στο ρου του ποταμού και οι ταμιευτήρες ελέγχουν την παροχή του ποταμού. Οι περιοχές που διασχίζει ο ποταμός είναι πλούσιες σε χλωρίδα και πανίδα, καθώς δημιουργεί αρκετούς υδροβιότοπους (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Ο ποταμός Έβρος αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο ποταμό της Νοτιοανατολικής Ευρώπης μετά τον ποταμό Δούναβη. Χαρακτηριστικό του αποτελούν οι φερτές ύλες που μεταφέρει και αποθέτει κοντά στην Αλεξανδρούπολη. Οι πηγές βρίσκονται στο όρος Ρίλα στην Δυτική Βουλγαρία, νότια της Σόφιας, από εκεί κατευθύνεται νοτιοανατολικά και σχηματίζει κοιλάδα ανάμεσα στην οροσειρά τη Ροδόπης και του Αίνου. Εισέρχεται επί Ελληνικού εδάφους κοντά στο χωριό Καστανιές και συνεχίζει εισερχόμενος στην Τουρκία κοντά στην Αδριανούπολη. Στο σημείο αυτό δέχεται νερά πλήθος ποταμών, του π. Τούντζα από βόρεια, του π. Άρδα από δυτικά, του π. Ερυθρόποταμου κοντά στο Διδυμότειχο και του π. Εργίνου από ανατολικά. Έπειτα, συνεχίζει ως Ελληνοτουρκικό σύνορο έως τις εκβολές του στο Θρακικό Πέλαγος. Το συνολικό του μήκος υπολογίζεται στα 528 km, τα 310 km βρίσκονται επί Βουλγαρικού εδάφους και τα 208 km αποτελούν το Ελληνοτουρκικό σύνορο. Η έκταση της διασυνοριακής λεκάνης απορροής του π. Έβρου είναι 53.000 km², εκ των οποίων τα 35.085 km² ανήκουν στην Βουλγαρία, τα 14.575 km² στην Τουρκία και τα 3.340 km² ανήκουν στην Ελλάδα. Οι σημαντικότεροι και μεγαλύτεροι παραπόταμοι είναι οι π. Άρδας, π. Τούντζας, π. Εργίνης, π. Ερυθροπόταμος (Δήμος, 2018, ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (EL12), 2017).

Ο ποταμός Άρδας αποτελεί τον σημαντικότερο παραπόταμο του π. Έβρου, πηγάζει στην Βουλγαρία στο όρος Κούλα. Το συνολικό του μήκος καθορίζεται στα 259 km, εκ των οποίων μόνο τα 43 km βρίσκονται στην Ελλάδα. Εισέρχεται στην Ελλάδα στο χωριό Μηλέα στην Π.Ε. Ορεστιάδας και συνδέεται με τον Έβρο στο χωριό Καστανιές. Στην περιοχή Κυπρίνου έχει κατασκευαστεί φράγμα. Οι περιοχές που διασχίζει χαρακτηρίζονται από πλούσια χλωρίδα και πανίδα (Δήμος, 2018).

Ο Ερυθροπόταμος πηγάζει στο όρος Σάπκα, υψώματα Κορφαοβούνι και Μάτι, κοντά στο Μεγάλο Δέρειο στην Νοτιοανατολική Ροδόπη, κατευθύνεται προς τον Βορρά προς την Βουλγαρία. Μικρός σε μήκος ποταμός, με μήκος 10 km. Εισέρχεται στην Βουλγαρία και επιστρέφει στην Ελλάδα στο χωριό Μεταξάδες, εκβάλλει στον Έβρο κοντά στην πόλη του Διδυμοτείχου (Δήμος, 2018).

Ο ποταμός Τούντζας έχει τις πηγές του στο όρος StaraPlanina στην Βουλγαρία και εναποθέτει τα νερά του στον ποταμό Έβρο. Ο ποταμός Εργίνης πηγάζει στην Βουλγαρία στο όρος

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Strandzahra και εκβάλλει στον ποταμό Έβρο (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

2.2.6.3 ΛΙΜΝΕΣ

Οι λίμνες του Υ.Δ. Θράκης είναι περιορισμένες σε αριθμό. Οι δύο από αυτές είναι φυσικές και οι υπόλοιπες τεχνητές. Η πρώτη είναι η λίμνη Ισμαρίδα και η δεύτερη η λιμνοθάλασσα Βιστωνίδα, οι οποίες αποτελούν ταμειυτήρες (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Η λίμνη Ισμαρίδα είναι η μοναδική φυσική λίμνη και μοναδική λίμνη γλυκού νερού του Υ.Δ. Θράκης. Βρίσκεται Νοτιοδυτικά της Π.Ε. Ροδόπης. Η έκταση της υπολογίζεται περίπου στα 1,82 km² και η περίμετρος της περίπου στα 8 km. Πρόκειται για ρηχή λίμνη με μέγιστο βάθος τα 1,5 m. Εφοδιάζεται από τον ποταμό Βοσβόζη (ή Ρέμα Κομοτηνής), από τα Βόρεια. Νότια συνδέεται μέσω δίαυλου μήκους 5,2 km με τον όρμο Ανοιχτό στο Θρακικό Πέλαγος. Προστατεύεται από την διεθνή συνθήκη Ramsar (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

Η Βιστωνίδα είναι η τέταρτη μεγαλύτερη λίμνη της χώρας, χαρακτηρίζεται ως λιμνοθάλασσα, διότι επικοινωνεί με την θάλασσα μέσω μίας μεγάλης διώρυγας και δύο καναλιών. Βρίσκεται ανάμεσα από τις Π.Ε. της Ροδόπης και της Ξάνθης. Σε αυτήν συμβάλλουν οι ποταμοί Κόσυνθος, Κομψατός και Τραύος και οι χείμαρροι Ιάσμου, Κοπτερού, Αμαξιάδων και Κυδωνέας. Η έκταση της εκτιμάται στα 45 km² και η περίμετρός της στα 35 km. Το μέσο βάθος της είναι 2,3 m και το μέγιστο βάθος είναι 3,7 m. Μία στενή λωρίδα την χωρίζει από τον Βιστωνικό Κόλπο (ή Πόρτο Λάγος) και το Θρακικό Πέλαγος. Αποτελεί σημαντικό υδροβιότοπο, προστατεύεται από την συνθήκη Ramsar και περιλαμβάνεται στις προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

Η τεχνητή λίμνη Θησαυρού δημιουργήθηκε από τη κατασκευή χωμάτινου φράγματος, το οποίο έχει υψόμετρο 175 m και θεωρείται ως ένα από τα υψηλότερα γεωφράγματα της Ευρώπης. Η έκταση της λίμνης μετρήθηκε στα 13,26 km². 7,5 km κατάντη και νοτιοανατολικά κατασκευάστηκε δεύτερο φράγμα, το φράγμα της Πλατανόβρυσης. Το φράγμα δημιουργεί την τεχνητή λίμνη της Πλατανόβρυσης με έκταση 3,25 km². Τα δύο φράγματα λειτουργούν συμπληρωματικά ως ενιαίο σύστημα. Ο ποταμός Νέστος είναι αυτός που εφοδιάζει τις δύο λίμνες (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

Η τεχνητή λίμνη Γρατινής βρίσκεται 13 km βορειοανατολικά από την Κομοτηνή, κοντά στο ομώνυμο χωριό. Η τεχνητή λίμνη δημιουργήθηκε από την κατασκευή φράγματος. Η έκταση της λίμνης υπολογίστηκε στα 1,43 km² και το βάθος στα 48 m και εφοδιάζεται από το ρέμα Αμυγαλόρεμα (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

Ο ποταμός Λίσσος εφοδιάζει την τεχνητή λίμνη Γρατινής Νέας Αδριανής, η οποία έχει έκταση 0,62 km² και ο χείμαρρος Λουτρού εφοδιάζει την τεχνητή λίμνη Αισύμης η οποία έχει έκταση 0,92 km² (Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Ειδική Γραμματεία Υδάτων).

2.2.7 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Γενικότερα, μεγαλύτερη συχνότητα πλημμυρικών φαινομένων παρουσιάστηκε έως τώρα στην Π.Ε. Έβρου και ακολουθεί η Π.Ε. Ξάνθης και Ροδόπης. Παρακάτω παρατίθενται σημαντικά πλημμυρικά συμβάντα της περιοχής μελέτης (ΥΠΕΝ).

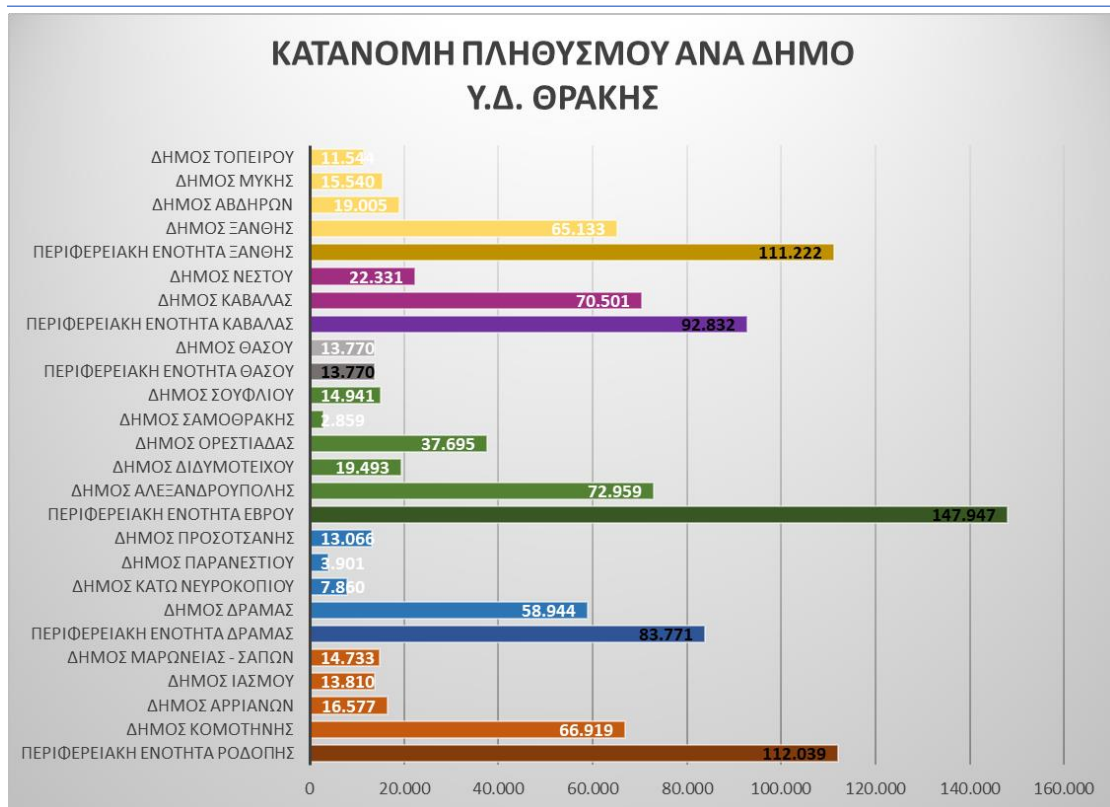
Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Το 1938, σύμφωνα με έγγραφο του Δ. Νέστου, υπέστησαν καταστροφικές ζημιές οι τρεις οικισμοί της Δρυμούσας, του Περιστερώνα και το παλαιό χωριό της Νέας Καρυάς. Η συνολική πλημμυρική επιφάνεια υπολογίστηκε στα 60.000 στρέμματα.
- Το έτος 1992, μία ισχυρή μεγάλης διάρκειας καταιγίδα έπληξε τον νομό Ροδόπης για περίπου 15 ώρες, πλημμυρίζοντας πλήθος κατοικιών.
- Στις 29/11/1996 έγγραφα υποστηρίζουν πλημμυρικό περιστατικό, το οποίο επηρέασε πλήθος δήμων. Συγκεκριμένα, τον Δήμο Μύκης, Βιστωνίδας, Ξάνθης και τον Δήμο Αβδήρων.
- Καταγράφηκε πλημμυρικό περιστατικό το οποίο συνέβη στις 01/01/2005, που επηρέασε τους Δήμους Αλεξανδρούπολης, Τραιανούπολης, Τυχερού, Ορφέα, Διδυμοτείχου, Ορεστιάδας, Μεταξάδων, Βύσσας και Τριγώνου.
- Ζημιές από πλημμύρα σημειώθηκαν στις 05/08/2005 σε περιοχές του Δήμου Κομοτηνής.
- Πλημμυρικό συμβάν στις 01/03/2006 με πληγείσες περιοχές των Δήμων Αλεξανδρούπολης, Τραιανούπολης, Σουφλίου, Ορφέα, Διδυμοτείχου και Ορεστιάδας
- Στις 16 και 17 Νοεμβρίου του 2007 πλημμύρισαν περιοχές των Δήμων Αιγείρου, Νέου Σιδηροχωρίου, Μαρώνειας, Σώστου, Κομοτηνής και Ιασμού.
- Πλημμυρικό συμβάν τον Φεβρουάριο του έτους 2010 που επηρέασε τους Δήμους Τραϊανούπολης, Φερών, Σουφλίου, Ορφέα, Διδυμοτείχου, Ορεστιάδος, Κυπρίνου, Βύσσας, Μεταξάδων, Τριγώνου.

2.2 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**2.2.1 ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ**

Η απογραφή του 2021 σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή έδειξε ότι ο μόνιμος πληθυσμός της χώρας είναι 10.482.487 κάτοικοι. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης αποτελείται από τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Ο συνολικός αριθμός του πληθυσμού όλων των δήμων που περιέχονται στο Υ.Δ., κατά το 100% τους, είναι 561.581 κάτοικοι. Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (2017) του Υ.Δ. Θράκης ο μόνιμος πληθυσμός ανέρχεται στους 410.560 κατοίκους, δηλαδή το 3,8% του πληθυσμού της Ελλάδας. Ορισμένοι δήμοι, όπως προαναφέρθηκε, δεν περιέχονται ολόκληροι στο Υ.Δ. Θράκης και για τον λόγο αυτό ο αριθμός των κατοίκων είναι 410.560 κάτοικοι. Η Εικόνα 13 απεικονίζει την κατανομή του πληθυσμού ανά δήμο, μόνο για του δήμους του διαμερίσματος, για όλη την έκτασή τους.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 13: Διάγραμμα Πληθυσμιακής κατανομής ανά Δήμο και ανά Περιφέρεια. (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας, Πηγή Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού είναι απόφοιτοι Δημοτικού, ποσοστό της τάξης του 30%, που αντιστοιχεί στον αριθμό των 168.305 κατοίκων. Μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού του διαμερίσματος καταλαμβάνουν και οι μη κάτοχοι απολυτήριου Δημοτικού, ενώ οι κάτοχοι πτυχίου ανώτατων σχολών είναι μόλις 68.202 κάτοικοι. Η Εικόνα 14 δείχνει την κατανομή του επιπέδου εκπαίδευσης των κατοίκων.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 14: Κατανομή επιπέδου εκπαίδευσης του Υ.Δ Θράκης (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας, Πηγή Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

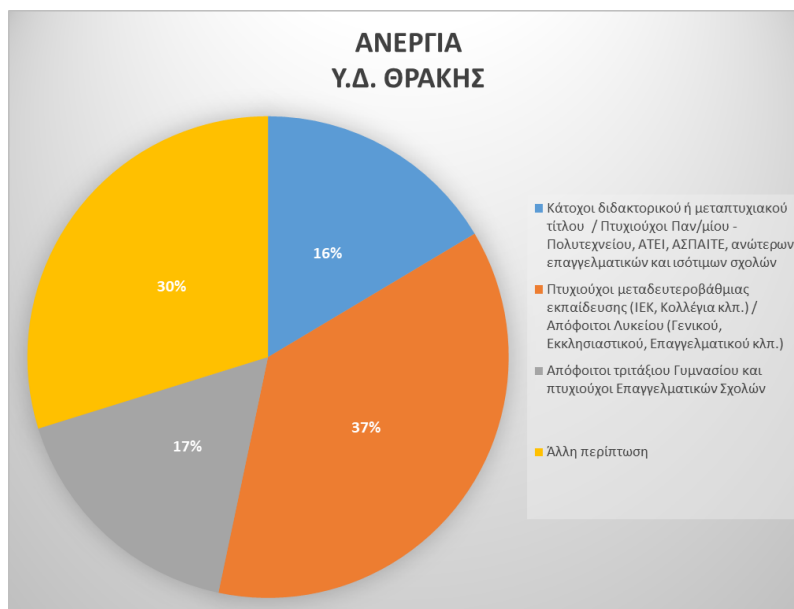
Η κύρια απασχόληση των κατοίκων είναι η γεωργία-δασοκομία-αλιεία που απασχολούν 34.724 κάτοικους. Από τους κυριότερους τομείς απασχόλησης είναι οι τομείς του λιανικού και χονδρικού εμπορίου – επισκευής μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών και της δημόσιας διοίκησης και άμυνας – υποχρεωτικής κοινωνικής ασφάλισης. Οι τομείς των μεταφορών και αποθήκευσης και διοικητικών και υποστηρικτικών δραστηριοτήτων είναι οι λιγότερο διαδεδομένοι στην περιοχή μελέτης. Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού απασχολείται σε άλλους από τους βασικούς κλάδους απασχόλησης. Η Εικόνα 15 δείχνει το την κατανομή των απασχολούμενων στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης.



Εικόνα 15: Διάγραμμα κατανομή απασχόλησης ανά οικονομική δραστηριότητα ((Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας, Πηγή Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Ο αριθμός των 43.650 κατοίκων είναι άνεργοι, δηλαδή ποσοστό της τάξης 8% του συνόλου της περιοχής μελέτης. Οι περισσότεροι από αυτούς είναι πτυχιούχοι μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσής/απόφοιτοι Λυκείου, όπως παρουσιάζει και το παρακάτω διάγραμμα της Εικόνας 16.



Εικόνα 16: Διάγραμμα κατανομής ανεργίας για την Π.Ε. (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας, Πηγή Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

2.2.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

2.2.2.1 ΑΕΠ

Σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ. (2016) κατά την περίοδο 2010-2016 το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Ελλάδας σημείωσε πτώση τάξης του 22%, αποτέλεσμα της οικονομική κρίσης του 2009. Από το 2013 έως το 2018 το ΑΕΠ σημείωσε οριακή αύξηση +0,1%, αποδεικνύοντας την ανάπτυξη της ελληνική οικονομίας από το 2017.

Η Περιφέρεια της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης την περίοδο 2010-2016 σημείωσε πτώση του ΑΕΠ κατά -25%, και η περίοδος 2013-2018 σημείωσε ήπια πτώση της τάξης του -1%. Η Περιφέρεια της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης συμμετέχει κατά 4% στο Εθνικό ΑΕΠ. Πιο συγκεκριμένα η Ενότητα Καβάλας και η Ενότητα Έβρου είναι αυτές που παρουσίασαν αύξηση +1% και +2%, αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες ενότητες παρουσίασαν αρνητικές τιμές, η Ενότητα Ξάνθης κατέγραψε μείωση κατά 8%, η Ενότητα Ροδόπης μείωση κατά 5% και η Ενότητα Δράμας μείωση κατά 1%. Η περίοδος 2013-2018 καταγράφει ελάχιστες μεταβολές, με τις Ενότητες Καβάλας και Έβρου να σημειώνουν αύξηση +2% και +0.2%, αντίστοιχα και τις ενότητες Ροδόπης, Ξάνθης και Δράμας να σημειώνουν μείωση -3%, -7% και -3%, αντιστοίχως.

Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της χώρας την περίοδο 2010-2016 είχε πτωτική τάση της τάξης του -19% και την περίοδο 2013-2018, αυξητική τάση κατά +2%. Αντίστοιχα η Περιφερειακή Ενότητα της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης κατέγραψε πτώση -24% την περίοδο 2010-2016 και -0,02% την περίοδο 2013-2018. Ο Πίνακας 7 αναφέρει την μεταβολή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ για τις Περιφερειακές Ενότητες τις περιόδους 2010-2016 και 2013-2018.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Πίνακας 7: Μεταβολή του ΑΕΠ της Π.Ε.

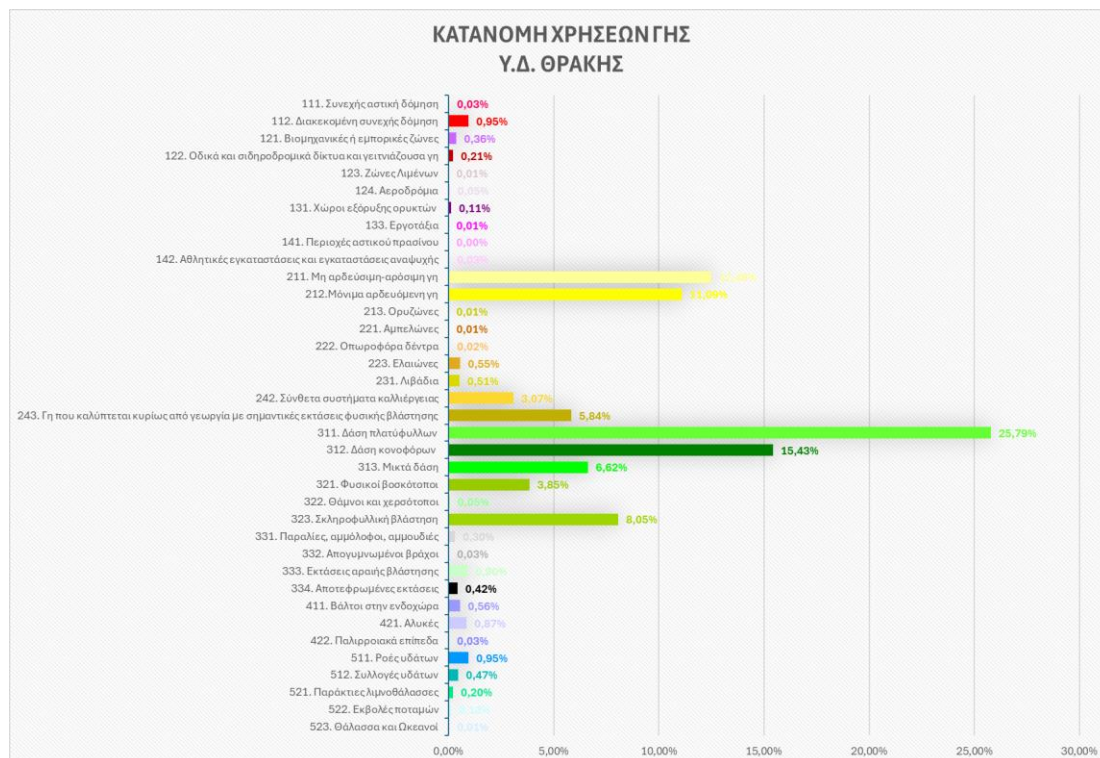
Ενότητα	2010-2016 (μεταβολή σε €)	2010-2016 (ποσοστιαία μεταβολή)	2013-2018 (μεταβολή σε €)	2013-2018 (ποσοστιαία μεταβολή)
Καβάλας	17,094 – 13,410	-22%	13,070 – 13,770	5%
Έβρου	16,331 – 12,171	-24%	12,077– 12,154	1%
Δράμας	13,031 – 10,466	-20%	10,514 – 10,340	-2%
Ροδόπης	13,634 – 10,026	-26%	10,550 – 10,416	-1%
Ξάνθης	14,054 – 10,015	-29%	10,350 – 9,713	-6%

2.2.2.2 ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ

Ο τουρισμός είναι από τους κύριους τομείς απασχόλησης της χώρας. Το 2018 η συμβολή του τουρισμού στο ΑΕΠ ήταν 11,7% που υπολογίζεται στα 21,6 δις και το 2020 ήταν 3,7% ή 6,1 δις. Η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης προσφέρει μόλις το 2% των συνολικών εσόδων από τον τουρισμό της χώρας και αποτελεί το 6% του ΑΕΠ της περιφέρειας κατά το έτος 2018 και το 2020 μόλις το 2%.

2.2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Η Εικόνα 17 παρουσιάζει σε ποσοστά την κατανομή των χρήσεων γης βάσει της ταξινόμησης του Corine Land Cover 2018.



Εικόνα 17: Διάγραμμα κατανομής χρήσεων γης/Corine Land Cover 2018.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Το μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης του Υδατικού διαμερίσματος Θράκης καταλαμβάνεται από δάση πλατύφυλλων δέντρων, σε ποσοστό 25,79% που αντιστοιχεί σε έκταση 1.036.092,75 τετραγωνικών μέτρων. Τα μικτά δάση έχουν την επόμενη μεγαλύτερη έκταση καλύπτοντας το 15,43% της συνολικής έκτασης του Διαμερίσματος.

Η γεωργία αποτελεί σημαντική ενασχόληση των μόνιμων κατοίκων, κάτι το οποίο γίνεται αντιληπτό και από την κατανομή των χρήσεων γης. Ως η τρίτη πιο επικρατής κατηγορία χρήση γης είναι αυτή της μη αρδευόμενης-αρόσιμης γης, η οποία επικρατεί με ποσοστό 12,48% και ακολουθεί η μόνιμα αρδευόμενη γη με ποσοστό 11,09%. Ο Πίνακας 8 παρουσιάζει αναλυτικά τα ποσοστά έκτασης όλων των κατηγοριών των χρήσεων γης.

Πίνακας 8: Κατηγορίες χρήσεων γης σύμφωνα με το Corine Land Cover.

Κωδικοποίηση χρήσεων γης	Συνολική Έκταση (m²)	Ποσοστό έκτασης επί του συνόλου
111. Συνεχής αστική δόμηση	1242,455	0,03%
112. Διακεκομμένη συνεχής δόμηση	38126,273	0,95%
121. Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	14295,430	0,36%
122. Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη	8364,450	0,21%
123. Ζώνες Λιμένων	373,816	0,01%
124. Αεροδρόμια	2100,594	0,05%
131. Χώροι εξόρυξης ορυκτών	4394,623	0,11%
133. Εργοτάξια	402,465	0,01%
141. Περιοχές αστικού πρασίνου	126,340	0,00%
142. Αθλητικές εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις αναψυχής	1082,751	0,03%
211. Μη αρδευσιμη-αρόσιμη γη	501556,281	12,48%
212. Μόνιμα αρδευόμενη γη	445627,602	11,09%
213. Ορυζώνες	373,816	0,01%
221. Αμπελώνες	277,916	0,01%
222. Οπωροφόρα δέντρα	752,692	0,02%
223. Ελαιώνες	22066,727	0,55%
231. Λιβάδια	20388,452	0,51%
242. Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	123480,912	3,07%
243. Γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	234807,701	5,84%
311. Δάση πλατύφυλλων	1036092,747	25,79%
312. Δάση κωνοφόρων	619966,295	15,43%
313. Μικτά δάση	266162,911	6,62%
321. Φυσικοί βοσκότοποι	154830,757	3,85%
322. Θάμνοι και χερσότοποι	2138,545	0,05%
323. Σκληροφυλλική βλάστηση	323518,999	8,05%
331. Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	12004,045	0,30%
332. Απογυμνωμένοι βράχοι	1252,904	0,03%
333. Εκτάσεις αραϊκής βλάστησης	36302,546	0,90%
334. Αποτεφρωμένες εκτάσεις	16724,685	0,42%
411. Βάλτοι στην ενδοχώρα	22344,251	0,56%

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

421. Αλυκές	34807,161	0,87%
422. Παλιρροιακά επίπεδα	1008,983	0,03%
511. Ροές υδάτων	38275,394	0,95%
512. Συλλογές υδάτων	18708,737	0,47%
521. Παράκτιες λιμνοθάλασσες	7999,476	0,20%
522. Εκβολές ποταμών	5247,439	0,13%
523. Θάλασσα και Ωκεανοί	532,102	0,01%
ΣΥΝΟΛΟ	4017759,292	100,00%

Γενικότερα οι φυσικές επιφάνειες καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής με ποσοστό 61,03% και ακολουθούν οι καλλιεργήσιμες επιφάνειες, με ποσοστό 33,58%. Οι υδάτινες επιφάνειες καταλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό των 3,21% και ακόμα μικρότερο ποσοστό καταλαμβάνουν οι τεχνητές επιφάνειες με 1,75%.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Μέσα από την μελέτη της βιβλιογραφίας για τις μεθόδους και τους παράγοντες εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας παρατηρήθηκε ότι τα κριτήρια επιλογής για τον προσδιορισμό των πλημμυρικά ευάλωτων περιοχών δεν είναι προκαθορισμένα. Η κάθε μελέτη/άρθρο χρησιμοποιεί διαφορετικά κριτήρια.

Η Δεβελέκου (2020), στην μεταπτυχιακή διπλωματική της εργασία, πραγματοποίησε εκτίμηση της πλημμυρικής διακινδύνευσης στην βορειοδυτική πλευρά της Π.Ε. Κρήτης. Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού έγινε χρήση μιας μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης και των GIS. Για την δημιουργία του χάρτη διακινδύνευσης χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές για τον χάρτη κινδύνου και για τον χάρτη τρωτότητας. Ο Πίνακας 9 παρουσιάζει τους παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 9: Κριτήρια αξιολόγησης πλημμυρικής επικινδυνότητας και τρωτότητας (Πηγή: Δεβελέκου, 2020).

Επικινδυνότητα πλημμυρών	Τρωτότητα πλημμυρών
1. Υψόμετρο	1. Κοινωνική Τρωτότητα
2. Κλίση	2. Οικονομική Τρωτότητα
3. Αδιαπερατότητα	
4. Βροχόπτωση	
5. Απόσταση από Υδατόρεμα	

Οι συντελεστές βάρους των παραγόντων επικινδυνότητας υπολογίστηκαν μέσω της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, ενώ στους παράγοντες τρωτότητας δόθηκε βάρος 50%. Εξετάστηκε επίσης το σενάριο όλοι οι παράγοντες επικινδυνότητας να έχουν το ίδιο βάρος. Το τελευταίο μέρος της εργασίας συμπεριλάμβανε υδρολογική ανάλυση με την μέθοδο ισόχρονων

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

καμπύλων και αποτέλεσε δεδομένο εισόδου για την υδραυλική προσομοίωση με την χρήση του λογισμικού υδραυλικής προσομοίωσης HEC-RAS. Τα βορειότερα τμήματα παρουσίασαν την υψηλότερη διακινδύνευση, που οφείλεται στα χαμηλά υψόμετρα και στις κλίσεις και στην μεγάλη αδιαπερατότητα της αστικής περιοχής και για τον λόγο παρουσιάστηκε και αυξημένη οικονομική και κοινωνική τρωτότητα.

Η Γρίβα (2021), στην διπλωματική της εργασία, πραγματοποίησε ανάλυση πλημμυρικής επικινδυνότητας στην περιοχή Τυμπακίου Κρήτης στον Δήμο Ηρακλείου, χρησιμοποιώντας μια μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης με τη βοήθεια Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Πιο συγκεκριμένα αξιοποίησε την μεθοδολογία, η οποία προτάθηκε από τους Kourgialas and Karatzas (2011). Για την υλοποίηση της μελέτης επιλέχθηκαν οι εξής παράγοντες πλημμυρικής επικινδυνότητας:

- Υψόμετρο
- Κλίση
- Χρήσεις γης
- Συγκέντρωση ροής
- Γεωλογία
- Ένταση βροχόπτωσης

Οι παράγοντες αυτοί παρήγαγαν 6 χάρτες raster, οι οποίοι μετασχηματίστηκαν ως προς την πλημμυρική επικινδυνότητα σε πέντε κατηγορίες. Από εκεί και έπειτα μέσω της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας καθορίστηκε το βάρος του κάθε παράγοντα και δημιουργήθηκε ο τελικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας. Επίσης, εξετάστηκαν και δύο σενάρια αλλαγής χρήσεων γης, το πρώτο αφορούσε στην μετατροπή των σύνθετων καλλιεργειών σε άνυδρες και το δεύτερο την δημιουργία παραλιακής αστικής ζώνης, δηλαδή την κατασκευή μίας ζώνης αστικής χρήσης στο παραλιακό μέτωπο της περιοχής. Το συμπέρασμα ήταν ότι το βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής, όπου παρουσιάζονται υψηλότερα υψόμετρα και αυξημένες κλίσεις κατατάσσεται στην χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, ενώ οι παραθαλάσσιες περιοχές στην υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Επίσης, οι άνυδρες καλλιέργειες μειώνουν την πλημμυρική επικινδυνότητα, ενώ η επιπλέον αστική ζώνη που προστέθηκε στο δεύτερο σενάριο αυξάνει την πλημμυρική επικινδυνότητα της περιοχής.

Οι Kourgialas and Karatzas (2017) εισήγαγαν μία μεθοδολογία εκτίμησης πλημμυρικού κινδύνου σε εθνικό επίπεδο με την χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης και τεχνικές τεχνητών νευρωνικών δικτύων σε περιβάλλον GIS. Οι παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας ήταν:

- Συσσώρευση ροής (F)
- Χρήσεις Γης (L)
- Υψόμετρο (A)
- Κλίση (S)
- Διάβρωση εδάφους (E)
- Ένταση Βροχόπτωσης (R)
- Διαθέσιμη Χωρητικότητα Νερού (C)

Οι χάρτες ταξινομήθηκαν σε 5 κατηγορίες από πολύ υψηλό επίπεδο εμφάνισης επεισοδίου έως πολύ χαμηλό. Για τα διαστήματα των κατηγοριών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος φυσικών διακοπών Jenk's. Για την εύρεση της βαρύτητας των παραγόντων στον τελικό χάρτη πλημμυρικού κινδύνου χρησιμοποιήθηκαν τα Artificial Neural Network (ANN). Η επαλήθευση του χάρτη έγινε με βάση ιστορικά σημεία πλημμύρας στην Ελλάδα. Από τα Υ.Δ. της Ελλάδας αυτό με το μεγαλύτερη επικινδυνότητα πλημμύρας είναι αυτό της Αττικής με υψηλό κίνδυνο και ακολουθούν το Υ.Δ. της Πελοποννήσου με υψηλό κίνδυνο και αυτά της Δυτικής και Ανατολικής Μακεδονίας. Το 30% αγροτικών εκτάσεων επίσης κινδυνεύουν από τις πλημμύρες.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Γενικότερα το 24% της Ελληνικής επικράτειας κατατάσσεται στις περιοχές πολύ υψηλού κίνδυνου, το 25% στις υψηλού, το 20% στις μέτριου, το 21% στις χαμηλού και το 20% στις πολύ χαμηλού κίνδυνου πλημμύρας περιοχές. Στις περιοχές όπου χρήζουν προστασίας προτείνονται κατάλληλα μέτρα για την μείωση των συνεπειών ενός ακραίου γεγονότος βροχόπτωσης, όπως και η ανάπτυξη συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης. Για τις καλλιέργειες προτείνεται η μεταφορά σημαντικών καλλιεργειών σε λιγότερο επιρρεπείς περιοχές και η αντικατάστασή τους από καλλιέργειες με ανοχή στις πλημμύρες.

Η Feloni et al. (2019) στην έρευνα της εκτίμησε την πλημμυρική τρωτότητα με χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) και της πολυκριτηριακής ανάλυσης στην περιοχή της Αττικής. Στην περίπτωση αυτή έγινε χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράγοντες:

- Υψόμετρο
- Κλίση
- Κρίσιμη πλευρά (Σχέση της επιφάνειας με την κατεύθυνση των καταιγίδων)
- Οριζόντια χερσαία απόσταση ροής (Πραγματική κίνηση του νερού από κελί σε κελί)
- Κατακόρυφη απόσταση δικτύου καναλιών
- Δείκτης καμπυλότητας, δείκτης ταξινόμησης καμπυλότητας και ms δείκτης τοπογραφικής θέσης.
- Δείκτης Υγρασίας
- Αριθμός Σύνθετης καμπύλης.
- Ημερήσιος τροποποιημένος δείκτης Fournier (βροχόπτωση)

Τα κριτήρια κανονικοποιήθηκαν σε πέντε σταθερές κατηγορίες και οι ομάδες ταξινομήθηκαν βάση της ταξινόμησης K-means. Η επίδραση του κάθε παράγοντα εκτιμήθηκε με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP) και την Ασαφή Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (FAHP). Για την καλύτερη επίδραση των κριτηρίων στο τελικό αποτέλεσμα εξετάστηκαν τρία σενάρια. Στο 1^ο Σενάριο δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στα κριτήρια της έντασης βροχόπτωσης και μορφολογία του εδάφους. Στο 2^ο Σενάριο επικεντρώνεται κυρίως στα χαρακτηριστικά του δικτύου ροής και στα προϊόντα του ΨΜΕ, δηλαδή υψόμετρο, κλίση και κρίσιμη πλευρά. Στο 3^ο Σενάριο συνδυάζει τα δύο παραπάνω σενάρια, το οποίο είναι ένα μέσο σενάριο των δύο προηγούμενων. Οι σταθμίσεις των δεικτών πραγματοποιούνται με AHP και δύο διαδικασίες FAHP. Προκύπτουν έτσι 9 χάρτες 5 κατηγοριών K-means. Το κριτήριο της κατακόρυφης απόστασης δικτύου καναλιών εκφράζει χαρακτηριστικά υψομέτρου, ο δείκτης υγρασίας χαρακτηριστικά κλίσης και η οριζόντια χερσαία απόσταση ροής χαρακτηριστικά ροής. Από τις σταθμίσεις προτιμάται η FAHP, καθώς ενσωματώνει την έννοια της αβεβαιότητας. Αυτό παρέχει καλύτερη ομαδοποίηση των κατηγοριών και καθιστά την διαδικασία λιγότερο χρονοβόρα. Επίσης, τα πρώτα δύο σενάρια παρουσιάζουν αδυναμίες για αυτό κρίνεται καταλληλότερο το μέσο σενάριο.

Ο Μουσάδης (2018) στην μεταπτυχιακή διπλωματική του εργασία ανέπτυξε και εφάρμοσε μία ολοκληρωμένη μεθοδολογία με την χρήση των Σ.Γ.Π. για τον καθορισμό ευάλωτων σε πλημμύρες περιοχές, στην περιοχή της Αττικής. Η συγκεκριμένη μελέτη στηρίζεται στην μεθοδολογία των Παραιοαννου et al. (2015), κατά την οποία προτείνεται μία πολυκριτηριακή μέθοδος με την βοήθεια των GIS. Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν περιγράφονται παρακάτω:

- Υψόμετρο
- Κλίση
- Κρίσιμη Πλευρά

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Οριζόντια απόσταση Χερσαίας ροής
- Κάθετη απόσταση από το δίκτυο καναλιών
 - Πολλαπλής κλίμακας δείκτης τοπογραφικής θέσης
 - Ταξινόμηση βάση καμπυλότητας
 - Δείκτης καμπυλότητας
- Saga δείκτης τοπογραφικής υγρασίας
- Σύνθετος δείκτης τοπογραφικών απωλειών
- Ημερήσια τροποποιημένος δείκτης υδρολογικών απωλειών Fournier.

Εξετάστηκαν τρία σενάρια :

- Σ1: δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στο δυναμικό της βροχής και στην μορφολογία του εδάφους.
- Σ2: εστιάζει στο υδρογραφικό δίκτυο και στην υγρασία εδάφους.
- Σ3: συνδυάζει τα δύο παραπάνω σενάρια.

Η στάθμιση των βαρών για κάθε σενάριο έγινε με την Αναλυτική Ιεραρχική Μέθοδο (ΑΗΡ) και με την Ασαφή Αναλυτική Ιεραρχική Μέθοδο (FAHP). Από όλους τους χάρτες που παράχθηκαν, επιλέχθηκε αυτός του τρίτου σεναρίου και της FAHP, καθώς παρατηρήθηκε ότι η FAHP εστιάζει περισσότερο στα κριτήρια που ευθύνονται περισσότερο στην εκτίμηση πλημμυρικά ευάλωτων περιοχών. Ο κίνδυνος πλημμύρας φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τον δείκτη υγρασίας, την ταξινόμηση της καμπυλότητας όπως και της καμπυλότητας, παρόλα αυτά η πληροφορία του υψόμετρου κρίνεται απαραίτητη. Η FAHP ενσωματώνει την έννοια της αβεβαιότητας και δίνει μεγαλύτερη έμφαση στα σημαντικότερα κριτήρια.

Η Ανδικοπούλου (2019), στην διπλωματική της εργασία, πραγματοποίησε μία ολοκληρωμένη προσέγγιση στην εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου για τον Πηνειό Ποταμό στην Θεσσαλία με χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης και των GIS. Επίσης, με την βοήθεια του λογισμικού HEC-HMS έκανε υδρολογική ανάλυση για τρία ιστορικά επεισόδια και έπειτα πραγματοποίησε υδραυλική προσομοίωση με την χρήση του λογισμικού HEC-RAS για το δυσμενέστερο από τα τρία πλημμυρικά επεισόδια. Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την πολυκριτηριακή ανάλυση ήταν :

- Χρήσεις γης
- Κλίση
- Υψόμετρο
- Βροχόπτωση
- Τύπος εδάφους
- Αδιαπερατότητα.

Η απόδοση βαρών στα κριτήρια πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας. Και στην συγκεκριμένη μελέτη ο κίνδυνος ομαδοποιήθηκε σε τρεις κλάσεις. Επιλέχθηκαν τρία επεισόδια για την υδρολογική προσομοίωση σε 4 θέσεις του κυρίου υδατορέματος. Οι περιοχές που παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο είναι κυρίως οι πεδινές (χαμηλό υψόμετρο και χαμηλές κλίσεις) που βρίσκονται στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Επίσης, περιοχές σε κοντινή απόσταση από τους ποταμούς, όπως και βυθίσματα. Αστικές περιοχές εμφανίζουν υψηλό κίνδυνο λόγω της υψηλής αδιαπερατότητας του εδάφους. Οι ορεινές είναι οι περιοχές που κινδυνεύουν λιγότερο και οι ημιορεινές έχουν μέτριο επίπεδο επικινδυνότητας.

Ο Καπετανίδης (2023), στην διπλωματική του εργασία, εκτίμησε την πλημμυρική επικινδυνότητα για τον Ν. Αττικής και εκτίμησε τον αριθμό καμπύλης (CN) για το σύνολο της χώρας. Παρουσίασε για τα έτη 2000 έως 2021 τις κλίσεις του Πυροσβεστικού Σώματος για την άντληση υδάτων, συσχετίζοντας τις κλίσεις αυτές με τον αριθμό καμπύλης απορροής. Τα κριτήρια αξιολόγησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας ήταν:

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Υψόμετρο
- Κλίση
- Συγκέντρωση επιφανειακή ροής
- Χρήσεις Γης
- Ένταση Βροχόπτωσης
- Όμβριες Καμπύλες
- Αριθμός καμπύλης απορροής

Ο αριθμός καμπύλης εμφανίστηκε ιδιαίτερα αυξημένος στις αστικές και τις πεδινές περιοχές, και μειωμένος στα μεγαλύτερα υψόμετρα. Η πλημμυρική επικινδυνότητα στο Υ.Δ. Αττικής ήταν ιδιαίτερα αυξημένη στο Λεκανοπέδιο της Αττικής και πιο συγκεκριμένα οι χαμηλότερου υψομέτρου περιοχές, εν αντιθέσει με τις ορεινές περιοχές. Το ποσοστό επικάλυψης των δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας περιοχών με τα Σχέδια Διαχείρισης Πλημμύρας ήταν της τάξης του 40%.

Η Χατζηδάκη (2013) αξιολόγησε την πλημμυρική επικινδυνότητα στην Βόρεια Ελλάδα χρησιμοποιώντας πολυκριτηριακή ανάλυση και Γεωγραφικά Συστήμα Πληροφοριών. Εξέτασε δύο διαφορετικές μεθοδολογίες, την μεθοδολογία που προτάθηκε από τους Kourgialas and Karatzas (2011) και την μεθοδολογία των Wang et. al (2015). Για την εφαρμογή της κάθε μεθοδολογίας χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί παράγοντες οι οποίοι παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Επιλογή κριτηρίων σε κάθε μεθοδολογία (Πηγή: Χατζηδάκη ,2013).

1^η Μεθοδολογία (Kourgialas and Karatzas, 2011)	2^η Μεθοδολογία (Wang et al., 2015)
1. Συσσώρευση ροής	1. Τοπογραφία
2. Κλίση	2. Βλάστηση
3. Χρήση Γης	3. Δίκτυο Αποστράγγισης
4. Ένταση βροχόπτωσης	4. Διερχόμενη Πλημμύρα
5. Γεωλογία	5. Βροχόπτωση
6. Υψόμετρο	

Η ανάλυση ευαισθησίας των κριτηρίων πραγματοποιήθηκε μεταβολή του δείκτη MFI μεταξύ των δεκαετιών 1985 έως 1995 και 1994 έως 2004 και την χρήση των χρήσεων γης και Corine Land Cover 2009 και 2000. Οι ζώνες υψηλού κινδύνου αποτελούνται κυρίως από πεδινές περιοχές χαμηλού υψομέτρου και ήπιων κλίσεων. Βάσει της επικύρωσης μέσω των διαθέσιμων δορυφορικών εικόνων η πρώτη μεθοδολογία αποκλίνει λιγότερο από τις πλημμυρισμένες περιοχές, σε σχέση με την δεύτερη. Επίσης, οι μεταβολές των χρήσεων γης επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την πλημμυρική επικινδυνότητα σε σχέση με την βροχόπτωση για την πρώτη μεθοδολογία.

Η Παππά (2012), στην διατριβή της ειδικεύσεως, ανέλυσε την επικινδυνότητα πλημμυρών και ασχολήθηκε με τον εντοπισμό πλημμυρισμένων περιοχών με χρήση τηλεπισκοπικών μεθόδων και των Σ.Γ.Π.. Με την βοήθεια GIS εκτιμήθηκε η πλημμυρική επικινδυνότητα χρησιμοποιώντας τους παρακάτω 4 παράγοντες:

- Τοπογραφία- τοπογραφικός δείκτης υγρασίας
- Περαιτότητα λιθολογικών σχηματισμών
- Τραχύτητα-Κάλυψη γης
- Φυτοκάλυψη

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Το βάρος κάθε παράγοντα εκτιμήθηκε με χρήση της Αναλυτική Ιεραρχικής Διαδικασίας. Η τηλεπισκόπηση βοήθησε στην επεξεργασία εικόνων ραντάρ από το πλημμυρικό επεισόδιο τον Φεβρουάριο του 2010, που χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των πλημμυρισμένων περιοχών. Επίσης, η τηλεπισκόπηση βοήθησε στην εύρεση του δείκτη βλάστησης στην περιοχή από πολυφασματική δορυφορική εικόνα LANDSAT 5. Ο τελικός χάρτης επικινδυνότητας ταξινομήθηκε σε 7 κατηγορίες με τη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής να κατατάσσεται σε περιοχή μέτριας-χαμηλής επικινδυνότητας με τις περιοχές υψηλής επικινδυνότητας να βρίσκονται στο βόρειο, στο νοτιοδυτικό και στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής που χαρακτηρίζονται από ελλειπή βλάστηση. Βάσει του γεγονότος και του χάρτη επικινδυνότητας οι περιοχές που πλημμύρισαν χαρακτηρίζονται ζώνες υψηλού κινδύνου.

Οι Wang et al. (2011) ανέπτυξαν μία μεθοδολογία για την αξιολόγηση ενός περιφερειακού δείκτη κινδύνου πλημμύρας μεσοκλίμακας για την περιοχή της λίμνης Dongting, με την χρήση των GIS και την Ασαφή Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (FAHP). Σύμφωνα με την θεωρία των Shi (1996) και Crichton and Mounsey (1997), ο κίνδυνος πλημμυρών βασίζεται στην επικινδυνότητα και στην τρωτότητα. Προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης Κινδύνου, απαραίτητη ήταν η δημιουργία του χάρτη επικινδυνότητας και του χάρτη της τρωτότητας. Έτσι μετά από έρευνα ειδικών επιλέχθηκαν οι δείκτες επικινδυνότητας και οι δείκτες τρωτότητας, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11: Δείκτες πλημμυρικής επικινδυνότητας και τρωτότητας (Πηγή: Wang et al., 2011)

Δείκτες Επικινδυνότητας	Δείκτες Τρωτότητας
1. Δείκτης Τοπογραφίας (Υψόμετρο και κλίση)	1. Πληθυσμιακοί Δείκτες
2. Δείκτης κάλυψης βλάστησης	2. Δείκτες παραγωγής
3. Δείκτης Δικτύου Αποστράγγισης	3. Καλλιεργήσιμες εκτάσεις
4. Δείκτης Πλημμύρας Διέλευσης	4. Δείκτες μεταφοράς
5. Δείκτης ελέγχου έργου πλημμυρών (Πυκνότητα ανά χωμάτων)	
6. Παράγοντες ενεργοποίησης (Παράγοντες βροχόπτωσης)	

Για την απόδοση βαρών στα προαναφερθέντα κριτήρια χρησιμοποιήθηκε η Ασαφής Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (FAHP). Έτσι, δημιουργήθηκαν οι χάρτες Επικινδυνότητας και Τρωτότητας οι οποίοι επικαλυφθήκαν με την χρήση της πρόσθεσης και δημιουργήθηκε ο χάρτης Κινδύνου Πλημμύρας για την περιοχή μελέτης. Ο τελικός χάρτης κατηγοριοποιήθηκε σε 5 κατηγορίες κινδύνου πλημμύρας. Βάσει αυτού οι ζώνες υψηλού και πολύ υψηλού κινδύνου κατανεμήθηκαν στις βόρειες και κεντρικές πεδιάδες της περιοχής. Η ακρίβεια της αξιολόγησης κινδύνου πλημμύρας επηρεάζεται από την ακρίβεια και την διαθεσιμότητα των δεδομένων, παρόλα αυτά το ημι-ποσοστικό μοντέλο μπορεί να οδηγήσει σε αξιόπιστα αποτελέσματα.

Οι Kourgialas and Karatzas (2011) πρότειναν μία προσέγγιση εκτίμησης επικίνδυνων πλημμυρικά περιοχών σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής με χρήση των Σ.Γ.Π. και της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Το σχέδιο διαχείρισης πλημμυρών περιλαμβάνει μία στρατηγική διαχείρισης πλημμυρών και τον προσδιορισμό των περιοχών κινδύνου πλημμυράς. Η περιοχή μελέτης είναι η Λεκάνη Απορροής του π. Κοίλιαρη ανατολικά των Χανίων στην Κρήτη. Οι παράγοντες εκτίμησης πλημμυρικά επικίνδυνων περιοχών ορίστηκαν οι εξής:

- Συσσώρευση ροής
- Κλίση
- Χρήσεις γης

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Ένταση βροχόπτωσης
- Γεωλογία
- Υψόμετρο

Η επίδραση του κάθε παράγοντα ταξινομήθηκε σε 5 επίπεδα κινδύνου. Τα επίπεδα αυτά ταξινομήθηκαν βάσει της μεθόδου Jenk's Natural Breaks. Τα βάρη των παραγόντων προσδιορίστηκαν με την χρήση της μεθοδολογίας που προτάθηκε από τους Shaban et al. (2001). Ο τελικός χάρτης κινδύνου πλημμύρας προέκυψε με την βοήθεια του εργαλείου «Model Builder», το οποίο αποτελεί ικανότητα γεωεπεξεργασίας των G.I.S. Οι περιοχές πολύ υψηλού κινδύνου πλημμύρας αποτέλεσαν σημεία ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων της περιόδου 1960 έως 2007, επιβεβαιώνοντας την αξιοπιστία της μεθοδολογίας. Επιπλέον, οι Kourgialas and Karatzas (2011) συμπέραναν ότι ο συνδυασμός αυτής της μεθόδου με ένα αποτελεσματικό σύστημα προειδοποίησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποφυγή ζημιών από πλημμύρες και τη διασφάλιση της δημόσιας ασφάλειας.

Οι Papaioannou et al. (2015) μελέτησαν ένα πλαίσιο χαρτογράφησης πιθανών πλημμυρικών περιοχών με την χρήση GIS, τεχνικές ασαφούς λογικής και μεθόδους αξιολόγησης πολλαπλών κριτηρίων. Η περιοχή μελέτης καθορίστηκε ως η Λεκάνη Απορροής του π. Ξεριά στην περιοχή της Θεσσαλίας, περιοχή επιρρεπής στις πλημμύρες. Στην μελέτη αυτή εξετάζονται δύο προσεγγίσεις: η πρώτη προσέγγιση κανονικοποιεί όλα τα κριτήρια πριν από την πολυκριτηριακή ανάλυση και έπειτα κάνει την ομαδοποίηση. Στην δεύτερη προσέγγιση πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση και κανονικοποίηση των κριτηρίων πριν την πολυκριτηριακή ανάλυση και πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση και μετά από αυτή. Επίσης, και στις δύο προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι για την εκτίμηση του βάρους των παραγόντων, η μέθοδος AHP και η μέθοδος FAHP. Επίσης πραγματοποιήθηκε η ταξινόμηση των χαρτών σε 5 κατηγορίες και εξετάστηκαν έξι μέθοδοι ταξινόμησης: α) Jenk's Natural Breaks, β) K-means euc, γ) K-means cit., δ) Fuzzy c-means, ε) Gaussian Mixture, ς) CLARA. Τα κριτήρια προσδιορισμού πλημμυρικά ευάλωτων περιοχών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα:

- DEM
- Κλίση
- Όψη
- Συσσώρευση ροής
- Οριζόντια απόσταση χερσαίας Ροής (Horizontal Overland Flow Distance(HOFD))
- Κατακόρυφη απόσταση χερσαίας ροής (Vertical Overland Flow Distance(VOFD))
- Δείκτης Τοπογραφικής Θέσης (TPI)
- Τοπογραφικός Δείκτης Υγρασίας (WI)
- Αριθμός καμπύλης (CN)
- Τροποποιημένος δείκτης Fournier (MFI)

Οι δύο προσεγγίσεις παρήγαγαν η κάθε μία 12 χάρτες, οι 6 για την AHP και οι άλλοι έξι για την FAHP. Γενικότερα, η AHP παρουσιάζει μεγαλύτερη συνεισφορά στην κατηγορία πολύ υψηλού κινδύνου. Οι αποκλίσεις ανάμεσα στις δύο προσεγγίσεις είναι περίπου 25%. Από την επικύρωση η FAHP μέθοδος αποδείχθηκε καλύτερη και από τις μεθόδους ομαδοποίησης, η μέθοδος Jenk's έχει μικρότερη συνεισφορά στην κατηγορία πολύ υψηλό. Γενικότερα, η AHP θεωρήθηκε πιο αξιόπιστη για την απόδοση βαρών. Οι τεχνικές ομαδοποίησης είχαν παρόμοια αποτελέσματα όμως στις πεδινές περιοχές καλύτερη απόκριση είχαν οι K-means και CLARA.

Οι Stefanidis and Stathis (2013) πραγματοποίησαν μελέτη εκτίμησης πλημμυρικής επικινδυνότητας με βάση ανθρωπογενείς και φυσικούς παράγοντες. Η περιοχή μελέτης ήταν η Χερσόνησος της Κασσάνδρας, στην βόρεια Ελλάδα. Οι παράγοντες της πλημμυρικής

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

επικινδυνότητας χωρίστηκαν στους φυσικούς και στους ανθρωπογενείς οι οποίοι παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12: Παράγοντες αξιολόγησης πλημμυρικού κινδύνου (Πηγή: Stefanidis and Stathis, 2013).

Φυσικοί Παράγοντες	Ανθρωπογενής Παράγοντες
1. Χρήσεις γης	1. Καταπατήσεις
2. Γεωλογικό Υπέδαφος	2. Ανεπαρκή Τεχνικά Έργα
3. Μέση κλίση Λεκανών	3. Διαμορφωμένη διατομή στην πεδινή περιοχή του ρέματος
4. Κλίση Κύριου Υδατορέματος	
5. Διαπερατότητα πετρωμάτων	
6. Σχήμα Λεκανών Απορροής	
7. Πυκνότητα Υδρογραφικού Δικτύου	

Για την βαρύτητα των παραγόντων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΗΡ). Από αυτά μεγαλύτερη βαρύτητα παρουσιάζουν οι χρήσεις γης για τους φυσικούς παράγοντες και οι καταπατήσεις για τους ανθρωπογενείς. Η ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις κλάσεις πλημμυρικού κινδύνου. Ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας που προέκυψε από τους φυσικούς παράγοντες κατατάχθηκε στο μεγαλύτερο τμήμα του (48%) ως μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας. Ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας των ανθρωπογενών παραγόντων είχε ως επικρατέστερη κατηγορία την πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα (43%). Σύμφωνα με ιστορικά στοιχεία, τα συχνότερα πλημμυρικά φαινόμενα συνέβησαν σε περιοχές πολύ υψηλού κινδύνου βάσει των ανθρωπογενών παραγόντων. Ως απόρροια αυτού προκύπτει ότι οι ανθρώπινες ενέργειες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την πλημμυρογένεση.

Η Μερταράκη (2016), στην μεταπτυχιακή της διπλωματική εργασία, πραγματοποίησε προσδιορισμό πλημμυρικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα με χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον Σ.Γ.Π. Οι παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της πλημμυρικής επικινδυνότητας ήταν :

- Ένταση βροχόπτωσης
- Υψόμετρο
- Κλίση
- Χρήσεις γης
- Συσσώρευση ροής
- Διαβρωσιμότητα
- Υδατοϊκανότητα εδάφους

Οι παράγοντες αυτοί μετασχηματίστηκαν ως προς τον κίνδυνο πλημμύρας και έπειτα συνεχίστηκε ο προσδιορισμός της βαρύτητας του καθενός. Αυτό επιτεύχθηκε με τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, μέσα από τα οποία προέκυψε το βάρος του κάθε παράγοντα. Για την σύνθεση του τελικού χάρτη απαραίτητη ήταν η χωρική παρεμβολή. Στην συγκεκριμένη μελέτη εξετάστηκαν οι ακόλουθες τρεις μέθοδοι: (i) Inverse Distance Weighting, (ii) Spline και (iii) Kriging. Από αυτές καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η μέθοδος Spline. Βάσει των ιστορικών πλημμυρικών γεγονότων έγινε η αξιολόγηση του χάρτη επικινδυνότητας, ο οποίος έδειξε ποσοστιαίο σφάλμα της τάξης του 3%. Τα αποτελέσματα του χάρτη έδειξαν ότι οι αστικές και πεδινές περιοχές είναι οι πιο ευάλωτες. Οι πιο επιρρεπείς περιοχές είναι η Μακεδονία, η Θεσσαλία, η ανατολική Στερεά Ελλάδα, η δυτική Πελοπόννησος, καθώς και η νότια και βορειοδυτική Κρήτη.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Ο Σούρλας (2021) πραγματοποίησε την διπλωματική του εργασία με στόχο την εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας με την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και την της μεθόδου της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την διαμόρφωση προγνωστικού μοντέλου. Η περιοχή μελέτης ήταν η ΒΑ Κορινθία. Η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας πραγματοποιήθηκε με τις εξής παραμέτρους:

- Υψόμετρο
- Κλίση
- Τοπογραφικός Δείκτης Υγρασίας
- Απόσταση από υδρογραφικό Δίκτυο
- Εδαφικό μέσο
- Ρυθμός Κατεΐσδυσης
- Καμπυλότητα

Το πρώτο μοντέλο που εξετάστηκε ήταν αυτό που βασίστηκε στην γνώση των ειδικών (fsi_expert_model). Για την σύνθεση του χάρτη επικινδυνότητας πλημμύρας, σύμφωνα με το πρώτο μοντέλο, οι παράμετροι θεωρήθηκαν ότι έχουν την ίδια βαρύτητα. Το δεύτερο μοντέλο κάνει χρήση της μεθόδου Λογιστικής Παλινδρόμησης (fsi_logistic_model). Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκαν ισάριθμα σημεία εμφάνισης πλημμυρών και μη εμφάνισης πλημμυρών. Και οι δύο χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας ταξινομήθηκαν σε πέντε κλάσεις με την μέθοδο Natural Breaks. Κατά το πρώτο μοντέλο, οι περιοχές κοντά στο υδρογραφικό δίκτυο εμφανίζουν πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα όπως και οι πεδινές περιοχές. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και στο δεύτερο μοντέλο, όπου οι περιοχές πολύ υψηλού κινδύνου παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Η πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα υπολείπεται από τις ζώνες πολύ υψηλού κινδύνου πλημμύρας του Υ.ΠΕ.ΚΑ., στην πρώτη περίπτωση 5,72% και στην δεύτερη 4,81%. Το συμπέρασμα ήταν ότι οι πιο επιρρεπείς περιοχές ήταν ο αστικός ιστός και έπειτα οι πεδινές περιοχές. Τα δύο μοντέλα είχαν παρόμοια αποτελέσματα, παρόλα αυτά σύμφωνα με την αξιολόγηση με το εμβαδόν της καμπύλης ROC, η πρώτη μέθοδος θεωρήθηκε αποτελεσματικότερη.

Οι Rincon et al. (2018) ερεύνησαν την ανάπτυξη χαρτών κινδύνου πλημμυράς στην Λεκάνη Απορροής του π. Don της περιοχής Great Toronto. Για την υλοποίηση των χαρτών αυτών έγινε χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Εξέτασαν 4 σενάρια με διαφορετικούς παράγοντες. Οι παράγοντες που αξιοποιήθηκαν για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας ήταν:

- Κλίση (S)
- Ύψος πάνω από την υψηλότερη αποστράγγιση (Height Above Nearest Drainage (HAND))
- Απόσταση από Υδατόρεμα (DS)
- Αριθμός Καμπύλης (CN)
- Συνολική Βροχόπτωση (TP)
- Ενεργός Βροχόπτωση (EP)
- Πλημμυρικό Πεδίο

Τα σενάρια αποσκοπούσαν στην εύρεση της βέλτιστης λύσης συνδυασμού κριτηρίων, τα οποία ήταν τα εξής:

- Σ1: Το βασικό σενάριο, περιλάμβανε τα κριτήρια DS, HAND, S, CN και τον χάρτη πλημμυρικών περιοχών.
- Σ2: περιλάμβανε τα κριτήρια DS, HAND, S, CN χωρίς τον χάρτη πλημμυρικών περιοχών
- Σ3: περιλάμβανε τα κριτήρια S, HAND, DS, EP.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Σ4: περιλάμβανε τα κριτήρια DS, HAND, S, CN και TP.

Επίσης εξετάστηκαν και τρία σενάρια κοινωνικό-οικονομικής τρωτότητας με διαφορετικές βαρύτητες, τα οποία ήταν:

- V1: Κοινωνική Τρωτότητα 67% - Οικονομική Τρωτότητα 33%
- V2: Κοινωνική Τρωτότητα 33% - Οικονομική Τρωτότητα 67%
- V3: Κοινωνική Τρωτότητα 50% - Οικονομική Τρωτότητα 50%

Το πρώτο σενάριο πλημμυρικής επικινδυνότητας αποδείχθηκε το καλύτερο, σύμφωνα με το ιστορικό πλημμυρών των τελευταίων εκατό χρόνων και το σενάριο 2 παρουσίασε πολλά κοινά χαρακτηριστικά με το πρώτο, καθιστώντας το δεύτερο καλύτερο. Συμπέρασμα ήταν ότι τα κριτήρια αυτά μαζί με το κριτήριο της βροχόπτωσης ήταν τα σημαντικότερα για την πλημμυρική επικινδυνότητα. Από τα κοινωνικό-οικονομικά σενάρια βγήκε το συμπέρασμα ότι η οικονομική ευπάθεια έχει το μεγαλύτερο αντίκτυπο στην συνολική τρωτότητα. Επίσης, η οικονομική ευπάθεια εξαρτάται από το κριτήριο της χρήσεις γης.

Οι Morea and Samanta (2020) πραγματοποίησαν μία μελέτη που στοχεύει στην ανάλυση πλημμυρικού κινδύνου με την χρήση GIS, τηλεπισκόπισης και πολυκριτηριακής ανάλυσης. Πραγματοποιήθηκε η επιλογή εννέα παραγόντων:

- Χρήσεις γης
- Υψόμετρο
- Κλίση
- Επιφανειακή Απορροή
- Απόσταση από τον ποταμό
- Βροχόπτωση
- Υφή Εδάφους - Υδρολογικός τύπος
- Αποστράγγιση εδάφους
- Γεωλογία

Η βαρύτητα κάθε κριτηρίου, για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στην περιοχή μελέτης αποδόθηκε με την μέθοδο Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας. Για την πλημμυρική επικινδυνότητα θεωρήθηκαν πέντε κλάσεις από πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα έως πολύ υψηλή. Η επικύρωση της μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκε με τα πλημμυρικά περιστατικά της περιοχής. Οι υδρολογικές ομάδες D και C δίνουν ζώνες πολύ υψηλού κινδύνου, η επιφανειακή απορροή επηρεάζεται από την κάλυψη της γης και από τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Επίσης, αυξημένη επικινδυνότητα παρουσιάζουν περιοχές μικρών κλίσεων και περιοχές κοντά σε υδατόρεμα. Επιπλέον, οι κατηγορίες χρήσεων γης μειωμένης βλάστησης παρουσίασαν αυξημένη πλημμυρική επικινδυνότητα. Η σύγκριση με τα πλημμυρικά γεγονότα απέδειξε ότι τα 21 από τα 25 σημεία πλημμυρισμένων περιοχών βρίσκονται σε περιοχές υψηλής και πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Οι Chen at al. (2011) ερεύνησαν, πρώτον, την ανάπτυξη μίας δομής μέσω της AHP για την παροχή επιλογών για την ανάλυση πλημμυρικού κινδύνου, δεύτερον τη χαρτογράφηση πλημμυρικού κινδύνου με χρήση GIS και τρίτον τον συνδυασμό των δύο μεθοδολογιών και την εφαρμογή τους σε περιοχή στην κεντρική Ταιβάν. Για την εύρεση των παραγόντων δόθηκαν ερωτηματολόγια με διάφορους παράγοντες σε ειδικούς. Οι παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Βροχόπτωση
- Τοπογραφία
- Ποταμός που επηρεάζεται από την παλίρροια
- Κλίση καναλιού ποταμού
- Συστήματα αποστράγγισης ομβρίων υδάτων

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Πύλη νερού, αντλιοστάσιο και συντήρηση
- Κινητές αντλίες
- Υλικά, συνθήκες και θέσεις αναχωμάτων

Το τελικό αποτέλεσμα κατέδειξε ότι η υψηλότερη πιθανότητα πλημμύρας βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του ποταμού Fazih, όπως και κατά μήκος του ποταμού στο Fushin Township, σε σημεία των οποίων τα αναχώματα παρουσίαζαν ζημιές και επηρέασαν την εμφάνιση πλημμύρας στην πόλη Taichung. Η δομή της Αναλυτικής Ιεραρχικής Μεθόδου αποτέλεσε φθινή, εύχρηστη και βελτιώσιμη διαδικασία, αλλά παρουσίασε προβλήματα ως προς το πλήθος των πηγών των δεδομένων, της ποικιλίας των αρχείων και της περιόδου καταγραφής των δεδομένων. Τα αποτελέσματα της μεθόδου ήταν ακριβή, αλλά εξαρτώνται από την ποιότητα και την αξιοπιστία των αρχικών δεδομένων.

Οι Selvam and Jebamalai (2023) πραγματοποίησαν έρευνα στην ανάλυση πλημμυρικής επικινδυνότητας χρησιμοποιώντας τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, και τους δείκτες κινδύνου και τρωτότητας πλημμύρας. Η έρευνα κατέληξε στους εξής οκτώ παράγοντες:

- Χρήσεις γης
- Πυκνότητα Αποστράγγισης
- Τοπογραφικός Δείκτης Υγρασίας
- Απόσταση από ποταμό
- Μήκος ποταμού
- Κλίση
- Υψόμετρο
- Βροχόπτωση

Η στάθμιση των παραγόντων και σε αυτή την περίπτωση έγινε με την μέθοδο της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP). Η κατηγοριοποίηση του χάρτη έγινε σε πέντε κλάσεις με την μεσαία κλάση να καταλαμβάνει την μεγαλύτερη έκταση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στον χάρτη.

Οι Chakraborty and Mukhopadhyay (2019) μελέτησαν μία αποτελεσματική μέθοδο για την δημιουργία χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας της περιοχής Coochbehar με βάση τις έννοιες κινδύνου και τρωτότητας. Για την επίτευξη τους σκοπού χρησιμοποιήθηκε GIS. Στον Πίνακα 13 παρατίθενται οι δείκτες κινδύνου και τρωτότητας.

Πίνακας 13: Παράγοντες εκτίμησης πλημμυρικού κινδύνου και πλημμυρικής τρωτότητας (Πηγή: Chakraborty & Mukhopadhyay, 2019).

Δείκτες Κινδύνου	Δείκτες Τρωτότητας
1. Υψόμετρο	1. Πυκνότητα Πληθυσμού
2. Επιφανειακή Κλίση	2. Γυναικείος Πληθυσμός
3. Πυκνότητα Αποστράγγισης	3. Χρήσεις γης
4. Απόσταση από ποταμό	4. Πυκνότητα οδικού δικτύου
5. Μέγιστη Βροχόπτωση τριών ημερών	5. Απόσταση από καταφύγιο πλημμύρας
6. Εγγύτητα στη συμβολή ρεμάτων	6. Απόσταση από Νοσοκομείο
7. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά	7. Ποσοστό Αλφαριθμητισμού
8. Απόσταση από τοποθεσίες παραβίασης αναχωμάτων.	8. Ποσοστό Απασχόλησης

Η στάθμιση των δεικτών έλαβε χώρα με την μέθοδο AHP. Ο χάρτης κινδύνου κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε κλάσεις. Οι πιο επιρρεπείς σε πλημμύρες περιοχές βρίσκονται κοντά σε ποταμούς. Επίσης, οι επιφανειακές κλίσεις στο ανατολικό και νοτιοανατολικό κομμάτι της περιοχής τις καθιστούν πιο επιρρεπείς στις πλημμύρες. Τα αναχώματα παίζουν

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

πολύ σημαντικό ρόλο στον μετριασμό των πλημμυρών, παρόλο που οι μουσώνες καταρρίπτουν πολλά από αυτά. Επίσης ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζει η βροχόπτωση. Όσον αφορά τον χάρτη τρωτότητας που κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε κατηγορίες, οι πιο ευάλωτοι οικισμοί βρίσκονται στα Σύνορα Ινδία Μπαγκλαντές. Οι οικισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από μικρή πυκνότητα πληθυσμού, έντονη αγροτική απασχόληση, αλλά ελλειπείς υποδομές. Οι παράγοντες αλφαριθμητισμού και υποδομών παίζουν σημαντικό ρόλο για την αυξημένη τρωτότητα. Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω δεικτών συνθέτει τον τελικό χάρτη επικινδυνότητας, ο οποίος χωρίζεται σε πέντε ζώνες επικινδυνότητας. Αυξημένη επικινδυνότητα εντοπίζεται κατά μήκος των ποταμών της περιοχής και στις πεδινές κυρίως περιοχές. Η επικύρωση της μεθοδολογίας έγινε βάσει ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων, καθιστώντας την ως καλή με χαμηλά σφάλματα.

Οι Abdel Hamid et al. (2020) πρότειναν μία τεχνική χαρτογράφησης ευαισθησίας πλημμυρών με χρήση της μεθόδου Αναλυτική Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP). Για τον σκοπό αυτό προτάθηκαν οι εξής 10 παράγοντες:

- Υψόμετρο
- Κλίση
- Απόσταση από υδατόρεμα
- Χρήσεις γης
- Πυκνότητα αποστράγγισης
- Συσσώρευση ροής
- Τραχύτητα επιφάνειας
- Δείκτης ισχύος ρεύματος
- Τοπογραφικός δείκτης υγρασίας
- Καμπυλότητα τοπογραφίας

Τα τηλεπισκοπικά δεδομένα ενσωματώθηκαν, καθώς αποτέλεσαν δεδομένα των παραγόντων, στην διαδικασία και βάση της AHP χαρακτηρίστηκαν τα βάρη των παραγόντων. Ο χάρτης έδειξε ότι η περιοχή, η οποία παρουσίασε την μεγαλύτερη ευαισθησία ήταν βόρεια. Τα συμπεράσματα της εργασίας ήταν ότι οι αστραπιαίες πλημμύρες αυξάνονται από την κλιματική αλλαγή, επίσης οι ελλειπείς υποδομές οδηγούν σε καταστροφικές συνέπειες.

Οι Ouma and Tateishi (2014) πραγματοποίησαν μελέτη για την ανάδειξη μοντέλου χαρτογράφησης πλημμύρας και την εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας σε αστικές περιοχές. Η περιοχή μελέτης ορίστηκε η περιοχή του Δήμου Eldoret στην Κένυα, περιοχή με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού η οποία πλήττεται συχνά από πλημμύρες. Επίσης, παρουσίασε και σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης των υδάτων. Για την υλοποίηση της εργασίας έγινε χρήση της AHP και τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14: Παράγοντες πλημμυρικού κινδύνου και τρωτότητας (Πηγή: Ouma and Tateishi, 2014).

Φυσικοί Παράγοντες	Κοινωνικο-οικονομικοί παράγοντες
Υψόμετρο	Χρήσεις γης
Κλίση	
Έδαφος	
Βροχόπτωση	
Πυκνότητα αποστράγγισης	

Από την χαρτογράφηση του κινδύνου πλημμύρας υπολογίστηκε ο δείκτης UFRI, δείκτης που καθορίζει τον βαθμό τρωτότητας και έκθεσης. Η επικύρωση των αποτελεσμάτων

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

πραγματοποιήθηκε με μετρήσεις βάθους πλημμύρας παρατηρούμενων πλημμυρικών συμβάντων στις ευάλωτες περιοχές. Το σφάλμα που προέκυψε στην έκταση των ευάλωτων περιοχών ήταν της τάξης του 8%.

Οι Hagos et al. (2022) ερευνήσαν την αξιολόγηση κινδύνου πλημμύρας και την χαρτογράφηση πλημμυρισμένων περιοχών στην Λεκάνη Άπορης Teji της Αιθιοπίας. Στην συγκεκριμένη περιοχή εμφανίζεται συχνά το φαινόμενο της πλημμύρας. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η πολυκριτηριακή ανάλυση και οι παράγοντες πλημμυρικού κινδύνου ήταν:

- Έδαφος
- Κλίση
- Υψόμετρο
- Πυκνότητα αποστράγγισης
- Απόσταση από υδατόρεμα
- Βροχόπτωση
- Χρήσεις γης

Με την βοήθεια της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας δόθηκαν οι βαρύτητες στα παραπάνω κριτήρια. Οι περιοχές που αξιολογήθηκαν ως οι πιο ευάλωτες ήταν περιοχές με μικρές κλίσεις, χαμηλότερου υψόμετρου, κοντά σε υδατόρεμα και χαμηλής ικανότητας αποστράγγισης. Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής αποτελείται από περιοχές υψηλού κινδύνου πλημμύρας, με ποσοστό πάνω από 43%.

3.1.1 Ανάλυση Βιβλιογραφίας και Συμπεράσματα

Οι παραπάνω έρευνες συγκεντρώνουν το πλήθος 51 παραγόντων. Πολλοί από αυτούς τους παράγοντες χρησιμοποιούνται μόνο μία φορά, ενώ άλλοι εμφανίζονται συχνά. Γενικότερα, το πλήθος των μελετητών δείχνουν προτίμηση στους απλούστερους παράγοντες και όχι σε σύνθετους. Επίσης, σημαντικός παράγοντας επιλογής των κριτηρίων εκτίμησης πλημμυρικής επικινδυνότητας αποτελεί η διαθεσιμότητα των δεδομένων, όπως αναφέρεται από πολλούς ερευνητές. Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται οι 51 παράγοντες, η συχνότητα εμφάνισης τους βάσει των παραπάνω μελετών και σε ποιες εργασίες χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 15: Κριτήρια πλημμυρικής επικινδυνότητας και συχνότητα εμφάνισης.

α/α	Συχνότητα Εμφάνισης	Κριτήρια	Αναφορές
1	17	Υψόμετρο	Δεβελέκου (2020), Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Feloni et al. (2019), Μουσαδάης (2018), Ανδρικοπούλου (2019), Χατζηδάκη (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Papaioannou et al. (2015), Μερταράκη (2016), Σούρλας (2021), Morea and Samanta (2020), Selvam and Jebamalai (2023), Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), Ouma & Tateishi (2014), Hagos et al. (2022), Abdel Hamid et al. (2020)
2	18	Κλίση	Δεβελέκου (2020), Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Feloni et al. (2019), Μουσαδάης (2018), Ανδρικοπούλου (2019), Χατζηδάκη (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Papaioannou et al. (2015),

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

			<i>Μερταράκη (2016), Σούρλας (2021), Rincon et al. (2018), Morea and Samanta (2020), Selvam and Jebamalai (2023), Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), Ouma and Tateishi (2014), Hagos et al. (2022), Abdel Hamid et al. (2020)</i>
3	2	<i>Αδιαπερατότητα</i>	<i>Δεβελέκου (2020), Ανδρικοπούλου (2019)</i>
4	14	<i>Βροχόπτωση</i>	<i>Δεβελέκου (2020), Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Ανδρικοπούλου (2019), Χατζηδάκη (2013), Wang et al. (2011), Kourgialas and Karatzas (2011), Papaioannou et al. (2015), Μερταράκη (2016), Morea and Samanta (2020), Chen et al. (2011), Selvam and Jebamalai (2023), Ouma and Tateishi (2014), Hagos et al. (2022)</i>
5	8	<i>Απόσταση από υδατόρεμα</i>	<i>Δεβελέκου (2020), Σούρλας (2021), Rincon et al. (2018), Morea and Samanta (2020), Selvam and Jebamalai (2023), Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), Abdel Hamid et al. (2020), Hagos et al. (2022)</i>
6	7	<i>Συγκέντρωση/ Συσσώρευση ροής</i>	<i>Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Χατζηδάκη (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Papaioannou et al. (2015), Μερταράκη (2016), Abdel Hamid et al. (2020), Hagos et al. (2022)</i>
7	13	<i>Χρήσεις γης</i>	<i>Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Ανδρικοπούλου (2019), Χατζηδάκη (2013), Παππά (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Stefanidis and Stathis (2013), Μερταράκη (2016), Morea and Samanta (2020), Selvam and Jebamalai (2023), Ouma and Tateishi (2014), Hagos, et al. (2022), Abdel Hamid et al. (2020)</i>
8	5	<i>Γεωλογία</i>	<i>Γρίβα (2021), Χατζηδάκη (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Stefanidis and Stathis (2013), Morea and Samanta (2020)</i>
9	2	<i>Διάβρωση εδάφους</i>	<i>Kourgialas and Karatzas (2017), Μερταράκη (2016)</i>
10	2	<i>Διαθέσιμη χωρητικότητα νερού/Υδατοϊκανότητα</i>	<i>Kourgialas and Karatzas (2017), Μερταράκη (2016)</i>
11	3	<i>Πλεύρα</i>	<i>Feloni et al. (2019), Μουσάδης (2018), Papaioannou et al. (2015)</i>
12	3	<i>Οριζόντια χερσαία απόσταση ροής</i>	<i>Feloni et al. (2019), Μουσάδης (2018), Papaioannou et al. (2015)</i>
13	3	<i>Κατακόρυφη Απόσταση δικτύου καναλιών</i>	<i>Feloni et al. (2019), Μουσάδης (2018), Papaioannou et al. (2015)</i>
14	3	<i>Καμπυλότητα</i>	<i>Feloni et al. (2019), Μουσάδης (2018), Σούρλας (2021)</i>
15	4	<i>Αριθμός καμπύλης</i>	<i>Feloni et al. (2019), Papaioannou et al. (2015), Rincon et al. (2018), Abdel Hamid et al. (2020)</i>

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

16	7	Τοπογραφικός Δείκτης Υγρασίας	<i>Feloni et al. (2019), Μουσάδης (2018), Παππά (2013), Παραϊοαννου et al. (2015), Σούρλας (2021), Selvam and Jebamalai (2023), Abdel Hamid et al. (2020)</i>
17	2	<i>dMFI</i>	<i>Feloni et al. (2019), Μουσάδης (2018)</i>
18	1	Σύνθετος δείκτης Υδρολογικών απωλειών	<i>Μουσάδης (2018)</i>
19	4	Υδρολογικός τύπος εδάφους	<i>Ανδρικοπούλου (2019), Morea and Samanta (2020), Ouma and Tateishi (2014), Hagos et al. (2022)</i>
20	4	Τοπογραφία	<i>Χατζηδάκη (2013), Wang et al. (2011), Παραϊοαννου et al. (2015), Chen et al. (2011)</i>
21	3	Φυτοκάλυψη	<i>Χατζηδάκη (2013), Παππά (2013), Wang et al. (2011)</i>
22	2	Δίκτυο αποστράγγισης	<i>Χατζηδάκη (2013), Wang et al. (2011)</i>
23	2	Διερχόμενη πλημμύρα	<i>Χατζηδάκη (2013), Wang et al. (2011)</i>
24	2	Περατότητα λιθολογικών σχηματισμών	<i>Χατζηδάκη (2013), , Stefanidis and Stathis (2013)</i>
25	1	Έλεγχος έργων πλημμυρών	<i>Wang et al. (2011)</i>
26	1	Μέση κλίση λεκανών	<i>Stefanidis and Stathis (2013)</i>
27	1	Κλίση κυρίου υδατορέματος	<i>Stefanidis and Stathis (2013)</i>
28	1	Σχήμα Λεκανών	<i>Stefanidis and Stathis (2013)</i>
29	1	Πυκνότητα Υδρογραφικού δικτύου	<i>Stefanidis and Stathis (2013)</i>
30	1	Ρυθμός κατεΐσδυσης	<i>Σούρλας (2021)</i>
31	1	Εδαφικό μέσο	<i>Σούρλας (2021)</i>
32	1	Ύψος πάνω από την υψηλότερη αποστράγγιση	<i>Rincon et al. (2018)</i>
33	1	Συνολική Βροχόπτωση	<i>Rincon et al. (2018)</i>
34	1	Αποτελεσματική Βροχόπτωση	<i>Rincon et al. (2018)</i>
35	1	<i>Floodplain</i>	<i>Rincon et al. (2018)</i>
36	1	Αποστράγγιση εδάφους	<i>Morea and Samanta (2020)</i>
37	1	Τραχύτητα εδάφους	<i>Abdel Hamid et al. (2020)</i>
38	1	Αποστράγγιση Εδάφους	<i>Morea and Samanta (2020)</i>
39	1	Ποταμός που επηρεάζεται από την παλίρροια	<i>Chen et al. (2011)</i>
40	1	Κλίση καναλιού ποταμού	<i>Chen et al. (2011)</i>
41	1	Σύστημα αποστράγγισης ομβρίων υδάτων	<i>Chen et al. (2011)</i>

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

42	1	Water gate, pumping station and maintenance	Chen et al. (2011)
43	1	Κινητές αντλίες	Chen et al. (2011)
44	1	Υλικά, Συνθήκες και θέσεις αναχωμάτων	Chen et al. (2011)
45	5	Πυκνότητα αποστράγγισης	Selvam and Jebamalai (2023), Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), Abdel Hamid et al. (2020), Ouma and Tateishi (2014), Hagos et al. (2022)
46	1	Μήκος ποταμού	Selvam and Jebamalai (2023)
47	1	Μέγιστη Βροχόπτωση 3 ημερών	Chakraborty and Mukhopadhyay (2019)
48	1	Εγγύτητα στη συμβολή ρεμάτων	Chakraborty and Mukhopadhyay (2019)
49	1	Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά	Chakraborty and Mukhopadhyay (2019)
50	1	Απόσταση από τοποθεσίες παραβίασης αναχωμάτων	Chakraborty and Mukhopadhyay (2019)
51	1	Δείκτης ισχύος ρεύματος	Abdel Hamid et al. (2020)

Ορισμένα κριτήρια ξεχώρισαν με το μεγαλύτερο ποσοστό των ερευνητών να συμφωνούν ότι αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου. Υψηλότερο ποσοστό εμφάνισης είχαν οι παράγοντες του υψομέτρου και της κλίσης, με ποσοστό 73,91% και 78,26% αντίστοιχα, δηλαδή από τις 23 εξεταζόμενες έρευνες χρησιμοποιήθηκε στις 17 και 18 από αυτές, αντίστοιχα. Πολλά κριτήρια είναι αλληλεπικαλυπτόμενα, χρησιμοποιούν δηλαδή ίδιες, είτε παρόμοιες ιδιότητες, όπως συμβαίνει με το κριτήριο της τοπογραφίας και με τα κριτήρια της κλίσης και του υψομέτρου. Το κριτήριο της τοπογραφίας χρησιμοποιήθηκε από την Χατζηδάκη (2010), η οποία βασίστηκε στην μεθοδολογία του Wang (2013), όπου προσδιορίζεται με δύο προσεγγίσεις ποσοτικοποίησης της τοπογραφικής διακύμανσης. Η πρώτη αναφέρεται στην κλίση και στην τυπική απόκλιση του υψομέτρου εντός συγκεκριμένων ορίων και η δεύτερη στην κλίση και στον βαθμό διακύμανσης του υψομέτρου σε γειτονικά κελιά. Οι Papaioannou et al. (2015) χρησιμοποίησαν τον Δείκτη Τοπογραφικής Θέσης (Topographic Position Index (TPI)), ο οποίος υπολογίζει την διαφορά μεταξύ του υψομέτρου του κελιού και του μέσου υψόμετρου των γειτονικών του κελιών. Αναδεικνύει χαρακτηριστικά του ανάγλυφου, ταξινομώντας το ανάγλυφο μορφολογικά. Το κριτήριο της κλίσης βρίσκεται και σε πιο σύνθετα κριτήρια, όπως είναι η μέση κλίση Λεκανών, η κλίση κύριου υδατορέματος και κλίση καναλιού ποταμού.

Επόμενο σημαντικό κριτήριο που κατέχει υψηλό ποσοστό χρήσης, 65,21%, είναι το κριτήριο της Βροχόπτωσης, όπου οι περισσότεροι ερευνητές ως παράγοντα βροχόπτωσης χρησιμοποίησαν τον Τροποποιημένο δείκτη Fournier (Modified Fournier Index (MFI)). Δεν είναι όμως το μόνο κριτήριο το οποίο χρησιμοποιεί τον παράγοντα του νετού, σε δύο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε ο dailyMFI, στις περιπτώσεις (Feloni et al. 2019) και (Μουσάδης Ιωάννης, 2018), σε άλλη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δύο παράγοντες βροχόπτωσης, η συνολική βροχόπτωση και η ενεργή βροχόπτωση (Rincon et al. 2018). Η ενεργή βροχόπτωση αντιπροσωπεύει την βροχόπτωση μετά τις απώλειες, όπως διήθηση του νερού και εξάτμιση και υπολογίζεται βάση της συνολική βροχόπτωσης και του αριθμού καμπύλης (CN).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Τέταρτο πιο διαδεδομένο κριτήριο αποδείχθηκε αυτό των Χρήσεων γης. Χρησιμοποιήθηκε στις 13 από τις 23 ερευνητικές εργασίες, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 56,52%. Για την χρήση του συγκεκριμένου κριτηρίου παρατηρήθηκε η χρήση του Corine Land Cover του Copernicus και σε άλλες περιπτώσεις προέκυψε από την ανάλυση δορυφορικών εικόνων. Σύμφωνα με τους Kourgialas and Karatzas (2017), ο παράγοντας των χρήσεων γης σχετίζεται με την κάλυψη της βλάστησης, η οποία ελέγχει την ποσότητα της κατακρήμνισης και τον χρόνο που χρειάζεται το νερό να μετατραπεί σε επιφανειακή απορροή. Συγκεκριμένα, η Γρίβα (2021) και η Μερταράκη (2016) αναφέρουν την βλάστηση ως αντιστρόφως ανάλογη του πλημμυρικού κινδύνου. Επομένως, οι παράγοντες της βλάστησης έχουν άμεση σχέση με τον παράγοντα των χρήσεων γης. Επίσης, οι Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), χρησιμοποίησαν τον παράγοντα “Geomorphic Features”, ο οποίος εξαρτάται από την τοπογραφία του εδάφους και τις χρήσεις γης. Ο συγκεκριμένος παράγοντας προήλθε από την ψηφιοποίηση τοπογραφικού χάρτη και χάρτη χρήσεων γης.

Η χρήση του κριτηρίου της απόστασης από υδατόρεμα ήταν αρκετά συχνή, οκτώ από του 22 ερευνητές επέλεξαν τον συγκεκριμένο παράγοντα για την εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου. Η απόσταση από υδάτινα στοιχεία παρατηρήθηκε ότι χρησιμοποιείται και από άλλους παράγοντες. Ο δείκτης διερχόμενης πλημμύρας όπου χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον Wang (2013) και βασίστηκε σε αυτόν η Χατζηδάκη (2013), αφορά στην απόσταση που βρίσκονται οι ποταμοί σε σχέση με τις περιοχές οι οποίες πλημμύρισαν. Παρόμοιος παράγοντας είναι ο δείκτης δικτύου αποστράγγισης, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στις ίδιες έρευνες, υπολογίζει την απόσταση από το κέντρο των ποταμών και ορίζεται σε δύο επίπεδα. Το πρώτο αφορά στους κύριους ποταμούς και λίμνες και το δεύτερο τους μικρότερους σε τάξεις ποταμούς.

Επόμενος σημαντικός παράγοντας πλημμυρικού κινδύνου είναι η Συγκέντρωση ή Συσσώρευση ροής. Ως παράγοντας αντιπροσωπεύει την κίνηση του νερού στην επιφάνεια του εδάφους. Επτά από τις 22 εξεταζόμενες ερευνητικές εργασίες χρησιμοποίησαν το συγκεκριμένο κριτήριο. Οι Feloni et. al. (2019) και ο Μουσάδης (2017) αναφέρουν ως κριτήριο την «Οριζόντια Απόσταση Χερσαίας Ροής», το οποίο εκφράζει την πραγματική κίνηση του νερού από κελί σε κελί και προκύπτει από το δίκτυο ρεμάτων, προϊόντος του D.E.M. Το κριτήριο της «Πυκνότητας Υδρογραφικού Δικτύου» χρησιμοποιήθηκε από τους Stefanidis and Stathis (2013) και επηρεάζει τον χρόνο συγκέντρωσης της απορροής. Οι Morea and Samanta (2020) χρησιμοποίησαν έναν σύνθετο παράγοντα, την «επιφάνεια απορροής», που αντιπροσωπεύει την πραγματική επιφανειακή απορροή, εξαρτάται από την βροχόπτωση και από την πιθανή μέγιστη διατήρηση του εδάφους.

Σημαντικό κριτήριο αποτελεί ο Δείκτης Τοπογραφικής Υγρασίας. Ως παράγοντας εκφράζει την δυνατότητα μίας περιοχής να δημιουργήσει επιφανειακή απορροή. Αποτελεί φυσικό χαρακτηριστικό του εδάφους και περιγράφει την εδαφική υγρασία και την κορεσμένη επιφανειακή ζώνη εδάφους. Εξαρτάται από τον παράγοντα της κλίσης και την ανάντη έκταση, όπως επίσης και την ικανότητα του εδάφους στην υγρασία.

Παρόμοια συχνότητα χρήσης είχε το κριτήριο της «Γεωλογίας». Αναφέρεται στις κατηγορίες των γεωλογικών σχηματισμών και στις ιδιότητες τους και συγκεκριμένα της υδροπερατότητας και της διαβρωσιμότητας, καθώς είναι σημαντικός παράγοντας γένεσης επιφανειακής απορροής. Ως παράγοντας είναι πολυδιάστατος και χρησιμοποιείται με πλήθος τρόπων. Οι Kourgialas and Karatzas (2017), παρουσιάζουν ως «Διαβρωσιμότητα» και «Διαθέσιμη χωρητικότητα νερού» τον παράγοντα της γεωλογίας. Η Παππά (2012), ως «Περατότητα Λιθολογικών Σχηματισμών», ενώ ο Σούρλας (2021), ως «Ρυθμό Κατείδυσης», που περιγράφει το ποσοστό των υδάτων όπου κατεισδύουν στο έδαφος, και ως «Εδαφικό μέσο» την εδαφική κάλυψη πάνω από τους γεωλογικούς σχηματισμούς. Επίσης, πολλοί ερευνητές

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

χρησιμοποιούν για την υδατοϊκανότητα του εδάφους και τις Υδρολογικές ομάδες εδαφών (Hydrologic Soil Group (HSG)).

Ο Αριθμός Καμπύλης χρησιμοποιήθηκε σε 5 ερευνητικές μελέτες από τις 22, είχε δηλαδή ποσοστό συμμετοχής 21,74%. Αναπτύχθηκε από την USDA Υπηρεσία Διατήρησης Φυσικών Πόρων. Αποτελεί εμπειρική παράμετρο και χρησιμοποιείται στην επιστήμη της υδρολογίας για την εκτίμηση της άμεσης απορροής και της διήθησης. Εξαρτάται από την Υδρολογική Ομάδα του εδάφους, τις χρήσεις γης, τις συνθήκες εδαφικής υγρασίας και την ένταση της κατακρήμνισης (<https://directives.sc.egov.usda.gov>). Επομένως καθίσταται ένας σύνθετος δείκτης.

Από τους τελευταίους παράγοντες από τους οποίους σημειώθηκε συμφωνία μεταξύ των ερευνητών είναι η «Πυκνότητα Αποστράγγισης». Πρόκειται για ένα παράγοντα ο οποίος υπολογίζεται κατά κύριο λόγο σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής Ποταμού. Για τον προσδιορισμό του χρειάζεται το μήκος του αποστραγγιστικού δικτύου και της επιφάνειας της Λεκάνης. Έτσι, προσδιορίζεται η ποσότητα της επιφανειακής απορροής που μπορεί να απομακρυνθεί.

Ιδιαίτερα σημαντικό αποδείχτηκε ότι είναι το κριτήριο του «Υδρολογικού τύπου Εδάφους», το οποίο αναλύθηκε προηγουμένως. Σημαντικά άλλα κριτήρια είναι η «Οριζόντια χερσαία απόσταση ροής», η «Κατακόρυφη απόσταση δικτύου καναλιών», που περιγράφει την υψομετρική διαφορά των κελιών με αυτή του υδρογραφικού δικτύου, η «Κρίσιμη πλευρά», εκφράζει την επιφάνεια που σχετίζεται με την κατεύθυνση των καταγίδων, η «Καμπυλότητα» και η «Φυτοκάλυψη». Ο Πίνακας 16 παρουσιάζει τους δέκα πιο διαδομένους παράγοντες πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Πίνακας 16: Κριτήρια μεγαλύτερης συχνότητας χρήσης.

α/α	Συχνότητα Χρήσης	Κριτήριο	Αναφορές
1	18	Κλίση	Δεβελέκου (2020), Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Feloni et al. (2019), Μουσιάδης (2018), Ανδρικοπούλου (2019), Χατζηδάκη (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Paraiοannου et al. (2015), Μερταράκη (2016), Σούρλας (2021), Rincon et al. (2018), Morea and Samanta (2020), Selvam and Jebamalai (2023), Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), Ouma and Tateishi (2014), Hagos et al. (2022), Abdel Hamid et al. (2020)
2	17	Υψόμετρο	Δεβελέκου (2020), Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Feloni et al. (2019), Μουσιάδης (2018), Ανδρικοπούλου (2019), Χατζηδάκη (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Paraiοannου et al. (2015), Μερταράκη (2016), Σούρλας (2021), Morea and Samanta (2020), Selvam and Jebamalai (2023), Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), Ouma & Tateishi (2014), Hagos et al. (2022), Abdel Hamid et al. (2020)

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

3	14	Βροχόπτωση	Δεβελέκου (2020), Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Ανδρικοπούλου (2019), Χατζηδάκη (2013), Wang et al. (2011), Kourgialas and Karatzas (2011), Papaioannou et al. (2015), Μερταράκη (2016), Morea and Samanta (2020), Chen et al. (2011), Selvam and Jebamalai (2023), Ouma and Tateishi (2014), Hagos et al. (2022)
4	13	Χρήσεις Γης	Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Ανδρικοπούλου (2019), Χατζηδάκη (2013), Παππά (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Stefanidis and Stathis (2013), Μερταράκη (2016), Morea and Samanta (2020), Selvam and Jebamalai (2023), Ouma and Tateishi (2014), Hagos, et al. (2022), Abdel Hamid et al. (2020)
5	8	Απόσταση από υδατόρεμα	Δεβελέκου (2020), Σούρλας (2021), Rincon et al. (2018), Morea and Samanta (2020), Selvam and Jebamalai (2023), Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), Abdel Hamid et al. (2020), Hagos et al. (2022)
6	7	Συσσωρευση Ροής	Γρίβα (2021), Kourgialas and Karatzas (2017), Χατζηδάκη (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Papaioannou et al. (2015), Μερταράκη (2016), Abdel Hamid et al. (2020), Hagos et al. (2022)
7	7	Τοπογραφικός Δείκτης Υγρασίας	Feloni et al. (2019), Μουσάδης (2018), Παππά (2013), Papaioannou et al. (2015), Σούρλας (2021), Selvam and Jebamalai (2023), Abdel Hamid et al. (2020)
8	5	Γεωλογία	Γρίβα (2021), Χατζηδάκη (2013), Kourgialas and Karatzas (2011), Stefanidis and Stathis (2013), Morea and Samanta (2020)
9	5	Πυκνότητα Αποστράγγισης	Selvam and Jebamalai (2023), Chakraborty and Mukhopadhyay (2019), Abdel Hamid et al. (2020), Ouma and Tateishi (2014), Hagos et al. (2022)
10	4	Αριθμός Καμπύλης, Υδρολογικός τύπος εδάφους, Τοπογραφία	Feloni et al. (2019), Papaioannou et al. (2015), Rincon et al. (2018), Abdel Hamid et al. (2020), Ανδρικοπούλου (2019), Morea and Samanta (2020), Ouma and Tateishi (2014), Hagos et al. (2022), Χατζηδάκη (2013), Wang et al. (2011), Papaioannou et al. (2015), Chen et al. (2011)

Γενικότερα παρατηρείται μία συσχέτιση μετά την μελέτη των ερευνητικών εργασιών. Οι ερευνητές δεν χρησιμοποιούν σταθερά συγκεκριμένα κριτήρια, αλλά χρησιμοποιούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και στοιχεία, τα οποία δείχνουν να επηρεάζουν τον κίνδυνο της πλημμύρας και αυτό αποδεικνύεται από τα επικαλυπτόμενα κριτήρια.

Τα κοινά χαρακτηριστικά που παρατηρήθηκαν κατά κύριο λόγο ήταν γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά όπως το υψόμετρο και η κλίση, οι συνθήκες που προκαλούν πλημμύρα που

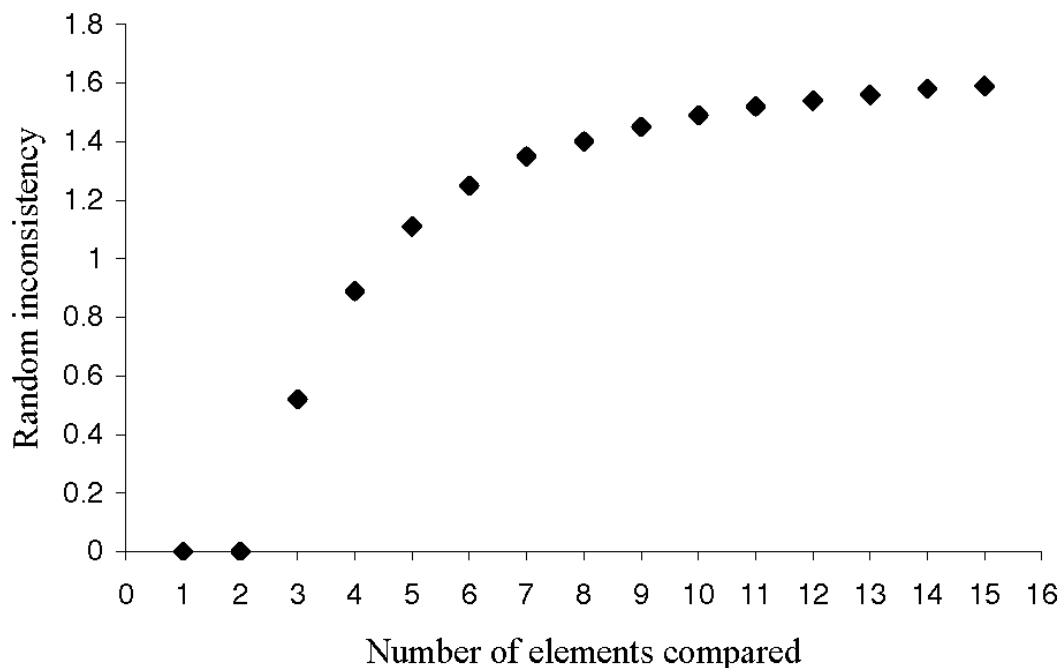
Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

στην συγκεκριμένη περίπτωση ήταν η βροχόπτωση, χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την κίνηση του νερού, τόσο στην επιφάνεια όσο και στο εσωτερικό της εδαφικής μάζας, δηλαδή τα χαρακτηριστικά της διήθησης του νερού και της επιφανειακής απορροής.

3.1.2 Επιλογή Κριτηρίων και Επεξεργασία Δεδομένων

Προκειμένου, να γίνει αξιολόγηση των ευάλωτων περιοχών πλημμύρας, απαραίτητος είναι ο προσδιορισμός των κριτηρίων αξιολόγησης του πλημμυρικού κινδύνου. Η επιλογή των κριτηρίων είναι στην κρίση του ερευνητή, καθώς δεν έχει υπάρξει κάποια σταθερή μεθοδολογία. είτε σταθερά κριτήρια αξιολόγησης πλημμυρικής επικινδυνότητας, όπως φαίνεται και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Σημαντικό είναι η μη ύπαρξη αλληλοεπικάλυψης κριτηρίων. Κάθε κριτήριο, δηλαδή, να περιγράφει μία μεταβλητή και να είναι ανεξάρτητο του άλλου.

Στην παρούσα εργασία, για την απόδοση βαρών στα διάφορα κριτήρια αξιοποιήθηκε μία μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης και πιο συγκεκριμένα έγινε χρήση της μεθόδου της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP). Η μέθοδος AHP επηρεάζεται από τον αριθμό των κριτηρίων επιλογής. Έχει αποδειχθεί ότι ο ιδανικός αριθμός κριτηρίων της συγκεκριμένης μεθόδου είναι 6 (Μουσάδης, 2017). Αυτό αποδεικνύεται από την μεταβολή του τυχαίου δείκτη συσχέτισης. Επίσης ο μεγαλύτερος αριθμός κριτηρίων, από την μία καλύπτει μεγαλύτερο εύρος του προβλήματος, από την άλλη αυξάνει τη πολυπλοκότητα της απόφασης (Saaty, 1987). Η Εικόνα 18 παρουσιάζει τη μεταβολή του τυχαίου δείκτη συσχέτισης σε σχέση με το πλήθος των κριτηρίων.



Εικόνα 18: Μεταβολή του δείκτη RI(Πηγή: Saaty, 1987)

Η επιλογή των κριτηρίων πραγματοποιήθηκε βάση των μελετώμενων υπάρχοντων κριτηρίων. Ως γνώμονας επιλογής καθορίστηκε η επιλογή λιγότερο σύνθετων παραγόντων. Οι σύνθετοι

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

παράγοντες εξαιρούνται λόγω αλληλοεπικάλυψης και εξάρτησης μεταξύ τους. Παρακάτω εναποτίθενται τα τελικά κριτήρια επιλογής :

- Υψόμετρο
- Κλίση
- Ένταση βροχόπτωσης
- Χρήσεις γης
- Συσσώρευση/ Συγκέντρωση ροής
- Τύπος εδάφους
- Απόσταση από υδατόρεμα

3.1.2.1 ΥΨΟΜΕΤΡΟ

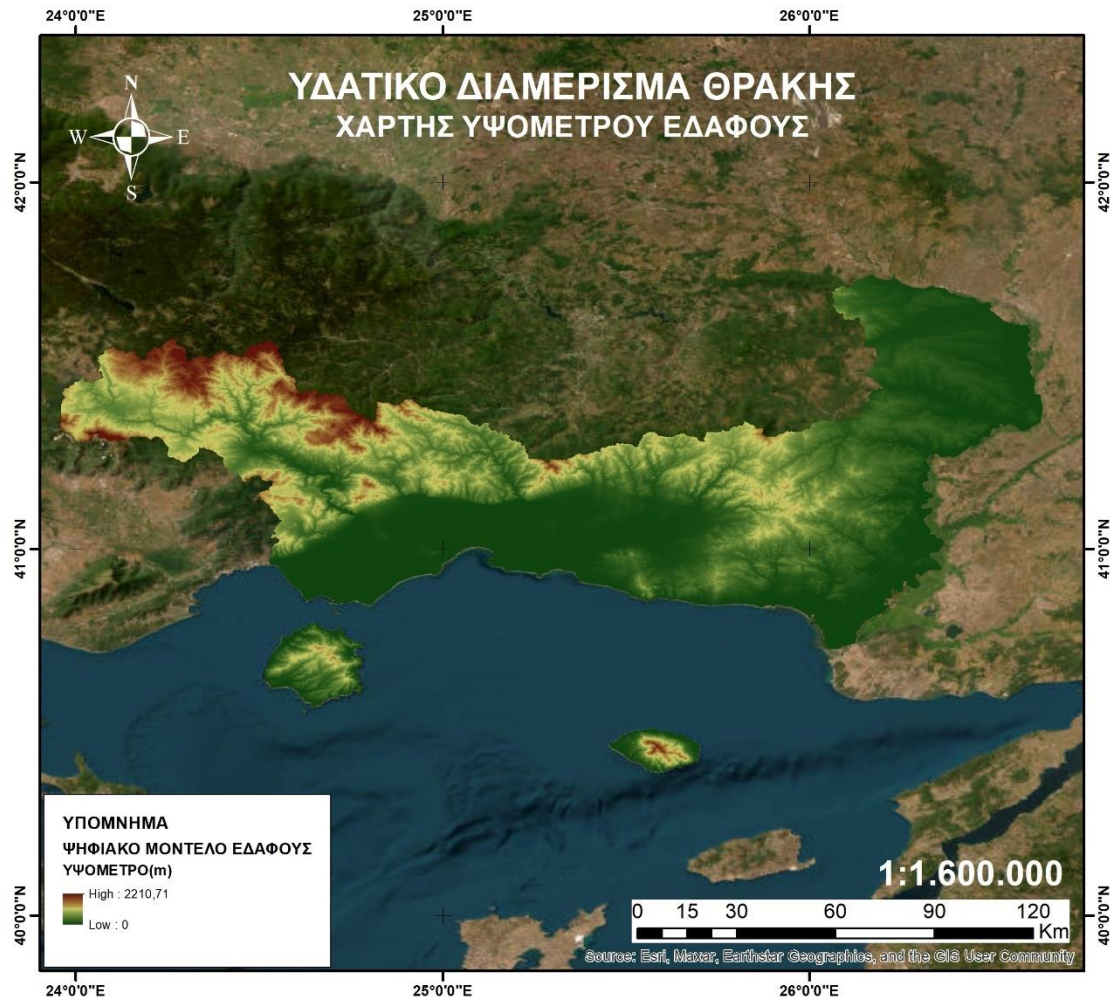
Ο παράγοντας του υψομέτρου θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην δημιουργία των πλημμυρών. Στο σύνολο τους οι περισσότερες πλημμύρες έχουν καταγραφεί σε πεδινές περιοχές. Οι περιοχές υψηλότερου υψομέτρου παρουσιάζουν κλιματικές μεταβολές σε σχέση με τις χαμηλότερες, αποτέλεσμα αυτού είναι η παρουσία εντονότερων κατακρημνίσεων και χιονοπτώσεων. Από την άλλη, οι κατάντη περιοχές συγκεντρώνουν μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Το κριτήριο κρίνεται ως φθίνον, καθώς η αύξηση της τιμής του κριτηρίου σημαίνει μείωση της πλημμυρικής επικινδυνότητας (<https://spacedata.copernicus.eu/collections/copernicus-digital-elevation-model>).

Η υψομετρική πληροφορία του κριτηρίου προήλθε από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ), ή Digital Elevation Model (DEM) που είναι πιο γνωστό στην διεθνή βιβλιογραφία. Το DEM που χρησιμοποιήθηκε προήλθε από το Copernicus, το οποίο αποτελεί πρόγραμμα γεωσκόπησης της Ε.Ε., που παρατηρεί το περιβάλλον και τον πλανήτη, χρησιμοποιώντας δορυφορικά και επίγεια δεδομένα από αερομεταφερόμενα και θαλάσσια συστήματα μέτρησης. Συγκεκριμένα παρέχει τρία διαφορετικά DEM, διαφορετικών χωρικών αναλύσεων, των 10m, 30m, 90m. Αυτό των 10 μέτρων καλύπτει την Ευρώπη, ενώ αυτά των 30 και 90 μέτρων προσφέρουν παγκόσμια κάλυψη, με επιφάνεια κάλυψης 149.000.000 km². Συγκεκριμένα για την ακρίβεια του DEM (<https://spacedata.copernicus.eu/collections/copernicus-digital-elevation-model>):

- Απόλυτη κατακόρυφη ακρίβεια μικρότερη των 4 m
- Σχετική κατακόρυφη ακρίβεια μικρότερη των 2 m για κλίσεις έως 20% και 2 με 4 m για μεγαλύτερες κλίσεις.
- Απόλυτη ορίζονται ακρίβεια μικρότερη των 6 m (90% κυκλικό σφάλμα)

Η Εικόνα 19 παρουσιάζει το Ψ.Μ.Ε του Υ.Δ. Θράκης.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



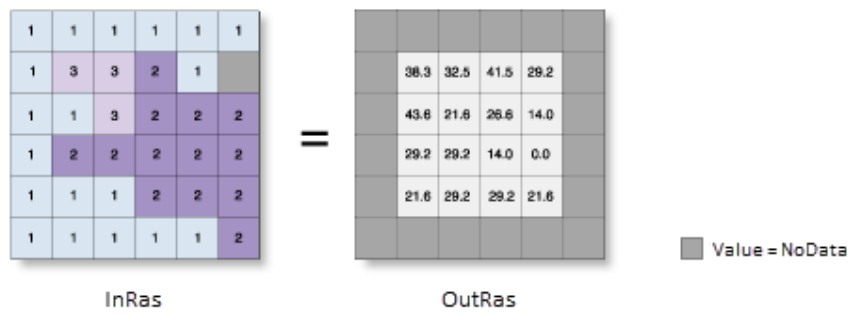
Εικόνα 19: Υψομετρικός χάρτης του Υ.Δ. Θράκης.

3.1.2.2 ΚΛΙΣΗ

Η κλίση του εδάφους αποτελεί γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό, μετριέται σε μοίρες είτε σε ποσοστό. Επηρεάζει άμεσα την δημιουργία πλημμύρας, καθώς συντελεί στην ταχύτητα ροής των επιφανειακών υδάτων. Μεγάλες κλίσεις συνεπάγονται μεγάλες ταχύτητες ροής και γρήγορη απομάκρυνση των υδάτων, αντιθέτως οι μικρές κλίσεις προκαλούν μικρότερες ταχύτητες ροής και αργή απομάκρυνση των υδάτων. Οι επίπεδες επιφάνειες και οι μικρότερες κλίσεις είναι πιθανότερο να πλημμυρίσουν. Το συγκεκριμένο κριτήριο είναι φθίνον, διότι η αύξηση της τιμής του κριτηρίου συντελεί στην μείωση της πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Τα δεδομένα των κλίσεων προέκυψαν από την επεξεργασία του DEM. Πιο συγκεκριμένα με την βοήθεια του ArcMap 10.7.1, της εργαλειοθήκης ArcToolbox και ειδικότερα της Spatial Analyst Tools στην ενότητα Surface, έγινε χρήση του εργαλείου Slope. Εισήχθη το αρχείο του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους με την επιλογή την ένδειξη της κλίσης σε μοίρες είτε σε ποσοστό. Το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμοποιεί ένα κινούμενο παράθυρο 3×3 κελιών. Το κεντρικό εικονοστοιχείο είναι το επεξεργαζόμενο. Στην περίπτωση όπου αυτό το εικονοστοιχείο δεν έχει τιμή τότε δεν θα υπολογιστεί, στην περίπτωση όπου έχει τιμή και τα υπόλοιπα 8, το λιγότερο 7, γειτονικά κελιά έχουν κάποια τιμή τότε η κλίση θα υπολογιστεί.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 20: Μετατροπή μονάδων υψομέτρου σε κλίση (Πηγή: ESRI/ArcGIS)

Το κριτήριο της κλίσης καθίσταται φθίνον, δηλαδή όσο η τιμή της κλίσης τείνει να αυξηθεί τόσο λιγότερο θα επηρεαστεί η περιοχή από την πιθανότητα να πλημμυρίσει. Η συγκεκριμένη ενέργεια πραγματοποιήθηκε με την χρήση του εργαλείου «Raster Calculator».

Η Εικόνα 21 παρουσιάζει τις κλίσεις του Υ.Δ. Θράκης, οι οποίες κυμαίνονται από 0 έως 69 °.



Εικόνα 21: Χάρης Κλίσεων του Υ.Δ Θράκης

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

3.1.2.3 ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Ίσως η κυριότερη αίτια της πλημμυρογένεσης είναι η βροχόπτωση. Ο συχνότερος τύπος πλημμύρας στην Ελλάδα είναι η αιφνίδια ή ξαφνική πλημμύρα, η οποία χαρακτηρίζεται από κατακρήμνιση μεγάλης έντασης και μικρής διάρκειας. Μεγάλα ύψη βροχής προκαλούν αύξηση της απορροής και μεγαλύτερη πλημμυρική επικινδυνότητα. Το κριτήριο της έντασης της βροχόπτωσης είναι αύξον.

Για τον παράγοντα της βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν αρχεία ERA5, από το Copernicus (<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels-monthly-means?tab=overview>). Μία πρωτοτυπία της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η χρήση αρχείων ERA5, καθώς δεν έχει παρατηρηθεί ότι έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Το ERA5 είναι η πέμπτη γενιά ECMWF εκ νέου ανάλυση για το παγκόσμιο κλίμα και τον καιρό τις τελευταίες 8 δεκαετίες. Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα από το 1940 και έπειτα. Το ERA5 αντικαθιστά την προηγούμενη γενιά δεδομένων, η οποία καλείται ERA-Interim. Τα δεδομένα Reanalysis συνδυάζουν δεδομένα μετεωρολογικών μοντέλων με παρατηρήσεις από όλο τον κόσμο σε ένα ολοκληρωμένο και συνεπές σύνολο δεδομένων. Τα δεδομένα Reanalysis αποτελούν δεδομένα συλλογής παρατηρήσεων πολλών ετών και όχι έγκαιρων προβλέψεων, με αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις και να αυξάνεται η ποιότητα του τελικού προϊόντος επανάλυσης. Τα δεδομένα ERA5 παρέχουν ωριαίες εκτιμήσεις για μεγάλο αριθμό μετεωρολογικών μεταβλητών (π.χ. θερμοκρασία, βροχόπτωση κ.λπ.).

Για τα δεδομένα από το Copernicus επιλέχθηκε ως τύπος προϊόντος «Monthly averaged reanalysis» με χωρική ανάλυση $25^{\circ} \times 25^{\circ}$ και ως μεταβλητή η συνολική κατακρήμνιση για τα έτη 1940 έως 2022 για όλους του μήνες του χρόνου. Το αρχείο ήταν τύπου GRIB. Αποτελούσε ένα «multi-band» raster αρχείο, 996 καναλιών, στο οποίο περιεχόταν η κατακρήμνιση όλων των μηνών για κάθε έτος και ήταν κατανεμημένο στον χώρο από τον Ιανουάριο του 1940 έως τον Δεκέμβριο του 2022.

Ο παράγοντας της βροχόπτωσης αναλύθηκε με τον δείκτη Modified Fournier Index (MFI). Ο συγκεκριμένος δείκτης ήταν αυτός που χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο στην βιβλιογραφική έρευνα. Η εξίσωση ορίζεται ως εξής:

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{\rho^2}{P} \quad (1)$$

όπου ρ : Μέση μηνιαία βροχόπτωση

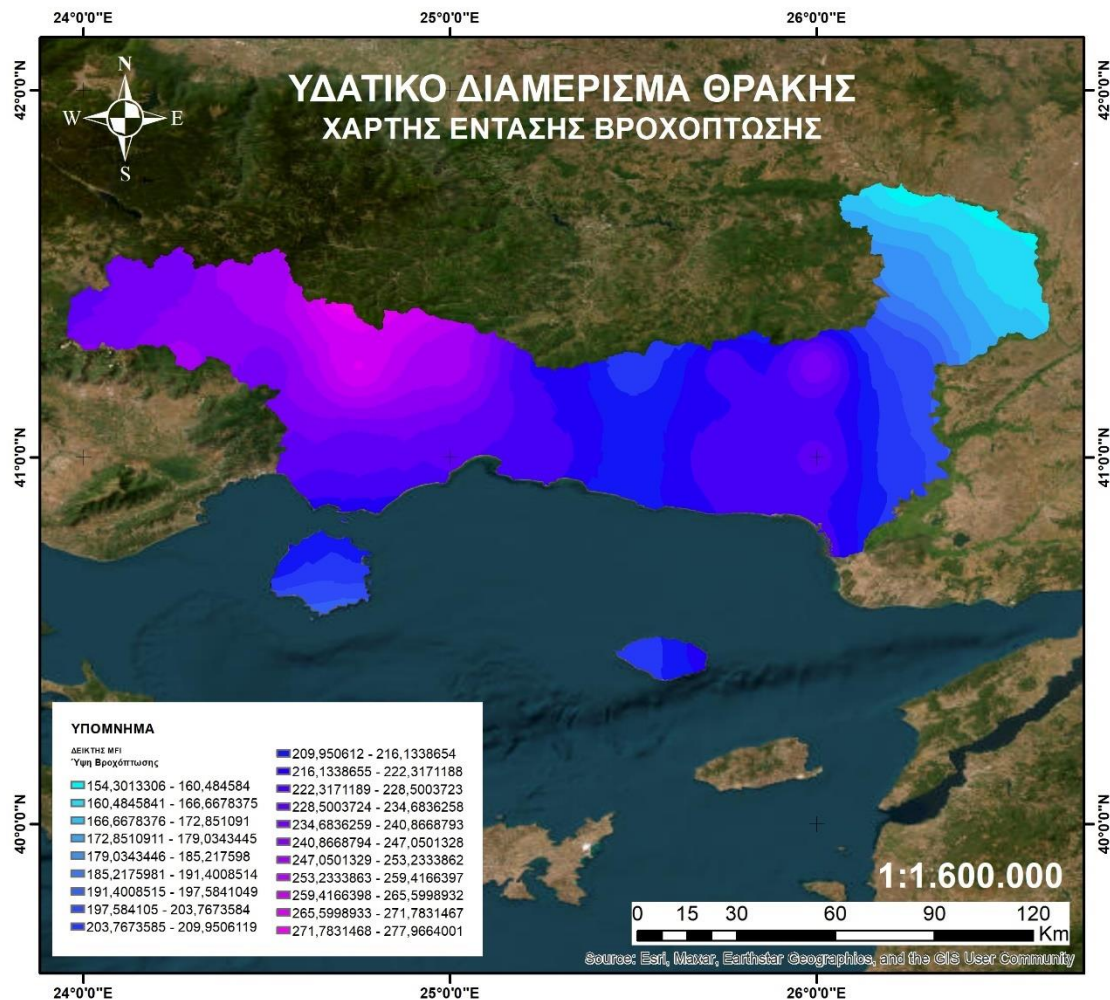
P : Μέση ετήσια βροχόπτωση

Προκειμένου να υπολογιστούν οι μέσες τιμές των μηνιαίων και των ετήσιων βροχοπτώσεων χρειάστηκε να πραγματοποιηθούν πολυδιάστατα αρχεία για κάθε έτος και για κάθε μήνα όλων των ετών. Αυτό πραγματοποιήθηκε με το εργαλείο «Composite Bands» της εργαλειοθήκης «Data Management Tools», της υπό-εργαλειοθήκης «Raster» και «Raster Processing», το οποίο δημιουργεί ένα πολυδιάστατο αρχείο raster με κανάλια της επιλογής του χρήστη. Έπειτα χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο «Cell Statistics» της βιβλιοθήκης «Spatial Analyst Tools», το οποίο έχει την δυνατότητα να υπολογίζει στατιστικά στοιχεία όλων των καναλιών για κάθε εικονοστοιχείο. Επίσης, με την βοήθεια του εργαλείου «Raster Calculator» πραγματοποιήθηκε η μετατροπή των μονάδων σε χλιοστά νετού. Τέλος, εφαρμόστηκε η Εξ. (1) και προέκυψε ο τελικός κλίμακας υψών βροχόπτωσης.

Πραγματοποιήθηκε τυποποίηση του κριτηρίου, δηλαδή μετατράπηκε σε κοινή κλίμακα με τιμές 0 έως 1. Το κριτήριο είναι αύξον καθώς οι μεγαλύτερες ποσότητες κατακρήμνισης

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

συνεπάγονται μεγαλύτερο όγκο νερού που σημαίνει πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου της πλημμύρας. Η Εικόνα 22 αναδεικνύει τα ύψη βροχοπτώσης για το Υ.Δ Θράκης.



Εικόνα 22: Χάρτης μηνιαίων υψών Βροχοπτώσης του Υ.Δ Θράκης (Δείκτης ΜΦΙ).

3.1.2.4 ΚΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Οι χρήσεις γης είναι υπεύθυνες για την ποσότητα των υδάτων, η οποία θα διηθηθεί στο εσωτερικό του εδάφους και της ποσότητας που θα μετατραπεί σε επιφανειακή απορροή (Kourgialas and Karatzas, 2017). Αποδεικνύεται ότι έχουν άμεση σχέση με την πυκνότητα της βλάστησης στην επιφάνεια του εδάφους. Η πυκνή βλάστηση έχει υψηλά ποσοστά διήθησης του νερού σε σχέση με βραχώδεις περιοχές, οι οποίες είναι περιορισμένης βλάστησης (Ανδρικοπούλου, 2019). Η ποσότητα του νερού που δεν διηθείται μετατρέπεται αυτομάτως σε επιφανειακή απορροή. Οι αστικές περιοχές λόγω των αδιαπερατών επιφανειών έχουν υψηλή επιφανειακή απορροή. Η υψηλότερη επιφανειακή απορροή οδηγεί στην αύξηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Οι χρήσεις γης αντλήθηκαν από το CORINE/Copernicus Land Monitor Service όπου αποκτήθηκε το CORINE Land Cover 2018. Ο παράγοντας κατατάσσεται ως περιγραφικός καθώς δεν περιέχει αριθμητικές τιμές. Για τον λόγο αυτό προστέθηκε στον παράγοντα ένας συντελεστής αδιαπερατότητας, ο οποίος αντιστοιχίστηκε στις κατηγορίες των χρήσεων γης, ανάλογα με την πυκνότητα της βλάστησης (Δεβελέκου, 2020, Ανδρικοπούλου, 2019). Οι κατηγορίες που έχουν υψηλή αδιαπερατότητα, απουσία βλάστησης, τείνουν προς την τιμή 1,

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

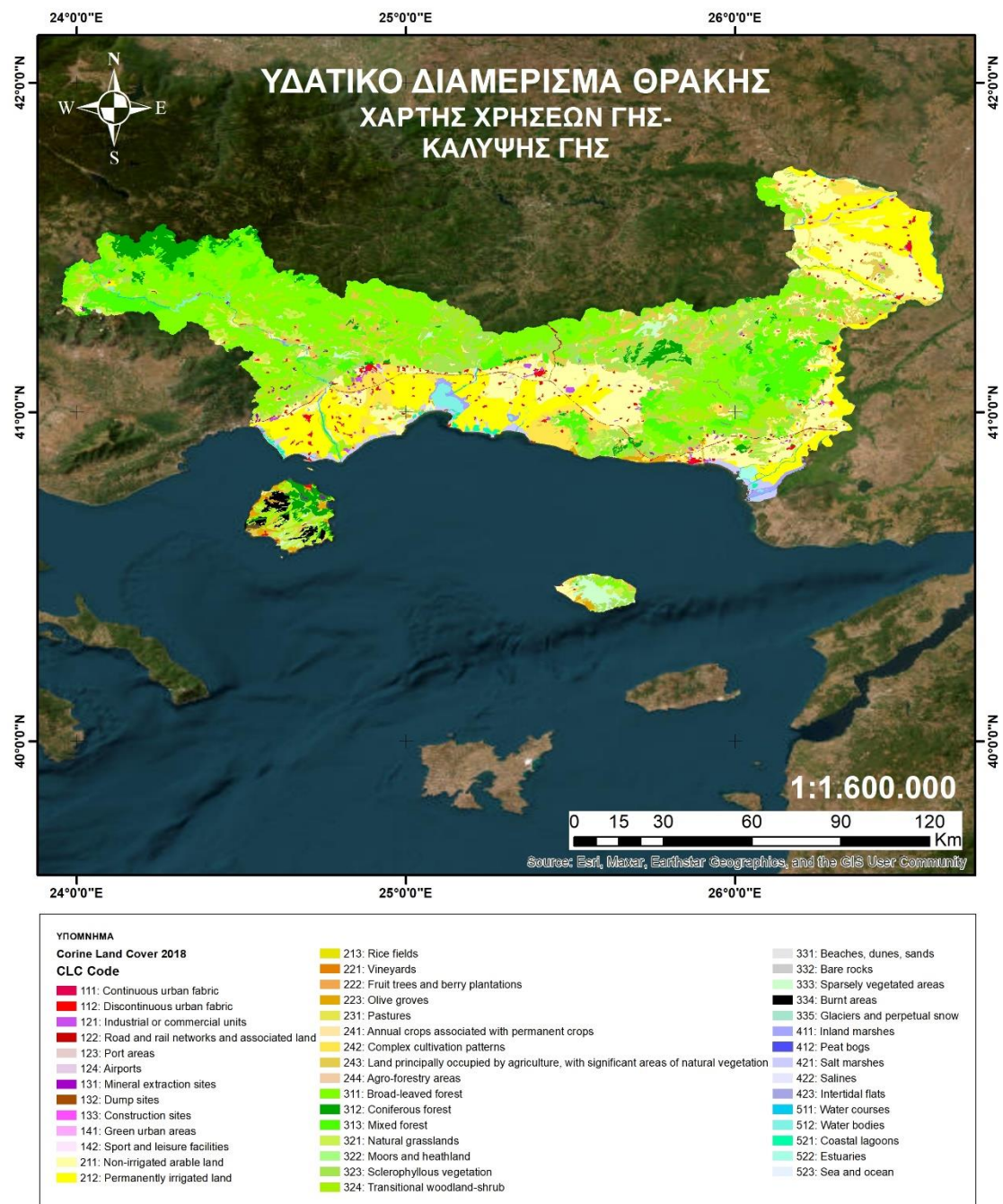
στην αντίθετη περίπτωση τείνουν προς το μηδέν οι κατηγορίες που χαρακτηρίζονται από έντονη βλάστηση. Ο Πίνακας 17 παρουσιάζει τον συντελεστή αδιαπερατότητας για κάθε κατηγορία χρήσης γης του Corine Land Cover και στην Εικόνα 23 παρουσιάζεται ο χάρτης χρήσεων γης του Υ.Δ. Θράκης.

Πίνακας 17: Συντελεστής αδιαπερατότητας των κατηγοριών των χρήσεων γης.

Κατηγορία Κάλυψης Εδάφους	Τιμή Αδιαπερατότητας
111. Συνεχής αστική δόμηση	1,0
112. Διακεκομμένη συνεχής δόμηση	0,9
121. Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	0,9
122. Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη	1,0
123. Ζώνες Λιμένων	1,0
124. Αεροδρόμια	1,0
131. Χώροι εξόρυξης ορυκτών	0,8
132. Χώροι απορρίψεως απορριμάτων	0,9
133. Εργοτάξια	0,8
141. Περιοχές αστικού πρασίνου	0,6
142. Αθλητικές εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις αναψυχής	0,6
211. Μη αρδεύσιμη-αρόσιμη γη	0,4
212. Μόνιμα αρδευόμενη γη	0,6
213. Ορυζώνες	0,4
221. Αμπελώνες	0,3
222. Οπωροφόρα δέντρα	0,3
223. Ελαιώνες	0,3
231. Λιβάδια	0,3
241. Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες	0,3
242. Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	0,5
243. Γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	0,5
244. Γεωργό-Δασικές περιοχές	0,2
311. Δάση πλατύφυλλων	0,2
312. Δάση κωνοφόρων	0,3
313. Μικτά δάση	0,3
321. Φυσικοί βοσκότοποι	0,6
322. Θάμνοι και χερσότοποι	0,4
323. Σκληροφυλλική βλάστηση	0,5
324. Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις	0,5
331. Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	0,3
332. Απογυμνωμένοι βράχοι	0,6
333. Εκτάσεις αραιής βλάστησης	0,4
334. Αποτεφρωμένες εκτάσεις	0,8
335. Παγετώνες και αιώνια χιόνια	0,8
411. Βάλτοι στην ενδοχώρα	1,0
412. Τυρφώνες	0,9
421. Αλυκές	0,8
422. Παλιρροιακά επίπεδα	0,9

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Κατηγορία Κάλυψης Εδάφους	Τιμή Αδιαπερατότητας
423. Παλιρροιακά επίπεδα	0,9
511. Ροές υδάτων	1,0
512. Συλλογές υδάτων	1,0
521. Παράκτιες λιμνοθάλασσες	1,0
522. Εκβολές ποταμών	1,0
523. Θάλασσα και Ωκεανοί	1,0



Εικόνα 23: Χάρτης χρήσεων γης Υ.Δ. Θράκης (Corine Land Cover 2018)

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

3.1.2.5 ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΡΟΗΣ

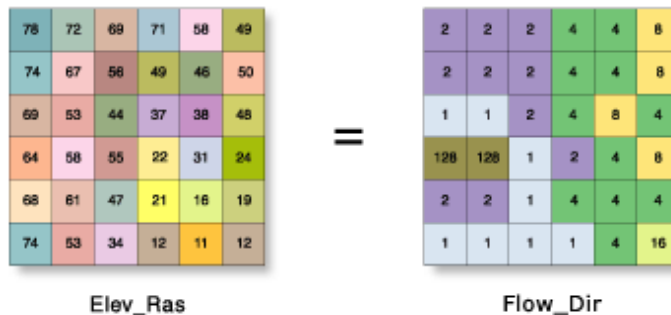
Το κριτήριο της συσσώρευσης απορροής αναδεικνύει την συγκέντρωση των επιφανειακών υδάτων, βάση του αναγλύφου. Η αυξημένη συγκέντρωση των υδάτων σε μία περιοχή αυξάνει την πιθανότητα η περιοχή αυτή να προσβληθεί από πλημμύρα.

Προκειμένου να δημιουργηθεί η συσσώρευση ροής, η οποία θεωρείται ως το υδρογραφικό δίκτυο, ακολουθήθηκαν συγκεκριμένα βήματα επεξεργασίας του DEM. Έγινε χρήση της εργαλειοθήκης Spatial Analyst Tools και συγκεκριμένα της Hydrology. Πρώτο βήμα ήταν η χρήση του εργαλείου «Fill sinks», το οποίο σε γενικές γραμμές αφαιρεί τις ατέλειες των δεδομένων, η ροή πρέπει να καθίσταται συνεχόμενη, χωρίς εμπόδια, βυθίσματα. Ως βύθισμα νοείται το κελί, το οποίο έχει ασαφή κατεύθυνση αποστράγγισης και έχει την μικρότερη τιμή υψομέτρου στην γειτονιά του. Με τον προσδιορισμό του «z-limit» προσδιορίζονται τα βυθίσματα που θα διορθωθούν, δηλαδή τα βυθίσματα τα οποία θα υποστούν διόρθωση θα είναι αυτά που η τιμή τους είναι μικρότερη ή ίση με την τιμή του «z-limit». Πρόκειται για παράθυρο 3*3 κελιών με τον εξεταζόμενο εικονοστοιχείο να είναι το κεντρικό.



Εικόνα 24: Εργαλείο "fill" (Πηγή: ESRI/ArcGIS)

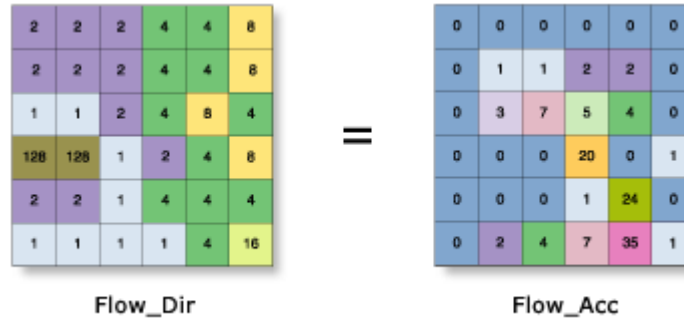
Επόμενο βήμα ήταν η χρήση του εργαλείου «Fill Direction», το οποίο δημιουργεί μία raster επιφάνεια κατεύθυνσης ροής του κάθε κελιού προς τα χαμηλότερα υψομετρικά κελιά με χρήση τριών αλγορίθμων ροής, «D8», «Multiple Flow Direction» και «D-Infinity». Ως δεδομένο χρειάζεται το προϊόν που προέκυψε από το προηγούμενο εργαλείο, το κάθε κελί εξετάζεται με τα γειτονικά και βάση των υψομετρικών τους διαφορών υπολογίζονται οι κλίσεις, με σκοπό την εύρεση της μέγιστης κλίσης που καθορίζεται ως η διεύθυνση απορροής. Ο αλγόριθμος «D8» κατασκευάζει την κατεύθυνση της ροής του κάθε κελιού βάσει της πιο απότομης κλίσης της γειτονίας του. Οι τιμές του είναι 1, 2, 3, 8, 16, 32, 64, 128. Εάν ένα κελί έχει την μικρότερη τιμή των γειτονικών του παίρνει την τιμή του γειτονικού κελιού με την μικρότερη τιμή. Ο αλγόριθμος «Multiple Flow Direction (MFD)» περιγράφεται ως χωρίσματα ροής από ένα κελί σε όλα τα κατηφορικά γειτονικά κελιά του. Ένα χώρισμα προκύπτει από το τοπικό ανάγλυφο και χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει το κλάσμα της ροής αποστράγγισης σε όλα τα κατηφορικά γειτονικά κελιά. Τέλος, ο αλγόριθμος «D-Infinity», προσδιορίζει την κατεύθυνση ροής ως την πιο απότομη καθοδική κλίση σε οκτώ τριγωνικές όψεις σε ένα παράθυρο κελιών 3x3, με κέντρο το κελί ενδιαφέροντος.



Εικόνα 25: Μετατροπή μονάδων του εργαλείου "flow direction" (Πηγή: ESRI/ArcGIS)

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Ως επόμενο βήμα ήταν η χρήση του εργαλείου «Flow Accumulation», το οποίο δημιουργεί μία εικόνα raster συσσωρευμένης ροής για κάθε κελί, προσδιορίζοντας το κατάλληλο βάρος. Το δεδομένο εισόδου είναι το παραγόμενο αρχείο raster, flow direction. Για κάθε εικονοστοιχείο υπολογίζεται το γινόμενο του πλήθους των κελιών επί το εμβαδόν των κελιών που απορρέουν προς αυτό. Αποτέλεσμα αυτού είναι το raster αρχείο κανάβου συσσώρευσης ροής. Γίνεται χρήση των ίδιων αλγορίθμων, όπως στο προηγούμενο εργαλείο. Οι υψηλές τιμές του προκύπτοντος κανάβου αντιστοιχούν σε περιοχές συγκέντρωσης ροής που ενδέχεται να αντιπροσωπεύουν ρέματα.



Εικόνα 26: Μετατροπή μονάδων του εργαλείου "flow accumulation" (Πηγή: ESRI/ArcGIS)

Το κριτήριο της συσσώρευσης της ροής χαρακτηρίζεται ως αύξον, καθώς οι μεγαλύτερες τιμές χαρακτηρίζουν τα εικονοστοιχεία τα οποία συγκεντρώνουν μεγαλύτερο πλήθος εικονοστοιχείων που απορρέουν σε αυτά. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μεγαλύτερη συγκέντρωση να συγκρατεί μεγαλύτερο όγκο νερού. Πραγματοποιήθηκε κανονικοποίηση του κριτηρίου, οι τιμές 1 δηλώνουν υψηλότερη πλημμυρική επικινδυνότητα και οι τιμές 0 χαμηλότερη. Η Εικόνα 27 παρουσιάζει την συσσώρευση ροής κατηγοριοποιημένη.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 27: Χάρτης Συσσώρευση ροής του Υ.Δ. Θράκης.

3.1.2.6 ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ο τύπος του εδάφους αντιπροσωπεύει την υδατοϊκανότητα του εδάφους, δηλαδή την ικανότητα διήθησης του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα οι υδρολογικοί τύποι του εδάφους κατά SCS κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις κατηγορίες βάσει διηθητικής ικανότητας. Η αύξηση την επιφανειακής απορροής αυξάνει την πλημμυρική επικινδυνότητα.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την ομάδα του εδάφους αποκτήθηκαν από την Food and Agricultural Organization (FAO) (<https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/>). Σε συνεργασία με άλλες οργανώσεις έχουν κατασκευάσει μία παγκόσμια βάση δεδομένων του εδάφους, των οποίων τα δεδομένα παρέχονται σε 30 arc-second και περιέχει πάνω από 15.000 χαρτογραφημένες διαφορετικές ομάδες τύπων εδαφών. Το αρχείο των δεδομένων είχε ως μέγεθος κελιού τα 5 min.

Με την εντολή «Build Raster Attribute Table» κατασκευάστηκε ένας αρχικός πίνακας περιεχομένων ο οποίος συγχωνεύτηκε με πίνακα δεδομένων, ο οποίος περιείχε μεγάλο πλήθος πληροφορίας. Για τον λόγο ότι οι υδρολογικές ομάδες εδαφών δεν υπήρχαν, πραγματοποιήθηκε συσχέτιση των γεωλογικών σχηματισμών με τους υδρολογικούς τύπους εδαφών σύμφωνα με τις αναφορές του Τσιχριντζή (1999). Έτσι, κάθε κατηγορία υφής του εδάφους αντιστοιχούταν σε μία κατηγορία Υδρολογικών Εδαφών, και συμπληρώνονταν στον αντίστοιχο πίνακα δεδομένων.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Ο συγκεκριμένος παράγοντας όπως και αυτός των χρήσεων γης καθίσταται ως περιγραφικός, καθώς δεν έχει αριθμητικές τιμές. Στην περίπτωση των χρήσεων γης αντιστοιχήθηκαν τιμές αδιαπερατότητας για κάθε κατηγορία χρήσεων γης, όπως πραγματοποιήθηκε και στο συγκεκριμένο κριτήριο. Πιο συγκεκριμένα παρακάτω αναφέρεται ο ρυθμός διήθησης των κατηγοριών των υφών που ταξινομήθηκαν παραπάνω ως Υδρολογικοί τύποι εδαφών. Σε κάθε κατηγορία υφής, δόθηκε ένας συντελεστής προκειμένου να χαρακτηριστεί η διηθητική ικανότητα. Οι τιμές που τείνουν προς το 1 χαρακτηρίζονται από χαμηλή διηθητική ικανότητα, σε αντίθεση με τις μηδενικές οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλή διηθητική ικανότητα. Η διηθητικότητα έρχεται σε αντίθεση με την επιφανειακή απορροή. Ο Πίνακας 18 παρουσιάζει το ρυθμό διήθησης κάθε κατηγορίας υφής και την αντιστοιχεί με την υδρολογική ομάδα εδάφους.

Πίνακας 18: Υδρολογικός τύπος και ταχύτητα διήθησης νερού των γεωλογικών σχηματισμών (Τσιχριντζής, 1999).

Κατηγορία Υφής	Ελάχιστος ρυθμός διήθησης (mm/hr)	Υδρολογική κατηγορία κατά SCS
Άμμος	210,0	A
Τυρφώδης άμμος	61,2	A
Αμμώδης τύρφη	25,9	B
Τύρφη	13,2	B
Λεπτή αμμώδης τύρφη	6,8	C
Αμμώδης αργιλώδης τύρφη	4,3	C
Αργιλώδης τύρφη	2,3	D
Λεπτή αμμώδης αργιλώδης τύρφη	1,5	D
Αμμώδης άργιλος	1,3	D
Λεπτή αμμώδης άργιλος	1,0	D
Άργιλος	0,5	D

Ο Πίνακας 19 αναδεικνύει το συντελεστή διηθητικότητας του κάθε γεωλογικού σχηματισμού.

Πίνακας 19: : Συντελεστής διηθητικότητας των γεωλογικών σχηματισμών.

Κατηγορία Υφής	Συντελεστής διηθητικότητας
Άμμος	0,1
Τυρφώδης άμμος	0,2
Αμμώδης τύρφη	0,3
Τύρφη	0,4
Λεπτή αμμώδης τύρφη	0,5
Αμμώδης αργιλώδης τύρφη	0,6
Αργιλώδης τύρφη	0,7
Λεπτή αμμώδης αργιλώδης τύρφη	0,8
Αμμώδης άργιλος	0,9
Λεπτή αμμώδης άργιλος	0,9
Άργιλος	1

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Η Εικόνα 28 παρουσιάζει τους υδρολογικούς τύπους εδάφους του Υ.Δ. Θράκης.



Εικόνα 28: Χάρτης Υδρολογικού τύπου εδάφους Υ.Δ. Θράκης.

3.1.2.7 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ

Το συγκεκριμένο κριτήριο μελετά την απόσταση των περιοχών από το υδρογραφικό δίκτυο. Στην περίπτωση όπου η παροχή των υδάτων του υδρογραφικού δικτύου είναι αυξημένη και τα ύδατα ξεπεράσουν την κοίτη του ποταμού οι περιοχές που βρίσκονται πιο κοντά είναι πιο επιρρεπείς στο να πλημμυρίσουν. Το κριτήριο είναι φθίνον.

Το συγκεκριμένο κριτήριο κατασκευάστηκε από το DEM και πιο συγκεκριμένα από το υδρογραφικό δίκτυο το οποίο δημιουργήθηκε για τον παράγοντα της Συσσώρευσης Ροής. Με το εργαλείο «Euclidean Distance» της βιβλιοθήκης «Spatial Analyst Tools», υπολογίστηκε η ευκλείδεια απόσταση του αντικειμένου, δηλαδή του δικτύου αποστράγγισης.

Η συγκέντρωση των υδάτων βρίσκεται στο υδρογραφικό δίκτυο. Σε περίπτωση που το υδρογραφικό δίκτυο έχει αυξημένη παροχετευτικότητα το νερό επεκτείνεται προς τις κοντινότερες περιοχές. Επομένως, όσο μικρότερη είναι απόσταση από το υδατόρεμα τόσο μεγαλύτερη είναι και η πιθανότητα η περιοχή να πλημμυρίσει. Η Εικόνα 29 παρουσιάζει τον παράγοντα της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 29: Χάρτης απόστασης από το υδατόρεμα.

3.1.3 Δομή Προβλήματος

Η γενική μορφή του προβλήματος της πολυκριτηριακής ανάλυσης ακολουθεί την μορφή της πυραμίδας. Στην κορυφή τοποθετείται το πρόβλημα, το οποίο αναλύεται με απώτερο σκοπό της επίλυση του. Το πρόβλημα αναλύεται στα κριτήρια του και στα υποκρίτρια του, στην περίπτωση που έχει. Η βάση της πυραμίδας αποτελείται από τις εναλλακτικές επιλογές λύσεις του προβλήματος, από τις οποίες ο ερευνητής οδηγείται σε αυτή εφαρμόζοντας την πολυκριτηριακή ανάλυση.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Το πρόβλημα της συγκεκριμένης εργασίας καθορίζεται ως ο προσδιορισμός των περιοχών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας στην περιοχή του Υδατικού Διαμερίσματος της Θράκης. Το πρόβλημα αναλύεται στα κριτήρια του των οποίων η επιλογή έγινε σύμφωνα με τα παραπάνω. Τα κριτήρια του υψομέτρου, της κλίσης, της βροχόπτωσης, της συσσώρευσης ροής, των χρήσεων γης, των υδρολογικών τύπων του εδάφους και της απόστασης από το υδατόρεμα επιλέχτηκαν για να αναλύσουν το πρόβλημα. Οι εναλλακτικές λύσεις είναι μεταβολές των βαρών των κριτηρίων ως προς την εύρεση της καλύτερου προσδιορισμού επιρρεπών πλημμυρών.

3.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.2.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Η ανάγκη της ανθρωπότητας να καταγράφει και να απεικονίζει γεωγραφικές πληροφορίες οδήγησαν στην κατασκευή των χαρτών και η εξέλιξή τους οδήγησε σήμερα στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Σύμφωνα με τους Καλύβα και Παπαευσταθίου (1995), ως Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών χαρακτηρίζεται ένα οργανωμένο σύνολο εργαλείων συλλογής, αποθήκευσης, ενημέρωσης, επεξεργασίας και απόδοσης της γεωγραφικής πληροφορίας. Στην διεθνής βιβλιογραφία απαντάται ως Geographic Information System (GIS). Κύριος στόχος του αποτελεί η λήψη αποφάσεων, καθώς η χρήση τους σε πλήθος πεδίων δίνει λύσεις σε προβλήματα χώρου.

Τα συστατικά του μέρη είναι (Κάβουρα, 2016):

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Η/Υ, υλικό (Hardware) και το λειτουργικό του σύστημα (operating system)
- Λογισμικό (software)
- Χωρικά δεδομένα
- Διαδικασίες διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων
- Χρήστες

Πλήθος επιστημών έχουν βρει λύσεις στην χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών όπως (Χαλκιάς, 2007):

- Η γεωγραφία η οποία μελετά το φυσικό περιβάλλον και τις σχέσεις με τον άνθρωπο,
- Η χαρτογραφία η οποία είναι υπεύθυνη για την οπτικοποίηση της χωρικής και όχι μόνο πληροφορίας,
- Η τηλεπισκόπηση η οποία μελετά δορυφορικές εικόνες,
- Τα συστήματα εντοπισμού θέσης παρέχοντας δεδομένα θέσης,
- Η τοπογραφία προσφέρει υψηλής ακρίβειας δεδομένα θέσης,
- Η πληροφορική η οποία εξελίσσει συνεχώς τα Γ.Σ.Π.,
- Τα μαθηματικά και η στατιστική, τα οποία επεξεργάζονται, οπτικοποιούνται και γενικότερα συσχετίζονται με την χωρική πληροφορία.,

Σύμφωνα με τους Καλύβα και Παπαευσταθίου (1995), τα Γ.Σ.Π. είναι απαραίτητα στην ανάπτυξη εφαρμογών των τομέων

- Του Κτηματολογίου,
- Της Φωτογραμμετρίας,
- Της Εδαφολογίας – Γεωλογίας,
- Της Δασικής Διαχείρισης – Δασοπροστασίας,
- Της Διαχείρισης δικτύων κοινής ωφέλειας,
- Της Χωροθέτησης εκπαιδευτικών μονάδων,
- Της Πολεοδομίας – Χωροταξίας,
- Της Τοπογραφίας – Χαρτογραφίας,
- Των Χρήσεων γης,
- Της Οργάνωσης και Διαχείρισης Αστυνόμευσης,
- Της Αντισεισμικής προστασίας,

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους σύμφωνα με τον Καρτέρη (1994) είναι τα εξής:

Πλεονεκτήματα:

- Διατήρηση των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή.
- Καταχώρηση των γεωγραφικών βάσεων (ποσοτικές πληροφορίες) δεδομένων σε οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα ή διάταξη.
- Δημιουργία βάσεων δεδομένων βάση αντικειμένου, χαρακτηριστικού, ιδιότητας είτε συνδυασμό αυτών. Δυνατότητα επεξεργασίας και καταχώρησης δεδομένων στην βάση δεδομένων, με την προϋπόθεση του χωρικού προσανατολισμού.
- Δυνατότητα επεξεργασίας μετρήσεων, χαρτογραφικών επικαλύψεων, μετατροπών και άλλων μορφών επεξεργασίας μέσω ηλεκτρονικών οργάνων και λογισμικών.
- Δυνατότητα για ταχύ και επαναλαμβανόμενο έλεγχο ή εξέταση θεωρητικών μοντέλων εκτίμησης επιστημονικών κριτηρίων.
- Δυνατότητα ταχείας παραγωγής αποτελεσμάτων, τα οποία αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα οποιασδήποτε γεωγραφικής θέσης της βάσης δεδομένων και οποιαδήποτε κλίμακας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Δυνατότητα εύκολης ενημέρωσης των βάσεων δεδομένων εντοπίζοντας και αναλύοντας τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν σε δύο ή περισσότερες περιόδους
- Ποικιλία πλήθους αναλύσεων με πολύ μικρό κόστος.
- Αντικειμενικότητα της ανάλυσης και αυτοματοποιημένη παραγωγή αποτελεσμάτων.

Μειονεκτήματα:

- Υψηλό αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος, τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης/
- Άρτια εκπαιδευμένο προσωπικό για την χρήση του.
- Παρουσία προβλημάτων στην μετατροπή και καταχώρηση δεδομένων σε συγκεκριμένες βάσεις δεδομένων.

3.2.2 ESRI / ArcGIS

Αποτελεί ένα εργαλείο Σ.Γ.Π. που προσφέρει δυνατότητες αναλυτικών στοιχείων βάσει τοποθεσίας, κατά την χρήση του οποίου, ο χρήστης αξιοποιεί τις δυνατότητες του προκειμένου να οπτικοποιήσει και να αναλύσει τα δεδομένα του.

Τομείς του Σ.Γ.Π.:

- Χωρική ανάλυση: Συνδυαστικό στοιχείο αποτελεί η θέση, της οποίας εξετάζονται οι σχέσεις και πληροφορίες, βρίσκοντας λύσεις σε θέματα χωρικών προβλημάτων.
- Δυνατότητα χρήσης του και στο πεδίο: δίνεται η δυνατότητα συλλογής δεδομένων στο πεδίο.
- Δυνατότητα χαρτογράφησης: Παρέχει εργαλεία και λογισμικό δυναμικής χαρτογράφησης για την οπτικοποίηση δεδομένων.
- Δυνατότητα τρισδιάστατης πληροφορίας: οπτικοποιεί και μελετά και την τρίτη διάσταση προσπαθώντας να δημιουργήσει πιο ρεαλιστικά πρότυπα.
- Τηλεπισκόπηση: οπτικοποιεί αναλύει και έχει πρόσβαση σε πολύ μεγάλο αριθμό εικόνων.
- Διαχείριση δεδομένων: Δυνατότητα συλλογής οργάνωσης και αποθήκευσης δεδομένων με ασφάλεια.

Το προϊόν ArcGIS, ESRI, αποτελείται από ένα πλήθος λογισμικών εκδόσεων. Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν ορισμένα από αυτά. Ένα από αυτά είναι το ArcMap το οποίο αποτελεί εργαλείο επεξεργασίας, εμφάνισης και ανάλυσης γεωγραφικών και χωρικών και άλλων δεδομένων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε το ArcCatalog, που αποτελεί την βάση δεδομένων της θέσης των χρησιμοποιηθέντων αρχείων και το ArcToolbox, παρέχει πλήθος εργαλείων επεξεργασίας δεδομένων.

3.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.3.1 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Σ.Γ.Π.

Η ανθρώπινη ανάγκη να λαμβάνει αποφάσεις, να μετριάξει και να επιλέγει την βέλτιστη επιλογή για τις ληφθείσες αποφάσεις, αποτέλεσε παράγοντα για την μοντελοποίηση διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Αποτέλεσμα και μοντέλο διαδικασίας λήψης αποφάσεων είναι η πολυκριτηριακή ανάλυση, η οποία στοχεύει στην διαμόρφωση ενός μοντέλου βασισμένου σε πλήθος κριτηρίων, το οποίο βοηθά τους υπευθύνους λήψης των αποφάσεων στην επιλογή λύσης (Σιαμπίρη, 2010).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Στην συγκεκριμένη περίπτωση το πρόβλημα που απασχολεί είναι αυτό της πλημμύρας και ειδικότερα της πλημμυρικής επικινδυνότητας, που έχει αποδειχτεί ένα πολυδιάστατο πρόβλημα (Δεβελέκου, 2020). Οι μελέτες πάνω στην πλημμύρα έχουν καταλήξει στο ότι βασικότεροι μέθοδοι ταξινόμησης πλημμυρικά ευάλωτων περιοχών αποτελούν αυτή της πολυκριτηριακής ανάλυσης και της θεωρίας της αβεβαιότητας (Yeganeh and Sabri, 2014).

Αρχικά, η πολυκριτηριακή ανάλυση χρησιμοποιούσε μη χωρικές τιμές, δηλαδή μέσες τιμές ποσοτήτων ή εκτιμώμενες τιμές αντικειμένων, με αποτέλεσμα την διαστρέβλωση των αποτελεσμάτων χωρικών προβλημάτων των αντίστοιχων ερευνών (Σιδηροπούλου, 2011). Το έτος 1999 ο Van Herwijnen σύστησε την χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση (Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA). Συνδυαστικά με την εξέλιξη των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών αποτέλεσε σημαντικό βήμα για τα χωρικά προβλήματα (Δεβελέκου, 2020).

Από τις ερευνητικές εργασίες που μελετήθηκαν, χρησιμοποιήθηκε στο μεγαλύτερο ποσοστό η «Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία», η «Διαδικασία Σταθμισμένης Αλληλοεπικάλυψης» και η «Ασαφής Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία». Η τελευταία είχε μικρή γενικά προτίμηση. Η αναλυτική ιεραρχική διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω, αποτέλεσε μέθοδο επιλογής της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας και αποτελεί ένα μαθηματικό εργαλείο που χαρακτηρίζεται από υποκειμενικότητα. Η διαδικασία σταθμισμένης αλληλοεπικάλυψης είναι επίσης αρκετά συνηθής, χρησιμοποιήθηκε από τους Kourgialas and Karatzas (2011). Η συγκεκριμένη μέθοδος εξαρτάται από το γινόμενο δύο συντελεστών βαρύτητας. Ο ένας εκ των δύο αντιπροσωπεύει τις βαρύτητες των κατηγοριών του κάθε κριτηρίου και ο άλλος τις αλληλεπιδράσεις-σχέσεις μεταξύ των κριτηρίων αυτών. Η συγκεκριμένη μέθοδος χαρακτηρίζεται επίσης από υποκειμενικότητα. Η ασαφής αναλυτική ιεραρχική διαδικασία χρησιμοποιεί διφορούμενες ή ανακριβείς πληροφορίες (Παπαδόπουλος, 2006). Απώτερος σκοπός της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ο περιορισμός της υποκειμενικότητας. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιεί τυποποιημένα εργαλεία, τα οποία συμπεριλαμβάνουν ποιοτικές εκτιμήσεις καταλήγοντας σε λιγότερο επισφαλείς αποφάσεις (Δεβελέκου, 2020).

Βασικό πρόβλημα στην επίλυση ενός πολυκριτηρίου προβλήματος είναι ο τρόπος επιλογής της τελικής απόφασης. Η «Πολυκριτηριακή Ανάλυση» αποφάσεων ασχολείται με προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων και αποβλέπει στην επιλογή εναλλακτικών λύσεων. Ορίζεται ως εφαρμογή επιχειρησιακής έρευνας που βοηθά στην λήψη αποφάσεων. Σκοπός είναι η εύρεση της βέλτιστης λύσης (Σιαμπίρη, 2010). Η πολυκριτηριακή ανάλυση χαρακτηρίζεται από την ευελιξία και την πολυδιάστατη αξιολόγηση του προβλήματος καθώς η εξέλιξη της μεθόδου αναπτύχθηκε στην διαπίστωση ότι τα πολύπλοκα προβλήματα είναι αδύνατον να επιλυθούν και να αναλυθούν μονόπλευρα.

Κατά κύριο λόγο τα περισσότερα προβλήματα είναι πολυδιάστατα σε όλες τις πτυχές της καθημερινότητας. Η αξιολόγηση των εναλλακτικών αποφάσεων βάσει των πολλών και αντικρουόμενων κριτηρίων καθιστούν τα πολυκριτήρια προβλήματα χαμηλού βαθμού δόμησης. Το πλήθος και η πολυπλοκότητα των σχέσεων μεταξύ των κριτηρίων επιδρούν άμεσα στην προτίμηση του υπευθύνου της απόφασης. Οι εναλλακτικές επιλογές χαρακτηρίζονται ως ημιδομημένες αποφάσεις. Σημαντικός είναι ο ρόλος του υπευθύνου, καθώς η προσωπική του κρίση είναι απαραίτητη. Η αξιολόγηση της απόφασης αντιπροσωπεύεται από τις προτιμήσεις των αποφασιζόντων και μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών ενεργειών και την ικανοποίηση ενός συνόλου συνθηκών κατευθύνονται στην ορθότερη λύση (Σιαμπίρη, 2010).

Η συγκεκριμένη μέθοδος λήψης αποφάσεων διαμορφώνει μία ορθολογική διαδικασία η οποία επικεντρώνεται στους σημαντικούς παράγοντες και στα χαρακτηριστικά τους, επιδρώντας στις εναλλακτικές αποφάσεις. Χαρακτηρίζεται ως λογική και δομημένη διαδικασία λήψης αποφάσεων, καθώς υπό άλλες προϋποθέσεις το πλήθος των κριτηρίων και οι εναλλακτικές λύσεις προκαλούν σύγχυση.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι (Αχίλλας και Μπανιάς, 2012):

- Η διευκόλυνση αναπαράστασης πολυδιάστατων προβλημάτων.
- Η ευελιξία και η διαφορετική επίδραση των παραγόντων στην τελική απόφαση.
- Η απλοποίηση της διαδικασίας σε μη μετρήσιμα μεγέθη.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι (Αχίλλας και Μπανιάς, 2012):

- Η απόφαση των προτιμήσεων σημαντικότητας πραγματοποιείται συνήθως από ένα άτομο.
- Η πολυπλοκότητα του καθορισμού των επιδράσεων των κριτηρίων.
- Η μείωση της επίδρασης του παράγοντα του «χρόνου».
- Οι λύσεις είναι «συμβιβαστικές» και όχι βέλτιστες.

Η πολυκριτηριακή Ανάλυση Απόφασης χρησιμοποιεί τις παρακάτω μεθόδους λήψης αποφάσεων (Σιαμπίρη, 2010):

- Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας.
- Αναλυτική – Συνθετική Προσέγγιση.
- Μέθοδοι Υπεροχής.
- Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης.

3.3.2 Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία

Βασικότεροι μέθοδοι ταξινόμησης αποτελούν οι αναλογικές μέθοδοι και οι μέθοδοι δυαδικών συγκρίσεων. Οι αναλογικές μέθοδοι εκτιμούν την προτεραιότητα των κριτηρίων από την απλή κατάταξη στο επίπεδο ανάλυσης που ανήκουν. Οι μέθοδοι δυαδικών συγκρίσεων ταξινομούν τα κριτήρια μέσω αρχικής απόδοσης βαθμού προτίμησης, από τον οποίο προκύπτουν οι βαρύτητες των κριτηρίων. (Σιαμπίρη, 2010)

Ο υπεύθυνος λήψης απόφασης πρέπει να επιλέξει την προτιμότερη εναλλακτική. Οι εναλλακτικές επιλογές περιέχουν και τις αντίστοιχες αβεβαιότητες. Μικρές αβεβαιότητες συνεπάγονται ακριβή αποτελέσματα και οι μεγάλες αβεβαιότητες συνεπάγονται μη έγκυρα αποτελέσματα. (Σιαμπίρη, 2010)

Η πολυκριτηριακή ανάλυση χαρακτηρίζεται από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων βάση κάποιων στόχων. Οι στόχοι αυτοί αποτελούν κριτήρια, τα οποία βασίζονται στην προτίμηση αυτού που λαμβάνει τις αποφάσεις. Το κάθε κριτήριο για να είναι έγκυρο, πρέπει να είναι πλήρες, σημαντικό, μετρήσιμο, αναγνωρίσιμο, ανεξάρτητο και επαρκές (Σιαμπίρη, 2010)

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytical Hierarchy Process-AHP) αποτελεί μια μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης, η οποία προτάθηκε από τον Saaty (1987). Είναι από τις πιο ευρέως γνωστές μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης. Αποτελεί ένα ορθολογικό και ολοκληρωμένο πλαίσιο δόμησης ενός προβλήματος, που ποσοτικοποιεί τα στοιχεία του προβλήματος και τα συνδέει με τον τελικό στόχο και την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Χαρακτηριστικό της είναι η ανθρώπινη κρίση και η υποκειμενικότητα στην αξιολόγηση των αποφάσεων (Saaty, 1987).

Η AHP διακρίνεται σε τέσσερα βασικά βήματα (Μητρόπουλος, 2013):

- Οργάνωση του προβλήματος σε μία ιεραρχική δομή, αποτελούμενη από τον στόχο, τα κριτήρια και τις εναλλακτικές λύσεις.
- Συγκριτική αξιολόγηση κριτηρίων ανά ζεύγη.
- Σύνθεση βαρύτητας κριτηρίων για την αξιολόγηση της απόφασης.
- Επιλογή βέλτιστης εναλλακτικής επιλογής.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Η οργάνωση του προβλήματος προβλέπει τον καθορισμό του στόχου, ο οποίος επιτυγχάνεται μέσω των κριτηρίων τα οποία σχετίζονται με τις εναλλακτικές λύσεις. Η ιεραρχική δομή της προσομοιάζεται με πυραμίδα, καθώς οι εναλλακτικές επιλογές τοποθετούνται στην βάση και τα κριτήρια-υποκριτήρια στην μέση και στην κορυφή ο στόχος.

Η αξιολόγηση των κριτηρίων προϋποθέτει την ανά ζεύγη σύγκρισή τους, βασιζόμενη στην κρίση του υπευθύνου λήψης απόφασης, με μέτρο την σχετική σημαντικότητα του ενός έναντι του άλλου εξεταζόμενου κριτηρίου. Η κλίμακα σχετικής σημαντικότητας όπως παρουσιάστηκε από τον Saaty (1987), παρουσιάζεται στον Πίνακα 20.

Πίνακας 20: Σημαντικότητα κριτηρίων για την μέθοδο AHP.

Περιγραφή (Σύγκριση πρώτης επιλογής με την δεύτερη)	Κλίμακα Σχετικής Σημαντικότητας
Εξίσου σημαντικό	1
Εξίσου έως μέτρια πιο σημαντικό	2
Μέτρια πιο σημαντικό	3
Μέτρια έως ισχυρά πιο σημαντικό	4
Ισχυρά πιο σημαντικό	5
Ισχυρά έως πολύ ισχυρά πιο σημαντικό	6
Πολύ ισχυρά πιο σημαντικό	7
Πολύ ισχυρά έως εξαιρετικά πιο σημαντικό	8
Εξαιρετικά πιο σημαντικό	9
Αντίστροφες εκτιμήσεις συνεπάγεται προτίμηση της δεύτερης επιλογής έναντι της πρώτης	1/2 ,1/3, 1/4, κ.ο.κ.

Ο βαθμός σημαντικότητας των κριτηρίων συμβάλλει στην τελική βαρύτητα τους. Σχηματίζεται ο πίνακας $A(n \times n)$, ο οποίος περιέχει την σημαντικότητα μεταξύ των κριτηρίων. Η θέση της τιμής a_{ij} περιγράφει το αποτέλεσμα της σύγκρισης σπουδαιότητας του στοιχείου i έναντι του στοιχείου j . Αντίστοιχα και η θέση a_{ji} . Οι τιμές των δύο θέσεων είναι αντίστροφες και ο τετραγωνικός πίνακας περιέχει την μονάδα στην διαγώνιο του και αποκαλείται μητρώο συγκρίσεων. Οι τιμές της κάθε στήλης του μητρώου αθροίζονται και έπειτα το κάθε στοιχείο διαιρείται με το άθροισμα της αντίστοιχης στήλης. Αποτέλεσμα αυτού είναι το κανονικοποιημένο μητρώο, του οποίου αθροίζονται οι σειρές και έπειτα διαιρείται δια του πλήθους των κριτηρίων, υπολογίζοντας τον μέσο όρο της κάθε σειράς που αποτελεί και τον συντελεστή βαρύτητας του κάθε κριτηρίου. Το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων είναι η μονάδα. Εάν τα βάρη συμβολίζονται με $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, τότε ισχύει $\sum w_j = 1$.

Προκειμένου, να ολοκληρωθεί η διαδικασία, απαραίτητη είναι η ανάλυση συνέπειας, η οποία αποτελεί λόγο που εκφράζει την πιθανότητα τυχαιότητας του μητρώου συγκρίσεων. Ο λόγος συνέπειας απαραίτητο είναι να βρίσκεται κάτω του 10%. Σε αντίθετη περίπτωση πραγματοποιείται επανεκτίμηση. (Saaty, 1987)

Εξίσωση του λόγου συνέπειας:

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2}$$

όπου RI : Δείκτης τυχαίας συνέπειας που εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων

CI : Δείκτης συνέπειας

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Ο δείκτης συνέπειας CI αξιολογεί την ποιότητα του μητρώου συγκρίσεων και δίνεται από την σχέση:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

όπου n : πλήθος κριτηρίων

λ_{max} : ιδιοτιμή του πίνακα, μητρώο σύγκρισης

Το άθροισμα της κάθε στήλης του μητρώου συγκρίσεων πολλαπλασιάζεται με το άθροισμα της κάθε γραμμής του κανονικοποιημένου μητρώου. Το άθροισμα των παραπάνω γινομένων αποτελεί την ιδιοτιμή λ_{max} . (Saaty, 1987)

Η ορθολογική αξιολόγηση πλήθος κριτηρίων απαιτεί αυτά να βρίσκονται στην ίδια κλίμακα, πράγμα που σημαίνει ότι η απόδοση τους σε ίδια κλίμακα είναι απαραίτητο και πραγματοποιείται βάσει των παρακάτω εξισώσεων (Voogd, 1982):

$$x_i = \frac{(FV_i - FVmin)}{(FVmax - FVmin)} \cdot SR \quad (4)$$

$$x_i = 1 - \frac{(FV_i - FVmin)}{(FVmax - FVmin)} \cdot SR \quad (5)$$

όπου FV_i : ακατέργαστη τιμή του κριτηρίου i

$FVmin$: Ελάχιστη τιμή κριτηρίου

$FVmax$: Μέγιστη τιμή κριτηρίου

SR : Τυποποιημένο φάσμα, εύρος τιμών 0 έως 1.

Η τυποποίηση των κριτηρίων λαμβάνει χώρα με τις Εξ. (4) και (5). Η Εξ. (4) αναφέρεται σε αύξον κριτήριο και η Εξ. (5) σε φθίνον κριτήριο (Voogd, 1982). Αύξον κριτήριο χαρακτηρίζεται ένα κριτήριο, του οποίου η αύξηση της ποσότητας του ή της τιμής του συνεπάγεται μεγαλύτερη επιρροή του φαινομένου. Αντιθέτως, φθίνον κριτήριο χαρακτηρίζεται αυτό, του οποίου η τιμή όσο αυξάνεται, τόσο μικρότερη είναι η επιρροή του στο φαινόμενο που ανήκει.

Τελευταίο βήμα αποτελεί η σύνθεση των τελικών αποτελεσμάτων που προκύπτει από το πλήθος των κριτηρίων και των αντίστοιχων βαρών τους. Πιο συγκεκριμένα κάθε κριτήριο πολλαπλασιάζεται με το βάρος του και τέλος αθροίζονται για να προκύψει η πλημμυρική επικινδυνότητα (Saaty, 1987).

$$FS = \sum_{i=1}^{i=n} w_i \cdot x_i \quad (6)$$

όπου FS : Τελική τιμή κελιού

w_i : Βάρος κριτηρίου i

x_i : Τυποποιημένη τιμή κριτηρίου i

3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

3.4.1 Βαρύτητα Κριτηρίων

Ο προσδιορισμός των κριτηρίων πραγματοποιήθηκε μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης των κριτηρίων ανά ζεύγη. Βάσει του πίνακα συγκρίσεων (Πίνακας 9), αξιολογήθηκε το μέτρο της

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

σημαντικότητας μεταξύ των κριτηρίων. Σκοπός είναι η κατασκευή του «Μητρώου Συγκρίσεων», δηλαδή ο πίνακας σημαντικότητας των επιλεγμένων κριτηρίων.

Ο βαθμός της «Σχετικής Σημαντικότητας» καθορίστηκε βάση τριών παραγόντων:

1. Της συχνότητας χρήσης του κριτηρίου βάσει της βιβλιογραφίας
2. Του Μέσου Όρου των βαρών του κάθε κριτηρίου επιλογής βάσει της βιβλιογραφίας
3. Της κρίσης του ερευνητή

Τα πιο συνήθη κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν πάνω από το 50% των ερευνητών ήταν η κλίση, το υψόμετρο, η βροχόπτωση και οι χρήσεις γης. Τα συγκεκριμένα κριτήρια θεωρήθηκαν ιδιαίτερα σημαντικά για την δημιουργία πλημμύρας και αποτελούν κριτήρια επιλογής. Δευτερεύουσας σημασίας καθίστανται τα κριτήρια της απόστασης από υδατόρεμα, της συσσώρευση ροής και της γεωλογίας, που περιγράφει την υδατοϊκανότητα του εδάφους. Τα κριτήρια αποτέλεσαν επιλογή, με την διαφορά ότι το κριτήριο της γεωλογίας αντικαταστάθηκε με τους τύπους εδάφους, που αντιπροσωπεύουν την ίδια ικανότητα.

Η κατασκευή του «Μητρώου Σημαντικότητας» βασίστηκε στον μέσο όρο της σημαντικότητας μεταξύ των κριτηρίων σύμφωνα με το σύνολο της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήσαν την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία, όπως περιγράφει ο Πίνακας 21.

Πίνακας 21: Μητρώο Σύγκρισης των Μ.Ο. των κριτηρίων.

	ΥΨΟ ΜΕΤΡΟ	ΚΛΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1	1/2	1	3	2	2	1
ΚΛΙΣΗ	2	1	2	3	3	3	1
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	1	1/2	1	2	2	3	1
ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	1/3	1/3	1/2	1	2	1	1
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	1/2	1/3	1/2	1/2	1	3	1
ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1	1/4
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	1	1	1	1	1	4	1

Ορισμένες ερευνητικές εργασίες έκαναν χρήση διαφορετικού τρόπου προσδιορισμού της βαρύτητας των κριτηρίων. Για τον λόγο αυτό το μητρώο συγκρίσεων δεν βασίστηκε εξολοκλήρου στο παραπάνω. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη το σύνολο της βιβλιογραφίας που συλλέχθηκε, υπολογίστηκε ο μέσος όρος όλων των βαρών των κριτηρίων για τα αντίστοιχα επιλεγμένα κριτήρια όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 22.

Πίνακας 22: Βαρύτητες κριτηρίων βάση του Μ.Ο. της βιβλιογραφίας.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
Υψόμετρο	0,1419
Κλίση	0,1599
Ένταση Βροχόπτωσης	0,1057
Χρήσεις Γης	0,1983
Συσσώρευση Ροής	0,1229

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Τύπος Εδάφους	0,1342
Απόσταση από Υδατόρεμα	0,2012

Να επισημανθεί ότι οι μέσοι όροι προέκυψαν από την εύρεση των βαρών των κριτηρίων, από όσες εργασίες ήταν δυνατόν και διαιρέθηκε δια του πλήθους των εργασιών που βρέθηκαν οι βαρύτητες.

3.4.2 Διερεύνηση Κριτηρίων /Σενάρια

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης επιλογής της βαρύτητας των κριτηρίων. Για τον σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν 7 σενάρια πλημμυρικής επικινδυνότητας, στα οποία γινόταν εναλλαγή του πρωτεύοντος κριτηρίου και της βαρύτητάς του. Επομένως, τα 7 αυτά κριτήρια χαρακτηρίζουν το πρωτεύον κριτήριο για το κάθε σενάριο. Η σημαντικότητα των υπόλοιπων έξι κριτηρίων καθορίστηκε από τους μέσους όρους που προέκυψαν από την βιβλιογραφία. Εξαιρέση αποτελεί το κριτήριο της «Απόστασης από υδατόρεμα» που παρουσιάστηκε σε 8 εργασίες εκ των οποίων οι 4 είχαν τις βαρύτητες του κριτηρίου. Οι τέσσερις αυτές τιμές βαρύτητας ήταν 0.285, 0.25, 0.13 και 0.14. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η μεγάλη απόκλιση μεταξύ των πρώτων δύο και των δύο τελευταίων. Έτσι, λόγω της μεγάλης απόκλισης και μικρού πλήθους του κριτηρίου, αυτό κρίθηκε ως λιγότερο κρίσιμο.

3.4.2.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1/ Βροχόπτωση

Αρχικά, το πρώτο σενάριο κρίνει το κριτήριο της έντασης της βροχόπτωσης ως το πιο κρίσιμο, καθώς αν ληφθεί υπόψη ότι το πλήθος των πλημμυρικών γεγονότων της χώρας είναι οι «αιφνίδιες πλημμύρες», οι οποίες εκδηλώνονται έπειτα από έντονη κατακρήμνιση μικρής διάρκειας, φαίνεται ότι το καιρικό φαινόμενο που έχει προηγηθεί παίζει κυρίαρχο ρόλο. Η βαρύτητα των λοιπών κριτηρίων έγινε βάσει των Μ.Ο. Ο Πίνακας 23 παρουσιάζει το μητρώο συγκρίσεων για το πρώτο σενάριο, ο Πίνακας 24 το κανονικοποιημένο μητρώο και ο Πίνακας 25 παρουσιάζει τις τελικές βαρύτητες για το πρώτο σενάριο.

Πίνακας 23: Μητρώο συγκρίσεων πρώτου σεναρίου.

	ΥΨΟΜ ΕΤΡΟ	ΚΛΙ ΣΗ	ΒΡΟΧΟ ΠΤΩΣΗ	ΧΡΗΣΕΙ Σ ΓΗΣ	ΣΥΣΣΩΡΕΥ ΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1	1/2	1	1/2	1	3	3
ΚΛΙΣΗ	2	1	1/2	1	1	3	1
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	1	2	1	1	3	2	4
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	2	1	1	1	2	1	3
ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΡΟΗΣ	1	1	1/3	1/2	1	1/2	2
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	1/3	1/3	1/2	1	2	1	2
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	1/3	1	1/4	1/3	1/2	1/2	1

Πίνακας 24: Κανονικοποιημένο μητρώο πρώτου σεναρίου.

	ΥΨΟΜ ΕΤΡΟ	ΚΛΙ ΣΗ	ΣΥΣΣΩΡΕΥ ΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	ΧΡΗΣΕΙ Σ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟ ΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
--	-----------	--------	------------------	---------------	--------------	-------------	------------------------

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,1304	0,07 31	0,0952	0,2727	0,0937	0,2181	0,1875
ΚΛΙΣΗ	0,2608	0,14 63	0,0952	0,2727	0,1875	0,1090	0,0625
ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΡΟΗΣ	0,1304	0,14 63	0,0952	0,0454	0,0937	0,0727	0,125
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	0,0434	0,04 87	0,1904	0,0909	0,1875	0,1090	0,125
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0,2608	0,14 63	0,1904	0,0909	0,1875	0,2181	0,1875
ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	0,1304	0,29 26	0,2857	0,1818	0,1875	0,2181	0,25
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	0,0434	0,14 63	0,0476	0,0454	0,0625	0,0545	0,0625

Πίνακας 25: Συντελεστές βαρύτητας πρώτου σεναρίου.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
Υψόμετρο	0,1530
Κλίση	0,1620
Συσώρευση ροής	0,1013
Τύπος εδάφους	0,1136
Χρήσεις γης	0,1831
Ένταση Βροχόπτωσης	0,2209
Απόσταση από υδατόρεμα	0,0661
Σύνολο	1,0000

Ο συντελεστής βαρύτητας πολλαπλασιάζεται με την στήλη του μητρώου συγκρίσεων του αντίστοιχου κριτηρίου, για όλα τα κριτήρια. Έπειτα, αθροίζεται η γραμμή του παραπάνω γινομένου για καθένα από τα κριτήρια. Το άθροισμα αυτό και η διαίρεση με το πλήθος των κριτηρίων δίνει ως αποτέλεσμα την ιδιοτιμή $\lambda_{max} = 7,6322$

Με την εφαρμογή της Εξ. (3) προκύπτει ο δείκτης συνέπειας $CI = 0,1054$

Ο τυχαίος δείκτης RI , εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων και είναι σταθερός, όπου για $n = 7$, $RI = 1,32$

Με την εφαρμογή της Εξ. (2), υπολογίστηκε ο λόγος συνέπειας, $CR = 0,0798 < 0,1$

3.4.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2/ Χρήσεις γης

Το δεύτερο σενάριο κρίνει ως πιο πολύτιμο κριτήριο αυτό των χρήσεων γης, το οποίο με εξαίρεση το κριτήριο της απόστασης από το υδατόρεμα, αξιολογείται από την βιβλιογραφία ως το πιο πολύτιμο. Η κατανομή των λοιπών κριτηρίων ακολουθεί την κατανομή του Μ.Ο. της βιβλιογραφίας. Οι Πίνακες 26, 27 και 28 παρουσιάζουν τον πίνακα συγκρίσεων, τον κανονικοποιημένο πίνακα και τις τελικές τιμές των συντελεστών βαρών, αντίστοιχα.

Πίνακας 26: Μητρώο συγκρίσεων δεύτερου σεναρίου.

	ΥΨΟΜ ΕΤΡΟ	ΚΛ ΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡ ΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥ Σ	ΧΡΗΣΕΙ Σ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟ ΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1	1	1	2	1/2	2	1
ΚΛΙΣΗ	1	1	1	1	1	3	3
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	1	1	1	1	1/2	1/2	1
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	1/2	1	1	1	1/2	2	2

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	2	1	2	2	1	3	2
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	1/2	1/3	2	1/2	1/3	1	1/2
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	1	1/3	1/2	1	1/2	2	1

Πίνακας 27: Κανονικοποιημένο μητρώο δευτέρου σεναρίου.

	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΚΛΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,1428	0,1764	0,1176	0,2352	0,1153	0,1481	0,0952
ΚΛΙΣΗ	0,1428	0,1764	0,1176	0,1176	0,2307	0,2222	0,2857
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	0,1428	0,1764	0,1176	0,1176	0,1153	0,0370	0,0952
ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	0,0714	0,1764	0,1176	0,1176	0,1153	0,1481	0,1904
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0,2857	0,1764	0,2352	0,2352	0,2307	0,2222	0,1904
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	0,0714	0,0588	0,2352	0,0588	0,0769	0,0740	0,0476
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	0,1428	0,0588	0,0588	0,1176	0,1153	0,1481	0,0952

Πίνακας 28: Συντελεστές βαρύτητας δευτέρου σεναρίου.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
Υψόμετρο	0,1473
Κλίση	0,1848
Συσώρευση ροής	0,1146
Τύπος εδάφους	0,1339
Χρήσεις γης	0,2252
Ένταση Βροχόπτωσης	0,0890
Απόσταση από υδατόρεμα	0,1053
Σύνολο	1,0000

Ο συντελεστής βαρύτητας πολλαπλασιάζεται με την στήλη του μητρώου συγκρίσεων του αντίστοιχου κριτηρίου, για όλα τα κριτήρια. Έπειτα, αθροίζεται η γραμμή του παραπάνω γινομένου για καθένα από τα κριτήρια. Το άθροισμα αυτό και η διαίρεση με το πλήθος των κριτηρίων δίνει ως αποτέλεσμα την ιδιοτιμή $\lambda_{max} = 7,4623$

Με την εφαρμογή της Εξ. (3) προκύπτει ο δείκτης συνέπειας $CI = 0,077$

Ο τυχαίος δείκτης RI , εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων και είναι σταθερός, όπου για $n = 7$, $RI = 1,32$

Με την εφαρμογή της Εξ. (2), υπολογίστηκε ο λόγος συνέπειας, $CR = 0,0584 < 0,1$

3.4.2.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3/ Υψόμετρο

Στο τρίτο σενάριο καθορίστηκε ως σημαντικότερος ο παράγοντας του υψόμετρου, ο οποίος αποτέλεσε ένας από τους πιο διαδεδομένους παράγοντες για την δημιουργία χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι υπόλοιποι έξι παράγοντες ακολούθησαν την σημαντικότητα σύμφωνα με την βιβλιογραφία. Την διαδικασία της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας ακολουθούν οι Πίνακες 29, 30, 31.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Πίνακας 29: Μητρώο συγκρίσεων τρίτου σεναρίου.

	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΚΛΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1	1	2	2	1	3	4
ΚΛΙΣΗ	1	1	1	1	1	3	1
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	1/2	1	1	1	1/2	2	1
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	1/2	1	1	1	1	1	1
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	1	1	2	1	1	2	4
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	1/3	1/3	1/2	1	1/2	1	1
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	1/4	1	1	1	1/4	1	1

Πίνακας 30: Κανονικοποιημένο μητρώο τρίτου σεναρίου.

	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΚΛΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,2181	0,1578	0,2352	0,25	0,1904	0,2307	0,3076
ΚΛΙΣΗ	0,2181	0,1578	0,1176	0,125	0,1904	0,2307	0,0769
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	0,1090	0,1578	0,1176	0,125	0,0952	0,1538	0,0769
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	0,1090	0,1578	0,1176	0,125	0,1904	0,0769	0,0769
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0,2181	0,1578	0,2352	0,125	0,1904	0,1538	0,3076
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	0,0727	0,0526	0,0588	0,125	0,0952	0,0769	0,0769
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	0,0545	0,1578	0,1176	0,125	0,0476	0,0769	0,0769

Πίνακας 31: Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων τρίτου σεναρίου.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
Υψόμετρο	0,2272
Κλίση	0,1595
Συσώρευση ροής	0,1194
Τύπος εδάφους	0,1220
Χρήσεις γης	0,1983
Ένταση Βροχόπτωσης	0,0798
Απόσταση από υδατόρεμα	0,0938
Σύνολο	1,0000

Ο συντελεστής βαρύτητας πολλαπλασιάζεται με την στήλη του μητρώου συγκρίσεων του αντίστοιχου κριτηρίου, για όλα τα κριτήρια. Έπειτα, αθροίζεται η γραμμή του παραπάνω γινομένου για καθένα από τα κριτήρια. Το άθροισμα αυτό και η διαίρεση με το πλήθος των κριτηρίων δίνει ως αποτέλεσμα την ιδιοτιμή $\lambda_{max}=7,3197$

Με την εφαρμογή της Εξ. (3) προκύπτει ο δείκτης συνέπειας $CI=0,0533$

Ο τυχαίος δείκτης RI , εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων και είναι σταθερός, όπου για $n=7$, $RI=1,32$

Με την εφαρμογή της Εξ. (2), υπολογίστηκε ο λόγος συνέπειας, $CR=0,0404 < 0,1$

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

3.4.2.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 4/ Κλίση

Ως σημαντικότερος παράγοντας του συγκεκριμένου σεναρίου καθορίστηκε αυτός των κλίσεων του εδάφους, που είναι και ο πιο διαδεδομένος παράγοντας στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Οι υπόλοιποι παράγοντες ακολουθούν την σημαντικότητα του Μ.Ο. της βιβλιογραφίας. Ο Πίνακας 32 παρουσιάζει την σημαντικότητα των κριτηρίων, ο Πίνακας 33 παρουσιάζει τον κανονικοποιημένο πίνακα και ο Πίνακας 34 τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.

Πίνακας 32: Μητρώο σύγκρισης, σενάριο 4.

	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΚΛΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΔΑΦΟΥΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1	1	1	1	1	2	1
ΚΛΙΣΗ	1	1	2	2	1	3	4
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	1	1/2	1	1/2	1/2	3	1
ΤΥΠΟΣ ΕΛΔΑΦΟΥΣ	1	1/2	2	1	1	1	1
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	1	1	2	1	1	3	2
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1	1
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	1	1/4	1	1	1/2	1	1

Πίνακας 33: Κανονικοποιημένο μητρώο, σενάριο 4

	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΚΛΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΔΑΦΟΥΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,1538	0,2181	0,1071	0,1333	0,1875	0,1428	0,0909
ΚΛΙΣΗ	0,1538	0,2181	0,2142	0,2666	0,1875	0,2142	0,3636
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	0,1538	0,1090	0,1071	0,0666	0,0937	0,2142	0,0909
ΤΥΠΟΣ ΕΛΔΑΦΟΥΣ	0,1538	0,1090	0,2142	0,1333	0,1875	0,0714	0,0909
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0,1538	0,2181	0,2142	0,1333	0,1875	0,2142	0,1818
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	0,0769	0,0727	0,0357	0,1333	0,0625	0,0714	0,0909
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	0,1538	0,0545	0,1071	0,1333	0,0937	0,0714	0,0909

Πίνακας 34: Συντελεστές βαρύτητας, σενάριο 4.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
Υψόμετρο	0,1477
Κλίση	0,2312
Συσώρευση ροής	0,1194
Τύπος εδάφους	0,1372
Χρήσεις γης	0,1862
Ένταση Βροχόπτωσης	0,0776
Απόσταση από υδατόρεμα	0,1007
Σύνολο	1,0000

Ο συντελεστής βαρύτητας πολλαπλασιάζεται με την στήλη του μητρώου συγκρίσεων του αντίστοιχου κριτηρίου, για όλα τα κριτήρια. Έπειτα, αθροίζεται η γραμμή του παραπάνω

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

γινόμενου για καθένα από τα κριτήρια. Το άθροισμα αυτό και η διαίρεση με το πλήθος των κριτηρίων δίνει ως αποτέλεσμα την ιδιοτιμή $\lambda_{max}=7,3388$.

Με την εφαρμογή της Εξ. (3) προκύπτει ο δείκτης συνέπειας $CI=0,0564$.

Ο τυχαίος δείκτης RI , εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων και είναι σταθερός, όπου για $n=7$, $RI=1,32$.

Με την εφαρμογή της Εξ. (2), υπολογίστηκε ο λόγος συνέπειας, $CR=0,0428 < 0,1$.

3.4.2.5 ΣΕΝΑΡΙΟ 5/ Συσσώρευση ροής

Σημαντικότερος παράγοντας κρίθηκε ως η συσσώρευση ροής, η οποία ήταν παράγοντας συχνά εμφανιζόμενος κατά την βιβλιογραφία. Οι παράγοντες οι υπόλοιποι ακολουθούν και κατατάσσονται σύμφωνα με τους Μ.Ο. της βιβλιογραφίας. Την σχέση σημαντικότητας μεταξύ των κριτηρίων παρουσιάζει ο Πίνακας 35, και τον κανονικοποιημένο πίνακα, ο Πίνακας 36 και ο Πίνακας 37 τα βάση τα κριτήρια του σεναρίου 5.

Πίνακας 35: Μητρώο Σύγκρισης, σενάριο 5

	ΥΨΟΜ ΕΤΡΟ	ΚΛ ΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡ ΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥ Σ	ΧΡΗΣΕΙ Σ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟ ΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1	1/2	1	2	1/2	2	1
ΚΛΙΣΗ	2	1	1/2	2	1	2	1
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	1	2	1	2	2	3	2
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	1/2	1/2	1/2	1	1	1	3
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	2	1	1/2	1	1	3	4
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	1/2	1/2	1/3	1	1/3	1	1/2
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	1	1	1/2	1/3	1/4	2	1

Πίνακας 36: Κανονικοποιημένο μητρώο, σενάριο 5.

	ΥΨΟΜ ΕΤΡΟ	ΚΛ ΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡ ΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥ Σ	ΧΡΗΣΕΙ Σ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟ ΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,125	0,0769	0,2307	0,2142	0,0821	0,1428	0,08
ΚΛΙΣΗ	0,25	0,1538	0,1153	0,2142	0,1643	0,1428	0,08
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	0,125	0,3076	0,2307	0,2142	0,3287	0,2142	0,16
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	0,0625	0,0769	0,1153	0,1071	0,1643	0,0714	0,24
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0,25	0,1538	0,1153	0,1071	0,1643	0,2142	0,32
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	0,0625	0,0769	0,0769	0,1071	0,0547	0,0714	0,04
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	0,125	0,1538	0,1153	0,0357	0,0410	0,1428	0,08

Πίνακας 37: Συντελεστές βαρύτητας, σενάριο 5.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
Υψόμετρο	0,1360
Κλίση	0,1601
Συσσώρευση ροής	0,2258

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Τύπος εδάφους	0,1197
Χρήσεις γης	0,1893
Ένταση Βροχόπτωσης	0,0700
Απόσταση από υδατόρεμα	0,0991
Σύνολο	1,0000

Ο συντελεστής βαρύτητας πολλαπλασιάζεται με την στήλη του μητρώου συγκρίσεων του αντίστοιχου κριτηρίου, για όλα τα κριτήρια. Έπειτα, αθροίζεται η γραμμή του παραπάνω γινομένου για καθένα από τα κριτήρια. Το άθροισμα αυτό και η διαίρεση με το πλήθος των κριτηρίων δίνει ως αποτέλεσμα την ιδιοτιμή $\lambda_{max}=7,5826$.

Με την εφαρμογή της Εξ. (3) προκύπτει ο δείκτης συνέπειας $CI=0,0971$.

Ο τυχαίος δείκτης RI , εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων και είναι σταθερός, όπου για $n=7$, $RI=1,32$.

Με την εφαρμογή της Εξ. (2), υπολογίστηκε ο λόγος συνέπειας, $CR=0,0736 < 0,1$.

3.4.2.6 ΣΕΝΑΡΙΟ 6/ Τύπος εδάφους

Ο παράγοντας μεγαλύτερης βαρύτητας στο σενάριο είναι ο τύπος εδάφους, δηλαδή οι γεωλογικοί σχηματισμοί της ανώτερης στρώσης του εδάφους. Ο παράγοντας επηρεάζει την διηθητικότητα των εδαφών, σε δεύτερο βαθμό, έπειτα από την κάλυψη της γης. Οι λοιποί παράγοντες επηρεάζουν την πλημμυρική επικινδυνότητα σύμφωνα με τα παραπάνω. Η διαδικασία αναλύεται μέσα από τους Πίνακες 38, 39 και 40 για το σενάριο 6.

Πίνακας 38: Μητρώο Σύγκρισης, σενάριο 6.

	ΥΨΟΜ ΕΤΡΟ	ΚΛ ΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡ ΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥ Σ	ΧΡΗΣΕΙ Σ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟ ΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1	1/2	1	1/2	2	2	1
ΚΛΙΣΗ	2	1	2	1/2	1	2	1
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	1	1/2	1	1/2	1	3	1
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	2	2	2	1	1	2	4
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	1/2	1	1	1	1	3	4
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	1/2	1/2	1/3	1/2	1/3	1	1/2
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	1	1	1	1/4	1/4	2	1

Πίνακας 39: Κανονικοποιημένο μητρώο, σενάριο 6.

	ΥΨΟΜ ΕΤΡΟ	ΚΛ ΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡ ΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥ Σ	ΧΡΗΣΕΙ Σ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟ ΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,125	0,0769	0,12	0,1176	0,3037	0,1333	0,08
ΚΛΙΣΗ	0,25	0,1538	0,24	0,1176	0,1518	0,1333	0,08
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	0,125	0,0769	0,12	0,1176	0,1518	0,2	0,08
ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	0,25	0,3076	0,24	0,2352	0,1518	0,1333	0,32
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0,0625	0,1538	0,12	0,2352	0,1518	0,2	0,32

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	0,0625	0,07 69	0,04	0,1176	0,0506	0,0666	0,04
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	0,125	0,15 38	0,12	0,0588	0,0379	0,1333	0,08

Πίνακας 40: Συντελεστές βαρύτητας, σενάριο 6.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
Υψόμετρο	0,1367
Κλίση	0,1610
Συσώρευση ροής	0,1245
Τύπος εδάφους	0,2340
Χρήσεις γης	0,1776
Ένταση Βροχόπτωσης	0,0649
Απόσταση από υδατόρεμα	0,1013
Σύνολο	1,0000

Ο συντελεστής βαρύτητας πολλαπλασιάζεται με την στήλη του μητρώου συγκρίσεων του αντίστοιχου κριτηρίου, για όλα τα κριτήρια. Έπειτα, αθροίζεται η γραμμή του παραπάνω γινομένου για καθένα από τα κριτήρια. Το άθροισμα αυτό και η διαίρεση με το πλήθος των κριτηρίων δίνει ως αποτέλεσμα την ιδιοτιμή $\lambda_{max}=7,5540$.

Με την εφαρμογή της Εξ. (3) προκύπτει ο δείκτης συνέπειας $CI=0,0923$.

Ο τυχαίος δείκτης RI , εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων και είναι σταθερός, όπου για $n=7$, $RI=1,32$.

Με την εφαρμογή της Εξ. (2), υπολογίστηκε ο λόγος συνέπειας, $CR=0,0699 < 0,1$.

3.4.2.7 ΣΕΝΑΡΙΟ 7/ Απόσταση από το υδατόρεμα

Το τελευταίο σενάριο επισημαίνει ως βασικότερο κριτήριο την απόσταση από το υδατόρεμα και τα υπόλοιπα κριτήρια να ακολουθούν παρόμοια σημαντικότητα με τα όλα τα υπόλοιπα σενάρια που περιεγράφηκαν. Η σημαντικότητα μεταξύ των κριτηρίων αναλύεται στον Πίνακα 41 και ο κανονικοποιημένος πίνακας παρουσιάζεται στον Πίνακα 42 και οι τελικοί συντελεστές βαρύτητες για το σενάριο 7 αναγράφονται στον Πίνακα 43.

Πίνακας 41: Μητρώο Σύγκρισης, σενάριο 7.

	ΥΨΟΜ ΕΤΡΟ	ΚΛ ΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡ ΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥ Σ	ΧΡΗΣΕΙ Σ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟ ΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1	1/2	1	1	2	2	1/2
ΚΛΙΣΗ	2	1	2	1	1	2	1/2
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	1	1/2	1	2	1/3	3	1/2
ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	1	1	1/2	1	1	1	1
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	1/2	1	3	1	1	3	1
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	1/2	1/2	1/3	1	1/3	1	1/3
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	2	2	2	1	1	3	1

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Πίνακας 42: Κανονικοποιημένο μητρώο, σενάριο 7.

	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΚΛΙΣΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,125	0,0769	0,1016	0,125	0,3	0,1333	0,1034
ΚΛΙΣΗ	0,25	0,1538	0,2033	0,125	0,15	0,1333	0,1034
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ	0,125	0,0769	0,1016	0,25	0,05	0,2	0,1034
ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	0,125	0,1538	0,0508	0,125	0,15	0,0666	0,2068
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0,0625	0,1538	0,3050	0,125	0,15	0,2	0,2068
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	0,0625	0,0769	0,0338	0,125	0,05	0,0666	0,0689
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑ	0,25	0,3076	0,2033	0,125	0,15	0,2	0,2068

Πίνακας 43: Συντελεστές βαρύτητας, σενάριο 7.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ
Υψόμετρο	0,1379
Κλίση	0,1599
Συσώρευση ροής	0,1296
Τύπος εδάφους	0,1255
Χρήσεις γης	0,1719
Ένταση Βροχόπτωσης	0,0691
Απόσταση από υδατόρεμα	0,2061
Σύνολο	1,0000

Ο συντελεστής βαρύτητας πολλαπλασιάζεται με την στήλη του μητρώου συγκρίσεων του αντίστοιχου κριτηρίου, για όλα τα κριτήρια. Έπειτα, αθροίζεται η γραμμή του παραπάνω γινομένου για καθένα από τα κριτήρια. Το άθροισμα αυτό και η διαίρεση με το πλήθος των κριτηρίων δίνει ως αποτέλεσμα την ιδιοτιμή $\lambda_{max}=7,5767$.

Με την εφαρμογή της Εξ. (3) προκύπτει ο δείκτης συνέπειας $CI=0,0961$.

Ο τυχαίος δείκτης RI , εξαρτάται από το πλήθος των κριτηρίων και είναι σταθερός, όπου για $n=7$, $RI=1,32$.

Με την εφαρμογή της Εξ. (2), υπολογίστηκε ο λόγος συνέπειας, $CR=0,0728 < 0,1$.

Μέσω των παραπάνω σεναρίων διερευνάται η επίδραση των παραγόντων στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Το κάθε σενάριο αναδεικνύει ένα κριτήριο και μέσα από τα αποτελέσματα αυτών που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο θα αξιολογηθεί και η επίδραση του κάθε παράγοντα, όπως και το καλύτερο σενάριο βάσει της συγκεκριμένης μεθοδολογίας. Οι αριθμητικές διαφορές των αποτελεσμάτων της AHP είναι μικρές και εκ πρώτης όψεως δεν μπορούν να αξιολογηθούν. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα έχουν τα σενάρια των οποίων οι κύριοι παράγοντες είναι οι μικρότεροι στα υπόλοιπα σενάρια.

3.4.3 Μεταβολή Χρήσεων Γης - Φαινόμενα Πυρκαγιάς

Η πυρκαγιά είναι ένα φαινόμενο το οποίο αποδεδειγμένα επηρεάζει στην εμφάνιση πλημμύρας. Με το πέρας ενός γεγονότος δασική πυρκαγιάς, πλήθος βλάστησης χάνεται με αποτέλεσμα η δασική αυτή έκταση να μετατραπεί σε αποτεφρωμένη έκταση. Ο συντελεστής αδιαπερατότητας, υπεύθυνος για την δημιουργία της επιφανειακής απορροής, μεταβάλλεται από 0,2 και 0,3 στο 0,8. Με λίγα λόγια το έδαφος από διαπερατό γίνεται σχεδόν αδιαπέρατο, η υψηλή διηθητικότητα του εδάφους γίνεται πολύ χαμηλή και η επιφανειακή απορροή από πολύ χαμηλή γίνεται πολύ υψηλή.

Το κριτήριο των χρήσεων γης αποτέλεσε από τους πιο διαδεδομένους παράγοντες για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Η βαρύτητα του μεταβάλλεται, ανάλογα με τον μελετητή, καθώς κάποιος τον χρησιμοποίησαν ως σημαντικό παράγοντα και άλλοι ως λιγότερο σημαντικό. Παρόλα αυτά, η συχνή εμφάνιση του παράγοντα στις έρευνες τον καθιστά ως αρκετά σημαντικό.

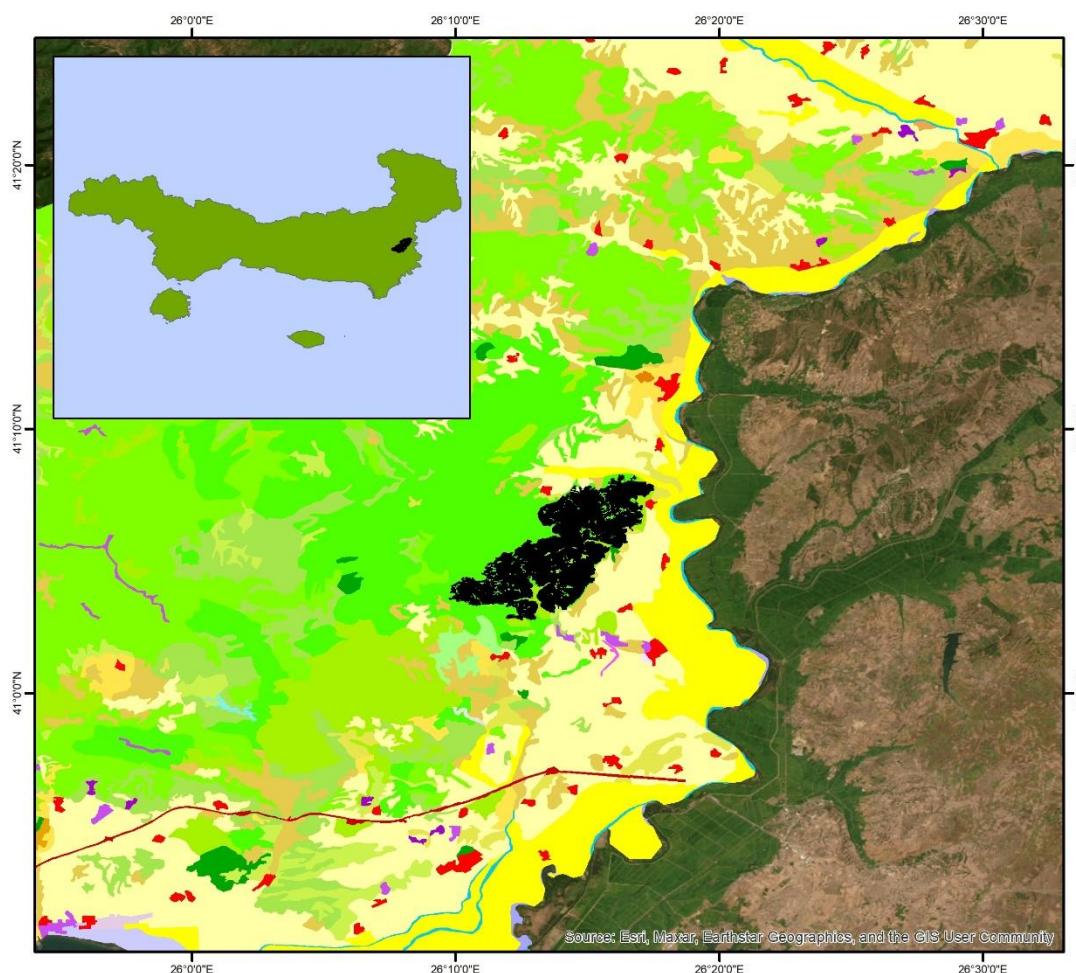
Τα τελευταία χρόνια η χώρα έχει πληγεί από τον μεγάλο αριθμό πυρκαγιών κατά τους θερινούς μήνες. Μεγάλες δασικές εκτάσεις αποτεφρώνονται ανά έτος. Οι υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με τις ανθρώπινες ενέργειες αποτελούν τα σημαντικότερα αίτια πρόκλησης των πυρκαγιών. Στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης και συγκεκριμένα τα προηγούμενα δύο έτη, 2022 και 2023, η περιοχή της Δαδιάς, επλήγη ανεπανόρθωτα από δύο μεγάλες πυρκαγιές. Το 2022 κάηκαν 46.040 στρέμματα δασικής έκτασης, ενώ το 2023 245.299 στρέμματα (57,74% της συνολικής έκτασης του Εθνικού Πάρκου).

Τα δεδομένα των πυρκαγιών λήφθηκαν από το Copernicus Emergency Management, σε διανυσματοποιημένη μορφή (<https://emergency.copernicus.eu/>). Τα εργαλεία «Erase» και «Merge» της εργαλειοθήκης «ArcToolbox» χρησιμοποιήθηκαν στα δύο πολύγωνα με σκοπό να τα εντάξουν στο διανυσματοποιημένο αρχείο των χρήσεων γης (Corine Land Cover 2018). Έτσι, προέκυψαν δύο νέα αρχεία τα οποία περιείχαν το καθένα την πυρκαγιά του κάθε έτους. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν αυτή που ακολουθήθηκε και για την δημιουργία των χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας των σεναρίων.

Η πυρκαγιά ξέσπασε στις 21 Ιουλίου του 2022 κοντά στην περιοχή του Λύρας Σουφλίου, κοντά στο φράγμα. Επεκτάθηκε γρήγορα σε δασικές περιοχές και στο Εθνικό Πάρκο του Δάσους Σουφλίου που αποτελεί περιοχή Natura 2000. Σημειώθηκαν χαμηλής έντασης άνεμοι που δυσχέραιναν την κατάσταση της πυρόσβεσης. Σε αυτό συνετέλεσε και η δύσκολη πρόσβαση.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

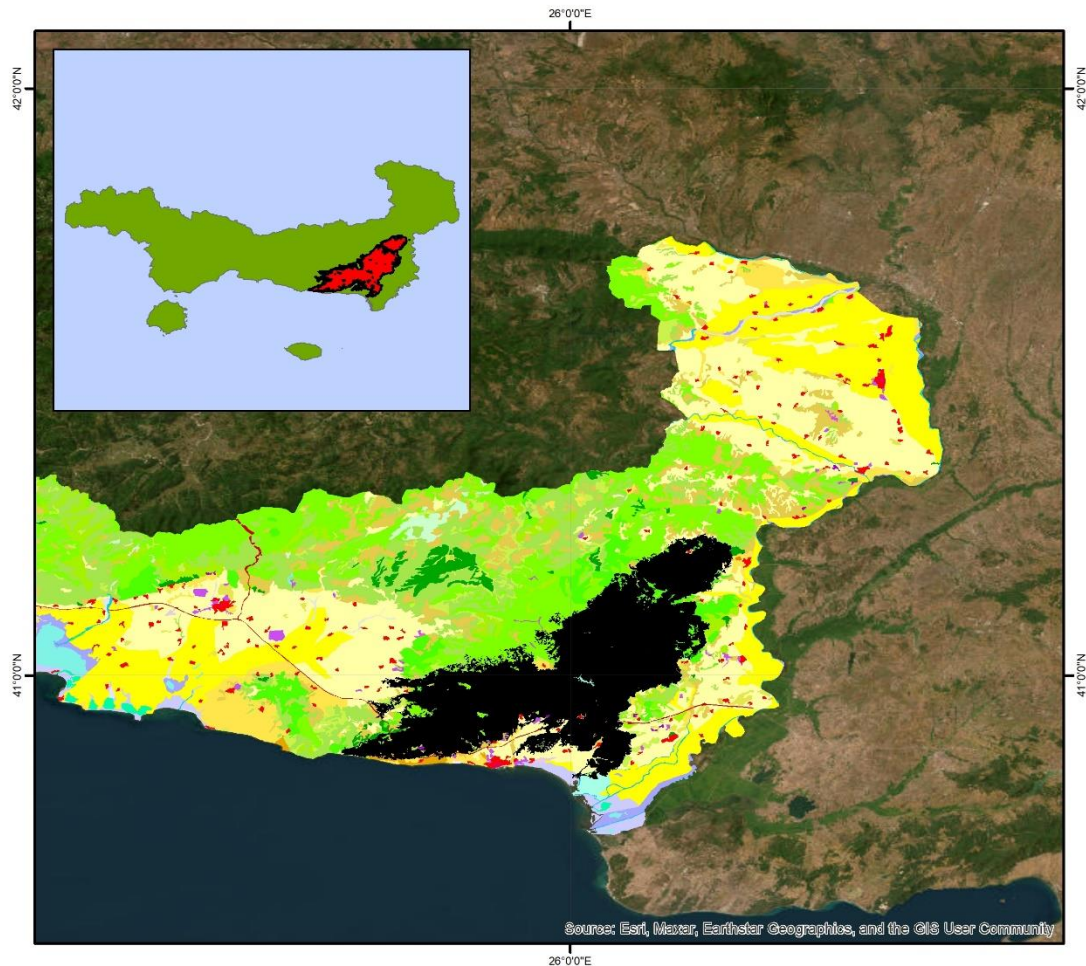
Τα συγκεκριμένα δάση ήταν κυρίως πευκοδάση, φυτά αρκετά εύφλεκτα. Η Εικόνα 30 παρουσιάζει την αποτεφρωμένη έκταση.



Εικόνα 30: Αποτεφρωμένη περιοχή μετά το συμβάν της πυρκαγιάς 21/07/ 2022

Ένα χρόνο αργότερα στις 23 Αυγούστου του 2023 εκδηλώθηκε μία από τις μεγαλύτερες δασικές πυρκαγιές της χώρας και όχι μόνο. Δύο μέτωπα, το ένα ξεκίνησε από την περιοχή του Σουφλίου και το άλλο από την περιοχή της Αλεξανδρούπολης ενώθηκαν μετά από λίγες μέρες και κατέστρεψαν κοντά στα 935.000 στρέμματα γης. Το μεγαλύτερο τμήμα του Εθνικού πάρκου αποτεφρώθηκε. Αποτέλεσε μία από τις μεγαλύτερες πυρκαγιές της Ευρώπης και διήρκεσε 17 ολόκληρες ημέρες.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 31: Αποτεφρωμένη έκταση έπειτα από το συμβάν πυρκαγιάς, 23/08/2023 (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας)

3.4.4 Ταξινόμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας

Αρχικά, καθορίστηκε το πρόβλημα, έπειτα το πρόβλημα αναλύθηκε στα κριτήρια του, τα δεδομένα των κριτηρίων επεξεργάστηκαν και κανονικοποιήθηκαν με σκοπό την σύνθεση τους. Απέκτησαν κοινή κλίμακα, η οποία καθορίστηκε στο εύρος των τιμών 0 έως 1. Η τιμή που προσεγγίζει την τιμή του μηδενός εκφράζει την μειωμένη πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας στο εικονοστοιχείο. Οι τιμές που προσεγγίζουν την τιμή 1 εκφράζουν την αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου.

Έπειτα, ακολούθησε η κατηγοριοποίηση των κριτηρίων. Η πλειοψηφία των ερευνητικών εργασιών έκαναν χρήση 5 κλάσεων ταξινόμησης η οποία εκφράζονταν από πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα έως πολύ υψηλή. Η μέθοδος ταξινόμησης των κριτηρίων διέφερε από μελέτη σε μελέτη με την επικρατέστερη να αποδεικνύεται αυτή του Jenk's Natural Breaks και να ακολουθεί αυτή των K-means. Οι Papaioannou et al. (2015), ασχολήθηκαν με την εύρεση πιθανών πλημμυρικών περιοχών με την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης, εφαρμόζοντας πιθανά σενάρια της αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας και της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας. επίσης, διερεύνησαν 6 διαφορετικές μεθόδους ταξινόμησης. Παρατήρησαν ότι η μέθοδος ταξινόμησης K-means συνεισφέρει περισσότερο στην κατηγορία του υψηλού κινδύνου, αντίθετα με την μέθοδο Jenk's Natural Breaks, η οποία έχει μικρό ποσοστό συνεισφοράς στην κατηγορία του πολύ υψηλού κινδύνου πλημμύρας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Βάσει όλων των παραπάνω επιλέχθηκε η μέθοδος ταξινόμησης Jenk's Natural Breaks, με πέντε κλάσεις ταξινόμησης, οι οποίες είναι οι εξής:

- Πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα
- Χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα
- Μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα
- Υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα
- Πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα

Κάθε κατηγορία εκφράστηκε με μία τιμή δηλαδή 1, 2, 5, 8, 10, αντίστοιχα: η πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα λαμβάνει την τιμή 1, η χαμηλή την 2, η μέτρια την 5, η υψηλή την 8 και η πολύ υψηλή την τιμή 10. Οι τιμές αυτές εκφράζουν την πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας και προτάθηκαν και από τους Kourgialas and Karatzas (2017). Συγκεκριμένα αναφέρθηκε:

- <0.2% πιθανότητα (>500-year return period) – Πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα = 1
- 0.2% πιθανότητα (500- year return period) – Χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα = 2
- 0.5% πιθανότητα (200- year return period) – Μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα = 5
- 1% πιθανότητα (100- year return period) – Υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα = 8
- 2% πιθανότητα (50-year return period) – Πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα = 10

Το εργαλείο «Reclassify» της βιβλιοθήκης «Spatial Analyst Tool» της υπό-βιβλιοθήκης «Reclass», χρησιμοποιήθηκε ώστε να μετατρέψει τις πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας στους αντίστοιχους βαθμούς, όπως προαναφέρθηκε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

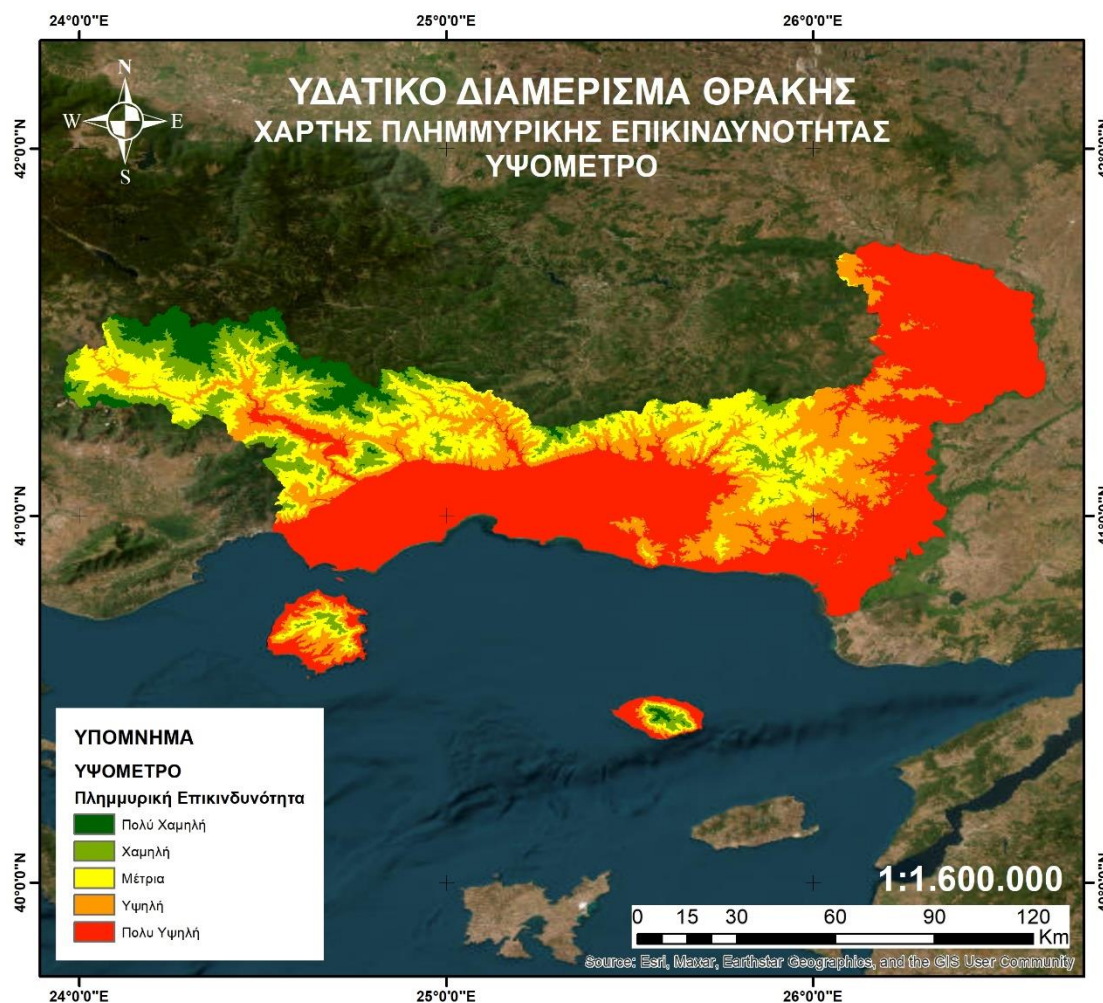
Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα της παραπάνω διαδικασίας και αναλύονται παρατηρήσεις και συμπεράσματα που προκύπτουν μετά το πέρας της διαδικασίας. Παρουσιάζονται οι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για τον κάθε παράγοντα ξεχωριστά, δηλαδή η πλημμυρική επικινδυνότητα που εξήχθη αποκλειστικά με βάση το κάθε κριτήριο, καθώς και ο συνδυαστικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για κάθε εναλλαγή των βαρών των κριτηρίων, συνδυάζοντας τα κριτήρια για κάθε σενάριο. Πραγματοποιείται ανάλυση και επεξήγηση των αποτελεσμάτων των παραγόμενων χαρτών.

Ο κάθε χάρτης περιέχει 5 κατηγορίες επικινδυνότητας και η ταξινόμηση του έγινε βάσει της μεθόδου Jenk's Natural Breaks. Αποτελεί μέθοδο μη αυτόματης κατάταξης δεδομένων που διαχωρίζει σε τάξεις βάσει των φυσικών ομάδων. Ως φυσικά διαστήματα χαρακτηρίζονται τα σημεία του ιστογράμματος μειωμένης συχνότητας τιμών. Η ταξινόμηση των ομάδων βασίζεται στα σημεία αυτά του ιστογράμματος (https://en.wikipedia.org/wiki/Jenks_natural_breaks_optimization). Σημαντικό είναι ότι η μέθοδος αυτή ελαχιστοποιεί την μέση απόκλιση της κάθε κατηγορίας του μέσου όρου της, αλλά μεγιστοποιεί την απόκλιση μεταξύ των κατηγοριών. Μειώνει, δηλαδή την διακύμανση εντός των κλάσεων και μεγιστοποιεί την διακύμανση μεταξύ τους (<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>)

4.2 ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑ ΚΡΙΤΗΡΙΟ

4.2.1 Υψόμετρο

Ο χάρτης της Εικόνας 32 παρουσιάζει την πλημμυρική επικινδυνότητα για τον παράγοντα του υψόμετρου. Οι πέντε κλάσεις αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα πλημμυρικού συμβάντος στην περιοχή. Ενδεικτικά, οι απειλούμενες περιοχές από το φαινόμενο της πλημμύρας βάσει του υψόμετρου παρουσιάζονται ως αυτές των χαμηλών τιμών υψόμετρου. Χαμηλές τιμές υψόμετρου νοούνται οι περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται ως πεδινές. Η πλημμυρική επικινδυνότητα στις συγκεκριμένες περιοχές είναι στην κατηγορία της πολύ υψηλής, όσο οι τιμές του υψόμετρου αυξάνονται, δηλαδή μεταβαίνοντας από τις πεδινές προς τις ορεινές περιοχές, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα να συμβεί κάποιο πλημμυρικό γεγονός. Η περιοχή απαρτίζεται κυρίως από πεδινές περιοχές και, επομένως, καθίσταται σύμφωνα με τον συγκεκριμένο παράγοντα στις περιοχές πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι περιοχές χαμηλού και πολύ χαμηλού κινδύνου εκτείνονται από βόρειο-κεντρικά προς βορειοδυτικά. Οι πράσινοι χρωματισμοί υποδηλώνουν την χαμηλότερη πλημμυρική επικινδυνότητα και οι κόκκινοι την υψηλή.

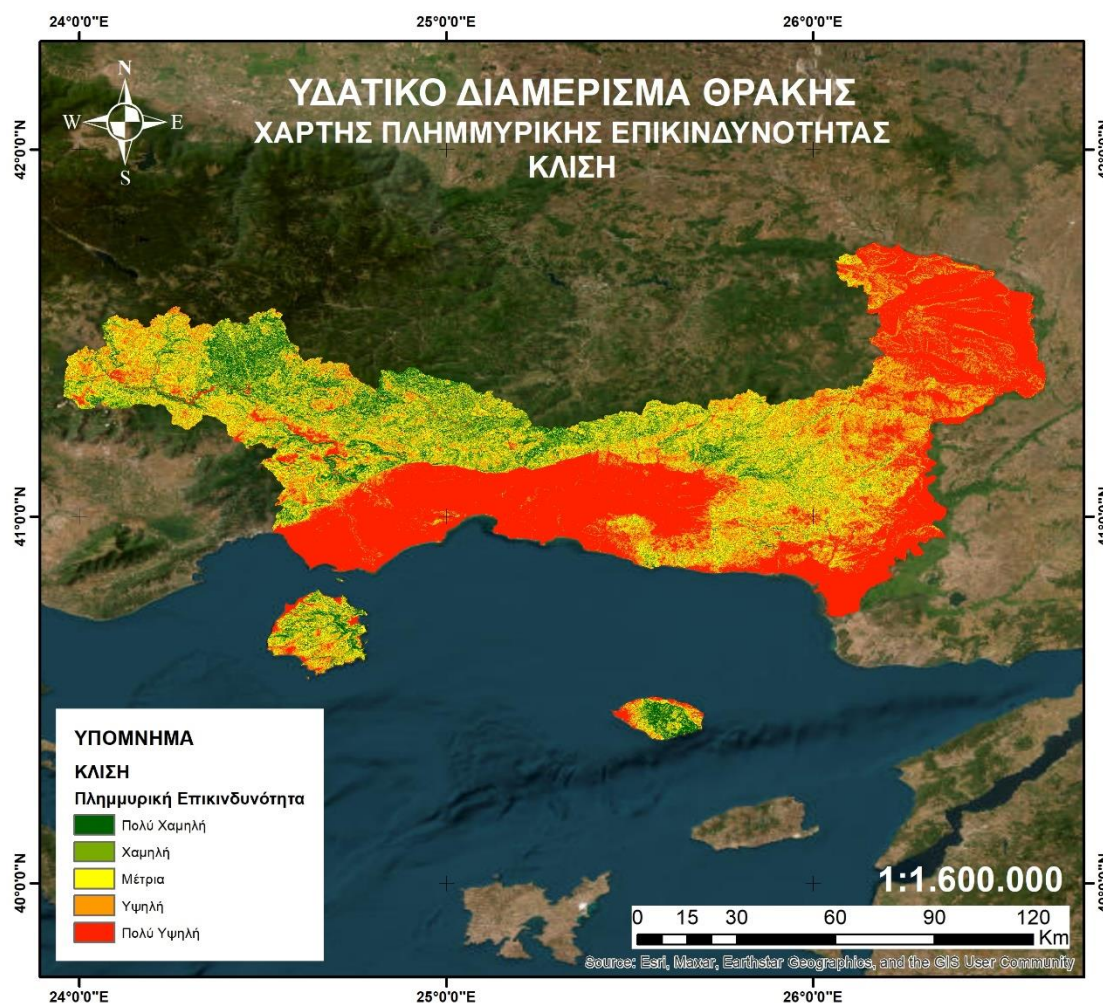


Εικόνα 32: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας με βάση το κριτήριο υψόμετρου για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

4.2.2 Κλίση

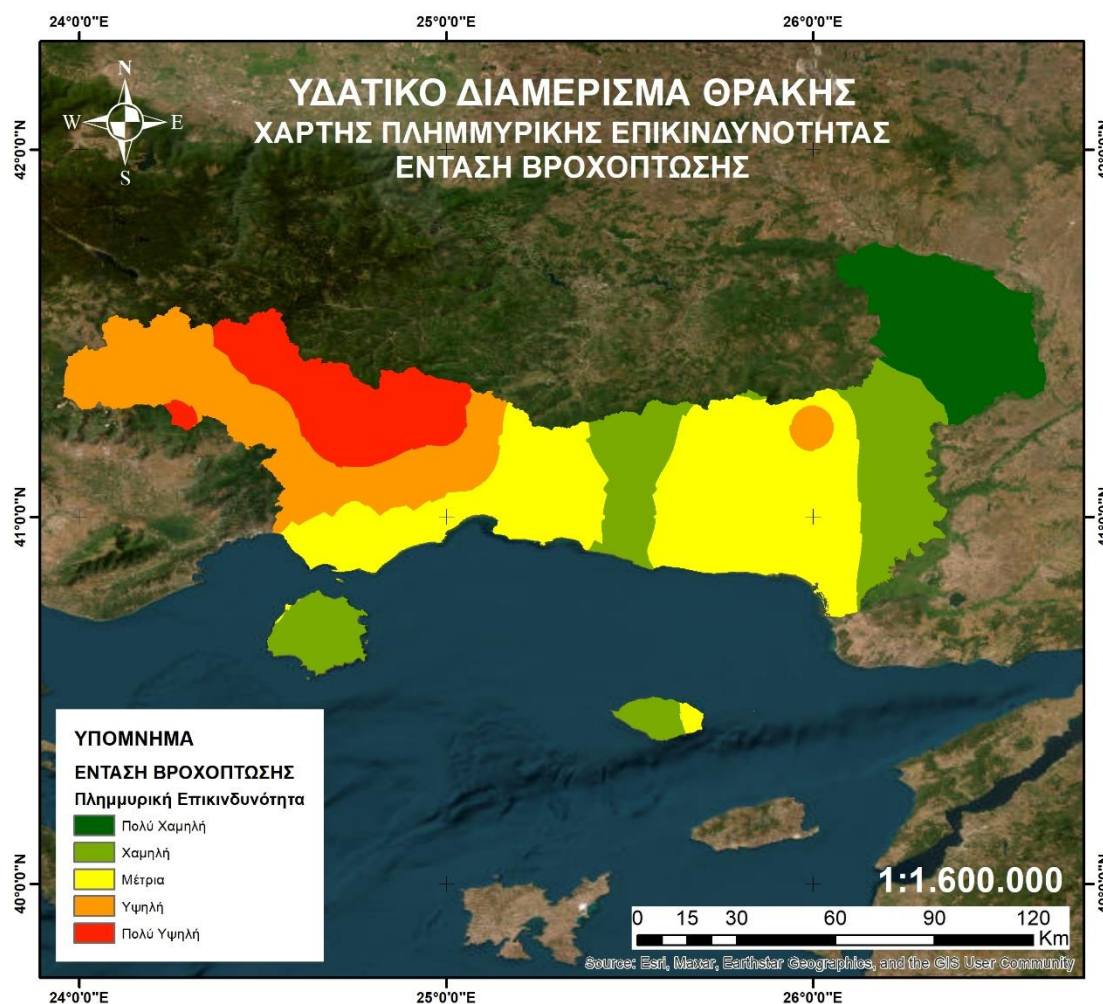
Το κριτήριο της κλίσης εξήχθη σε μοίρες, σύμφωνα με το οποίο υπολογίζεται η γωνία της επίπεδης επιφάνειας προς την κεκλιμένη. Το κριτήριο ταξινομήθηκε σε πέντε κλάσεις πλημμυρικού κινδύνου. Οι έντονες κλίσεις με μεγάλες τιμές παρατηρήθηκαν κυρίως στα ορεινά τμήματα της περιοχής μελέτης, όπως είναι λογικό, και οι ήπιες έως μηδενικές στις πεδινές. Η κλίση όπως προαναφέρθηκε σχετίζεται με την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής. Οι μεγάλες κλίσεις αυξάνουν την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής. Οι έντονα κεκλιμένες περιοχές αντιστοιχούνται στις χαμηλές κατηγορίες πλημμυρικής επικινδυνότητας, σε αντίθεση με τις περιοχές μηδενικών κλίσεων που κατατάσσονται στις υψηλότερες κατηγορίες πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι συγκεκριμένες περιοχές βρίσκονται στο νότιο και βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Στην Εικόνα 33 παρουσιάζεται πλημμυρική επικινδυνότητα για το Υ.Δ. Θράκης για το κριτήριο της κλίσης εδάφους. Η χρωματική παλέτα υποδηλώνει ότι οι πλημμυρικά ευάλωτες περιοχές είναι αυτές των κόκκινων αποχρώσεων και οι μη των πράσινων.



Εικόνα 33: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο της κλίσης.

4.2.3 Ένταση Βροχόπτωσης

Η βροχόπτωση σχετίζεται με τον όγκο των υδάτων που εναποτίθενται στην επιφάνεια του εδάφους. Ένα τμήμα του όγκου αυτού διηθείται προς τα κατώτερα στρώματα του εδάφους, το δεύτερο τμήμα του όγκου του νερού μετατρέπεται σε επιφανειακή απορροή. Όσο πιο ακραίο θεωρηθεί το φαινόμενο της βροχόπτωσης τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο όγκος του νερού που θα μετατραπεί σε επιφανειακή απορροή. Η μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή αυξάνει την πιθανότητα της εμφάνισης πλημμύρας. Επίσης, έντονες βροχοπτώσεις φαίνεται να παρουσιάζουν οι ορεινές περιοχές, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 34 και μικρότερης έντασης βροχοπτώσεις οι πεδινές περιοχές. Η πλημμυρική επικινδυνότητα για το κριτήριο της βροχόπτωσης είναι αποτέλεσμα του δείκτη MFI (Εξ. 6).



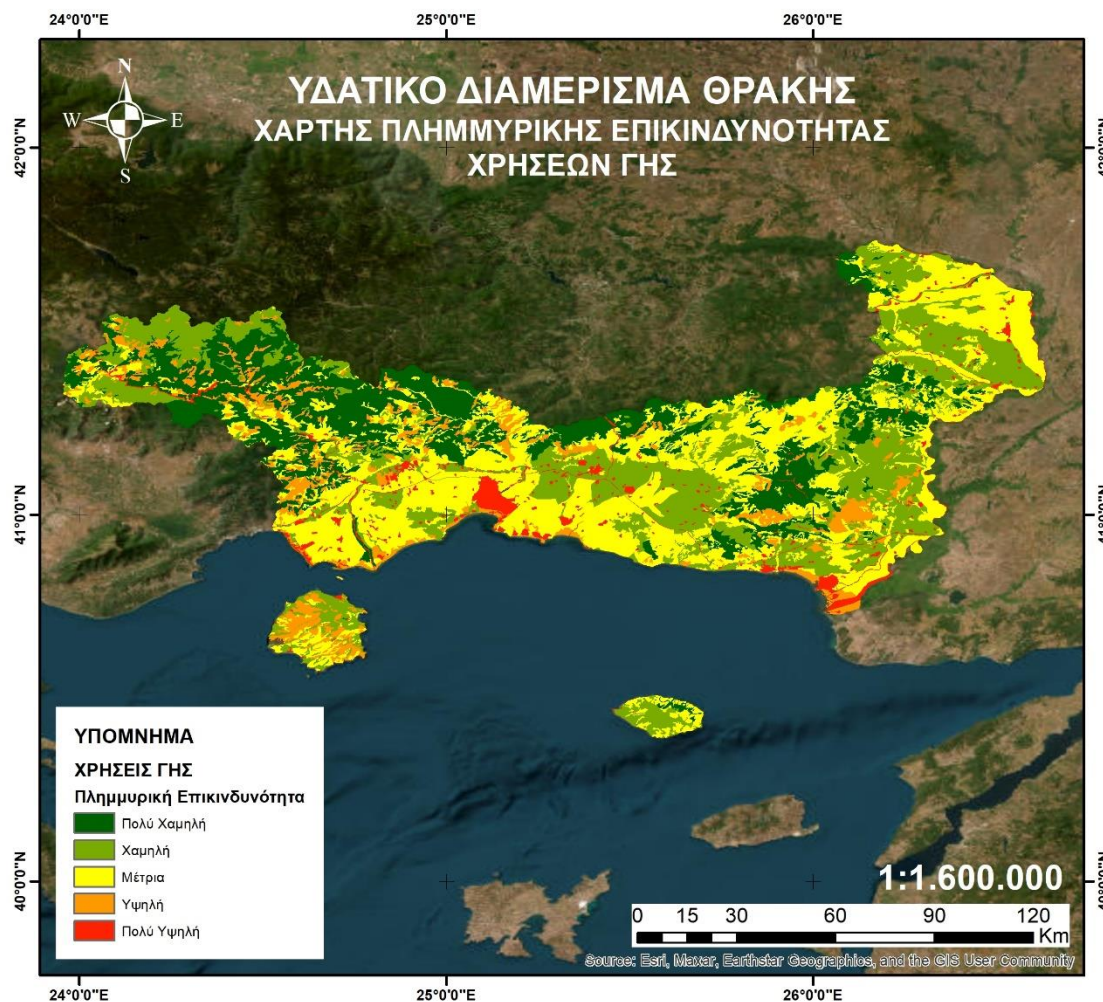
Εικόνα 34: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο της έντασης βροχόπτωσης

4.2.4 Χρήσεις Γης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο συγκεκριμένος παράγοντας σχετίζεται με την κάλυψη της γήινης επιφάνειας. Η ταξινόμηση των χρήσεων γης στην περίπτωση της πλημμυρικής επικινδυνότητας εξαρτάται από την διηθητική ικανότητα της κατηγορίας. Ως διαπερατές επιφάνειες χαρακτηρίζονται αυτές με έντονη βλάστηση, όπως όλες οι κατηγορίες των δασών, με χαμηλό συντελεστή αδιαπεράτοτητας με τιμές μεταξύ 0,2 έως 0,4. Τα γυμνά εδάφη και οι

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

περιοχές χαμηλής βλάστησης παρουσιάζουν μέτριους συντελεστές αδιαπερατότητας που κυμαίνονται από 0,4 έως 0,6. Σημαντική παράμετρος είναι και ο κορεσμός τους εδάφους σε νερό, καθώς οι μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις χαρακτηρίζονται από υψηλότερη τιμή αδιαπερατότητας. Οι χαμηλής διηθητικότητας περιοχές είναι ως επί το πλείστον τεχνητές επιφάνειες, δηλαδή αυτές που παρέμβη ο άνθρωπος. Ως αποκλειστικά αδιαπερατές επιφάνειες καθίστανται οι υδάτινες. Η επικινδυνότητα ταυτίζεται με το συντελεστή αδιαπερατότητας. Η περιοχή στο μεγαλύτερο τμήμα της αποτελείται από μέτριας και χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας επιφάνειες με μεγάλα τμήματα στην κατηγορία πολύ χαμηλά και διάσπαρτα τμήματα υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας πλημμύρας. Στην Εικόνα 35 παρατηρείται ότι το Υ.Δ. Θράκης βάση του κριτηρίου των χρήσεων γης παρουσιάζει μικρές εκτάσεις πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, όπως κατηγορίες χρήσεων αστικού ιστού και υδάτινων επιφανειών.



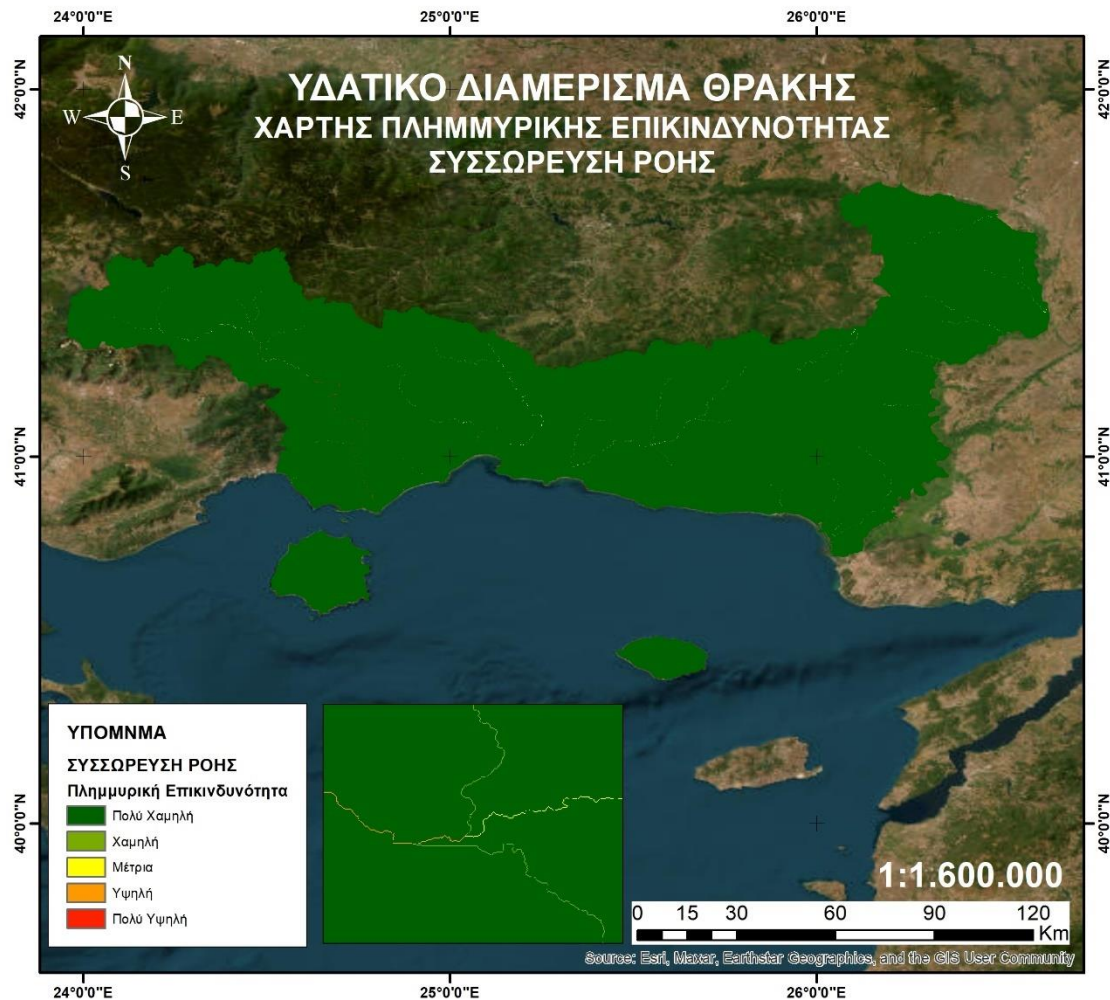
Εικόνα 35: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο χρήσεων γης

4.2.5 Συσσώρευση Ροής

Ο σχηματισμός του ανάγλυφου έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία περιοχών συγκέντρωσης των υδάτων, αποτέλεσμα αυτού είναι το υδρογραφικό δίκτυο. Οι περιοχές όπου το ανάγλυφο συγκεντρώνει ποσότητες του νερού είναι πιθανότερο να αποτελέσουν υψηλού κινδύνου πλημμύρας περιοχές. Μεγαλύτερες ποσότητες συγκέντρωσης συνεπάγονται και μεγαλύτερες

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

πιθανότητες πλημμυρικού συμβάντος. Μεγάλης συγκέντρωσης ροής περιοχές είναι οι ποταμοί, π.χ., Νέστος Ποταμός, Έβρος Ποταμός. Οι μεγαλύτεροι ποταμοί έχουν υψηλότερη πλημμυρική επικινδυνότητα καθώς συγκεντρώνουν μεγαλύτερο όγκο υδάτων. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 36 τα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου που συγκεντρώνονται χαμηλότερα έχουν υψηλότερη πλημμυρική επικινδυνότητα, λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης υδάτων σε αυτά. Οι μεγαλύτεροι όγκοι νερού είναι πιθανότερο να ξεπεράσουν την κοίτη του ποταμού,



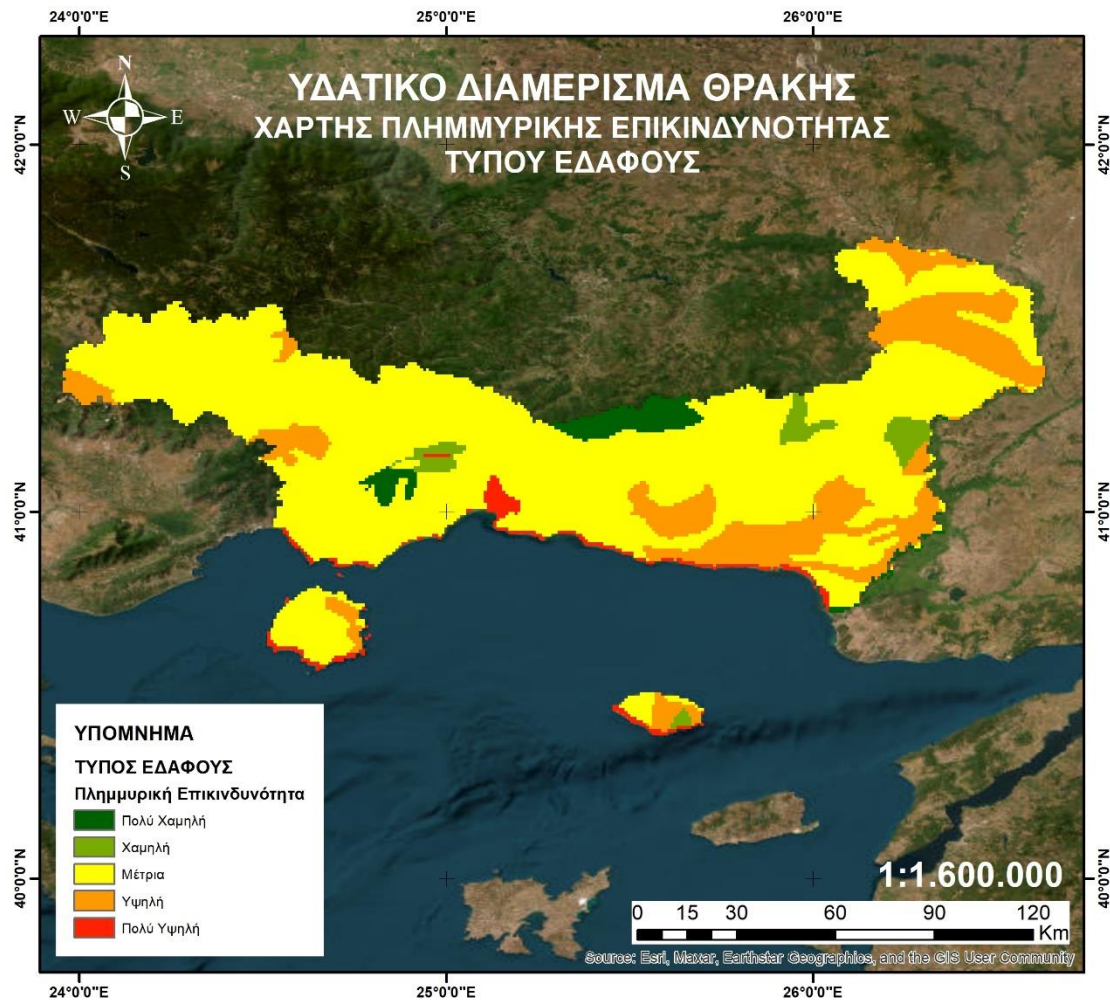
Εικόνα 36: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητα για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο συσσώρευσης ροής

4.2.6 Τύπος Εδάφους

Ο παράγοντας του τύπου εδάφους σχετίζεται με τους γεωλογικούς σχηματισμούς του ανώτερου στρώματος του υπεδάφους, χαρακτηριστικό των οποίων είναι η διηθητική ικανότητα. Η ποσότητα του νερού που είναι ικανός να απορροφήσει ο κάθε σχηματισμός συμβάλει στην χαμηλότερη πλημμυρική επικινδυνότητα. Για κάθε σχηματισμό αντιστοιχίστηκε ένας συντελεστής αδιαπερατότητας, ο οποίος είναι αντίστροφος της διηθητικότητας. Η περιοχή απαρτίζεται στο μεγαλύτερο τμήμα της από υδρολογικό τύπου εδάφους κατηγορίας Β, η οποία χαρακτηρίζεται από χαμηλή προς μέτρια επιφανειακή απορροή και γενικότερα από μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα. Ως περιοχές πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας εμφανίζονται οι παραθαλάσσιες και υψηλής, τμήματα στις πεδιάδες του Έβρου και της Κομοτηνής. Στην Εικόνα 37 σύμφωνα με το κριτήριο των τύπων εδάφους πολύ υψηλή

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

πλημμυρική επικινδυνότητα παρουσιάζει η περιοχή της Λίμνης Βιστωνίδας και οι παραθαλάσσιες περιοχές του Υ.Δ. Θράκης.

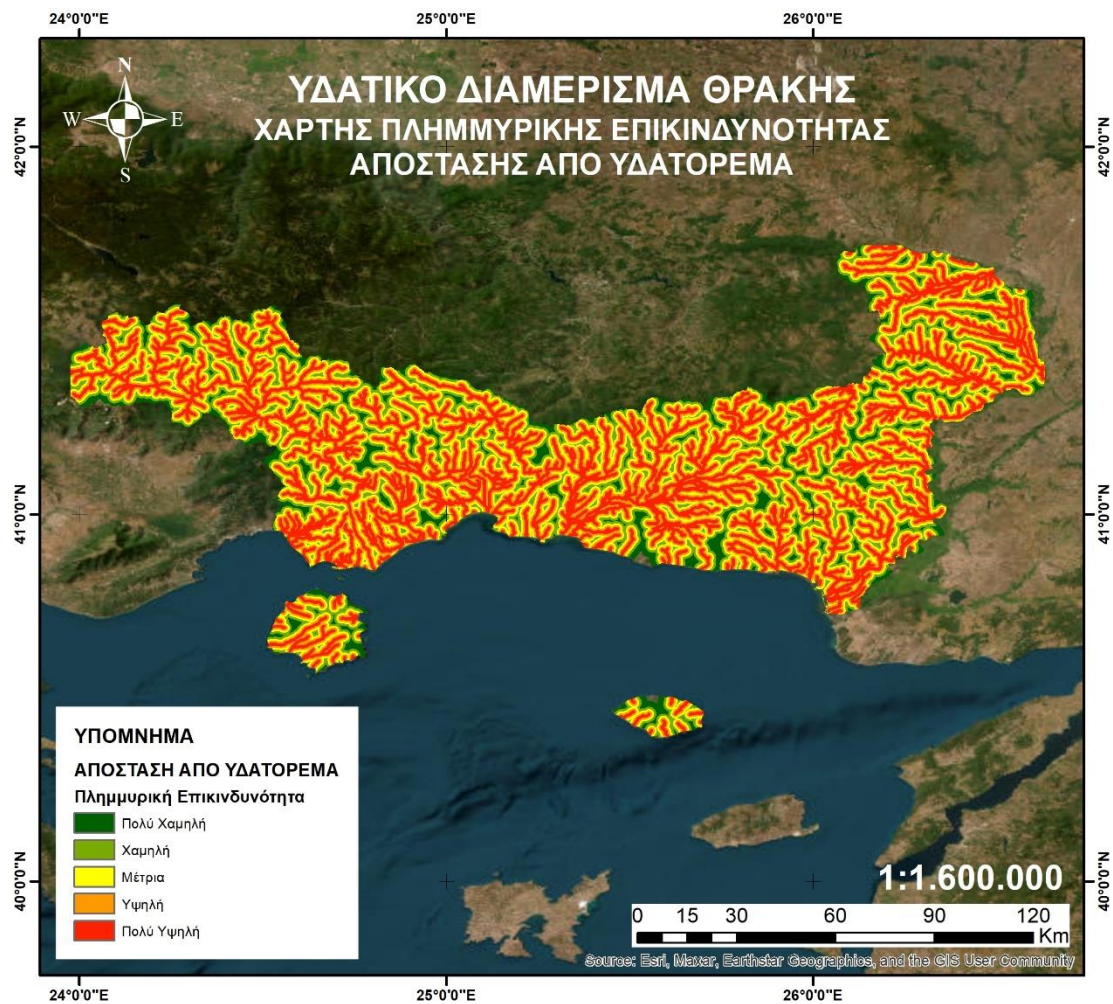


Εικόνα 37: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης με βάση το κριτήριο τύπου εδάφους

4.2.7 Απόσταση από το Υδατόρεμα

Ο παράγοντας αυτός σχετίζεται άμεσα με τον παράγοντα της συσσώρευσης ροής καθώς είναι παράγωγος αυτού. Το υδρογραφικό δίκτυο και γενικότερα η μεγάλες ποσότητες συγκέντρωσης του νερού προκαλούν φαινόμενα πλημμύρας, καθώς πιο διαδεδομένες είναι οι πλημμύρες που προήλθαν από υπερχείλιση ποταμών. Οι πιο επιρρεπείς στην πλημμύρα περιοχές καθίστανται αυτές που βρίσκονται σε μικρότερη απόσταση από τμήμα του υδρογραφικού δικτύου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 38.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 38: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, κριτήριο απόστασης από υδατόρεμα

4.3 Πλημμυρική Επικινδυνότητα για το Υ.Δ. Θράκης

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας των επτά σεναρίων των διαφορετικών συντελεστών βαρύτητας των επτά κριτηρίων, που παρουσιάστηκαν στο υποκεφάλαιο 3.3.6. Οι χάρτες αυτοί συγκρίνονται μεταξύ τους και αξιολογείται το καλύτερο σενάριο βάσει της επικύρωσης που πραγματοποιήθηκε από τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας σε παρακάτω υποκεφάλαιο.

Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας καθορίζονται ως οι περιοχές της Πεδιάδας Ξάνθης-Κομοτηνής και η Πεδιάδα του Έβρου όπως φαίνεται και στην Εικόνα 39.

Η ταξινόμηση των χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας πραγματοποιήθηκαν με τις ίδιες τιμές διαστημάτων των κατηγοριών πλημμυρικής επικινδυνότητας, βάσει της ταξινόμησης των φυσικών διαστημάτων. Σκοπός αυτού αποτέλεσε η καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων των σεναρίων και η μεταξύ τους σύγκριση.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



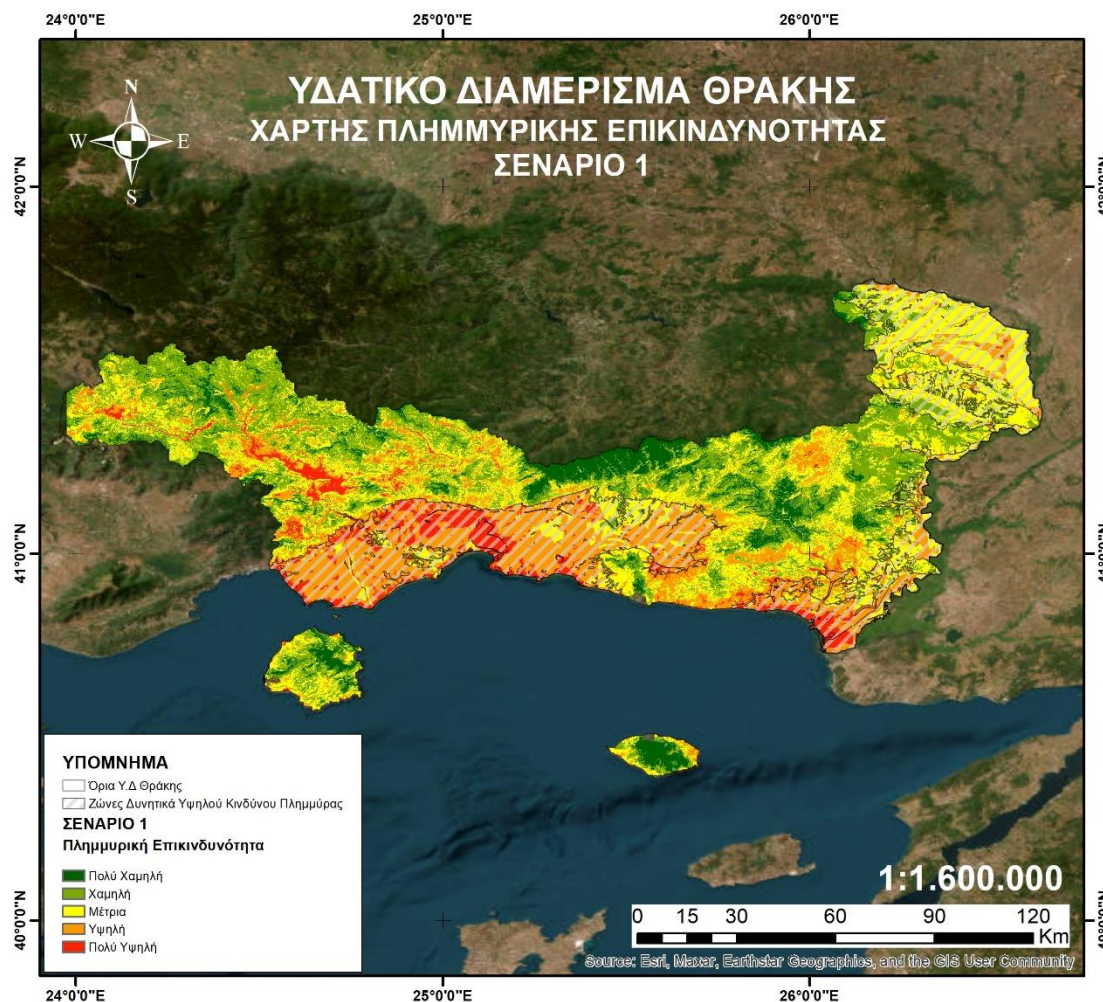
Εικόνα 39: Ζώνες Δύνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας)

4.3.1 Σενάριο 1

Στο συγκεκριμένο σενάριο δόθηκε έντονη βαρύτητα στο κριτήριο της «Έντασης Βροχόπτωσης», καθώς είναι μία από τις κύριες πηγές του προβλήματος πρόκλησης ενός φαινομένου πλημμύρας. Οι δυνατές καταιγίδες κατά το παρελθόν έχουν προκαλέσει καταστροφικά πλημμυρικά φαινόμενα.

Σύμφωνα με την Εικόνα 40 η κατηγορία της πολύ χαμηλής επικινδυνότητας βρίσκεται στην οροσειρά της Ροδόπης στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα, της χαμηλής συναντάνται στις ημιορεινές περιοχές και οι κατηγορίες υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας βρίσκονται στις πεδινές περιοχές του Υδατικού Διαμερίσματος. Η κατηγορία της πολύ υψηλής επικινδυνότητας εντοπίζεται σε τμήματα του υδρογραφικού δικτύου και σε αστικό ιστό. Τα πεδινά τμήματα του Υ.Δ. Θράκης φαίνεται να εμφανίζουν υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα με την κατηγορία της πολύ υψηλής να παρουσιάζεται σε τμήματα κατά μήκος του Ποταμού Νέστου και άλλων μικρότερων παραποτάμων, όπως επίσης και στην ερύτερη περιοχή της Λίμνης Βιστωνίδας και σε παραθαλάσσιες εκτάσεις, όπως αυτή της Αλεξανδρούπολης.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

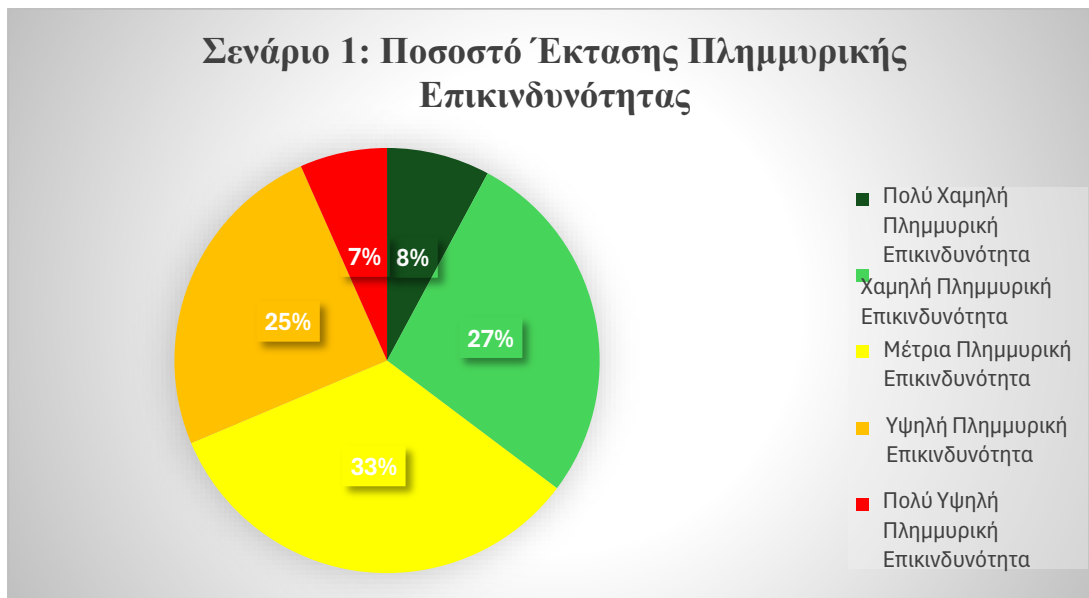


Εικόνα 40: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση Σεναρίου 1

Η πλημμυρική επικινδυνότητα σύμφωνα με το πρώτο σενάριο κατατάσσεται ως επί το πλείστον στις μέτριες κατηγορίες επικινδυνότητας. Συγκεκριμένα, οι μέτριου επικινδυνότητας περιοχές καταλαμβάνουν έκταση με ποσοστό 33,39%, ακολουθούν οι περιοχές χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, με ποσοστό 27,41% της συνολικής έκτασης και οι περιοχές υψηλής επικινδυνότητας, όπου καταλαμβάνουν ποσοστό 25,41%, όπως φαίνεται στην Εικόνα 40. Οι περιοχές πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας καταλαμβάνουν ποσοστό μόλις 7,85% και αυτές της πολύ υψηλής 6,64%. Τα ποσοστά έκτασης της πλημμυρικής επικινδυνότητας παρουσιάζονται και στην Εικόνα 41.

Οι περιοχές αυξημένης πλημμυρικής επικινδυνότητας βάσει του σεναρίου 1, γενικότερα, βρίσκονται σε Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας. Συγκεκριμένα, η πεδιάδα Ξάνθης-Κομοτηνής προσδιορίστηκε ως επικίνδυνη πλημμυρικά περιοχή βάσει του συγκεκριμένου σεναρίου. Οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας καταλαμβάνουν, κυρίως, την Βόρεια πλευρά της πεδιάδας του Έβρου, η οποία δεν προσδιορίστηκε από το σενάριο 1 ως υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχή. Από την άλλη, η Νότια πλευρά της πεδιάδας του Έβρου και κατά μήκος του ποταμού, αποτελούν Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου, όπως προσδιορίστηκε και από το σενάριο. Επίσης, πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα παρουσιάζουν οι περιοχές, τις οποίες διασχίζει ο ποταμός Νέστος, όμως δεν αποτελούν Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



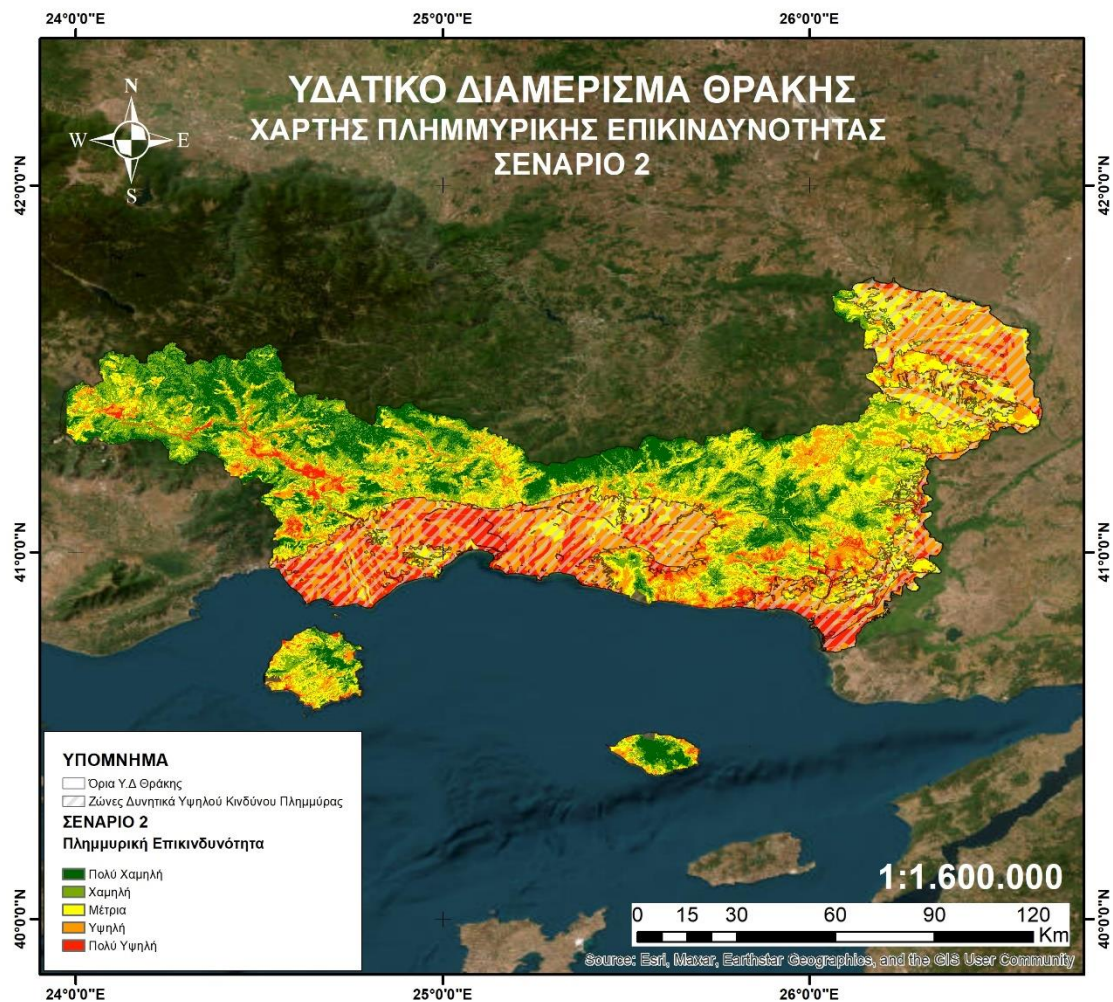
Εικόνα 41: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης της πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 1.

4.3.2 Σενάριο 2

Το δεύτερο σενάριο δίνει την μεγαλύτερη βαρύτητα στο κριτήριο της χρήσης γης, το οποίο θεωρείται από πολλούς ερευνητές (π.χ., Χατζηδάκη, 2013, Stefanidis and Stathis, 2013) ως το σημαντικότερο κριτήριο πλημμυρικής επικινδυνότητας. Το πλήθος των διαφορετικών επιφανειών συνεπάγονται διαφορετικές τιμές επιφανειακής απορροής των υδάτων σε φαινόμενα πλημμύρας.

Οι κατηγορίες της χαμηλής επικινδυνότητας προσανατολίζονται στις βορειότερες περιοχές του Υ.Δ. της Θράκης, ενώ οι μέτριες βρίσκονται κυρίως σε ημιορεινές περιοχές, σε περιοχές πλησίον υδατορέματος και σε τμήματα πεδινών περιοχών. Το μεγαλύτερο μέρος της πεδιάδας καταλαμβάνεται από υψηλής επικινδυνότητας τμήματα και η κατηγορία της πολύ υψηλής παρατηρείται σε τμήματα του υδρογραφικού δικτύου και πλησίον αυτών και σε αστικό ιστό και γενικότερα σε πιο αδιαπέρατες επιφάνειες, όπως υδάτινα σώματα. Σύμφωνα με την Εικόνα 42, η περιοχή της Πεδιάδας της Ξάνθης Κομοτηνής και αυτή του Έβρου απαρτίζονται από τμήματα υψηλής και πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας. Συγκεκριμένα, τα τμήματα της πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας εμφανίζονται κοντά σε τμήματα του υδρογραφικού δικτύου, σε τμήματα αστικού ιστού και σε υδάτινες επιφάνειες, όπως η περιοχή της Λίμνης της Βιστωνίδας. Επίσης, οι περιοχές πλησίον της θάλασσας στην Νότια πλευρά του Υ.Δ. Θράκης κατατάσσονται ως υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι ορεινές περιοχές, οι οποίες βρίσκονται στο Βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης, παρουσιάζονται ως χαμηλής και πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

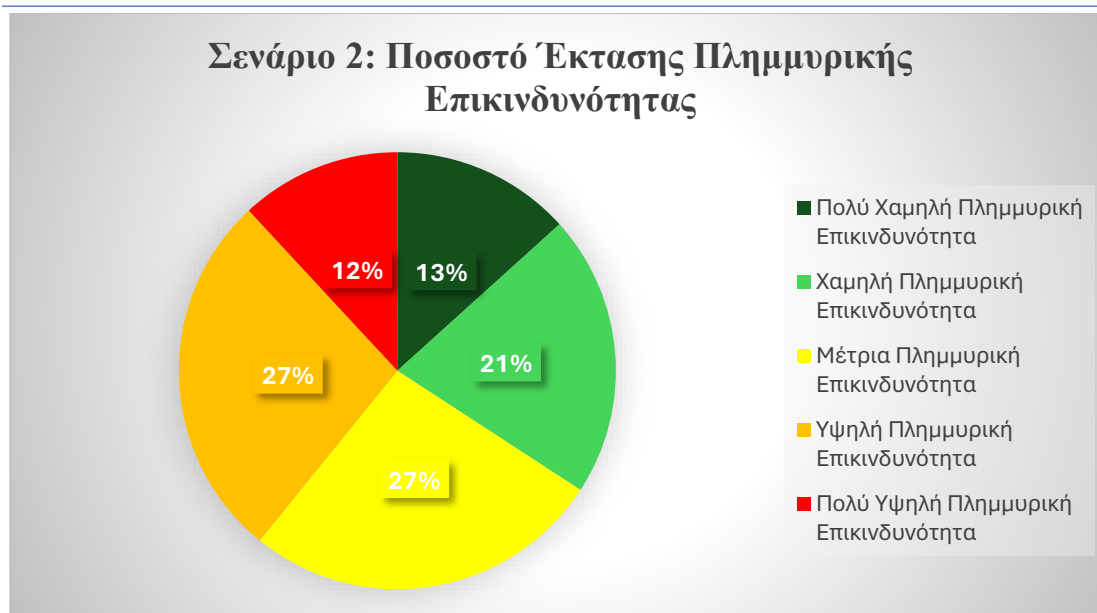


Εικόνα 42: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 2

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο σενάριο η επικρατέστερη κατηγορία ήταν της υψηλής επικινδυνότητας, με ποσοστό κατοχής 27,26%, ενώ με διαφορά μόλις 0,6% λιγότερο καταλαμβάναν οι περιοχές της μέτριας επικινδυνότητας. Η χαμηλή επικινδυνότητα καταλάμβανε την τρίτη επικρατέστερη κατηγορία, με ποσοστό που ανερχόταν στα 20,88%. Ακολουθεί η περιοχή πολύ χαμηλής επικινδυνότητας με ποσοστό 13,31%. Την μικρότερη έκταση είχε η πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα με ποσοστό 11,90%, σύμφωνα με την Εικόνα 43.

Γενικότερα, το συγκεκριμένο σενάριο παρουσιάζει μεγαλύτερη συμφωνία με τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας. Προσδιορίζει ως υψηλού κινδύνου περιοχές πλημμύρας την πεδιάδα της Ξάνθης-Κομοτηνής και την πεδιάδα του Έβρου, τόσο στο Νότιο όσο και στο Βόρειο τμήμα της, όπως και κατά μήκος του Ποταμού Έβρου. Ασυμφωνία παρατηρήθηκε στις περιοχές του Ποταμού Νέστου, οι οποίες προσδιορίστηκαν ως πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχές, ενώ δεν χαρακτηρίζονται ως Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



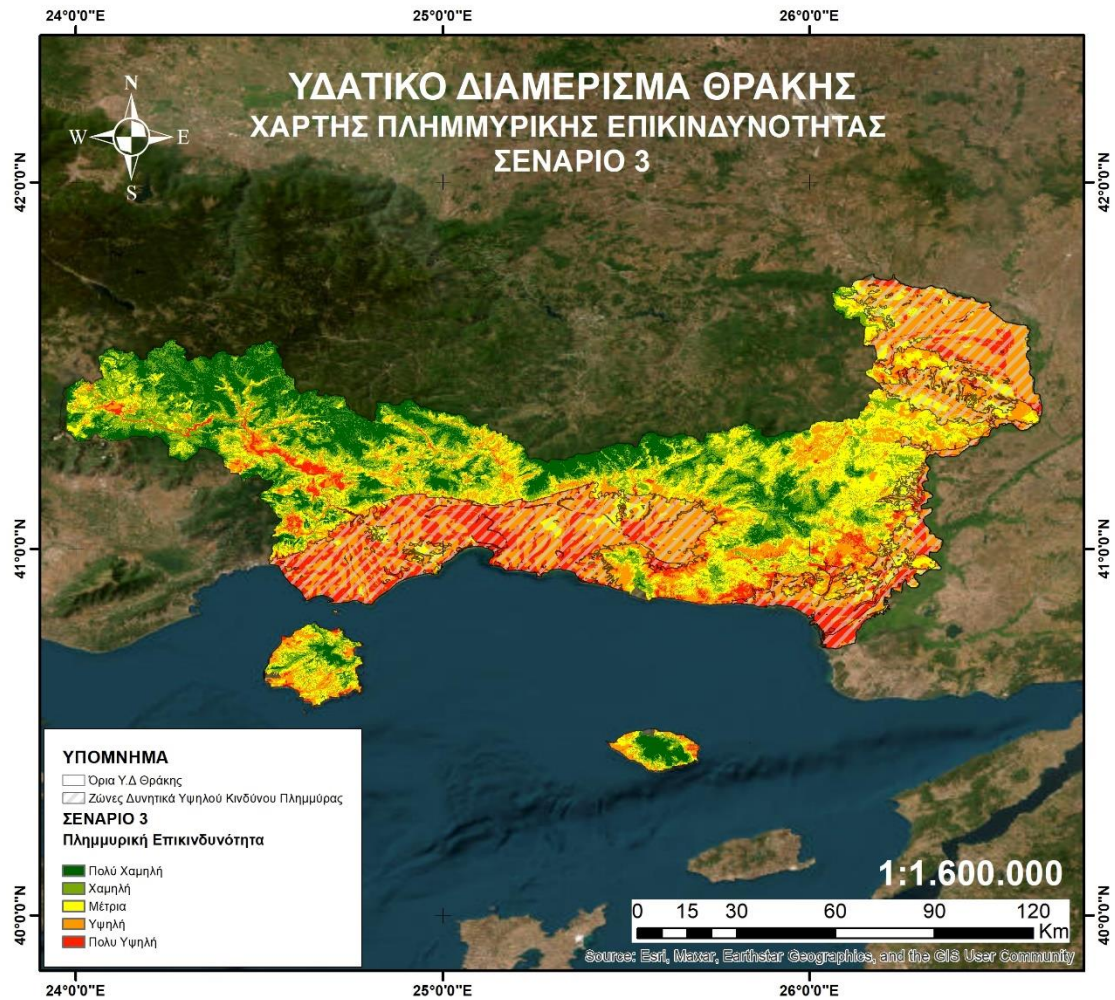
Εικόνα 43: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 2

4.3.3 Σενάριο 3

Το τρίτο σενάριο που εξετάστηκε, σχετίζεται με την μεγαλύτερη βαρύτητα στο κριτήριο του υψομέτρου.

Οι περιοχές λιγότερο επιρρεπείς στην πλημμύρα αποδείχθηκαν οι ορεινές. Γενικότερα, με την μείωση του υψομέτρου αυξάνεται και η επικινδυνότητα. Η κατηγορία της πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας έκανε την παρουσία της στις αδιαπερατές επιφάνειες, στο υδρογραφικό δίκτυο των πεδινών περιοχών. Σύμφωνα με την Εικόνα 44, οι ορεινές περιοχές, οι οποίες βρίσκονται στο Βόρειο τμήματα του Υ.Δ. Θράκης παρουσιάζουν πολύ χαμηλή, κυρίως, πλημμυρική επικινδυνότητα με ορισμένα τμήματα σε χαμηλότερα υψόμετρα να κατατάσσονται στην κατηγορία της υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας. Η μέτρια, η υψηλή και η πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα καταλαμβάνουν μέρη των πεδινών περιοχών και κυρίως τις περιοχές της Πεδιάδας της Ξάνθης-Κομοτηνής και της Πεδιάδας του Έβρου. Κατά κύριο λόγο, η έκταση τους κατατάσσεται στην κατηγορία της υψηλής επικινδυνότητας πλημμύρας και τα τμήματα της οποίας εμφανίζονται ως πολύ υψηλής, ανήκουν σε αδιαπερατές επιφάνειες, σημεία αστικού ιστού όπως πόλεις της Ξάνθης, της Κομοτηνής και της Αλεξανδρούπολης, σημεία υδάτινων επιφανειών, όπως Λίμνη Βιστωνίδα και ποταμός Νέστος και παραθαλάσσιες περιοχές.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

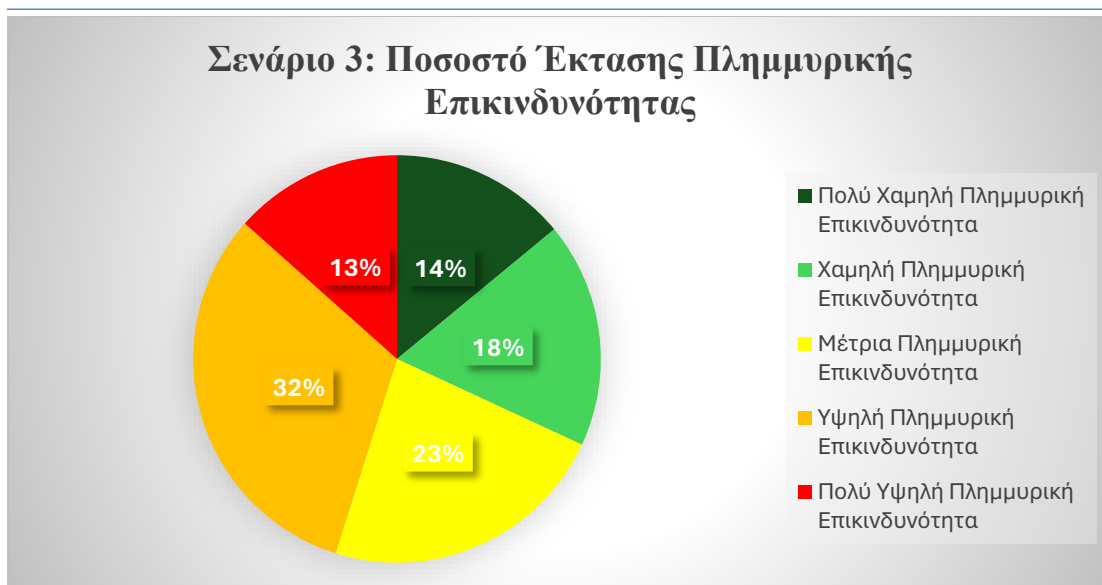


Εικόνα 44: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάσει του Σεναρίου 3

Η πιο επικρατής κατηγορία πλημμυρικής επικινδυνότητας ήταν η υψηλή, το ποσοστό της οποίας ήταν 31,70%, ακολούθησε η μέτρια με αρκετά χαμηλότερο ποσοστό κατοχής 22,97% και με ποσοστό 17,89% επικράτησαν εκτάσεις χαμηλής επικινδυνότητας. Λιγότερο επικρατείς ήταν οι κατηγορίες των πολύ χαμηλή και πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα με ποσοστά 14,02% και 13,42%, αντίστοιχα. Όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 44, παρατηρούνται αυξημένα ποσοστά στις μέσες κατηγορίες πλημμυρικής επικινδυνότητας και μικρότερα στις ακραίες κατηγορίες.

Οι υψηλής και πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχές βρίσκονται, κατά κύριο λόγο, σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ως Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας. Αυτές είναι οι περιοχές της Πεδιάδας της Ξάνθης-Κομοτηνής και της Πεδιάδας του Έβρου. Ορισμένα τμήματα, όπως βόρεια της περιοχής της Αλεξανδρούπολης, προσδιορίστηκαν βάσει του σεναρίου ως υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, τα οποία δεν αποτελούν Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας. Τέτοιες περιοχές αποτελούν οι περιοχές πλησίον του Ποταμού Νέστου, ανατολικά του Υ.Δ. Θράκης.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



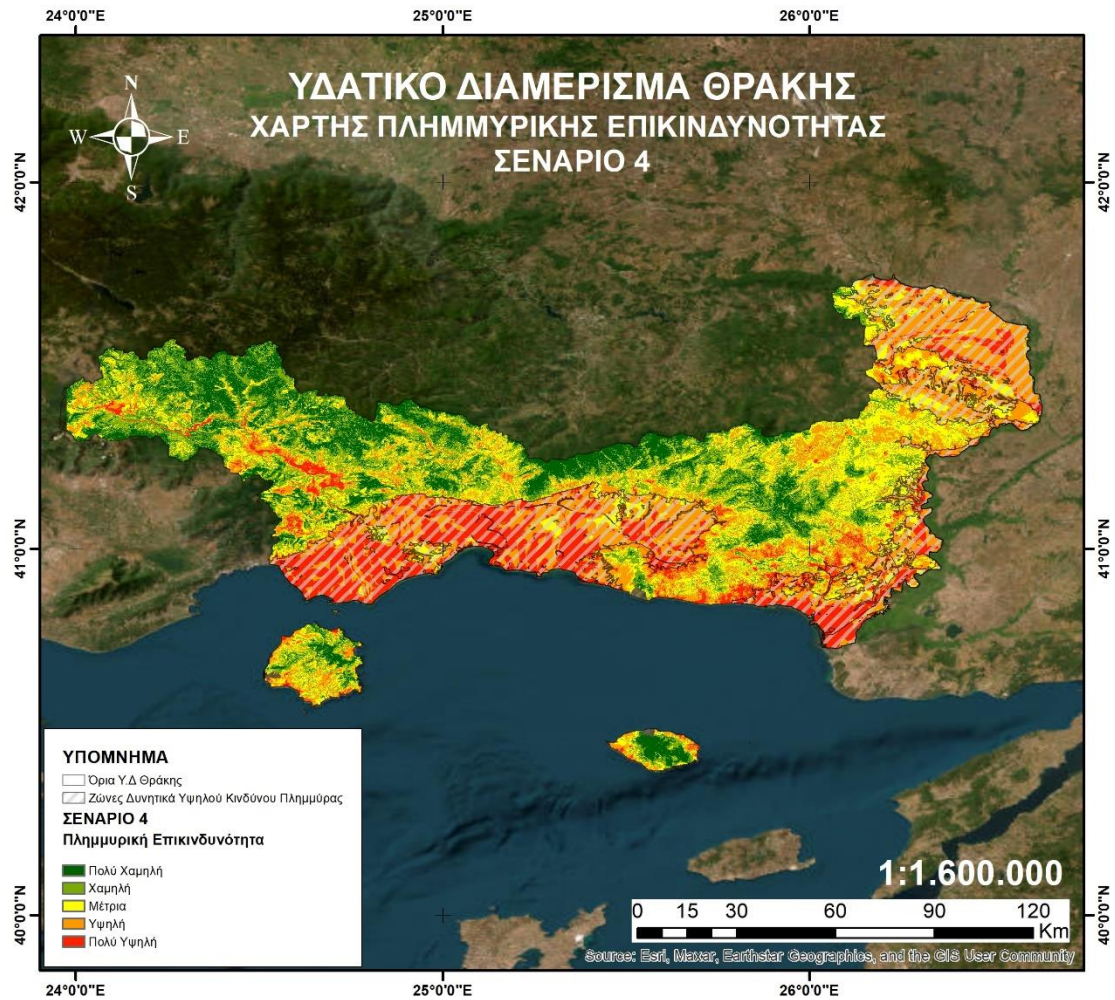
Εικόνα 45: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 3

4.3.4 Σενάριο 4

Η βαρύτητα στην συγκεκριμένη περίπτωση δόθηκε στον παράγοντα της κλίσης του εδάφους.

Οι έντονες κλίσεις βρίσκονται κυρίως στις ορεινές περιοχές, με αποτέλεσμα η πλημμυρική επικινδυνότητα να είναι μειωμένη σε σχέση με τις πεδινές περιοχές, των οποίων οι κλίσεις είναι ήπιες και η πλημμυρική επικινδυνότητα ιδιαίτερα αυξημένη. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι αυξημένη πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα στο συγκεκριμένο σενάριο, η οποία εμφανίστηκε κυρίως στο νότιο τμήμα της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, η Εικόνα 46 παρουσιάζει υψηλή και πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα στην Πεδιάδα Ξάνθης-Κομοτηνής και στην Πεδιάδα του Έβρου. Οι περιοχές πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας εμφανίζονται αρχικά κατά μήκος του ποταμού Νέστου και σε ορισμένους παραποτάμους αυτού, στην έκταση που εκτείνεται η Λίμνη της Βιστωνίδας, σε περιοχές των πόλεων Ξάνθης, Κομοτηνής, Αλεξανδρούπολης και Ορεστιάδας, που αποτελούν αδιαπεράστες επιφάνειες, η ευρύτερη περιοχή της Αλεξανδρούπολης και περιοχές κοντά στον ποταμό Έβρο και φυσικά σε περιοχές κοντά στην θάλασσα.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

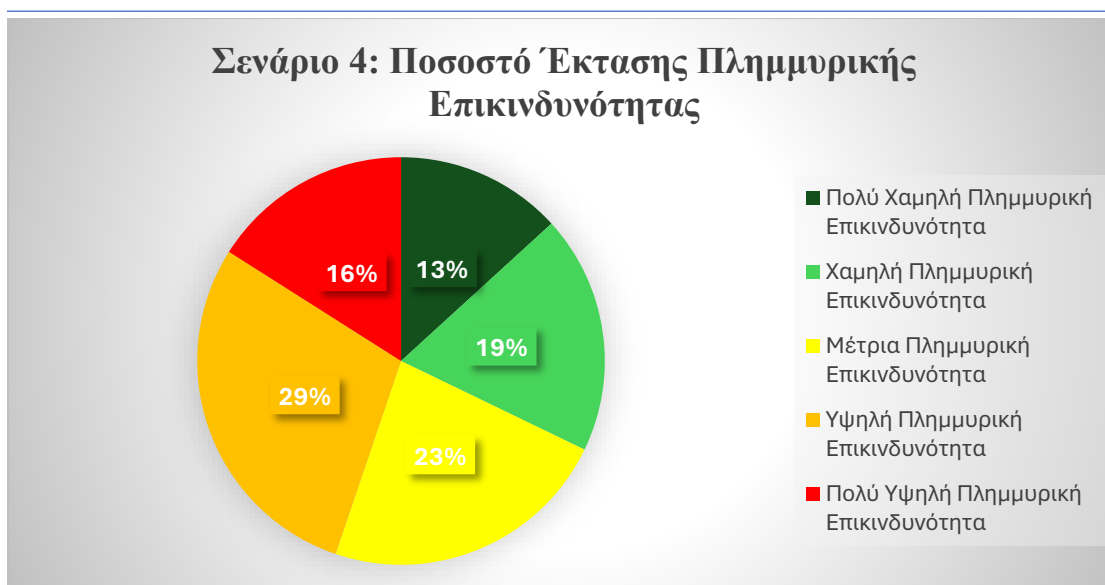


Εικόνα 46: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 4.

Σύμφωνα με την Εικόνα 47, το μεγαλύτερο ποσοστό κατοχής επιφάνειας πλημμυρικής επικινδυνότητας καταγράφηκε στην κατηγορία της υψηλής επικινδυνότητας, καθώς το ποσοστό ανήλθε στα 28,79%, επόμενο ήταν το ποσοστό των 23,04% της μέτριας επικινδυνότητας πλημμύρας. Το ποσοστό των 18,94% ανήκε στην κατηγορία της χαμηλής επικινδυνότητας και ακολούθως, ήταν οι κατηγορίες των πολύ υψηλής και πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, των οποίων τα ποσοστά ανήλθαν στα 16% και 13,22%, αντιστοίχα.

Η αντιστοιχία των πλημμυρικά ευάλωτων περιοχών με τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας παρουσιάζεται παρόμοια με αυτή του προηγούμενου σεναρίου. Δηλαδή, αντιστοιχίζονται οι περιοχές των πεδιάδων Ξάνθης-Κομοτηνής και Έβρου ως πλημμυρικά ευάλωτες περιοχές και δεν αντιστοιχίζονται οι περιοχές Βόρεια της Αλεξανδρούπολης και πλησίον του Ποταμού Νέστου.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



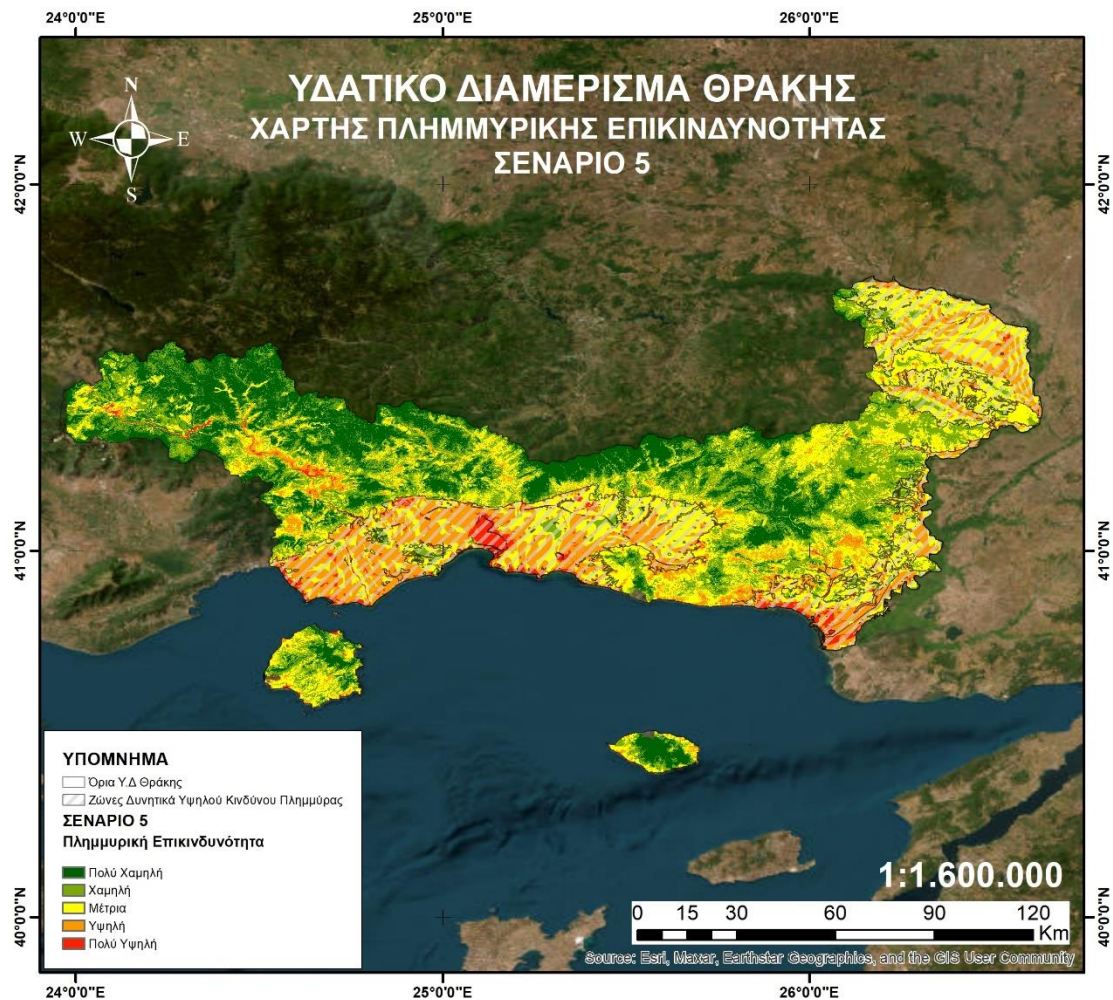
Εικόνα 47: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα του Σεναρίου 4.

4.3.5 Σενάριο 5

Το πέμπτο σενάριο εξετάζει την περίπτωση της αυξημένης βαρύτητας στον παράγοντα της συσσώρευσης ροής

Παρατηρώντας την Εικόνα 48, η κατηγορία της πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι ιδιαίτερα μειωμένη και εμφανίζεται σε τμήμα κατά μήκος του Νέστου Ποταμού, σε τμήμα της περιοχής της Λίμνης Βιστωνίδας και στην παραθαλάσσια περιοχή της Αλεξανδρούπολης και ορισμένα σημεία διάσπαρτα στην Πεδιάδα Ξάνθης-Κομοτηνής και Έβρου, που αποτελούν τμήματα του αστικού ιστού και του υδρογραφικού δικτύου. Η κατηγορία της υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι, επίσης, μειωμένη σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια. Εμφανίζει παρόμοιο χαρακτήρα με την προηγούμενη κατηγορία και εμφανίζεται κυρίως στις πεδινές περιοχές του Υ.Δ Θράκης. Έντονη παρουσιάζεται η έκταση της μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας, η οποία καταλαμβάνει μέρη της πεδινής και της ορεινής έκτασης τους Υ.Δ Θράκης. Οι κατηγορίες της χαμηλής και πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας βρίσκονται στις ορεινές περιοχές, στην Βόρεια και Δυτική πλευρά της περιοχής μελέτης.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

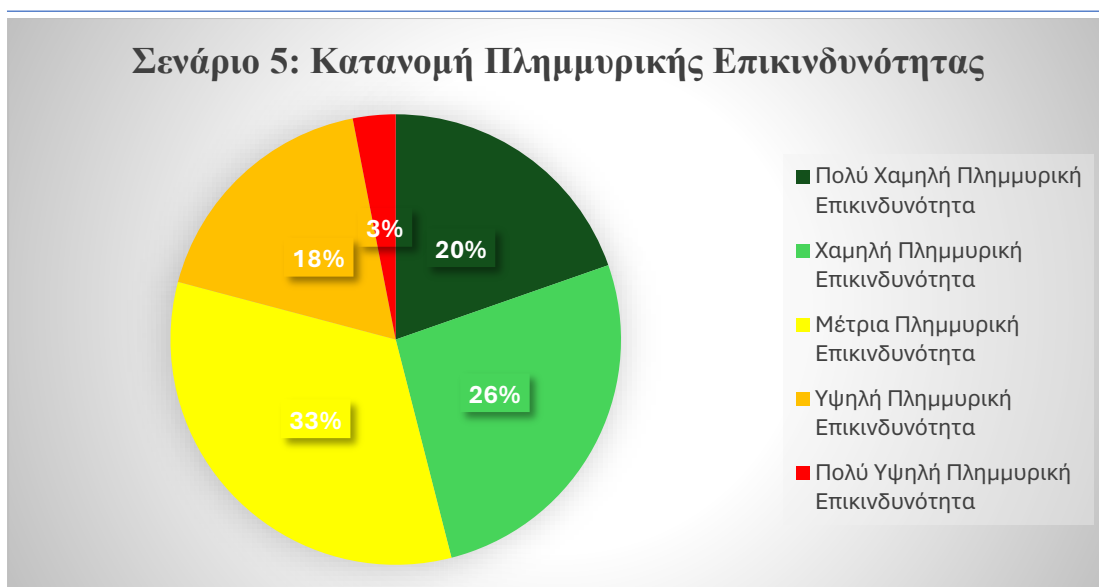


Εικόνα 48: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 5

Η Εικόνα 49 παρουσιάζει τα ποσοστά έκτασης της πλημμυρικής επικινδυνότητας του εξεταζόμενου σεναρίου. Η επικρατέστερη επιφάνεια καταλήφθηκε από την κατηγορία της μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας, ποσοστού 33,11%, της χαμηλής με ποσοστό 26,37% και της πολύ χαμηλής με ποσοστό 19,65%. Τα μικρότερα ποσοστά κατείχαν οι κατηγορίες της υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας με ποσοστό 17,82% και της υψηλής με ποσοστό μόλις 3,06%. Η ιδιαιτερότητα του σεναρίου είναι η μικρή έκταση της πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας και αντίστοιχα η μεγάλη έκταση που καταλαμβάνει η μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα.

Βάση των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, οι περιοχές που προσδιορίστηκαν ως υψηλής και πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι περιορισμένες. Το ανατολικό τμήμα της Πεδιάδας Ξάνθης-Κομοτηνής χαρακτηρίζεται ως μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας, ενώ συγκεκριμένα τμήματά του αποτελούν υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχές. Το νότιο τμήμα της Πεδιάδας της Αλεξανδρούπολης αποτελεί πλημμυρικά επικίνδυνη περιοχή και συμφωνεί με τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, ενώ το Βόρειο τμήμα της Πεδιάδας δεν παρουσιάζει συμφωνία καθώς προσδιορίστηκε ως μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχή.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



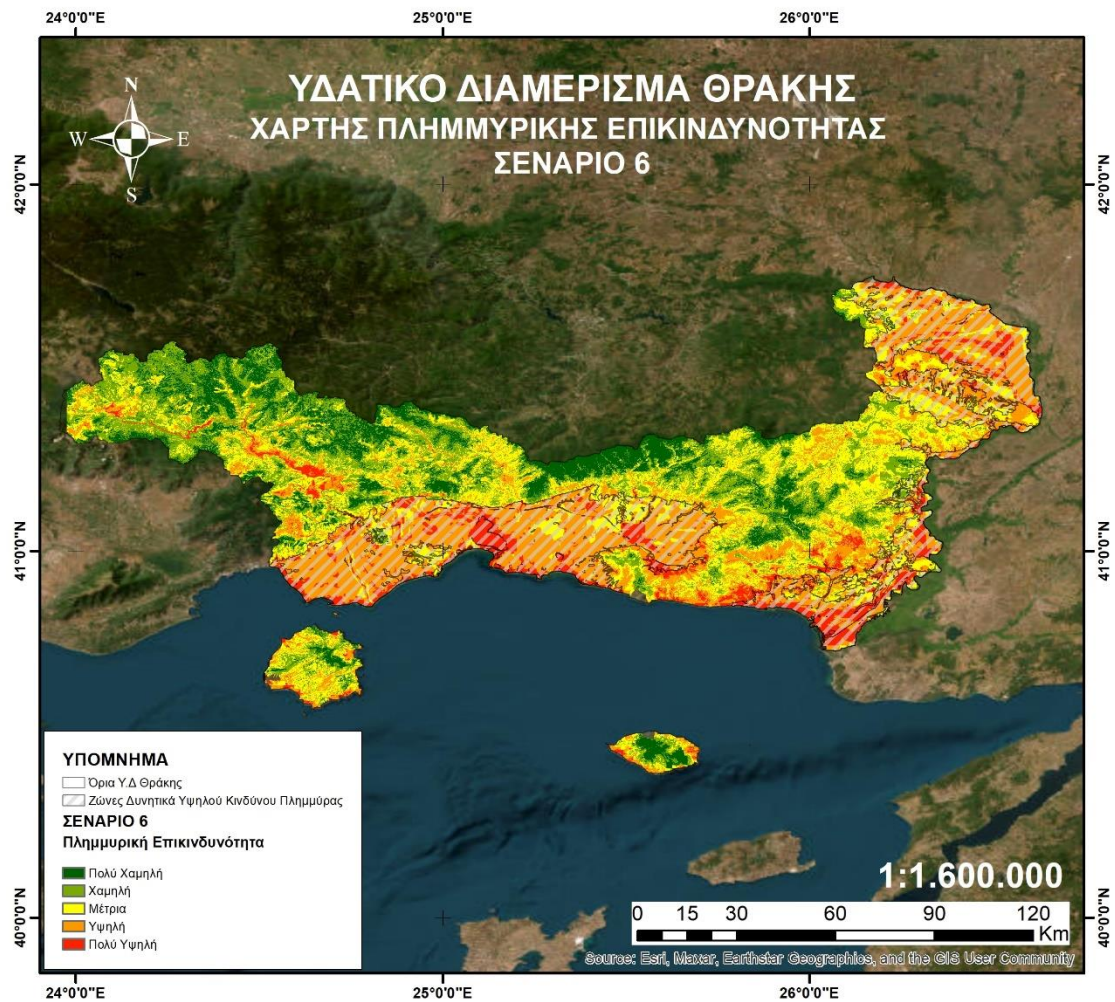
Εικόνα 49: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 5.

4.3.6 Σενάριο 6

Το χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου σεναρίου ήταν η μεγαλύτερη βαρύτητα του κριτηρίου των τύπων εδαφών.

Η Εικόνα 50 παρουσιάζει την πλημμυρική επικινδυνότητα του Υ.Δ. Θράκης για το σενάριο 6. Οι περιοχές που δεν απειλούνται από τις πλημμύρες, δηλαδή κατηγορίες χαμηλής και πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, συναντώνται στο βόρειο τμήμα του Υ.Δ., περιοχές της Οροσειράς της Ροδόπης. Ως μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας εμφανίζονται ορεινές, ημιορεινές και πεδινές περιοχές. Η κατηγορία της υψηλής επικινδυνότητας πλημμύρας βρίσκεται στην περιοχή της Πεδιάδας Ξάνθης-Κομοτηνής και της Πεδιάδας του Έβρου, καταλαμβάνοντας μεγάλο τμήμα επί της συνολικής έκτασης. Συγκεκριμένα, τις πιο απειλούμενες περιοχές, περιοχές πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, αποτελούν οι περισσότερες παραθαλάσσιες περιοχές, οι περιοχές της Λ. Βιστωνίδας, Ξάνθης και Κομοτηνής, περιοχές πλησίον και κατά μήκος του Νέστου Ποταμού, η περιοχή της Αλεξανδρούπολης με τμήματα πλησίον του ποταμού Έβρου και άλλων παραποτάμων του όπως στην περιοχή του Διδυμοτείχου, στον Ερυθροπόταμο και του Άρδα στην Ορεστιάδα.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

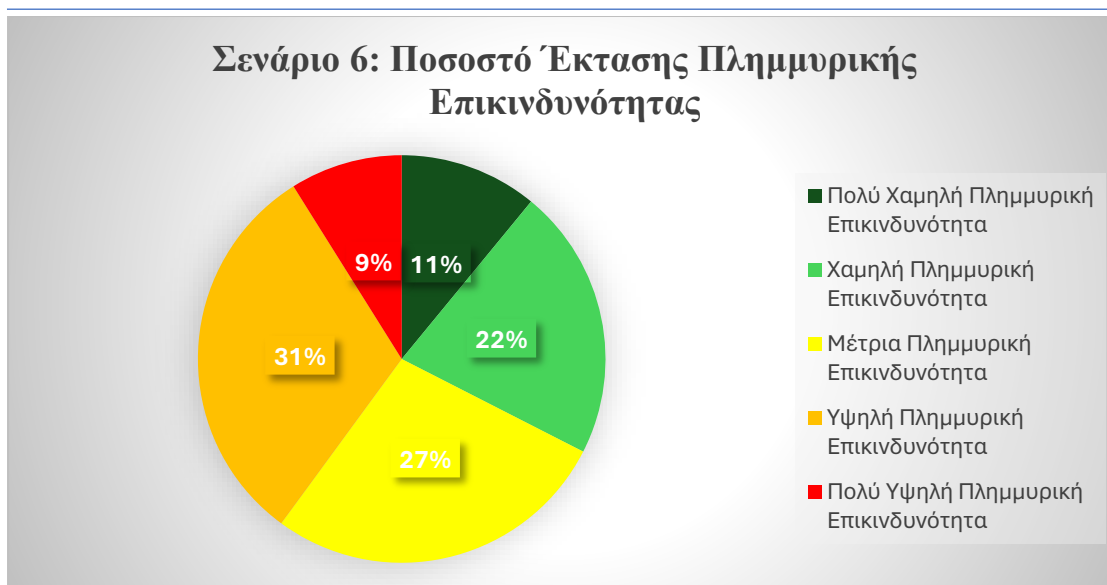


Εικόνα 50: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης βάση του Σεναρίου 6.

Η Εικόνα 51 παρουσιάζει τα ποσοστά έκτασης της κάθε κατηγορίας πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης του συγκεκριμένου σεναρίου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το μεγαλύτερο τμήμα του διαμερίσματος καλύφθηκε από την υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, ποσοστού κάλυψης 31,02%, ακολουθεί με ποσοστό 27,55% η μέτρια και με 21,56% η χαμηλή επικινδυνότητα. Το ποσοστό της πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας ανήλθε στα 10,95% και η πολύ υψηλή κατείχε ποσοστό κάλυψης 8,91%.

Γενικά, αντιστοιχήθηκαν σε μεγάλο βαθμό οι πλημμυρικά ευάλωτες περιοχές σε σχέση με τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου πλημμύρας. Η Πεδιάδα Ξάνθης-Κομοτηνής και Έβρου που αποτελούν Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας και αποτέλεσαν υψηλής και πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχές. Βόρεια της Αλεξανδρούπολης υπάρχουν περιοχές υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, όπως και στα δυτικά παράλια της περιοχής αυτής, περιοχές, οι οποίες δεν αποτελούν Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας. Τέτοια περιοχή είναι και τμήματα του Ποταμού Νέστου, κυρίως Βόρεια τμήματα του.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



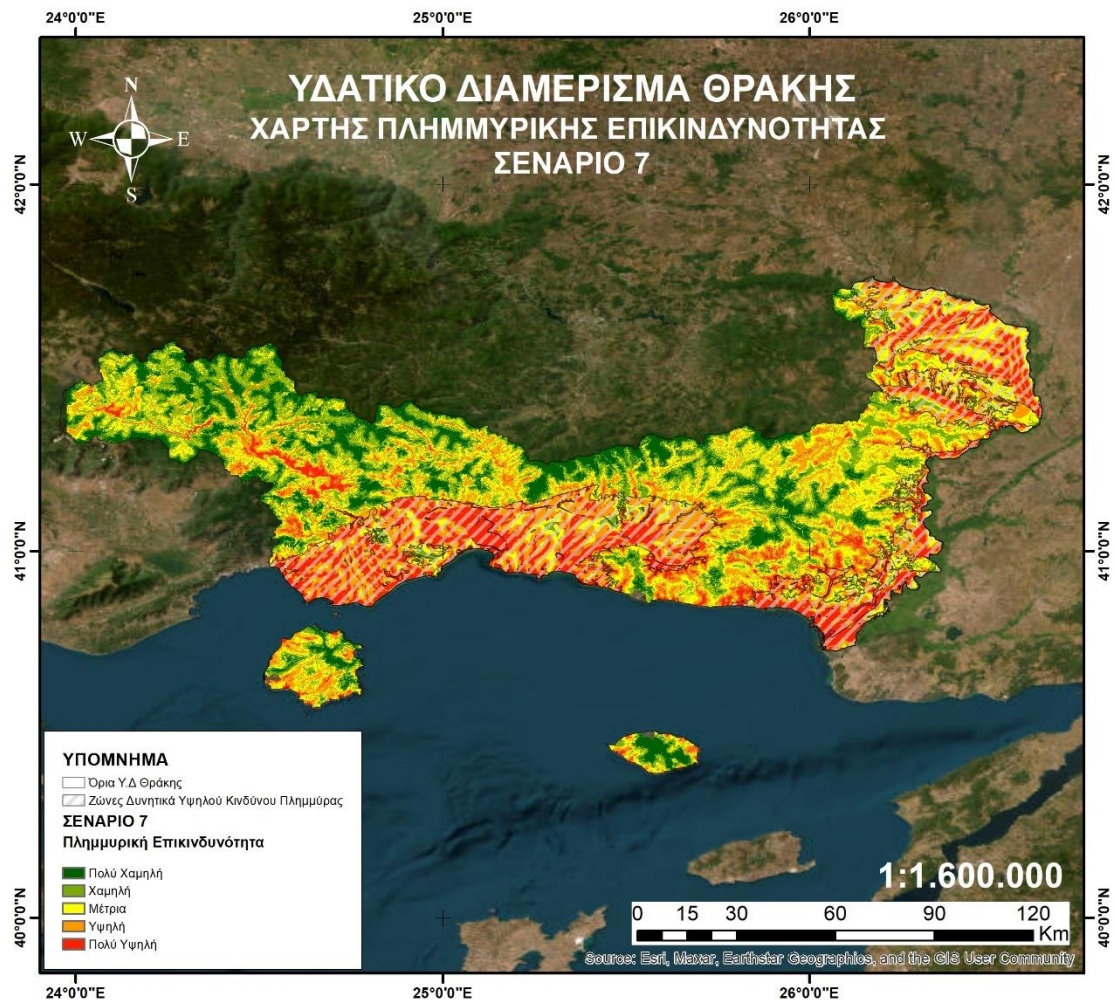
Εικόνα 51: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 6.

4.3.7 Σενάριο 7

Η απόσταση από το υδατόρεμα ήταν ο καθοριστικός παράγοντας πλημμυρικής επικινδυνότητας στο συγκεκριμένο σενάριο.

Έγινε ιδιαίτερα αντιληπτό το κριτήριο της απόστασης από το υδατόρεμα. Η χωρική κατανομή των κατηγοριών είχε αντίστοιχα χαρακτηριστικά με τα προηγούμενα σενάρια, με πιο έντονο το στοιχείο της απόστασης από το υδατόρεμα καθώς έχουν υψηλότερη επικινδυνότητα οι περιοχές πλησίον του υδρογραφικού δικτύου. Συγκεκριμένα, η Εικόνα 52 παρουσιάζει τις περιοχές πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας αυτές που βρίσκονται κοντά σε κάποιο ποταμό είτε ρέμα, όπως για παράδειγμα, στους ποταμούς Άρδα και ο Ερυθροπόταμο στην Βόρεια πλευρά της πεδιάδας του Έβρου. Ως επικίνδυνες πλημμυρικά περιοχές εμφανίζονται οι παραθαλάσσιες περιοχές, καθώς και οι ανάντη αυτών περιοχές. Οι υψηλής επικινδυνότητας περιοχές εμφανίζονται σε μεγαλύτερη απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με την προηγούμενη κατηγορία και σε ακόμα μεγαλύτερη απόσταση βρίσκονται οι μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχές. Οι περιοχές της χαμηλής και πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας εμφανίζονται Βόρεια στα ορεινά τμήματα του Υ.Δ. Θράκης και σε αρκετά μεγάλη απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

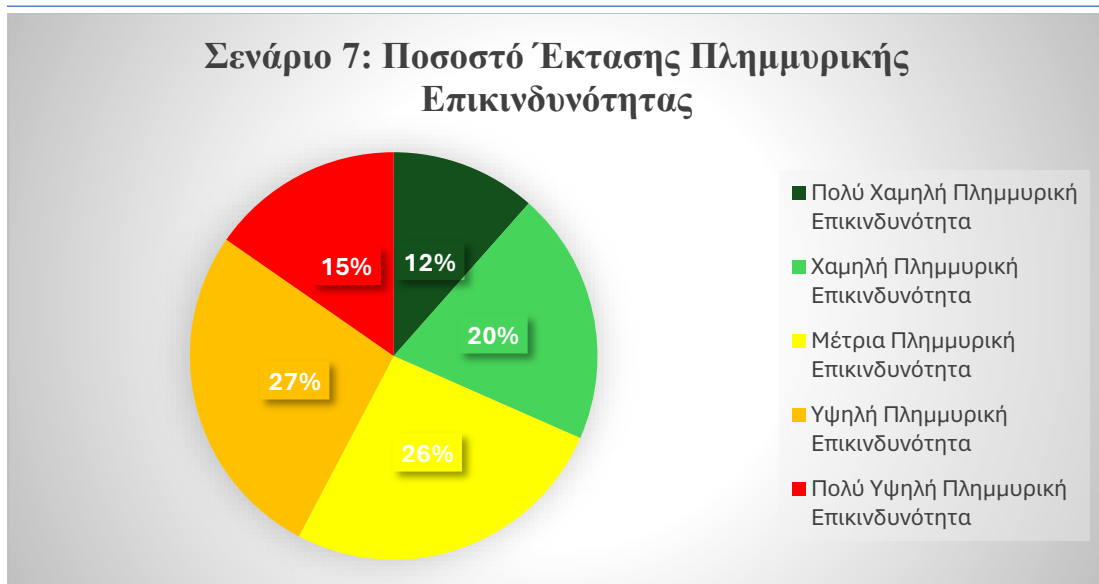


Εικόνα 52: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα βάση του Σεναρίου 2.

Σύμφωνα με την Εικόνα 52, η επικρατέστερη κατηγορία ήταν αυτή της υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας με ποσοστό 26,96% της συνολικής έκτασης, με διαφορά μόλις 0,85%, ακολούθησε η κατηγορία της μέτριας επικινδυνότητας και τρίτη ήταν η χαμηλή. Υψηλό ποσοστό κάλυψης κατείχε η κατηγορία της πολύ υψηλής επικινδυνότητας (15,33%) και το χαμηλότερο ποσοστό, η έκταση πολύ χαμηλής επικινδυνότητας (11,53%).

Οι ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας αποτελούνται κυρίως από την Πεδιάδα Ξάνθης-Κομοτηνής και την Πεδιάδα του Έβρου. Το συγκεκριμένο σενάριο προσδιόρισε σε μεγάλο βαθμό τις συγκεκριμένες περιοχές. Παρόλα αυτά, προσδιόρισε επιπλέον ως ευάλωτες πλημμυρικά περιοχές, τμήματα εκτάσεων Βόρεια της Αλεξανδρούπολης, εκτάσεις πλησίον του Ποταμού Νέστου και παραποτάμων του, όπως και γενικότερα εκτάσεις κοντά σε τμήματα του υδρογραφικού δικτύου.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 53: Σχεδιάγραμμα ποσοστών έκτασης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης του Σεναρίου 7.

Η χωρική κατανομή των κατηγοριών είχε αντίστοιχα χαρακτηριστικά με τα προηγούμενα σενάρια, με πιο έντονο το στοιχείο της απόστασης από το υδατόρεμα καθώς έχουν υψηλότερη επικινδυνότητα οι περιοχές πλησίον υδατορεμάτων.

4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Σε γενικές γραμμές η περιοχή μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας έδειξε ότι καταλαμβάνει την μεγαλύτερη έκταση του Υδατικού διαμερίσματος Θράκης με ένα μέσο ποσοστό της τάξης των 27,55% και διακύμανση από 22,97% έως 33,39%, ανάλογα με το σενάριο που εξετάζεται. Η υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα είχε μέσο ποσοστό κάλυψης 26,89%, με διακύμανση από 17,82% έως 31,02%, διαφορά μόλις της τάξης του 1% από την προηγούμενη κατηγορία. Η χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα εμφάνισε μέσο ποσοστό 21,87%, τα ποσοστά της κυμαίνονταν από 17,89% έως 27,41%. Η κατηγορία της πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας υπολογίστηκε με μέσο ποσοστό κάλυψης 12,93% και ποσοστιαίες του τιμές κυμάνθηκαν από 7,85% έως 19,65%. Τέλος, η κατηγορία μικρότερης κάλυψης ήταν της πολύ υψηλής επικινδυνότητας της οποίας το μέσο ποσοστό κάλυψης ήταν 10,75% και οι τιμές τις κυμάνθηκαν από 6,64% έως 16,00%.

Η αντιστοιχία των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας με τις πλημμυρικά ευάλωτες περιοχές που ανέδειξαν τα σενάρια ήταν ικανοποιητική. Τα σενάρια 3, 4, 6 προσδιόρισαν καλύτερα τις περιοχές αυξημένης πλημμυρικής επικινδυνότητας και συγκεκριμένα το σενάριο 7 παρουσίασε την μεγαλύτερη αντιστοιχία. Μικρότερη αντιστοιχία πλημμυρικά ευάλωτων περιοχών με τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας παρουσίασε το σενάριο 5. Όλα τα σενάρια προσδιόρισαν την ευρύτερη περιοχή του Ποταμού Νέστου, στο βόρειο τμήμα του κυρίως, ως πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας όπως και τμήματα πάνω από την Αλεξανδρούπολη, τα οποία δεν αποτελούν Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Το μεγαλύτερο ποσοστό πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας παρουσιάστηκε στο σενάριο 4, της κλίσης, του οποίου το ποσοστό ανήλθε στο 16%, επίσης, η απόκλιση των κατηγοριών σε σχέση με άλλα σενάρια ήταν μειωμένη και οι κατηγορίες καλά κατανομημένες. Καλή κατανομή των κατηγοριών παρουσιάστηκε και στο σενάριο 7, της απόστασης του υδατορέματος, χαρακτηριστικό του οποίου επίσης είναι το υψηλό ποσοστό της έκτασης της πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας.

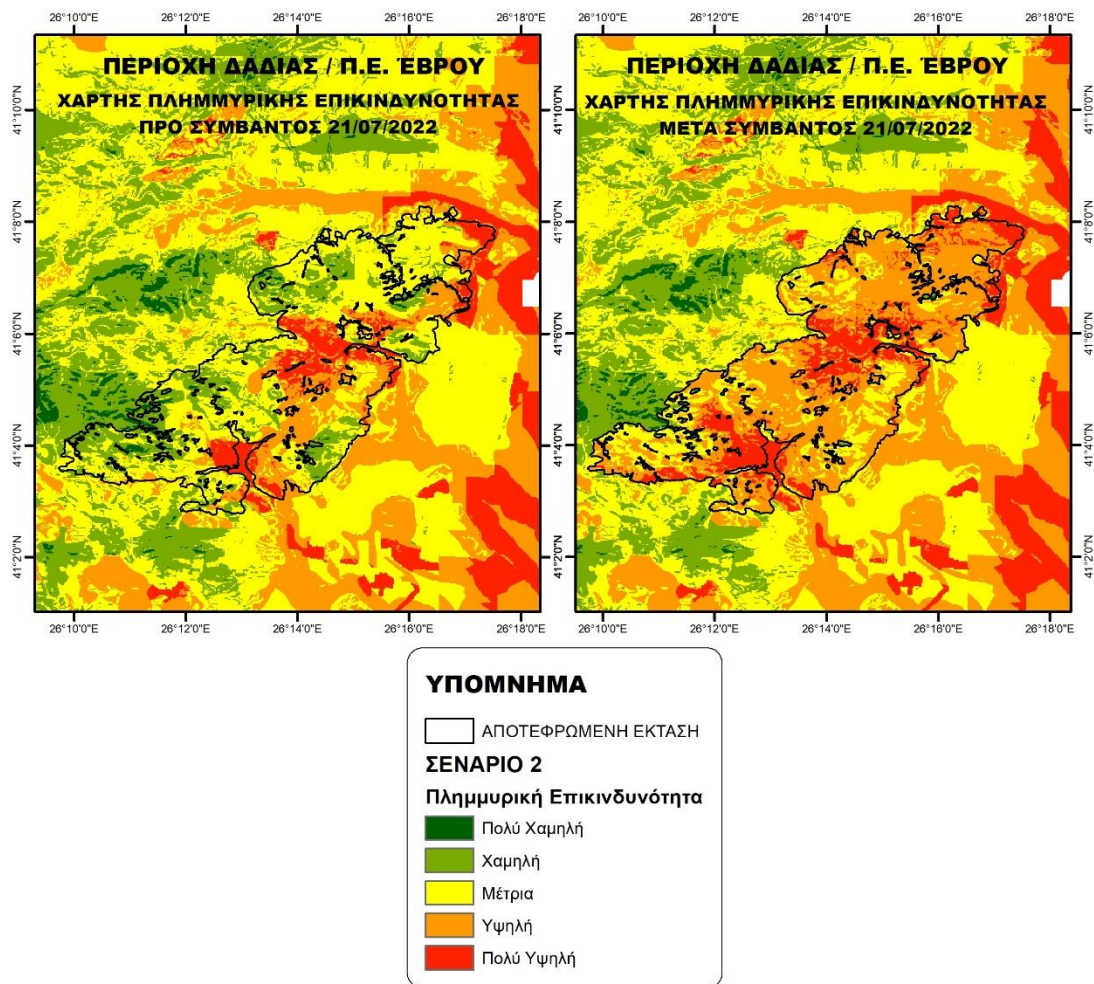
Η κατηγορία της μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας ήταν υψηλότερη στο Σενάριο 5 και ακολουθούσε το Σενάριο 1. Τα δυο αυτά σενάρια πέραν των μεγάλων ποσοστών της μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας παρουσίασαν μικρή έκταση στην πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Επίσης, το σενάριο 1 κατέχει και το μικρότερο ποσοστό έκτασης στην κατηγορία της πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Τα ποσοστά των εκτάσεων της πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι πανομοιότυπα σε αυτά των σεναρίων 3 και 4. Χαρακτηριστικό τους είναι ομοιόμορφη κατανομή μεταξύ των κλάσεων πλημμυρικής επικινδυνότητας.

4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

Η μελέτη των πυρκαγιών πραγματοποιήθηκε για την ανάλυση της επιρροής της μεταβολής των χρήσεων γης στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Επιστημονικά έχει αποδειχθεί ότι οι πυρκαγιές επηρεάζουν τα πλημμυρικά γεγονότα. Έτσι, μελετήθηκαν τα συμβάντα πυρκαγιάς που πραγματοποιήθηκαν στις 21/07/2022 και αυτό στις 23/08/2023. Σύμφωνα με την διαδικασία που περιεγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προέκυψαν οι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για την περιοχή της Δαδιάς στην Π.Ε. Έβρου, ο οποίοι παρουσιάζονται στην Εικόνα 54 για το έτος 2022 και στην Εικόνα 55 για το έτος 2023.

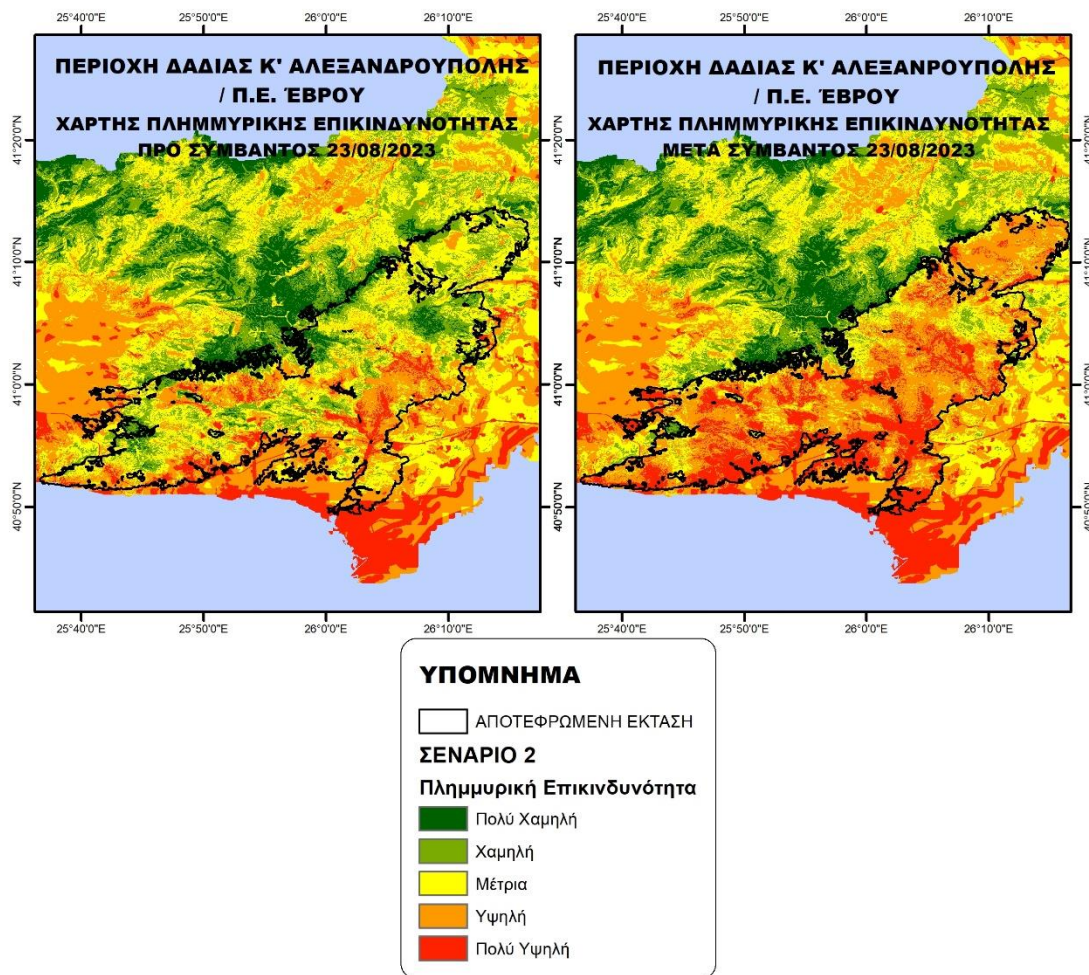
Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 54: Χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας, πυρκαγιάς 21/07/2022 (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας)

Οι δύο χάρτες απεικονίζουν την μεταβολή της πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την χρήση του δεύτερου σεναρίου. Το δεύτερο σενάριο εστιάζει στον παράγοντα των χρήσεων γης, ο οποίος είναι αυτός ο οποίος εξετάζεται στην περίπτωση των αποτεφρωμένων εκτάσεων. Ξεκινώντας από το πρώτο χρονολογικά γεγονός, αυτού του έτους 2022, παρατηρήθηκε ότι η πλημμυρική επικινδυνότητα σε όλη την περιοχή που καταγράφηκε ως καμένη, μεταβλήθηκε σημαντικά. Η περιοχή προ της απανθράκωσής της, παρουσίασε σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο, μέτρια κυρίως επικινδυνότητα, το κεντρικό τμήμα της οποίας, αποτελούταν από την κατηγορία της πολύ υψηλής επικινδυνότητας και περικλειόταν από υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχές. Η δυτική πλευρά της μελετώμενης έκτασης έχει μέτρια προς χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, ενώ η ανατολική μέτρια προς υψηλή. Μετά το πέρας της πυρκαγιάς, η συγκεκριμένη έκταση μετατράπηκε σε υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχή με μεγάλα τμήματα πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας και ορισμένα μικρής έκτασης τμήματα τα οποία ανήκαν στην μέτρια κατηγορία.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης



Εικόνα 55: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, πυρκαγιάς 23/08/2023 (Πηγή: Ιδίου επεξεργασίας).

Το δεύτερο συμβάν δασικής πυρκαγιάς ξεκίνησε στις 23 Αυγούστου του 2023 και διήρκησε 17 ημέρες. Η αποτεφρωμένη έκταση υπολογίστηκε στα 935.000 στρέματα, και προήλθε από την συνένωση δύο πυρκαγιών, μίας που ξεκίνησε από το Δάσος της Δαδιάς και δεύτερης από την Αλεξανδρούπολη. Η βόρεια πλευρά της αποτεφρωμένης έκτασης προ του γεγονότος, υπαγόταν στην κατηγορία της μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας με τμήματα χαμηλής έως και πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας. Το νότιο τμήμα, περιοχή της Αλεξανδρούπολης, αποτελούταν από μέτρια προς υψηλή πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχή. Ορισμένα σημεία υπάγονταν στην πολύ υψηλή κατηγορία επικινδυνότητας, τμήματα κοντά σε υδατορέματα και έντονου ανάγλυφου. Έπειτα από το συμβάν, η πλημμυρική επικινδυνότητα της περιοχής μετατοπίστηκε προς υψηλή και πολύ υψηλή. Τα νοτιότερα τμήματα, πλέον χαρακτηρίζονται ως πολύ επικίνδυνα πλημμυρικά. Παρόλα αυτά, τα «κόκκινα» σημεία του χάρτη επεκτείνονταν σε όλη την έκταση της περιοχής. Τα βόρεια τμήματα αποτέλεσαν περιοχές μέτριας πλημμυρικής επικινδυνότητας, τμήματα των οποίων υπάγονται πλέον στην υψηλή και την πολύ υψηλή πλημμυρική κατηγορία.

4.6 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ

Για την επικύρωση της διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν οι ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ) του Υδατικού διαμερίσματος Θράκης του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας.

Συγκεκριμένα από κάθε σενάριο εξήχθησαν αποκλειστικά οι κατηγορίες της υψηλής και πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας. Για να συμβεί αυτό χρειάστηκαν οι χάρτες raster που προέκυψαν να διανυσματοποιηθούν και να ξεχωρίσουν οι δύο εμπλεκόμενες κατηγορίες. Έπειτα χρειάστηκε να βρεθεί η συνολική επιφάνεια των δύο κατηγοριών του κάθε σεναρίου και των ΖΔΥΚΠ. Για την επικύρωση χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση που προτάθηκε από τους Horritt and Bates (2002) και έχει χρησιμοποιηθεί από διάφορους ερευνητές (π.χ., Zotou et al., 2020), η οποία είναι:

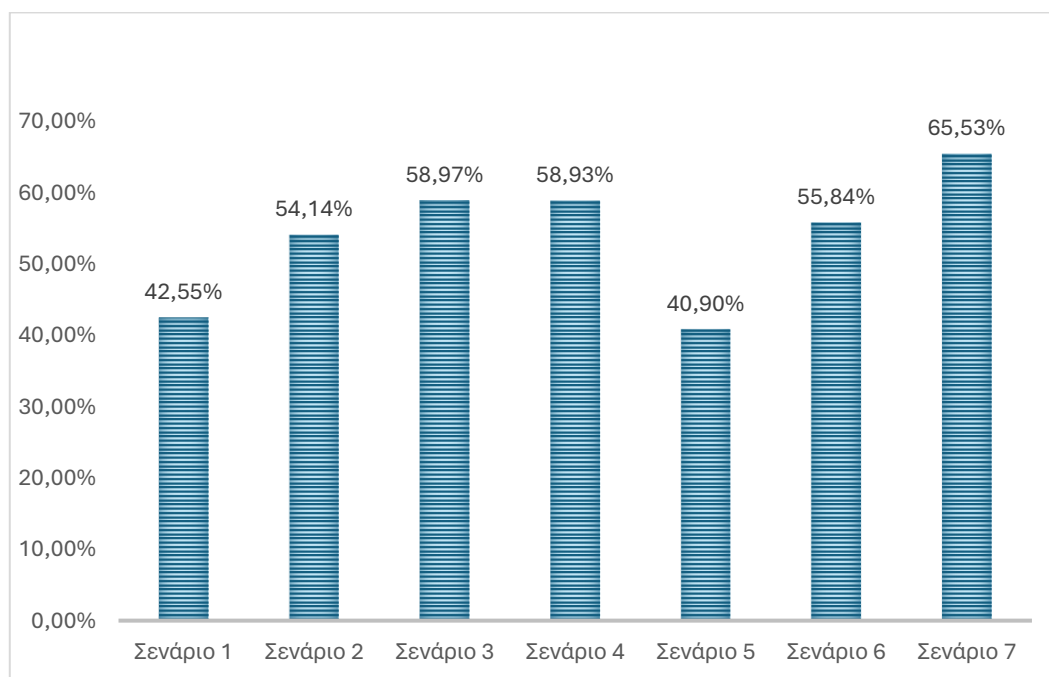
$$F = \frac{(S_{mod} \cap S_{obs})}{(S_{mod} \cup S_{obs})} \times 100$$

Εικόνα 56: Τύπος επικύρωσης Horritt-Bates, 2002.

όπου S_{mod} : Επιφάνεια πλημμυρικά επικίνδυνων περιοχών.

S_{obs} : Επιφάνεια ΖΔΥΚΠ.

Από τις εξαγόμενες επιφάνειες βρέθηκε η τομή τους, η οποία πραγματοποιήθηκε με το εργαλείο «Intersection» του ArcGIS και η ένωση τους, με το εργαλείο «Union». Οι επιφάνειες των τομών και των ενώσεων χρησιμοποιήθηκαν στην παραπάνω εξίσωση, ώστε να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα της μεθόδου. Τα αποτελέσματα για κάθε σενάριο παρουσιάζονται στην Εικόνα 57.



Εικόνα 57: Διάγραμμα επικύρωσης σεναρίων

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Το μεγαλύτερο ποσοστό επικύρωσης εμφάνισε το σενάριο 7, του οποίου σημαντικότερος παράγοντας ήταν η απόσταση από το υδατόρεμα, τα αμέσως επόμενα και με μικρή μεταξύ τους διαφορά, ήταν τα σενάρια 3 και 4, με σημαντικότερους παράγοντες το υψόμετρο και την κλίση αντίστοιχα. Το σενάριο 6 είχε ως υψηλότερης βαρύτητας κριτήριο το τύπο εδάφους και ακολούθησε το δεύτερο με το κριτήριο των χρήσεων γης. Σύμφωνα με την εξίσωση τα σενάρια των κριτηρίων της βροχόπτωσης και της συγκέντρωσης ροής έδειξαν χαμηλά ποσοστά επικύρωσης που ήταν κάτω του 50%.

Το πρώτο σενάριο, αυτό του κριτηρίου του υψομέτρου, ήταν ένα από τα δύο σενάρια που δεν ήταν ικανά να προσεγγίσουν τις ΖΔΥΚΠ. Το γεγονός αυτό οφείλεται στον ίδιο τον παράγοντα της βροχόπτωσης. Όντας ως ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας ενός πλημμυρικού γεγονότος, έρχεται σε αντίθεση με το ίδιο το φαινόμενο. Γενικότερα τα μεγάλα ύψη νετού εντοπίζονται στις περιοχές υψηλού υψομέτρου, εν αντιθέσει με τις χαμηλού υψομέτρου περιοχές. Το φαινόμενο της πλημμύρας εμφανίζεται κυρίως σε πεδινές περιοχές. Η θεώρηση είναι ότι, τα μεγαλύτερα ύψη κατακρήμνιση συνεπάγονται μεγαλύτερο όγκο νερού, ο οποίος είναι πιθανότερο να εκδηλωθεί ως πλημμύρα. Εν μέρει η θεώρηση αυτή είναι σωστή αλλά το ίδιο το φαινόμενο αντιφάσκει με αυτήν. Δηλαδή ενώ είναι άξον σαν κριτήριο συμπεριφέρεται σαν φθίνον. Αποτέλεσμα αυτού είναι να μειώσει κυρίως τις κατηγορίες της πολύ υψηλής και πολύ χαμηλής επικινδυνότητας και να μειώσει λιγότερο τις κατηγορίες της υψηλής και χαμηλής επικινδυνότητας, εντάσσοντας τμήματα αυτών στην μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα.

Στην περίπτωση της συγκέντρωσης της ροής, η οποία ήταν το δεύτερο σενάριο το οποίο δεν ανταποκρίθηκε στην μέθοδο, το πρόβλημα ήταν διαφορετικό. Το κριτήριο που παρήχθη από το Ψηφιακό Μοντέλου Εδάφους, ήταν μία εικόνα, η οποία αποτελούταν από μία ενιαία επιφάνεια και από σειρές κελιών οι οποίες αντιπροσωπεύαν την κίνηση των ανωτέρων κελιών σε αυτά. Όσα περισσότερα κελιά καταλήγουν σε αυτά τόσο μεγαλύτερη ήταν και η τιμή τους. Τα κελιά αυτά καταλάμβαναν μία μικρή επιφάνεια σε σχέση με το σύνολο της εικόνας. Έτσι, η εικόνα αποτελούταν κυρίως από την κατηγορία της κλάσης πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας. Αποτέλεσμα αυτού, ήταν ότι όσο περισσότερο αυξανόταν η επικινδυνότητα της κατηγορίας τόσο περισσότερο επιδρούσε το κριτήριο, μειώνοντας την, εκτός από την κατηγορία της πολύ χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας όπου έδρασε προσθετικά. Για το λόγο αυτό και το πολύ χαμηλό ποσοστό πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Το ποσοστό των σεναρίων 3 και 4 υπολογίστηκε και είχε απόκλιση 0,036%. Τα σενάρια είχαν ως κριτήρια σημαντικότητας το υψόμετρο και την κλίση αντίστοιχα. Το παράγωγο της κλίσης προήλθε από το Ψηφιακό Μοντέλου Εδάφους. Αποτελούν και τα δύο κριτήρια γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό του εδάφους και σχετίζονται με την απομάκρυνση των υδάτων. Μεταξύ τους σχετίζονται καθώς οι αυξημένες κλίσεις βρίσκονται και σε μεγαλύτερα υψόμετρα και αντίστοιχα οι μειωμένες κλίσεις βρίσκονται σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου. Οι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας που παρήχθησαν από τα κριτήρια έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά, κατατάσσοντας παρόμοια την πλημμυρική επικινδυνότητα στον χάρτη. Για τον λόγο αυτό και ο βαθμός επικύρωσης τους είναι σχεδόν πανομοιότυπος.

Παρόμοια κατάσταση αντιμετωπίστηκε και στα σενάρια 5 και 6, των κριτηρίων χρήσεων γης και τύπου εδάφους. Η απόκλιση τους υπολογίστηκε στα 1,71%. Τα δύο κριτήρια όπως προαναφέρθηκε σχετίζονται με την διηθητική ικανότητα και την επιφανειακή απορροή υδάτων. Οι χάρτες τους δεν παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά, παρόλα αυτά τα κριτήρια έχουν κοινά χαρακτηριστικά.

Το σενάριο που αποδεικνύεται ως το ακριβέστερο, καθώς αναγνώρισε καλύτερα τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας είναι το σενάριο 7. Το συγκεκριμένο σενάριο έδωσε

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

βαρύτητα στο κριτήριο της απόστασης από το υδατόρεμα. Παρατηρήθηκε ότι το συγκεκριμένο κριτήριο έπαιξε σημαντικό ρόλο σε όλα τα σενάρια, καθώς οι περιοχές που κατατάχθηκαν στην κατηγορία της πολύ υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας αφορούσαν αυτό. Επίσης ανέδειξε καλύτερα από όλα τα άλλα σενάρια την πλημμυρική επικινδυνότητα στην πεδιάδα του Έβρου. Αυτά τα δύο συμπεράσματα καθιστούν το σενάριο αυτό ως το καταλληλότερο. Επίσης ο συγκεκριμένος παράγοντας αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρήσιμος στην ανάδειξη της κατηγορίας πολύ υψηλής πλημμυρική επικινδυνότητας.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πρόβλημα της πλημμυρικής επικινδυνότητας αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα, καθώς η πρόβλεψη και η αποφυγή ενός πλημμυρικού γεγονότος είναι αδύνατη. Οι χάρτες κινδύνου, επικινδυνότητας και διακινδύνευση πλημμύρας αποσκοπούν στην έγκαιρη προειδοποίηση, στον μετριασμό των δυνητικών επιπτώσεων και στην άμεση αποκατάσταση των ζημιών. Η οδηγία 2007/60/ΕΚ, αποτελεί συμπληρωματική οδηγία της 2000/60/ΕΚ και αποσκοπεί στην θέσπιση πλαισίου του κινδύνου πλημμύρας για τα κράτη μέλη της Ε.Ε., με απώτερο σκοπό τον μετριασμό των αρνητικά δυνητικών επιπτώσεων πλημμύρας.

Το σύνθετο πρόβλημα της πλημμύρας έχει αξιολογηθεί με πληθώρα μεθοδολογιών και κριτηρίων. Ιδιαίτερη προτίμηση για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος δείχνουν πολλοί μελετητές στην πολυκριτηριακή ανάλυση και πολλοί από αυτούς χρησιμοποίησαν την ΑΗΡ για να βρουν λύση για τον προσδιορισμό ευάλωτων πλημμυρικά περιοχών.

Η ποικιλία απόψεων πάνω στην αξιολόγηση των δυνητικά απειλούμενων περιοχών πλημμύρας προκαλεί «σύγχυση», καθώς δεν έχει καταστεί κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος. Οι ερευνητικές εργασίες χρησιμοποίησαν μεθοδολογίες άλλων εργασιών, είτε πρότειναν νέες μεθοδολογίες για την πλημμυρική επικινδυνότητα. Κάθε ερευνητική εργασία αξιολογεί τον προσδιορισμό των δυνητικά επικίνδυνων πλημμυρικά περιοχών, βάσει των ίδιων των ερευνητών. Το πλήθος των μεθοδολογιών και τα ποικίλα κριτήρια για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας οδήγησαν σε ορισμένα συμπεράσματα. Αρχικά, το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας που αναλύθηκε χρησιμοποίησε κριτήρια, τα οποία περιέγραφαν μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής,

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

τα οποία σχετίζονται με την κίνηση των επιφανειακών υδάτων και την ταχύτητα απομάκρυνση τους. Η πλειοψηφία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης χρησιμοποίησε κάποιον παράγοντα ενεργοποίησης, δηλαδή παράγοντα βροχόπτωσης και υγρασίας, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την ποσότητα του νερού που εναποτίθεται στην επιφάνεια του εδάφους, η τον κορεσμό του. Το χαρακτηριστικό της διηθητικότητας αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου προβλήματος, καθώς είναι αντίστροφη ιδιότητα της επιφανειακής απορροής, η αύξηση της οποίας συντελεί στην αύξηση της πιθανότητας πλημμυρικού συμβάντος. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά αυτά, καθορίστηκαν και τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, τα οποία ήταν το υψόμετρο, η κλίση, η ένταση βροχόπτωσης, οι χρήσεις γης, ο τύπος εδάφους, η απόσταση από το υδατόρεμα και η συσσώρευση ροής.

Τα κριτήρια αυτά βάσει της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας μεταβλήθηκαν ως προς το συντελεστή βαρύτητάς τους, με σκοπό την διερεύνηση της ποσότητας επιρροής τους στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Για τον σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν τα επτά σενάρια πλημμυρικής επικινδυνότητας, τα οποία είχαν ως σημαντικότερο παράγοντα έναν από τους επτά σε κάθε σενάριο. Μέσα από την εναλλαγή των συντελεστών βαρύτητας των παραγόντων προέκυψαν κάποια συμπεράσματα.

Αρχικά, οι παράγοντες της κλίσης και του υψομέτρου κατάφεραν να προσδιορίσουν τις ευρύτερες ζώνες των πλημμυρικά επικίνδυνων περιοχών. Αποτελούν αύξοντα κριτήρια και είναι μορφολογικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου. Ως χαρακτηριστικά του ανάγλυφου, επηρεάζουν την ροή και την κατεύθυνση του νερού πάνω στην επιφάνεια του εδάφους. Έτσι, δίνουν μία πρώτη «κατεύθυνση» των περιοχών που κινδυνεύουν περισσότερο από πλημμύρες, καθώς σχετίζονται με την κατακράτηση η κύλιση των υδάτων.

Το κριτήριο της βροχόπτωσης αποτελεί σημαντικό κριτήριο πλημμυρογένεσης. Παρόλα αυτά, σαν γενική «εικόνα», η συμπεριφορά του έρχεται σε αντιπαράθεση με τα χαρακτηριστικά των πλημμυρικά ευάλωτων περιοχών. Εξίσου, στην βιβλιογραφία η βαρύτητα που δινόταν από τους μελετητές στο κριτήριο της βροχόπτωσης ήταν χαμηλή.

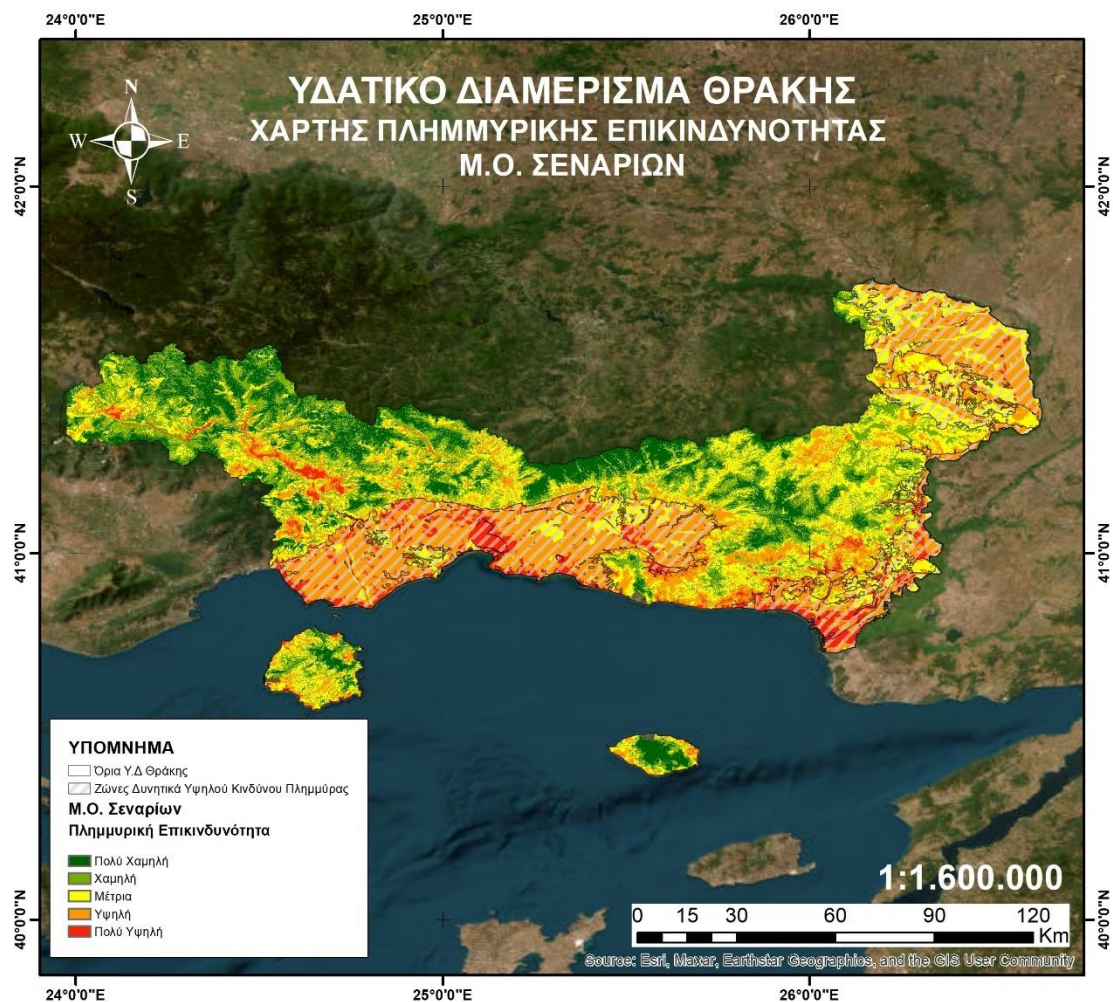
Ο παράγοντας της συσσώρευσης δίνει το στοιχείο της κατεύθυνσης των επιφανειακών υδάτων. Όμως το αποτέλεσμα του αποδίδεται σε μία εικόνα, η οποία επικρατεί μόνο μία τιμή. Στην πραγματικότητα επικρατεί όλο το εύρος των τιμών, όμως τα εικονοστοιχεία που καταλαμβάνουν οι υπόλοιπες τιμές είναι ελάχιστα. Το αποτέλεσμα είναι να μειώνει την πλημμυρική επικινδυνότητα, κυρίως στις υψηλότερης επικινδυνότητας περιοχές. Για τον λόγο αυτό επιλέγεται και από πολλούς να είναι χαμηλής βαρύτητας παράγοντας.

Οι παράγοντες των χρήσεων γης και των τύπων εδάφους αφορούν κριτήρια, που χαρακτηρίζονται για την διηθητική ικανότητα της ανώτερης και της κατώτερης στρώσης του εδάφους. Η διηθητική ικανότητα είναι αντίστροφη της επιφανειακής απορροής, καθώς ο όγκος του νερού που δεν διηθείται μετατρέπεται σε επιφανειακή απορροή. Η επιφανειακή απορροή είναι χαρακτηριστικό της πλημμυρογένεσης. Στην πλημμυρική επικινδυνότητα οι παράγοντες προσδιορίζουν συγκεκριμένες περιοχές της ευρύτερης περιοχής, οι οποίες είναι πλημμυρικά επιρρεπείς και χαρακτηρίζονται από χαμηλή διηθητικότητα.

Τελευταίο είναι το κριτήριο της «απόστασης από το υδατόρεμα». Το συγκεκριμένο κριτήριο αποτελεί παράγωγο του κριτηρίου της συσσώρευσης της ροής. Εντοπίζει το υδρογραφικό δίκτυο και καθορίζει την απόσταση από την οποία επηρεάζονται περισσότερο οι περιοχές από την υπερχειλίση του τμήματος του δικτύου. Αποδείχθηκε ότι είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάδειξη των περιοχών υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, δίνοντας μεγάλη βαρύτητα στην συγκεκριμένη κατηγορία.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Η Εικόνα 58 παρουσιάζει τις πλημμυρικά ευάλωτες περιοχές του Υ.Δ. Θράκης, όπως προέκυψαν από το σύνολο των κριτηρίων. Ο συγκεκριμένος χάρτης είναι ο Μ.Ο. των επτά σεναρίων πλημμυρικής επικινδυνότητας.



Εικόνα 58: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης, βάσει τον μέσο όρο όλων των σεναρίων που εξετάστηκαν.

Το Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης ανέδειξε ως δυνητικά υψηλού κινδύνου περιοχές τις πεδινές και ιδιαίτερη αυξημένη πλημμυρική επικινδυνότητα παρουσίασαν περιοχές κοντά σε υδάτινες επιφάνειες, όπως ποταμούς, ρέματα, λίμνες και θάλασσες. Συγκεκριμένα, οι απειλούμενες περιοχές του διαμερίσματος καθορίστηκαν ως η πεδιάδα Ξάνθης-Κομοτηνής, που αποτελεί μεγάλο τμήμα πεδινής έκτασης αποτελούμενη από γεωργικές εκτάσεις και τα αστικά κέντρα των δύο πόλεων, που θα επηρεαστούν περισσότερο και η πεδιάδα του Έβρου ποταμού, η οποία εκτείνεται κατά μήκος του τμήματος του ποταμού που διατρέχει την χώρα έως τις εκβολές του. Στην πεδιάδα βρίσκεται η πόλη της Ορεστιάδας και του Διδυμοτείχου, οι οποίες διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο εξαιτίας των ποταμών Άρδα και Ερυθροπόταμου, αντίστοιχα, όπως επίσης οι περιοχές του Σοφικού, του Σουφλίου και της Δαδιάς, περιοχές κοντά στον διασυνοριακό ποταμό Έβρο. Το νότιο τμήμα της πεδιάδας απαρτίζεται από την πόλη της Αλεξανδρούπολης, η ευρύτερη περιοχή της οποίας αποδείχθηκε ως πολύ υψηλή πλημμυρικής επικινδυνότητας. Περιοχές δυνητικά υψηλού κινδύνου πλήμμυρας αναδείχθηκαν και περιοχές κοντά στον Νέστο ποταμό και ιδιαίτερα στα υψηλότερα τμήματά του. Περιοχές σε μικρή απόσταση από τους ποταμούς Εχίνος και Κομψατός κρίθηκαν ως υψηλής επικινδυνότητας, όπως και του Ερυθροπόταμου. Γενικότερα, οι περιοχές που διασχίζονται από ποταμούς

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

αξιολογήθηκαν ως υψηλής επικινδυνότητας. Η Βόρεια πλευρά του διαμερίσματος αναδείχθηκε ως χαμηλής επικινδυνότητας, αποτελεί τον ορεινό όγκο της περιοχής, στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Οι νησιωτικές περιοχές και κυρίως η Θάσος παρουσίασαν επικινδυνότητα κυρίως σε παραθαλάσσιες περιοχές και σε τμήματα ρεμάτων, χαρακτηριστικό των οποίων ήταν η ροή υδατόρεματος.

Οι χρήσεις γης είτε κάλυψη γης, όπως συναντάται και σε πολλές περιπτώσεις στην βιβλιογραφία, είναι ένας από τους σημαντικούς παράγοντες για την εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι μεταβολές των χρήσεων γης σε ένα τμήμα της περιοχής, μπορεί να φανεί «μοιραίο» για την δημιουργία πλημμυρικού συμβάντος. Οι πυρκαγιές αποτελούν και αυτές τύπο φυσικών καταστροφών και αποδεικνύεται ότι σχετίζονται με το φαινόμενο της πλημμύρας, καθώς μεταβάλλουν την σύσταση του εδάφους, το οποίο έχουν αποτεφρώσει μειώνοντας την διηθητική ικανότητα του και ενισχύοντας την επιφανειακή απορροή. Με αφορμή τις δύο μεγάλες πυρκαγιές που συνέβησαν στην Π.Ε. Έβρου, στην περιοχή της Δαδιάς τα έτη 2022 και 2023 αναλύθηκε η επιρροή της μεταβολής χρήσεων γης από κυρίως δασική έκταση σε αποτεφρωμένη. Ως αποτέλεσμα, η πλημμυρική επικινδυνότητα και στις δύο περιπτώσεις μεταβλήθηκε από χαμηλή και μέτρια σε υψηλή και πολύ υψηλή. Έτσι, η μεταβολή των χρήσεων γης μεταβάλλει άμεσα την πλημμυρική επικινδυνότητα, καθώς θεωρήθηκε ένας από τους βασικότερους παράγοντες της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ανδρικοπούλου, Θ. (2019). *Ολοκληρωμένη προσέγγιση στην εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου – Η περίπτωση του Πηνειού Ποταμού*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2019.

Αχίλλας, Χ., Μπανιάς, Γ., (2012). Επισκόπηση Χρήσης Μεθόδων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης ως εργαλείο υποβοήθησης του λήπτη απόφασης.
https://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOT ERA_SEMINARIA/METRSHS_APODOSHS/analysis_c.pdf

Γκόφας, Α. (2001). *Εγχειρίδιο δασοπροστασίας*. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδη.

Γρίβα, Μ. (2021). *Ανάλυση χωρικής πλημμυρικής επικινδυνότητας στη περιοχή Τυμπακίου Κρήτης*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Διπλωματική Εργασία, Χανιά 2021.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Δεβελέκου, Μ. (2020). *Εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου στο Βορειοδυτικό τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας Ηρακλείου*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2020.
- Δήμος, Κ. (2018). *Μελέτη πλημμυρικών φαινομένων του ποταμού Έβρου*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Θεσσαλονίκη 2018.
- Διακάκης, Μ. (2012). *Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας με τη Χρήση Μοντέλων Προσομοίωσης*. Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 2012.
- Κάβουρας, Μ., Δάρρα, Α., Κόκλα, Μ., Κονταξάκη, Σ., Πανόπουλος, Γ., & Τομαή, Ε. (2016). *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Ειδικά Θέματα [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <https://hdl.handle.net/11419/6381>.
- Καλύβας, Δ. και Παπαευσταθίου Ν. (1995). *Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.)*. Πυρφόρος.
- Καπετανίδης, Κ. (2023). *Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Νομό Αττικής*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Τοπογράφων και Αγρονόμων Μηχανικών-Μηχανικών Γεωπληροφορικής, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2023.
- Κατέρης, Μ., 1994. *Τηλεπισκόπηση φυσικών πόρων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, τόμος Ι*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 1994.
- Κατιρτζίδης, Α. (2015). *Διαχείριση κινδύνου στις παράκτιες περιοχές από ακραία φαινόμενα πλημμύρας από τη θάλασσα*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Θεσσαλονίκη 2015.
- Λέκκας, Ε., Λ. (2000). *Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Αθήνα 2000.
- Λιτσίου, Τ. (2020). *Επικινδυνότητα πλημμύρας και αστική ανθεκτικότητα*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Ερευνητική Εργασία, Θεσσαλονίκη 2020.
- Μερταράκη, Ι. (2016). *Προσδιορισμός πλημμυρικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα με χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον ΓΣΠ*. Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Χανιά 2016.
- Μητρόπουλος, Π. (2007). *Πολυκριτηριακή Ανάλυση στη λήψη αποφάσεων για την χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την κατανομή πόρων*. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πάτρα 2007. <https://docplayer.gr/52273581-Plimmyres-antiplimmyrika-erga.html>.
- Μουσάδης, Ι. (2018). *Ανάπτυξη και εφαρμογή ολοκληρωμένης μεθοδολογίας σε περιβάλλον GIS για τον καθορισμό ευάλωτων σε πλημμύρες περιοχών «Η περίπτωση της Αττικής»*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2018.
- Μπέλλος, Β. (2015). *Προσομοίωση Πλημμύρας σε Φυσικό Ανάγλυφο για την Εκτίμηση Πλημμυρικού Κινδύνου*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 2015.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Παππά, Μ. (2012). *Καταγραφή πλημμυρών και εκτίμηση πλημμυρικής επιδεκτικότητας με τη βοήθεια της τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ-GIS). Ένα παράδειγμα από την ΒΑ. Χαλκιδική*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Διατριβή Ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη 2012.
- Πιπίνη, Μ. (2017). *Διερεύνηση πλημμυρικού κινδύνου σε περιοχή του Ποταμού Καλαμά*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2017.
- Ράμπιας, Ε. (2007). *Υδραυλική προσομοίωση ποταμού Αλιάκμονα με χρήση του μοντέλου HEC-RAS*. Μεταπτυχιακή εργασία ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Αθήνα 2007.
- Πλεμμενού, Γ. (2022). *Αξιολόγηση του πλημμυρικού κινδύνου στην Καλαμάτα*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2022.
- Σιαμπίρη, Α. (2010). *Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Αξιολόγησης», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*. Σχολή Θετικών Επιστημών, Οργάνωση και Διοίκηση Επιχειρήσεων, Μεταπτυχιακή Εργασία, Αθήνα 2010.
- Σιδηροπούλου, Δ. (2011). *Πολυκριτηριακή ανάλυση στη λήψη απόφασης για την χωροθέτηση Γενικού Νοσοκομείου. Εφαρμογή στο Ν. Θεσσαλονίκης με χρήση ΓΣΠ*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Θεσσαλονίκη 2011.
- Σούρλας, Μ. (2021). *Εκτίμηση της πλημμυρικής επιδεκτικότητας με τη χρήση τεχνικών της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών – Η περίπτωση της ΒΑ περιοχής του νομού Κορινθίας*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2021.
- Τσιχριντζής, Β., Α. (1999). *Οικολογική Μηχανική και Τεχνολογία – Τόμος Ι: Διαχείριση απορροής, ρύπων και φερτών*. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Οικολογικής Μηχανικής και Τεχνολογίας, Ξάνθη 1999.
- Χαλαστάνη, Μ. (2022). *Επίδραση των δασικών πυρκαγιών στο πλημμυρικό καθεστώς λεκανών απορροής της Βόρειας Εύβοιας: Η περίπτωση του Αχλαδορέματος*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών-Μηχανικών Γεωπληροφορικής, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2022.
- Χαλκιάς, Χ. (2007). *Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ΙΙ*. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Αθήνα 2007.
- Χατζηδάκη, Α. (2013). *Πολυκριτηριακή Ανάλυση σε περιβάλλον GIS για την χαρτογράφηση της πλημμύρας στην Βόρεια Ελλάδα*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Διπλωματική Εργασία, Βόλος 2013.

Διεθνής Βιβλιογραφία

Abdel Hamid, H.T., Wenlong, W., Qiaomin, L., (2020). Environmental sensitivity of flash flood hazard using geospatial techniques. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(1): 31-46. <https://doi.org/10.22034/GJESM.2020.01.03> .

Chakraborty, S., Mukhopadhyay, S. Assessing flood risk using analytical hierarchy process (AHP) and geographical information system (GIS): application in Coochbehar district of West Bengal, India. *Natural Hazards* 99, 247–274 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03737-7>.

Chen, YR., Yeh, CH. & Yu, B. Integrated application of the analytic hierarchy process and the geographic information system for flood risk assessment and flood plain management in Taiwan. *Natural Hazards* 59, 1261–1276 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9831-7>.

Feloni E, Mousadis I, Baltas E. Flood vulnerability assessment using a GIS-based multi-criteria approach—The case of Attica region. *Journal of Flood Risk Management*. 2020;13 (Suppl. 1):e12563. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12563>.

Hagos, Y.G., Andualem, T.G., Yibeltal, M. et al. Flood hazard assessment and mapping using GIS integrated with multi-criteria decision analysis in upper Awash River basin, Ethiopia. *Applied Water Science* 12, 148 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01674-8>.

Horritt, M. S., & Bates, P. D. (2002). Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *Journal of Hydrology*, 268(1–4), 87–99. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00121-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00121-X).

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

- Kourgialas, N., N., & Karatzas, G., P. (2017). A national scale flood hazard mapping methodology: The case of Greece – Protection and adaptation policy approaches. *Science of the Total Environment*, 601–602, 441–452. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.197>.
- Nektarios N. Kourgialas & George P. Karatzas (2011) Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study, *Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques*, 56:2, 212-225, <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.555836>.
- Mimikou, M. A. (2005). WATER RESOURCES IN GREECE : PRESENT AND FUTURE. In *Global NEST Journal* (Vol. 7, Issue 3), Athens 2005.
- Morea, H., Samanta, S. Multi-criteria decision approach to identify flood vulnerability zones using geospatial technology in the Kemp-Welch Catchment, Central Province, Papua New Guinea. *Applied Geomatics* 12, 427–440 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12518-020-00315-6>.
- Ouma YO, Tateishi R. Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment. *Water*. 2014; 6(6):1515-1545. <https://doi.org/10.3390/w6061515>.
- Rincón, D., Khan, UT., Armenakis, C. Flood Risk Mapping Using GIS and Multi-Criteria Analysis: A Greater Toronto Area Case Study. *Geosciences*. 2018; 8(8):275. <https://doi.org/10.3390/geosciences8080275>.
- Russell, W.H. and McBride, J.R., 2001. The relative importance of fire and watercourse proximity in determining stand composition in mixed conifer riparian forests. *Forest Ecology and Management*, 150(3), pp.259-265. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00586-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00586-7).
- Saaty, R., W. (1987). The Analytic Hierarchy Process – What it is and how it is used. *Journal of Mathematical Modelling*, Vol. 9, Issues 3-5, p. 161-176, USA 1987. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).
- Selvam, R.A., Antony Jebamalai, A.R. Application of the analytical hierarchy process (AHP) for flood susceptibility mapping using GIS techniques in Thamirabarani river basin, Srivaikundam region, Southern India. *Natural Hazards* 118, 1065–1083 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06037-3>.
- Stefanidis, S., and Stahis, D. (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Journal of Natural Hazards*, Volume 68, pages 569–585. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-013-0639-5>.
- van Herwijnen, M., Rietveld, P. (1999). Spatial Dimensions in Multicriteria Analysis. Book “Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis- A Geographic Information Sciences Approach. <https://doi.org/10.4324/9780429436628>.
- Voogd, J. H. (1982). Multicriteria evaluation for urban and regional planning. [Phd Thesis 1 (Research TU/e / Graduation TU/e), Built Environment]. Delftsche Uitgevers Maatschappij. <https://doi.org/10.6100/IR102252>
- 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. *Journal of Water Resources Management*, 25(13):3465-3484. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-011-9866-2>.
- Yeganeh N., Sabri S., (2014). Flood vulnerability assessment in Iskandar Malaysia using multi-criteria evaluation and fuzzy logic. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 8(16):1794–1806. <http://dx.doi.org/10.19026/rjaset.8.1167>.

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

Zotou, I., Bellos, V., Gkouma, A. et al. Using Sentinel-1 Imagery to Assess Predictive Performance of a Hydraulic Model. *Water Resources Management* 34, 4415–4430 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02592-7>.

Διαδικτυακές Πηγές

<https://www.ipcc.ch/>

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

<https://emergency.copernicus.eu/>

<https://cds.climate.copernicus.eu/>

<https://land.copernicus.eu/>

<https://spacedata.copernicus.eu/>

<https://ypen.gov.gr/>

<https://www.fao.org/>

<https://www.researchgate.net/>

<https://link.springer.com/>

https://www.pdm.gov.gr/wp-content/uploads/2022/10/Adaptive_Greece_Sylliris-Nikolaos.pdf

<https://www.mirc.ntua.gr/natural-disasters-metsovo/natural-disasters>

<https://wfdver.ypeka.gr/el/home-gr/>

<http://kpe-elefs.att.sch.gr/2017-18/Eliefsina%20Presentation%20Diakakis.pdf>

<https://www.emdat.be/>

https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el

<https://ourworldindata.org/>

<https://ourworldindata.org/natural-disasters>

<https://www.history.com/news/worlds-most-catastrophic-floods-in-photos>

<https://disasterpreparedness.org/disaster-preparedness-flood-disaster-plan/flood-information-worst-floods-in-history/>

<https://www.valuewalk.com/top-10-deadliest-floods-world-history/>

<https://www.eea.europa.eu/en>

https://ikee.lib.auth.gr/record/325100/files/LITSIOYTZENH881_EE.pdf

http://edu.chi.civil.ntua.gr/site-LESSONS/HTML_PLIMIRES/PERIEXOMENO/Prosthetes_simioseis_GREECE.htm

<http://www.4862.syzefxis.gov.gr/index.php/9-lekanes-aporrois-potamon/5-xartis-lekanon-aporrois-potamon>

http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/DASIKA/Forests/Forests1.htm

<https://www.meteoblue.com/el/%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CF%8C%CF%82/historyclimate/climatemodelled/%ce%91%ce%bd%ce%b1%cf%84%ce%bf%ce%bb%ce%b9%ce%ba%ce%ae-%ce%9c%ce%b1%ce%ba%ce%b5%ce%b4%ce%bf%ce%bd%ce%af%ce%b1->

Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υ.Δ. Θράκης

https://www.statistics.gr/%ce%ba%ce%b1%ce%b9-%ce%98%cf%81%ce%ac%ce%ba%ce%b7_%ce%95%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1_6697803

<https://www.statistics.gr/>

<https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>

<https://www.arcgis.com/index.html>

<http://journals.lib.ntua.gr/index.php/pyrforos/article/download/484/474>

<https://www.newsbomb.gr/ellada/story/1466767/ellada-oi-7-pio-fonikes-plimmyres-stin-istoria-tis-xoras>

<https://eleftherostypos.gr/istories/837356-to-apotypoma-tis-fysis-oi-katastrofikes-plimmyres-poy-sygklonisan-tin-ellada>

http://edu.chi.civil.ntua.gr/site-LESSONS/HTML_PLIMIRES/PERIEXOMENO/Prosthetes_simioseis_GREECE.htm

<https://www.newsbeast.gr/greece/arthro/7864456/kakokairia-ianos-oi-epistimones-lene-pos-itan-o-ischyroteros-kyklonas-sti-mesogeio-apo-ta-mesa-tou-20ou-aiona>

<https://www.cnn.gr/ellada/story/382087/apo-tin-evrydiki-ston-daniel-oi-xeiroteres-plimmyres-tis-20etias-i-katastrofi-se-arithmoys>

<https://pure.tue.nl/ws/files/3744610/102252.pdf>