

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ



Τμήμα Μηχανικών
Χωροταξίας,
Πολεοδομίας και
Περιφερειακής
Ανάπτυξης

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου από φαινόμενα μεγάλης έντασης και μικρής διάρκειας (cloud burst) σε αστικές περιοχές. »

«Estimation of flood risk caused by high intensity and short duration phenomena (cloud burst) in urban areas. »

Εκπόνηση: Μπέη Παρασκευή

Υπό την επίβλεψη των: Ασπρογέρακας Ε., Μανέτος Π.

ΒΟΛΟΣ, 2023

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

Ασπρογέρακας Ευάγγελος - Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας - Διευθυντής Εργ. Τουριστικού Σχεδιασμού, Έρευνας και Πολιτικής

Μανέτος Παναγιώτης - Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ) στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας - Δρ. Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Γεμενετζή Γεωργία - Επίκουρη Καθηγήτρια στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας - Αρχιτέκτων Μηχανικός / Πολεοδομικός Προγραμματισμός-Σχεδιασμός

Χριστοπούλου Όλγα – Καθηγήτρια στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας - Ανάπτυξη και Προστασία Αγροτικού & Ορεινού Χώρου

ΔΗΛΩΣΗ

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λπ., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ημερομηνία: 03/07/2023

Ονοματεπώνυμο: Μπέη Παρασκευή

Υπογραφή:

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί σοβαρή απειλή για τον πλανήτη. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν γίνει ήδη αισθητές και πιθανόν να γίνουν εντονότερες. Οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν το φυσικό περιβάλλον και μεταβάλλουν την κατανομή και τη ποσότητα της βροχής ως συνέπεια της διαταραχής του κύκλου του νερού προκαλώντας αύξηση των έντονων πλημμυρικών φαινομένων. Έτσι, δημιουργούνται περιοχές ευάλωτες σε φυσικούς κινδύνους και κρίνεται απαραίτητος ο σχεδιασμός των πόλεων για την πρόληψη και τον μετριασμό του φυσικού κινδύνου ώστε να μην μετατραπεί σε επικίνδυνη φυσική καταστροφή.

Οι πλημμύρες είναι ένας ευρέως διαδεδομένος φυσικός κίνδυνος που προκαλεί σημαντικές ζημιές σε περιουσίες, ανθρώπους και περιβάλλον. Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, η σύνδεση του χωρικού σχεδιασμού με τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία ως προσέγγιση για τον μετριασμό των κινδύνων πλημμύρας. Η έλλειψη εύκολης πρόσβασης σε ολοκληρωμένες, ποιοτικές πληροφορίες και η έλλειψη τεχνολογίας και εργαλείων για τη χρήση των πληροφοριών είναι μεταξύ των παραγόντων που εμποδίζουν την ενσωμάτωση αυτή.

Στόχος της εργασίας είναι η εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας από έντονα καιρικά φαινόμενα μεγάλης έντασης και μικρής διάρκειας με την προσέγγιση και εφαρμογή ενός εργαλείου βασισμένο στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών. Αυτό το εργαλείο-μοντέλο, είναι μια μέθοδος που συμβάλλει στον εντοπισμό ευαίσθητων περιοχών ορίζοντας ως μπλε σημεία τμήματα αυτών, όπου η πιθανότητα πλημμύρας είναι σχετικά υψηλή και όπου οι συνέπειές της είναι σημαντικές. Μέσα από το εργαλείο αυτό μπορούν να ληφθούν μέτρα για τη διαχείριση των πλημμυρικών φαινομένων προετοιμάζοντας τις πόλεις για καταστάσεις έκτασης ανάγκης με την αξιολόγηση του κινδύνου για την έγκαιρη πρόληψη ή καλύτερη αντιμετώπιση και μετριασμό των συνεπειών.

🔑 Λέξεις κλειδιά: κλιματική αλλαγή, πλημμύρα, κίνδυνος, διαχείριση, γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, μοντελοποίηση, χωρικός σχεδιασμός

ABSTRACT

Climate change is a serious threat to the planet. The impacts of climate change are already being felt and are likely to become more severe. These changes affect the natural environment and alter the distribution and quantity of rainfall as a consequence of the disruption of the water cycle, causing an increase in intense flooding. This creates areas vulnerable to natural hazards and it is therefore necessary to plan cities to prevent and mitigate natural hazards so that they do not turn into dangerous natural disasters. Floods are a widespread natural hazard that causes significant damage to property, people and the environment. In the context of climate change, the connection of spatial planning with flood risk management has become particularly important as an approach to mitigate flood risks. The lack of easy access to comprehensive, quality information and the lack of technology and tools to use the information are among the factors hindering this integration.

The aim of this work is the assessment of flood risk from severe weather events of high intensity and short duration with the approach and application of a tool based on geographic information systems. The Bluespot model tool is a method that helps to identify sensitive areas by defining as "blue spots" where the probability of flooding is relatively high and where its consequences are significant. Through this tool, measures can be taken to manage flood events by preparing cities for emergency situations by assessing the risk for early prevention or better management of the consequences.

Keywords: climate change, flooding, risk, management, geographic information systems, modelling, spatial planning

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ABSTRACT	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ	x
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	1
ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΩΣ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ.....	3
1.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ.....	3
1.2 Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΩΣ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ	4
1.2.1 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	4
1.2.2 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ	5
1.2.3 ΑΙΤΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ	6
1.2.4 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	10
2.1 ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ 2000/60/ΕΚ – ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	10
2.2 ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ- ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ.....	11
2.2.1 ΔΡΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΗΜΕΡΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ.....	11
2.2.2 ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ.....	12
2.2.3 ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΘΙΓΟΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΚΛΥΣΘΕΙΣΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΚΑΝΗ Π. ΚΗΦΙΣΟΥ (GR06RAK0011).....	13
2.3 ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΓΣΠ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	17
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	17
3.2 ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ.....	17
3.3 ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΑΛΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΑΡΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ-EXCIMAP	17
3.3.1 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	19

3.3.2 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ.....	20
3.3.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΑΙΦΝΙΔΙΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΛΥΟΝΤΑΣ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ «BLUESPOT».....	21
4.1 ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ GIS.....	21
4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - THE BLUE SPOT MODEL	23
4.2.1 ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ	23
4.2.2 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ;	24
4.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΩΡΩΝ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΣΑΝ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ BLUESPOT.....	29
4.3.1 ΔΑΝΙΑ.....	29
4.3.2 ΣΟΥΗΔΙΑ.....	31
4.3.3 ΟΛΛΑΝΔΙΑ.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: Δ.Ε ΜΟΣΧΑΤΟΥ ΚΑΙ Δ.Ε ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	34
5.1 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	34
5.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	35
5.2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	35
5.2.2 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	38
5.2.3 ΚΛΙΜΑ	40
5.2.4 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΜΕΓΕΘΗ	44
5.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	46
5.3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ	46
5.3.2 ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	49
5.3.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ.....	53
5.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ BLUESPOT	56
ΣΤΑΔΙΟ 1: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ BLUESPOTS	56
ΣΤΑΔΙΟ 2: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΟΜΒΩΝ.....	61
ΣΤΑΔΙΟ 3: ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΕΔΙΩΝ.....	62
ΣΤΑΔΙΟ 4: ΣΗΜΕΙΑ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ	62
ΣΤΑΔΙΟ 5: ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68
6.1 ΓΕΝΙΚΑ	68
6.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	74

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές συνέπειες των πλημμυρών	9
Πίνακας 2 Θιγόμενες χρήσεις γης, οικονομικές δραστηριότητες και υποδομές σε 50,100 και 1000 χρόνια (1). Πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (ΕΛ 06) ΦΕΚ 2693 Β / 6.07.2018	13
Πίνακας 3 Θιγόμενες χρήσεις γης, οικονομικές δραστηριότητες και υποδομές σε 50,100 και 1000 χρόνια (2). Πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (ΕΛ 06) ΦΕΚ 2693 Β / 6.07.2018	14
Πίνακας 4 Δημιουργία χαρτών με βάση τη κλίμακα της περιοχής μελέτης. Πηγή: EXCIMAP (2007)	18
Πίνακας 5 Πίνακας θερμοκρασιών στο σταθμό του Ελληνικού (ΕΜΥ)	40
Πίνακας 6 Μέση Μηνιαία Υγρασία στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)	41
Πίνακας 7 Μέσο ύψος και μέσος αριθμός υετού στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)	42
Πίνακας 8 Μέση μηνιαία ένταση και κατεύθυνση ανέμου στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)	43
Πίνακας 9 Μόνιμος Πληθυσμός Δημοτικών Ενοτήτων της Περιφερειακής Ενότητας Νοτίου Τομέα Αθηνών. Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.	44
Πίνακας 10 Χωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία βάσης δεδομένων	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1 Άξονες της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας (Ιδία Επεξεργασία)	12
Γράφημα 2 Εργαλεία της εργαλειοθήκης Hydrology (Ιδία Επεξεργασία)	22
Γράφημα 3 Στάδια εφαρμογής μοντέλου Bluespot	24
Γράφημα 4 Διακύμανση θερμοκρασίας στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)	40
Γράφημα 5 Διακύμανση υγρασίας στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)	41
Γράφημα 6 Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)	42
Γράφημα 7 Μέση μηνιαία ένταση ανέμου στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)	43
Γράφημα 8 Παραγόμενα δεδομένα της περιοχής μελέτης από την εργαλειοθήκη Hydrology	49
Γράφημα 9 Άθροισμα Bluespots για κάθε σενάριο βροχής (Ιδία επεξεργασία)	65

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1 Οριοθέτηση Περιοχής Μελέτης	34
Χάρτης 2 Χάρτης μεταλλικών σχηματισμών λεκανοπεδίου Αθηνών (Παπανικολάου κ.α., 2004)	36
Χάρτης 3 Γεωλογικός χάρτης Λεκανοπεδίου Αθηνών (Αντωνίου, 2002)	37
Χάρτης 4 Κηφισός και Ιλισός. Πηγή: https://www.efsyn.gr/ellada/koinonia/130696_emeis-ta-mprazosame-ayta-se-kathe-neroponti-tha-mas-pairnoyn	38
Χάρτης 5 (Κηφισός, Ιλισός, Ηριδανός και άλλα ρέματα του λεκανοπεδίου, Πηγή: http://www.greekscapes.gr/index.php/2010-01-21-16-47-29/enot/232-marathonas.html)	39
Χάρτης 6 Πληθυσμός Δημοτικών Ενοτήτων Περιφερειακής Ενότητας Νοτίου Τομέα Αθηνών ΕΛ.ΣΤΑΤ (2011), Ιδία επεξεργασία	45
Χάρτης 7 Ισοϋψείς καμπύλες της περιοχής μελέτης. Ιδία επεξεργασία	49
Χάρτης 8 Εξάλλιψη κοιλοτήτων του DEM της περιοχής μελέτης (Fill)	50
Χάρτης 9 Κατεύθυνση Ροής (Flow Direction). Ιδία επεξεργασία	51
Χάρτης 10 Τοπικές Λεκάνες Απορροής (Basins). Ιδία επεξεργασία	51
Χάρτης 11 Συσσώρευση Ροής (Flow Accumulation). Ιδία επεξεργασία	52
Χάρτης 12 Υδρογραφικό Δίκτυο (Stream to Feature). Ιδία επεξεργασία	52
Χάρτης 13 Ταξινόμηση Υδρογραφικού Δικτύου (Stream Order). Ιδία επεξεργασία	53
Χάρτης 14 Χρήσεις γης της περιοχής μελέτης. Ιδία επεξεργασία	54
Χάρτης 15 Κατανόηση της κατεύθυνσης ροής. Ιδία επεξεργασία	57

Χάρτης 16 Identify Bluespot Features. Ιδία επεξεργασία	58
Χάρτης 17 Σημεία εκροής και τοπικές λεκάνες απορροής	59
Χάρτης 18 Βάθη των Bluespots με χρωματική διαβάθμιση. Ιδία επεξεργασία	60
Χάρτης 19 Κατάντη ροή από ένα Bluespot στο αμέσως χαμηλότερο υψομετρικά Bluespot. Ιδία επεξεργασία	61
Χάρτης 20 Δημιουργία κόμβων μεταξύ των ροών. Ιδία επεξεργασία	62
Χάρτης 21 Χρωματική διαβάθμιση πλήρωσης bluespot ανάλογα με το σενάριο βρόχης. Ιδία επεξεργασία	65
Χάρτης 22 Χρήσεις γης που επηρεάζονται από τα Bluespots. Ιδία επεξεργασία	66
Χάρτης 23 Εξεταζόμενο υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις ροές του μοντέλου Bluespot. Ιδία επεξεργασία	66
Χάρτης 24 Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας. Περίοδος - 50 Έτη. Πηγή: Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής	74
Χάρτης 25 Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας. Περίοδος - 100 Έτη. Πηγή: Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής	74
Χάρτης 26 Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας. Περίοδος - 1000 Έτη. Πηγή: Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής	75
Χάρτης 27 Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Δήμου Μοσχάτου (Γ.Π.Σ Μοσχάτου ΦΕΚ Δ 386 1988). Πηγή: http://msa.ypeka.gr/	76
Χάρτης 28 Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Δήμου Καλλιθέας (Γ.Π.Σ Καλλιθέας Τροποποίηση ΦΕΚ 192 Δ 2006). Πηγή: http://msa.ypeka.gr/	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Υδρολογικός Κύκλος, Πηγή: USGS	5
Εικόνα 2 Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Πλημμυρικού Κινδύνου. Πηγή: Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής	14
Εικόνα 3 Διαφορά μεταξύ ενός DTM και ενός DSM μοντέλου. Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI	23
Εικόνα 4 Απεικόνιση Bluespot, Ιδία Εξεργασία. Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI	25
Εικόνα 5 Κατεύθυνση Ροής, Ιδία επεξεργασία, Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI	26
Εικόνα 6 Ροές και κόμβοι, Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI	28
Εικόνα 7 Εντοπισμός Bluespots,, Πηγή: The Blue spot model - development of a screening method to assess flood risk on highways	30
Εικόνα 8 Απεικόνιση της περιοχής μελέτης και του επιλεγμένου οδικού δικτύου, Πηγή: A GIS-based screening method to identify climate change-related threats on road networks: A case study from Sweden	31
Εικόνα 9 Χάρτης ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Copernicus)	46
Εικόνα 10 Επιλογή ψηφιακού μοντέλου εδάφους της τμήματος της Ελλάδας (Copernicus)	47
Εικόνα 11 Γεωαναφερμένο Ψηφιακό μοντέλο Εδάφους. Σύστημα Συντεταγμένων EGSA '87. Copernicus	48
Εικόνα 12 Αντιπλημμυρικά έργα που προβλέπεται να κατασκευασθούν σύμφωνα με τον νέο σχεδιασμό	55
Εικόνα 13 Αποτυπώματα κτιρίων	56
Εικόνα 14 Εργαλειοθήκη BluespotScreening	57

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

CLC: CORINE Land Cover

DEM/ΨΜΕ: Digital Elevation Model / Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

DSM: Digital Surface Model

DTM: Digital Terrain Model

ERMIS-F: Environmental Risk Management Information Service – Floods

EXCIMAP: European Exchange Circle on Flood Mapping

GIS/ΓΣΠ: Geographic Information Systems / Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

HESL: Highest Estimated Sea Level

IFRC: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies - Διεθνής Ομοσπονδία Ερυθρού Σταυρού και Ερυθράς Ημισελήνου

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change - Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή

LiDAR: Light Detection and Ranging

RFRO: Rainfall-Runoff Models

SAR: Specific Absorption Rate

UNISDR: United Nations Office for Disaster Risk Reduction – Διεθνής Στρατηγική των Ηνωμένων Εθνών για τη Μείωση των Καταστροφών

ΓΠΣ: Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια

Ε.Ε: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΛ.ΣΤΑΤ: Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία

ΕΜΥ: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

ΕΣΟΑΠ: Ειδικό Σχέδιο Ολοκληρωμένης Ανάπτυξης Περιοχής

ΣΔΚΠ: Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας

ΣΔΛΑΠ: Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών

ΣΜΠΕ: Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

ΣΧΟΟΑΠ: Σχέδια Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης

Υ.Δ: Υδατικά Διαμερίσματα

ΥΠΕΚΑ: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

ΥΠΕΝ: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, κατά το έτος 2023.

Η επιτυχής ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας κατέστη δυνατή χάρη στην ανεκτίμητη υποστήριξη και καθοδήγηση που μου παρείχαν οι καθηγητές μου, Ασπρογέρακας Ευάγγελος και Μανέτος Παναγιώτης. Με εγκάρδια εκτίμηση εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου για τη βοήθεια, τον πολύτιμο χρόνο και την υπομονή που διέθεσαν για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Στο ίδιο πλαίσιο, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος για τη βαθιά τους επίδραση στην ακαδημαϊκή μου ανάπτυξη και την τεχνική εξειδίκευσή μου σε όλη τη διάρκεια της εκπαιδευτικής μου επιδίωξης.

Τέλος, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου Σωτήρη και Χριστίνα, και στην αγαπημένη μου αδερφή, Δήμητρα, μαζί με τους συγγενείς, φίλους και συναδέλφους για την αμέριστη ηθική υποστήριξη τους.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το επίκεντρο αυτής της μελέτης είναι η εκτίμηση πλημμυρικών φαινομένων σε αστικό περιβάλλον και η αξιολόγηση πιθανών κινδύνων μέσω της χρήσης συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών. Η μελέτη χρησιμοποιεί τεχνολογικά εργαλεία για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων δεδομένων για την τοπογραφία, το υδρογραφικό δίκτυο, τις χρήσεις γης και τα σενάρια βροχόπτωσης. Αξιοποιώντας αυτές τις γνώσεις και σε συνδυασμό με τη ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού εργαλείου-μοντέλου στοχεύει στην διαμόρφωση αποτελεσματικών στρατηγικών για τον μετριασμό των επιπτώσεων των πλημμυρών στις αστικές κοινότητες και τη βελτίωση της συνολικής ανθεκτικότητας των πόλεων απέναντι σε φυσικές καταστροφές και ειδικότερα στις πλημμύρες. Τελικά, σκοπός των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης είναι η πρόβλεψη εκτιμήσεων κινδύνου πλημμύρας από διάφορα σενάρια βροχόπτωσης και η εξέταση των ευαίσθητων σημείων όπου θα πρέπει να αποφεύγεται η μελλοντική ανάπτυξη χρήσεων γης, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη πιο ενημερωμένων και προληπτικών προσεγγίσεων για τη διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας στις αστικές περιοχές, ενισχύοντας έτσι την ασφάλεια και την εύρυθμη λειτουργία των πόλεων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία τίθενται τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποια είναι η χρησιμότητα των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στην εκτίμηση πλυμμηρικών φαινομένων;
- Τι είναι το μοντέλο Bluespot και ποια είναι μεθοδολογία του;
- Πως βοηθάει το μοντέλο στα πρώιμα στάδια του χωρικού σχεδιασμού;

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία για την εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου θα αναπτυχθεί σε 6 (έξι) συνολικά κεφάλαια. Η διάρθρωση της εργασίας είναι η εξής:

- Στο Κεφάλαιο 1 αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο. Αναλύονται βασικές έννοιες σχετικά με τις καταστροφές, την επικινδυνότητα και την τρωτότητα. Παρουσιάζεται η πλημμύρα ως φυσική καταστροφή και αναλύεται ο κύκλος του νερού. Εντοπίζονται τα αίτια και οι συνέπειες των πλημμυρών.
- Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στις Ευρωπαϊκές Οδηγίες για τους υδάτινους πόρους και τα Σχέδια Διαχείρισης Πλημμυρών. Περιγράφεται ο ρόλος του χωρικού σχεδιασμού και μέτρα πρόληψης για τη μείωση της πιθανότητας καταστροφικής πλημμύρας.
- Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών καθώς και τονίζεται η αναγκαιότητα της συμβολής τους στην αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων και αναλύεται το εγχειρίδιο καλών πρακτικών για τη δημιουργία χαρτών πλημμύρας.
- Στο Κεφάλαιο 4 εξετάζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία του μοντέλου Bluespot που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό περιοχών που είναι ευάλωτες και δίνονται παραδείγματα χωρών που έχουν χρησιμοποιήσει αυτό το εργαλείο.
- Στο Κεφάλαιο 5 ορίζεται, διερευνάται και αναλύεται η περιοχή μελέτης και γίνεται η εφαρμογή και περιγραφή των βημάτων του μοντέλου.
- Στο Κεφάλαιο 6 εξάγονται τα καθολικά συμπεράσματα.
- Τέλος, παραθέτονται οι βιβλιογραφικές αναφορές και τα παραρτήματα.

Για την διεξαγωγή λύσεων-προτάσεων ως προς τα ερευνητικά ερωτήματα γίνεται μέσω βιβλιογραφικής έρευνας. Προσεγγίζονται βασικές έννοιες για την κατανόηση της πλημμύρας. Το μοντέλο περιλαμβάνει 5 (πέντε) στάδια με κύριο ενδιαφέρον στον εντοπισμό των ευάλωτων περιοχών σε πλημμύρες. Στη συνέχεια γίνεται προσδιορισμός των χρήσεων γης που πλήττονται και επηρεάζονται από τα Bluespots.

Το μοντέλο Bluespot ως μεθοδολογικό εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση υπολογισμών ροής νερού λαμβάνοντας υπόψη τις κοιλότητες και τις βυθίσεις (ανάγλυφο) καθώς και άλλες συνθήκες εδάφους. Τα μοντέλα αυτά παράγουν έναν χάρτη «μπλε σημείων» που δείχνει πού και πόσο έντονα θα πλημμυρίσει σε διάφορα σενάρια συμβάντων βροχής. Αποτελεί μια μέθοδο που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι τοπικές αρχές, οι οδικές αρχές και άλλοι σχετικοί φορείς. Ακόμη, αναλύονται οι κατευθύνσεις του Χωρικού Σχεδιασμού και ρόλος του μοντέλου στη διαχείριση και τον μετριασμό των πλημμυρών ως βασικό εργαλείο στη λήψη αποφάσεων σε σχέση με τις χρήσεις γης και που η παρέμβαση του μπορεί να ωφελήσει το σχεδιασμό του χώρου. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν μέσω των λογισμικών ArcMap και ArcGis Pro.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΩΣ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ

1.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Ο πρωταρχικός παράγοντας που ευθύνεται για την κλιματική αλλαγή είναι η εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται από την παγίδευση θερμότητας από τον ήλιο στην ατμόσφαιρα της Γης, με αποτέλεσμα τη θέρμανση της επιφάνειας του πλανήτη.

Οι διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της Γης είναι υπεύθυνες για την εκπομπή τεράστιων ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, ενισχύοντας το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και συμβάλλοντας σημαντικά στη διαδικασία της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η υπερθέρμανση αυτή αυξάνει την πιθανότητα επικίνδυνων και δυνητικά καταστροφικών αλλαγών που συμβαίνουν σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτό υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη για δράση για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι εκτεταμένες με αποτέλεσμα διάφορες συνέπειες στο περιβάλλον και την κοινωνία. Αυτά περιλαμβάνουν ακραία κύματα καύσωνα, που μπορεί να οδηγήσουν σε ξηρασίες και δασικές πυρκαγιές. Επηρεάζεται η διαθεσιμότητα γλυκού νερού, καθώς αυξάνεται η συχνότητα και η ένταση των πλημμυρών. Επιπλέον, η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει, θέτοντας σε κίνδυνο τις παράκτιες περιοχές. Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής επεκτείνεται στη βιοποικιλότητα, καθώς απειλεί την επιβίωση πολλών ειδών. Οι επιπτώσεις δεν περιορίζονται στην επιφάνεια της Γης, καθώς κινδυνεύουν και τα εσωτερικά ύδατα και το θαλάσσιο περιβάλλον. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ;)

Σύμφωνα με την ορολογία της Διεθνούς Στρατηγικής των Ηνωμένων Εθνών για τη Μείωση των Καταστροφών (UNISDR, 2007):

«Οι καταστροφές συνήθως προκαλούνται από ένα συνδυασμό έκθεσης σε απειλές, υφιστάμενων ευάλωτων καταστάσεων και ανεπαρκών ικανοτήτων ή μέτρων για τον μετριασμό ή την αντιμετώπιση των πιθανών δυσμενών επιπτώσεων. Οι επιπτώσεις των καταστροφών περιλαμβάνουν ένα συνδυασμό απώλειας ζωής, τραυματισμών, ασθενειών, δυσμενών επιπτώσεων στο λοιπό ανθρώπινο κεφάλαιο και την ψυχοκοινωνική ευημερία, απώλειας περιουσίας, αγαθών, υπηρεσιών και παροχών, διακοπής των κοινωνικών και οικονομικών δραστηριοτήτων και υποβάθμισης του περιβάλλοντος.»

Η Διεθνής Ομοσπονδία Ερυθρού Σταυρού και Ερυθράς Ημισελήνου (IFRC,;), μια διεθνής ανθρωπιστική οργάνωση, αναγνωρίζει τους κινδύνους σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τους φυσικούς κινδύνους και τους τεχνολογικούς ή ανθρωπογενείς κινδύνους.

- Οι φυσικές καταστροφές είναι σοβαρά δυσμενή γεγονότα μεγάλης κλίμακας που προκαλούνται από φυσικά φαινόμενα στη γη και τη βιόσφαιρα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι πλημμύρες, οι ξηρασίες, οι ηφαιστειακές εκρήξεις και οι σεισμοί. Οι φυσικές καταστροφές προκαλούν απώλειες ζώων και περιουσιών, τραυματισμούς και προβλήματα υγείας, ζημιές στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον και, στις περισσότερες περιπτώσεις, επακόλουθες οικονομικές και κοινωνικές απώλειες, η σοβαρότητα και η κλίμακα των οποίων εξαρτάται από την ευπάθεια, την ανθεκτικότητα και την ικανότητα ανάκαμψης. (Bankoff κ.α., 2003)

- Οι τεχνολογικές και ανθρωπογενείς καταστροφές είναι εκείνες που προκαλούνται από ανθρώπινη πρόθεση ή αμέλεια και επηρεάζουν άμεσα την ανθρώπινη επιβίωση καθώς και το περιβάλλον. Τέτοιες καταστροφές είναι τα βιομηχανικά ατυχήματα (π.χ. διαρροές φυσικού αερίου), οι καταρρεύσεις μικρών και μεγάλων βιομηχανικών υποδομών και κτιρίων, οι πυρκαγιές που δεν οφείλονται σε φυσικά φαινόμενα (έντονα καιρικά φαινόμενα - πυρκαγιές) και τα πυρηνικά ατυχήματα που οδηγούν σε διαρροές ραδιενέργειας. (Ferris, 2010)

Σύμφωνα με το Υπουργείο Προστασίας του Πολίτη (2019):

Κίνδυνος (risk): Φυσικά φαινόμενα ή ανθρώπινες δραστηριότητες που έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τους ανθρώπους, τις υποδομές, το περιβάλλον ή την περιουσία (συμπεριλαμβανομένης της πολιτιστικής κληρονομιάς) σε μια δεδομένη περιοχή και για μια δεδομένη χρονική περίοδο.

Επικινδυνότητα (hazard): η πιθανότητα ένας κίνδυνος να επηρεάσει τους ανθρώπους, τις υποδομές, το περιβάλλον και την περιουσία, συμπεριλαμβανομένης της πολιτιστικής κληρονομιάς, σε μια δεδομένη περιοχή και για μια δεδομένη χρονική περίοδο, η οποία καθορίζεται από ένα συνδυασμό παραγόντων κινδύνου, έκθεσης και τρωτότητας.

Τρωτότητα (vulnerability): κατάσταση που καθορίζεται από φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς, τεχνολογικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες και διαδικασίες που αυξάνουν την ευπάθεια ατόμων, κοινωνικών ομάδων και υποδομών κατά τη διάρκεια κινδύνων και καταστροφών.

Κατά την άποψη του Pelling (2003), η τρωτότητα αναλύεται σε τρεις έννοιες την έκθεση, την αντίσταση και την προσαρμοστικότητα:

- Η έκθεση είναι προϊόν της φυσικής θέσης και των χαρακτηριστικών του δομημένου και φυσικού περιβάλλοντος. Οι παράγοντες έκθεσης μπορούν να μειωθούν μέσω επενδύσεων μείωσης του κινδύνου από άτομα ή ομάδες ατόμων.
- Η αντίσταση συνδέεται με την οικονομική, ψυχολογική και σωματική υγεία και τα συστήματα που υπάρχουν για τη διατήρησή τους. Περιγράφει την ικανότητα των ατόμων, των κοινωνικών ομάδων και των συστημάτων να αντιστέκονται στις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών και φυσικών κινδύνων.
- Η προσαρμοστικότητα στους φυσικούς κινδύνους είναι η ικανότητα ενός συστήματος να αντιμετωπίζει και να προσαρμόζεται στις πιέσεις που προκύπτουν από αυτούς τους κινδύνους. Η προσαρμοστικότητα εξαρτάται από το βαθμό ετοιμότητας για πιθανούς κινδύνους και την αυθαίρετη ή προγραμματισμένη αντίδραση που λαμβάνει χώρα μετά το συμβάν, συμπεριλαμβανομένης της ανακούφισης και της διάσωσης. Η προσαρμοστικότητα σε καταστροφές αντικατοπτρίζει τον ανώτερο σκοπό του συστήματος να συνεχίσει να λειτουργεί όσο το δυνατόν πληρέστερα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, αλλά και να συνεχίσει να εκπληρώνει τους στόχους του. (Pelling, 2003)

1.2 Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΩΣ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ

1.2.1 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Υδρολογικός κύκλος: Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει την κίνηση του νερού στη Γη και πώς αυτή ποικίλλει σε διαφορετικά μέρη. Το νερό αποθηκεύεται στην ατμόσφαιρα, στην επιφάνεια και στο υπέδαφος και μπορεί να είναι υγρό, στερεό ή αέριο. Κινείται μεταξύ των

θέσεων όπου είναι αποθηκευμένο, καθώς και μεταξύ μεγάλων και μικρών κλίμακων. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να έχουν αντίκτυπο στον υδρολογικό κύκλο, επηρεάζοντας πού αποθηκεύεται το νερό, πώς κινείται και πόσο καθαρό είναι.

Η κλιματική αλλαγή προκαλεί αλλαγές στον κύκλο του νερού, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης των βροχοπτώσεων και της αύξησης των ακραίων καιρικών φαινομένων. Η στάθμη των ωκεανών ανεβαίνει επίσης, γεγονός που προκαλεί πλημμύρες στις ακτές. Επιπλέον, η κλιματική αλλαγή προκαλεί προβλήματα ποιότητας του νερού και αυξάνει την πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιών. (Water Science School, 2022)



Εικόνα 1 Υδρολογικός Κύκλος, Πηγή: USGS

Λεκάνη Απορροής: Η λεκάνη απορροής (ή υδρολογική λεκάνη) ενός ποταμού είναι το τμήμα της επιφάνειας της γης όπου τα επιφανειακά ύδατα μεταφέρονται από ένα υδρογραφικό δίκτυο στην κοίτη του ποταμού, είτε απευθείας είτε μέσω άλλων παραποτάμων των ποταμών στη θάλασσα. (Ζαγγανά, 2015)

Υδρογραφικό Δίκτυο: Το υδρογραφικό δίκτυο είναι το σύνολο των παραποτάμων και ποταμών που αποστραγγίζουν μια περιοχή (λεκάνη απορροής) από το νερό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων προς τη θάλασσα. (ERMIS-F, ;)

1.2.2 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Οι πλημμύρες είναι ένα φαινόμενο που εμπίπτει στην κατηγορία των φυσικών καταστροφών. Οι περιοχές που είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στις πλημμύρες είναι συνήθως (Βαχαβιώλος, 2011):

- Κλειστές λεκάνες απορροής με απότομες κλίσεις και αδιαπέραστα γεωλογικά στρώματα
- Πεδιάδες που αποστραγγίζονται από ποτάμια με χαμηλή παροχετευτικότητα.

- Αστικές περιοχές όπου οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν μεταβάλει τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά.

Τα διαφορετικά είδη πλημμύρας που μπορούν να λάβουν χώρα σε μια περιοχή είναι τα ακόλουθα (Παπανικολάου κ.α., 2011):

- Πλημμύρες ποταμών
- Αστραπιαίες ή αιφνίδιες πλημμύρες (cloud burst)
- Παράκτιες πλημμύρες
- Πλημμύρες ορεινών χειμάρρων
- Πλημμύρες που συνδέονται με το υπόγειο νερό (στάσιμα πλημμυρικά ύδατα στο πλημμυρικό πεδίο)
- Πλημμύρες λιμνών

Οι συνηθέστερες πλημμύρες στην Ελλάδα προκαλούνται από φυσικά φαινόμενα και μπορούν να διακριθούν σε χερσαίες ή ποτάμιες πλημμύρες και σε παράκτιες πλημμύρες. Οι χερσαίες ή ποτάμιες πλημμύρες μπορούν να προκληθούν από ξαφνικές βροχοπτώσεις, ισχυρές καταιγίδες ή ξαφνικό λιώσιμο των πάγων (χιονιού) που αυξάνει σημαντικά την απορροή των ποταμών, ή από την αστοχία μεγάλων υδραυλικών έργων. Οι χερσαίες ή ποτάμιες πλημμύρες δύναται να διακριθούν περαιτέρω σε πλημμύρες που παρουσιάζουν βραδεία εξέλιξη (πλημμύρες πεδίου) και σε πλημμύρες που παρουσιάζουν ταχεία εξέλιξη (ξαφνικές ή αιφνίδιες πλημμύρες).

Οι αιφνίδιες πλημμύρες, οι οποίες χαρακτηρίζονται κυρίως από την ταχεία εξέλιξή τους, είναι οι πιο συχνές πλημμύρες στην Ελλάδα. Αυτό οφείλεται στην ιδιαίτερη τοπογραφία της Ελλάδας, όπου η ανάπτυξη πολυάριθμων ποταμών σε σχετικά μικρές λεκάνες απορροής, όπου κυριαρχούν οι απότομες πλαγιές, συμβάλλει στην ταχεία αποστράγγισή τους. Στο παρελθόν, οι αιφνίδιες πλημμύρες και οι ξαφνικές πλημμύρες έχουν προκαλέσει εκτεταμένες ζημιές σε υποδομές (π.χ. δρόμους), γεωργικές εκτάσεις και σπίτια. Έχουν επίσης θέσει σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές (πεζοί, οχήματα κ.λπ.). Οι πλημμύρες μπορούν επίσης να προκαλέσουν φυσικούς ή τεχνολογικούς κινδύνους, όπως κατολισθήσεις και διαρροές επικίνδυνων ουσιών κ.α. (Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2019)

1.2.3 ΑΙΤΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Οι πλημμύρες είναι συνήθως ένα φυσικό φαινόμενο, καθώς εξαρτώνται κυρίως από τις αλλαγές στο εδαφικό περιβάλλον, αλλά μπορούν επίσης να προκληθούν από τις επιπτώσεις της ανθρώπινης παρέμβασης (Διακάκης, 2012). Η συμβολή των ανθρώπινων παραγόντων είναι σημαντική για την εμφάνιση πλημμυρών και τις επιπτώσεις τους (Στάθης, 2004).

Οι άνθρωποι παράγοντες διαδραματίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στις υδρολογικές διεργασίες μιας λεκάνης, ανάλογα με το είδος και την έκταση της παρέμβασης. Οι παρεμβάσεις μπορεί να έχουν άμεσο ή έμμεσο αντίκτυπο στις πλημμύρες. Στην πρώτη περίπτωση, τυπικά παραδείγματα είναι η μείωση της αποχετευτικής ικανότητας των υδατορευμάτων λόγω τεχνικών έργων ή οικοδομικών κατασκευών ή η διάθεση υλικών και αποβλήτων στα ποτάμια. Στη δεύτερη περίπτωση, τυπικά παραδείγματα είναι οι δασικές πυρκαγιές και η μειωμένη απορροφητικότητα του εδάφους λόγω της αστικής ανάπτυξης μεγάλης κλίμακας στη λεκάνη απορροής. Οι άνθρωποι παράγοντες έχουν οδηγήσει τα τελευταία χρόνια τόσο σε αύξηση των πλημμυρών σε αστικές περιοχές όσο και σε αύξηση των οικονομικών επιπτώσεων των πλημμυρών, οι οποίες είναι ευρέως διαδεδομένες σε περιοχές υψηλού κινδύνου πλημμύρας. (Διακάκης, 2012)

Οι κυριότερες ανθρώπινες δραστηριότητες και παρεμβάσεις που προκαλούν αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον περιβάλλοντος και οι παράγοντες που προκαλούν πλημμυρικά φαινόμενα συνοπτικά είναι (Δευκαλίωνας, 2022):

- Ανεξέλεγκτη δόμηση, κατασκευή υποδομών, οδικά έργα (δρόμοι, σήραγγες, γέφυρες)
- Αποψίλωση και απώλεια δασών για τη δημιουργία καλλιεργήσιμης γης.
- Οικοδόμηση κάστρων και αστική επέκταση.
- Καταστροφή φυσικών ρεμάτων και κατασκευή κτιρίων και δρόμων.
- Αλλαγή της χρήσης γης.
- Παράνομη και ανεξέλεγκτη υλοτομία.
- Υπερβόσκηση.
- Αποξήρανση λιμνών (αλλοίωση της τοπικής χλωρίδας και πανίδας).
- Ανθρώπινη παρέμβαση στις κοίτες των ποταμών.
- Κατασκευή φραγμάτων (αυξάνει την παροχή γλυκού νερού αλλά καταστρέφει τη χλωρίδα και την πανίδα των κοιτών των ποταμών).
- Διαρρήξεις φραγμάτων και αναχωμάτων, καταστροφή μεγάλων λεκανών απορροής ποταμών.
- Έργα υδροηλεκτρικής ενέργειας.
- Απόφραξη ποταμών (προκαλεί πλημμύρες μετά από έντονες βροχοπτώσεις).
- Απόρριψη αποβλήτων και υλικών στις κοίτες των ποταμών.
- Ανεπαρκής ικανότητα των δικτύων αποχέτευσης ομβρίων υδάτων για την αντιμετώπισή τους.

Τα πλημμυρικά φαινόμενα έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, ιδίως γύρω από τα όρια των κατοικημένων περιοχών. Η αστικοποίηση και η μείωση των χώρων πρασίνου σε πυκνοδομημένες περιοχές έχουν αυξήσει τη συχνότητα των πλημμυρών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αστικοποίηση επικαλύπτει τη φυσική επιφάνεια του εδάφους με αδιαπέραστες επιφάνειες που προκαλούνται από την οδοποιία και τις κατασκευές, μειώνοντας την ικανότητα του εδάφους να απορροφά το νερό και αυξάνοντας την επιφανειακή απορροή. (Λέκκας, 2000) Επιπλέον, η οικιστική ανάπτυξη χωρίς πολεοδομικό σχεδιασμό, η άναρχη δόμηση και τα τεχνικά έργα χωρίς περιβαλλοντικό σχεδιασμό περιορίζουν την κοίτη του ποταμού στις κατοικημένες περιοχές, αφαιρούν σημαντικό τμήμα του φυσικού δικτύου υδατορεμάτων και αυξάνουν τον κίνδυνο πλημμυρών. (Λέκκας, 2000)

Πιο συγκεκριμένα, ανθρώπινες ενέργειες όπως η αποψίλωση των δασών, η ανεξέλεγκτη υλοτομία και η υπερβόσκηση καταστρέφουν τα δάση και μειώνουν τα δέντρα και τη βλάστηση που συγκρατούν το νερό, με αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής απορροής, την αύξηση του όγκου και της απορροής του νερού και την αδυναμία αποστράγγισης του νερού, που οδηγεί σε πλημμύρες. Οι παρεμβάσεις στο δίκτυο των υδατορεμάτων, όπως τα αναχώματα, ο εγκιβωτισμός ή η κάλυψη των φυσικών κοιλάδων των χειμάρρων με δομημένες περιοχές ή δρόμους, μεταβάλλουν τη φυσική απορροή και αυξάνουν τον κίνδυνο πλημμυρών. (Παπαζώη κ.ά., 2010)

1.2.4 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Οι πλημμύρες είναι μία από τις πιο καταστροφικές και επιζήμιες φυσικές καταστροφές, που πλήττουν ανθρώπους και υποδομές. Τα τελευταία χρόνια, οι πλημμύρες φαίνεται να έχουν αυξηθεί σε συχνότητα και ένταση, με περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες. Ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές όπου αναπτύσσεται οικονομική δραστηριότητα, έχουν σημειωθεί σημαντικές ζημιές. (Βοζινάκη, 2014). Οι συνέπειες των πλημμυρικών

φαινομένων μπορούν να διακριθούν σε 3 κατηγορίες: Περιβαλλοντικές, Οικονομικές, Κοινωνικές.

Περιβαλλοντικές

Οι πλημμύρες επηρεάζουν την ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος, την ποικιλομορφία των ειδών και τις τροφικές αλυσίδες. Προκαλούν καταστροφή της χλωρίδας και της πανίδας και απειλούν σπάνια και απειλούμενα είδη. Μπορούν επίσης να βλάψουν τις ανανεώσιμες πηγές φυσικής ενέργειας (Petersen, 2001)

Οικονομικές

Οι οικονομικές συνέπειες των πλημμυρών μπορεί να περιλαμβάνουν υλικές ζημιές και καταστροφές που προκαλούνται από τις πλημμύρες, καθώς και το κόστος αποκατάστασης των υποδομών σε κατάσταση που να μπορεί να αντιμετωπίσει παρόμοια πλημμυρικά φαινόμενα στο μέλλον. (Βοζινάκη, 2014)

Οι πλημμύρες μπορούν επίσης να προκαλέσουν υλικές ζημιές στους κατοίκους της περιοχής. Οι πλημμύρες μπορούν επίσης να επηρεάσουν τους επιχειρηματικούς και παραγωγικούς τομείς, προκαλώντας:

(α) Απώλεια κτιρίων, μείωση ή καταστροφή αποθεμάτων και συνακόλουθη μείωση των πωλήσεων και των εσόδων.

(β) Μείωση της κερδοφορίας των εκτάσεων και συνεπώς γεωργικής παραγωγής. Ως αποτέλεσμα, πολλές επιχειρήσεις αναγκάζονται να μετεγκατασταθούν. Τέλος, οι οικονομικές επιπτώσεις των πλημμυρών αναφέρεται στην αύξηση των φόρων που απαιτούνται για την κάλυψη του κόστους αντικατάστασης επισκευής και ανακαίνισης των υποδομών και των δημόσιων εγκαταστάσεων. (Petersen, 2001)

Κοινωνικές

Οι πλημμύρες αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους φυσικούς κινδύνους καθώς σε ακραίες περιπτώσεις προκαλούνται σωματικοί και ψυχολογικοί τραυματισμοί και απώλειες ανθρώπων και ζώων. Επίσης υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης των υδάτων και μετάδοση ασθενειών.

Πίνακας 1 Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές συνέπειες των πλημμυρών

Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές συνέπειες των πλημμυρών	
Περιβαλλοντικές	Καταστροφή της χλωρίδας
	Καταστροφή της πανίδας
	Διατάραξη της ισορροπίας του φυσικού περιβάλλοντος
	Απειλή σπάνιων και απειλούμενων ειδών
	Ζημιά σε φυσικές ανανεώσιμες πηγές
	Ζημιά σε αρχαιολογικούς και ιστορικούς πόρους
	Συγκέντρωση χημικών ουσιών (ρύπων) στα πλημμυρικά ύδατα
Οικονομικές	Καταστροφή υποδομών
	Δίκτυα μεταφορών
	Δίκτυα τηλεπικοινωνίας
	Συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης
	Καταστροφή ιδιοκτησιών και περιουσιών
	Απώλειες κρατικών εγκαταστάσεων
	Απώλειες δημόσιων εγκαταστάσεων (σχολεία, νοσοκομεία κλπ.)
	Επιχειρηματικές απώλειες
	Κατασκευαστικές ζημιές
	Απώλειες αποθεμάτων
	Μείωση πωλήσεων
	Μετακίνηση επιχειρήσεων και αγροκτημάτων
	Μείωση θέσεων εργασίας και εισοδήματος
	Μείωση γεωργικής παραγωγής
	Μείωση αποδοτικότητας εδαφών
	Μείωση καλλιεργειών και κτηνοτροφίας
	Απώλεια ανανεώσιμων πηγών και εγκαταστάσεων
Αύξηση του κόστους των καυσίμων και της κυκλοφορικής συμφόρησης λόγω χρήσης εναλλακτικών οδών μετακίνησης	
Κόστος μέτρων έκτακτης ανάγκης	
Αύξηση των φόρων για την κάλυψη δαπανών αντικατάστασης, επισκευής και αποκατάστασης υποδομών και δημόσιων εγκαταστάσεων	
Κοινωνικές	Ανθρώπινες απώλειες
	Ανθρώπινος τραυματισμός (σωματικός, συναισθηματικός, ψυχολογικός)
	Κίνδυνος υγείας
	Μολυσμένα νερά
	Μεταδοτικές ασθένειες
	Προμήθειες τροφών
	Έκθεση σε ακραίες καιρικές συνθήκες, λόγω καταστροφής υποδομών
	Ψυχολογικά και συναισθηματικά τραύματα που συνδέονται με την απώλεια προσωπικής ιδιοκτησίας
	Μείωση ασφάλειας εργασίας και εισοδήματος
(Petersen, 2001)	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

2.1 ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ 2000/60/ΕΚ – ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Η οδηγία 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, γνωστή και ως οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα, τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000 μετά από μακρές συζητήσεις και διαπραγματεύσεις μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η οδηγία 2000/60/ΕΚ συνδυάζει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδάτινων πόρων και θέτει την ολοκληρωμένη διαχείριση των λεκανών απορροής ποταμών σε γεωγραφική κλίμακα στο επίκεντρό της. Επίσης, επαναπροσδιορίζει την έννοια των λεκανών απορροής ποταμών ώστε να περιλαμβάνει τα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα (ποτάμια, λίμνες), τα υπόγεια ύδατα, τις μεταβατικές ζώνες (δέλτα, εκβολές ποταμών) και τα παράκτια οικοσυστήματα.

Η οδηγία ενισχύει και διασφαλίζει τη συμμετοχή του κοινού με την καθιέρωση συστηματικών και ουσιαστικών διαδικασιών διαβούλευσης. Παράλληλα, προωθεί τη βιώσιμη και ολοκληρωμένη διαχείριση των διασυννοριακών λεκανών απορροής ποταμών. Στο ίδιο πλαίσιο, η οδηγία 2000/60/ΕΚ δημιουργεί και εισάγει μια νέα προσέγγιση για την αντιμετώπιση των κινδύνων πλημμύρας και ξηρασίας. (ΥΠΕΝ). Από τις αρχές του 2000, η Ε.Ε. ασχολείται με τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Το κύριο μέσο για την προώθηση της νέας πολιτικής είναι η Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για τους υδάτινους πόρους. Η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία-πλαίσιο 2000/60/ΕΚ επιτεύχθηκε με το νόμο 3199/2003 (ΦΕΚ Α' 280) και με το Π.Δ. 51/2007 (ΦΕΚ Α' 54).

Εκτός από τον καθορισμό των βασικών εννοιών της Οδηγίας για τους υδατικούς πόρους, καθιερώνει μια νέα διοικητική δομή και αποσαφηνίζει τις αρμοδιότητες των φορέων που διαχειρίζονται τους υδατικούς πόρους σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Προτεραιότητα και απαραίτητο βήμα για την εφαρμογή της Οδηγίας στη χώρα μας ήταν η εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού για τα 14 υδατικά διαμερίσματα (ΥΔ) της χώρας μας, όπως αυτά ορίζονται από την υπ' αριθμ. 706/2010 706/2010 απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ Β' 1383/09.2010 και ΦΕΚ Β' 1572/09. 28, όπως τροποποιείται στο Παράρτημα ΙΙ), και επικυρώνονται με την έγκριση των Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμού (ΣΔΛΑΠ) για κάθε ένα από τα 14 υδατικά διαμερίσματα της χώρας.

Η ανάπτυξη των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού εμπίπτει στην ευθύνη των αρμόδιων αρχών σε κάθε Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού, όπως περιγράφεται στο Άρθρο 3 του Π. Δ. 51/2007. Εν ολίγοις, ένα Σχέδιο Διαχείρισης είναι ένα έγγραφο στρατηγικού χαρακτήρα που δημιουργείται για ένα Υδατικό Διαμέρισμα που περιέχει επιχειρησιακές κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων εντός μιας συγκεκριμένης λεκάνης απορροής ποταμού. Περιλαμβάνει πληροφορίες για ποτάμια, λίμνες, παράκτια ύδατα, υπόγεια ύδατα και προστατευόμενες περιοχές.

Οι πιέσεις και οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο νερό είναι σημαντικές και απαιτούν επείγουσα προσοχή. Το δίκτυο παρακολούθησης του νερού παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την οικολογική, χημική και ποσοτική κατάσταση των υδάτων. Θέτονται περιβαλλοντικοί στόχοι για τη διασφάλιση της αειφόρου χρήσης των υδάτινων πόρων. Επιπλέον, γίνεται οικονομική ανάλυση για την χρήση του νερού και περιγράφονται προγράμματα μέτρων για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων και τη διασφάλιση της

διατήρησης των υδάτινων πόρων. Εφαρμόζοντας όλα τα προαναφερθέντα μέτρα, αποσκοπεί στον πρωταρχικό στόχο της Οδηγίας - δηλαδή την επίτευξη της βέλτιστης ποιότητας του νερού. Το Σχέδιο Διαχείρισης για κάθε Υδατικό Διαμέρισμα συμπληρώνεται από μια Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) που αξιολογεί τις πιθανές επιπτώσεις των προτεινόμενων μέτρων στο περιβάλλον.

2.2 ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ- ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την οδηγία 2007/60/ΕΚ για την εκτίμηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, η οποία τέθηκε σε ισχύ στις 26 Νοεμβρίου 2007. Η παρούσα οδηγία επεκτείνει την οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/ΕΚ) και θεσπίζει ένα στενά εναρμονισμένο ευρωπαϊκό πλαίσιο για τη διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας.

Ο κύριος στόχος της οδηγίας 2007/60/ΕΚ είναι να βοηθήσει τα κράτη μέλη να προλάβουν, να μειώνουν και να αντιμετωπίζουν τις πλημμύρες. Η οδηγία καθορίζει μια διαδικασία διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρας σε τρία στάδια που πρέπει να εφαρμοστεί στο πλαίσιο μιας μακροπρόθεσμης προσέγγισης σχεδιασμού:

Στάδιο 1: Τα κράτη μέλη διενεργούν προκαταρκτικές εκτιμήσεις κινδύνου πλημμύρας σε λεκάνες απορροής ποταμών και των αντίστοιχων παράκτιων περιοχών τους και προσδιορίζουν τις περιοχές όπου ενδέχεται να υπάρξει σοβαρός κίνδυνος πλημμύρας ή όπου ενδέχεται να σημειωθούν πλημμύρες.

Στάδιο 2: Στις περιοχές που διατρέχουν πραγματικό κίνδυνο ζημιών από πλημμύρες, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να καταρτίσουν χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας και χάρτες κινδύνων πλημμύρας για τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας.

Στάδιο 3: Πρέπει να εκπονηθούν σχέδια διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας για αυτές τις περιοχές, προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα πλημμύρας και να μετριαστούν οι πιθανές επιπτώσεις. Αυτά τα σχέδια πρέπει να καλύπτουν όλα τα στάδια του κύκλου διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρας, αλλά με ιδιαίτερη έμφαση στην πρόληψη, την προστασία και την ετοιμότητα. (Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας - ΣΔΚΠ)

2.2.1 ΔΡΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΗΜΕΡΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Η εφαρμογή δράσεων για τον μετριασμό και τη διαχείριση των κινδύνων που σχετίζονται με τις πλημμύρες αναφέρεται ως διαχείριση κινδύνων πλημμύρας. Αυτό περιλαμβάνει μια ποικιλία ενεργειών που έχουν σχεδιαστεί για την πρόληψη, τη μείωση ή τον έλεγχο των πιθανών επιπτώσεων των πλημμυρών στην ζωή ανθρώπων κα ζώων, την ιδιοκτησία και το περιβάλλον.

- Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας «Ξενοκράτης»
- Συντήρηση-καθαρισμοί υδατορευμάτων
- Οριοθέτηση υδατορευμάτων
- Καθορισμός γραμμής Αιγιαλού και Παραλίας
- Μηχανισμός εκτίμησης ζημιών και αποζημιώσεων
- Ασφαλίσεις αγροτικής παραγωγής για ζημιές από πλημμύρα
- Κωδικοποίηση εργαλείων και υποχρεώσεων παραγωγών
- Δράσεις για την αποκατάσταση λειτουργικότητας στραγγιστικών δικτύων
- Δράσεις για την αναβάθμιση/αποκατάσταση ορεινών λεκανών απορροής κ.α

2.2.2 ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Υπάρχουν τέσσερις διακριτές κατηγορίες μέτρων που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση διαφορετικών πτυχών μιας κατάστασης. Αυτές οι κατηγορίες είναι μέτρα πρόληψης, προστασίας, ετοιμότητας και αποκατάστασης. Κάθε κατηγορία αντιπροσωπεύει ένα μοναδικό σύνολο ενεργειών και στρατηγικών που στοχεύουν στην επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Διαχωρίζοντας τα μέτρα σε αυτές τις τέσσερις ομάδες, γίνεται ευκολότερος ο εντοπισμός των κατάλληλων ενεργειών που πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπιση διαφορετικών καταστάσεων.

Τα μέτρα κατηγοριοποιούνται με βάση το περιεχόμενό τους σε διαφορετικούς τύπους, που περιλαμβάνουν νομοθετικές και διοικητικές ρυθμίσεις, μέτρα οικονομικού χαρακτήρα, μέτρα εκπαίδευσης ή ενημέρωσης, μη δομικές παρεμβάσεις, περιβαλλοντικά μέτρα και τεχνικά μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας. Αυτές οι κατηγορίες έχουν δημιουργηθεί για να παρέχουν σαφήνεια και οργάνωση στην εφαρμογή των μέτρων για την αντιμετώπιση των πλημμυρών. Οι νομοθετικές και διοικητικές ρυθμίσεις στοχεύουν στη θέσπιση κατευθυντήριων γραμμών, πολιτικών και διοικητικών ρυθμίσεων για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, ενώ τα μέτρα εκπαίδευσης και ενημέρωσης επικεντρώνονται στην εκπαίδευση και ενημέρωση σχετικά με τον τρόπο προετοιμασίας και αντιμετώπισης των πλημμυρών. Οι μη δομικές παρεμβάσεις, μπορεί να περιλαμβάνουν έλεγχο των χρήσεων γης, καθορισμό ζωνών αλλά και συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης μετριασμό των κινδύνων πλημμύρας. Τα περιβαλλοντικά μέτρα στοχεύουν στην προστασία των περιβαλλοντικά ευαίσθητων περιοχών που μπορεί έμμεσα να μειώσει τις επιπτώσεις των πλημμυρών. Τα τεχνικά μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας μπορεί να περιλαμβάνουν δομικά έργα και μελέτες για αντιπλημμυρική προστασία. Με την κατηγοριοποίηση των μέτρων με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται ευκολότερο να εντοπιστούν ποια μέτρα είναι τα καταλληλότερα για μια δεδομένη κατάσταση και να αναπτυχθεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.

Γράφημα 1 Άξονες της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας (Ιδία Επεξεργασία)



2.2.3 ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΘΙΓΟΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΚΛΥΣΘΕΙΣΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΕΚΑΝΗ Π. ΚΗΦΙΣΟΥ (GR06RAK0011)

Οι χρήσεις γης και οι οικονομικές δραστηριότητες που υπάρχουν εντός των πλημμυρικών περιοχών έχουν εντοπιστεί και χαρτογραφηθεί χρησιμοποιώντας υδραυλική ανάλυση. Αυτή η διαδικασία χαρτογράφησης διεξήχθη για τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους (50, 100 και 1000 χρόνια) και περιλαμβάνει τόσο εκτεταμένες όσο και σημειακές δραστηριότητες. Οι βασικές κατηγορίες χρήσεων γης που περιλαμβάνονται είναι η οικιστική, η βιομηχανική, η αγροτική, η τουριστική, η περιβαλλοντική και η πολιτιστική. Επιπλέον, δημόσια κτίρια και κρίσιμες τεχνικές υποδομές συμπεριλήφθηκαν εξίσου στη διαδικασία της χαρτογράφησης.

Πίνακας 2 Θιγόμενες χρήσεις γης, οικονομικές δραστηριότητες και υποδομές σε 50, 100 και 1000 χρόνια (1). Πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (ΕΛ 06) ΦΕΚ 2693 Β / 6.07.2018

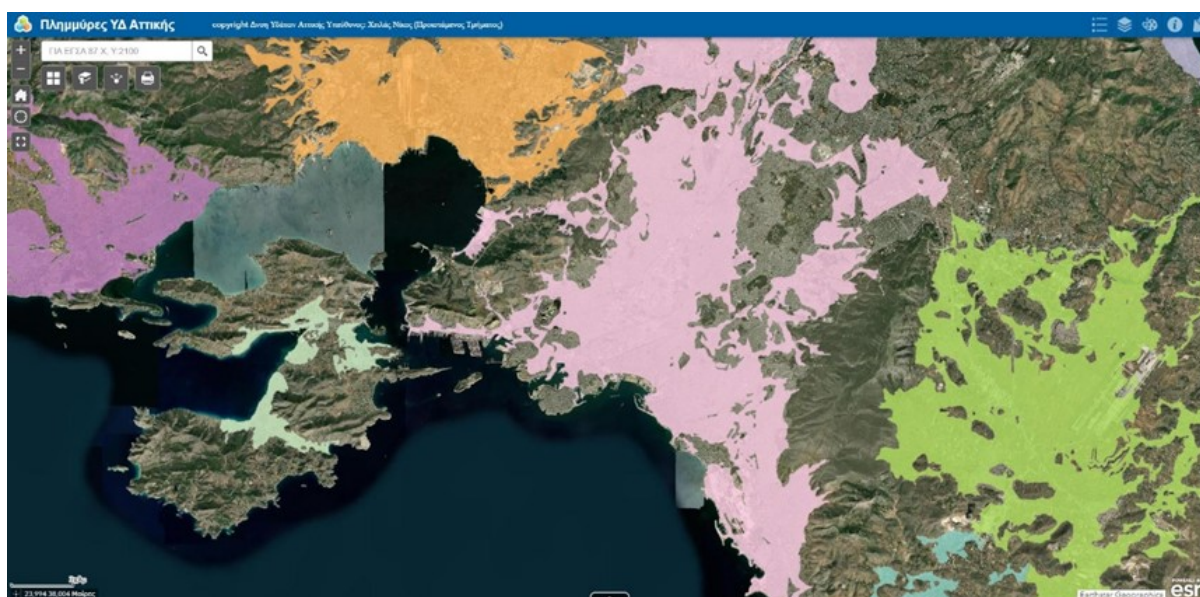
	ΖΔΥΚΠ GR06RAK0011		
	T=50	T=100	T=1 000
Οικισμοί	Είκοσι (20) οικισμοί	Είκοσι δύο (22) οικισμοί	Είκοσι τέσσερις (24) οικισμοί
Ενδεικτικός δυνητικά θιγόμενος πληθυσμός	141 818 κάτοικοι	210 091 κάτοικοι	342 251 κάτοικοι
Αγροτικές Περιοχές	Καλλιέργειες έκτασης 0.01 km ² και θερμοκήπια έκτασης 0.003 km ²	Καλλιέργειες έκτασης 0.01 km ² και θερμοκήπια έκτασης 0.004 km ²	Καλλιέργειες έκτασης 0.01 km ² και θερμοκήπια έκτασης 0.02 km ²
Σταβλικές εγκαταστάσεις	Έξι (6) σταβλικές εγκαταστάσεις με 750 ζώα	Έξι (6) σταβλικές εγκαταστάσεις με 750 ζώα	Δέκα (10) σταβλικές εγκαταστάσεις με 1 831 ζώα
Βιομηχανίες	27 βιομηχανικές μονάδες εκ των οποίων οι 4 εμπίπτουν στις πρόνοιες της Οδηγίας IPPC	50 βιομηχανικές μονάδες εκ των οποίων οι 10 εμπίπτουν στις πρόνοιες της Οδηγίας IPPC	93 βιομηχανικές μονάδες εκ των οποίων οι 25 εμπίπτουν στις πρόνοιες της Οδηγίας IPPC και 2 στις πρόνοιες των Οδηγιών IPPC και SEVESO
Τουριστικές Ζώνες	Αναπτυγμένες τουριστικά περιοχές	Αναπτυγμένες τουριστικά περιοχές	Αναπτυγμένες τουριστικά περιοχές
Έργα διαχείρισης υγρών αποβλήτων	-	-	Μία (1) υπό κατασκευή ΕΕΛ
Αεροδρόμια	-	-	Ένα (1) αεροδρόμιο
Οδικό δίκτυο	32.44 km εθνικού δικτύου, 4.44 km επαρχιακού δικτύου, καθώς και τμήματα δικτύου εκκρεμούς/ανεπιβεβαίωτου χαρακτήρισμού, μήκους 3.67 km	41.34 km εθνικού δικτύου, 6.20 km επαρχιακού δικτύου, καθώς και τμήματα δικτύου εκκρεμούς/ανεπιβεβαίωτου χαρακτήρισμού, μήκους 6.02 km	68.51 km εθνικού δικτύου, 17.09 km επαρχιακού δικτύου, καθώς και τμήματα δικτύου εκκρεμούς/ανεπιβεβαίωτου χαρακτήρισμού, μήκους 13.00 km
Σιδηροδρομικό δίκτυο	Τμήματα σιδηροδρομικού δικτύου συνολικού μήκους 1 737.63km	Τμήματα σιδηροδρομικού δικτύου συνολικού μήκους 7 322.44 m	Τμήματα σιδηροδρομικού δικτύου συνολικού μήκους 16 852.39 m
Υδρευτικές γεωτρήσεις	Μια (1) υδρευτική γεώτρηση	Μια (1) υδρευτική γεώτρηση	Μια (1) υδρευτική γεώτρηση
Εκπαιδευτικά Ιδρύματα	68 εκπαιδευτικά ιδρύματα	126 εκπαιδευτικά ιδρύματα	258 εκπαιδευτικά ιδρύματα

Πίνακας 3 Θιγόμενες χρήσεις γης, οικονομικές δραστηριότητες και υποδομές σε 50,100 και 1000 χρόνια (2). Πηγή: Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (ΕΛ 06) ΦΕΚ 2693 Β / 6.07.2018

	ΖΔΥΚΠ GR06ΡΑΚ0011		
	T=50	T=100	T=1 000
Αθλητικές εγκαταστάσεις	Δώδεκα (12) αθλητικές εγκαταστάσεις	Είκοσι εννιά (29) αθλητικές εγκαταστάσεις	Σαράντα έξι (46) αθλητικές εγκαταστάσεις
Προστατευόμενες Περιοχές	Ένα (1) Υπόγειο Υδατικό Σύστημα, μια (1) Προστατευόμενη Περιοχή Νερών Κολύμβησης (ΠΝΚ) και μια (1) Περιοχή Natura 2000, η οποία αποτελεί Ζώνη Ειδικής Προστασίας και Ειδική Ζώνη Διατήρησης (ΖΕΠ) - (ΕΖΔ)	Ένα (1) Υπόγειο Υδατικό Σύστημα και μια (1) Περιοχή Natura 2000, η οποία αποτελεί Ζώνη Ειδικής Προστασίας και Ειδική Ζώνη Διατήρησης (ΖΕΠ) - (ΕΖΔ).	Ένα (1) Υπόγειο Υδατικό Σύστημα, μια (1) Προστατευόμενη Περιοχή Νερών Κολύμβησης (ΠΝΚ) και μια (1) Περιοχή Natura 2000, η οποία αποτελεί Ζώνη Ειδικής Προστασίας και Ειδική Ζώνη Διατήρησης (ΖΕΠ) - (ΕΖΔ)
Δομές Πολιτικής Προστασίας	Μια (1) Αστυνομική Διεύθυνση, ένας (1) Πυροσβεστικός Σταθμός, δυο (2) Αστυνομικά Τμήματα και δυο (2) Τμήματα Τροχαίας	Μια (1) Αστυνομική Διεύθυνση, τρία (3) Αστυνομικά Τμήματα, δυο (2) Τμήματα Τροχαίας, ένας (1) Πυροσβεστικός σταθμός και ένα (1) Πυροσβεστικό Σώμα	Μια (1) Αστυνομική Διεύθυνση, μια (1) Διεύθυνση Εγκληματικών Ερευνών, πέντε (5) Αστυνομικά Τμήματα, τρία (3) Τμήματα Τροχαίας, ένας (1) Πυροσβεστικός Σταθμός και δύο (2) Πυροσβεστικά Σώματα
Δομές Υγείας	Μια (1) ιδιωτική κλινική	Μια (1) ιδιωτική κλινική	Δυο (2) ιδιωτικές κλινικές
Υποσταθμοί ΔΕΗ	Ένας (1) υποσταθμός της ΔΕΗ	Ένας (1) υποσταθμός της ΔΕΗ	Δύο (2) υποσταθμοί της ΔΕΗ
Χώροι Πολιτιστικής Κληρονομιάς	Ένα (1) μουσείο	Ένα (1) μουσείο και ένας (1) αρχαιολογικός χώρος	Ένα (1) μουσείο και ένας (1) αρχαιολογικός χώρος

Η Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής δημιούργησε μια επίσημη γεωχωρική πύλη, με τίτλο «Υδρολογικά - Πλημμυρικά Δεδομένα Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής», στο πλαίσιο της προσπάθειάς της να βελτιώσει τις παρεχόμενες ψηφιακές υπηρεσίες.

Πρωταρχικός στόχος αυτής της εφαρμογής είναι να παρέχει μια εξελιγμένη χωρική αναπαράσταση των δεδομένων που αφορούν τις Πλημμύρες του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί σχετικές πληροφορίες που προέρχονται από τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, όπως ζώνες πλημμύρας, ιστορικές πλημμύρες και ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου, για να δημιουργήσει ένα ολοκληρωμένο χαρτογραφικό περιβάλλον.



Εικόνα 2 Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Πλημμυρικού Κινδύνου. Πηγή: Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής

Στα παραρτήματα της παρούσας εργασίας, παραθέτονται οι χάρτες που περιέχουν πληροφορίες για τις περιοχές που κινδυνεύουν από πλημμύρες, οι οποίες είναι γνωστές ως Ζώνες Υψηλού Πλημμυρικού Κινδύνου. Αυτές οι ζώνες προσδιορίζονται για τις τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους: 50, 100 και 1000 χρόνια.

2.3 ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Οι πλημμύρες είναι ευρέως διαδεδομένοι φυσικοί κίνδυνοι που προκαλούν εκτεταμένες ζημιές σε περιουσίες, πληθυσμούς και το περιβάλλον. Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, η ενσωμάτωση του χωροταξικού σχεδιασμού και της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας έχει επισημανθεί ως προσέγγιση για τη μείωση των κινδύνων πλημμύρας. Η έλλειψη εύκολης πρόσβασης σε ολοκληρωμένες και ποιοτικές πληροφορίες και η έλλειψη τεχνολογίας και εργαλείων για τη χρήση των πληροφοριών είναι μεταξύ των παραγόντων που εμποδίζουν αυτή την ενσωμάτωση. Ενώ οι παραδοσιακές μέθοδοι επιδιώκουν απλώς τον έλεγχο του κινδύνου, οι μέθοδοι διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρας δίνουν έμφαση στη σημασία του ελέγχου του κινδύνου και της μείωσης της κοινωνικής ευπάθειας στις επιπτώσεις του (Galloway, 2008). Συνεπώς, η διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας ασχολείται με τις συνέπειες, οι οποίες είναι ένας συνδυασμός της πιθανότητας εμφάνισης ενός συμβάντος και των επιπτώσεων που συνδέονται με το συμβάν αυτό.

Ο χωρικός σχεδιασμός είναι ένα είδος σχεδιασμού που αποσκοπεί στην οργάνωση του φυσικού χώρου και στην καθοδήγηση των μελλοντικών δραστηριοτήτων σε αυτόν σύμφωνα με την καταλληλότητα και άλλες γενικές αρχές (Kidd, 2007; Larsson, 2006). Οι μελετητές εργάζονται για τη χωρική κατανομή των τύπων χρήσεων γης, όπως οι μεταφορές, η κατοικία, τα ιδρύματα, το εμπόριο και η βιομηχανία. Ως εκ τούτου, ο χωρικός σχεδιασμός αναφέρεται συνήθως ως σχεδιασμός χρήσεων γης ή αστικός και περιφερειακός σχεδιασμός. (Davidoff & Reiner, 1962).

Σε περιοχές που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες, ο χωρικός σχεδιασμός αναμένεται να συμβάλει στον μετριασμό των πλημμυρών. (Howe & White, 2004; White & Richards, 2007) Αναμένεται να συμβάλει στην άμβλυση των πλημμυρών κυρίως μέσω της ρύθμισης της θέσης των δραστηριοτήτων, του είδους της χρήσης γης, της κλίμακας ανάπτυξης και του σχεδιασμού των φυσικών κατασκευών, καθώς αυτά μπορούν να επηρεάσουν τη συχνότητα των πλημμυρών και τις επακόλουθες ζημιές. (Neuvel & Van Der Knaap, 2010; White & Richards, 2007) Επιπλέον, ο χωρικός σχεδιασμός στη διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας αντιπροσωπεύεται και από άλλα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ο χωρικός σχεδιασμός μπορεί να επηρεάσει βασικά στοιχεία σε πολλαπλές χωρικές κλίμακες, από τον σχεδιασμό σε τοπικό επίπεδο έως τον εθνικό και διεθνή στρατηγικό σχεδιασμό. (White & Richards, 2007; Wynn, 2005). Η σχέση μεταξύ του συστήματος σχεδιασμού και της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας είναι αδύναμη και πρέπει να ενισχυθεί και να συντονιστεί καλύτερα. Η ποιότητα και η εφαρμογή των υφιστάμενων σχεδίων θα μπορούσε να βελτιωθεί με τη συμμετοχή περισσότερων ενδιαφερομένων μερών για τον μετριασμό των πλημμυρών. (Baker, Hincks, & Sherriff, 2010; Veraart κ.α., 2010).

Ο χωρικός σχεδιασμός παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας. Ο σχεδιασμός χρήσεων γης είναι ένα σημαντικό προληπτικό μέτρο που μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή της εγκατάστασης νέων κατασκευών σε περιοχές που είναι επιρρεπείς στις πλημμύρες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή πολιτικών χρήσης γης και χωροταξικού σχεδιασμού, καθώς και με την ανάπτυξη κατάλληλων θεσμικών πλαισίων.

Συνολικά, η αποτελεσματική διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας απαιτεί συνδυασμό προληπτικών μέτρων, μέτρων παρέμβασης και συνεχούς παρακολούθησης και αξιολόγησης. Εφαρμόζοντας μια σειρά από στρατηγικές και μέτρα, βοηθά στην προστασία των ευάλωτων περιοχών από τις καταστροφικές επιπτώσεις των πλημμυρών. Ένα άλλο προληπτικό μέτρο είναι η μετεγκατάσταση, η οποία περιλαμβάνει την απομάκρυνση κατοικημένων περιοχών και οικονομικών δραστηριοτήτων από τις πλημμυρικές ζώνες. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κινδύνου ζημιών από πλημμύρες και στην προστασία ανθρώπων και περιουσιακών στοιχείων από τις καταστροφικές συνέπειες των πλημμυρών. Η διαχείριση των ομβρίων υδάτων είναι ένα άλλο σημαντικό μέτρο παρέμβασης που μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο του όγκου της απορροής και στη μείωση των πλημμυρών, ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της υλοποίησης έργων που στοχεύουν στην αύξηση της διαπερατότητας του εδάφους και στη διαχείριση της απορροής των όμβριων υδάτων. Άλλα μέτρα πρόληψης περιλαμβάνουν την αναβάθμιση της υποδομής αντιπλημμυρικής προστασίας και τη διενέργεια αξιολογήσεων τρωτότητας από τις πλημμύρες. Προγράμματα και πολιτικές μπορούν να εφαρμοστούν για τη διατήρηση έργων και υποδομών αντιπλημμυρικής προστασίας, ενώ η ενσωμάτωση της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας σε άλλες πολιτικές και στρατηγικές μπορεί να βοηθήσει να διασφαλιστεί ότι τα μέτρα πρόληψης είναι αποτελεσματικά και βιώσιμα.

Είναι υψίστης σημασίας η τήρηση της Οδηγίας 2000/60/EK για τα ύδατα, η οποία απαιτεί τη θέσπιση ολοκληρωμένων σχεδίων για τη διαχείριση της λεκάνης απορροής ποταμού. Αυτά τα σχέδια μπορούν να περιλαμβάνουν σχέδια διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας που περιγράφονται στην οδηγία 2007/60/EK για τις πλημμύρες. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να πραγματοποιούνται αξιολογήσεις κινδύνου πλημμύρας στο επίπεδο της λεκάνης απορροής του ποταμού για να επιτευχθεί η μέγιστη ακρίβεια. Ακόμη, ένας τομέας για τη βελτίωση της διαχείρισης των πλημμυρών είναι η αναβάθμιση των συστημάτων τεχνητής αποστράγγισης, καθώς και η αποτελεσματική διαχείριση των συστημάτων αποχέτευσης ομβρίων υδάτων. Επιπρόσθετα, μπορούν να γίνουν προσπάθειες για την ανάπτυξη ή την αναβάθμιση συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και πρόβλεψης για πλημμύρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΓΣΠ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ) ασχολούνται με τη διαχείριση, την ανάλυση, την οπτικοποίηση και τη διάδοση των γεωγραφικών πληροφοριών για την αποτελεσματική, έγκαιρη και αποδοτική συνεργασία, την επίλυση προβλημάτων και τη λήψη αποφάσεων.

Βασικές λειτουργίες των ΓΣΠ:

- Χαρτογράφηση και Απεικόνιση: Χρήση των γεωγραφικών δεδομένων για τη μοντελοποίηση του πραγματικού κόσμου.
- Δημιουργία και επεξεργασία δεδομένων: Διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων, καταγραφή μεταβολών του πραγματικού κόσμου.
- Γεωγραφική ανάλυση: Επισήμανση μοτίβων και σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών δεδομένων με σκοπό την επίλυση προβλημάτων.
- Διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων με στόχο την επίλυση προβλημάτων.

Με τα γεωγραφικά συστήματα, τα δεδομένα μπορούν να οπτικοποιηθούν χρησιμοποιώντας δυναμικά σύμβολα, τα χωρικά δεδομένα μπορούν να εντοπιστούν εύκολα και με ακρίβεια, συνοδευόμενα από περιγραφικές πληροφορίες και, τέλος, οι χάρτες μπορούν εύκολα να αποθηκευτούν. (Marathon Data Systems, 2015)

3.2 ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Η ανάγκη προστασίας και διαχείρισης του περιβάλλοντος έχει καταστήσει τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ) ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διερεύνηση νέων μεθόδων και τεχνολογιών και την επίλυση προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο μέσω της διαχείρισης, ανάλυσης και οπτικοποίησης γεωγραφικών πληροφοριών και γεωγραφικών δεδομένων. Τα ΓΣΠ μπορούν να διαχειριστούν πλήθος δεδομένων και μεγάλο όγκο πληροφοριών όπως στοιχεία από το κτηματολόγιο, χάρτες με δεδομένα σχετικά με το έδαφος(την τοπογραφία, τη μορφολογία και τη γεωλογία), δασικούς χάρτες, δεδομένα με βάση τον πληθυσμό, τις χρήσεις γης, την υδρολογία και άλλες δραστηριότητες που πραγματοποιούνται σε χωρικό και μη επίπεδο. Με τη βοήθεια κατάλληλων, σύγχρονων τεχνικών και τεχνολογιών πληροφορικής, όπως τα ΓΣΠ, μπορούν να συλλεχθούν και να επεξεργαστούν κατάλληλα τα απαραίτητα δεδομένα για την παραγωγή θεματικών χαρτών και χωρικών μοντέλων, την άμεση οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, την εξαγωγή συμπερασμάτων, την εφαρμογή σεναρίων, τη μελέτη μελλοντικών συνεπειών και προβλέψεων και την προετοιμασία δράσεων για την πρόληψη, την αντιμετώπιση και τη διαχείριση καταστροφικών φαινομένων.

3.3 ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΑΛΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΑΡΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ- EXCIMAP

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο καλών πρακτικών για τις πλημμύρες στην Ευρώπη (European exchange circle on flood mapping) (EXCIMAP, 2007), ο σχεδιασμός και η διαχείριση της χρήσης γης με επίγνωση των κινδύνων αποτελούν σημαντική συμβολή στη βιώσιμη ανάπτυξη.

Το γεωγραφικό επίπεδο (εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό) καθορίζει την απαιτούμενη κλίμακα.

Πίνακας 4 Δημιουργία χαρτών με βάση τη κλίμακα της περιοχής μελέτης. Πηγή: EXCIMAP (2007)

Επίπεδο/Κλίμακα	Χρήση χαρτών πλημμύρας	Αναγνωσιμότητα / Πολυπλοκότητα	Περιεχόμενα χαρτών πλημμύρας	
			Βασικές Παράμετροι	Επιθυμητές παράμετροι
Εθνικό / περιφερειακό 1:100.000 - 1:500.000	-Προηγμένος χωροταξικός σχεδιασμός -Κατανομή γης για ανάπτυξη -Καταλληλότητα της γης για διάφορους τύπους ανάπτυξης Εθνικός σχεδιασμός υποδομών	-Φορείς λήψης αποφάσεων -Χωρικός Σχεδιασμός και Χρήσεις γης -Απλοποιημένοι χάρτες	Έκταση πλημμύρας Κίνδυνοι πλημμύρας Τοποθεσίες περιβαλλοντικής ευπάθειας Κίνδυνοι ρύπανσης Περιοριστικά στοιχεία σε κίνδυνο	Ορισμένοι δείκτες (προς καθορισμό) που επιτρέπουν την αξιολόγηση της επικινδυνότητας (απαραίτητοι σε ορισμένα πλαίσια, αλλά θεωρούνται χρήσιμοι εάν είναι διαθέσιμοι ή μπορούν να εξαχθούν).
Τοπικό 1:5.000 - 1:25.000 (επίπεδο κτηματογράφησης)	-Ειδικά σχέδια πόλεων και οικισμών -Διαχείριση λεκανών απορροής -Κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών των σχεδιαστών ως βάση ή καθοδήγηση για αποφάσεις (π.χ. πρόβλεψη χωροθέτησης γης που αποτελεί τη βάση των αποφάσεων σχεδιασμού, υποστήριξη τοπικών εκτιμήσεων κινδύνου πλημμύρας για ανάπτυξη, καθορισμός κατάλληλων χρήσεων γης και τύπων ανάπτυξης, αξιολόγηση μεμονωμένων εφαρμογών σχεδιασμού).	-Χωροτάκτες -Πολεοδόμοι -Τοπικές αρχές -Απλοποιημένοι χάρτες	Έκταση πλημμύρας (συνήθως για μια σειρά πιθανοτήτων συμβάντων) είτε αγνοώντας τις αντιπλημμυρικές άμυνες είτε υποθέτουμε παραβίαση της άμυνας	Διάφορες παράμετροι πλημμύρας (π.χ. βάθος, ταχύτητα, διάρκεια, διάβρωση και συσσώρευση συντριμμίων, προστατευόμενες περιοχές κ.λπ.) ή/και τάξεις κινδύνου (από άποψη πιθανότητας και έντασης), ιδιαίτερα όταν η διαδικασία σχεδιασμού συνδέεται με αυτό το είδος πληροφοριών

3.3.1 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ακόμη, για να δημιουργηθεί ένας χάρτης, χρειάζονται δεδομένα και μοντέλα όπως η τοπογραφία, τα ιστορικά δεδομένα, οι χρήσεις γης κ.α. Παρακάτω παρουσιάζονται καλές πρακτικές για την Ευρώπη.

3.3.1.1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ, ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ

Απαιτούνται λεπτομερείς και ακριβείς ψηφιακοί χάρτες και ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα (DEM) για τη βελτίωση της ακρίβειας της μοντελοποίησης πλημμυρών και τον αξιόπιστο εντοπισμό των ιδιοκτησιών που διατρέχουν κίνδυνο. Η κατάλληλη επιλογή της οριζόντιας και κατακόρυφης ακρίβειας των χαρτών και των DEM, λαμβάνοντας υπόψη την επιπεδότητα και την ελαφρά κλίση των πλημμυρικών πεδίων και των επιφανειών πλημμύρας ποταμών, έχει σημαντικό αντίκτυπο στην αξιοπιστία και την ακρίβεια του τελικού προϊόντος.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οριζόντια ανάλυση 10m*10m (σε ορισμένες περιπτώσεις 5m*5m) και κατακόρυφη ανάλυση τουλάχιστον 0,5m. Μπορούν να εξεταστούν εργαλεία και μέθοδοι για τη δημιουργία DEM με την απαιτούμενη ακρίβεια:

- LiDAR
- SAR και παραλλαγές (IFSAR, GeoSAR, AIRSAR)
- DTM/DEM που προέρχεται από εναέριες ψηφιακές ορθοφωτογραφίες (μέγεθος εικονοστοιχείων εδάφους: 0,5-2,0 m, ανάλυση 0,3-0,5 m.
- DEM που προέρχονται από διανυσματικές γραμμές περιγράμματος (contour lines) τμημάτων ψηφιακού χάρτη με κλίμακα 1:10 000 (μέγεθος εικονοστοιχείων εδάφους: 0,85-2,0 m, γραμμές περιγράμματος διαθέσιμες σε ανάλυση 1,0 m, σε επίπεδες περιοχές δίνονται επίσης οι ενδιάμεσες γραμμές περιγράμματος 0,5 m)

3.3.1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα ιστορικά δεδομένα είναι πολύ σημαντικά για την ευαισθητοποίηση του κοινού και τη βαθμονόμηση της μοντελοποίησης πλημμυρών (εφόσον μπορούν να συγκριθούν οι ιστορικές συνθήκες με τις συνθήκες μοντελοποίησης).

Ιστορικά στοιχεία ενδιαφέροντα προς συλλογή είναι:

- Χάρτες πλημμυρών
- Καταγραφές στάθμης νερού σε ποτάμι
- Εγγραφές ταχύτητας (μετρητής)
- Σημάδια πλημμύρας
- Εικόνες, ζωγραφική ή σχέδιο
- Εφημερίδες που αφορούν πλημμυρικά γεγονότα
- Ιστορικές αναφορές ή βιβλία για πλημμύρες, με επίκεντρο τις ζημιές και την αναβάθμιση προστασίας που μελετήθηκαν ή αποφασίστηκαν μετά την πλημμύρα
- Εναέριες και δορυφορικές φωτογραφίες.

3.3.1.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι τύποι χρήσης γης και τα σχετικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται από τις ευρωπαϊκές χώρες είναι:

- Δεδομένα πληθυσμού
- Corine Land Cover: Το πανευρωπαϊκό έργο CORINE Land Cover (CLC) παρέχει ένα μοναδικό και συγκρίσιμο σύνολο δεδομένων κάλυψης γης για την Ευρώπη

- Τυπικές, αθροιστικές συναρτήσεις βάθους-ζημίας αποδίδονται σε τύπους χρήσεων γης, που διαφοροποιούνται από το CORINE Land Cover
- Οικονομικά δεδομένα, απόκτηση δεδομένων: χάρτες χρήσεων γης, στατιστικά στοιχεία
- Βασικές υπηρεσίες: μεταφορές, παροχή ενέργειας, επικοινωνία, ύδρευση, αποχέτευση, υγειονομική περίθαλψη, κοινωνικές και εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις
- Περιβάλλον, πηγές ρύπανσης και προστατευόμενες περιοχές
- Πολιτιστική κληρονομιά

3.3.2 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

3.3.2.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Διάφορα μοντέλα βροχοπτώσεων-απορροών (Rainfall-Runoff-RFRO) ή στατιστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των υδρολογικών παραμέτρων των κυμάτων πλημμύρας (τα οποία είναι δεδομένα εισόδου υδροδυναμικών μοντέλων). Τα μοντέλα RFRO χρησιμοποιούνται συνήθως για την προσομοίωση των αστραπιαίων πλημμυρών ορεινών χειμάρρων και υδάτινων ρεμάτων των περιοχών των βουνών, αλλά χρησιμοποιούνται επίσης για σκοπούς πρόβλεψης πλημμυρών ακόμη και σε μεγάλες λεκάνες απορροής όπου ο χρόνος που απαιτείται για τη συσσώρευση και την απορροή επιτρέπει την έγκαιρη προειδοποίηση για επιχειρησιακή ή/και έκτακτη ανάγκη.

3.3.2.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Η δρομολόγηση πλημμυρών ποταμών (διάδοση πλημμύρας σε ποτάμια) μπορεί να περιγραφεί με μονοδιάστατο (1D) μαθηματικό μοντέλο. Αυτή η λύση είναι κατάλληλη και για τη μοντελοποίηση της πλημμύρας ανοιχτών πλημμυρικών πεδιάδων αλλά σε περίπτωση περίπλοκων μορφολογικών συνθηκών μπορεί να είναι απαραίτητη η εφαρμογή 2D μοντέλων.

Οι παράμετροι κινδύνου πλημμύρας σε ανοιχτές πλημμυρικές πεδιάδες που παρέχονται από τα υδροδυναμικά μοντέλα είναι: (i) επίπεδο πλημμύρας, (ii) διασταύρωση του επιπέδου πλημμύρας με το έδαφος, (iii) το βάθος πλημμύρας ως διαφορά μεταξύ του επιπέδου πλημμύρας και του εδάφους, (iv) την ταχύτητα.

3.3.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΑΙΦΝΙΔΙΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Οι αιφνίδιες πλημμύρες συμβαίνουν ξαφνικά ενέχοντας υψηλό κίνδυνο για τη ζωή ανθρώπων και ζώων, καθώς και των ιδιοκτησιών. Οι λεκάνες απορροής που είναι επιρρεπείς σε αιφνίδιες πλημμύρες βρίσκονται κυρίως κατά μήκος των μεσογειακών ακτών και μπορεί να περιλαμβάνουν μικρές, απότομες λεκάνες απορροής που έχουν υποφέρει από αυτές στο παρελθόν. Πολλά από τα υδατορέματα στις λεκάνες αυτές χαρακτηρίζονται ως εφήμερα υδατορέματα, με λίγο ή καθόλου νερό για το μεγαλύτερο μέρος του έτους. Η εκτίμηση κινδύνου αυτών των υδατορεμάτων θα πρέπει επομένως να επικεντρωθεί στον εντοπισμό των περιοχών που είναι επιρρεπείς σε χάρτες κινδύνου με βάση γεωμορφολογική ανάλυση και στην εφαρμογή μέτρων προειδοποίησης με βάση χάρτες κινδύνου. Οι αιφνίδιες πλημμύρες διαφέρουν από τις ποτάμιες πλημμύρες, οι οποίες συνήθως προκαλούνται από έντονες βροχοπτώσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Σε σχέση με τον ορισμό των κινδύνων από πλημμύρες και τους χάρτες κινδύνου, μπορεί να επισημανθεί ότι:

- Οι επιρρεπείς σε ξαφνικές πλημμύρες περιοχές μπορούν να εντοπιστούν σε μια πρώτη προσέγγιση με τη χρήση μετεωρολογικών κριτηρίων, όσον αφορά τα ποσά και τις

εντάσεις βροχοπτώσεων πάνω από ένα όριο που έχουν επηρεάσει την ίδια περιοχή στο παρελθόν.

- Τα γεωμορφολογικά κριτήρια είναι πρωταρχικής σημασίας σε περιοχές που είναι επιρρεπείς σε ξαφνικές πλημμύρες, καθώς το νερό στα περισσότερα από αυτά τα ποτάμια δεν ρέει το μεγαλύτερο μέρος του έτους.
- Η κλασική 1D μοντελοποίηση για την οριοθέτηση του κινδύνου μπορεί να μην είναι χρήσιμη σε μικρές έως μεσαίες περιοχές επιρρεπείς σε ξαφνικές πλημμύρες.
- Η εκτίμηση επικινδυνότητας έχει μεγάλη σημασία σε περιοχές που είναι επιρρεπείς σε ξαφνικές πλημμύρες, επειδή πολλές από αυτές έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό και επομένως παρουσιάζουν υψηλή ευπάθεια.

Ως εκ τούτου, οι χάρτες κινδύνου πλημμυρών θα πρέπει να περιλαμβάνουν: προσδιορισμό κινδύνων με οριοθετημένες εκτάσεις, βασισμένες κυρίως σε μετεωρολογικές και γεωμορφολογικές πτυχές, και ανάλυση τρωτότητας προκειμένου να αποτραπούν ή να μετριαστούν οι οικισμοί σε περιοχές κινδύνου από τις καταστροφικές επιπτώσεις τους.

Προκειμένου να προβλεφθούν οι πιθανές συνέπειες των πλημμυρικών φαινομένων, μπορούν να εφαρμοστούν διάφοροι τύποι τεχνικών μοντελοποίησης που προσομοιώνουν τον τρόπο με τον οποίο το νερό θα εξαπλωθεί στην επιφάνεια της γης κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου πλημμυρικού φαινομένου. Οι τεχνικές μοντελοποίησης πλημμυρών έχουν βελτιωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, όχι μόνο λόγω της αυξημένης υπολογιστικής ισχύος, αλλά και λόγω της διαθεσιμότητας ψηφιακών μοντέλων υψομέτρων υψηλής ανάλυσης (DEM), τα οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τη μοντελοποίηση πλημμυρών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΛΥΟΝΤΑΣ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ «BLUESPOT»

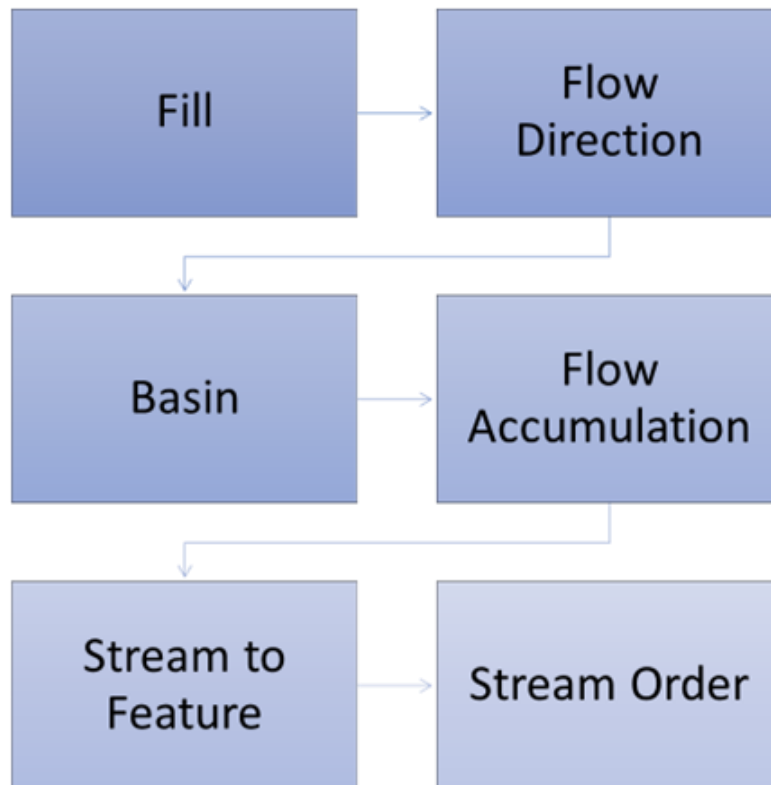
4.1 ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ GIS

Το ArcGIS αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύνολο εργαλείων που παρέχουν στον χρήστη πρόσβαση σε γεωγραφικές οντότητες και δυνατότητες εκτέλεσης χωρικών διεργασιών. Απαρτίζεται από εξειδικευμένα υποσυστήματα με αντικείμενο την επισκόπηση, επεξεργασία, ανάλυση και απόδοση χωρικών δεδομένων και συμπληρώνεται από εξειδικευμένες επεκτάσεις (extensions).

Η συγκρότηση των χωρικών οντοτήτων σε περιβάλλον ΓΣΠ στηρίζεται στην άρρηκτη σύνδεση των γεωμετρικών στοιχείων με τα περιγραφικά χαρακτηριστικά. Τα γεωμετρικά στοιχεία είναι η έκφραση των χωρικών δεδομένων σε μία από τις τρεις βασικές κατηγορίες χωρικών φαινομένων: σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά, είναι δε ο γραφικός τρόπος με τον οποίο αυτά αναπαρίστανται. (Τσούλος κ.α 2015).

Με τη χρήση της εργαλειοθήκης Hydrology του λογισμικού ArcGIS PRO, μπορεί να εξεταστεί το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα τα εργαλεία που εμφανίζονται στο γράφημα, εξηγούνται αναλυτικά το καθένα παρακάτω.

Γράφημα 2 Εργαλεία της εργαλειοθήκης Hydrology (Ιδία Επεξεργασία)



Το πρώτο εργαλείο "Fill" έχει σχεδιαστεί για να εξαλείφει τυχόν κοιλάτητες και να εξασφαλίζει την ομαλή ροή στα κελιά διαφορετικών υψομέτρων σε ένα αρχείο ράστερ.

- Το εργαλείο "Flow Direction" δημιουργεί ένα νέο αρχείο raster που απεικονίζει την κατεύθυνση της ροής του νερού από κάθε κελί του αρχείου προς το πλησιέστερο του, λαμβάνοντας υπόψη την ελάχιστη υψομετρική διαφορά.
- Το εργαλείο "Basin" χρησιμοποιείται για τη σχεδίαση των τοπικών λεκανών απορροής
- Αναλύοντας το αρχείο raster που σχετίζεται με την κατεύθυνση ροής "Flow Direction". Προσδιορίζει όλα τα συνδεδεμένα κελιά στον καμβά που ανήκουν στην ίδια λεκάνη απορροής.
- Το εργαλείο "Flow Accumulation" δημιουργεί ένα raster αρχείο προσδιορίζοντας το που γίνεται συσσώρευση της ροής, ορίζοντας το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής.
- Με το εργαλείο "Stream to Feature" γίνεται μετατροπή του raster αρχείου σε διανυσματική μορφή (vector).
- Το εργαλείο "Stream Order" αποτελεί τη διαδικασία οργάνωσης και ιεράρχησης του υδρογραφικού δικτύου σε τάξεις. Η ταξινόμηση γίνεται κατά τη μέθοδο Strahler, η οποία εξηγείται στο Στάδιο 4 της μεθοδολογίας του μοντέλου Bluespot καθώς ακολουθεί το ίδιο μοτίβο ανάλυσης.

4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - THE BLUE SPOT MODEL

4.2.1 ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ

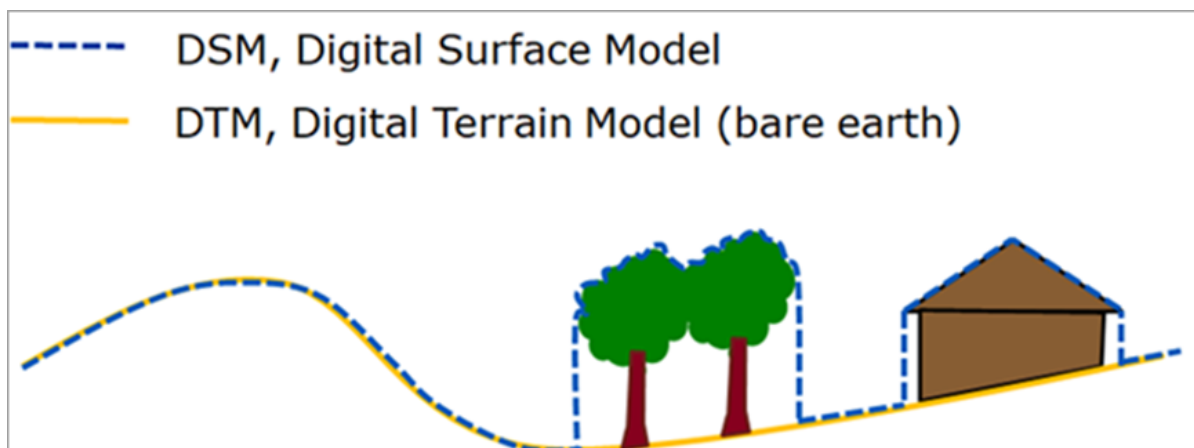
Το μοντέλο BlueSpot είναι μια μέθοδος για τον εντοπισμό ευαίσθητων περιοχών. Ως «μπλε σημείο» (bluespot) ορίζεται ένα τμήμα όπου η πιθανότητα πλημμύρας είναι σχετικά υψηλή και όπου οι συνέπειές της είναι σημαντικές. Η μεθοδολογία BlueSpot είναι εφαρμόσιμη σε οποιαδήποτε χώρα, εφόσον υπάρχουν τα απαιτούμενα δεδομένα.

Απαιτούμενα δεδομένα:

- DTM
- Building footprints (Αποτυπώματα κτιρίων)
- Roads (δρόμοι)
- Railroads (σιδηρόδρομοι)

Η μοντελοποίηση απαιτεί ένα μοντέλο εδάφους το οποίο παρέχει δεδομένα μόνο για την επιφάνεια του εδάφους εξαιρώντας φυσικά χαρακτηριστικά (βλάστηση) και ανθρώπινα χαρακτηριστικά (κτίρια κ.α) Τα αποτυπώματα κτιρίων, εάν είναι διαθέσιμα, μπορούν επίσης να ενσωματωθούν για να βελτιώσουν τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης. Για τη μοντελοποίηση των «bluespots», συνιστάται έντονα να επιδιώκεται η χρήση ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DTM) που έχει κατασκευαστεί από σημεία της επιφάνειας του εδάφους και όχι ενός ψηφιακού μοντέλου επιφάνειας (DSM) που περιλαμβάνει συνδυασμό υψών βλάστησης και κτιρίων(π.χ δεδομένα από δορυφορικές εικόνες).

Ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) είναι μια τρισδιάστατη αναπαράσταση του εδάφους ή της επιφάνειας της γης, που αποτελείται από μια σειρά σημείων με καθορισμένα υψόμετρα και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως ποτάμια και κορυφογραμμές χωρίς τη βλάστηση και τα κτίρια.



Εικόνα 3 Διαφορά μεταξύ ενός DTM και ενός DSM μοντέλου. Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI

Ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρου (DEM) είναι μια τρισδιάστατη αναπαράσταση του εδάφους, ένα πλέγμα δεδομένων ράστερ που αποκλείει και φιλτράρει τα διανυσματικά χαρακτηριστικά του εδάφους (ρέματα, όρια, κορυφογραμμές κ.λπ.) και όλα τα χαρακτηριστικά της γης, όπως κτίρια και φυσικά χαρακτηριστικά (δέντρα και άλλα είδη βλάστησης). (Hellen Grace Llames, 2022).

Τα δεδομένα πρέπει να εντάσσονται σε σύστημα συντεταγμένων με οριζόντιες και κάθετες μετρούμενες μονάδες. Προτιμάται ως υπόβαθρο raster ένα DTM μοντέλο όπου

παρουσιάζονται τα επιπέδα του εδάφους από υψηλής ανάλυσης lidar τεχνολογίας. Αν είναι δυνατόν το DTM να είναι ορισμένο υδρολογικά. Πρέπει να διορθωθεί το νερό που εισέρχεται κάτω από τις υποδομές. Ένα DSM μοντέλο δεν παράγει έγκυρα αποτελέσματα καθώς περιλαμβάνει έναν συνδυασμό από έδαφος, ταράτσες κτιρίων και βλάστηση. Επειδή θέλουμε μία μέθοδο ροής στο έδαφος, θα πρέπει το νερό να ρέει γύρω από τα κτίρια. Ακόμη, όταν τα κτίρια βρίσκονται σε μεγάλα βάθη ο όγκος τους θα πρέπει να αφαιρείται όταν υποθέτουμε ότι δεν θα μπαίνει νερό στο υπόγειο τους.

Συγκεκριμένα:

- Ένταξη σε σύστημα συντεταγμένων (Project Data)
- Ένταξη του DTM ώστε να ταιριάζει στη λεκάνη απορροής (Derive Basins)
- Αν υπάρχουν τα αποτυπώματα των κτιρίων να αποτυπωθούν πάνω στο DTM (AddBuildingsToDTM)

Το μοντέλο περιλαμβάνει 5 στάδια:

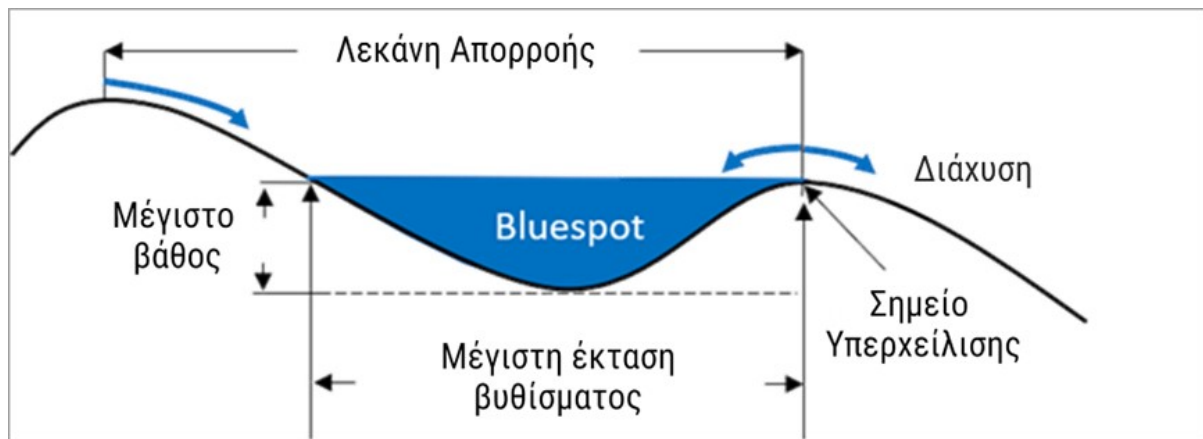
- Στάδιο 1: Προσδιορισμός των Bluespots
- Στάδιο 2: Δημιουργία κόμβων
- Στάδιο 3: Προετοιμασία Πεδίων
- Στάδιο 4: Σημεία Υπερχείλισης
- Στάδιο 5: Σημεία συγκέντρωσης νερού

Γράφημα 3 Στάδια εφαρμογής μοντέλου Bluespot



4.2.2 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ;

Ένα bluespot είναι ένα κοίλωμα του εδάφους, μεγάλο ή μικρό, όπου η βροχόπτωση παγιδεύεται κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων. Το bluespot αρχίζει να γεμίζει (Hortonian overland flow) και όταν φτάσει και ξεπεράσει τη χωρητικότητά του, υπερχειλίζει στο σημείο εκροής του (σημείο υπερχείλισης).

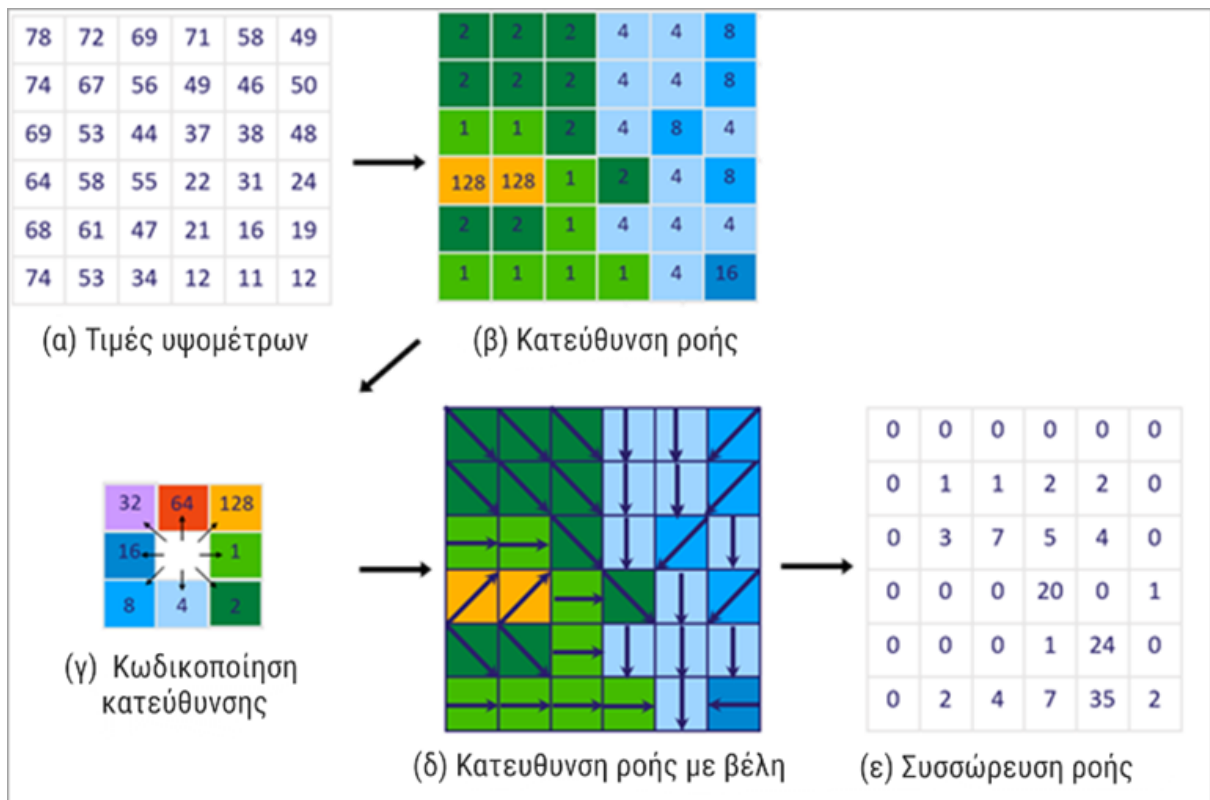


Εικόνα 4 Απεικόνιση Bluespot, Ίδια Εξεργασία. Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI

Αρχικά, το μοντέλο ανιχνεύει όλα τα bluespots, ανεξάρτητα από το βάθος ή τον όγκο τους. Εν τω μεταξύ, για να έχουμε μεγαλύτερη εικόνα για το πού παγιδεύεται το νερό της καταιγίδας και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε κτίρια και υποδομές, εισάγεται ένα φίλτρο, το οποίο εξαλείφει τα μικρότερα ασήμαντα σημεία από τους υπολογισμούς.

Το φίλτρο του είναι ένας συνδυασμός κριτηρίων βάθους και όγκου, επομένως τα πολύ ρηχά μπλε σημεία με μικρούς όγκους μπορούν να αφαιρεθούν σκόπιμα για να μειωθούν οι υπολογισμοί και να περιοριστούν οι έξοδοι. Αυτό σημαίνει ότι ο συνολικός όγκος που είναι αποθηκευμένος στα πολύ μικρά bluespot παραλείπεται από τους υπολογισμούς καθώς οι «χαμένες» χωρητικότητες των bluespot μετατρέπονται σε επιφανειακή απορροή που ενδέχεται να υπόκεινται σε εσφαλμένη ανάλυση. Τα DTM αναπαριστούν τα επίπεδα του εδάφους και θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν κτίρια αποτυπωμένα στο έδαφος.

Όταν προσδιορίζονται οι κατευθύνσεις ροής, οι συσσωρεύσεις ροής περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο η ροή συγχωνεύεται σε μικρά ρέματα και ύστερα σε μεγαλύτερα συστήματα ποταμών. Στην παρακάτω εικόνα, ένα DTM (α) εξετάζει όλα τα συνδεδεμένα κελιά στον καμβά που ανήκουν στην ίδια λεκάνη απορροής (β). Στη συνέχεια, με βάση το σχήμα κωδικοποίησης (γ) ορίζονται οι κατευθύνσεις ροής οι οποίες γίνονται πιο κατανοητές όταν απεικονίζονται ως βέλη (δ). Στη συνέχεια, δημιουργείται ένα raster αρχείο προσδιορίζοντας το που γίνεται συσσώρευση της ροής (ε). Τα βέλη υποδεικνύουν την κατάντη ροή από ένα bluespot στο επόμενο χαμηλότερο σημείο.



Εικόνα 5 Κατεύθυνση Ροής, Ιδία επεξεργασία, Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI

ΣΤΑΔΙΟ 1: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ BLUESPOTS

Κάθε εντοπισμένο bluespot έχει μόνο ένα σημείο εκροής και μια τοπική λεκάνη απορροής. Επίσης, εξ ορισμού, μόνο ένα ρεύμα μεταφέρει την υπερχειλίση από ένα bluespot όταν υπερχειλίσει. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι ορισμένα κτίρια φαίνεται να βρίσκονται σε κρίσιμη θέση εντός ή δίπλα σε κάποιο bluespot.

ΣΤΑΔΙΟ 2: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΟΜΒΩΝ

Αυτό το βήμα προετοιμάζει το υδρολογικό δίκτυο να εντοπίσει τη συσσωρευμένη κατάντη διάχυση από τα σημεία ροής bluespots κατά μήκος των ανιχνευμένων διαδρομών ροής, αντιπροσωπεύοντας τα παράγωγα ρεύματα. Τα σημεία ροής καθορίζουν τα σημεία εκκίνησης για τις ροές στο δίκτυο, αλλά είναι επίσης απαραίτητο να γνωρίζουμε τα τελικά σημεία για όλες τις δυνατές γραμμές. Εάν ένα ρεύμα πηγαινει από ένα σημείο ροής κατευθείαν σε ένα άλλο χαμηλότερο bluespot, η λειτουργία γραμμής ροής τελειώνει στο σημείο ροής. Αλλά όταν τέμνονται δύο ρεύματα, πρέπει να εξεταστεί η δημιουργία ενός νέου κόμβου που βρίσκεται στη διασταύρωση ως μέρος του υδρολογικού δικτύου.

ΣΤΑΔΙΟ 3: ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΕΔΙΩΝ

Το εργαλείο "Prepare Spillover Fields" προσθέτει έναν αριθμό επιπλέον πεδίων για κάθε συμβάν βροχής για να παρακολουθεί τις εισερχόμενες και εξερχόμενες εντάσεις για κάθε bluespot. Φυσικά, συνιστάται η δημιουργία ρεαλιστικών σεναρίων όμβριων υδάτων που ταιριάζουν με την εκάστοτε περιοχή. Έτσι, εξετάζονται σεναρία συμβάντων βροχής που κυμαίνονται από 20 έως 100 mm σε βήματα των 10 mm, καθώς αυτά αντικατοπτρίζουν ρεαλιστικά γεγονότα που συμβαίνουν ετησίως στην περιοχή έναντι εκείνων που συμβαίνουν μόνο μία φορά στα χίλια χρόνια (περίπου).

ΣΤΑΔΙΟ 4: ΣΗΜΕΙΑ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ

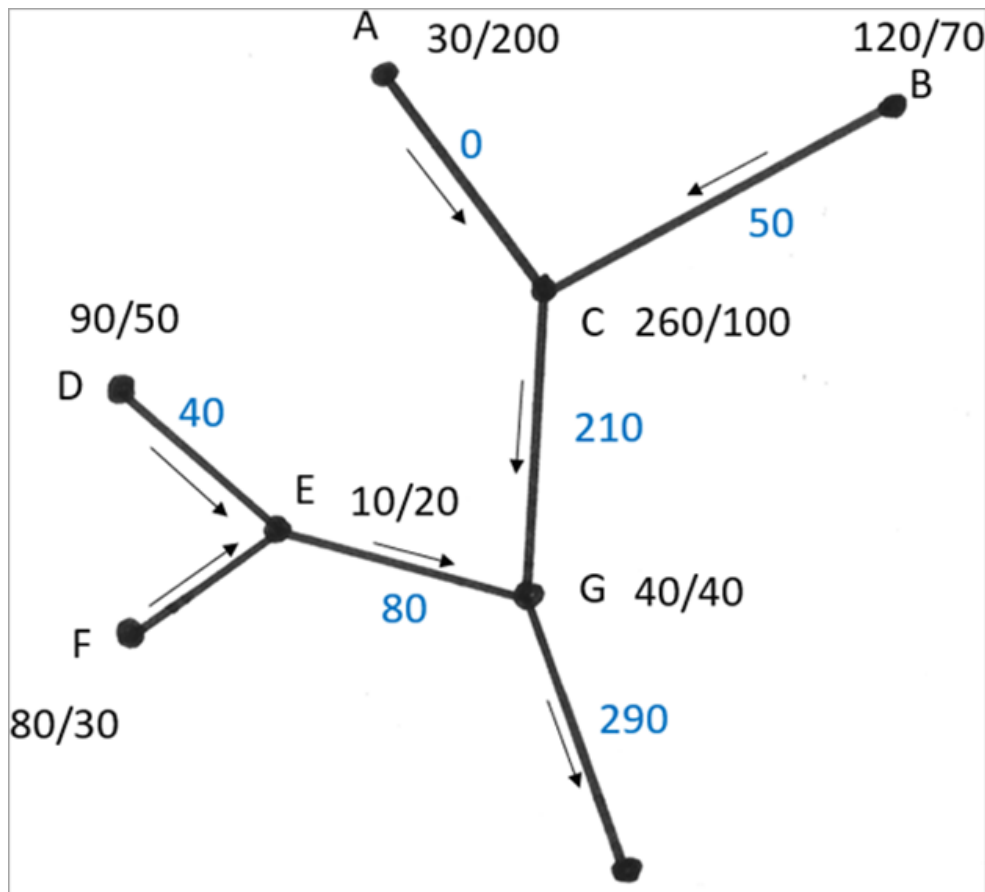
Το εργαλείο φορτώνει την τοπολογία δικτύου ροής που είναι αποθηκευμένη στο αρχείο NetworkXDict. Η θεωρία γραφημάτων προσδιορίζει αυτόν τον τύπο δικτύου ως ένα άκυκλο κατευθυνόμενο γράφημα. Αυτό σημαίνει ότι είναι ένα δίκτυο, ταξινομημένο ιεραρχικά και με μία μόνο κατεύθυνση, η οποία είναι κατάντη. Ένα τέτοιο δίκτυο δεν μπορεί να έχει βρόχους, επομένως εάν το εργαλείο επιστρέψει ένα σφάλμα, μπορεί να οφείλεται σε εκτροπή ροής και στη συνέχεια εκ νέου συγχώνευση. Ως αποτέλεσμα, αυτή η μέθοδος διαλογής δεν εφαρμόζεται σε εντελώς επίπεδες περιοχές, όπου κυριαρχούν οι πεδιάδες με λιωμένο νερό (sandurs), όπως βρίσκονται στην Ισλανδία ή σε επίπεδες περιοχές σε ελώδεις εκτάσεις.

Δημιουργούνται τέσσερα πεδία για καθένα από τα γεγονότα βροχής που εξετάστηκαν. Η εξίσωση που περιγράφει το σημείο υπερχείλισης είναι:

$$\text{SpillOverOut} = \text{SpillOverIn} + \text{RainVolume} - \text{Capacity}$$

Σε περίπτωση που η διάχυση δύο κόμβων συγχωνεύεται σε ένα κόμβο διασταύρωσης, το υπόλοιπο του κόμβου αθροίζεται από τις εισερχόμενες ροές των αρχικών κόμβων. Αυτό το παράδειγμα δείχνει πώς οι ισορροπίες επεξεργάζονται ιεραρχικά, λαμβάνοντας πρώτα υπόψη τα πιο απομακρυσμένα ανάντη bluespots. Στη συνέχεια, οι υπολογισμοί πηγαινούν όλο και πιο βαθιά στο δίκτυο μέχρι να καταλήξουν οι υπολογισμοί στο τερματικό σημείο της λεκάνης αποστράγγισης που βρίσκεται στην έξοδο προς τη θάλασσα. Παρατηρούμε επίσης ότι πολλά bluespot δεν φτάνουν ποτέ σε σημείο υπερχείλισης λόγω της μεγάλης χωρητικότητάς τους.

Στην εικόνα, απεικονίζεται η τοπολογική ρύθμιση των ροών και των κόμβων. Τα Bluespots αντιπροσωπεύονται από κόμβους, A-G και ροές ως μαύρες άκρες που πηγαινούν από τον έναν κόμβο στον επόμενο χαμηλότερο υψομετρικά κόμβο. Για κάθε bluespot, οι τιμές xx/yy αντιπροσωπεύουν ογκομετρικές συνεισφορές από την τοπική λεκάνη απορροής ενός bluespot (xx) έναντι της χωρητικότητάς του (yy).



Εικόνα 6 Ροές και κόμβοι, Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI

Ο κόμβος A αντιπροσωπεύει ένα bluespot με χωρητικότητα 200 ογκομετρικών μονάδων, αλλά η τοπική λεκάνη απορροής του bluespot έχει γεμίσει μόνο με 30 μονάδες, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διάχυση κατά μήκος της άκρης προς το bluespot στον κόμβο C. Το bluespot στον κόμβο B έχει χωρητικότητα 70 αλλά με πλώρωση 120 ογκομετρικών μονάδων από την τοπική του λεκάνη απορροής. Έτσι, 50 μονάδες υπερχειλίσης μεταφέρονται κατάντη στο bluespot που αντιπροσωπεύεται από τον κόμβο C.

Αυτό το bluespot έχει χωρητικότητα 100, αλλά 260 μονάδες τροφοδοτούνται από την τοπική λεκάνη απορροής του, παράγοντας διάχυση 160 μονάδων. Επιπλέον, πρέπει να προστεθούν 0+50 μονάδες από το upstream spillover στον κόμβο A και B που εισέρχεται στο C, με αποτέλεσμα συνολικά $50 + 160 = 210$ μονάδες να μεταφερθούν στον κόμβο G. Ωστόσο, το ισοζύγιο νερού για αυτό το bluespot πρέπει να περιμένει τα αποτελέσματα από τη διάχυση στις διασταυρώσεις D, E και F ώστε να εκτιμηθεί σωστά.

Σύμφωνα με μια μέθοδο ταξινόμησης σειράς ροής κατά Strahler, οι ακμές AC, BC, DE και FE είναι ροές πρώτης τάξης. Όταν δύο ροές πρώτης τάξης συγχωνεύονται, γίνονται ροές δεύτερης τάξης όπως οι ακμές CG, EG και ούτω καθεξής. Έτσι, το δίκτυο που εμφανίζεται είναι ένα δίκτυο ροής Strahler τρίτης τάξης και τα bluespots που εμφανίζονται στην αρχή του δικτύου ονομάζονται bluespots πρώτης τάξης.

ΣΤΑΔΙΟ 5: ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Το τελικό βήμα ανάλυσης είναι μια επέκταση των προηγούμενων βημάτων στο οποίο το bluespot αρχίζει την υπερχείλιση. Αυτό γίνεται, έχοντας μια τιμή μεγαλύτερη από το μηδέν (0). Εάν δεν παρατηρηθεί υπερχείλιση (αν ένα bluespot έχει τεράστια χωρητικότητα που δεν γεμίζει στο πιο ακραίο γεγονός βροχής που ερευνηθήκε), τότε εκχωρείται η τιμή πεδίου -1.

Στη συνέχεια, τα bluespots συμβολίζονται σύμφωνα με το συμβάν βροχής (20mm, 30mm. κ.ο.κ) όπου ο εισερχόμενος όγκος νερού υπερβαίνει τη χωρητικότητα ενός bluespot, οπότε το χρώμα αντιπροσωπεύει το συμβάν βροχής στο οποίο αρχίζει να λαμβάνει χώρα μια υπερχείλιση.

Αυτό σημαίνει επίσης ότι τα bluespots που υπερχειλίζουν έχουν φτάσει στη μέγιστη οριζόντια έκτασή τους. Τα σημεία που συμβολίζονται με γκρι χρώμα έχουν τόσο υψηλές χωρητικότητες που δεν έχουν ακόμη γεμίσει και δεν θα υπερχειλίσουν ακόμη και στο μεγαλύτερο γεγονός βροχής που έχει σχεδιαστεί - σε αυτήν την περίπτωση, το γεγονός των 100 mm.

4.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΩΡΩΝ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΣΑΝ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ BLUESPOT

Το μοντέλο BlueSpot είναι μια μέθοδος για τον εντοπισμό των περιοχών που κινδυνεύουν από τις πλημμύρες. Τα «μπλε σημεία» ορίζονται ως τμήματα όπου η πιθανότητα πλημμύρας είναι σχετικά υψηλή και οι επιπτώσεις της σημαντικές.

Η μέθοδος αναλύεται σε περιβάλλον Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση BlueSpot είναι ένα υδρολογικά προσαρμοσμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους, κλιματικοί παράγοντες και στατιστικά στοιχεία βροχοπτώσεων, πληροφορίες σχετικά με τη μορφολογία του εδάφους, δημογραφικά στοιχεία και κυκλοφοριακούς φόρτους. Τα δεδομένα αυτά συνδυάζονται για τον εντοπισμό όλων των μπλε σημείων στο δίκτυο. Το μοντέλο υποδιαιρείται σε τρία επίπεδα ανάλυσης, καθένα από τα οποία παρέχει μια πιο λεπτομερή εκτίμηση του πραγματικού κινδύνου πλημμύρας:

Φάση 1: Αρχικός έλεγχος του εδάφους σε τοπικές βυθίσεις (βάθη εδάφους-κοιλότητες).

Φάση 2: Ανάλυση ευαισθησίας βροχοπτώσης για την εκτίμηση της χωρητικότητας των βυθίσεων.

Φάση 3: Λεπτομερής υδροδυναμική μοντελοποίηση της επιφάνειας των τοπικών λεκανών απορροής και των σχετικών βυθίσεων. (Climate Adapt, 2010)

4.3.1 ΔΑΝΙΑ

Η Δανία αποτελεί την πρώτη χώρα στην οποία εφαρμόστηκε το εργαλείο Blue Spot. Στην προσπάθεια ανάλυσης της αναχαίτισης των ομβρίων υδάτων και των πλημμυρών των υποδομών αναπτύχθηκε το «Blue Spot Model» από το Τμήμα Οδοποιίας της Δανίας (DRD), το οποίο ορίζει το «μπλε σημείο» ως «...περιοχές που αναμένεται να πλημμυρίσουν κατά τη διάρκεια ακραίων βροχοπτώσεων». (Hansson κ.α., 2010)



Εικόνα 7 Εντοπισμός Bluespots,, Πηγή: The Blue spot model - development of a screening method to assess flood risk on highways

Η μελέτη εξετάζει τρία γεγονότα/διαδικασίες που μπορούν να προκαλέσουν πλημμύρες στους δρόμους:

- Ανεπαρκής χωρητικότητα του συστήματος αποχέτευσης (ή απουσία συστήματος αποχέτευσης!)
- Πλημμύρες ποταμών.
- Πλημμύρα σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

Φάση 1: Η χαρτογράφηση των κοιλοτήτων στο έδαφος εντοπίζει χαμηλές περιοχές όπου η βροχόπτωση συγκεντρώνεται κοντά σε δρόμους. Αυτό είναι το πρώτο βήμα για τον εντοπισμό περιοχών που ενδέχεται να πλημμυρήσουν. Το βήμα αυτό χρησιμοποιεί ένα εθνικό ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) που έχει συγκεντρωθεί με δεδομένα LiDAR. Σε αυτό το βήμα της ανάλυσης, υπάρχει η υπόθεση ότι η βροχόπτωση δεν απορροφάται από το έδαφος.

Φάση 2: Εξετάζεται η ποσότητα της βροχόπτωσης που είναι απαραίτητη για την πλήρωση συγκεκριμένων κοιλοτήτων, ανάλογα με το ποσοστό στεγανότητας της επιφάνειας. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός χάρτη κινδύνου, ο οποίος προσδιορίζει περιοχές που διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο πλημμύρας.

Φάση 3: Γίνεται υδρολογική ανάλυση του τρόπου με τον οποίο ρέει το νερό στην επιφάνεια και στα συστήματα αποχέτευσης. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της πιθανότητας πλημμύρας και προβλέπεται πόσο καιρό θα παραμείνει το νερό στα blue spots.

Συμπέρασμα της μελέτης

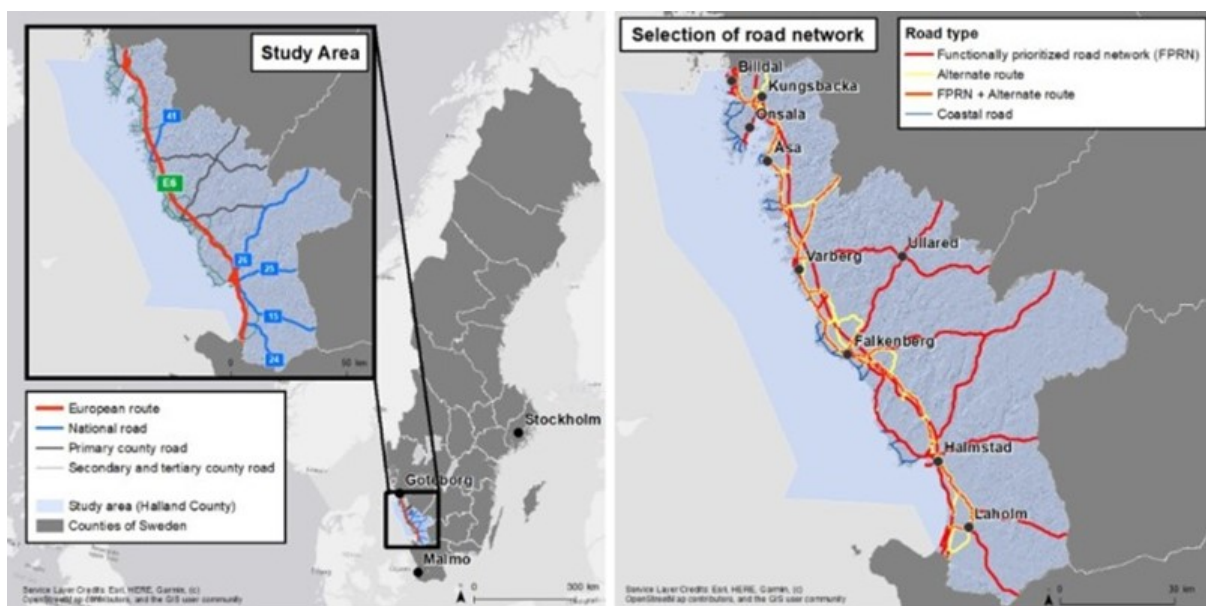
Το έργο «SWAMP» έχει αναπτύξει μια μέθοδο για τον εντοπισμό περιοχών που κινδυνεύουν από πλημμυρικά φαινόμενα σε εθνικούς δρόμους στη Δανία. Αυτή η ανάλυση χωρίζεται σε τρία επίπεδα, καθένα από τα οποία παρέχει καλύτερη κατανόηση του πραγματικού κινδύνου πλημμύρας. Το άρθρο περιγράφει πώς η χρήση διαφορετικών μεθόδων ελέγχου μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της κατανόησης του κινδύνου πλημμύρας, αλλά είναι σημαντικό να συμπεριλάβουμε επίσης πιο λεπτομερή μοντελοποίηση προκειμένου να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του τρόπου λειτουργίας του συστήματος. Η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο σε όλες τις περιοχές της Δανίας, αλλά και σε άλλες χώρες όπου υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα υψομέτρων σχετικά υψηλής ανάλυσης.

4.3.2 ΣΟΥΗΔΙΑ

Η Σουηδική Διοίκηση Μεταφορών βασισμένη στις γνώσεις που απέκτησε μέσω του μοντέλου Blue Spot της DRD, αποφάσισε να διεξάγει μια διαφορετική προσέγγιση αξιολόγησης του κινδύνου πλημμύρας που συνδέεται με ακραίες βροχοπτώσεις, ιδιαίτερα προσαρμοσμένη στις υποδομές μεταφορών, λαμβάνοντας υπόψη μελλοντικές προβλέψεις.

Μέθοδος και Δεδομένα

Τα οδικά τμήματα που κινδυνεύουν από πλημμύρες προσδιορίζονται με βάση την ευαισθησία τους σε τρία διαφορετικά ακραία καιρικά φαινόμενα: α) 100ετής πλημμύρα ποταμού, β) 100ετής πλημμύρα βροχής και γ) σενάριο ακραίων καιρικών συνθηκών/υψηλότερη εκτιμώμενη στάθμη της θάλασσας (highest estimated sea level- HESL) έως το 2100. Οι δείκτες τρωτότητας ισχύουν για την κομητεία Halland που βρίσκεται στη νοτιοδυτική Σουηδία. Για τη διεξαγωγή αυτής της μελέτης, ελήφθη μεγάλος όγκος διαθέσιμων δεδομένων από διάφορες σουηδικές κυβερνητικές υπηρεσίες, την DHI Sweden και την SCALGO Denmark, και επεξεργάστηκαν με τη χρήση του FME Workbench 2018.1 που αναπτύχθηκε από την Safe Software και το ESRI® ArcGIS. Desktop 10.6.1 και ArcGIS Pro 2.3, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων.



Εικόνα 8 Απεικόνιση της περιοχής μελέτης και του επιλεγμένου οδικού δικτύου, Πηγή: A GIS-based screening method to identify climate change-related threats on road networks: A case study from Sweden

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα:

Εθνικά δεδομένα υψομέτρου. Το μοντέλο υψομέτρου γης (GSD-Grid 2+) είναι μια εναέρια σάρωση LiDAR της Σουδικής Αρχής Χαρτογράφησης (Swedish Mapping, Cadastral and Land Registration Authority) από το 2009 έως το 2016 με μέση πυκνότητα σημείων 0,5 σημεία/m² και κατακόρυφο σφάλμα 0,1 m (Lanmäteriet, 2019).

Οδικό δίκτυο. Η κομητεία Halland καλύπτει περίπου 3.460 χιλιόμετρα του εθνικού οδικού δικτύου της Σουηδίας μήκους 98.500 χιλιομέτρων που διαχειρίζεται η STA (Swedish Transport Agency), εκ των οποίων περίπου 2.400 χιλιόμετρα επιλέχθηκαν για την μελέτη.

Εδαφική-Επιφανειακή πλημμύρα 100 ετών διάρκειας 30 λεπτών. Με τη χρήση της μεθόδου SCALGO αποτυπώνεται "στιγμιότυπο" του σχετικού βάθους και της έκτασης της κατάκλυσης για ένα γεγονός βροχόπτωσης 100 ετών και διάρκειας 30 λεπτών.

Ποτάμια Πλημμύρας 100 ετών. Για τους έξι μεγάλους ποταμούς που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, ελήφθησαν από την Σουηδική Υπηρεσία Έκτακτων Αναγκών (Swedish Civil Contingencies Agency- SCCA) συμβάντα πλημμύρας 100 ετών. Αυτά τα γεγονότα στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικό λογισμικό μοντελοποίησης πλημμύρας για να μοντελοποιήσουν τις επιπτώσεις των πλημμυρών που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή. Χρησιμοποιήθηκαν 16 περιφερειακά κλιματικά μοντέλα έως το 2050 και 12 αντίστοιχα σενάρια χρησιμοποιήθηκαν μέχρι το τέλος του αιώνα.

Μέση στάθμη της θάλασσας και υψηλότερη στάθμη της θάλασσας έως το 2100. Η μέση άνοδος της στάθμης της θάλασσας έως το 2100, με βάση την έκθεση AR5 της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), διαπιστώνει ότι, με βάση τις τρέχουσες προβλέψεις, η μέση στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί κατά 1,5-3 mm/έτος στην κομητεία Halland της Σουηδίας.

Πιθανές περιοχές κατολίσθησης. Το Σουηδικό Γεωλογικό Ινστιτούτο (Geological Survey of Sweden-SGU) παρέχει μια βάση δεδομένων με γεωφυσικές συνθήκες που ευνοούν τις κατολισθήσεις. Η μέθοδος ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκε αναπτύχθηκε από τους Tryggvason et al. (2015), η οποία συνδυάζει κρίσιμες τιμές κλίσης (γωνίες κλίσης μεταξύ 10 και 45 μοιρών) και την παρουσία μαλακών εδαφών (κυρίως άργιλος και ιλύς). Επιπλέον, η μέθοδος λαμβάνει υπόψη πληροφορίες για κατολισθήσεις που έχουν καταγραφεί στο παρελθόν από το Σουηδικό Γεωλογικό Ινστιτούτο.

Δείκτης Τρωτότητας. Ο δείκτης τρωτότητας είναι ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταχεία αξιολόγηση της πιθανότητας απειλών που σχετίζονται με το κλίμα σε ένα μεγάλο οδικό δίκτυο. Ο δείκτης είναι εμπνευσμένος από το πλαίσιο ROADAPTs (Roads for today adapted for tomorrow) για την αξιολόγηση τρωτότητας των δρόμων, αλλά έχει προσαρμοστεί για τις τοπικές συνθήκες και τα δεδομένα εντός της περιοχής μελέτης. Στα συμβάντα πλημμύρας που ισούνται ή υπερβαίνουν τα κριτήρια έκτασης και βάθους πλημμύρας που ορίζει ο χρήστης αποδίδεται τιμή 1, ενώ στα συμβάντα που λαμβάνουν χώρα σε έναν δρόμο πάνω από τον ημερήσιο μέσο φόρτο κυκλοφορίας εκχωρείται τιμή 0,5. Εάν συμβεί ένα γεγονός πλημμύρας σε μια περιοχή που προσδιορίζεται ως πιθανή τοποθεσία κατολίσθησης, προστίθεται μια επιπλέον τιμή 0,5 στον δείκτη τρωτότητας.

Συμπέρασμα της μελέτης

Τα μοντελοποιημένα αποτελέσματα ενδέχεται να μην είναι αξιόπιστα λόγω της μελλοντικής χρονικής προβολής και της έλλειψης ενός έγκυρου συνόλου δεδομένων για την αξιολόγηση ιστορικών φυσικών κινδύνων και των επιπτώσεών τους στις υποδομές μεταφορών. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή παρέχει μια αρχική σάρωση μεγάλης κλίμακας για τον εντοπισμό των δυνητικά ευάλωτων τμημάτων του οδικού δικτύου, η οποία είναι κατάλληλη για τα πρώιμα στάδια του σχεδιασμού, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω λεπτομερείς έρευνες.

4.3.3 ΟΛΛΑΝΔΙΑ

Το Κέντρο Μεταφορών και Πλοήγησης της Rijkswaterstaat σε συνεργασία με το Τμήμα της Δανίας αποφάσισε διερευνήσει τις δυνητικά ευάλωτες περιοχές στο ολλανδικό δίκτυο αυτοκινητοδρόμων.

Ακολουθήθηκε η αρχική μεθοδολογία με την τήρηση των τριών φάσεων/επιπέδων.

Αναλύθηκαν τρεις τύποι πλημμυρών:

Πλημμύρες λόγω αστοχίας των αντιπλημμυρικών έργων. Με μία γρήγορη επισκόπηση των εθνικών οδών της Ολλανδίας φαίνεται ότι θα μπορούσαν να είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες που προκαλούνται από αστοχίες των αντιπλημμυρικών έργων. Με βάση αυτές τις πληροφορίες, φαίνεται ότι οι αυτοκινητόδρομοι στην Ολλανδία ως σύνολο κινδυνεύουν. Ωστόσο, αυτή είναι μια προκαταρκτική αξιολόγηση και δεν έχουν εντοπιστεί όλες οι πιθανές ευπαθείς περιοχές.

Πλημμύρες λόγω έντονων βροχοπτώσεων και αλλαγών στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Συνάγεται το συμπέρασμα ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα υπόγεια ύδατα των ολλανδικών αυτοκινητοδρόμων είναι περιορισμένες.

Πλημμύρες λόγω δυσλειτουργίας της αποχέτευσης ομβρίων υδάτων και της επιφανειακής αποστράγγισης των δρόμων. Για την αποχέτευση των ομβρίων υδάτων, η επιθεώρηση και συντήρηση των συστημάτων αποχέτευσης είναι σημαντική. Η κακή συντήρηση μπορεί να μειώσει την ικανότητα του συστήματος αποχέτευσης να αντιμετωπίσει επαρκώς τρέχοντα και μελλοντικά ακραία καιρικά φαινόμενα.

Συμπέρασμα της μελέτης

Πολλά από τα πιθανά «μπλε σημεία» ίσως να αποδειχθούν ότι δεν είναι πραγματικά ευάλωτα σημεία λόγω των περιορισμένων δεδομένων της έρευνας και των γνωστικών κενών. Πρέπει να διεξαχθούν μελέτες μεμονωμένων περιπτώσεων για να αποκτηθούν περισσότερες γνώσεις. Το επίπεδο λεπτομέρειας που επιτυγχάνεται στην παρούσα μελέτη είναι επαρκές για τη διενέργεια μιας τέτοιας εκτίμησης κινδύνου. Εάν ο προκύπτων κίνδυνος χαρακτηριστεί ως μη αποδεκτός, ένα από τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν είναι η έναρξη μιας πιο λεπτομερούς μελέτης των συγκεκριμένων περιοχών για να διαπιστωθεί εάν οι περιοχές αυτές βρίσκονται πράγματι σε δυσμενή θέση.

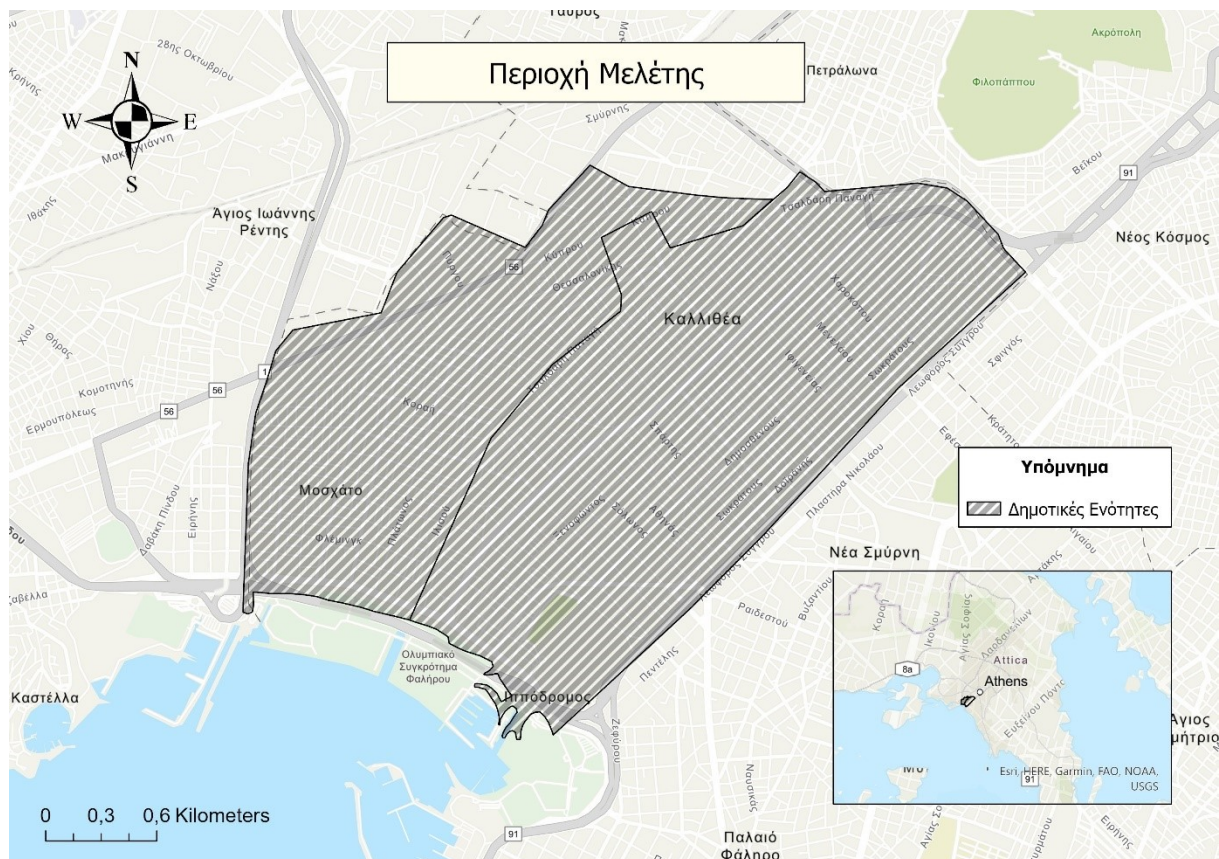
Σε γενικές γραμμές, το πλαίσιο αυτό επιτρέπει να ταξινομηθούν οι κίνδυνοι (σύμφωνα με την πιθανότητα πλημμύρας και τις συνέπειες), να ελεγχθεί αν ο κίνδυνος είναι αποδεκτός ή όχι, (εάν ο κίνδυνος φαίνεται μη αποδεκτός, μπορούν να προσδιοριστούν αντίμετρα) και τέλος μαζί με τις κατάλληλες στρατηγικές, τα μέτρα μπορούν να ιεραρχηθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: Δ.Ε ΜΟΣΧΑΤΟΥ ΚΑΙ Δ.Ε ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ

5.1 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Κύρια περιοχή μελέτης ορίζεται η περιοχή που συντίθεται από τμήματα των Δημοτικών Ενοτήτων Μοσχάτου και Καλλιθέας της Περιφερειακής Ενότητας Νοτίου Τομέα Αθηνών. Η επιλογή αυτή έγινε λόγω των συχνών πλημμυρών της περιοχής, της ποικιλομορφίας και των αντιθέσεων της, που αποτελούν πρόκληση για τον ολοκληρωμένο χωρικό σχεδιασμό, και των διαθέσιμων δεδομένων για την περιοχή. Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τους ποταμούς, Κηφισό που αποτελεί τον μεγαλύτερο ποταμό της Αττικής και τον Ιλισό ο οποίος πηγάζει από τις βορειοδυτικές πλαγιές του Υμηττού και εκβάλλουν στον Φαληρικό Όρμο.

Σύμφωνα με την απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΛΣΤΑΤ) το 2011, η δημοτική ενότητα Μοσχάτου-Ταύρου έχει πληθυσμό 40.413 κατοίκους και η δημοτική ενότητα Καλλιθέας έχει πληθυσμό 100.641 κατοίκους.



Χάρτης 1 Οριοθέτηση Περιοχής Μελέτης

5.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Το Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής αποτελείται από τη Λεκάνη Απορροής του Λεκανοπεδίου Αττικής (EL0626) και έχει έκταση 3.187 τ.χλμ.

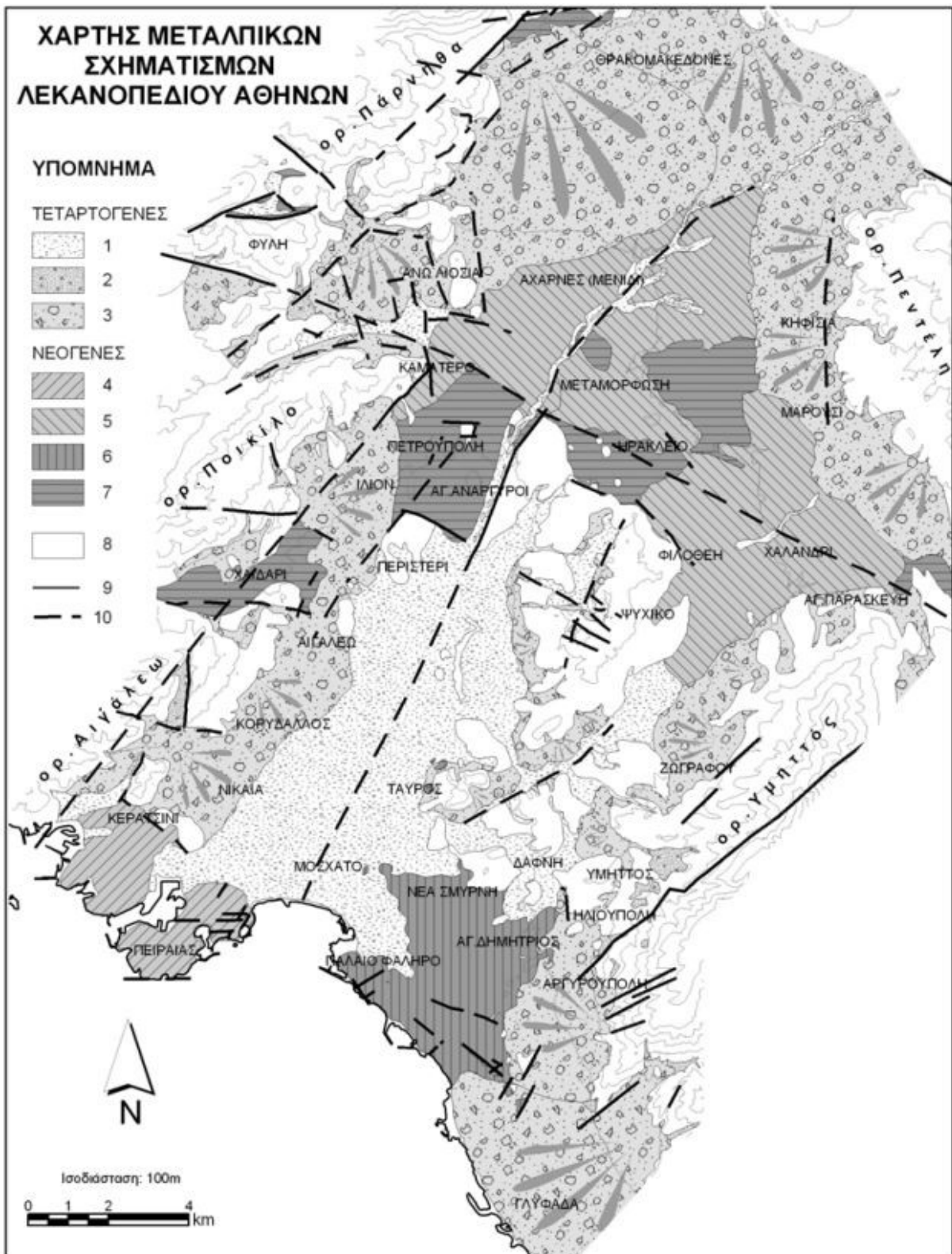
Το υδατικό διαμέρισμα χαρακτηρίζεται από ποικιλομορφία αναγλύφου. Εντός του διαμερίσματος βρίσκονται τέσσερα ορεινοί όγκοι με υψόμετρο πάνω από 1000 m : η Πάρνηθα (1413 μ.), ο Κιθαιρώνας (1.401 μ.), η Πεντέλη (1.108 μ.) και ο Υμηττός (1.025 μ.), ενώ οι περισσότερες πεδινές εκτάσεις βρίσκονται στην παράκτια ζώνη. Στο μέσον της περιοχής εκτείνεται η λεκάνη του Κηφισού που διαρρέεται από τον ομώνυμο ποταμό με κατεύθυνση από βόρεια-βορειοανατολικά προς νότια-νοτιοδυτικά. (ΣΔΛΑΠ Αττικής, 1η Αναθεώρηση)

Οι σχηματισμοί που λαμβάνουν μέρος στη γεωλογική δομή του λεκανοπεδίου, διακρίνονται σε αλπικούς και μεταλπικούς. Οι αλπικοί εντοπίζονται στους ορεινούς όγκους που περιβάλλουν το λεκανοπέδιο αλλά και στους μικρούς λόφους που αναπτύσσονται μέσα σε αυτό, ενώ οι μεταλπικοί πληρούν το εσωτερικό του λεκανοπεδίου, όπου καλύπτουν ασύμφωνα τους υποκείμενους αλπικούς σχηματισμούς.

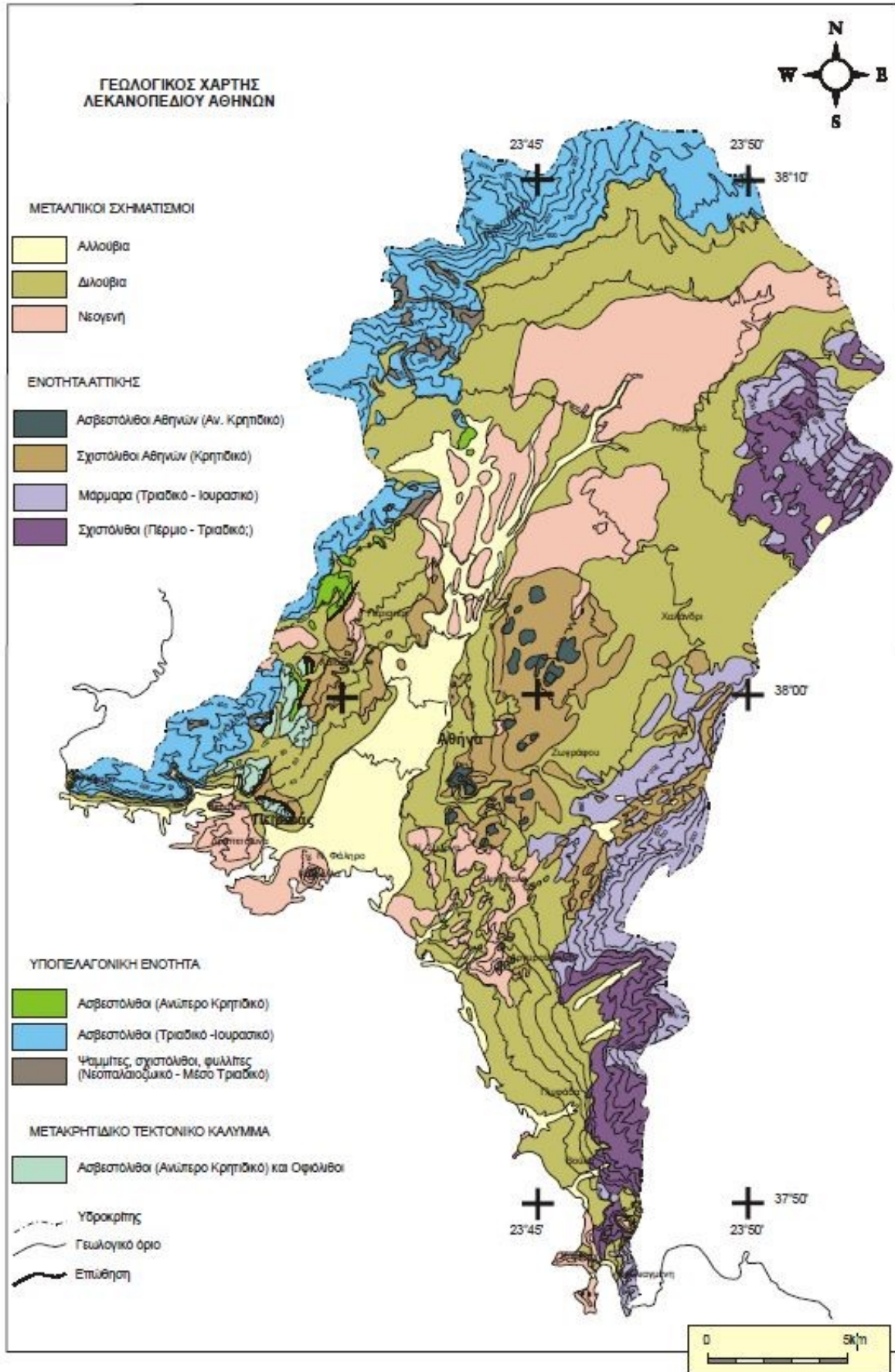
Οι μεταλπικοί σχηματισμοί διακρίνονται σε σχηματισμούς του Νεογενούς και σε σχηματισμούς του Τεταρτογενούς. Βάσει της φάσης τους αλλά και της γεωγραφικής τους κατανομής, οι νεογενείς σχηματισμοί έχουν διαιρεθεί σε: θαλάσσιους, οι οποίοι περιλαμβάνουν αμιγώς θαλάσσιες, αλλά και παράκτιες και παράλιες φάσεις και εντοπίζονται στην περιοχή του Νότιου Λεκανοπεδίου Αθηνών και σε ηπειρωτικούς, οι οποίοι περιλαμβάνουν λιμναίες έως λιμνοχερσαίες αποθέσεις οι οποίες κατά θέσεις περιέχουν απολιθώματα της Πικερμικής πανίδας (Πύργος Βασιλίσσης) και εντοπίζονται στην περιοχή του Βόρειου Λεκανοπεδίου Αθηνών.

Επί όλων των προηγούμενων σχηματισμών επικάθονται Τεταρτογενείς αποθέσεις, στις οποίες συμμετέχουν τα φερτά υλικά των ποταμών του Λεκανοπεδίου, οι παράκτιες αποθέσεις, οι ποτάμιες αναβαθμίδες, οι πλευρικές αποθέσεις κορημάτων, τα ριπίδια και οι κώνοι κορημάτων των περιφερειακών ορεινών όγκων. (Παπανικολάου κ.α 2004)

Ακολουθούν ο Χάρτης Μεταλπικών Σχηματισμών Λεκανοπεδίου Αθηνών και ο Γεωλογικός Χάρτης Λεκανοπεδίου Αθηνών.



Χάρτης 2 Χάρτης μεταλλικών σχηματισμών λεκανοπεδίου Αθηνών (Γαπανικολάου κ.α., 2004)

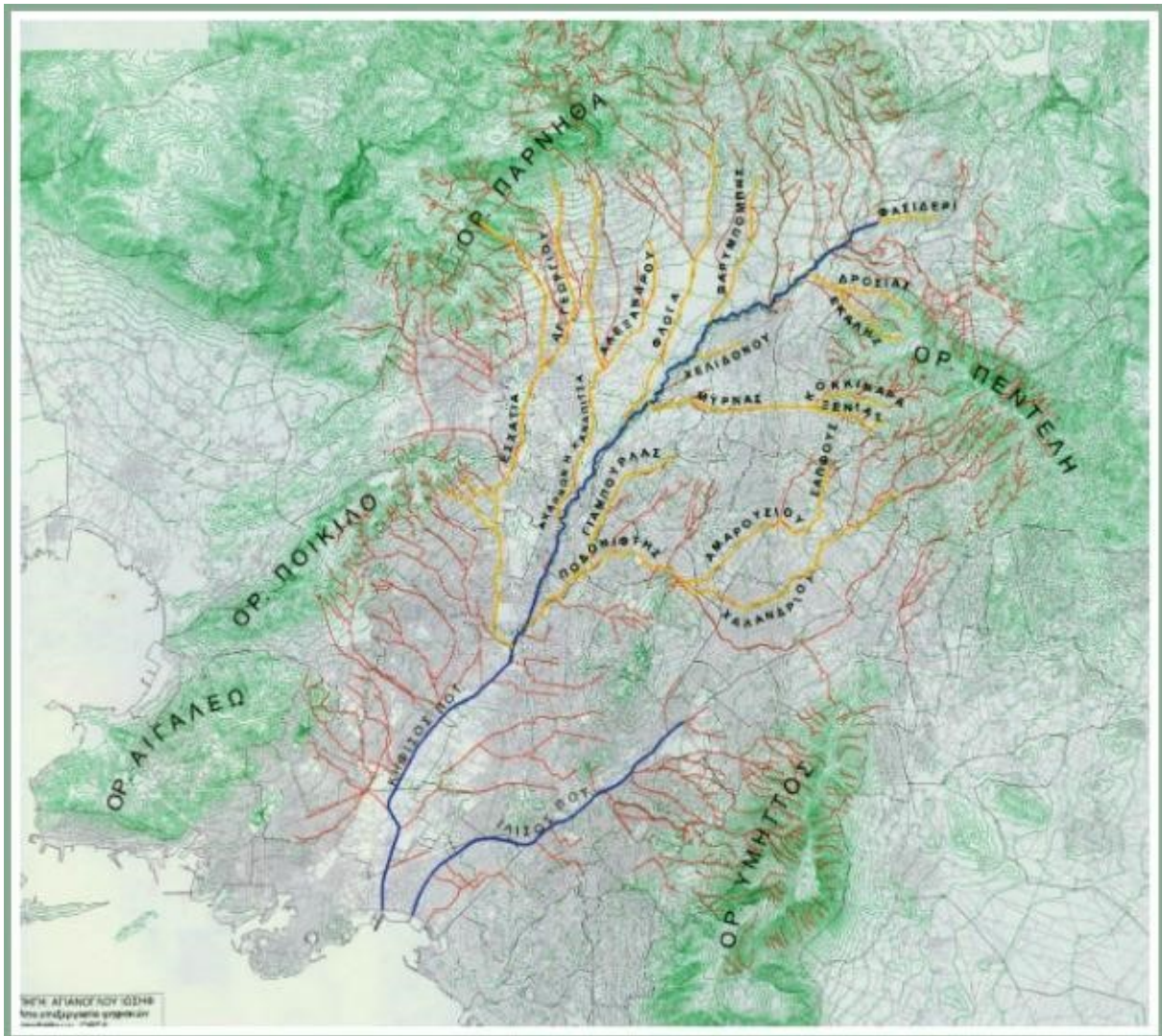


Χάρτης 3 Γεωλογικός χάρτης Λεκανοπεδίου Αθηνών (Αντωνίου, 2002)

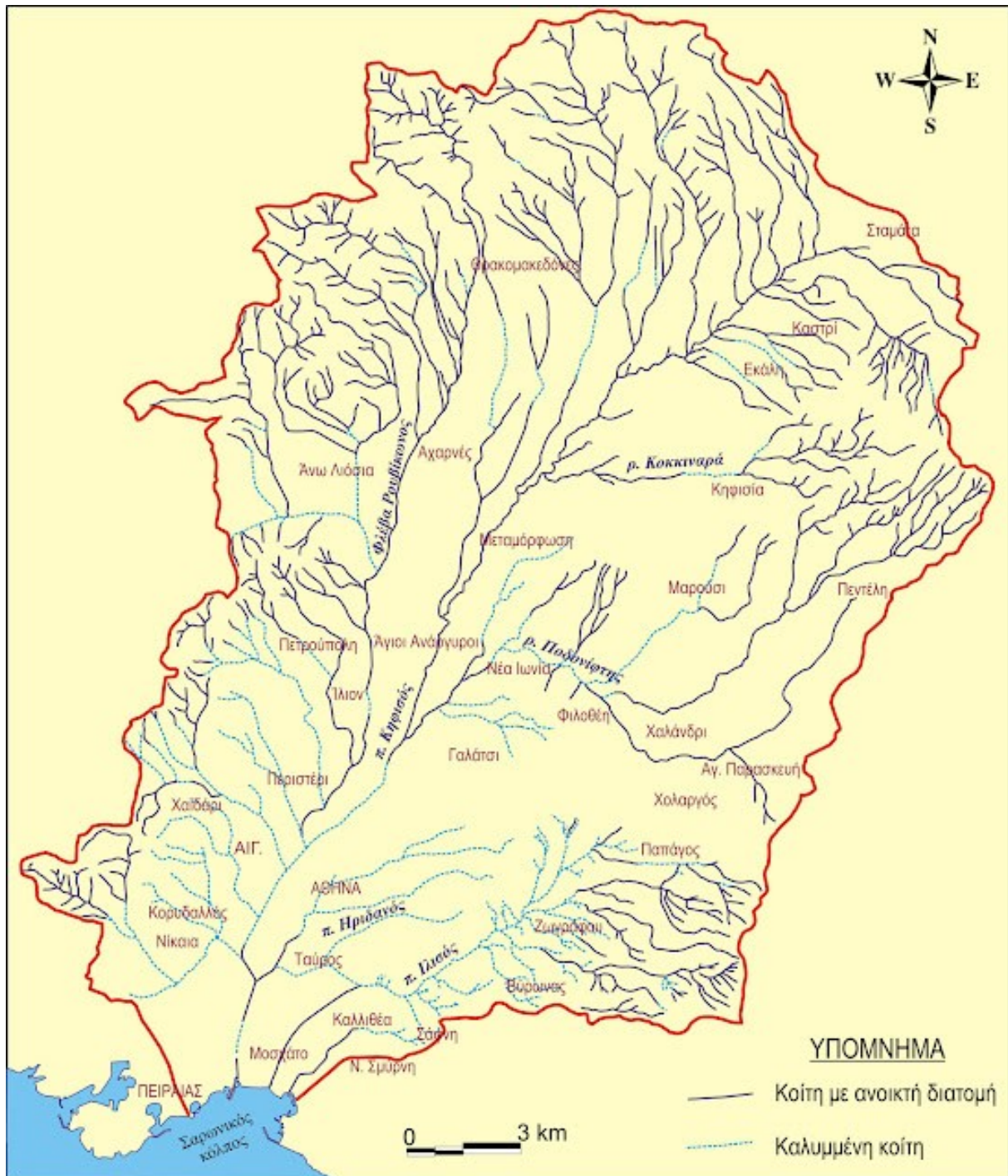
5.2.2 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας, οι κλιματολογικές συνθήκες, η γεωμορφολογία και η σύσταση των πετρωμάτων του εδάφους, καθώς και το μέγεθος της λεκάνης απορροής του δικτύου των υδατορευμάτων καθιστούν αδύνατη τη δημιουργία και την ανάπτυξη μεγάλων ποταμών.

Δεν υπάρχουν ποτάμια με συνεχή ροή στην περιοχή, παρά μόνο ρέματα μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Οι σημαντικότεροι είναι ο Κηφισός και ο Ιλισός ποταμός με λεκάνη απορροής συνολικά περίπου 415 km². Με μήκος 27 χιλιομέτρων, ο Κηφισός είναι ο μεγαλύτερος ποταμός της Αττικής. Η πηγή του βρίσκεται στην Πεντέλη, ένα φυσικό κέντρο που βρίσκεται δυτικά της Εκάλης και ανατολικά των Θρακομακεδόνων και της Πάρνηθας. Από εκεί διασχίζει την πρωτεύουσα και τελικά εκβάλλει στο Σαρωνικό στον Φαληρικό όρμο. Στην πορεία συγκλίνει με τον Ιλισό πριν φτάσει στον τελικό του προορισμό. Ο Ιλισός, γνωστός και ως Ειλισός είναι ένας ποταμός μεγάλης σημασίας στην Αθήνα. Η πηγή του βρίσκεται στις βορειοδυτικές πλαγιές του Υμηττού και ρέει νοτιοανατολικά, διασχίζοντας το λεκανοπέδιο της Αττικής πριν καταλήξει τελικά Φαληρικό κόλπο.



Χάρτης 4 Κηφισός και Ιλισός. Πηγή: https://www.efsyn.gr/ellada/koinonia/130696_emeis-ta-mpazosame-ayta-se-kathe-neroponti-tha-mas-pairnoyn



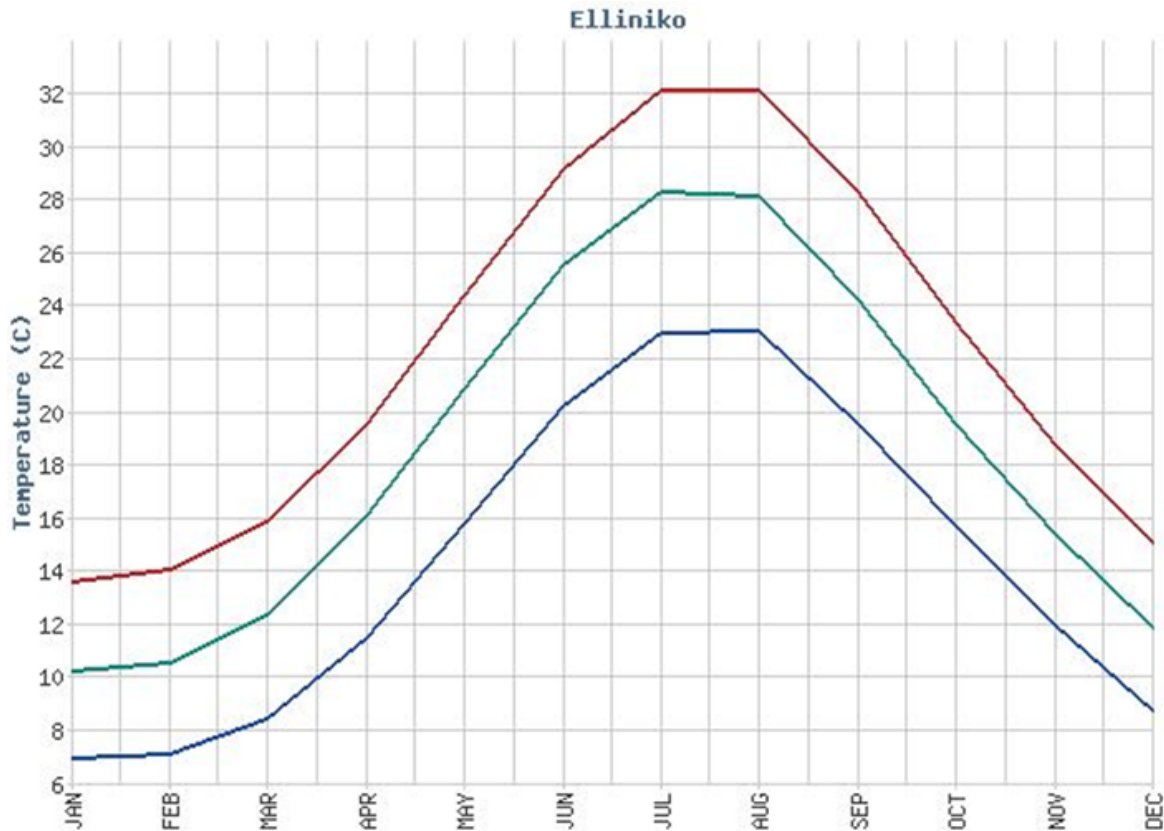
Χάρτης 5 (Κηφισός, Ιλισός, Ηριδανός και άλλα ρέματα του λεκανοπεδίου, Πηγή: <http://www.greekscapes.gr/index.php/2010-01-21-16-47-29/enot/232-marathonas.html>)

5.2.3 ΚΛΙΜΑ

5.2.3.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Οι θερμοκρασίες στην περιοχή μελέτης παραμένουν γενικά ήπιες, με μικρές μόνο διακυμάνσεις. Κατά τους χειμερινούς μήνες, η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 7 και 13°C και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες κυμαίνεται μεταξύ 23 και 32°C.

Γράφημα 4 Διακύμανση θερμοκρασίας στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)



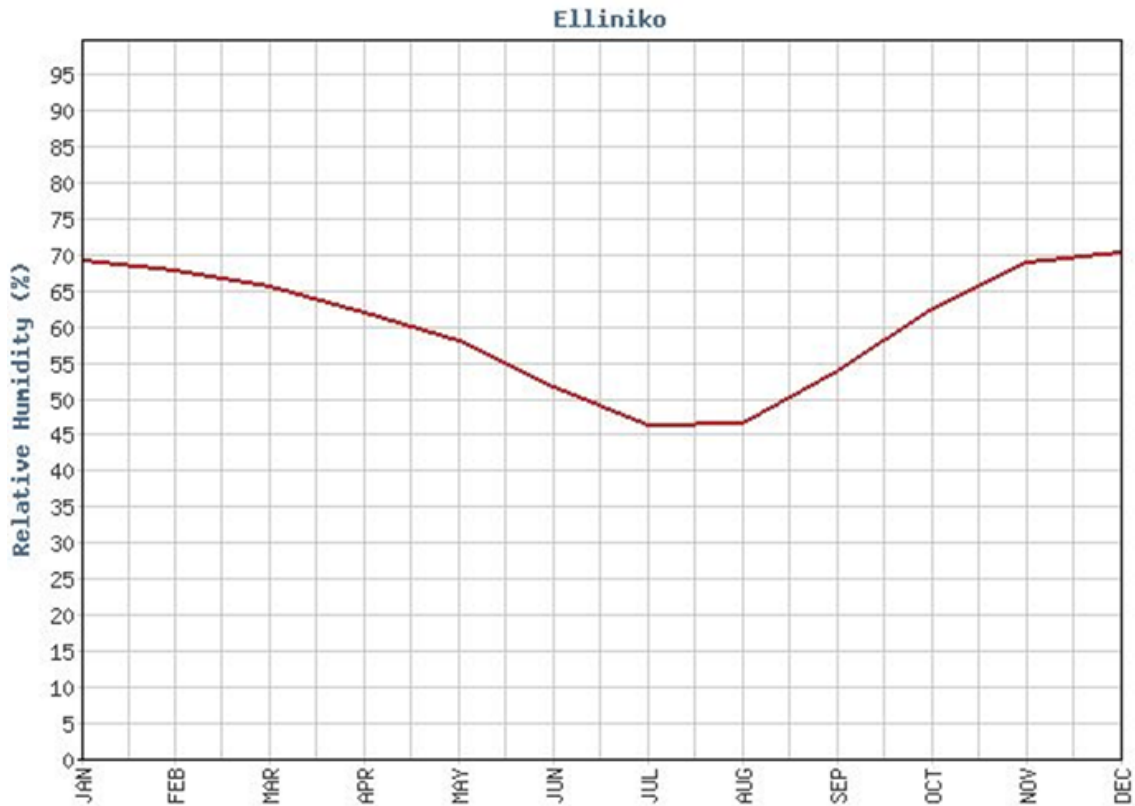
Πίνακας 5 Πίνακας θερμοκρασιών στο σταθμό του Ελληνικού (ΕΜΥ)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	7.0	7.1	8.5	11.5	15.8	20.3	23.0	23.1	19.6	15.7	12.0	8.8
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	10.3	10.6	12.4	16.1	20.9	25.6	28.3	28.2	24.3	19.6	15.4	11.9
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	13.6	14.1	15.9	19.6	24.4	29.2	32.2	32.2	28.3	23.4	18.8	15.1

5.2.3.2 ΥΓΡΑΣΙΑ

Η σχετική υγρασία μετρά πόσοι υδρατμοί υπάρχουν στον αέρα σε σύγκριση με τη μέγιστη ποσότητα υδρατμών που θα μπορούσε να υπάρχει στον αέρα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. (Meteo, 2021) Εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό και σύμφωνα με την ΕΜΥ κατά τους χειμερινούς μήνες κυμαίνεται από 70% έως 46% τους καλοκαιρινούς.

Γράφημα 5 Διακύμανση υγρασίας στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)



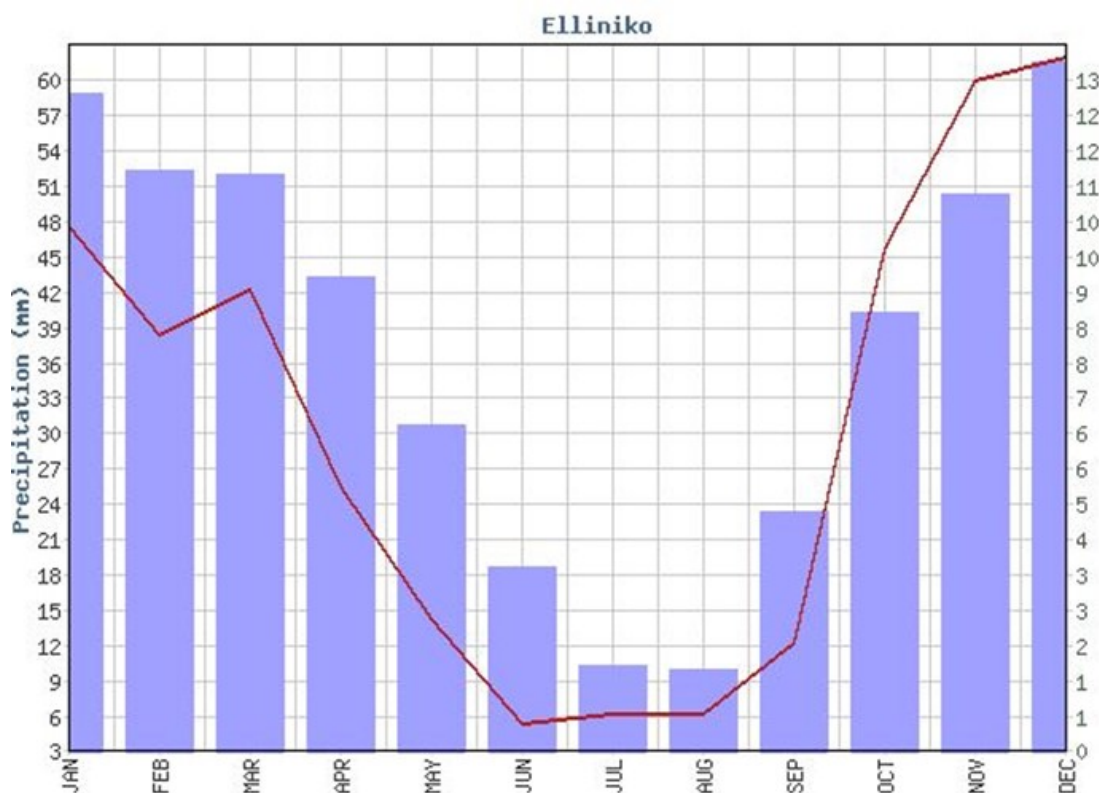
Πίνακας 6 Μέση Μηνιαία Υγρασία στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Υγρασία	69.3	68	65.9	62.2	58.2	51.8	46.6	46.8	54	62.6	69.2	70.4

5.2.3.3 ΥΕΤΟΣ

Η μέση μηνιαία βροχόπτωση κυμαίνεται από 5 έως 6 χιλιοστά το καλοκαίρι και από 38 έως 62 χιλιοστά το χειμώνα. Από τις μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού διαπιστώνεται ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 366.5 χιλιοστά. Ο πιο ξηρός μήνας του έτους είναι ο Ιούνιος και ο πιο βροχερός είναι ο Δεκέμβριος. Από τον Ιανουάριο οι βροχοπτώσεις αρχίζουν να μειώνονται σταδιακά μέχρι τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ τους φθινοπωρινούς μήνες παρατηρείται αύξηση των βροχοπτώσεων.

Γράφημα 6 Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)



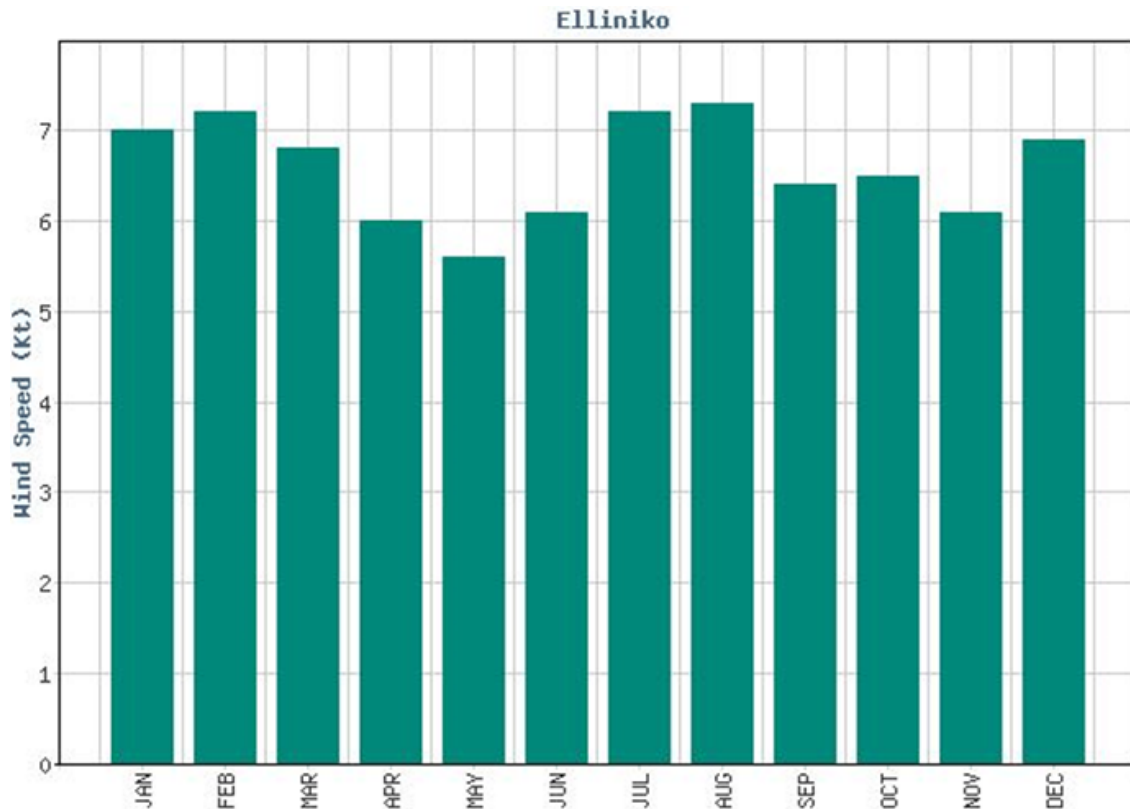
Πίνακας 7 Μέσο ύψος και μέσος αριθμός υετού στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού	48	38.5	42.3	25.5	14	5.4	6.3	6.2	12	46	60.1	62
Μέσος Μηνιαίος Αριθμός Ημερών Υετού	13	11.4	11.3	9.3	6.4	3.6	1.7	1.6	4.7	8.6	10.9	14

5.2.3.4 ΆΝΕΜΟΣ

Οι άνεμοι που επικρατούν στο λεκανοπέδιο της Αττικής πνέουν κυρίως από βόρειες και βορειοανατολικές διευθύνσεις όλο το χρόνο. Ωστόσο η ταχύτητα του ανέμου λόγω της έντονης αστικοποίησης και πυκνής δόμησης έχει μειωθεί.

Γράφημα 7 Μέση μηνιαία ένταση ανέμου στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)



Πίνακας 8 Μέση μηνιαία ένταση και κατεύθυνση ανέμου στο σταθμό του Ελληνικού (1955-2010) (ΕΜΥ)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Επικρατούσα Διεύθυνση Ανέμου	Β	Β	Β	Β	Ν	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου	7	7.2	6.8	6	5.6	6.1	7.2	7.3	6.4	6.5	6.1	6.9

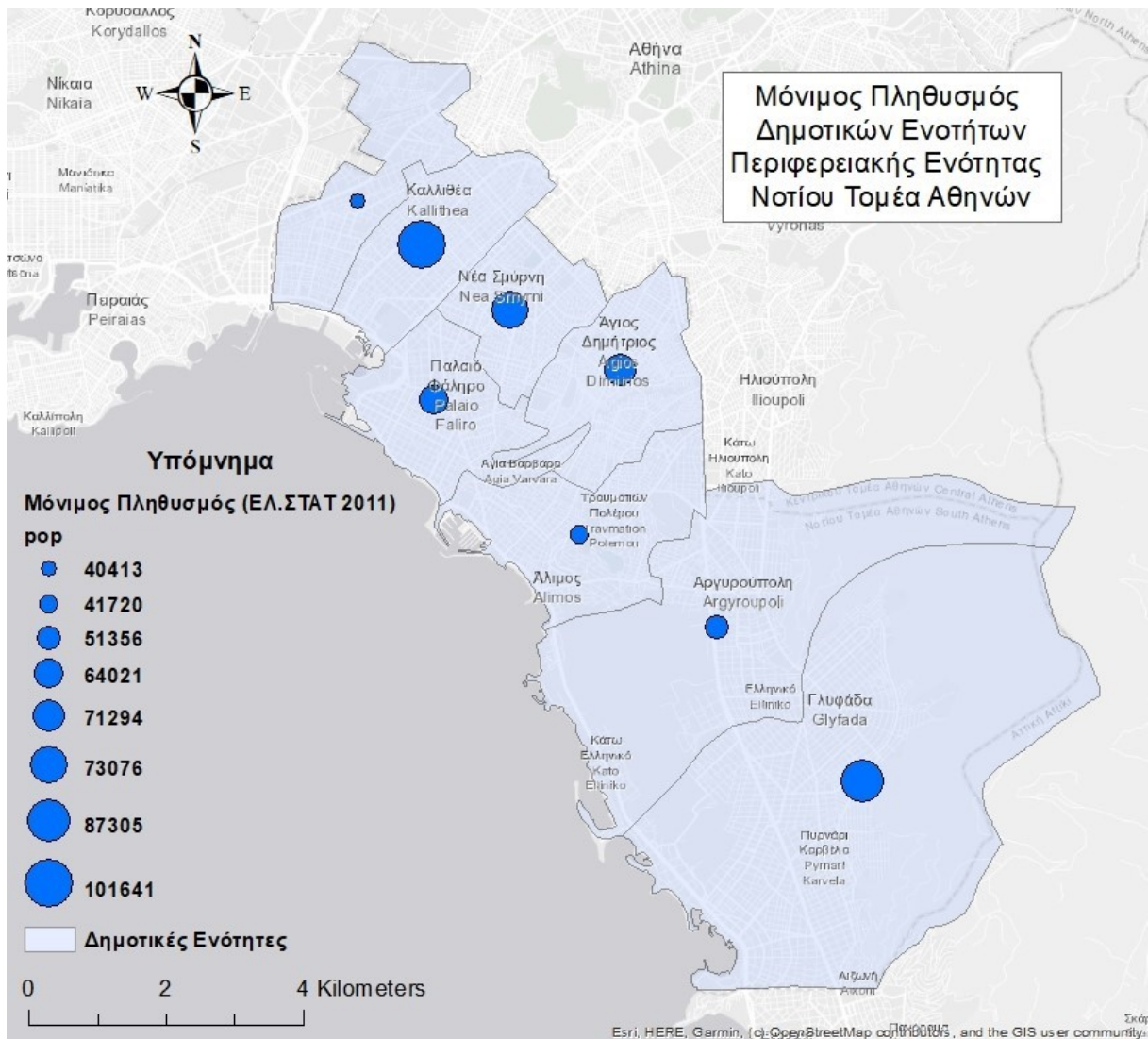
5.2.4 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛ.ΣΤΑΤ) το 2011 ο μόνιμος πληθυσμός της περιοχής μελέτης ανέρχεται για τη Δημοτική Ενότητα Καλλιθέας στους 100.641 κατοίκους και για την Δημοτική Ενότητα Μοσχάτου-Ταύρου στους 40.413 κατοίκους.

Πίνακας 9 Μόνιμος Πληθυσμός Δημοτικών Ενοτήτων της Περιφερειακής Ενότητας Νοτίου Τομέα Αθηνών. Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.

Επίπεδο διοικητικής διαίρεσης	Γεωγραφικός κωδικός Καλλικράτη	Περιγραφή	Μόνιμος Πληθυσμός (2011)
4	35148	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΝΟΤΙΟΥ ΤΟΜΕΑ ΑΘΗΝΩΝ	529,826
5	3514801	Δ.Ε ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	100,641
5	3514802	Δ.Ε ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	71,294
5	3514803	Δ.Ε ΑΛΙΜΟΥ	41,720
5	3514804	Δ.Ε ΓΛΥΦΑΔΑΣ	87,305
5	3514805	Δ.Ε ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ - ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	51,356
5	3514806	Δ.Ε ΜΟΣΧΑΤΟΥ - ΤΑΥΡΟΥ	40,413
5	3514807	Δ.Ε ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	73,076
5	3514808	Δ.Ε ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ	64,021

Παρακάτω, ο χάρτης απεικονίζει το μόνιμο πληθυσμό ανά Δημοτική Ενότητα της Περιφερειακής Ενότητας Νοτίου Τομέα Αθηνών. Η Δημοτική ενότητα Μοσχάτου-Ταύρου αποτελεί την μικρότερη ενότητα σε πληθυσμό ενώ η Δημοτική ενότητα Καλλιθέας την μεγαλύτερη.



Χάρτης 6 Πληθυσμός Δημοτικών Ενοτήτων Περιφερειακής Ενότητας Νοτίου Τομέα Αθηνών ΕΛ.ΣΤΑΤ (2011), Ιδία επεξεργασία

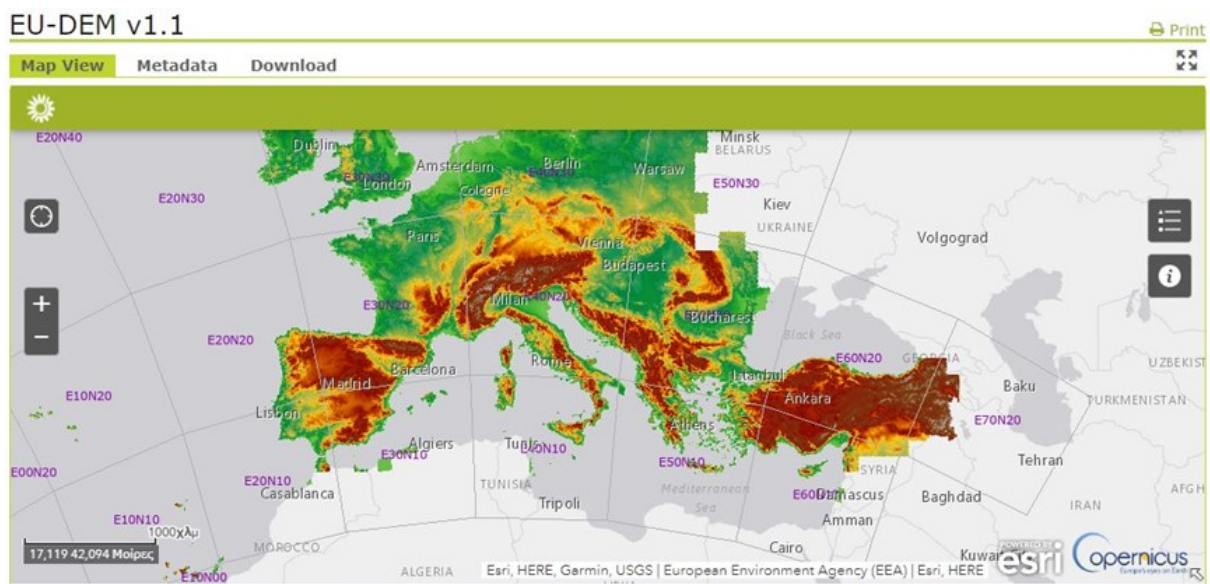
5.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Το πρόγραμμα Copernicus αποτελεί εργαλείο παρατήρησης της γης του διαστημικού προγράμματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το οποίο εξετάζει τον πλανήτη και το περιβάλλον προς όφελος όλων των Ευρωπαίων πολιτών. Το Copernicus παρέχει δορυφορικές παρατηρήσεις της Γης και διαστημικές υπηρεσίες πληροφόρησης.

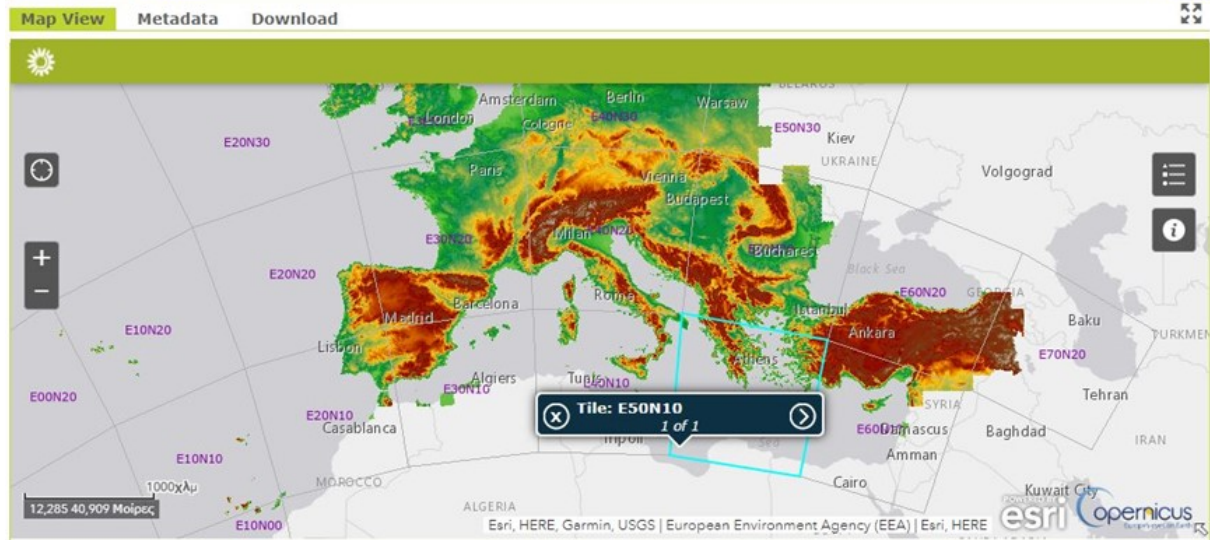
Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διαχειρίζεται το πρόγραμμα. Εκτελείται σε συνεργασία με τα κράτη μέλη, τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA), τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Εκμετάλλευση των Μετεωρολογικών Δορυφόρων (EUMETSAT), το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προβλέψεων Καιρού (ECMWF), τα θεσμικά όργανα της ΕΕ και την Mercator Οcéan.

Ο τεράστιος όγκος παγκόσμιων δεδομένων από δορυφόρους και επίγεια, εναέρια και θαλάσσια συστήματα μέτρησης παρέχει πληροφορίες που επιτρέπουν στους παρόχους υπηρεσιών, στις δημόσιες αρχές και σε άλλους διεθνείς οργανισμούς να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής των Ευρωπαίων πολιτών και όχι μόνο. Οι παρεχόμενες υπηρεσίες πληροφοριών είναι δωρεάν και ανοικτά προσβάσιμες στους χρήστες. (Copernicus)



Εικόνα 9 Χάρτης ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Copernicus)

Επιτρέπει τη μεταφόρτωση αρχείων και εξαγωγές μεταδεδομένων που εμφανίζονται στο Map View. Για άμεση και δωρεάν λήψη απαιτείται η εγγραφή του χρήστη.



Εικόνα 10 Επιλογή ψηφιακού μοντέλου εδάφους της τμήματος της Ελλάδας (Copernicus)

Γίνεται η επιλογή της προς εξέτασης περιοχής (γαλάζιο πλαίσιο) και πατώντας το βέλος δεξιά γίνεται μεταφορά στην καρτέλα Download, όπου υπάρχει δυνατότητα μεταφόρτωσης.

Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό μοντέλο εδάφους με χωρική ανάλυση περίπου **25 μέτρων**. Τα αρχεία αποθηκεύτηκαν σε μορφή TIFF (Tagged Image File Format), δηλαδή ένα αρχείο TIFF με ενσωματωμένες γεωγραφικές πληροφορίες (τυπική μορφή εικόνας για εφαρμογές GIS). (USGS). Τα χωρικά δεδομένα που συλλέχθηκαν, οργανώθηκαν σε θεματικά επίπεδα στην ψηφιακή χωρική βάση δεδομένων της περιοχής μελέτης και παρουσιάστηκαν σε ένα ενιαίο σύστημα συντεταγμένων. Τα δεδομένα αυτά και οι πηγές τους παρατίθενται παρακάτω.

Πίνακας 10 Χωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία βάσης δεδομένων

Δεδομένα	Πηγή
Ψηφιακό Μοντέλο Έδαφους (DEM)	Copernicus
Δημοτικές Ενότητες (Καλλικρατικοί Δήμοι)	Geodata.gov
Υδρογραφικό Δίκτυο	Geodata.gov
Οδικό Δίκτυο	HDX (https://data.humdata.org/)
Αποτυπώματα Κτιρίων	HDX (https://data.humdata.org/)
Χρήσεις Γης Δ.Ε Μοσχάτου	Geodata.gov
Χρήσεις Γης Δ.Ε Καλλιθέας	http://msa.ypeka.gr/

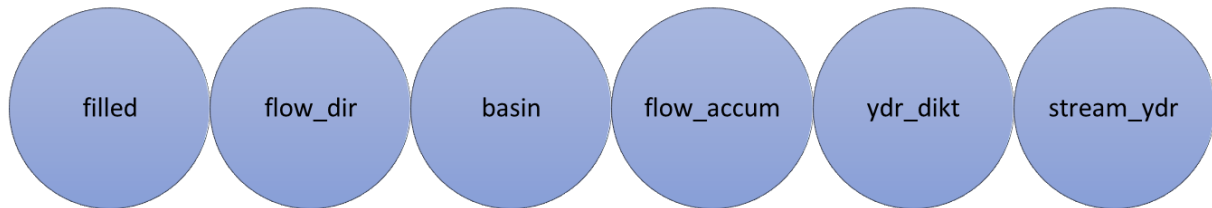


Εικόνα 11 Γεωαναφερμένο Ψηφιακό μοντέλο Εδάφους. Σύστημα Συντεταγμένων EGSA '87. Copernicus

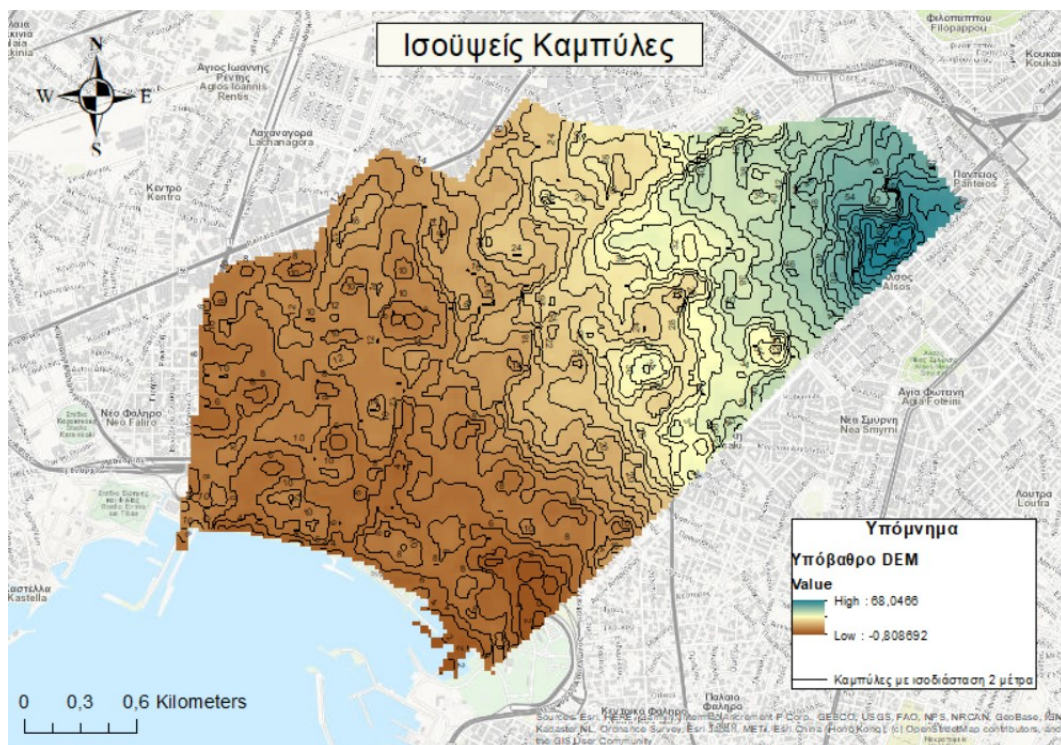
5.3.2 ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΟΥ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ακολουθώντας και αξιοποιώντας την εργαλειοθήκη Hydrology του ArcMap όπως παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4.1 παράγονται τα εξής δεδομένα:

Γράφημα 8 Παραγόμενα δεδομένα της περιοχής μελέτης από την εργαλειοθήκη Hydrology

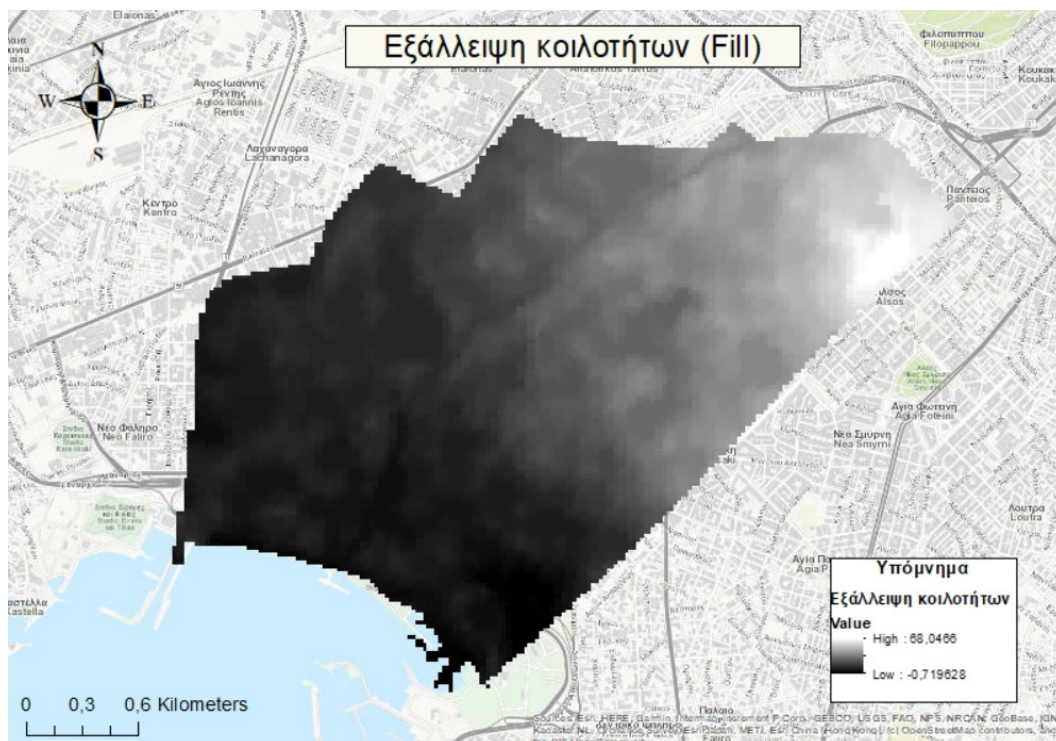


Η ακριβής οριοθέτηση της περιοχής μελέτης, μαζί με την ενσωμάτωση ενός ορθού ψηφιακού μοντέλου εδάφους, συμπεριλαμβανομένου ενός ολοκληρωμένου υδρογραφικού δικτύου, αποτελούν βασικά στοιχεία στη διεξαγωγή της μελέτης. Η μελέτη βασίζεται κυρίως στην τοπογραφία της περιοχής για να εξετάσει την κίνηση του νερού μέσω των ρεμάτων, η οποία προσδιορίζεται με την παρατήρηση των ισουψομετρικών καμπυλών που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης (ισοΰψεις καμπύλες). Το DEM της περιοχής μελέτης αφορά στο φυσικό ανάγλυφο και όχι στο διαμορφωμένο έδαφος. Ο χάρτης απεικονίζει τις ισουΰψεις καμπύλες της περιοχής με διάσταση μεταξύ των καμπυλών (ισοδιάσταση) τα δύο (2) μέτρα. Καθώς, οι καμπύλες γίνονται πιο πυκνές, η κλίση γίνεται πιο απότομη, ενώ μια πιο χαλαρή κατανομή των καμπυλών οδηγεί σε πιο ήπια κλίση. Το μπλε χρώμα του υποβάθρου δηλώνει τα πιο μεγαλύτερα υψόμετρα και καταλήγοντας στη θάλασσα με καφέ χρώμα απεικονίζονται τα χαμηλότερα υψόμετρα.



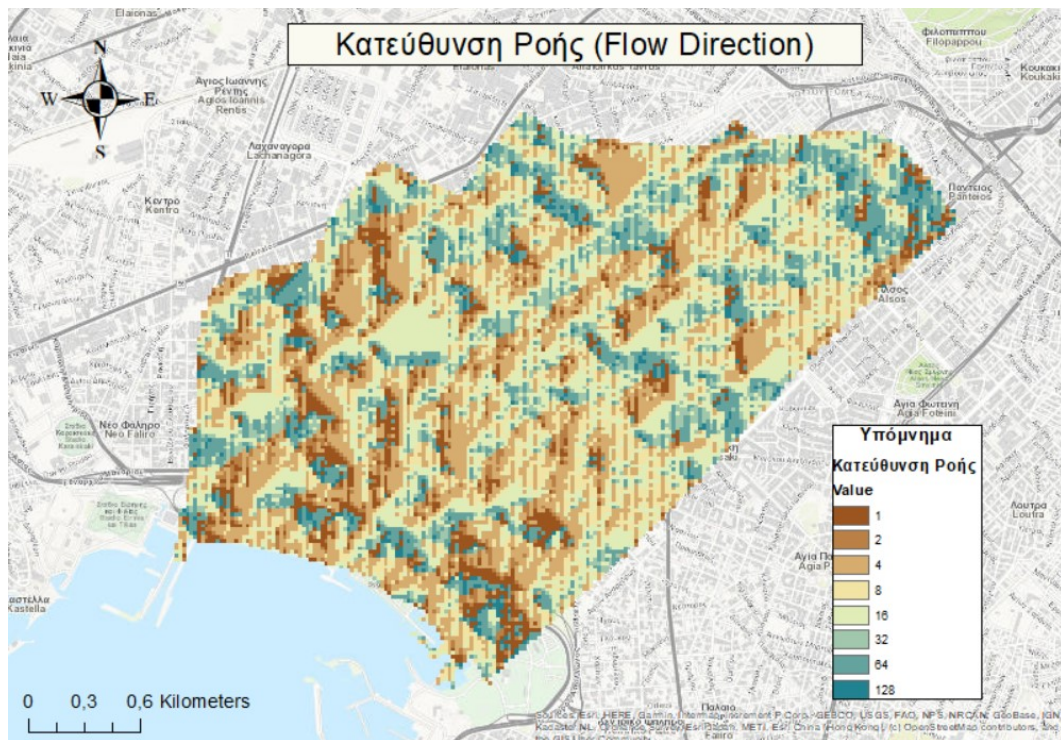
Χάρτης 7 Ισοΰψεις καμπύλες της περιοχής μελέτης. Ίδια επεξεργασία

Παρατηρούμε κατά τη διαδικασία εξάλειψης των κοιλοτήτων του υποβάθρου, το εργαλείο Fill εξαλείφει αποτελεσματικά τυχόν μικρές ατέλειες που υπάρχουν στο αρχείο ράστερ. Αυτό βοηθά στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας του DEM διορθώνοντας κάθε κελί (cell) σε σχέση με τα γειτονικά του. Με τον όρο κοιλότητα (sink) εννοείται κάποιο φατνίο που έχει τιμή υψομέτρου μικρότερη από τα οκτώ (8) γειτονικά του. Σύμφωνα με τους Jensen (1994) και Moore (1996) οι ταπεινώσεις/κοιλοότητες του υποβάθρου είναι συχνά σφάλματα που οφείλονται στην ανάλυση των δεδομένων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM). Αυτές οι ταπεινώσεις πρέπει να εξαλειφθούν προκειμένου να γίνει σωστή οριοθέτηση των λεκανών απορροής και του υδρογραφικού δικτύου.



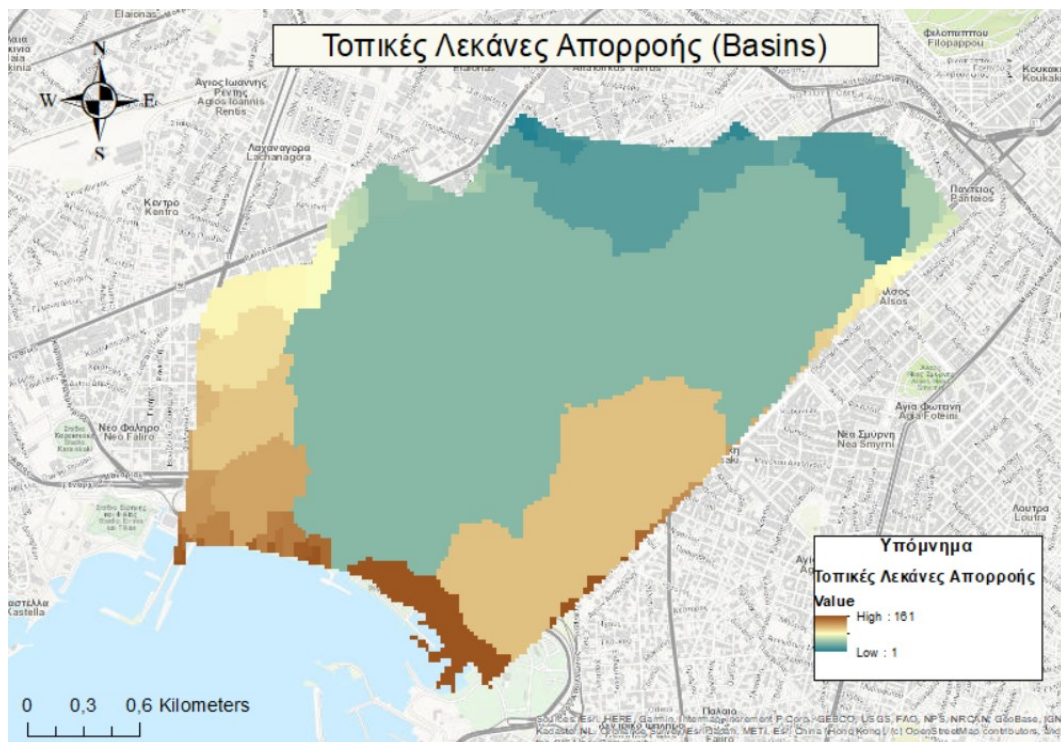
Χάρτης 8 Εξάλειψη κοιλοτήτων του DEM της περιοχής μελέτης (Fill)

Το εργαλείο Flow Direction βοηθά στη κατανόηση του πώς ρέει το νερό σε μια επιφάνεια. Δημιουργεί μια εικόνα που δείχνει προς ποια κατεύθυνση θα πάει το νερό από κάθε σημείο της επιφάνειας. Δείχνει την αναλογία της μέγιστης μεταβολής ανύψωσης από κάθε κελί κατά μήκος της κατεύθυνσης ροής προς την απόσταση μεταξύ των κέντρων των κελιών. Αυτή η αναλογία εκφράζεται σε ποσοστά. Υπάρχουν οκτώ διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους το νερό μπορεί να ρέει στα κύτταρα γύρω του. Σύμφωνα με τους Jensen και Domingue (1988) το νερό μπορεί να έχει οκτώ διαφορετικές κατευθύνσεις (1,2,4,16,32,64,128). Αυτό ονομάζεται μοντέλο ροής οκτώ κατευθύνσεων (D8).



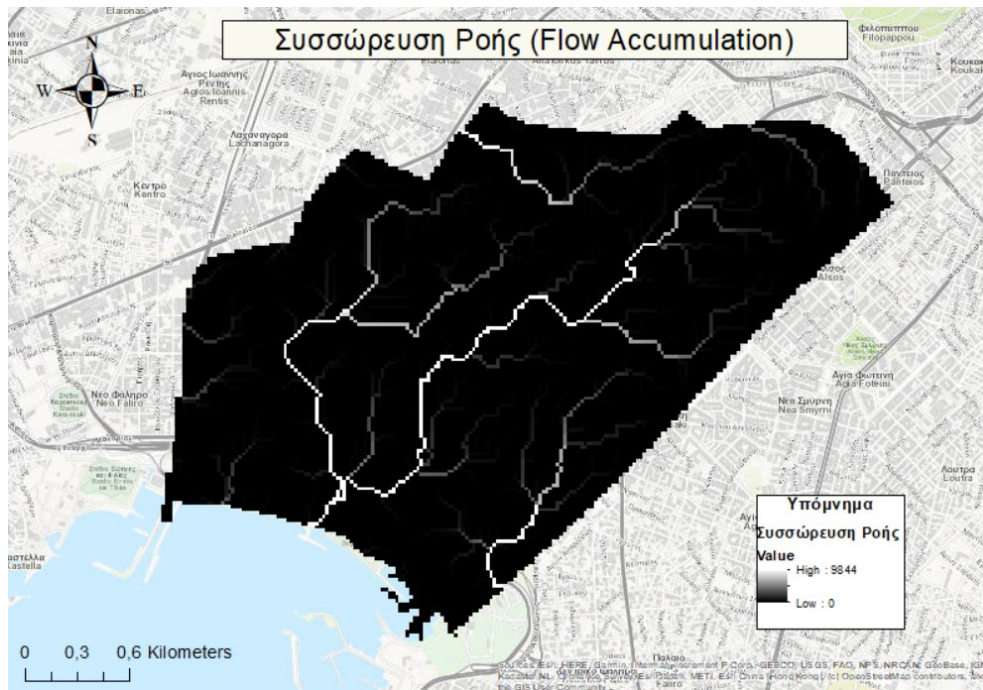
Χάρτης 9 Κατεύθυνση Ροής (Flow Direction). Ιδία επεξεργασία

Χρησιμοποιώντας το παραγόμενο αρχείο της κατεύθυνσης ροής, μπορεί να αναλυθεί ώστε να βρεθεί το σύνολο των συνδεδεμένων κελιών που ανήκουν στην ίδια τοπική λεκάνη απορροής. Οι λεκάνες απορροής στην περιοχή μελέτης δημιουργούνται με τον προσδιορισμό των σημείων συγκέντρωσης του νερού και της συνεισφέρουσας περιοχής κάθε σημείου ξεχωριστά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα αρχείο raster ορισμένο σε μικρότερες τοπικές λεκάνες απορροής.



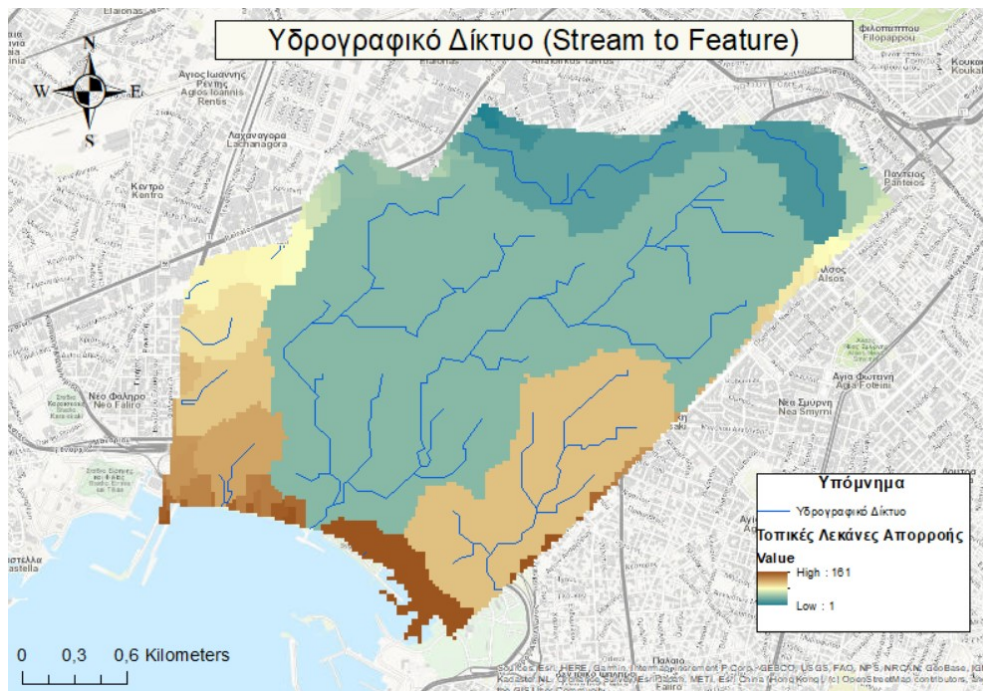
Χάρτης 10 Τοπικές Λεκάνες Απορροής (Basins). Ιδία επεξεργασία

Σε επόμενο βήμα, γίνεται η οπτικοποίηση του υδρογραφικού δικτύου. Τα κελιά με υψηλή συσσώρευση ροής είναι εκεί όπου συγκεντρώνονται οι ροές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό των διαδρομών ροής. Τα κελιά με μηδενική συσσώρευση ροής είναι τοπικά τοπογραφικά υψόμετρα.



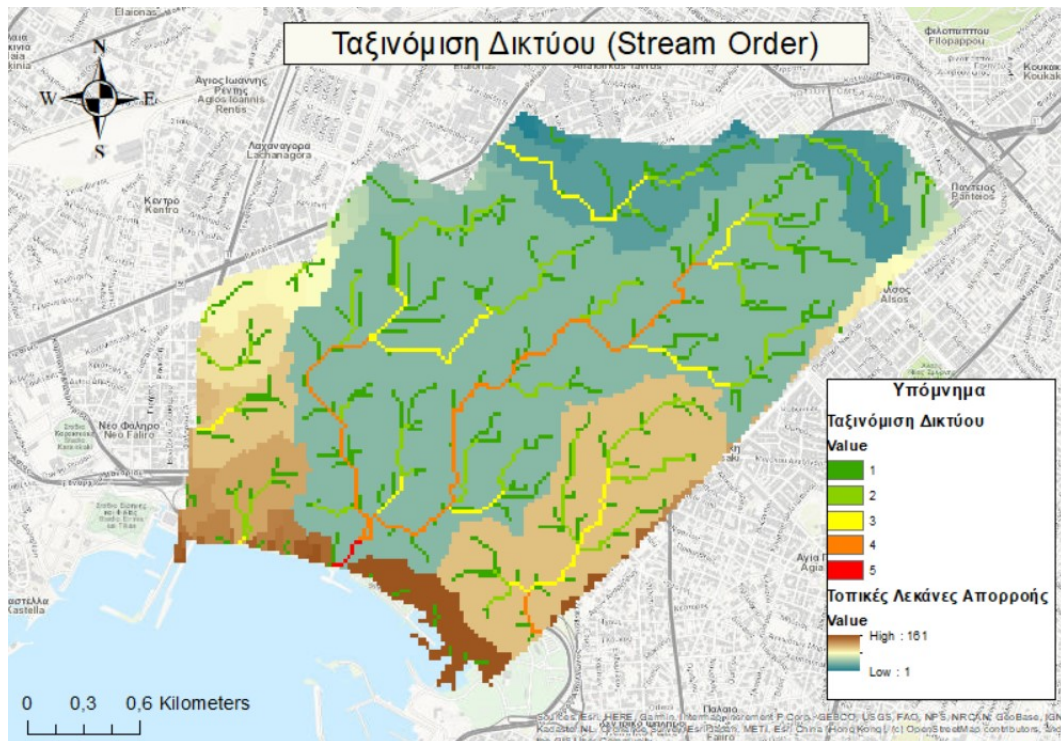
Χάρτης 11 Συσσώρευση Ροής (Flow Accumulation). Ιδία επεξεργασία

Μέσω της διαδικασίας Stream to Feature, μετατρέπεται το υδρογραφικό δίκτυο από αρχείο ράστερ σε διανυσματικό αρχείο (vector), χρησιμοποιώντας το επίπεδο που δημιουργείται από το εργαλείο «Συσσώρευση ροής».



Χάρτης 12 Υδρογραφικό Δίκτυο (Stream to Feature). Ιδία επεξεργασία

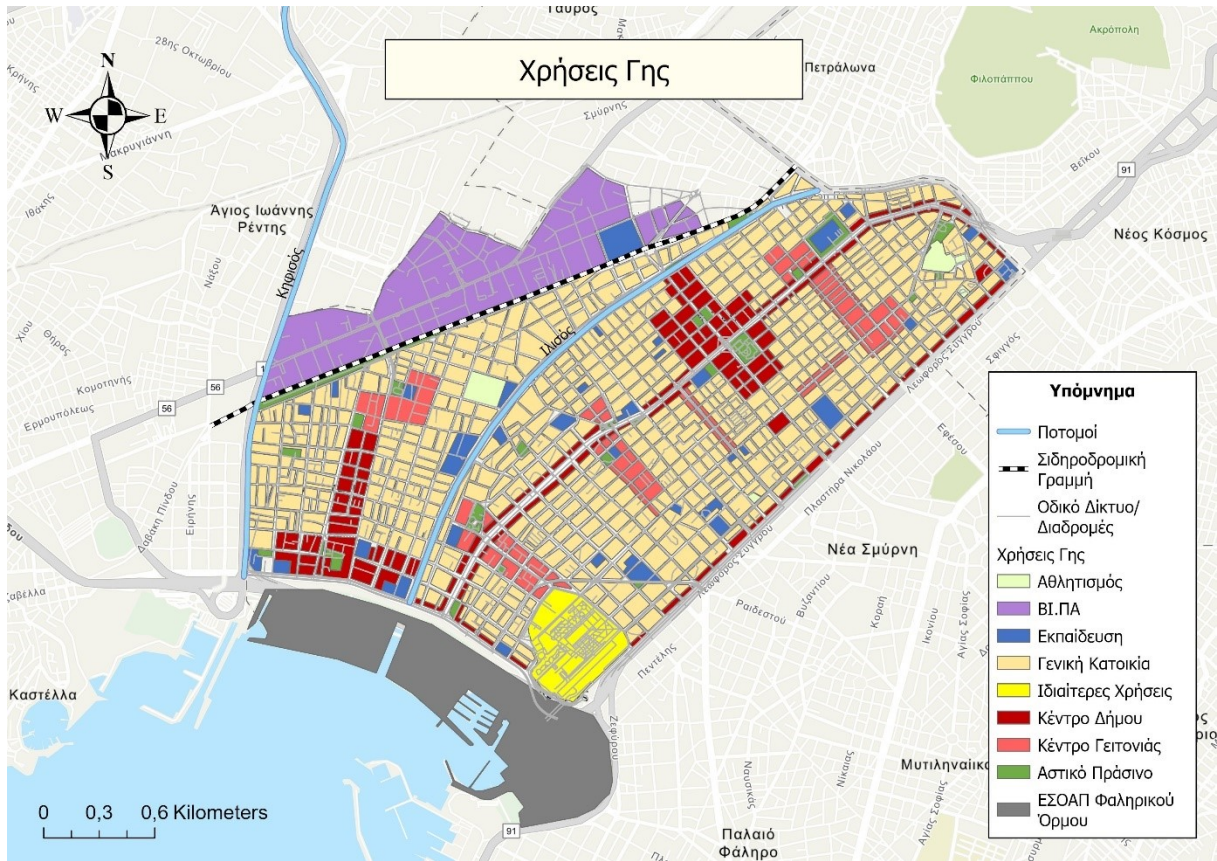
Η μελέτη ενός υδρογραφικού δικτύου μπορεί να αποκαλύψει σημαντικές σχέσεις μεταξύ των κλάδων του. Παρατηρώντας το μέγεθος και την ιεραρχία των κεντρικών, δευτερευόντων και πρωτευόντων κλάδων, οι επιστήμονες έχουν δημιουργήσει ένα αριθμητικό σύστημα για την ποσοτικοποίηση της ανάπτυξης του δικτύου. Αυτό το σύστημα εκχωρεί αριθμητικές σειρές σε κάθε κλάδο με βάση τον αριθμό των παραποτάμων που έχει. Η κατανόηση της ταξινόμησης ενός κλάδου μπορεί να αποκαλύψει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τα ρεύματα νερού. Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι ταξινόμησης, η κατά Strahler και η κατά Shreve, και οι δύο προσδιορίζουν τα ανάντη μέρη ενός ρεύματος νερού ως 1ης τάξης. Στη περιοχή μελέτης χρησιμοποιείται η ταξινόμηση κατά Strahler.



Χάρτης 13 Ταξινόμηση Υδρογραφικού Δικτύου (Stream Order). Ιδία επεξεργασία

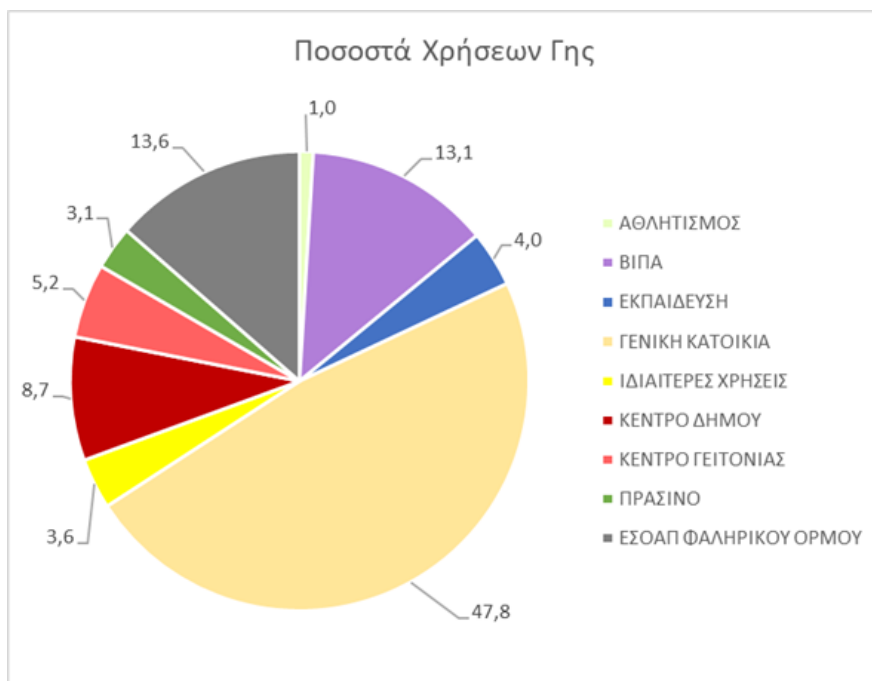
5.3.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Ο παρακάτω χάρτης απεικονίζει τις χρήσεις γης όπως έχουν διαμορφωθεί από τη μακροπρόθεσμη ανάπτυξη και επέκταση της πόλης, καθώς και από τη διαφορετική δυναμική και χαρακτηριστικά μεταξύ των διαφορετικών περιοχών της πόλης. Αυτή η διαφοροποίηση είναι σημαντική γιατί επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο κάθε δήμος θα ανταποκριθεί σε ένα συμβάν πλημμύρας. Τα δεδομένα αντλήθηκαν τόσο από τα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια των αντίστοιχων δήμων Μοσχάτου και Καλλιθέας (Παραρτήματα) όσο και από την γεωχωρική πύλη του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.



Χάρτης 14 Χρήσεις γης της περιοχής μελέτης. Ίδια επεξεργασία

Το γράφημα δείχνει τα διαφορετικά ποσοστά χρήσεων γης στη περιοχή μελέτης, τα οποία περιλαμβάνουν τον αθλητισμό, την εκπαίδευση, την γενική κατοικία, τις ειδικές χρήσεις γης, των πολεοδομικών κέντρων και των κέντρων γειτονιάς, των χώρων πρασίνου και της περιοχής του Ειδικού Σχεδίου Ολοκληρωμένης Ανάπτυξης Περιοχής (ΕΣΟΑΠ) Φαληρικού Όρμου. Το υψηλότερο ποσοστό αφορά τη γενική κατοικία και ακολουθούν το ΒΙΠΑ και το ΕΣΟΑΠ Φαληρικού Όρμου.



Με αφορμή την διερεύνηση περιοχών ως προς επικινδυνότητα πλημμυρών μπορεί να ληφθεί υπόψη το Πρόγραμμα Ολοκληρωμένης Ανάπλασης στην Περιοχή του Φαληρικού Όρμου Αττικής.

Ο Ολυμπιακός Πόλος Φαλήρου αφορά σε μια περιοχή έκτασης 0,22 τ.χμ. περίπου, η οποία διαχωρίζεται από τον ιστό της πόλης με την υφιστάμενη Λεωφ. Ποσειδώνος – Εθνάρχου Μακαρίου. Η ανάπλαση της εν λόγω περιοχής δημιουργεί ένα νέο Υπερτοπικό – Μητροπολιτικό Κέντρο αναψυχής, αθλητισμού, πολιτισμού και άλλων συμπληρωματικών λειτουργιών, με ταυτόχρονη διεξαγωγή εργασιών για την κατασκευή σημαντικών έργων υποδομής.

Στα πλαίσια του παρόντος σχεδιασμού, τα αντιπλημμυρικά έργα που προβλέπεται να κατασκευασθούν είναι τα εξής:

- Αντιπλημμυρικό κανάλι: Το εν λόγω ξηρό κανάλι θα δημιουργηθεί (με κατάλληλο πλάτος και στάθμη πυθμένα) αμέσως κατάντη της γραμμής τραμ, αντικαθιστώντας την υφιστάμενη παραλιακή οδό Ποσειδώνος, η οποία θα αφαιρεθεί και θα μεταφερθεί κατάντη και εν μέρει υπόγεια. Οι επιφανειακές πλημμυρικές ροές που θα φθάνουν στις πεδινές περιοχές του Μοσχάτου και της Καλλιθέας θα διοχετεύονται σε αυτό το κανάλι και θα κατευθύνονται στις υπάρχουσες επεκτάσεις υγρών αντιπλημμυρικών καναλιών (δυτικά και ανατολικά) και στον τελικά διευθετούμενο Ιλισσό ποταμό.
- Επέκταση διευθέτησης του Ιλισού: Προβλέπεται η επέκταση της διευθέτησης του Ιλισού κατά 270 μ. περίπου προς τα ανάντη και με υποβιβασμό της σημερινής στάθμης του πυθμένα και την ταυτόχρονη καθαίρεση των υφιστάμενων αναχωμάτων.



Εικόνα 12 Αντιπλημμυρικά έργα που προβλέπεται να κατασκευασθούν σύμφωνα με τον νέο σχεδιασμό

5.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ BLUESPOT

Οι προβλέψεις του μοντέλου που καλύπτονται σε αυτή την εφαρμογή βασίζονται στην προβολή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, που δείχνει τις κοιλότητες του τοπίου (bluespots) εντός των τοπικών λεκανών απορροής, την ιεραρχική θέση των κατάντη ροών και τον τρόπο με τον οποίο τα "bluespots" θα γεμίσουν και θα υπερχειλίσουν κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης διάφορων σεναρίων βροχόπτωσης, αγνοώντας το χρόνο και τη στεγανότητα του εδάφους. Όπου υπάρχουν αποτυπώματα κτιρίων, μπορούν να ενσωματωθούν εξαρχής στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους για να προβλεφθεί ο αντίκτυπός τους στις υποδομές και άλλες χρήσεις γης.

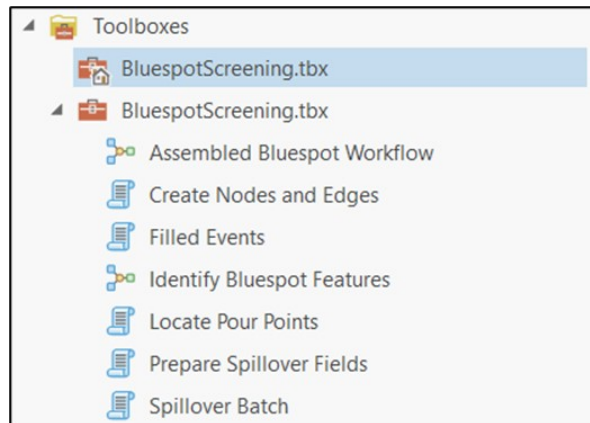


Εικόνα 13 Αποτυπώματα κτιρίων

Δεδομένου ότι η μέθοδος αυτή βασίζεται σε υπολογισμούς ροής πάνω από το έδαφος, η συμπερίληψη των κτιρίων για τη διοχέτευση του νερού γύρω από αυτά δεν αποτελεί πρόβλημα. Ορίζοντας τα κτίρια ως ένα πολυγωνικό επίπεδο, υπερυψωμένο και ενσωματωμένο στο DEM, επιτρέπει στο νερό να ρέει γύρω από τα κτίρια. Επιπλέον, με την ενσωμάτωση αυτή αφαιρείται ο κατειλημμένος όγκος των κτιρίων πάνω στα bluespots, υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει ροή νερού κάτω από αυτά.

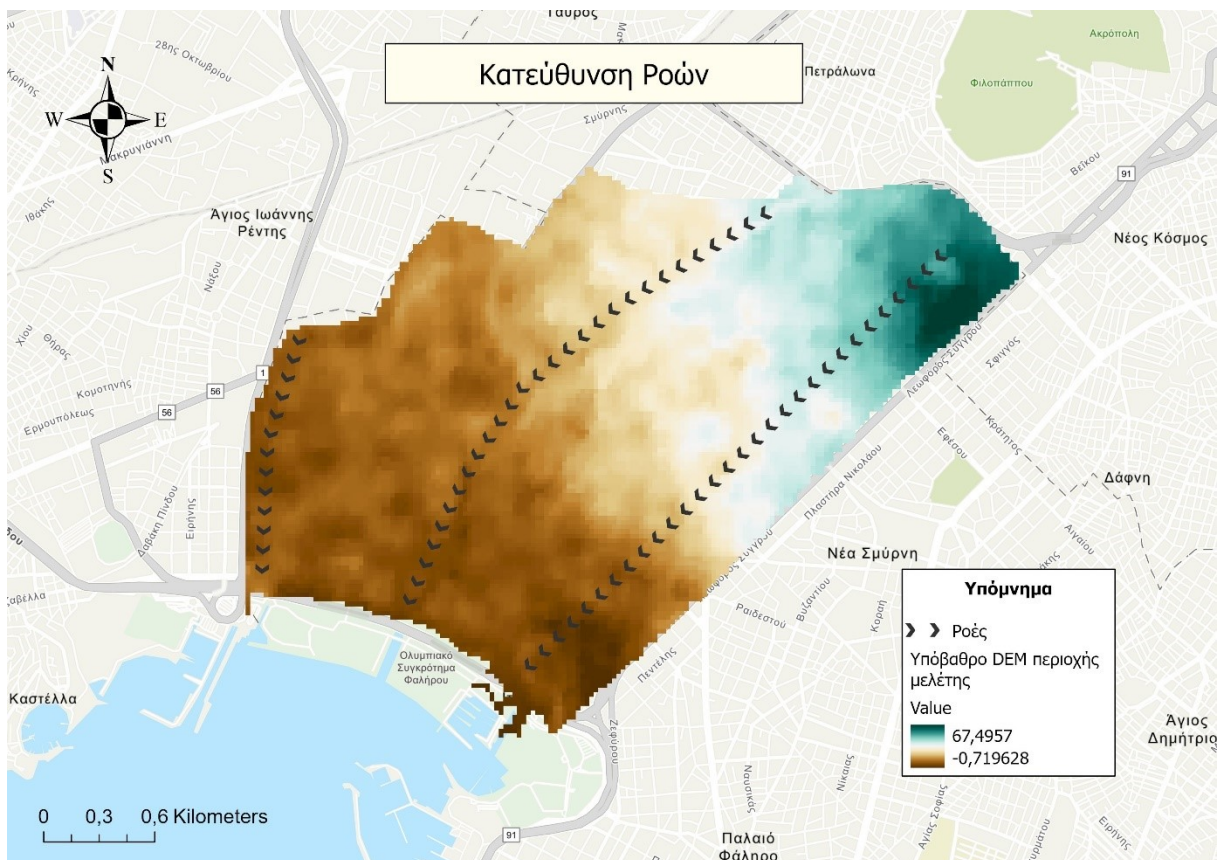
ΣΤΑΔΙΟ 1: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ BLUESPOTS

Για την εφαρμογή του μοντέλου απαιτείται η εργαλειοθήκη BluespotScreening που παρέχεται από την ESRI. Ακουθώντας τα βήματα του πρότυπου μοντέλου υπάρχει δυνατότητα να επεξεργασίας οποιασδήποτε περιοχής με τα απαιτούμενα δεδομένα.



Εικόνα 14 Εργαλειοθήκη BluespotScreening

Αρχικά, γίνεται εισαγωγή του ορισμένου DEM της περιοχής μελέτης. Σημειώνεται ότι οι μπλε αποχρώσεις αντιπροσωπεύουν περιοχές με υψηλότερα υψόμετρα ενώ οι καφέ αποχρώσεις αντιπροσωπεύουν περιοχές με χαμηλότερα υψόμετρα και μεγαλύτερη πιθανότητα να είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες. Καθώς γίνεται η ανάλυση του υποβάθρου θα πρέπει να γίνει κατανοητή η ροή του νερού από τα υψηλότερα υψόμετρα (μπλε) προς τη θάλασσα διασχίζοντας τις περιοχές με τα χαμηλότερα υψόμετρα (καφέ).



Χάρτης 15 Κατανόηση της κατεύθυνσης ροής. Ιδία επεξεργασία

Με το εργαλείο "Identify Bluespot Features" γίνεται ο προσδιορισμός των ευάλωτων περιοχών και απεικονίζονται με ανοιχτό μπλε χρώμα. Κατά την εκτέλεση του εργαλείου αποκλείονται σημεία bluespot με βάθος μικρότερα των 5 εκατοστών και χωρητικότητα μικρότερα των 1 κυβικών μέτρων, καθώς οι «χαμένες» χωρητικότητες των bluespot μετατρέπονται σε επιφανειακή απορροή. Καθώς η μοντελοποίηση πραγματοποιείται σε ένα άχρνο περιβάλλον και υποθέτει ότι το 100% των βροχοπτώσεων πέφτουν στο έδαφος, τα αποτελέσματα θα πρέπει να θεωρηθούν μόνο ως μια πρώτη προσέγγιση των επιπτώσεων.



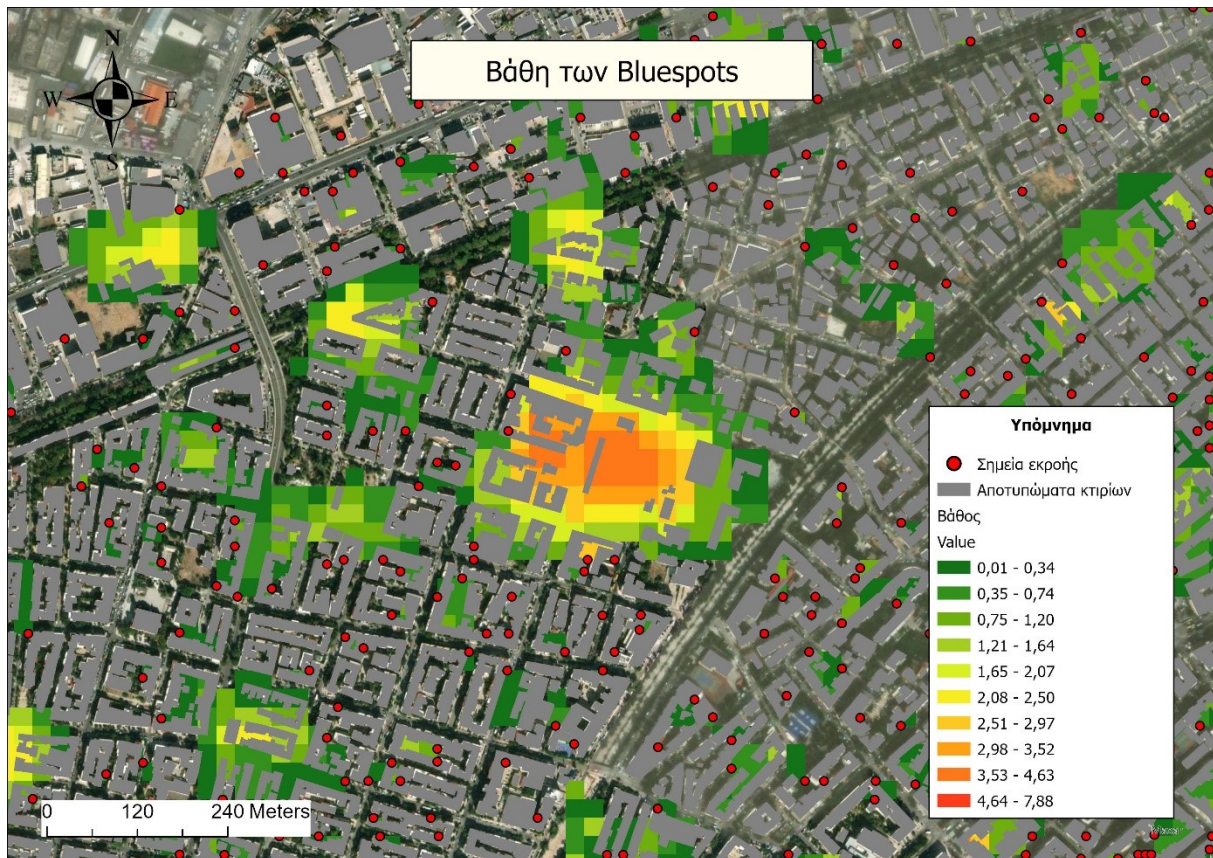
Χάρτης 16 Identify Bluespot Features. Ιδία επεξεργασία

Κατά την εξέταση του χάρτη, γίνεται προφανές ότι κάθε bluespot έχει μόνο ένα σημείο εξόδου δηλαδή σημείο εκροής και μια τοπική λεκάνη απορροής. Επιπλέον, σύμφωνα με τον ορισμό του, υπάρχει μόνο ένα ρέμα που είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά το νερού από το ένα σημείο σε ένα άλλο κατά τη διάρκεια υπερχειλίσης.



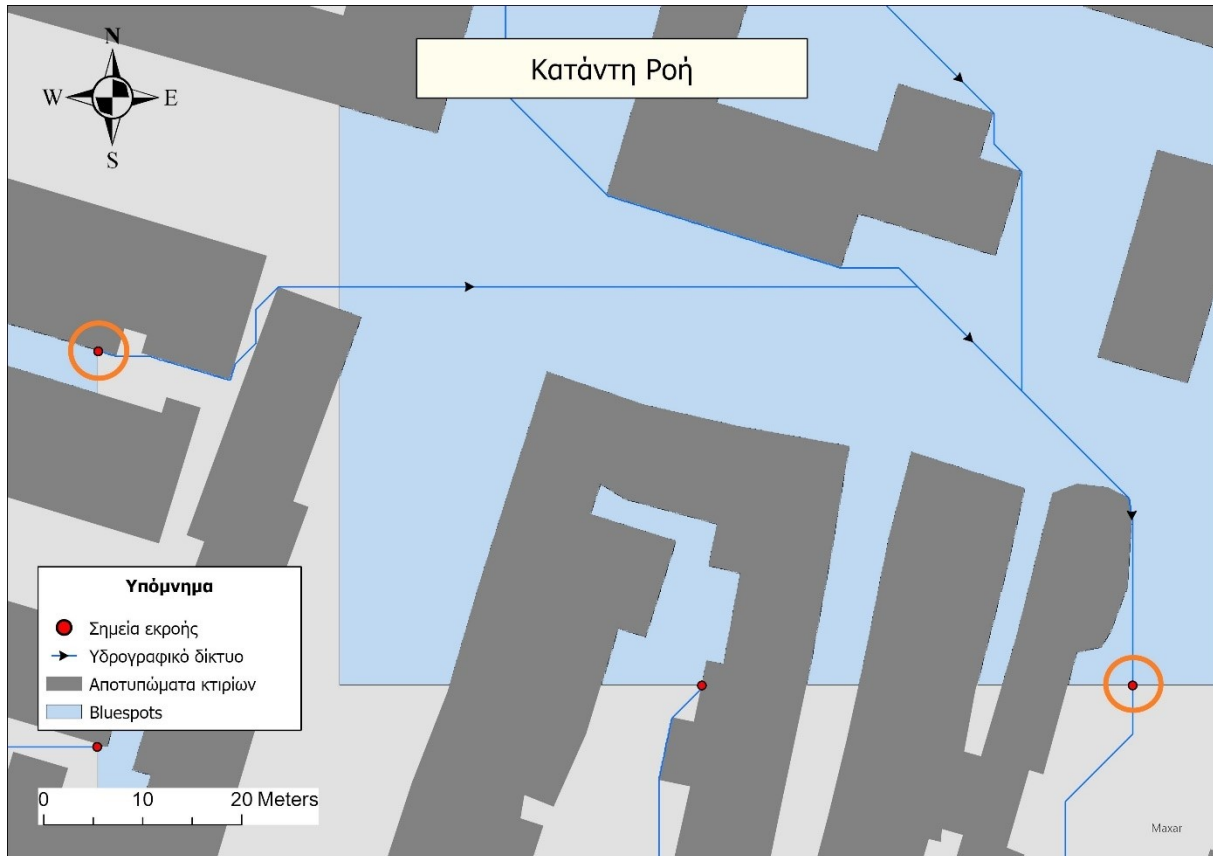
Χάρτης 17 Σημεία εκροής και τοπικές λεκάνες απορροής

Ακόμη, υπάρχει δυνατότητα με το layer "BSDepths" να κατανοήσουμε ξεκάθαρα το βάθος ενός bluespot όταν γεμίσει μέχρι το σημείο εκροής του. Τα διαφορετικά βάθη bluespot είναι πιο εύκολο να ξεχωρίσουν με χρωματική διαβάθμιση. Μερικά από αυτά είναι πολύ βαθιά—μέχρι περίπου 7,8 μέτρα (κόκκινο χρώμα)—και άλλα είναι αρκετά ρηχά (πράσινο χρώμα).



Χάρτης 18 Βάθη των Bluespots με χρωματική διαβάθμιση. Ίδια επεξεργασία

Η κατεύθυνση της ροής των ρεμάτων (Streams) πρέπει να είναι εύκολα ορατή στον χάρτη. Τα βέλη υποδεικνύουν την κατεύθυνση της κατάντη ροής από ένα bluespot στο επόμενο χαμηλότερο υψομετρικά bluespot.

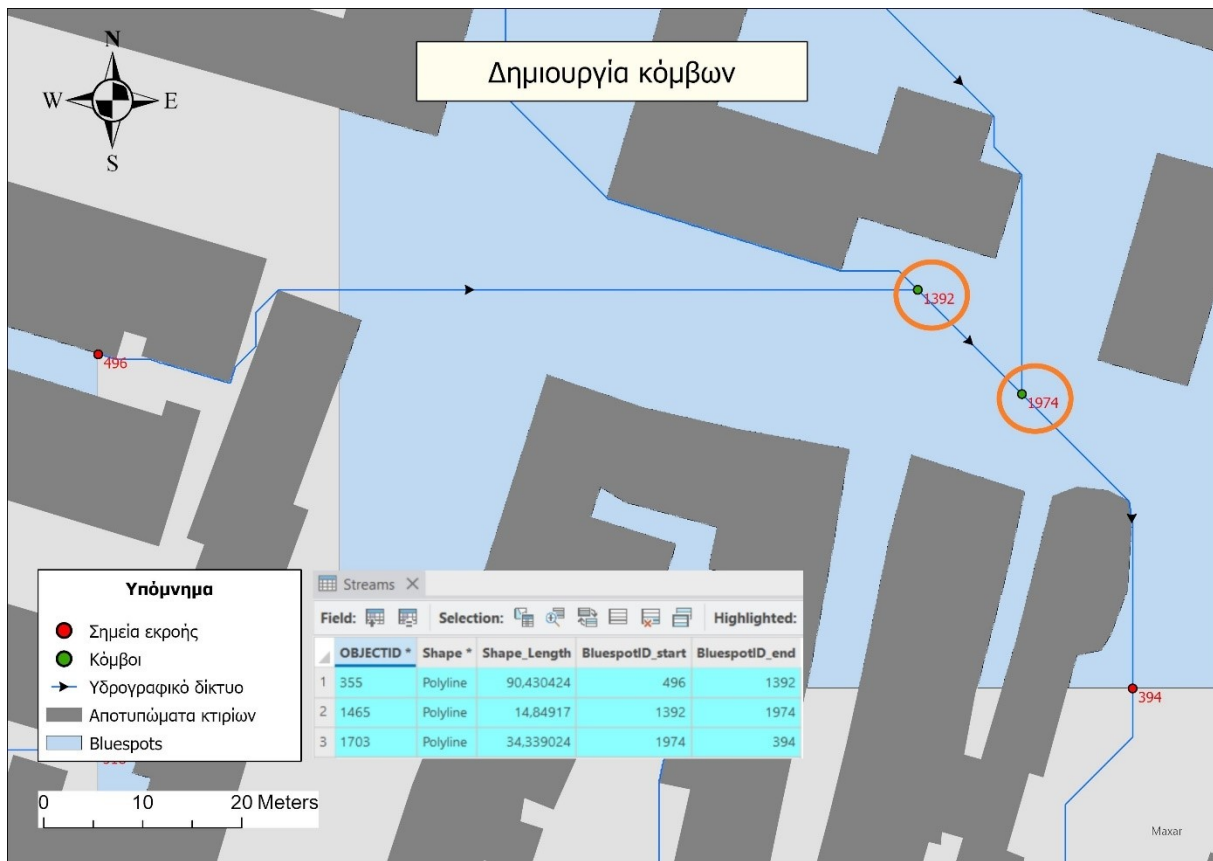


Χάρτης 19 Κατάντη ροή από ένα Bluespot στο αμέσως χαμηλότερο υψομετρικά Bluespot. Ίδια επεξεργασία

ΣΤΑΔΙΟ 2: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΟΜΒΩΝ

Με το εργαλείο "Create Nodes and Edges" δημιουργείται ακόμα ένα αρχείο που προετοιμάζει το υδρογραφικό δίκτυο για την ανίχνευση της συσσωρευμένης κατάντη ροής από ένα bluespot στο άλλο κατά μήκος της ανιχνευμένης διαδρομής της ροής, δηλαδή της διαδρομής που αντιπροσωπεύουν τα ρέματα από τα οποία προέρχεται το κάθε bluespot. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν λαμβάνονται υπόψη ροές εκτός της περιοχής μελέτης ή ροές που έχουν κατεύθυνση προς εκείνη. Για την μελέτη της ευρύτερης περιοχής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ο μεγάλος όγκος δεδομένων, ο χρόνος επεξεργασίας και η υπολογιστική ισχύς που ξεπερνά τα όρια της διπλωματικής εργασίας.

Για να καταστεί δυνατή η ανίχνευση, πρέπει να κατασκευαστεί η τοπολογία του δικτύου και να καθοριστεί η συνδεσιμότητά του. Το σημείο εκροής (Pour Point) ορίζει το σημείο εκκίνησης των ρεμάτων του δικτύου, αλλά πρέπει επίσης να είναι γνωστά τα σημεία που καταλήγουν όλες οι χαρακτηριστικές γραμμές. Εάν ένα �έμα συνεχίζει ευθεία από ένα bluespot σε ένα άλλο bluespot κατάντη, το χαρακτηριστικό γραμμής του ρέματος θα τελειώσει σε αυτό το σημείο. Ωστόσο, όταν δύο ρέματα διασταυρώνονται, θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο δημιουργίας ενός νέου κόμβου που βρίσκεται στη διασταύρωση ως μέρος του υδρολογικού δικτύου. Στην εικόνα παρακάτω φαίνεται το σημείο εκκίνησης του ρέματος δηλαδή το σημείο εκροής με κόκκινο σύμβολο και η σύνδεση μεταξύ δύο ροών με πράσινο σύμβολο.



Χάρτης 20 Δημιουργία κόμβων μεταξύ των ροών. Ίδια επεξεργασία

ΣΤΑΔΙΟ 3: ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΕΔΙΩΝ

Έχοντας διαμορφώσει το βασικό υδρογραφικό δίκτυο των bluespots, δηλαδή των σημείων εκροής τους (Pour Points), των κόμβων διασταύρωσης (Nodes) και των ρεμάτων που τα συνδέουν (Streams), θα πρέπει να προσδιοριστούν τα διάφορα σενάρια βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης. Το μόνο που απομένει είναι ο καθορισμός μιας σειράς γεγονότων βροχής που θα χρησιμοποιηθούν στους επόμενους υπολογισμούς.

Το εργαλείο "Prepare Spillover Fields" προσθέτει έναν αριθμό πρόσθετων πεδίων ανά γεγονός βροχής στον πίνακα χαρακτηριστικών του layers Nodes για την παρακολούθηση της εισροής και της εκροής για κάθε bluespot. Φυσικά, συνιστάται η δημιουργία ενός ρεαλιστικού σεναρίου βροχόπτωσης που να ταιριάζει στην περιοχή ενδιαφέροντος. Στην περιοχή μελέτης, εξετάστηκαν σενάρια βροχοπτώσεων που κυμαίνονται από 20 mm έως 100 mm σε βήματα των 10 mm. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αντικατοπτρίζει ρεαλιστικά τα γεγονότα που συμβαίνουν ετησίως στην περιοχή έως και ακραία γεγονότα βροχής που μπορεί να συμβούν μία φορά στα 1000 χρόνια.

ΣΤΑΔΙΟ 4: ΣΗΜΕΙΑ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ

Αυτό το βήμα, με το εργαλείο "Spillover Batch", δημιουργεί τέσσερις νέες στήλες για κάθε ένα από τα 9 σενάρια βροχής (20-100mm) δηλαδή δημιουργεί 36 νέες στήλες στο layer "Nodes". Ο πίνακας του layer "Nodes" περιέχει πληροφορίες για τα γεγονότα βροχής. Για κάθε ένα από αυτά ισχύει η εξίσωση που ακολουθεί:

$$\text{SpillOverOut} = \text{SpillOverIn} + \text{RainVolume} - \text{Capacity}$$

Αυτό σημαίνει ότι το νερό που εξέρχεται από ένα Bluespot κατά την υπερχείλιση ισούται με την ποσότητα του νερού που παραμένει μέσα στο Bluespot (πριν το σημείο υπερχείλισης) συν τον όγκο του νερού που εισέρχεται σε αυτό από το σενάριο βροχής μείον την χωρητικότητα του. Οπότε για το σενάριο βροχής των 20mm η εξίσωση θα διαμορφωθεί ως εξής:

$$\text{SpillOverOut20mm} = \text{SpillOverIn20mm} + \text{RainVolume20mm} - \text{Capacity}$$

Με την ολοκλήρωση των παραπάνω σταδίων, τα layers έχουν αποκτήσει τα παρακάτω περιεχόμενα:

Bluespot attribute table fields		
Field	Ορισμός	Μονάδα μέτρησης
BluespotID	Αναγνωριστικός Αριθμός Bluespot	-
Maximum Depth	Μέγιστο Βάθος	m
Capacity	Χωρητικότητα μέχρι το σημείο υπερχείλισης	m ³
Watershed Area	Τοπική λεκάνη απορροής	m ²
FillUp value	Ποσότητα της βροχόπτωσης που απαιτείται για την πλήρωση ενός bluespot (Χωρητικότητα/Τοπική λεκάνη απορροής*1000)	mm

Pour Point attribute table fields		
Field	Ορισμός	Μονάδα μέτρησης
Pour Point ID	Αναγνωρίζεται από το εκάστοτε Bluespot	-
Z	Πληροφορία υψομέτρου του σημείου υπερχείλισης	m
Capacity	Χωρητικότητα μέχρι το σημείο υπερχείλισης	m ³
Watershed Area	Τοπική λεκάνη απορροής	m ²
FillUp value	Ποσότητα της βροχόπτωσης που απαιτείται για την πλήρωση ενός bluespot (Χωρητικότητα/Τοπική λεκάνη απορροής*1000)	mm

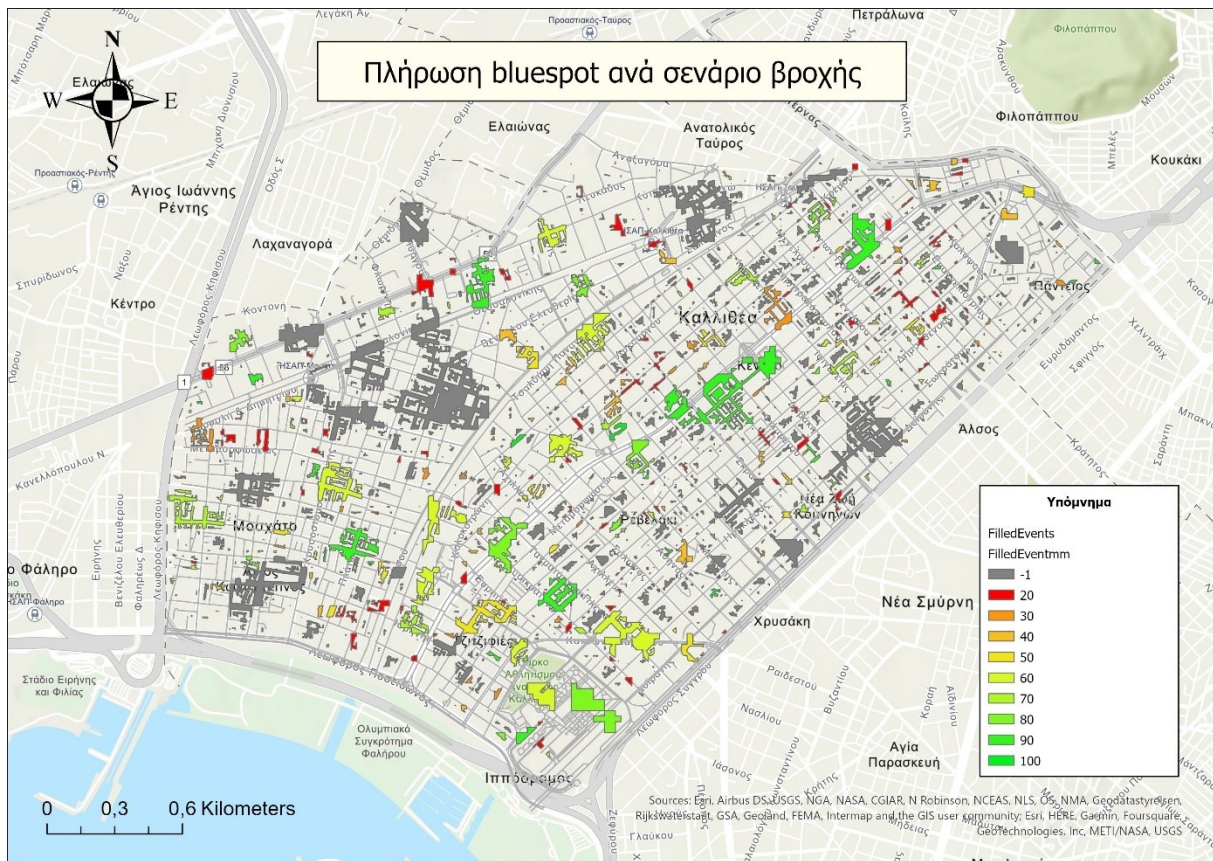
Steams attribute table fields		
Field	Ορισμός	Μονάδα μέτρησης
Shape Length	Μήκος ρέματος	m
BluespotID_start	Σημείο εκκίνησης ροής	-
BluespotID_end	Σημείο τερματισμού ροής	-

Nodes attribute table fields (Περιέχει τα πεδία του layer Bluespot + τα διάφορα σενάρια βροχοπτώσεων που κυμαίνονται από 20 έως 100 mm σε βήματα των 10 mm)		
Field	Ορισμός	Μονάδα μέτρησης
RainVolume(xx)mm	Ποσότητα του νερού που εισέρχεται στο Bluespot από το σενάριο βροχής	m ³
ActualVolume(xx)mm	Ταυτίζεται με τη χωρητικότητα Capacity	m ³
SpillOverIn(xx)mm	Απομένουσα ποσότητα του νερού μέσα στο Bluespot	m ³
SpillOverOut(xx)mm	Ποσότητα του νερού που διαχέεται έξω από το Bluespot (από σημείο υπερχείλισης)	m ³

ΣΤΑΔΙΟ 5: ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Η τελευταία φάση της ανάλυσης είναι μια συνέχεια των προηγούμενων βημάτων στα οποία εξετάστηκε κάθε συμβάν βροχής όταν το bluespot αρχίζει να υπερχειλίζει. Αξιολογώντας την κατάντη συσσώρευση ροής, γίνεται ο προσδιορισμός της ελάχιστης βροχόπτωσης που οδηγεί σε υπερχείλιση από ένα bluespot.

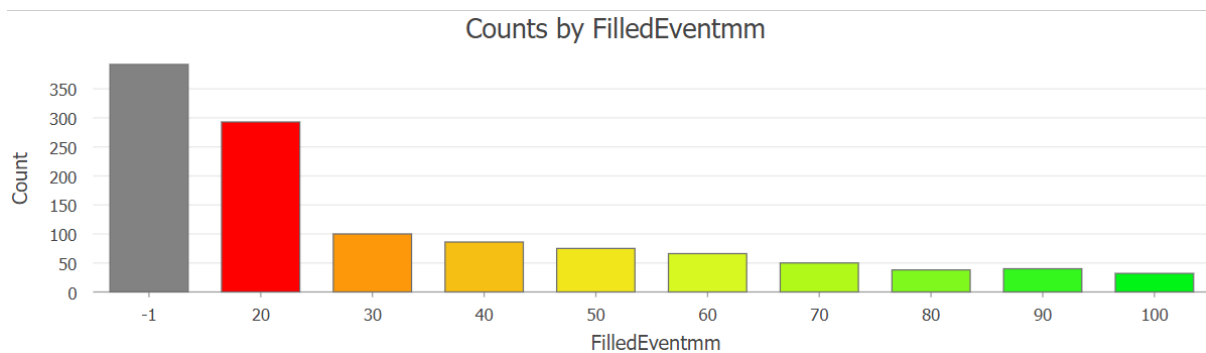
Με το εργαλείο "Filled Events" προστίθεται ακόμα μία στήλη στο layer "Nodes" που ονομάζεται "FilledEventmm". Αυτές οι τιμές δηλώνουν την ακριβή στιγμή που το bluespot αρχίζει να υπερχειλίζει ως αποτέλεσμα ενός σεναρίου βροχόπτωσης. Για την καλύτερη κατανόηση ορίζεται χρωματική διαβάθμιση για το κάθε σενάριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένα bluespots έχουν οριστεί με τιμή πεδίου -1. Αυτά τα συγκεκριμένα bluespot διαθέτουν πολύ μεγάλη χωρητικότητα και δεν υπάρχει πιθανότητα πλήρωσης ακόμα και στις πιο έντονες βροχοπτώσεις.



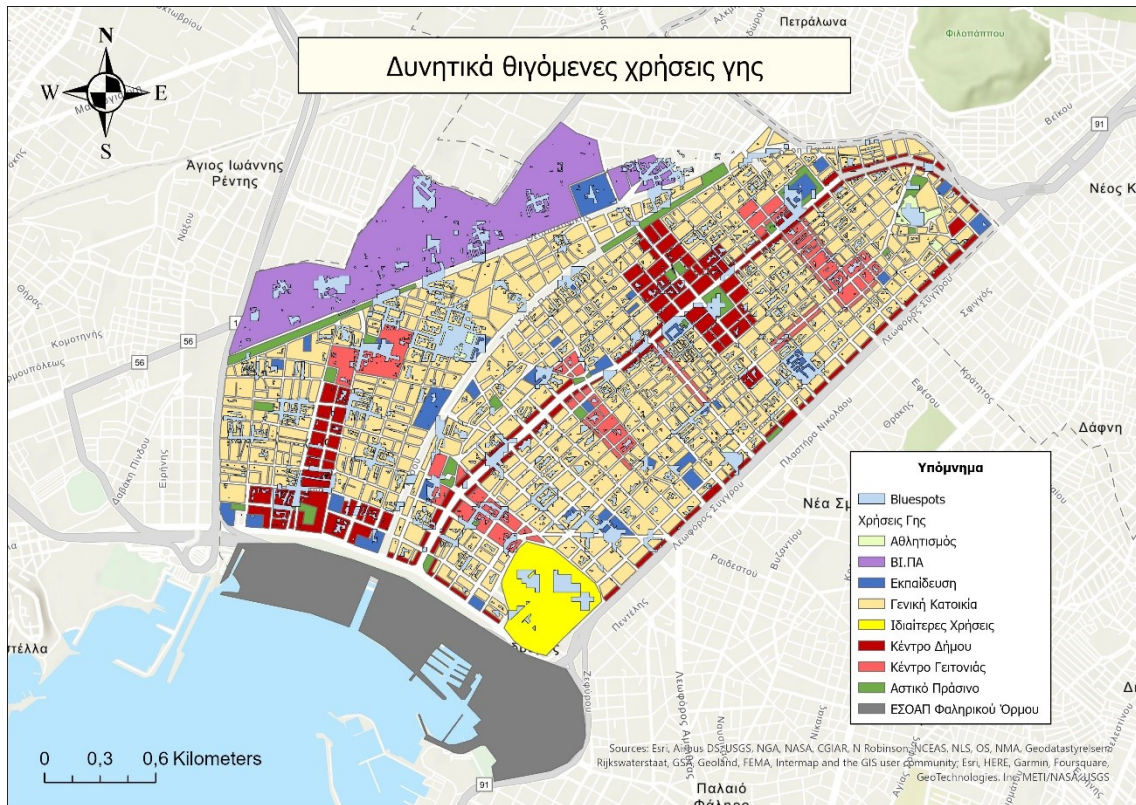
Χάρτης 21 Χρωματική διαβάθμιση πλήρωσης bluespot ανάλογα με το σενάριο βροχής. Ιδία επεξεργασία

Το παρακάτω γράφημα απεικονίζει την ποσότητα των bluespot που φθάνουν στη μέγιστη χωρητικότητά τους κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου σεναρίου βροχής (μετρούμενη σε χιλιοστά) και στη συνέχεια υπερχειλίζουν. Παρατηρούμε ότι τα περισσότερα bluespots γεμίζουν με το πρώτο και μικρότερο σενάριο (20mm). Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι όσο εντείνονται οι βροχοπτώσεις, η αναλογία των bluespot που συμπληρώνονται σε σχέση με το γεγονός της βροχόπτωσης μειώνεται σταδιακά και πλησιάζει ένα συγκεκριμένο όριο.

Γράφημα 9 Άθροισμα Bluespots για κάθε σενάριο βροχής (Ιδία επεξεργασία)



Ο παρακάτω χάρτης δείχνει το αποτέλεσμα της προβολής των χρήσεων γης και των bluespots που υπολογίστηκαν από το μοντέλο. Από μια ευρύτερη οπτική, φαίνεται ότι πολλές περιοχές εντός της περιοχής μελέτης αντιμετωπίζουν προβλήματα με πλημμύρες. Παρατηρείται ότι τα bluespot τείνουν να επηρεάζουν τη γενική κατοικία, καθώς και την εκπαίδευση.



Χάρτης 22 Χρήσεις γης που επηρεάζονται από τα Bluespots. Ίδια επεξεργασία

Επίσης σημειώνεται ότι, το υπό εξέταση υδρογραφικό δίκτυο στο υποκεφάλαιο 5.3.2 έχει ομοιότητα με τις ροές που δημιουργούνται από το μοντέλο.



Χάρτης 23 Εξεταζόμενο υδρογραφικό δίκτυο σε σχέση με τις ροές του μοντέλου Bluespot. Ίδια εξεργασία

Η πολυπλοκότητα που παρουσιάζουν τα πλημμυρικά φαινόμενα ως φυσικές καταστροφές, καθιστά απαραίτητη τη χρήση πληροφοριακών συστημάτων, τα οποία προσφέρουν τις δυνατότητες για την επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση των σχετικών δεδομένων και τη μοντελοποίησή τους (Doukas et al., 2007). Η αξιολόγηση της τρωτότητας από τις πλημμύρες διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη και την οργάνωση προσεγγίσεων διαχείρισης των πλημμυρών, ενισχύοντας έτσι τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε τοπικό επίπεδο μέσω αποτελεσματικών παρεμβάσεων. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί μια ισχυρή μέθοδος/εργαλείο για την ενσωμάτωση της διαχείρισης κινδύνου στον χωρικό σχεδιασμό. Αυτή η μέθοδος θα δημιουργήσει ένα πλαίσιο για συντονισμένες και ολοκληρωμένες προσπάθειες. Θα θέτει επίσης προτεραιότητες ενώ θα επιτρέπει στους ενδιαφερόμενους φορείς να προσαρμοστούν εκ των προτέρων σε απρόβλεπτες προκλήσεις.

Η κύρια πρόκληση μιας πυκνοδομημένης πόλης αποτελεί ο επανασχεδιασμός ευάλωτων τμημάτων. Η προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη επιτρέπει τον καθορισμό των ευάλωτων περιοχών και τη διεξαγωγή λεπτομερούς αξιολόγησης όλων των υπαρχόντων ελεύθερων και πράσινων χώρων, υποδομών και χρήσεων γης. Μπορούν, επίσης να προσδιοριστούν οι περιοχές που διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο και να εξεταστούν πιθανές προσαρμογές. Ακόμη μπορούν να αναθεωρηθούν τα υπάρχοντα εγκεκριμένα σχέδια με την ενσωμάτωση της διαχείρισης του κινδύνου απέναντι στα πλημμυρικά φαινόμενα. Έτσι, με τη χρήση του μοντέλου επιτυγχάνεται για τον χωρικό σχεδιασμό, βελτιωμένη διαχείριση των γεωχωρικών δεδομένων, διασφαλίζοντας την ακρίβεια και την αξιοπιστία τους διαχρονικά. Τέλος, απλοποιείται η διαδικασία για διορθώσεις και αναθεωρήσεις στα δεδομένα και παρέχεται βελτιωμένη ικανότητα αναζήτησης, ανάλυσης και οπτικής παρουσίασης των γεωχωρικών πληροφοριών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εκτίμηση και η διαχείριση των πλημμυρικών φαινομένων αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα που χρήζει αντιμετώπισης. Επειδή, η πλημμύρα όμως αποτελεί έναν φυσικό κίνδυνο, η πλήρης αντιμετώπιση της δεν είναι εφικτή. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να εφαρμοστούν κατάλληλα μέτρα για τον μετριασμό των επιπτώσεων του φαινομένου σε τέτοιο βαθμό που δεν επηρεάζονται οι ζωές ανθρώπων και ζώων, το περιβάλλον και οι ιδιοκτησίες και δημόσιες υποδομές. Η έγκαιρη πρόγνωση αποτελεί το κλειδί για την πρόληψη και τον περιορισμό του κινδύνου. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) παρέχουν την δυνατότητα έγκαιρης ενημέρωσης. Διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας, ενώ ο χωρικός σχεδιασμός μπορεί να αξιοποιήσει τις δυνατότητες αυτών των συστημάτων για να ενισχύσει την αποτελεσματικότητά του.

Δημιουργώντας χάρτες κινδύνου πλημμύρας τόσο σε επίπεδο περιφέρειας όσο και σε δημοτικό επίπεδο, μπορεί να εφαρμοστεί πιο αποτελεσματικός στρατηγικός σχεδιασμός και αστική ανάπτυξη. Αυτές οι ενέργειες αντιπροσωπεύουν ένα κρίσιμο βήμα στη διαδικασία αξιοποίησης των ΓΠΣ /ΣΧΟΟΑΠ για την καλύτερη κατανόηση και τον μετριασμό των κινδύνων που ενέχουν οι φυσικές καταστροφές. Μέσω αυτής της προσέγγισης, διασφαλίζεται ότι η κάθε κοινότητα είναι προετοιμασμένη και ανθεκτική απέναντι σε πιθανές πλημμύρες, ενώ παράλληλα προωθείται η βιώσιμη ανάπτυξη.

6.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Προκειμένου να παρουσιαστεί το μοντέλο με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, συνιστάται η χρήση υποβάθρου υψηλής ανάλυσης, όπως προτείνεται τόσο από το αρχικό μοντέλο όσο και από το εγχειρίδιο Καλών Πρακτικών. Ωστόσο, λόγω της μη διαθεσιμότητας ενός τέτοιου υποβάθρου υψηλής ανάλυσης, έχει χρησιμοποιηθεί ένα χαμηλότερης ανάλυσης με ανάλυση περίπου 25 μέτρων, καθώς είναι προσβάσιμο για χρήση χωρίς κόστος.

Αρχικά, το υπόβαθρο διαμορφώθηκε σύμφωνα με τη περιοχή μελέτης και ακολούθησε η εξέταση του υδρογραφικού δικτύου. Διαπιστώνεται ότι, το υπό εξέταση υδρογραφικό δίκτυο έχει ομοιότητα με τις ροές που δημιουργούνται από το μοντέλο. Προκειμένου να βελτιωθεί η κατανόηση των ροών και των προορισμών τους, δημιουργήθηκε ο χάρτης με τις ισοϋψείς καμπύλες που δικαιολογούν την κατεύθυνσή τους. Επιπλέον, το μοντέλο διευκολύνει την εις βάθος ανάλυση σε επίπεδο ιδιοκτησίας (κτίρια) για την άμεση και στοχευμένη αντιμετώπιση των πλημμυρών. Ακόμη, αξιοποιήθηκαν οι πληροφορίες χρήσεων γης από τα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια και τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας.

Η μελέτη επικεντρώνεται στον προσδιορισμό περιοχών που επηρεάζονται από τις πλημμύρες. Αναμένεται ότι οι πλημμύρες έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις χρήσεις γης, καθώς μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στη λειτουργία τους. Κατανοώντας τον αντίκτυπο των πλημμυρών στις χρήσεις γης, ελπίζεται ότι μπορούν να αναπτυχθούν στρατηγικές για τον μετριασμό των επιπτώσεων που προκαλούνται από τις πλημμύρες και την προστασία του περιβάλλοντος. Έχει τη δυνατότητα να παρέχει πολύτιμες γνώσεις για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και περιβαλλοντικής διαχείρισης. Ακόμη, μπορεί δώσει πληροφορίες για αποφάσεις που προωθούν αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης πλημμυρών και βιώσιμες πρακτικές.

Το μοντέλο Bluespot χρησιμοποιείται ως αρχική μέθοδος για τον εντοπισμό ευάλωτων σε πλημμύρες περιοχών. Χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο, οι ερευνητές μπορούν να

αποκτήσουν πληροφορίες για πιθανές τοποθεσίες που μπορεί να απαιτούν περαιτέρω εξέταση ή προσοχή. Αυτή η τεχνική είναι χρήσιμη για τον εντοπισμό περιοχών που μπορεί να παρουσιάζουν ενδιαφέρον σε διάφορους τομείς, όπως ο πολεοδομικός σχεδιασμός. Το μοντέλο Bluespot χρησιμοποιεί μια ποικιλία πηγών δεδομένων για να προσδιορίσει περιοχές, οι οποίες στη συνέχεια μπορούν να αναλυθούν για να προσδιοριστούν πιθανές αιτίες ή επιπτώσεις. Συνολικά, το μοντέλο Bluespot είναι ένα πολύτιμο εργαλείο τόσο για τους ερευνητές όσο και για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, παρέχοντας τη βάση για περαιτέρω έρευνα και δράση. Η αποτελεσματικότητά του το καθιστά βασικό συστατικό κάθε συνολικής προσπάθειας έρευνας ή σχεδιασμού.

Η χρήση του μοντέλου Bluespot χρησιμεύει ως προκαταρκτική αναγνώριση περιοχών σε ένα αστικό περιβάλλον που μπορεί να είναι επιρρεπές σε πλημμύρες. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τον εντοπισμό και την ανάλυση πιθανών τρωτών σημείων που μπορεί να υπάρχουν εντός της περιοχής μελέτης. Είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την ανάλυση, την τεκμηρίωση, την πρόβλεψη και τον έλεγχο πιθανών δυσμενών αποτελεσμάτων που προκύπτουν από πλημμύρες.

Η χρήση διαφόρων μεθόδων ελέγχου μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση του κινδύνου πλημμύρας, αν και η διεξαγωγή πιο ολοκληρωμένης μοντελοποίησης είναι απαραίτητη για την πλήρη κατανόηση του φαινομένου. Η απουσία καλύτερης ακρίβειας συνόλου δεδομένων, συμπεριλαμβανομένου του υποβάθρου, της ενσωμάτωσης του δικτύου απορροής ομβρίων και της επιφανειακής στεγανότητας, για την αξιολόγηση των φυσικών καταστροφών και των συνεπειών τους, μπορεί να μειώσει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση επιτρέπει μια προκαταρκτική επισκόπηση των δυνητικά ευαίσθητων περιοχών, η οποία είναι χρήσιμη στα αρχικά στάδια του χωρικού σχεδιασμού και μπορεί να οδηγήσει σε πιο λεπτομερείς έρευνες. Παρ' όλα αυτά, το μοντέλο μπορεί να παράσχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με περιοχές που είναι πιο ευάλωτες από άλλες σε περιστατικά αιφνίδιων πλημμυρών και όπου η ανάπτυξη νέων χρήσεων θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά μακριά από ρέματα και επικίνδυνα bluespots. Πιο εξελιγμένες μελέτες σχετικά με τη διαμόρφωση νέων τοπικών λεκανών απορροής, διευθέτηση των ρών και τοπικές αντιπλημμυρικές κατασκευές απαιτούν και μπορούν να πραγματοποιηθούν με ένα πιο εξειδικευμένο λογισμικό.

Με τη διεξαγωγή αυτής της προσέγγισης, μπορούν να αναπτυχθούν στοχευμένες στρατηγικές και παρεμβάσεις για τον μετριασμό των κινδύνων και τη βελτίωση της συνολικής ασφάλειας και ευημερίας του πληθυσμού. Αυτή η προσέγγιση δίνει τη δυνατότητα στις πόλεις να αντιμετωπίσουν προληπτικά πιθανές απειλές, να ενισχύσουν τα σχέδια αστικής ανάπτυξης και να δημιουργήσουν πιο ανθεκτικά και βιώσιμα αστικά περιβάλλοντα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ξενόγλωσση

- A. Tryggvason, C. Melchiorre, K. Johansson (2015) *A fast and efficient algorithm to map prerequisites of landslides in sensitive clays based on detailed soil and topographical information*. Comput. Geosci., 75, pp. 88-95, 10.1016/j.cageo.2014.11.006
- Adaption ClearingHouse (2014) *Danish Road Directorate - Blue Spot Analysis*. Προσβάσιμο από: <https://www.adaptationclearinghouse.org/resources/danish-road-directorate-blue-spot-analysis.html>
- Baker, Mark & Hincks, Stephen & Sherriff, Graeme (2010) *Revisiting ... Getting Involved in Plan Making: Participation and Stakeholder Involvement in Local and Regional Spatial Strategies in England*. Environment and Planning C: Government and Policy. 28. 574-594. 10.1068/jc0972.
- Betsholtz, A., Nordlöf, B. (2017) *Potentials and limitations of 1D, 2D and coupled 1D-2D flood modelling in HEC-RAS: A case study on Høje river*. Master's thesis. Division of Water Resources Engineering Department of Building & Environmental Technology. Lund University.
- Bles, T.J., et. al. (2012) *Investigation of the blue spots in the Netherlands National Highway Network*. Deltares report 1205568-000-GEO-0007.
- Climate Adapt (2010) *The Blue Spot model: A key tool in assessing flood risks for the climate adaptation of national roads and highway systems*. Προσβάσιμο στο: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/tools/the-blue-spot-model-a-key-tool-in-assessing-flood-risks-for-the-climate-adaptation-of-national-roads-and-highway-systems/#>
- Copernicus Programme. Προσβάσιμο στο: <https://www.copernicus.eu/>
- Doukas, I.D., Savvaidis, P., Tziavos, I.N., Grigoriadis, V.N., Papadopoulou, I., Vavassis, I. (2007) *The use of a Web-based GIS for the management of databases related to natural disasters, Geodesy and Cartography*, vol. 56, No. 1, pp. 37-52.
- E. Salvadore, J. Bronders, O. Batelaan (2015) *Hydrological modelling of urbanized catchments: a review and future directions*. J. Hydrol., 529, pp. 62-81, 10.1016/j.jhydrol.2015.06.028
- EXCIMAP (2007) «*Handbook on good practices for flood mapping in Europe*»
- G.E. Galloway (2008) *Flood risk management in the United States and the impact of Hurricane Katrina* *International Journal of River Basin Management*. 6 (4) pp. 301-306, 10.1080/15715124.2008.9635357
- Gunnarsson, K. (2015) *Two-dimensional hydrodynamic modeling of overland flow and infiltration in a sustainable drainage system*. Master's thesis, Lund University.
- Hansson, K., Hellman, F., Grauert, M., Larsen, M. (2010) *Methods to predict and handle flooding on highways*. The blue spot concept. Report 181. Danish Road Institute, Road Directorate. 34 p.
- Hellen Grace Llames (2022) *Elevation Modeling - the differences between DTM, DSM & DEM*. Προσβάσιμο από: <https://support.plexearth.com/hc/en-us/articles/4642425453201-Elevation-Modeling-the-differences-between-DTM-DSM-DEM>
- Howe, Joe & White, Iain (2004) *Like a Fish Out of Water: The Relationship between Planning and Flood Risk Management in the UK*. Planning Practice and Research. 19. 10.1080/0269745052000343244.
https://en.klimatilpasning.dk/media/297917/the_blue_spot_concept_report_181.pdf

- Isabelle Johnsson, Thomas Balstrøm (2021) *A GIS-based screening method to identify climate change-related threats on road networks: A case study from Sweden*, *Climate Risk Management*, Volume 33, 100344, ISSN 2212-0963, <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100344>.
- Khatami, S., Khazaei, B (2014) *Benefits of GIS Application in Hydrological Modeling: A Brief Summary*. *Journal of Water Management and Research*, 70(1), 41-49. Προσβάσιμο από: <https://lucris.lub.lu.se/ws/files/3855151/4359705.pdf>
- Kidd Sue (2007) *Towards a Framework of Integration in Spatial Planning: An Exploration from a Health Perspective*. *Planning Theory & Practice*. 8. 161-181. 10.1080/14649350701324367.
- Lanmäteriet (2019) *Kvalitetsbeskrivning Nationell Höjddata*. Προσβάσιμο από: https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografiskinformation/hojddata/kvalitetsbeskrivning_nh.pdf
- Larsson G. (2006) «*Spatial planning systems in Western Europe: An overview*»
- Li Zhong (2014) *Watershed modeling using arc hydro based on DEMs: a case study in Jackpine watershed*. *Environmental Systems Research*. 3. 11. 10.1186/2193-2697-3-11
- Mockler, Eva & O'Loughlin, Fiachra & Bruen, Michael (2015) *Understanding hydrological flow paths in conceptual catchment models using uncertainty and sensitivity analysis*. *Computers & Geosciences*. 90. 10.1016/j.cageo.2015.08.015
- MSB, (2017) *Vägledning för skyfallskartering: Tips för genomförande och exempel på användning*. Προσβάσιμο από: <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/28389.pdf>
- Neuvel, Jeroen & Van der Knaap, Wim (2010) *A Spatial Planning Perspective for Measures Concerning Flood Risk Management*. *International Journal of Water Resources Development*. 26. 283-296. 10.1080/07900621003655668.
- P. Davidoff, T.A. Reiner (1962) *A choice theory of planning* *Journal of the American Institute of Planners*, 28 (2), pp. 103-115
- Pelling, M. (2003) «*The vulnerability of cities*», Earthscan, London
- Petersen, M. (2001) *Impact of flash floods*. Στο: *Coping With Flash Floods*. Tuscon, Arizona: NATO Science Series, pp. Volume 77, 11-13.
- Salmonsson, A. (2015) *MIKE 21 FM in Urban Flood Risk Analysis. A comparative study relating to the MIKE 21 Classic model*. Master's thesis. Royal Institute of Technology.
- Stathis, D. (2004) *Extreme rainfall-events and flood-genesis in Greece*. In: 7PGC/HGS: 1-8, Oct 2004. UNISDR (United Nations/International Strategy for Disaster Risk Reduction) (2009). Terminology on disaster risk reduction.
- Thomas Balstrøm, *Model bluespots to map flood risk*, Προσβάσιμο από: <https://learn.arcgis.com/en/projects/model-bluespots-to-map-flood-risk/>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (2017) Προσβάσιμο από: <https://www.undrr.org/>
- Veraart, J.A. & van Ierland, Ekko & Werners, Saskia & Verhagen, Jan & Groot, Rudolf & Kuikman, Peter & Kabat, Pavel (2010) *Climate Change Impacts on Water Management and Adaptation Strategies in The Netherlands: Stakeholder and Scientific Expert Judgements*. *Journal of Environmental Policy & Planning - J ENVIRON POL PLAN*. 12. 179-200. 10.1080/15239081003722163.
- Water Science School (2022) «*The Water Cycle*», USGS, Προσβάσιμο από: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-cycle>

White, Iain & Richards, Dr (2007) *Planning policy and flood risk: The translation of national guidance into local policy*. Planning. Practice & Research. 513-534. 10.1080/02697450701770050.

Ελληνόγλωσση

Βαχαβιώλος Θ., (2011) Διπλωματική Εργασία, «*Μεθοδολογία προσδιορισμού ευάλωτων περιοχών σε πλημμύρες σύμφωνα με την οδηγία 2007/60*»

Βοζινάκη, Α. Ε. (2014) «*Ένα Ολοκληρωμένο Σύστημα Εκτίμησης της Επικινδυνότητας και των Επιπτώσεων Πλημμυρικών Φαινομένων*», Πολυτεχνείο Κρήτης: s.n.

Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (2019) *Σχέδιο δράσεων Πολιτικής Προστασίας για την αντιμετώπιση κινδύνων από την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων*. Προσβάσιμο από: <https://www.civilprotection.gr>

Γεωλογικό Ινστιτούτο Ηνωμένων Πολιτειών (United States Geological Survey-USGS). Προσβάσιμο από: <https://www.usgs.gov/>

Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής. Προσβάσιμο από: <https://arcg.is/1rOjXP0>

Διαδικτυακή Υπηρεσία Περιβαλλοντικών Κινδύνων, Environmental Risk Management Information Service – Floods (ERMIS-F), Glossary, «*Υδρογραφικό Δίκτυο*». Προσβάσιμο από: https://ermis-f.eu/glossary_a/ydrografiko-diktyo/

Διακάκης, Μ. (2012) «*Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας με τη Χρήση Μοντέλων Προσομοίωσης*». Διδακτορική Διατριβή, Ε.Κ.Π.Α. Αθήνα.

Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (EL 06) ΦΕΚ 2693 Β / 6.07.2018

Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα «*Δευκαλίωνας: Εκπαίδευση για τις Πλημμύρες*». (2022). Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μουζακίου (ΚΕΠΕΑ)

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (;). «*Κλιματική Αλλαγή*». Προσβάσιμο από: https://climate.ec.europa.eu/climate-change_el

Ζαγγανά Ελένη, (2015) *Ενότητα 1: Εισαγωγικές έννοιες της Υδρογεωλογίας*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Μάθημα: Υδροχημεία, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Λέκκας, Ε. (2000) «*Φυσικές & Τεχνολογικές Καταστροφές*» Β' Έκδοση. Αθήνα: Access Pre-Press.

Λίτσιου Τ. (2020) «*Επικινδυνότητα Πλημμύρας Και Αστική Ανθεκτικότητα*». Ερευνητική Εργασία. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας Και Ανάπτυξης. Πολυτεχνική Σχολή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Marathon Data Systems (2015) Σημειώσεις εκπαιδευτικού προγράμματος με τίτλο «*Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ/GIS) στη Διαχείριση του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων*». ΚΕ.ΔΙ.ΒΙ.Μ – ΠΘ

ΜΕΤΕΟ (2021) «*Ορισμοί - Μετεωρολογικές Παράμετροι - Σχετική Υγρασία*». Προσβάσιμο από: https://wiki.meteo.gr/index.php?title=%CE%A3%CF%87%CE%B5%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%A5%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1

Παπαζώη, Β., Νάστος, Π. και Φιλάνδρας, Κ. (2010) *Μελέτη Πλημμυρικών Φαινομένων στην Αττική (Αστικό και Περιαστικό Περιβάλλον)*. 9ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Αθήνα.

Παπανικολάου Δ., Μπάση Ε.-Κ., Κράνης Χ. και Δανάμος Γ. (2004) *Παλαιογεωγραφική εξέλιξη του λεκανοπεδίου Αθηνών από το άνω μείοκαινο έως σήμερα*. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI

Παπανικολάου Δ., Διακάκης Μ., (2011) *Μεταβολές στην Ένταση και την Κατανομή των Φυσικών καταστροφών*. Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής.

Παυλόπουλος, Κ., Σκέντος, Αθ., Κοταμπάση, Φ. (2005). *Γεωμορφολογική εξέλιξη του λεκανοπεδίου Αθηνών*. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI

Πλημμύρες, Υπουργείο Περιβάλλοντος κα Ενέργειας. Προσβάσιμο από: <https://ypen.gov.gr/perivallon/gydatikoi-poroι/plimmyres/>

Σαπουντζάκη, Κ. (2007) *«Το αύριο εν κινδύνω: φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα»*. Αθήνα: Gutenberg.

Σχέδια Λεκανών Απορροής, Υπουργείο Περιβάλλοντος κα Ενέργειας. Προσβάσιμο στο: <http://wfdver.ypeka.gr/el/management-plans-gr/approved-management-plans-gr/>

Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής -Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, Προσβάσιμο από: floods.ypeka.gr

Τσούλος, Λ., Σκοπελίτη, Α., & Στάμου, Λ. (2015) *Εισαγωγή στο ArcGIS* [Κεφάλαιο] Στο Τσούλος, Λ., Σκοπελίτη, Α., & Στάμου, Λ. 2015. Χαρτογραφική σύνθεση και απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <https://hdl.handle.net/11419/2504>

ΥΠΕΚΑ - Διεύθυνση Σχεδιασμού Μητροπολιτικών, Αστικών και Περιαστικών Περιοχών, Γεωχωρική Πύλη. Προσβάσιμο από: <http://msa.ypeka.gr/>

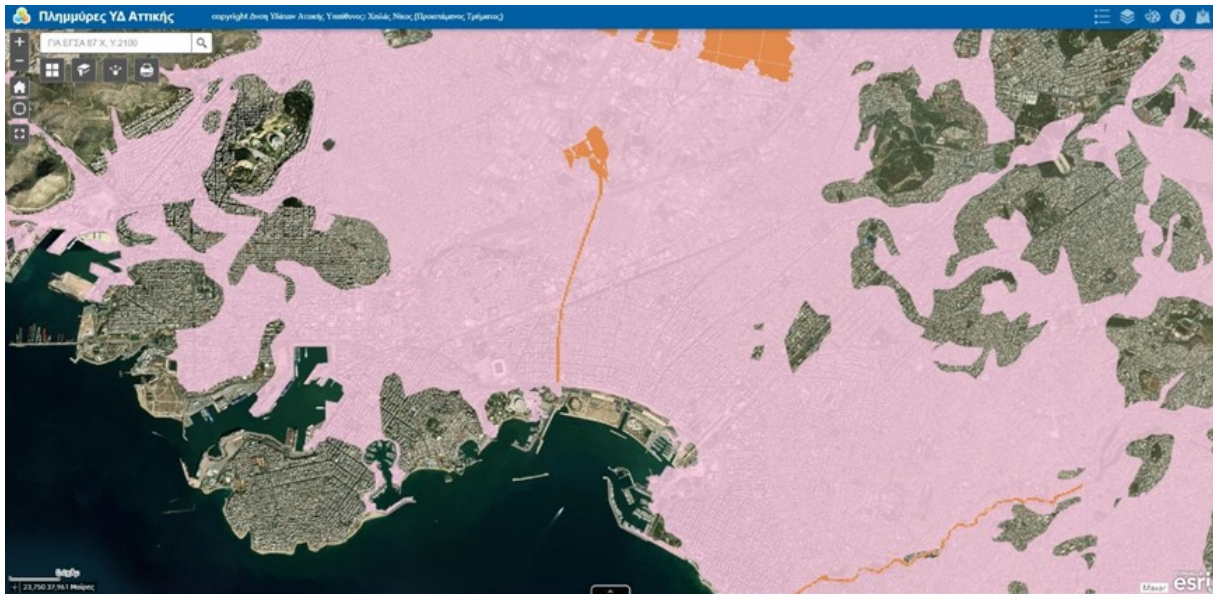
Υπουργείο Προστασίας του Πολίτη (2019). Εθνικό σύστημα Πολιτικής Προστασίας, Άρθρο 02 – Έννοιες – Όρισμοί. Προσβάσιμο από: <http://www.opengov.gr/yptp/?p=1253>

Φώτιος Π. Μάρης, (2018) *Βασικές Έννοιες, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Μάθημα: Διαχείριση Υδρομετεωρολογικών Καταστροφών*, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Φώτιος Π. Μάρης, Τάσος Νάκας (2018) *Αιφνίδιες Πλημμύρες-Οι περιπτώσεις της Μάνδρας και της Σαμοθράκης*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Μάθημα: Διαχείριση Υδρομετεωρολογικών Καταστροφών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Διεύθυνση Υδάτων Αττικής – Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων πλημμύρας



Χάρτης 24 Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας. Περίοδος - 50 Έτη. Πηγή: Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής



Χάρτης 25 Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας. Περίοδος - 100 Έτη. Πηγή: Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής



Χάρτης 26 Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας. Περίοδος - 1000 Έτη. Πηγή: Γεωπύλη Υδρολογικών - Πλημμυρικών Δεδομένων ΥΔ Αττικής - Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αττικής

