



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών  
Περιβάλλοντος

**Κατεύθυνση:** Μηχανικών Περιβάλλοντος

# Ανάλυση Χωρικής Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στην περιοχή Νότιου Τομέα Αττικής

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΟΥ**

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ ΡΕΚΑΤΣΙΝΑ**

*ΧΑΝΙΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ, 2025*



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών  
Περιβάλλοντος

**Κατεύθυνση:** Μηχανικών Περιβάλλοντος

## Ανάλυση Χωρικής Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στην περιοχή Νότιου Τομέα Αττικής

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ ΡΕΚΑΤΣΙΝΑ

#### *ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:*

Καθηγητής Dr. Γεώργιος Καρατζάς (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Καθηγητής Dr. Νικόλαος Νικολαΐδης

Καθηγητής Dr. Νικόλαος Παρανυχιανάκης

“Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακάτω εργασία παρουσιάζει και αναλύει την εκτίμηση της επικινδυνότητας της πλημμύρας στην ευρύτερη περιοχή του Νότιου Τομέα Αττικής. Τα πλημμυρικά φαινόμενα αποτελούν μια από τις πιο συχνές, δαπανηρές και θανατηφόρες φυσικές καταστροφές παγκοσμίως. Η ανάλυση και κατανόηση λοιπόν του φαινομένου αυτού και των κινδύνων που εγκυμονεί σε ανθρώπινο και οικονομικό επίπεδο, είναι απαραίτητη για την λήψη μέτρων προφύλαξης και την μείωση των συνεπειών μέσω κατασκευής αντιπλημμυρικών έργων.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε για την χωρική εκτίμηση του κινδύνου, υλοποιήθηκε στο λογισμικό περιβάλλον του προγράμματος ArcGIS. Η χωρική εκτίμηση έγινε με μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσω του ArcMap, συνδυάζοντας έξι (6) επιμέρους παράγοντες Υψόμετρο, Κλίση, Συγκέντρωση Ροής, Γεωλογία, Χρήσεις Γης, Ένταση Βροχόπτωσης οι οποίοι έχουν άμεση σχέση με το φαινόμενο της πλημμύρας. Κατόπιν, επεξεργάστηκαν τα δεδομένα και κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχοι θεματικοί χάρτες των παραγόντων, οι οποίοι κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε (5) επίπεδα Πολύ Χαμηλή, Χαμηλή, Μέτρια, Υψηλή, Πολύ Υψηλή με βάση την μέθοδο Natural Breaks (Jenks) για να εκφραστεί η επικινδυνότητα χωρικά. Τελικά, συνδυάζοντας την επίδραση ποσοστιαία του κάθε παράγοντα και αθροίζοντας τους κατασκευάστηκε ο τελικός χάρτης της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας του Νότιου Τομέα Αττικής. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν πως ο Νότιος Τομέας Αττικής αποτελεί ως επί το πλείστον περιοχή δυνητικά υψηλού κινδύνου, γεγονός που επιβεβαιώνεται από αναλύσεις και ιστορικά δεδομένα παλαιότερων συμβάντων, με κυρίως οικονομικές ζημιές σε ακίνητες περιουσίες και σε ορισμένες περιπτώσεις απώλειες ανθρώπινης ζωής.

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε μελλοντικό σενάριο εκτίμησης του κινδύνου με βάση το φαινόμενο των στιγμιαίων πλημμυρών που αποτελούν τις πιο καταστροφικές και επικίνδυνες κατηγορίες πλημμύρων. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν τρία σενάρια στα οποία υπολογίστηκε η αύξηση της έντασης βροχόπτωσης σε τρία επίπεδα 10%, 30%, 50% και οι αντίστοιχοι χάρτες επικινδυνότητας για κάθε ένα από αυτά. Τα αποτελέσματα δείχνουν αύξηση της επικινδυνότητας στον αστικό ιστό της περιοχής.

## ABSTRACT

This study presents and analyzes the assessment of flood hazard in the broader region of the Southern Sector of Attica. Flood events represent one of the most frequent, costly, and deadly natural disasters globally. Consequently, the analysis and comprehensive understanding of this phenomenon — and the associated risks to human life and economic activity — are essential for the implementation of preventive measures and the mitigation of adverse impacts through the development of flood protection infrastructure.

The model developed for the spatial assessment of flood risk was implemented within the ArcGIS software environment. The spatial evaluation was conducted using a multi-criteria analysis method via ArcMap, integrating six (6) key factors: Elevation, Slope, Flow Accumulation, Geology, Land Use, and Rainfall Intensity. These parameters are directly correlated with the occurrence and severity of flood phenomena. Subsequently, the relevant data were processed, and thematic maps corresponding to each factor were generated. These maps were classified into five (5) risk levels — Very Low, Low, Moderate, High, and Very High — based on the Natural Breaks (Jenks) classification method, in order to spatially depict flood hazard levels.

By combining the weighted influence of each factor and aggregating them, a composite flood hazard map for the Southern Sector of Attica was produced. The findings of the study indicate that the South Region constitutes a predominantly high-risk area, a conclusion corroborated by previous analyses and historical flood event records, which highlight extensive economic damage to properties and, in certain cases, loss of human life.

Additionally, a future flood risk scenario was developed, focusing on flash flood events, which are considered the most destructive and dangerous type of flooding. Specifically, three scenarios were modeled, involving projected increases in rainfall intensity by 10%, 30%, and 50%, respectively. Corresponding hazard maps were generated for each scenario. The results indicate a marked increase in flood hazard within the urbanized areas of the region under these intensified precipitation conditions.

"The single raindrop never feels responsible for the flood."

Douglas Adams

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες για την ευκαιρία που μου δόθηκε να ερευνήσω και να παρουσιάσω αυτήν τη διπλωματική εργασία. Η πολύτιμη εμπειρία αυτού του εγχειρήματος δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την υποστήριξη και την καθοδήγηση πολλών ανθρώπων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου Γεώργιο Καρατζά, μέλος ΔΕΠ – ΧΗΜΗΠΕΡ, που παρείχε αμέριστη υποστήριξη και επαγγελματική καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια αυτού του εγχειρήματος. Οι συμβουλές και οι προτάσεις του προσέφεραν σημαντικές εισηγήσεις που συνέβαλαν στην ανάπτυξη και την ενίσχυση της εργασίας μου.

Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές της Σχολής Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος (ΧΗΜΗΠΕΡ) για τη συμβολή τους στην επιστημονική και τεχνολογική μου συγκρότηση στα χρόνια της φοίτησής μου στη Σχολή, και ιδιαίτερα τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Καθηγητή Dr. Νικόλαο Νικολαΐδη όπως και τον Καθηγητή Dr. Νικόλαο Παρανυχιανάκη.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τους συγγενείς και τους φίλους μου για την αμέριστη υποστήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της πορείας μου στην εκπαίδευση.

Και τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες μου ευχαριστίες στους γονείς μου για όλη την πολύτιμη και πολύπλευρη στήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>Ευχαριστίες.....</b>	<b>6</b>
<b>Περιεχόμενα Εικόνων.....</b>	<b>9</b>
<b>Περιεχόμενα Πινάκων .....</b>	<b>10</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>11</b>
1.1 Αντικείμενο και σκοπός εργασίας .....	11
1.2 Υδρολογικός κύκλος .....	12
1.3 Υδατικοί πόροι.....	14
1.4 Το φαινόμενο της πλημμύρας.....	17
1.5 Θεσμικό Πλαίσιο .....	19
<b>2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ .....</b>	<b>20</b>
2.1 Γενικά στοιχεία.....	20
2.1.1 Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά .....	20
2.1.2 Μορφολογία και Υδρογραφικό Δίκτυο .....	21
2.1.3 Κλίμα .....	24
2.1.4 Εδάφη και Γεωλογικές συνθήκες .....	26
2.1.5 Χρήσεις Γης - Προστατευόμενες περιοχές .....	29
2.1.6 Υετός-Βροχομετρικά χαρακτηριστικά .....	34
2.2 Ιστορικό πλημμυρών.....	35
2.3 Ανθρωπογενή χαρακτηριστικά.....	37
2.3.1 Διοίκηση .....	37
2.3.2 Πληθυσμός.....	37
<b>3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....</b>	<b>38</b>
3.1 Ορισμός και Γενική περιγραφή του GIS .....	38
3.2 Περιγραφή Λογισμικού ESRI ArcGIS .....	40
3.3 Η Χρήση των ΓΣΠ στην αντιμετώπιση των πλημμυρών .....	41
3.4 Μεθοδολογία Δημιουργίας Χάρτη Πλημμυρικής Επικινδυνότητας .....	42
3.5 Δεδομένα.....	44
3.5.1 Υψόμετρο (Elevation) .....	44
3.5.2 Κλίση (Slope) .....	45
3.5.3 Συγκέντρωση Ροής ( Flow Accumulation) .....	46
3.5.4 Γεωλογία (Geology) .....	47
3.5.5 Χρήσεις Γής (Land Use) .....	49

3.5.6 Ένταση Βροχόπτωσης (Rainfall Intensity).....	51
<b>4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>58</b>
4.1 Θεματικοί Χάρτες Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Παραγόντων .....	58
4.1.1 Υψόμετρο (Elevation) .....	58
4.1.2 Κλίση (Slope) .....	59
4.1.3 Συγκέντρωση Ροής (Flow Accumulation) .....	60
4.1.4 Γεωλογία (Geology) .....	61
4.1.5 Χρήσεις Γής (Land Use) .....	62
4.1.6 Ένταση Βροχόπτωσης (Rainfall Intensity) .....	64
4.2 Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Νότιου Τομέα Αττικής .....	65
<b>5. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ – ΣΤΙΓΜΙΑΙΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ (FLASH FLOODS).....</b>	<b>68</b>
5.1 Στιγμιαίες πλημμύρες (Flash Floods) .....	68
5.1.1 Ορισμός και βασικά χαρακτηριστικά .....	68
5.1.2 Στιγμιαίες πλημμύρες και Κλιματική Αλλαγή.....	69
5.2 Μεθοδολογία .....	70
5.3 Αποτελέσματα.....	71
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>76</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>78</b>



## Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Γραφική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου (USGS,2017).....	12
Εικόνα 2: Παγκόσμια Κατανομή νερού (USGS,2017).....	15
Εικόνα 3 : Κάτοψη περιοχής ευθύνης (Google Earth) .....	20
Εικόνα 4 : Δημοτικά Διαμερίσματα περιοχής ευθύνης .....	20
Εικόνα 5 : Απόσπασμα Μορφολογικού χάρτη Πηγή : ΥΠΕΝ .....	21
Εικόνα 6 : Χάρτης υδρογραφικού δικτύου Αττικής Πηγή: Διεύθυνση Αντιπλημμυρικών και Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ19) Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών .....	23
Εικόνα 7 : Ελάχιστη Μέση και Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία σταθμός Ελληνικού Αττικής Πηγή: ΕΜΥ.....	24
Εικόνα 8 : Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού και Μέσος Μηνιαίος Αριθμός Ημερών Υετού Σταθμός Ελληνικού Αττικής Πηγή : ΕΜΥ.....	25
Εικόνα 9 : Απόσπασμα Υδρολιθολογικού χάρτη Αττικής Πηγή : ΥΠΕΝ.....	26
Εικόνα 10 : Γεωλογικός χάρτης Περιοχής ευθύνης Πηγή : Ε.Α.Γ.Μ.Ε. ....	27
Εικόνα 11: Απόσπασμα Χάρτη Χρήσεων Γής Αττικής Πηγή : ΥΠΕΝ .....	30
Εικόνα 12: Χρήσεις Γής Περιοχής ευθύνης Πηγή : <a href="http://www.oikoskopio.gr">www.oikoskopio.gr</a> .....	31
Εικόνα 13: Υπόμνημα χάρτη χρήσεων γής Πηγή : <a href="http://www.oikoskopio.gr">www.oikoskopio.gr</a> .....	32
Εικόνα 14: Προστατευόμενες Περιοχές Πηγή: <a href="http://www.oikoskopio.gr">www.oikoskopio.gr</a> .....	33
Εικόνα 15: Ιστορικό πλημμύρων Περιοχής μελέτης (Google Earth).....	35
Εικόνα 16 : Δήμοι Νότιου Τομέα Αττικής.....	37
Εικόνα 17 : Αλληλεπίδραση των παραγόντων που επηρεάζουν το πλημμυρικό φαινόμενο ..	43
Εικόνα 18: Θεματικός χάρτης Υψομέτρου Νότιου Τομέα Αττικής .....	44
Εικόνα 19 : Θεματικός χάρτης Κλίσης Νότιου Τομέα Αττικής.....	45
Εικόνα 20 :Θεματικός χάρτης Συγκέντρωσης Ροής Νότιου Τομέα Αττικής .....	46
Εικόνα 21 : Θεματικός χάρτης Γεωλογίας Νότιου Τομέα Αττικής.....	47
Εικόνα 22 : Θεματικός χάρτης Χρήσεων Γής Νότιου Τομέα Αττικής.....	49
Εικόνα 23: Πίνακας δεδομένων βροχοπτώσης σταθμού Αθήνας.....	52
Εικόνα 24: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Νέας Σμύρνης .....	52
Εικόνα 25: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Υμητηού-Δάφνης.....	53
Εικόνα 26: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Φαλήρου .....	53
Εικόνα 27: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Αλίμου .....	54
Εικόνα 28: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Πειραιά.....	54
Εικόνα 29: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Ηλιούπολης .....	55
Εικόνα 30: Θεματικός χάρτης Έντασης Βροχής Νότιου Τομέα Αττικής.....	57
Εικόνα 31: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Υψομέτρου .....	58
Εικόνα 32: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Κλίσης .....	59
Εικόνα 33: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Συγκέντρωσης Ροής.....	60
Εικόνα 34: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Γεωλογίας.....	61
Εικόνα 35: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Χρήσεων Γής.....	62
Εικόνα 36: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης .....	64
Εικόνα 37: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Νότιου Τομέα Αττικής .....	66
Εικόνα 38: Ζώνες Δυνητικά Υψηλού κινδύνου Αττικής Πηγή: ΥΠΕΚΑ .....	67
Εικόνα 39: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης 10% .....	71
Εικόνα 40 : Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης 30% .....	71
Εικόνα 41: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης 50% .....	72
Εικόνα 42: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας 10%.....	73
Εικόνα 43: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας 30%.....	74
Εικόνα 44: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας 50%.....	75

## Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής νερού .....	16
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά Βροχομετρικών Σταθμών .....	34
Πίνακας 3: Μέσοι όροι βροχοπτώσεων σταθμών .....	34
Πίνακας 4: Ιστορικές πλημμύρες περιοχής μελέτης .....	36
Πίνακας 5: Σημαντικές πλημμύρες περιοχής μελέτης .....	36
Πίνακας 6: Μόνιμος πληθυσμός (2021) Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ .....	37
Πίνακας 7: Κατηγορίες Γεωλογικών σχηματισμών περιοχής μελέτης.....	48
Πίνακας 8: Τύποι Χρήσεων Γής περιοχής μελέτης (Corine Land Cover).....	50
Πίνακας 9: Μετεωρολογικοί Σταθμοί περιοχής μελέτης .....	51
Πίνακας 10: Δείκτες MFI Σταθμών .....	55
Πίνακας 11: Επίπεδα Επικινδυνότητας Χρήσεων Γής .....	63
Πίνακας 12: Πίνακας Συντελεστών Επίδρασης Παραγόντων.....	65
Πίνακας 13: Δείκτες MFI Σταθμών .....	70

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Αντικείμενο και σκοπός εργασίας

Επιδίωξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η χωρική ανάλυση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στην περιοχή του Νότιου Τομέα της Περιφέρειας Αττικής. Πρόκειται για μία μακροσκοπική ανάλυση κινδύνου χρησιμοποιώντας ως βασικό εργαλείο τις μεθόδους Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η άντληση των δεδομένων έχει γίνει από αξιόπιστες Ευρωπαϊκές και Αμερικάνικες βάσεις δεδομένων σε μορφότυπους αρχείων κατάλληλους και έτοιμους προς επεξεργασία. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται ArcGIS και αποτελεί τον πυρήνα αυτής της ανάλυσης καθώς μέσα στο περιβάλλον του εκπονείται όλη η διαδικασία και τα σχετικά αποτελέσματα. Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι ένας συνδυασμός ανάλυσης έξι παραγόντων και επεξεργασίας τους με γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Οι παράγοντες που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής.

- A. Υψόμετρο (Elevation)
- B. Κλίση (Slope)
- C. Χρήσεις Γης (Land use)
- D. Συγκέντρωση Ροής (Flow Accumulation)
- E. Γεωλογία (Geology)
- F. Ένταση Βροχόπτωσης (Rainfall Intensity).

Για κάθε έναν από τους παραπάνω παράγοντες δημιουργείται ένας Θεματικός Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας. Κάθε παράγοντας χωρίζεται σε πέντε ή τρεις κατηγορίες ανάλογα με το πως επηρεάζουν την επικινδυνότητα. Στην συνέχεια μετατρέπονται σε μορφή ψηφιδωτού αρχείου τύπου (Raster) και κατηγοριοποιούνται σε κλίμακα από πολύ χαμηλή έως πολύ υψηλή. Ο συνδυασμός των παραπάνω θεματικών χαρτών αποτελεί το τελευταίο στάδιο της ανάλυσης το οποίο μας δίνει τον τελικό χάρτη της πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Για να γίνει αυτό πρέπει να υπολογιστεί πόσο επηρεάζει ποσοστιαία ο κάθε παράγοντας την πλημμυρική επικινδυνότητα. Έτσι αφού όλοι οι χάρτες έχουν την ίδια μορφή και τεχνικά χαρακτηριστικά (τύπος αρχείου, διαστάσεις κελιού, προβολικό σύστημα συντεταγμένων) αθροίζονται σταθμισμένα.

Ο τελικός χάρτης επικινδυνότητας απεικονίζει την συνολική επικινδυνότητα της περιοχής και δίνει μια αρκετά καλή εικόνα για το ποια τμήματα της περιοχής ευθύνως βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο σε περίπτωση εκδήλωσης του φαινομένου.

Στο δεύτερο μέρος των αποτελεσμάτων γίνεται μια μελλοντική πρόβλεψη της πλημμυρικής επικινδυνότητας με αύξηση του ποσοστού της έντασης βροχόπτωσης -βάση των κλιματικών δεδομένων των τελευταίων ετών όπου παρατηρούνται αλλαγές στις συγκεντρώσεις βροχόπτωσης ανά ώρα - σε τρία σενάρια : αύξηση 10% , 30% , 50% αντίστοιχα.

## 1.2 Υδρολογικός κύκλος

Ο υδρολογικός κύκλος αναφέρεται στον αέναο κύκλο κίνησης και μεταμόρφωσης του νερού στη Γη, καθώς περνά από διάφορες φάσεις και διαδικασίες, που περιλαμβάνει τις καταστάσεις: στερεή (χιόνι), υγρή (βροχή) και αέρια (υδρατμοί) και τα βασικά στάδια *εξάτμιση, συλλογή, διάχυση, κατακρήμνιση, αποθήκευση, διακίνηση και εκκένωση*.

Η έναρξη του υδρολογικού κύκλου συμβαίνει με την εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια της Γης. Ο ήλιος θερμαίνει το νερό, προκαλώντας τη μετάβασή του σε ατμό. Ο ατμός συλλέγεται και σχηματίζει σύννεφα, και με τη ροή της ατμοσφαιρικής κίνησης, τα σύννεφα μεγαλώνουν και ενώνονται. Σε αυτό το στάδιο, τα σύννεφα εκλύουν το νερό σε μορφή βροχής, χιονιού ή χαλάζι, έτσι το νερό επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης μέσω του φαινομένου της κατακρήμνισης. Το νερό που έχει πέσει αποθηκεύεται σε διάφορες μορφές, όπως λίμνες, ποτάμια, υπόγειες ροές και το υπόγειο νερό. Το νερό κινείται μέσα από τα ποτάμια, τα υπόγεια ρεύματα, τις λίμνες και τις υδροφόρες στρώσεις του εδάφους.

Η εκκένωση αναφέρεται στην επιστροφή του νερού στον ωκεανό, συνήθως μέσω των ποταμών, προτομών και υπογείων ροών, από όπου θα συνεχιστεί ο υδρολογικός κύκλος. Ο υδρολογικός κύκλος είναι κρίσιμος για τη συντήρηση της ζωής στη Γη, καθώς παρέχει το αναγκαίο υγρό για τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη χρήση.

Είναι ένα σύστημα που λειτουργεί σε συνεχή και κυκλική βάση, εξασφαλίζοντας την ισορροπία και τη βιωσιμότητα του ύδατος στον πλανήτη μας.



Εικόνα 1: Γραφική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου (USGS, 2017)

Η γεωλογική υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS) διαχωρίζει τον υδρολογικό κύκλο σε 16 μέρη:

- ✓ Αποθήκευση νερού στη θάλασσα
- ✓ Εξάτμιση
- ✓ Εξατμισοδιαπνοή
- ✓ Εξάχνωση
- ✓ Νερό στην ατμόσφαιρα
- ✓ Συμπύκνωση
- ✓ Κατακρημνίσματα
- ✓ Αποθήκευση νερού σε πάγους και χιόνια
- ✓ Απορροή από λιώσιμο του χιονιού
- ✓ Επιφανειακή απορροή
- ✓ Ροή σε υδατορέματα
- ✓ Αποθήκευση γλυκού νερού
- ✓ Διήθηση
- ✓ Αποθήκευση υπόγειου νερού
- ✓ Εκφόρτωση υπογείου νερού
- ✓ Πηγές

Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι οι εξής:

1. Κλιματικοί (ένταση βροχοπτώσεων, υγρασία αέρα, άνεμοι, εξάτμιση).
2. Γεωμορφολογικοί (κλίση λεκάνης απορροής, υδρογραφική πυκνότητα).
3. Λιθολογικοί (είδος πετρωμάτων, περατότητα).
4. Είδος της φυτοκάλυψης.

### 1.3 Υδατικοί πόροι

Ο υδατικός πόρος αναφέρεται στις πηγές νερού που είναι διαθέσιμες για χρήση από τους ανθρώπους και την υποστήριξη της βιολογικής ζωής. Οι υδατικοί πόροι περιλαμβάνουν ποτάμια, λίμνες, υπόγεια ύδατα (όπως πηγές και νερό σε εκβολές), υδροφόρες στρώσεις και υγρό έδαφος. Είναι ζωτικής σημασίας για την υποστήριξη της γεωργίας, της βιομηχανίας, της ενέργειας, και της καθημερινής ζωής.

Σε πολλές περιοχές του κόσμου, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων λόγω της υπερεκμετάλλευσης, των αλλαγών στο κλίμα και των περιβαλλοντικών προκλήσεων. Η διαχείριση των υδατικών πόρων περιλαμβάνει την προστασία της ποιότητας του νερού, την αειφορία της χρήσης, και τη διατήρηση της οικοσυστημικής ισορροπίας.

Οι υδατικοί πόροι είναι ζωτικής σημασίας και ουσιώδεις για την επιβίωση και την κοινωνική, πολιτιστική και οικονομική ανάπτυξη των κοινοτήτων, και η βιώσιμη διαχείρισή τους αποτελεί σημαντικό θέμα σε παγκόσμιο επίπεδο.

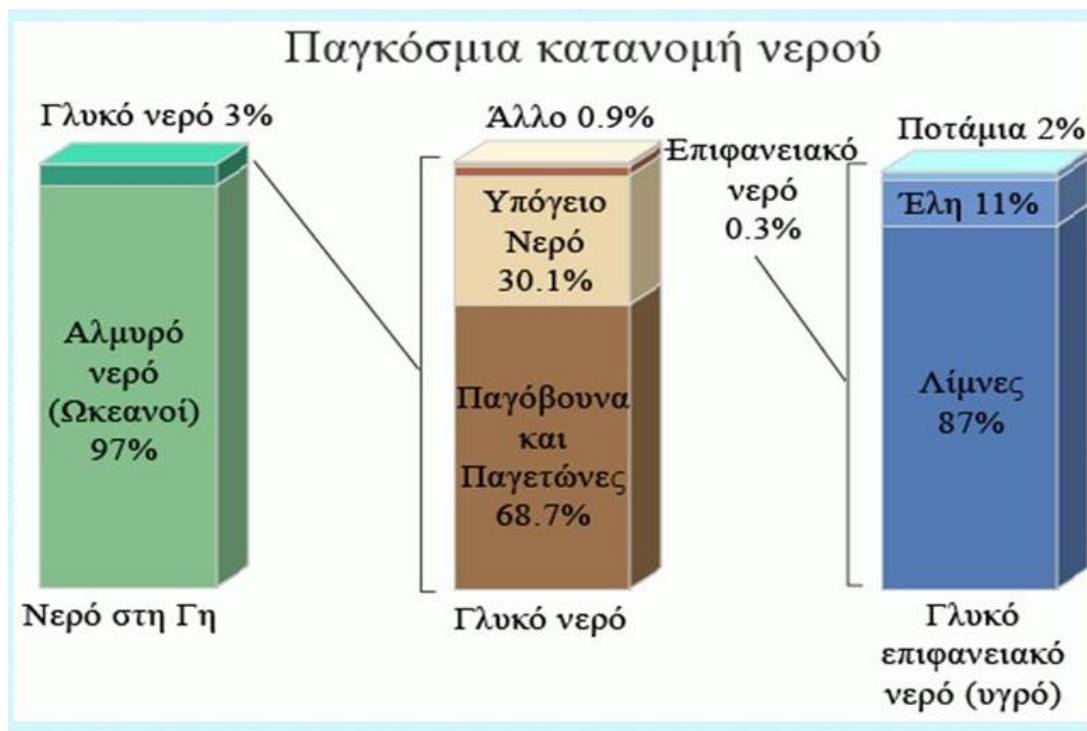
Ο όγκος του νερού στη Γη είναι τεράστιος και κατανέμεται σε διάφορες μορφές σε διάφορα μέρη του πλανήτη. Το νερό στη Γη βρίσκεται σε διάφορες αποθηκευτικές μορφές, περιλαμβανομένων των ωκεανών, των παγετώνων, των λιμνών, των ποταμών, των υπογείων υδάτων και του υγρού εδάφους.

Μια προσεγγιστική κατανομή του όγκου του νερού στη Γη είναι:

1. Ωκεανοί: Οι ωκεανοί αποτελούν τον μεγαλύτερο όγκο του νερού στη Γη, καταλαμβάνοντας περίπου το 97,5% του συνολικού όγκου. Το νερό στους ωκεανούς περιέχει υψηλά επίπεδα άλατος.
2. Παγετώνες και χιονοκαλύψεις: Οι παγετώνες και οι χιονοκαλύψεις περιλαμβάνουν πάγο που βρίσκεται στους πόλους της γης, στα βουνά και στις περιοχές παγετώνων. Αυτοί αποτελούν περίπου το 2,5% του συνολικού όγκου νερού.
3. Λίμνες: Οι λίμνες περιέχουν μικρότερο όγκο νερού σε σύγκριση με τους ωκεανούς και τους παγετώνες. Ο όγκος τους ανήκει στον 0,3% του συνολικού όγκου.
4. Υπόγεια ύδατα: Τα υπόγεια ύδατα αποθηκεύονται στα εδάφη και στις υδροφόρες στρώσεις. Αυτά αποτελούν περίπου το 0,6% του συνολικού όγκου.
5. Ποτάμια και Λόφοι: Τα ποτάμια, τα ρυάκια και τα υγρά εδάφη αποτελούν μόνο ένα μικρό ποσοστό του συνολικού όγκου, αλλά είναι σημαντικά για τη διανομή του νερού σε διάφορες περιοχές.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτές οι ποσοστώσεις είναι προσεγγιστικές και υπόκεινται σε μεγάλες διακυμάνσεις λόγω φυσικών διαδικασιών όπως η επιφανειακή εκτίναξη των ωκεανών, η λήψη και αποθήκευση νερού από το έδαφος, και οι αλλαγές στην κλιματική κατάσταση.





Εικόνα 2: Παγκόσμια Κατανομή νερού (USGS,2017)

Η μεγάλη ζήτηση σε νερό προκαλεί πολλά προβλήματα, ιδίως όταν συνδυάζεται με φυσικές δυσκολίες όπως η ανεπαρκής βροχόπτωση, η αύξηση του πληθυσμού, οι κλιματικές αλλαγές και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και τη διασφάλιση βιώσιμης παροχής νερού, απαιτείται σωστή διαχείριση του υδάτινου πόρου σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ορισμένα από τα βασικά προβλήματα είναι η έλλειψη πρόσβασης σε καθαρό και ασφαλές νερό, η υπερεκμετάλλευση των υδατικών πόρων, οι ακραίες κλιματικές συνθήκες, όπως οι πλημμύρες και οι ξηρασίες, οι καταστροφές των Υδάτινων Οικοσυστημάτων όπως των υγροτόπων και των δασών, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως η υπερβολική αποστράγγιση των υδάτινων πόρων και η ρύπανση των υδάτων.

Η βιώσιμη διαχείριση του νερού απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο, συμπεριλαμβανομένων των προσπάθειών για την εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση του κοινού.

Η αναφορά στο γλυκό νερό είναι σημαντική, δεδομένου ότι μόνο περίπου το 3% του συνολικού όγκου του νερού στον πλανήτη αποτελείται από γλυκό νερό, και μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό αυτού είναι προσβάσιμο για την ανθρώπινη κατανάλωση.

Για να διασφαλιστεί η βιώσιμη πρόσβαση στο γλυκό νερό, είναι απαραίτητη η εφαρμογή τεχνικών και διαχειριστικών πρακτικών που θα λαμβάνουν υπόψη τις ποικιλίες και τις ανάγκες κάθε περιοχής. Επίσης, η προώθηση της βιώσιμης χρήσης του γλυκού νερού, η ανάπτυξη τεχνολογιών αποθήκευσης, και η προώθηση της ευαισθητοποίησης για τη σημασία της διατήρησης των υδατικών πόρων είναι απαραίτητες.

## Εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής νερού

Μορφή Νερού	Όγκος νερού σε κυβικά χιλιόμετρα	Ποσοστό γλυκού νερού	Ποσοστό συνολικού νερού
Ωκεανοί, Θάλασσες & Κόλποι	1.338.000.000	—	96,5
Παγόβουνα, Παγετώνες & Μόνιμο χιόνι	24.064.000	68,7	1,74
Υπόγειο Νερό	23.400.000	—	1,7
Γλυκό	10.530.000	30,1	0,76
Αλμυρό	12.870.000	—	0,94
Εδαφική Υγρασία	16.500	0,05	0,001
Εδαφικός πάγος & Μόνιμα παγωμένο έδαφος	300.000	0,86	0,022
Λίμνες	176.400	—	0,013
Γλυκές	91.000	0,26	0,007
Αλμυρές	85.400	—	0,006
Ατμόσφαιρα	12.900	0,04	0,001
Έλη	11.470	0,03	0,0008
Ποταμοί	2.120	0,006	0,0002
Βιολογικό Νερό	1.120	0,003	0,0001
Σύνολο	1.386.000.000	—	100

Πίνακας 1: Εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής νερού

Πηγή: Gleick, P. H., 1996: Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.



#### 1.4 Το φαινόμενο της πλημμύρας

Η πλημμύρα είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει όταν η στάθμη του νερού αυξάνεται σημαντικά πάνω από το σύνηθες επίπεδο και πλημμυρίζουν περιοχές που συνήθως δεν είναι καλυμμένες από νερό. Τα αίτια των πλημμυρών μπορεί να είναι φυσικά, όπως έντονες βροχοπτώσεις, θυελλώδεις άνεμοι, ή το λιώσιμο του χιονιού, αλλά και ανθρωπογενή, όπως η ανεπαρκής σχεδιασμός της υδροδότησης και άλλες ανθρωπίνες επεμβάσεις.

Ορισμένα από τα κύρια αίτια πλημμυρών περιλαμβάνουν:

1. Η πολύ έντονη βροχόπτωση μπορεί να προκαλέσει υπερχειλίση ποταμών και λιμνών, καθώς και πλημμύρες σε χαμηλά εδάφη.
2. Οι θυελλώδεις άνεμοι σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορούν να οδηγήσουν στον υψηλό πλημμυρισμό της θάλασσας, επηρεάζοντας παράκτιες περιοχές.
3. Το λιωμένο χιόνι κατά την περίοδο της άνοιξης, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά επίπεδα ροών σε ποτάμια και πλημμυρίζοντας περιοχές κατά μήκος των όχθων.
4. Η υπερχειλίση των λιμνών ή των φραγμάτων οδηγεί σε πλημμύρες στις κατάντι περιοχές.
- 5 Ο κακός σχεδιασμός των υδρολογικών δομών, οι ακατάλληλες πολεοδομικές πρακτικές, και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορούν να επιδεινώσουν τα φυσικά αίτια των πλημμυρών.

Οι πλημμύρες μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στον πληθυσμό, το περιβάλλον, και την οικονομία. Οι προσπάθειες για τον έλεγχο των πλημμυρών περιλαμβάνουν τον καλύτερο σχεδιασμό της υδροδότησης, τη χρήση φραγμάτων και ρυθμιστικών έργων, καθώς και την πρόληψη των ανθρωπογενών παρεμβάσεων που ενδέχεται να επιδεινώσουν το φαινόμενο.

Οι πλημμύρες μπορούν να είναι καταστροφικές και να προκαλέσουν σοβαρές ανθρωπίνες, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Διάφορες περιοχές του κόσμου έχουν βιώσει πλημμύρες που έχουν αφήσει πίσω τους καταστροφή.

Ορισμένες από τις πιο καταστροφικές πλημμύρες παγκοσμίως περιλαμβάνουν:

1. Οι πλημμύρες του ποταμού Κινγκ στην Κίνα καταγράφηκαν το 1931 και θεωρούνται μία από τις πιο καταστροφικές πλημμύρες στην ιστορία. Περισσότερα από 2 εκατομμύρια άνθρωποι υπολογίζεται ότι έχασαν τη ζωή τους λόγω των πλημμυρών και των συνακόλουθων προβλημάτων υγείας.
2. Οι πλημμύρες του Μισισσιπή το 1927 επηρέασαν πολλές περιοχές στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι φράγματα έσπασαν, πλημμύρισαν κατοικημένες περιοχές, και πολλοί άνθρωποι έχασαν τις ζωές τους. Αυτή η πλημμύρα οδήγησε σε σημαντικές αλλαγές στις πολιτικές και τις υδρολογικές πρακτικές στις ΗΠΑ.
3. Οι έντονες βροχοπτώσεις το 2010 προκάλεσαν πλημμύρες στο Μονσούν του Πακιστάν, επηρεάζοντας εκατοντάδες χιλιάδες ανθρώπους. Υπολογίζεται ότι περισσότεροι από 1.800 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους, ενώ εκατομμύρια άνθρωποι έμειναν άστεγοι.
4. Οι πλημμύρες του 1974 στο Μπαγκλαντές είναι από τις χειρότερες που έχουν εγγραφεί στη χώρα. Εκατοντάδες χιλιάδες άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους, και πολλοί άλλοι έμειναν άστεγοι.
5. Η πλημμύρα που προκλήθηκε από τον τυφώνα Κατρίνα το 2005 πλήττει τη Νέα Ορλεάνη στις ΗΠΑ και τον περιβάλλοντα ποταμό Μισισσιπή. Οι πλημμύρες και οι καταστροφικοί άνεμοι προκάλεσαν σοβαρή καταστροφή, και πάνω από 1.200 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους.

Ορισμένες από τις πιο καταστροφικές πλημμύρες στην Ευρώπη περιλαμβάνουν:

1. Το 2002, η Κεντρική Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένων των χωρών όπως Γερμανία, Αυστρία, Τσεχία, και Σλοβακία, βίωσε σοβαρές πλημμύρες λόγω έντονων βροχοπτώσεων. Ο Δούναβης και άλλοι ποταμοί ξεχείλισαν, προκαλώντας σημαντικές ζημιές και απώλειες ανθρώπινων ζωών.
2. Τον Ιανουάριο του 1910, ο Σηκουάνα και άλλοι ποταμοί στο Παρίσι ξεχείλισαν, πλημμυρίζοντας μεγάλα μέρη της πόλης. Πολλά μνημεία υπέστησαν ζημιές, και η πόλη έμεινε υποθαλάσσια για αρκετές εβδομάδες.
3. Κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου το 1944, καταστροφικές πλημμύρες έπληξαν τη Βαρσοβία στην Πολωνία, καθώς οι Γερμανοί κατέστρεψαν τα φράγματα στον ποταμό Βιστούλα για να καταπνίξουν την εξέγερση της πόλης.
4. Το 1995, ο ποταμός Ρήνος ξεχείλισε σε πολλές περιοχές της Γαλλίας και της Γερμανίας. Οι πλημμύρες προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές σε υποδομές και προκάλεσαν απώλειες ανθρώπινων ζωών.

Η Ελλάδα έχει επίσης βιώσει καταστροφικές πλημμύρες κατά τη διάρκεια της ιστορίας της.

Ορισμένα από τα σημαντικότερα παραδείγματα περιλαμβάνουν:

1. Τον Ιούλιο του 1978, σοβαρές πλημμύρες πλήττουν τη Θεσσαλονίκη. Οι υπερχειλίση του ποταμού Γαλλικού προκάλεσε μεγάλες ζημιές σε περιοχές της πόλης.
2. Κατά τον Φεβρουάριο του 1987, πλημμύρες πλήττουν το Βόλο. Ο ποταμός Ξηρός ξεχείλισε, προκαλώντας μεγάλες καταστροφές και απώλειες ζωής.
3. Τον Ιανουάριο του 2006, πλημμύρες πλήττουν τη Σπάρτη. Οι έντονες βροχοπτώσεις οδήγησαν σε υπερχειλίση του ποταμού Ευρώτα, με αποτέλεσμα μεγάλες ζημιές και απώλειες.
4. Τον Φεβρουάριο του 1996, σημαντικές πλημμύρες πλήττουν πολλές περιοχές της Πελοποννήσου. Ο ποταμός Πάμισος ξεχείλισε, προκαλώντας σοβαρές ζημιές.
5. Τον Σεπτέμβριο του 2015, οι έντονες βροχοπτώσεις προκάλεσαν πλημμύρες στο Παράλιο Άστρος, με σοβαρές επιπτώσεις σε κτίρια και υποδομές.
6. Τον Νοέμβριο του 2017, έντονες βροχοπτώσεις στην Δυτική Αττική συγκεκριμένα στην περιοχή της Μάνδρας προκάλεσαν σοβαρές επιπτώσεις σε υποδομές και είχαν ως συνέπεια την απώλεια 24 ανθρώπων.
7. Τον Σεπτέμβριο του 2023 στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας έχουμε μετρά την κακοκαιρία Daniel μια από τις πιο καταστροφικές πλημμύρες στην Ελλάδα με τεράστιες συνέπειες στις υποδομές, τις κατοικίες και απώλειες ανθρώπινων ζωών.

Αυτά είναι μερικά παραδείγματα πλημμυρών που έχουν αφήσει σημαντικό αποτύπωμα στην ιστορία λόγω της καταστροφικής τους φύσης και των εκτεταμένων επιπτώσεών τους. Η αντιμετώπιση και πρόληψη των πλημμυρών αποτελεί σημαντική πρόκληση για τις αρχές και τους κατοίκους, καθώς οι κλιματολογικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν τη συχνότητα και τη σοβαρότητα αυτών των φαινομένων.

## 1.5 Θεσμικό Πλαίσιο

- 1) Οδηγία 2007/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2007, για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.
- 2) Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
- 3) Η Οδηγία 2000/ 60/ ΕΚ για την πρόληψη της υποβάθμισης της κατάστασης των υδατικών συστημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) και την επίτευξη καλής κατάστασης των ποταμών, των λιμνών και των υπόγειων υδάτων της Ευρώπης.
- 4) Π.Δ. 696/74 «Περί αμοιβών μηχανικών δια σύνταξη μελετών, επίβλεψιν, παραλαβήν κ.λπ. Συγκοινωνιακών, Υδραυλικών και Κτιριακών Έργων, ως και Τοπογραφικών, Κτηματογραφικών και Χαρτογραφικών Εργασιών και σχετικών τεχνικών προδιαγραφών Μελετών» με τις ισχύουσες διατάξεις.
- 5) Ως προς τις μελέτες οριοθέτησης – διευθέτησης ρεμάτων, πλέον πρέπει να ακολουθούνται οι ισχύουσες προδιαγραφές σύνταξης μελετών, όπως καθορίστηκαν με την υπ’ αριθ. οικ.140055/13.01.2017 ΚΥΑ των Υπουργών Περιβάλλοντος & Ενέργειας και Υποδομών & Μεταφορών (ΦΕΚ Β’ 428/15.02.2017) «Τεχνικές προδιαγραφές σύνταξης του περιεχομένου του φακέλου οριοθέτησης κατ’ εφαρμογή της παραγράφου 5 του άρθρου 2 του Ν.4258/2014 – Διευκρινίσεις για την εφαρμογή της διαδικασίας οριοθέτησης» και οι οποίες καθορίζουν με σαφήνεια τα περιεχόμενα των υποβαλλόμενων φακέλων οριοθέτησης.
- 6) Ν. 4258/2014: «Διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα – ρυθμίσεις Πολεοδομικής νομοθεσίας και άλλες διατάξεις», (ΦΕΚ 94/Α/14-04-2014), όπως ισχύει.
- 7) Ν. 4014/2011: «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος», (ΦΕΚ 209/Α/21-09-2011), όπως ισχύει.
- 8) Ν. 3852/2010: «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης», (ΦΕΚ 87/Α/07-06-2010), όπως ισχύει.
- 9) Ν. 4277/2014: «Νέο Ρυθμιστικό Σχέδιο Αθήνας-Αττικής», (ΦΕΚ156/Α/01-08-2014), όπως ισχύει.

**Στις 18 Σεπ 2007, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε τη νέα Κοινοτική Οδηγία “για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας” (Directive of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks).**

Στόχος της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ είναι η διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας εστιάζοντας στη μείωση των δυνητικά αρνητικών συνεπειών που οι πλημμύρες έχουν για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και την οικονομική δραστηριότητα.

Η Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος & Υδάτων / Γενική Διεύθυνση Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας είναι αρμόδια, σύμφωνα με την ΚΥΑ 31822/1542/Ε130/2010 (ΦΕΚ Β’ 1108/21.07.2010), όπως ισχύει, για την εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ «για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007».

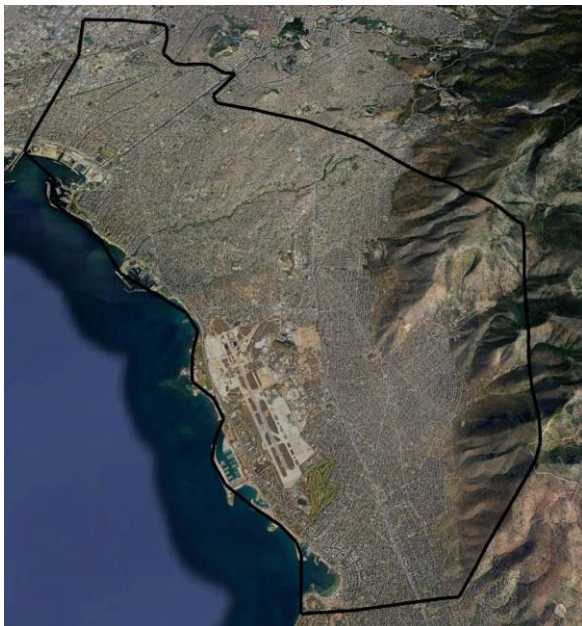
**Σύμφωνα με την οδηγία 2007/60 της Ε.Ε, ως πλημμύρα ορίζεται η προσωρινή κάλυψη από νερό, εδάφους, το οποίο υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν καλύπτεται από νερό. Η πλημμύρα αυτή μπορεί να οφείλεται σε παρατεταμένα φαινόμενα βροχόπτωσης, σε λιώσιμο πάγων, σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας κ.τ.λ.**

## 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

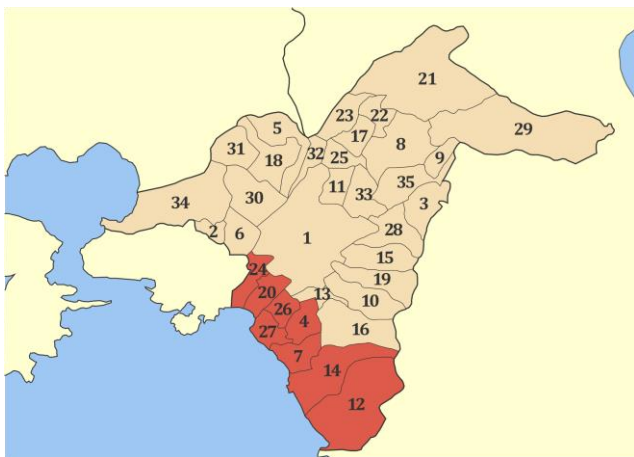
### 2.1 Γενικά στοιχεία

#### 2.1.1 Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά

Η περιοχή μελέτης εντάσσεται στην ευρύτερη περιοχή στο Νότιο Τομέα της Περιφέρειας Αττικής, η οποία υπάγεται στο υδατικό διαμέρισμα Αττικής, με έκταση **70 km<sup>2</sup>** και ακτογραμμή **18 km**



Εικόνα 3 : Κάτοψη περιοχής ευθύνης (Google Earth)



Εικόνα 4 : Δημοτικά Διαμερίσματα περιοχής ευθύνης

Περιλαμβάνει τους Δήμους Αγίου Δημητρίου, Αλίμου, Γλυφάδας, Ελληνικού-Αργυρούπολης, Καλλιθέας, Μοσχάτου-Ταύρου, Νέας Σμύρνης, Παλαιού Φαλήρου.

Τα γεωγραφικά όρια της περιοχής μελέτης είναι οι δυτικές παρυφές του Υμηττού στα Ανατολικά, ο Δήμος Βάρης-Βούλας-Βουλιαγμένης στα Νότια, ο κόλπος το Σαρωνικού στα δυτικά, ο Κηφισός ποταμός στα βορειοδυτικά, ο Δήμος Αθηνών στα Βόρεια.



### 2.1.2 Μορφολογία και Υδρογραφικό Δίκτυο

Η περιοχή μελέτης στην ευρύτερη περιοχή στο Νότιο Τομέα της Περιφέρειας Αττικής, ως περιοχή στην Αττική στην οποία βρίσκεται η Αθήνα, έχει μια ποικίλη μορφολογία του εδάφους και υδρογραφικό δίκτυο που περιλαμβάνει ποταμούς, λίμνες και ακτογραμμή.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της Μορφολογίας είναι:

Η Αττική είναι περικυκλωμένη από βουνά. Το βουνό της Πάρνηθας με ύψος περίπου 1.413 μέτρα βρίσκεται βόρεια, το βουνό της Πεντέλης βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα, ενώ το βουνό του Υμηττού με ύψος περίπου 1.026 μέτρα βρίσκεται προς το νοτιοανατολικό μέρος. Στο κέντρο της Αττικής υπάρχει η πεδιάδα του λεκανοπέδιου της Αττικής ενώ στα ανατολικά η Μεσογειακή Πεδιάδα της Αττικής. Η ακτογραμμή της Αττικής είναι πολύ ακανόνιστη με πολλούς κόλπους, όπως ο Σαρωνικός, και πολλές βραχώδεις και αμμώδεις ακτές και ακρωτήρια.



Εικόνα 5 : Απόσπασμα Μορφολογικού χάρτη Πηγή : ΥΠΕΝ

### **Υδρογραφικό Δίκτυο:**

Ο Κηφισός ποταμός παροχετεύει το 70 % των νερών του Λεκανοπεδίου και πηγάζει από τις νοτιοανατολικές πλαγιές της Πάρνηθας και τις βορειοδυτικές της Πεντέλης. Είναι αποδέκτης ενός σημαντικού αριθμού συμβαλλόντων κλάδων, όπως το ρέμα Εσχατιάς, Καναπίτσας (Αχαρνών), Ποδονίφτη, οι οποίοι εξυπηρετούν το μεγαλύτερο μέρος του αστικού τμήματος της Αττικής.

Ο Ιλισός αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο αποδέκτη της Ζώνης. Ξεκινάει από τον Υμηττό, όπου το ένα τμήμα του πηγάζει από την περιοχή όπου βρίσκεται το νεκροταφείο Παπάγου – Χολαργού και το άλλο από την περιοχή κοντά στην Καισαριανή. Το μεγαλύτερο μέρος του Ιλισού, εξαιτίας της πύκνωσης του αστικού ιστού, είναι κλειστό υπόγειο τμήμα το οποίο διασχίζει βασικούς οδικούς άξονες, μέχρι το τελευταίο μέρος του όπου είναι ανοιχτό στο ύψος της οδού Φορνέζη και εκβάλλει στον Σαρωνικό Κόλπο.

Στη συνέχεια, σημαντικοί αποδέκτες στα νότια της Ζώνης είναι τα ρέματα της Πικροδάφνης και των Τραχώνων. Το ρέμα Πικροδάφνης πηγάζει από τις δυτικές πλαγιές του Υμηττού διατρέχει την Ηλιούπολη και τον Άλιμο και εκβάλλει στον Σαρωνικό Κόλπο σε ένα μικρό δέλτα. Το ρέμα Τραχώνων πηγάζει από τις νότιες υπώρειες του Υμηττού διασχίζει τις περιοχές του Αλίμου, Γλυφάδας και Ελληνικού εκβάλλοντας στα δυτικά του πρώην αεροδρομίου του Ελληνικού.

Τέλος, οι περιοχές του Περάματος και του Πειραιά απορρέουν μέσω διευθετημένων ρεμάτων όπως το ρέμα Νέου Ικονίου και ρέμα Αμφιάλης στο Σαρωνικό κόλπο.

Η περιοχή ανήκει στην λεκάνη απορροής (GR06)



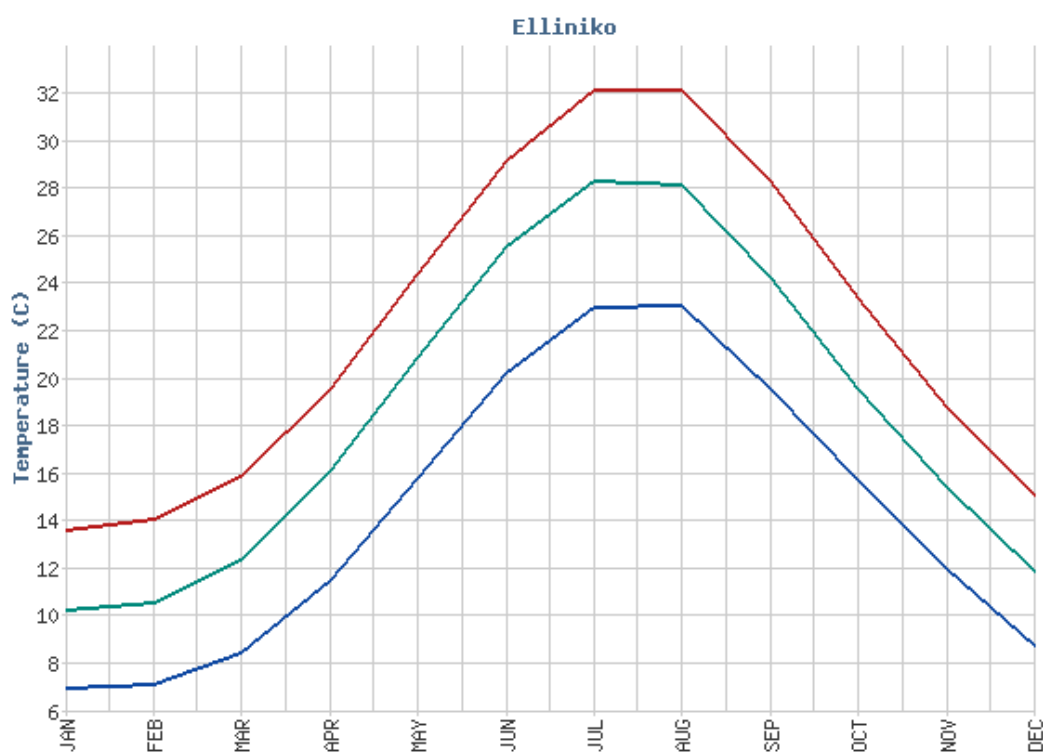
Εικόνα 6 : Χάρτης υδρογραφικού δικτύου Αττικής Πηγή: Διεύθυνση Αντιπλημμυρικών και Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ19) Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών



### 2.1.3 Κλίμα

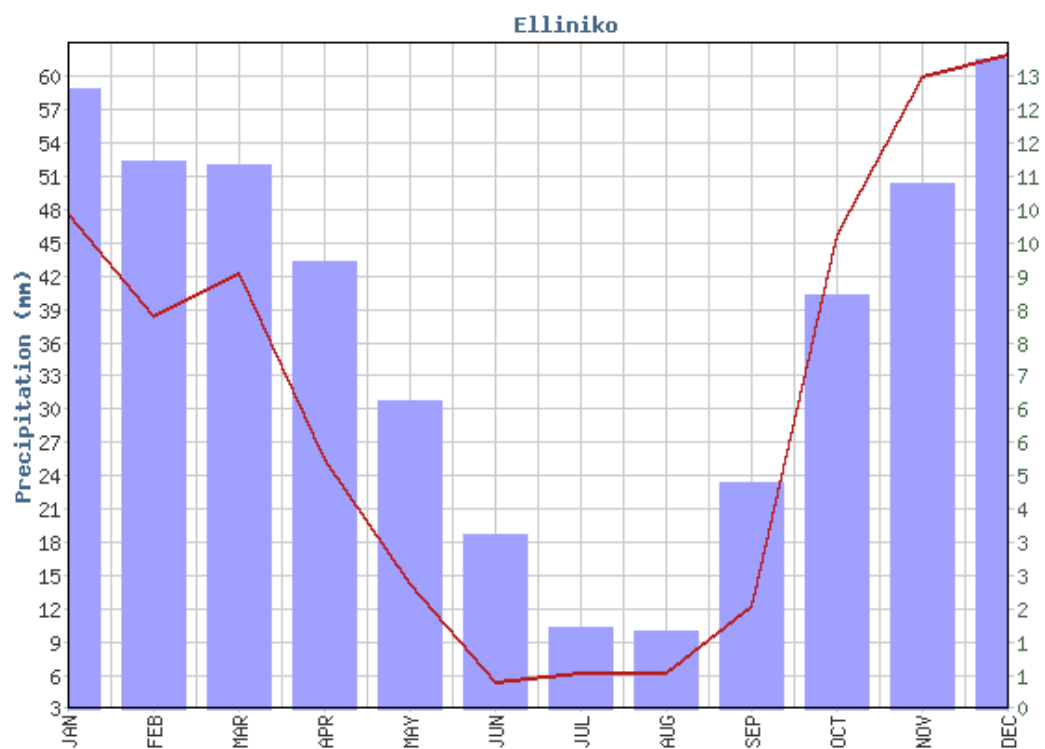
Η Ελλάδα και συνεπώς και η ευρύτερη περιοχή της Αττικής, εντάσσεται στον Μεσογειακό τύπο κλίματος, που χαρακτηρίζεται από μια θερινή περίοδο ξηρασίας και μια χειμερινή περίοδο ψύχους (Μητράκος, 1980). Το κλίμα της Ελλάδας, σύμφωνα με τον Παπαδάκη (1975) ποικίλει από ηπειρωτικό μεσογειακό στα βόρεια τμήματα ως υποτροπικό μεσογειακό στα νότια τμήματα. Με βάση την ίδια ταξινόμηση του παραπάνω καθηγητή, οι ορεινές περιοχές χαμηλών υψομέτρων χαρακτηρίζονται ως εύκρατες μεσογειακές ενώ οι μεγαλύτερου υψομέτρου χαρακτηρίζονται ως ψυχρές μεσογειακές υποαλπικές-αλπικές. Στον ηπειρωτικό μεσογειακό τύπο κλίματος σημειώνονται μέγιστα βροχής κατά τη θερινή περίοδο, λόγω της έντονης θερμικής ατμοσφαιρικής αστάθειας. Αντίθετα, ο θαλάσσιος μεσογειακός τύπος κλίματος παρουσιάζει ελάχιστη διάρκεια ημερών και ύψη βροχής κατά τη θερινή περίοδο (Νικολάκης, 1985).

Στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής, η μέση ετήσια θερμοκρασία διαφοροποιείται ανάλογα με το υψόμετρο και την απόσταση από την θάλασσα και κυμαίνεται από 16 ° C ως 18 ° C, ενώ το ετήσια θερμοκρασιακό εύρος είναι της τάξης των 16 ° C. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι της τάξης των 350 mm μέσα στο λεκανοπέδιο της Αττικής, ενώ στα ορεινά τμήματα αυξάνεται στα 1000 mm. Η χιονόπτωση παρατηρείται κυρίως στο εσωτερικό της Αττικής και στα ορεινά ενώ είναι σπάνια στις παράκτιες περιοχές (Στουρνάρας, κ.α. 2011).



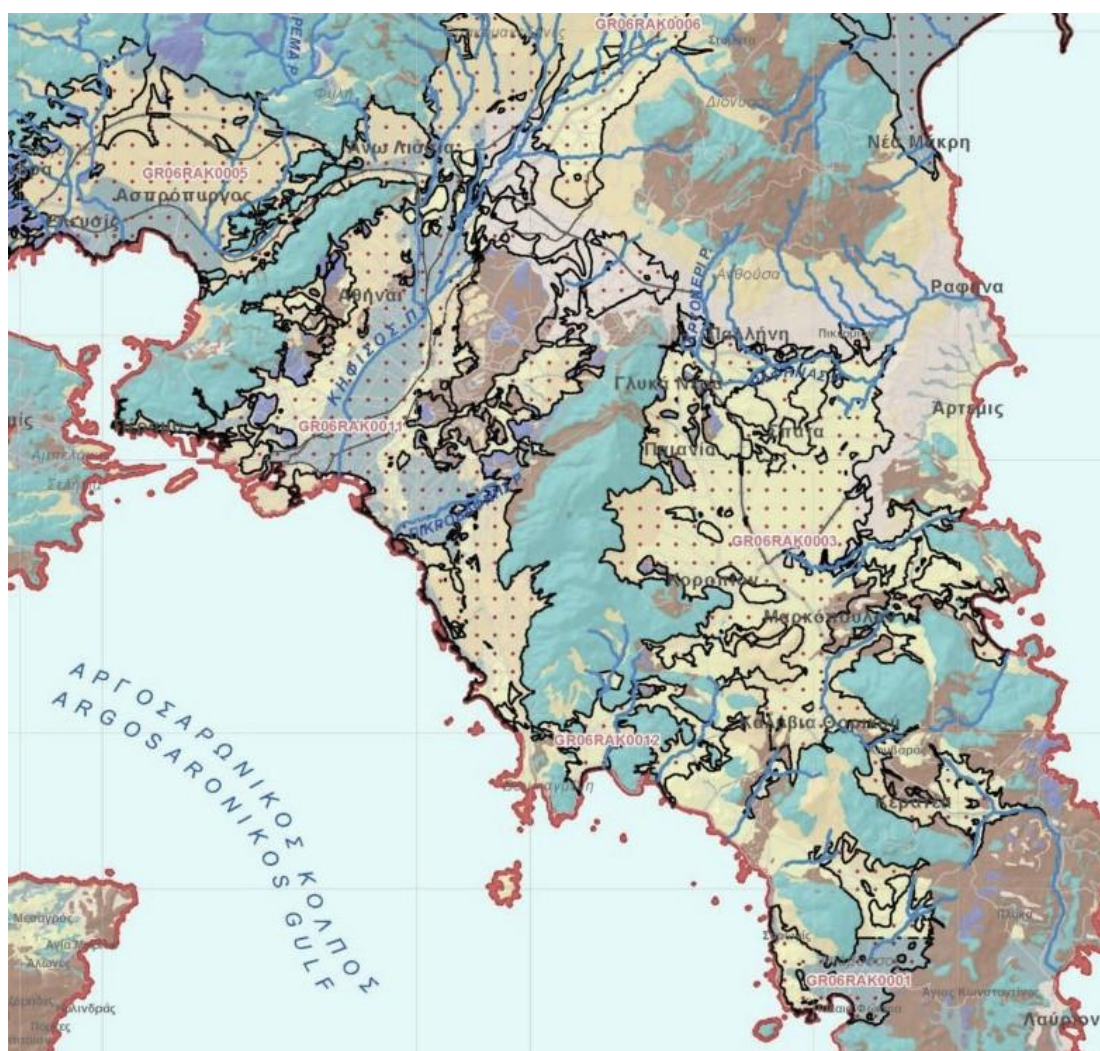
Εικόνα 7 : Ελάχιστη Μέση και Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία σταθμός Ελληνικού Αττικής Πηγή: EMY





Εικόνα 8 : Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού και Μέσος Μηνιαίος Αριθμός Ημερών Υετού Σταθμός Ελληνικού Αττικής  
 Πηγή : ΕΜΥ

#### 2.1.4 Εδάφη και Γεωλογικές συνθήκες



Εικόνα 9 : Απόσπασμα Υδρολιθολογικού χάρτη Αττικής Πηγή : ΥΠΕΝ



Εικόνα 10 : Γεωλογικός χάρτης Περιοχής ευθύνης Πηγή : Ε.Α.Γ.Μ.Ε.

Με βάση τα δεδομένα των παραπάνω χαρτών παρατηρούμε πως η περιοχή ευθύνης αποτελείται κυρίως από πορώδεις σχηματισμούς και στα ορεινά του Υμηττού από αδιαπέρατους σχηματισμούς οι οποίοι διαφοροποιούνται σε κάποιες κατηγορίες.

Κατά μήκος της ακτογραμμής παρατηρούνται σχηματισμοί μετατεκτονικών και βραδυτεκτονικών ιζημάτων περιλαμβάνουν πλειστόκαινες αποθέσεις και τριτογενείς γεωλογικούς σχηματισμούς που συνθέτονται από εναλλαγές άμμων, αργίλων, κροκαλοπαγών, μαργαϊκών ασβεστόλιθων και ψαμμιτών. Οι συγκεκριμένοι σχηματισμοί εμφανίζουν μέτρια ως μικρή υδροπερατότητα αναλόγως της παρουσίας χονδρόκοκκου ή λεπτόκοκκου υλικού. Στις πλειστόκαινες και νεογενείς αυτές αποθέσεις αναπτύσσονται κυρίως επάλληλοι υπό πίεση υδροφορείς.

Μεταξύ της παραλιακής έκτασης και των ηπειρωτικών εκτάσεων παρατηρούμε κοκκώδεις προσχηματικές αποθέσεις όπως οι σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων , πεδιάδων , οι λιμναίες, χερσαίες και θαλάσσιες αποθέσεις του πλειστοκαινίου και οι αδιαίρετοι χερσαίοι και θαλάσσιοι σχηματισμοί του τεταρτογενούς. Χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη ως μικρή υδροπερατότητα αναλόγως την λιθολογική τους σύσταση. Στην περιοχή ευθύνης παρατηρούνται σχηματισμοί με μεγάλη υδροπερατότητα όπως ανδρόκοκκες αποθέσεις κροκάλων χαλικιών, άμμου και ιλύος. Οι συγκεκριμένοι σχηματισμοί διαρρέονται από μεγάλα ποτάμια και χειμάρρους που τροφοδοτούν τους ελεύθερους υδροφορείς. Επομένως οι αποθέσεις αυτές αναπτύσσονται κατά τη ροή των ποταμών από το εσωτερικό πεδινό τμήμα προς το δέλτα τους. Η τροφοδοσία τους γίνεται τόσο από άμεση κατείσδυση, όσο και από πλευρικές μεταγίσεις των Καρστικών υδροφόρων συστημάτων, με τα οποία σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν εάν ενιαίο υδρολογικό σύνολο.

Στους πρόποδες του Υμηττού παρατηρούμε συνδυασμό Καρστικών σχηματισμών και αδιαπέρατων σχηματισμών. Ο αδιαπέρατος σχηματισμός αναφέρεται σε φλύσχη όπου επικρατούν ψαμμίτες και σχιστόλιθοι μικρής υδροπερατότητας με περιορισμένη ανάπτυξη υδροφορέων. Ο Καρστικοί σχηματισμοί της περιοχής ευθύνης αποτελούνται από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και μάρμαρα μέτριας ως υψηλής υδροπερατοτητας.

Οι παραπάνω ανθρακικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν έντονη καρστικοποίηση, λόγω της χημικής διάβρωσης τους. Η έντονη τεκτονική τους καταπόνηση , η λιθολογική τους σύσταση και η στρωματογραφική τους δομή συντελούν στην ανάπτυξη πορώδους ρωγμών και ασυνεχειών (δευτερογενές πορώδες) με αποτέλεσμα μέτρια έως υψηλή υδροπερατότητα.

Επιπλέον, ανάλογα με την τεκτονική δομή των καρστικών σχηματισμών δημιουργούνται υδρογεωλογικές ενότητες που εκφορτίζονται σε διαφορετικά επίπεδα, όπως πηγές υπερπληρώσεις εσωτερικές λεκάνες ή παράκτιες και υποθαλάσσιες πηγές.

### 2.1.5 Χρήσεις Γης - Προστατευόμενες περιοχές

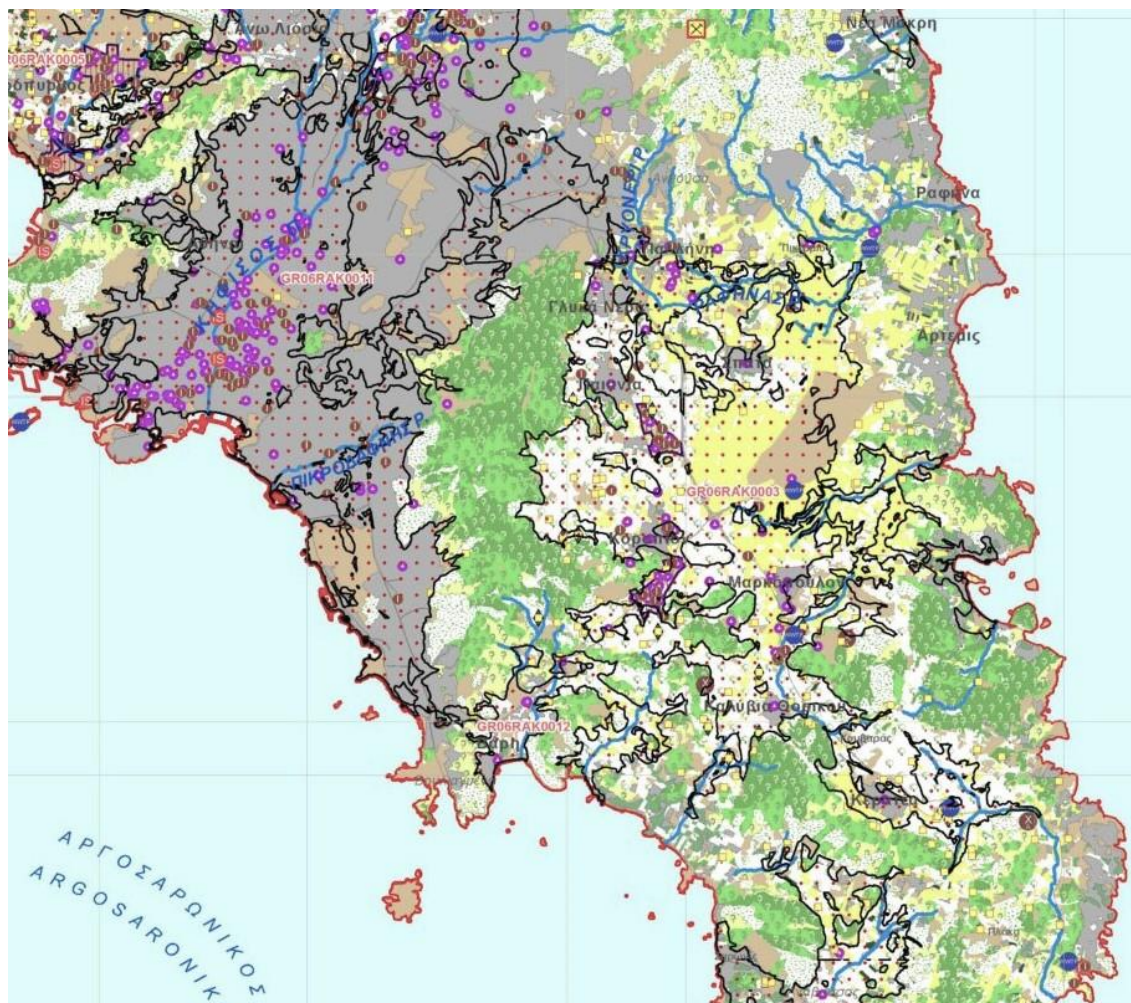
Η Νότια Αττική έχει διάφορες χρήσεις της γης, καθώς αντιπροσωπεύει μια ποικιλία τοπίων και περιβαλλοντικών συνθηκών.

Ορισμένες από τις κύριες χρήσεις της γης στη νότια Αττική περιλαμβάνουν:

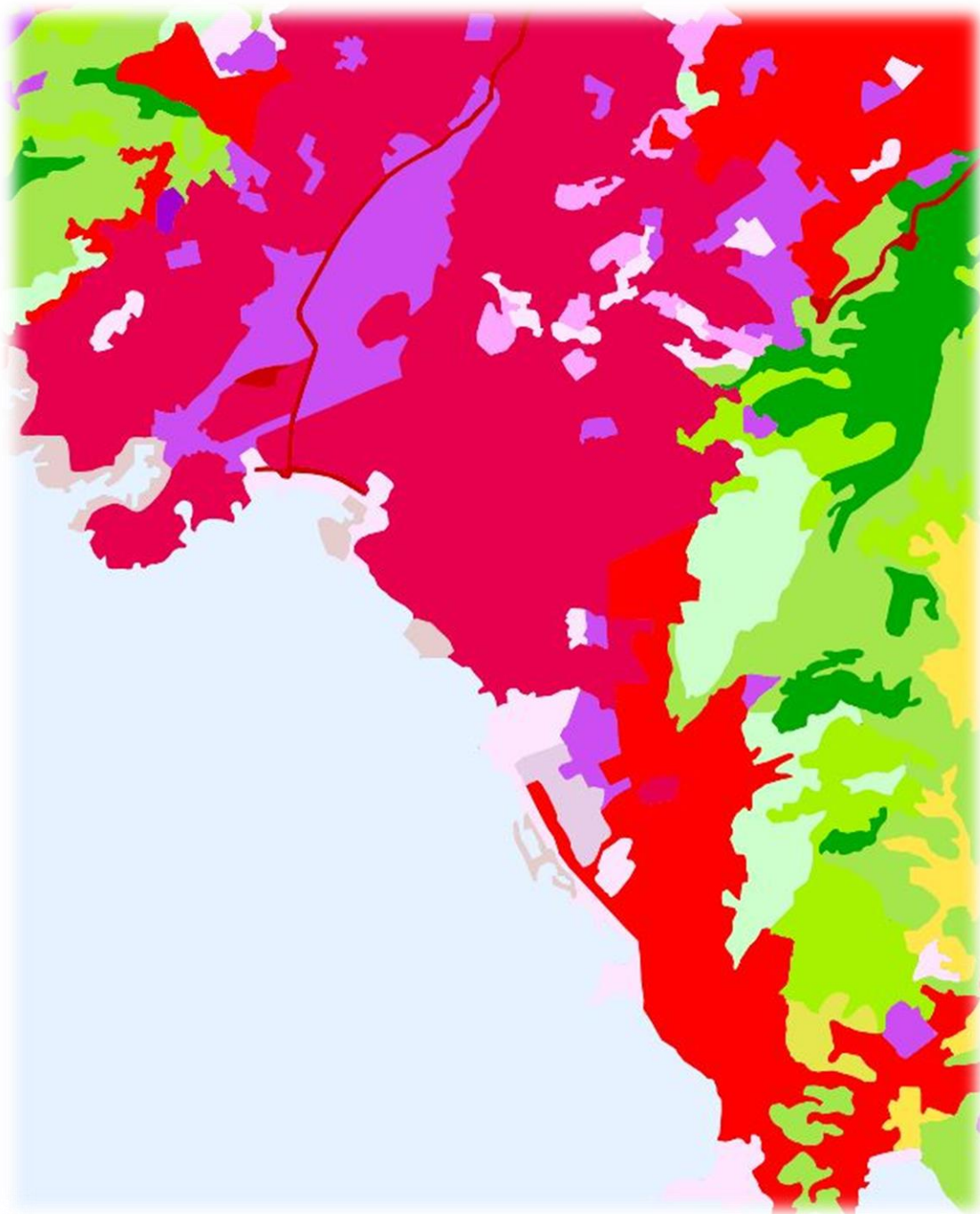
- Κατοικία: Πολεοδομημένες περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των κεντρικών περιοχών της Αθήνας, του Πειραιά και των γύρω περιοχών.
- Επιχειρηματική Δραστηριότητα: Εμπορικά και βιομηχανικά κέντρα, λιμάνια και περιοχές υψηλής επιχειρηματικής δραστηριότητας.
- Τουρισμός: Παραθεριστικές περιοχές, παραλιακοί προορισμοί και αρχαιολογικά αξιοθέατα.
- Γεωργία: Περιορισμένες γεωργικές εκμεταλλεύσεις, κυρίως σε πιο αγροτικές περιοχές.
- Πράσινος Χώρος: Δημόσια πάρκα, δασικές περιοχές και πρασινάδες για αναψυχή και αθλητισμό.
- Υποδομές: Οδοποιία, αεροδρόμια, λιμάνια και άλλες υποδομές που υποστηρίζουν τις κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες.
- Θαλάσσιες Δραστηριότητες: Περιοχές που σχετίζονται με τη θαλάσσια ζωή και τις θαλάσσιες δραστηριότητες, όπως αθλητισμός στον υδροφιλή περιβάλλοντα χώρο.

Η Νότια Αττική, ως περιοχή υψηλής πολεοδομημένης και βιομηχανοποιημένης, αντιμετωπίζει και προκλήσεις όπως η διαχείριση του χώρου, η προστασία του περιβάλλοντος και η βιωσιμότητα, οι οποίες απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό και διαχείριση.





Εικόνα 11: Απόσπασμα Χάρτη Χρήσεων Γης Αττικής Πηγή : ΥΠΕΝ



Εικόνα 12: Χρήσεις Γής Περιοχής ευθύνης Πηγή : [www.oikoskopio.gr](http://www.oikoskopio.gr)



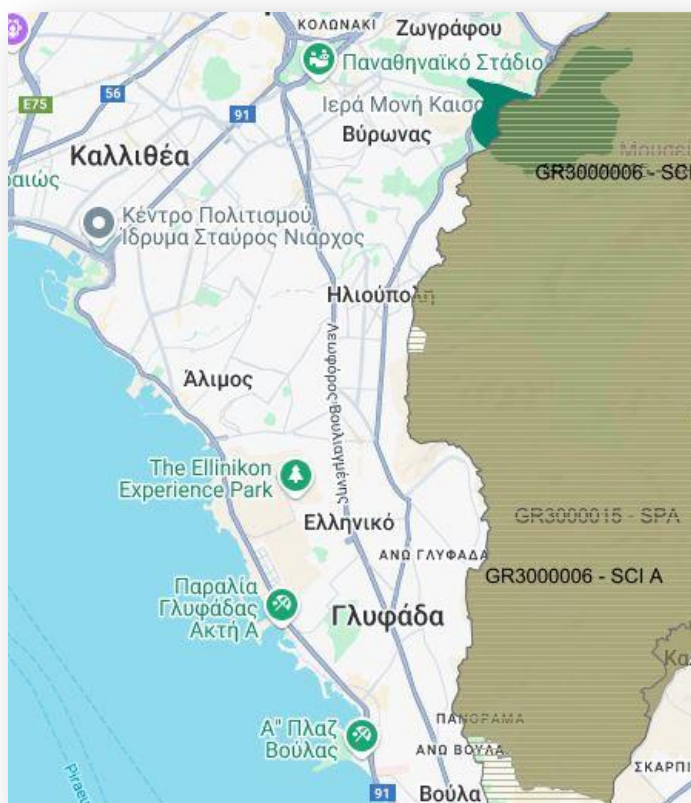
Εικόνα 13: Υπόμνημα χάρτη χρήσεων γης Πηγή : [www.oikoskopio.gr](http://www.oikoskopio.gr)

Στην περιοχή ευθύνης παρατηρείται εκτεταμένη αστική δόμηση κυρίως συνεχής η οποία είναι συγκεντρωμένη στην παραθαλάσσια και μέση έκταση αυτής καθώς και λίγες βιομηχανικές ζώνες. Η ηπειρωτική έκταση της περιοχής ευθύνης βλέπουμε να καλύπτεται από φυτοκαλυψη κυρίως χαμηλής βλάστησης.

Το δίκτυο **Natura 2000** αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών. Οι περιοχές του δικτύου περιλαμβάνουν διάφορους τύπους φυσικών οικοσυστημάτων (πχ δασικά, λιμναία, υγροτοπικά, ποτάμια, παράκτια και θαλάσσια οικοσυστήματα). Το δίκτυο περιοχών επεκτείνεται σε ολόκληρη την ΕΕ.

Η δημιουργία του δικτύου **Natura 2000** στοχεύει στην μακροπρόθεσμη διατήρηση των πιο πολύτιμων και των πλέον απειλούμενων ειδών χλωρίδας και πανίδας, σύμφωνα με την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ αλλά και στην προστασία των πτηνών, σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ της ΕΕ. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 50743 (ΦΕΚ 4432Β/15-12-2017), οι προστατευόμενες περιοχές του δικτύου στην Ελλάδα ανέρχονται σε 446, οι οποίες καλύπτουν επιφάνεια 58.773,25 τ.χλμ. Εξ αυτών, οι χερσαίες περιοχές καλύπτουν ποσοστό 27,44% της χώρας, ενώ οι υπόλοιπες είναι θαλάσσιες.





Εικόνα 14: Προστατευόμενες Περιοχές Πηγή: [www.oikoskopio.gr](http://www.oikoskopio.gr)

Οι προστατευόμενες περιοχές της Ελλάδας διακρίνονται σε:

- **ΖΕΠ** - Ζώνες Ειδικής Προστασίας (Special Protection Areas - SPA)

Οι Ζώνες Ειδικής Προστασίας (Special Protection Areas - SPA) είναι εκτεταμένες περιοχές που έχουν οριστεί με σκοπό τη διασφάλιση της επιβίωσης και της αναπαραγωγής ειδών ορνιθοπανίδας - μεταναστευτικών και μη - και των βιοτόπων τους στον ευρωπαϊκό χώρο.

- **ΤΚΣ** - Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (Sites of Community Importance - SCI)

Οι Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (Sites of Community Importance - SCI) είναι περιοχές που έχουν αξιολογηθεί από το κάθε κράτος μέλος για τη σημασία τους σχετικά με τη διατήρηση των ζωικών και φυτικών ειδών κοινοτικού ενδιαφέροντος. Με τη θεσμοθέτηση του εθνικού καταλόγου των προστατευόμενων περιοχών του δικτύου Natura 2000, οι περιοχές ΤΚΣ κηρύχθηκαν ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ) (Special Areas of Conservation - SAC).

Στην περιοχή ευθύνης παρατηρούμε και τις δυο κατηγορίες προστασίας, πιο συγκεκριμένα ο όρος Υμηττός αποτελεί Ζώνη ειδικής προστασίας με κωδική ονομασία **GR3000015** και Τόπος Κοινοτικής Σημασίας με κωδική ονομασία **GR3000006**.

Ο όρος Υμηττός περιλαμβάνει πολλούς διαφορετικούς οικοτόπους από τους πρόποδες έως τις κορυφές του χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα δάση ελιάς και χαρουπιάς, φρύγανα (*sarcopoterium spinosum*), Μεσογειακά δάση πεύκης με ενδημικά μεσογειακά είδη πεύκης περικλειομένων της *Pinus mugo* και *Pinus leucodermis*, δενδρώδεις θαμνώνες (*juniperus phoenicea*). Τέλος ζώνη προστασίας αποτελεί και το δάσος Καισαριανής που αποτελεί μα βάση τις προστατευόμενες περιοχές Αισθητικό Δάσος.

### 2.1.6 Υετός-Βροχομετρικά χαρακτηριστικά

Ως υετός ορίζεται οποιαδήποτε μορφή νερού υγρή ή στερεή που πέφτει στην επιφάνεια του εδάφους. Τέτοιες μορφές νερού είναι η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι, η δρόσος και η πάχνη, οι οποίες και συνιστούν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Η μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων επιτυγχάνεται μετρώντας το ύψος νερού σε mm που φθάνει και παραμένει στην επιφάνεια της γης αν δεν υπάρχουν απώλειες. Τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται είναι τα βροχόμετρα που μετρούν το συνολικό ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και οι βροχογράφοι που καταγράφουν συνεχώς το ύψος βροχής σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Για τα βροχομετρικά δεδομένα αντλήσαμε δεδομένα μέσω των σταθμών του Αστεροσκοπείου Αθηνών σε επτά τοποθεσίες εντός και εκτός της περιοχής ευθύνης για πιο αξιόπιστη καταμέτρηση και δεδομένα αρκετών ετών.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	LATITUDE	LONGITUDE	ΥΨΟΜΕΤΡΟ
1	ΑΘΗΝΑ	37.97841° N	23.71545° E	50m
2	ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ	37.95136° N	23.71941° E	51m
3	ΥΜΗΤΤΟΣ-ΔΑΦΝΗ	37.94734° N	23.74801° E	125m
4	ΦΑΛΗΡΟ	37.92937° N	23.69304° E	25m
5	ΑΛΙΜΟΣ	37.91750° N	23.71066° E	25m
6	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	37.93556° N	23.63167° E	29m
7	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	37.93556° N	23.75840° E	171m

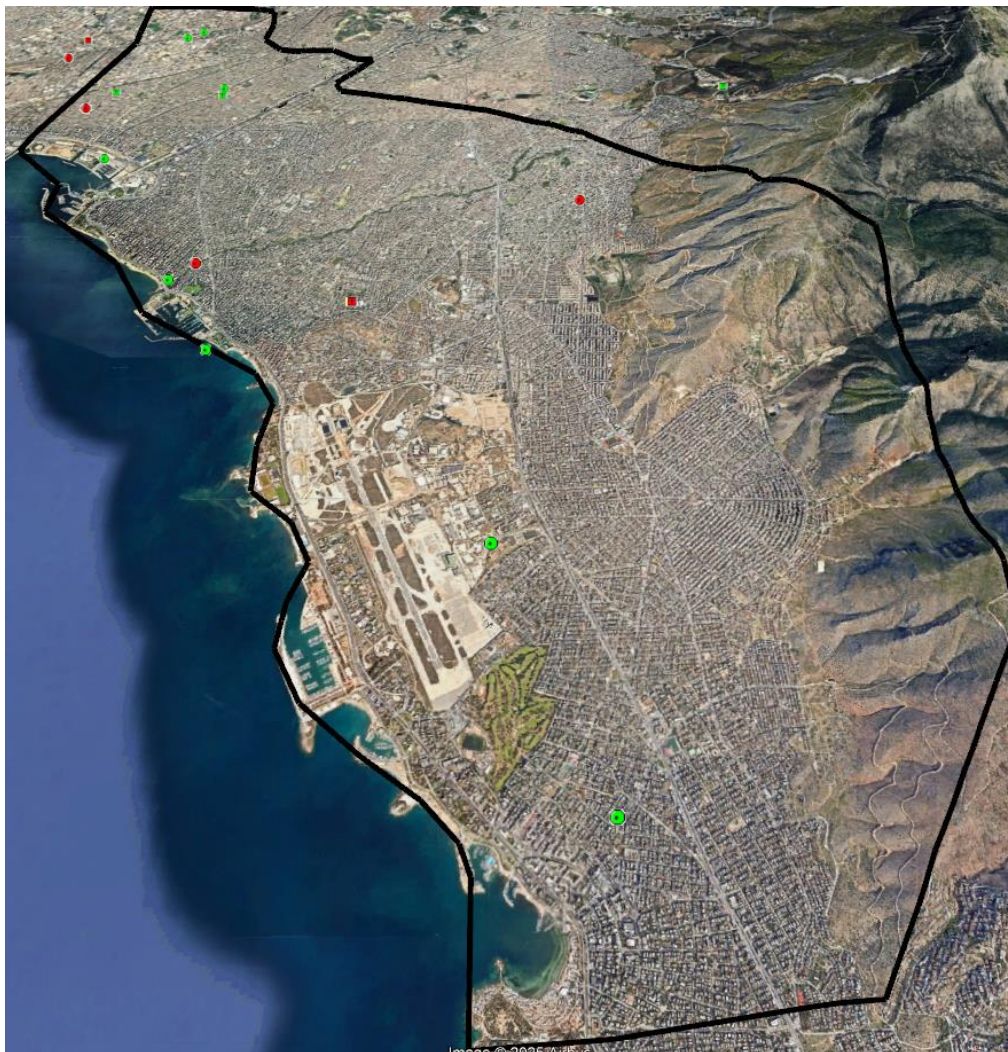
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά Βροχομετρικών Σταθμών

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Έτη Καταμέτρησης	Μ.Ο. Ετών
1	ΑΘΗΝΑ	2012-2022	402,4
2	ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ	2012-2022	354,2
3	ΥΜΗΤΤΟΣ-ΔΑΦΝΗ	2012-2022	403,0
4	ΦΑΛΗΡΟ	2012-2022	369,48
5	ΑΛΙΜΟΣ	2015-2022	240,0
6	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	2017-2022	162,6
7	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	2020-2022	95,4

Πίνακας 3: Μέσοι όροι βροχοπτώσεων σταθμών

## 2.2 Ιστορικό πλημμυρών

Για την καταγραφή πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στο Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος στην βάση καταγραφής ιστορικών πλημμυρών του υδατικού διαμερίσματος της περιοχής ευθύνης. Με βάση την Αναθεωρημένη Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας (2019), στον παρακάτω χάρτη παρατηρούνται οι Ιστορικές και αντίστοιχα Σημαντικές πλημμύρες της περιοχής ανά δημοτική ενότητα.



Εικόνα 15: Ιστορικό πλημμυρών Περιοχής μελέτης (Google Earth)

Τοποθεσία	Χρονολογία	Τύπος Ζημίας	Βαθμός Ζημιάς
Γλυφάδα	12.11.1987	Economic :property	unknown
Γλυφάδα	8.11.1991	Economic :property	Low
Γλυφάδα	21.11.1993	Economic :property	Low
Γλυφάδα	3.10.2009	Economic :property	Low
Ελληνικό	8.11.1991	Economic :property	Low
Άλιμος	8.11.1991	Economic :property	Low
Π. Φάληρο(ρέμα Πικροδάφνης)	18.8.2002	Economic: infrastructure	medium
Π. Φάληρο	27.10.1986	Economic :property	Low
Καλλιθέα(Τζιτζιφιές)	6.11.1961	Economic	unknown
Καλλιθέα	18.8.2002	Economic :property	medium
Ταύρος	25.2.1988	Economic :property	Low
Ταύρος	8.7.2002	Economic :property	Low
Μοσχάτο	5/2/2012	Economic infrastructure rural land use	medium
Καλλιθέα	5/2/2012	Economic infrastructure rural land use	medium
Άλιμος	18/12/2012	Economic infrastructure	medium
Άλιμος	26/11/2016	Economic :property	medium
Άλιμος	22/2/2013	Economic :property	medium

Πίνακας 4: Ιστορικές πλημμύρες περιοχής μελέτης

Τοποθεσία	Χρονολογία	Τύπος Ζημίας	Βαθμός Ζημιάς
Μοσχάτο (Κηφισός)	26.11.1896	Human health	Very High
Μοσχάτο (Κηφισός)	6.11.1961	Human health	
Μοσχάτο (Κηφισός)	2.11.1977	Human health	
Μοσχάτο (Κηφισός)	8.7.2002	Human health economic property	
Π. Φάληρο	6.11.1961	Human health	
Π. Φάληρο	2.11.1977	Human health	
Ηλιούπολη	15.1.1991	Human health	

Πίνακας 5: Σημαντικές πλημμύρες περιοχής μελέτης

## 2.3 Ανθρωπογενή χαρακτηριστικά

### 2.3.1 Διοίκηση

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην Περιφέρεια Αττικής.



Περιφερειακή Ενότητα Νότιου Τομέα Αθηνών που περιλαμβάνει τους δήμους Αγίου Δημητρίου, Αλίμου, Γλυφάδας, Ελληνικού-Αργυρούπολης, Καλλιθέας, Μοσχάτου-Ταύρου, Νέας Σμύρνης, Παλαιού Φαλήρου.

Εικόνα 16 : Δήμοι Νότιου Τομέα Αττικής

### 2.3.2. Πληθυσμός

Ο μόνιμος πληθυσμός της Περιφερειακής Ενότητας Νοτίου Τομέα Αττικής ανέρχεται σε 529.455 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2021 από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. Η πυκνότητα πληθυσμού της είναι 7.692,46 κάτοικοι ανά τ.χλμ. και η έκτασή της είναι 70 τ.χλμ..

Δήμος	Μόνιμος Πληθυσμός 2021
ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	97.616
ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	71.664
ΑΛΙΜΟΥ	43.174
ΓΛΥΦΑΔΑΣ	89.597
ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ-ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	50.027
ΜΟΣΧΑΤΟΥ-ΤΑΥΡΟΥ	39.661
ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	72.853
ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ	64.863

Πίνακας 6: Μόνιμος πληθυσμός (2021) Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ



### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1 Ορισμός και Γενική περιγραφή του GIS

Τα **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών** (Γ.Σ.Π), είναι μια τεχνολογία γενικής χρήσης βασισμένη σε υπολογιστή για τη διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή. Έχει σχεδιαστεί για να καταγράφει, αποθηκεύει, επεξεργάζεται, αναλύει και εμφανίζει ποικίλα σύνολα χωρικών ή γεωαναφερόμενων δεδομένων. Περιλαμβάνει τόσο γεωμετρικά δεδομένα (συντεταγμένες και τοπολογικές πληροφορίες) όσο και περιγραφικά δεδομένα (δηλαδή πληροφορίες που περιγράφουν τις ιδιότητες γεωμετρικών αντικειμένων όπως σημεία, γραμμές και περιοχές). ( Singh & Fiorentino, 1996)

Τα Γ.Σ.Π. έχουν τη δυνατότητα να αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε χαρτογραφικό ή γεωγραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Αναγνωρίζονται ως μοναδικά εργαλεία στην χωρική ανάλυση, διότι έχουν την δυνατότητα να συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των βάσεων δεδομένων με τη δυνατότητα ρεαλιστικής οπτικοποίησης και την καταγεγραμμένη χωρική πληροφορία αναλογική ή ψηφιακή που παρέχουν οι χάρτες.

Με βάση τον παραπάνω ορισμό κατανοούμε πως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν μια καινοτόμο και συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία, με πολλαπλές δυνατότητες που έχει ως βασικό στόχο την ανάλυση και μελέτη του τρισδιάστατου χώρου, δίνοντας έτσι αξιόπιστες πληροφορίες για την λήψη αποφάσεων σε καίρια ζητήματα που απασχολούν τη ζωή του ανθρώπου και του φυσικού περιβάλλοντος.

Τα Γ.Σ.Π. βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας όπως:

- Πολεοδομία και χωροταξία
- Διαχείριση Φυσικών πόρων
- Μοντελοποίηση και Πρόβλεψη φυσικών φαινομένων
- Περιβαλλοντικές Μελέτες
- Ακριβείς Συστήματα Γεωργίας
- Δίκτυα μεταφορών και υποδομών
- Εμπορική και οικονομική γεωγραφία

Οι διαδικασίες που ακολουθούνται για την εκπόνηση μελετών με χρήση κάποιου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι οι ακόλουθες(Τσουχλαράκη 2000-2001):

- Κωδικοποίηση και εισαγωγή της πληροφορίας στο ΓΣΠ
- Αποθήκευση και διαχείριση της πληροφορίας
- Ανάκτηση της πληροφορίας
- Ανάλυση και επεξεργασία της πληροφορίας
- Απεικόνιση της πληροφορία

Η καταχώρηση διαφόρων ειδών πληροφοριών σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών αναλόγως το αντικείμενο ή φαινόμενο της εκάστοτε μελέτης ποικίλει, καθώς αυτά τα δεδομένα μπορεί να προέρχονται από πολλαπλές πηγές με διαφορετική τυποποίηση και

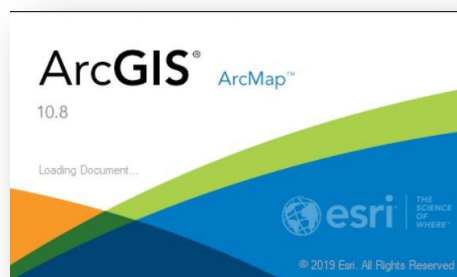
δομή. Όσον αφορά τους διαφορετικούς τύπους των δεδομένων μπορεί να είναι χάρτες, εικόνες, φωτογραφίες, ψηφιακά δεδομένα, πίνακες και κείμενα. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες τα χωρικά και τα ποιοτικά δεδομένα. Τα χωρικά δεδομένα αφορούν στη θέση, στη μορφή των αντικειμένων, δομών ή φαινομένων που μελετώνται. Η χωρική πληροφορία αποδίδει τη γεωγραφική ταυτότητα κάθε στοιχείου που εισάγεται στα ΓΣΠ, η οποία υλοποιείται με κάποιο σύστημα συντεταγμένων ή με ψηφιακό χάρτη. Τα ποιοτικά ή περιγραφικά δεδομένα περιλαμβάνουν τιμές και χαρακτηριστικά διαφόρων στοιχείων, τα οποία παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων ή καταλόγων αναφορών και δε σχετίζονται με την τοποθέτηση του στοιχείου στο χώρο. Μέσω των δομών λειτουργίας των ΓΣΠ είναι εφικτή αμφίδρομη σχέση μεταξύ χωρικών και ποιοτικών δεδομένων.



### 3.2 Περιγραφή Λογισμικού ESRI ArcGIS

Το ArcGIS Desktop είναι μια σουίτα εφαρμογών της εταιρίας ESRI, είναι διαθέσιμο σε τρεις εκδόσεις όπου η καθεμία καλύπτει διαφορετικές και μεγαλύτερου βεληνεκούς ανάγκες για τον κάθε χρήστη.

- Arc View : Παρέχει ολοκληρωμένα εργαλεία χαρτογράφησης και ανάλυσης μαζί με απλά εργαλεία επεξεργασίας και γεωεπεξεργασίας.
- Arc Editor : Περιλαμβάνει την πλήρη λειτουργικότητα του ArcView με προσθήκη προηγμένων δυνατοτήτων επεξεργασίας.
- Arc Info: Επεκτείνει τη λειτουργικότητα των δυο παραπάνω ώστε να περιλαμβάνει προηγμένη γεωεπεξεργασία. (ESRI,2006)



Κάθε μια από τις εκδόσεις του ArcGIS αποτελείται από τρεις βασικές εφαρμογές :

- ArcMap : Δημιουργία και επεξεργασία χαρτών, εμφάνιση και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων , αναζήτηση και επιλογή χωρικών δεδομένων, δημιουργία γραφημάτων-διαμόρφωση χαρτών
- ArcCatalog : Εύρεση, προεπισκόπηση , τεκμηρίωση και οργάνωση γεωγραφικών δεδομένων και δημιουργία εξελιγμένων βάσεων δεδομένων για την αποθήκευση τους.
- ArcToolbox : Προγραμματισμός εξειδικευμένων εντολών γεωεπεξεργασίας, μετατροπή χωρικών δεδομένων από μια μορφή σε μια άλλη.(ESRI,2006)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ως επι το πλείστων έγινε χρήση της εφαρμογής του ArcMap και η επέκταση Spatial Analyst καθώς για τις ανάγκες του μοντέλου πλημμυρικής επικινδυνότητας χρησιμοποιήθηκαν και επεξεργάστηκαν αρχεία τύπου shape file και καννάβου raster με μέγεθος καννάβου 5μ επι 5μ.



### 3.3 Η Χρήση των ΓΣΠ στην αντιμετώπιση των πλημμυρών

Συστήματα που ενσωματώνουν πληθώρα τεχνικών και πρακτικών έχουν αναπτυχθεί με στόχο την αποτελεσματική αντιμετώπιση από το φαινόμενο της πλημμύρας. Οι υπηρεσίες Πολιτικής Προστασίας σε συνδυασμό με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας εξετάζουν και ερευνούν διαφορετικές μεθόδους ώστε να εφαρμόσουν μέτρα προστασίας , να μειώσουν τον κίνδυνο και να ευαισθητοποιήσουν το κοινό.

Σύμφωνα με τον Torterotot , για τη διαχείριση πλημμυρικών φαινομένων και την αξιολόγηση των επιπτώσεων τους, τα βιώσιμα πλάνα απαρτίζονται από 2 σημεία- κλειδιά(Γκούμας, 2019):

- Ορθή στρατηγική διαχείρισης πλημμυρικών φαινομένων
- Εκτίμηση της χωρικής έκτασης του πλημμυρικού κινδύνου
- Αποκατάσταση ζημιών μετά το πέρας του πλημμυρικού γεγονότος

Η ορθή στρατηγική διαχείρισης πλημμυρικών φαινομένων αφορά την εγκατάσταση σωστών υποδομών για την αποτελεσματική και βιώσιμη διαχείριση του κινδύνου κατά τη διάρκεια των πλημμυρικών φαινομένων.

Τα μέτρα για την αντιμετώπιση του πλημμυρικού κινδύνου χωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες: κατασκευαστικού χαρακτήρα και **μη** κατασκευαστικού χαρακτήρα.

Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται δίκτυα ομβρίων, εκτροπές ποταμών, αντιπλημμυρικοί ταμιευτήρες, αναχώματα και προστατευτικοί τοίχοι.

Στα μη κατασκευαστικά μέτρα περιλαμβάνονται τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (early warning systems) , ο έλεγχος και η συντήρηση των αποχετευτικών συστημάτων στις αστικές περιοχές , η διαρκής ενημέρωση του κοινού. Η χρήση των μη κατασκευαστικών μέτρων λόγω των οικονομικών και περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων , των υδρολογικών και υδραυλικών αβεβαιοτήτων καθώς και της φθοράς των κατασκευών κατά το φαινόμενο της πλημμύρας θα πρέπει να εφαρμόζεται πριν την υλοποίηση των κατασκευαστικών μέτρων ή παράλληλα με αυτά.

Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στην προσπάθεια του ανθρώπου να καταγράψει τα περιστατικά των πλημμυρών και να τα αναλύσει, να κατανοήσει συνολικά το φαινόμενο τα πλημμύρας αλλά και να μπορέσει να προβλέψει πλημμυρικά γεγονότα και να εντοπίσει περιοχές ευάλωτες σε αυτά ώστε εν τέλει να μπορεί να προστατευθεί και να είναι πιο ασφαλής αποτελούν τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, καθώς προσφέρουν ακρίβεια και ταχύτητα στην χωρική ανάλυση τόσο σε προσομοίωση πλημμυρών όσο και αποτύπωση και κατανομή των επιπτώσεων.

### 3.4 Μεθοδολογία Δημιουργίας Χάρτη Πλημμυρικής Επικινδυνότητας

Στην παρούσα εργασία ο προσδιορισμός της Πλημμυρικής επικινδυνότητας στην περιοχή του Νότιου Τομέα Αττικής έγινε με μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσω του ArcMap , συνδυάζοντας 6 επιμέρους θεματικούς χάρτες που αφορούν παράγοντες που έχουν άμεση σχέση με το φαινόμενο της πλημμύρας , ώστε να κατασκευαστεί ο τελικός χάρτης.

Πιο συγκεκριμένα, οι παράγοντες που επηρεάζουν την συνολική πλημμυρική επικινδυνότητα είναι οι εξής (Κουργιαλάς,2010):

1. Υψόμετρο (Elevation)
2. Κλίση (Slope)
3. Συγκέντρωση Ροής (Flow Accumulation)
4. Γεωλογία (Geology)
5. Χρήσεις Γής ( Land Use)
6. Ένταση Βροχόπτωσης ( Rainfall Intensity)

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες προσδιορίζονται σε χάρτη καννάβου (Raster) για την περιοχή μελέτης και γεωαναφέρονται με βάση το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα ΕΓΣΑ '87.

Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι η ταξινόμηση των τμημάτων της υπό μελέτη περιοχής σε κατηγορίες- επίπεδα επικινδυνότητας ως προς τον εξεταζόμενο παράγοντα επίδρασης.

Οι κατηγορίες αυτές είναι : Πολύ Υψηλή, Υψηλή, Μέτρια, Χαμηλή, Πολύ Χαμηλή.

Τα διαφορετικά επίπεδα των παραγόντων εκφράζονται α) με αριθμητικές τιμές για Υψόμετρο (Elevation), Κλίση (Slope), Συγκέντρωση Ροής ( Flow Accumulation), Ένταση Βροχόπτωσης (Rainfall Intensity), β) περιγραφικά για Χρήσεις Γής ( Land Use), Γεωλογία (Geology). Η κατηγοριοποίηση των αριθμητικών τιμών βασίστηκε στη Natural Breaks (Jenks) μέθοδο κατάταξης-classification method (Smith, 1986).

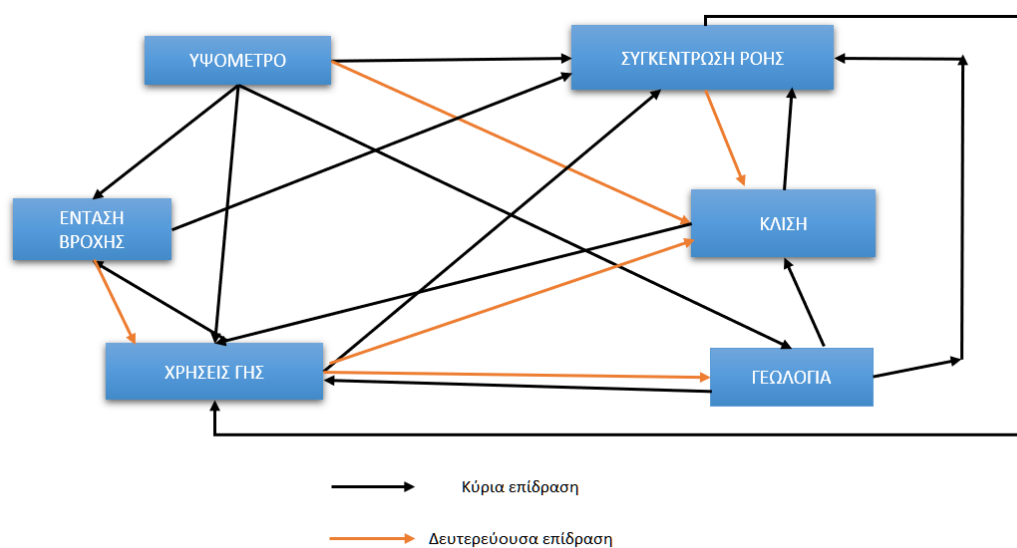
Στους παράγοντες που εκφράζονται περιγραφικά η κατηγοριοποίηση βασίζεται στον βαθμό που επηρεάζουν το πλημμυρικό φαινόμενο , όπως για παράδειγμα ο αστικός ιστός υποδεικνύει πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα για τις χρήσεις γής , αντίστοιχα οι αδιαπέρατοι γεωλογικοί σχηματισμοί για την γεωλογία.

Κατόπιν δημιουργούμε για τους 6 παράγοντες το σύστημα αξιολόγησης των επιπέδων επικινδυνότητας (Risk Level) χρησιμοποιώντας αριθμητικές τιμές με τον ακόλουθο τρόπο (Shaban et al., 2001):

Πολύ υψηλή: 10, Υψηλή: 8, Μέτρια: 5, Χαμηλή: 2, Πολύ Χαμηλή: 1

Τα πλημμυρικά φαινόμενα επηρεάζονται από κάθε παράγοντα ξεχωριστά και σε διαφορετικό βαθμό για τον λόγο αυτό αναλύουμε την συσχέτιση κάθε παράγοντα ξεχωριστά θέτοντας του συγκεκριμένο συντελεστή βάρους (A) με βάση την παραπάνω μέθοδο. Λόγω της αλληλοεπίδρασης που έχουν οι παράγοντες μεταξύ τους γίνεται επιπλέον διαχωρισμός με κριτήριο την επίδραση: α) Κύρια επίδραση β) δευτερεύουσα επίδραση, όταν ένας παράγοντας έχει μεγάλη ή άμεση επίδραση βαθμολογείται με 1 πόντο, μικρή ή έμμεση επίδραση βαθμολογείται με 0,5 πόντο. Έτσι προκύπτει ο ρυθμός επίδρασης (B) κάθε παράγοντα. Η επιλογή των παραγόντων (Factors), την κατηγοριοποίηση των επιπέδων

επικινδυνότητας (Risk Levels ) και των δυο συντελεστών επίδρασης έγινε με βάση την βιβλιογραφία. (Kourgialas & Karatzas, 2011)



Εικόνα 17 : Αλληλεπίδραση των παραγόντων που επηρεάζουν το πλημμυρικό φαινόμενο

Τελικό στάδιο είναι να υπολογίσουμε το ποσοστό που επηρεάζει ο κάθε παράγοντας, την πλημμυρική επικινδυνότητα ώστε να έχουμε μια ικανοποιητική αποτίμηση της επίδρασης. Αρχικά, υπολογίζουμε το γινόμενο του συντελεστή βαρύτητας (A) του κάθε επιπέδου με τον ρυθμό επίδρασης (B) του κάθε παράγοντα βρίσκοντας τον παράγοντα (A\*B). Έτσι, προκύπτει το Συνολικό βάρος (Total Weight) για κάθε παράγοντα και με το άθροισμα αυτών παρέχει το Ολικό Συνολικό βάρος (Grand Total Weight). Το τελικό ποσοστό επίδρασης του κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα προκύπτει από την διαίρεση του συνολικού βάρους (Total Weight) κάθε παράγοντα με το Ολικό Συνολικό Βάρος (Grand Total Weight). Ο τελικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, με βάση την τεχνική της σταθμισμένης επικάλυψης προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το ποσοστό συνεισφοράς του κάθε παράγοντα με τον αντίστοιχο θεματικό χάρτη και μετέπειτα αθροίζοντας όλους τους χάρτες αποδίδεται ο τελικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας S, της περιοχής ευθύνης.

$$S = \sum (w_i * x_i),$$

όπου :  $w_i$  συνολικό βάρος – ποσοστό συνεισφοράς του κάθε παράγοντα i

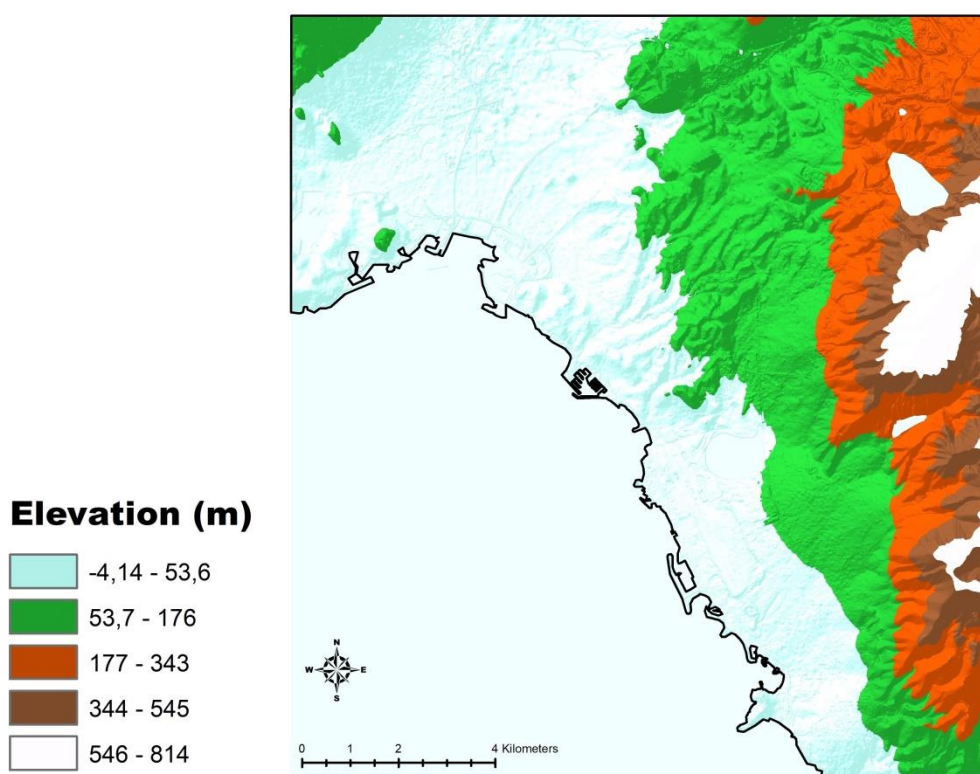
:  $x_i$  χάρτης – παράγοντας ( factor map ) i

## 3.5 Δεδομένα

### 3.5.1 Υψόμετρο (Elevation)

Ο θεματικός χάρτης Υψομέτρου είναι σημαντικός παράγοντας για την διαδικασία ανάλυσης του κινδύνου καθώς αποτελεί την βάση για τη κατασκευή των υπόλοιπων θεματικών χαρτών. Η υλοποίηση του ξεκινά με το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) δηλαδή την ψηφιακή αναπαράσταση του εδάφους. Η δημιουργία των ψηφιακών μοντέλων εδάφους βασίζονται σε αρχεία καταγραφών υψομέτρου της γήινης επιφάνειας. Τα αρχεία αυτά μπορεί να αντιστοιχούν σε άμεσες καταγραφές και ενόργανες μετρήσεις (π.χ. χρήση θεοδολιχού, διαφορικού GPS), να προέρχονται από φωτογραμμετρική ανάλυση σε στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών, είτε είναι παράγωγα δορυφορικής τηλεσκοπήσης (π.χ. δεδομένα Synthetic Aperture Radar (SAR) ή δεδομένα Light Detection and Ranging (LIDAR)).

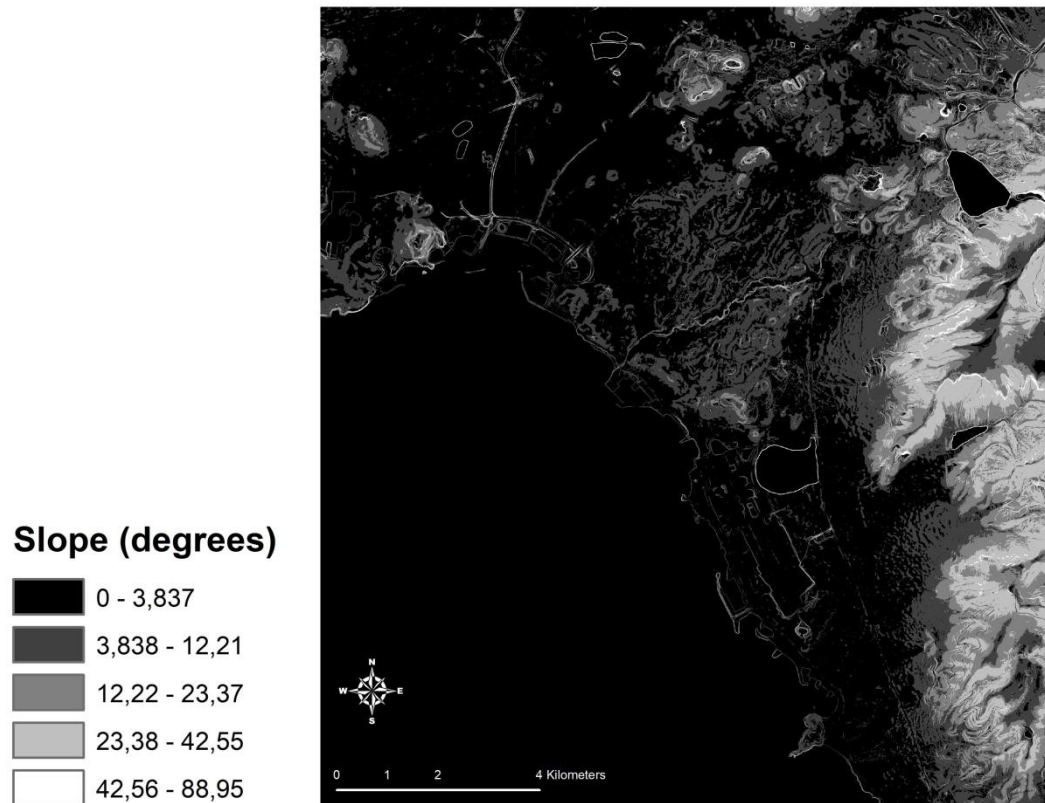
Οι δυνατότητες τις οποίες συγκεντρώνουν τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους για την παρουσίαση, επεξεργασία και ανάλυση υψομετρικών δεδομένων τα καθιστούν απαραίτητο συστατικό ενός ολοκληρωμένου Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών για εφαρμογή σε πολλά πεδία. Σε ένα DEM, σε κάθε σημείο με συντ/νες x,y, αντιστοιχεί μία τιμή της μεταβλητής z (υψόμετρο). Έτσι, το υψόμετρο μιας περιοχής μελέτης, θεωρείται ότι μεταβάλλεται χωρικά με συνεχή τρόπο. Στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκε DEM αρχείο αεροφωτογραφιών της Αττικής μέσω αξιόπιστης πηγής, όπου στο περιβάλλον του ArcMap έγινε αποκοπή για την περιοχή μελέτης ( Analysis, Extract, Clip). Τα δεδομένα DEM επεξεργάστηκαν υπό την μορφή Raster σχεδιασμένα με διαστάσεις κελιού 5m\*5m και εμβαδό 25m<sup>2</sup>.



Εικόνα 18: Θεματικός χάρτης Υψομέτρου Νότιου Τομέα Αττικής

### 3.5.2 Κλίση (Slope)

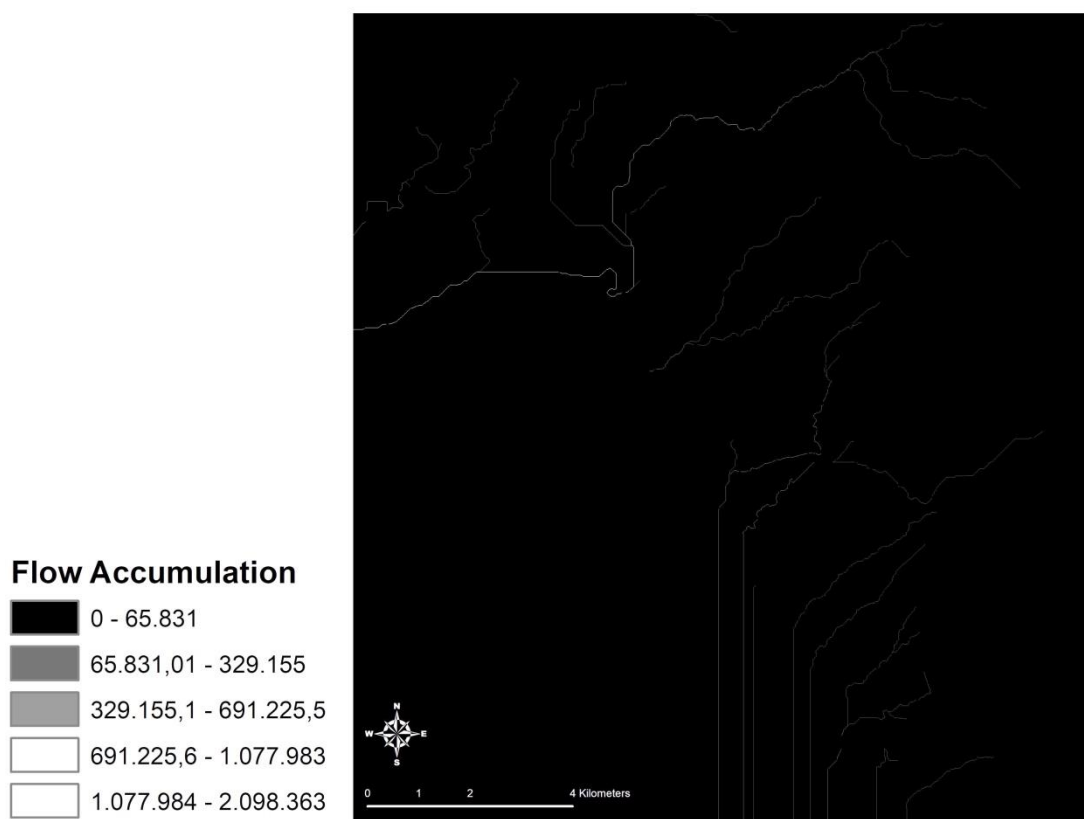
Ο θεματικός χάρτης Κλίσης τύπου Raster με διαστάσεις κελιού 5m\*5m, υλοποιήθηκε με βάση το ψηφιακό μοντέλο εδάφους όπου παρέχει πληροφορίες για το ανάγλυφο της περιοχής και βοηθάει στην κατανόηση και κατεύθυνση των απορροών και έτσι της συσσώρευσης της βροχής. Στο περιβάλλον του ArcMap ο θεματικός χάρτης κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας το εργαλείο Slope ( Spatial Analyst Tools, Surface, Slope). Το εργαλείο Slope ταυτοποιεί την κλίση κάθε κελιού και παράγει τον τελικό θεματικό χάρτη με μονάδες μέτρησης σε μοίρες.



Εικόνα 19 : Θεματικός χάρτης Κλίσης Νότιου Τομέα Αττικής

### 3.5.3 Συγκέντρωση Ροής ( Flow Accumulation)

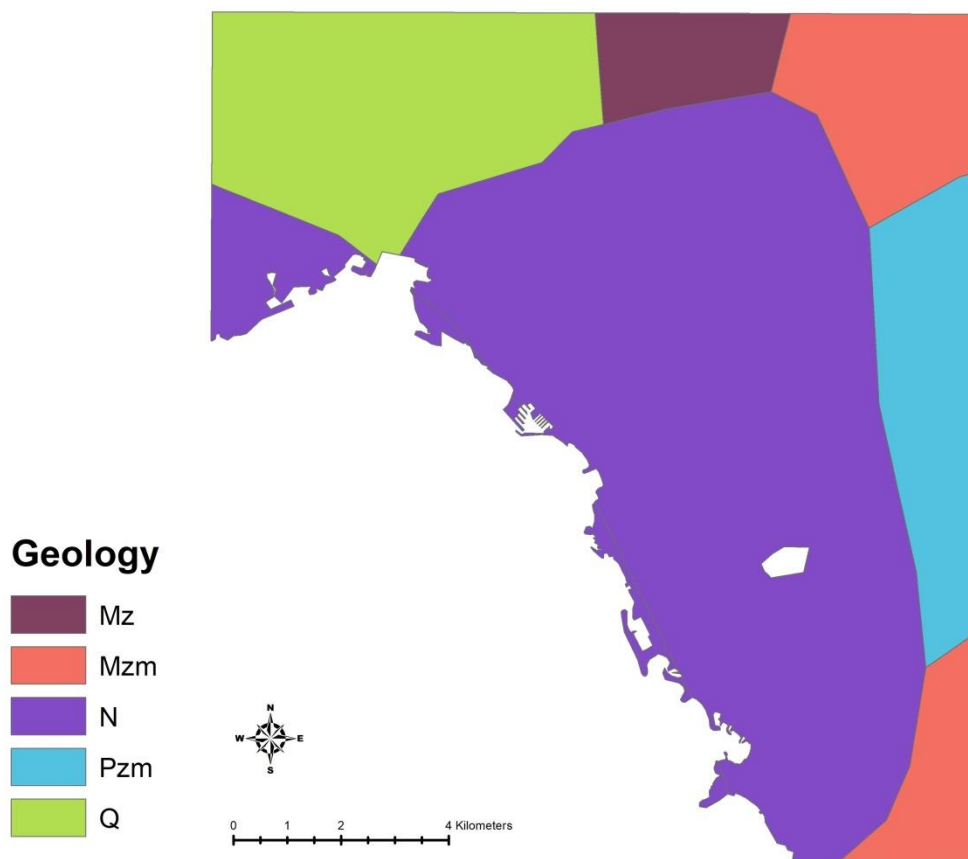
Ο θεματικός χάρτης της Συγκέντρωσης Ροής αποτελεί σημαντικό κομμάτι του μοντέλου καθώς επηρεάζει άμεσα το φαινόμενο της πλημμύρας ,δημιουργείται χρησιμοποιώντας τον θεματικό χάρτη της Κλίσης με βάση το εργαλείο Flow Direction (Spatial Analyst Tools, Hydrology, Flow Direction ) κατασκευάζοντας ένα χάρτη τύπου Raster ο οποίος υπολογίζει την κατεύθυνση ροής αναγνωρίζοντας την κλίση του κάθε κελιού σε σχέση με το γειτονικό του. Κατόπιν, με το εργαλείο Flow Accumulation (Spatial Analyst Tools, Hydrology, Flow Accumulation) χρησιμοποιεί τον παραπάνω χάρτη κατεύθυνσης ροής και αποτυπώνει την συγκέντρωση ροής των παραπάνω υδρολογικών μοντέλων.



Εικόνα 20 :Θεματικός χάρτης Συγκέντρωσης Ροής Νότιου Τομέα Αττικής

### 3.5.4 Γεωλογία (Geology)

Ο θεματικός χάρτης Γεωλογίας κατασκευάστηκε με βάση δεδομένα της Υπηρεσίας Γεωλογικής Έρευνας των ΗΠΑ (USGS) που περιέχει χάρτες γεωλογίας της Ευρώπης σε μορφή Polygon-Shapefile και με την εντολή Clip ( Analysis, Extract, Clip) για την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 21 : Θεματικός χάρτης Γεωλογίας Νότιου Τομέα Αττικής

Ο διαχωρισμός των γεωλογικών σχηματισμών έγινε με βάση τα υδρολιθικά χαρακτηριστικά τους από τον USGS και της Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.

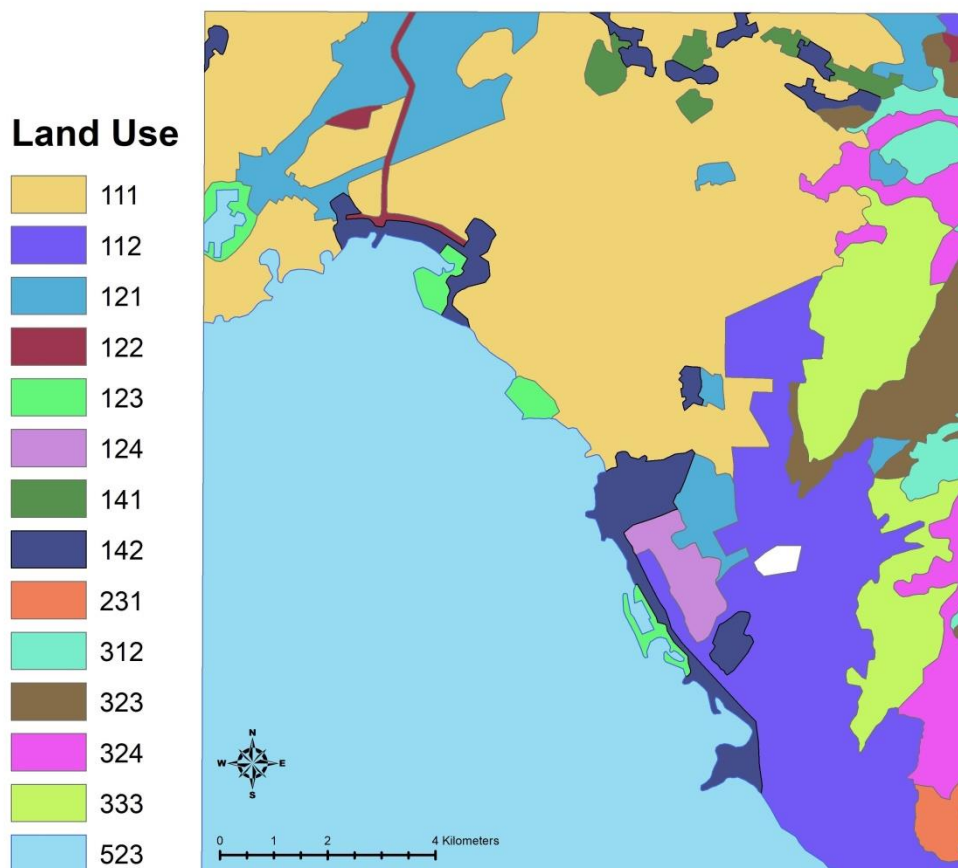
<b>Γεωλογικός Σχηματισμός</b>		
<b>Mz</b> : αδιαίρετα μεσοζωικά πετρώματα	<i>Αθηναϊκοί σχιστόλιθοι, φλύσχης</i>	<b>Μικρή Υδροπερατότητα</b>
<b>Q</b> :αδιαίρετοι τεταρτογενείς βράχοι	<i>Άμμοι με προσμίξεις ερυθρού πηλού και αργίλου</i>	<b>Μεγάλη Υδροπερατότητα</b>
<b>Mzm</b> :Μεσοζωικά μεταμορφωμένα πετρώματα	<i>Ασβεστόλιθοι</i>	<b>Μικρή Υδροπερατότητα</b>
<b>N</b> : Νεογενή πετρώματα	<i>Μαργαικοί ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες</i>	<b>Μέτρια Υδροπερατότητα</b>
<b>Pzm</b> :Παλαιοζωικά μεταμορφωμένα πετρώματα	<i>ψαμμίτες</i>	<b>Μέτρια Υδροπερατότητα</b>

Πίνακας 7: Κατηγορίες Γεωλογικών σχηματισμών περιοχής μελέτης



### 3.5.5 Χρήσεις Γής (Land Use)

Ο θεματικός χάρτης Χρήσεων Γής υλοποιήθηκε με βάση τα πιο πρόσφατα δεδομένα του Corine Land Cover 2018 σε μορφή Polygon-Shapefile, για την Αττική και με το εργαλείο Clip ( Analysis, Extract, Clip) οριοθετήθηκε για την Περιοχή του Νότιου Τομέα Αττικής. Η δυνατότητα αυτού του τύπου αρχείου βοηθάει περιγραφικά ώστε να γνωρίζουμε πως χρησιμοποιείται κάθε τμήμα της περιοχής ευθύνης.



Εικόνα 22 : Θεματικός χάρτης Χρήσεων Γής Νότιου Τομέα Αττικής

Κωδικός	Τύπος
111	Συνεχής αστική δόμηση
112	Ασυνεχής αστική δόμηση
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες
122	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και συναφή γη
123	Λιμάνια
124	Αεροδρόμια
141	Πράσινες αστικές περιοχές
142	Αθλητικές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις
231	Βοσκοτόπια
312	Δάσος κωνοφόρων
323	Σκληρόφυλλη βλάστηση
324	Μεταβατικό δάσος / θάμνοι
333	Περιοχές με αραιή βλάστηση
523	Θάλασσα

Πίνακας 8: Τύποι Χρήσεων Γής περιοχής μελέτης (Corine Land Cover)

### 3.5.6 Ένταση Βροχόπτωσης (Rainfall Intensity)

Η Βροχόπτωση αποτελεί κρίσιμο μετεωρολογικό παράγοντα για την ανάλυση του πλημμυρικού φαινομένου καθώς επηρεάζει άμεσα την δημιουργία και την ένταση του. Σε αρκετές περιπτώσεις η υπερβολική ή παρατεταμένη βροχόπτωση λειτουργεί ως καταλύτης για την εκδήλωση πλημμύρων, ιδιαίτερα σε περιοχές με ανεπαρκή υδρολογική διαχείριση.

Ο ακριβής προσδιορισμός της έντασης βροχόπτωσης απαιτεί την ύπαρξη εκτενών και αξιόπιστων ιστορικών δεδομένων. Στην παρούσα εργασία συλλέχθηκαν αξιόπιστα δεδομένα μέσω επτά (7) μετεωρολογικών σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών οι οποίοι βρίσκονται εντός και εκτός περιοχής ευθύνης για καλύτερα αποτελέσματα.

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	LATITUDE	LONGITUDE	ΥΨΟΜΕΤΡΟ
1	ΑΘΗΝΑ	37.97841° N	23.71545° E	50m
2	ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ	37.95136° N	23.71941° E	51m
3	ΥΜΗΤΤΟΣ-ΔΑΦΝΗ	37.94734° N	23.74801° E	125m
4	ΦΑΛΗΡΟ	37.92937° N	23.69304° E	25m
5	ΑΛΙΜΟΣ	37.91750° N	23.71066° E	25m
6	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	37.93556° N	23.63167° E	29m
7	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	37.93556° N	23.75840° E	171m

Πίνακας 9: Μετεωρολογικοί Σταθμοί περιοχής μελέτης

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	<i>Μ.Ο.Μηνων</i>
Ιανουαριος	38,2	88,6	129,6	48,4	24,8	50,0	51,4	125,0	16,4	33,4	55,8	60,1
Φεβρουάριος	113,4	187,6	22,0	55,4	15,8	17,8	80,0	59,2	12,0	18,8	36,4	56,2
Μάρτιος	16,4	14,6	55,0	90,2	42,6	79,8	11,2	26,8	48,2	7,2	11,8	36,7
Απρίλιος	37,0	2,6	39,0	8,8	0,0	5,4	1,8	115,0	18,6	11,6	3,0	22,1
Μάιος	21,8	6,2	5,0	31,8	1,6	57,2	67,8	2,2	32,2	0,0	4,6	20,9
Ιούνιος	0,0	12,0	22,6	15,8	25,2	69,2	57,2	2,6	16,8	34,2	0,6	23,3
Ιούλιος	0,0	0,0	21,8	0,8	0,0	7,4	65,2	1,0	0,0	0,0	9,4	9,6
Αύγουστος	0,2	0,0	2,8	0,4	0,0	1,4	6,4	0,0	17,4	0,0	82,4	10,1
Σεπτέμβριος	9,0	0,0	20,8	53,6	6,8	20,0	44,0	4,8	5,0	1,0	18,4	16,7
Οκτώβριος	11,6	24,8	39,0	94,0	60,4	6,6	0,0	23,4	35,2	116,8	7,2	38,1
Νοέμβριος	93,8	137,6	43,8	39,8	102,4	130,2	51,6	120,4	4,6	64,4	43,2	75,6
Δεκέμβριος	144,1	65,8	175,1	1,0	23,0	27,0	73,8	90,6	119,8	36,0	8,6	69,5
<b>Μ.Ο. Ετη</b>	<b>40,5</b>	<b>45,0</b>	<b>48,0</b>	<b>36,7</b>	<b>25,2</b>	<b>39,3</b>	<b>42,5</b>	<b>47,6</b>	<b>27,2</b>	<b>27,0</b>	<b>23,5</b>	

Εικόνα 23: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Αθήνας

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	<i>Μ.Ο. Μηνων</i>
Ιανουαριος		68,4	83,0	28,6	19,8	44,2	54,8	117,4	17,2	36,8	67,2	53,7
Φεβρουάριος		155,0	18,2	29,6	11,6	15,0	97,2	61,0	7,8	16,6	24,0	43,6
Μάρτιος	9,2	11,4	38,2	64,4	27,2	67,4	11,0	15,6	60,4	7,6	12,6	29,5
Απρίλιος	42,8	1,8	36,2	5,2	0,0	3,0	1,2	93,0	19,0	12,4	3,6	19,8
Μάιος	16,2	3,6	4,6	8,4	1,8	46,8	34,8	2,0	44,8	0,0	5,8	15,3
Ιούνιος	0,0	5,4	16,8	14,4	23,4	58,8	107,8	9,0	21,4	14,6	1,4	24,8
Ιούλιος	0,0	0,0	23,4	12,4	0,0	5,0	37,0	0,4	0,8	0,0	5,0	7,6
Αύγουστος	0,2	0,2	2,8	8,4	0,0	1,2	5,0	0,0	22,4	0,0	33,6	6,7
Σεπτέμβριος	8,4	0,0	8,0	40,0	12,6	5,8	108,6	6,6	1,4	0,2	6,8	18,0
Οκτώβριος	9,2	17,6	40,2	69,2	44,0	12,8	4,6	26,0	41,2	139,6	7,0	37,4
Νοέμβριος	91,6	104,4	28,6	35,2	95,4	102,0	35,0	144,6	9,8	49,6	55,2	68,3
Δεκέμβριος	97,2	47,4	105,0	0,2	20,2	37,2	64,8	104,4	180,4	44,4	17,4	65,3
<b>Μ.Ο. Ετη</b>	<b>27,5</b>	<b>34,6</b>	<b>33,8</b>	<b>26,3</b>	<b>21,3</b>	<b>33,3</b>	<b>46,8</b>	<b>48,3</b>	<b>35,6</b>	<b>26,8</b>	<b>20,0</b>	

Εικόνα 24: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Νέας Σμύρνης

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	<i>Μ.Ο. Μηνων</i>
Ιανουαριος	22,8	99,6	66,2	37,8	56,0	47,6	44,6	94,0	34,8	33,0	73,2	55,4
Φεβρουάριος	124,8	0,0	32,6	7,8	35,0	12,8	79,8	58,8	13,6	13,0	23,2	36,5
Μάρτιος	26,2	22,4	64,0	-	82,2	73,4	7,0	—	61,6	7,6	22,0	40,7
Απρίλιος	60,4	4,6	47,0	10,0	0,0	2,6	2,2	75,6	25,0	18,4	7,8	23,1
Μάιος	33,4	11,6	3,2	19,8	13,2	58,0	53,0	1,2	28,6	0,0	15,2	21,6
Ιούνιος	0,0	11,2	8,4	15,4	0,0	56,4	63,8	17,8	19,8	36,2	51,2	25,5
Ιούλιος	0,0	0,0	30,8	-	0,0	4,6	24,2	0,8	1,4	0,0	8,2	7,0
Αύγουστος	0,2	0,0	3,8	2,2	0,0	6,6	5,4	0,0	12,6	0,0	55,2	7,8
Σεπτέμβριος	29,8	0,0	47,4	87,2	8,0	87,8	77,2	8,8	1,4	0,0	10,2	32,5
Οκτώβριος	32,6	21,2	45,8	-	43,2	48,4	3,6	16,2	26,6	168,6	9,2	41,5
Νοέμβριος	125,2	129,8	77,9	-	113,8	44,6	32,4	125,6	5,4	51,0	64,0	77,0
Δεκέμβριος	161,0	32,8	105,8	-	31,2	79,8	56,0	120,8	141,8	65,8	17,4	81,2
<b>Μ.Ο. Ετη</b>	<b>51,4</b>	<b>27,8</b>	<b>44,4</b>	<b>25,7</b>	<b>31,9</b>	<b>43,6</b>	<b>37,4</b>	<b>47,2</b>	<b>31,1</b>	<b>32,8</b>	<b>29,7</b>	

Εικόνα 25: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Υμηττού-Δάφνης

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	<i>Μ.Ο. Μηνων</i>
Ιανουαριος		66,6	90,4	37,8	27,2	36,2	50,8	106,2	16,4	35,0	79,4	54,6
Φεβρουάριος		184,4	35,0	43,2	13,8	12,0	77,4	67,0	6,0	18,6	36,2	49,4
Μάρτιος		14,4	51,2	89,8	41,4	61,6	11,4	16,0	70,0	7,4	11,8	37,5
Απρίλιος		1,4	49,4	7,6	0,0	4,4	1,6	82,8	22,8	11,4	2,8	18,4
Μάιος	14,0	4,2	0,2	12,4	4,0	40,8	41,2	1,2	42,2	0,0	16,0	16,0
Ιούνιος	0,0	6,4	22,4	21,6	14,6	58,4	94,8	26,4	9,8	19,2	3,0	25,1
Ιούλιος	0,0	0,0	3,0	3,2	0,0	5,2	26,4	1,0	20,8	0,0	3,0	5,7
Αύγουστος	2,4	0,0	3,4	15,0	0,0	1,6	2,0	0,0	11,2	0,0	16,2	4,7
Σεπτέμβριος	4,4	0,0	10,6	49,2	37,4	4,6	99,4	4,6	2,6	0,0	5,4	19,8
Οκτώβριος	10,6	24,0	32,4	92,6	46,2	12,8	1,8	37,0	58,2	135,8	7,8	41,7
Νοέμβριος	65,2	135,4	40,4	49,2	77,2	101,0	30,0	138,6	3,8	53,0	36,0	66,3
Δεκέμβριος	100,8	65,6	167,4	0,2	20,0	28,2	60,0	101,8	155,6	45,6	16,6	69,3
<b>Μ.Ο. Ετη</b>	<b>24,68</b>	<b>41,87</b>	<b>42,15</b>	<b>35,15</b>	<b>23,48</b>	<b>30,57</b>	<b>41,40</b>	<b>48,55</b>	<b>34,95</b>	<b>27,17</b>	<b>19,52</b>	

Εικόνα 26: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Φαλήρου

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	<b>Μ.Ο. Μηνων</b>
<b>Ιανουαριος</b>	26,6	19,4	33,8	51,2	103,4	20,4	25,8	66,2	<b>43,4</b>
<b>Φεβρουάριος</b>	41,6	13,4	11,2	69,6	76,5	11,0	16,0	17,0	<b>32,0</b>
<b>Μάρτιος</b>	89,4	39,6	61,2	5,4	17,2	58,0	6,2	15,2	<b>36,5</b>
<b>Απρίλιος</b>	7,4	0,0	4,2	2,8	65,4	26,2	11,2	4,2	<b>15,2</b>
<b>Μάιος</b>	15,2	5,2	39,6	37,2	1,8	44,4	0,0	10,0	<b>19,2</b>
<b>Ιούνιος</b>	23,0	17,0	55,2	79,2	15,0	20,4	15,2	1,6	<b>28,3</b>
<b>Ιούλιος</b>	3,0	0,0	4,2	27,0	3,0	13,2	0,2	3,8	<b>6,8</b>
<b>Αύγουστος</b>	20,4	0,0	1,4	2,8	0,0	12,0	0,4	12,0	<b>6,1</b>
<b>Σεπτέμβριος</b>	45,8	27,0	3,6	92,4	3,8	2,8	0,0	5,2	<b>22,6</b>
<b>Οκτώβριος</b>	98,2	39,4	13,6	3,0	23,0	29,2	103,4	5,6	<b>39,4</b>
<b>Νοέμβριος</b>	31,0	93,2	75,0	28,2	115,0	11,6	43,6	41,6	<b>61,1</b>
<b>Δεκέμβριος</b>	0,0	25,4	40,0	63,0	99,4	137,4	45,4	11,2	<b>52,7</b>
<b>Μ.Ο. Ετη</b>	<b>33,5</b>	<b>23,3</b>	<b>28,6</b>	<b>38,5</b>	<b>43,6</b>	<b>34,1</b>	<b>22,3</b>	<b>16,1</b>	

Εικόνα 27: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Αλίμου

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	<b>Μ.Ο. Μηνων</b>
<b>Ιανουαριος</b>		48,8	74,8	13,4	35,4	58,6	<b>46,2</b>
<b>Φεβρουάριος</b>		62,6	32,2	5,4	19,8	31,0	<b>30,2</b>
<b>Μάρτιος</b>		14,0	19,8	45,6	7,2	8,0	<b>18,9</b>
<b>Απρίλιος</b>		1,6	67,0	15,8	10,8	4,0	<b>19,8</b>
<b>Μάιος</b>		21,0	1,0	36,4	6,0	7,8	<b>14,4</b>
<b>Ιούνιος</b>		60,0	24,4	6,2	13,6	2,6	<b>21,4</b>
<b>Ιούλιος</b>		29,8	0,2	0,0	0,0	2,2	<b>6,4</b>
<b>Αύγουστος</b>		0,4	0,0	4,0	0,8	49,2	<b>10,9</b>
<b>Σεπτέμβριος</b>	6,4	83,0	4,6	0,6	0,0	4,8	<b>16,6</b>
<b>Οκτώβριος</b>	4,2	0,6	32,4	32,4	89,4	7,4	<b>27,7</b>
<b>Νοέμβριος</b>	81,6	21,8	100,4	2,8	67,4	70,4	<b>57,4</b>
<b>Δεκέμβριος</b>	17,4	38,4	72,6	79,8	60,8	11,4	<b>46,7</b>
<b>Μ.Ο. Ετη</b>	<b>27,4</b>	<b>31,83</b>	<b>35,78</b>	<b>20,2</b>	<b>25,93</b>	<b>21,45</b>	

Εικόνα 28: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Πειραιά



	2020	2021	2022	<b>Μ.Ο.Μηνων</b>
<b>Ιανουαριος</b>		40,2	58,8	<b>49,5</b>
<b>Φεβρουάριος</b>		10,6	23,8	<b>17,2</b>
<b>Μάρτιος</b>		7,4	18,4	<b>12,9</b>
<b>Απρίλιος</b>		18,0	5,6	<b>11,8</b>
<b>Μάιος</b>		6,4	7,2	<b>6,8</b>
<b>Ιούνιος</b>		22,2	52,8	<b>37,5</b>
<b>Ιούλιος</b>		0,0	7,0	<b>3,5</b>
<b>Αύγουστος</b>	2,0	0,0	45,0	<b>15,7</b>
<b>Σεπτέμβριος</b>	2,2	0,0	10,2	<b>4,1</b>
<b>Οκτώβριος</b>	20,4	128,2	6,8	<b>51,8</b>
<b>Νοέμβριος</b>	7,8	45,2	57,4	<b>36,8</b>
<b>Δεκέμβριος</b>	174,6	63,4	13,4	<b>83,8</b>
<b>Μ.Ο. Έτη</b>	<b>41,4</b>	<b>28,5</b>	<b>25,5</b>	

Εικόνα 29: Πίνακας δεδομένων βροχόπτωσης σταθμού Ηλιούπολης

Η κατασκευή του θεματικού χάρτη Έντασης Βροχόπτωσης έγινε με βάση τα παραπάνω βροχομετρικά δεδομένα και σε συνδυασμό με τον δείκτη MFI (Modified Fournier Index ) στο περιβάλλον του ArcMap για κάθε μετεωρολογικό σταθμό.

Ο δείκτης MFI (Modified Fournier Index) προσδιορίζει το άθροισμα της μέσης μηνιαίας έντασης βροχόπτωσης για κάθε σταθμό και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$MFI = \sum_{1}^{12} \frac{p^2}{P}$$

Όπου: p= μέση μηνιαία βροχόπτωση , P= μέση ετήσια βροχόπτωση

ΣΤΑΘΜΟΣ	Μ.Ο Μήνες	Μ.Ο Έτη	MFI
<b>ΑΘΗΝΑ</b>	36,6	36,6	<b>36,58</b>
<b>ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ</b>	32,5	32,2	<b>32,85</b>
<b>ΥΜΗΤΤΟΣ-ΔΑΦΝΗ</b>	37,5	36,6	<b>38,35</b>
<b>ΦΑΛΗΡΟ</b>	34,1	33,6	<b>34,52</b>
<b>ΑΛΙΜΟΣ</b>	30,3	30,0	<b>30,56</b>
<b>ΠΕΙΡΑΙΑΣ</b>	26,4	27,1	<b>25,70</b>
<b>ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ</b>	27,6	31,8	<b>23,98</b>

Πίνακας 10: Δείκτες MFI Σταθμών

Η χωρική απεικόνιση της έντασης βροχόπτωσης στο συγκεκριμένο μοντέλο για την ανάλυση της πλημμυρικής επικινδυνότητας πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της μεθόδου παρεμβολής (interpolation) των σημειακών τιμών του δείκτη MFI στο περιβάλλον του ArcMap με χρήση του εργαλείου IDW (Inverse Distance Weighted) (Spatial Analyst, Interpolation, IDW).

Η **ενδοπαρεμβολή αντίστροφης απόστασης (IDW – Inverse Distance Weighting)** είναι μια κοινή τεχνική χωρικής ανάλυσης που εκτιμά τις τιμές σε άγνωστα σημεία, με βάση τις τιμές γνωστών σημείων. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί ένα γραμμικά σταθμισμένο σύνολο συνδυασμών σημείων δειγματοληψίας για τον προσδιορισμό των τιμών των κελιών. Οι τιμές αυτές σταθμίζονται σύμφωνα με το αντίστροφο της απόστασής τους από το σημείο πρόβλεψης, υψωμένο σε κάποια δύναμη (συνήθως  $k=2$ ). Όσο πιο κοντά βρίσκεται ένα γνωστό σημείο στο σημείο πρόβλεψης, τόσο μεγαλύτερη επίδραση (βάρος) έχει στην εκτίμηση. (Yang, et al., 2020)

Η τιμή στο άγνωστο σημείο  $S_0$ , συμβολίζεται ως  $Z(S_0)$  και υπολογίζεται ως εξής (Yang, et al., 2020):

$$Z(S_0) = \sum_{i=1}^n W_i Z(S_i)$$

- $n$ : ο αριθμός των γνωστών σημείων (π.χ. σταθμοί παρακολούθησης)
- $Z(S_i)$ : η γνωστή τιμή στο σημείο  $S_i$
- $W_i$ : το βάρος που αποδίδεται στο σημείο  $S_i$

Τα βάρη  $W_i$  υπολογίζονται με βάση την απόσταση  $d_i$  μεταξύ του γνωστού σημείου  $S_i$  και του σημείου εκτίμησης  $S_0$ , με τον ακόλουθο τύπο:

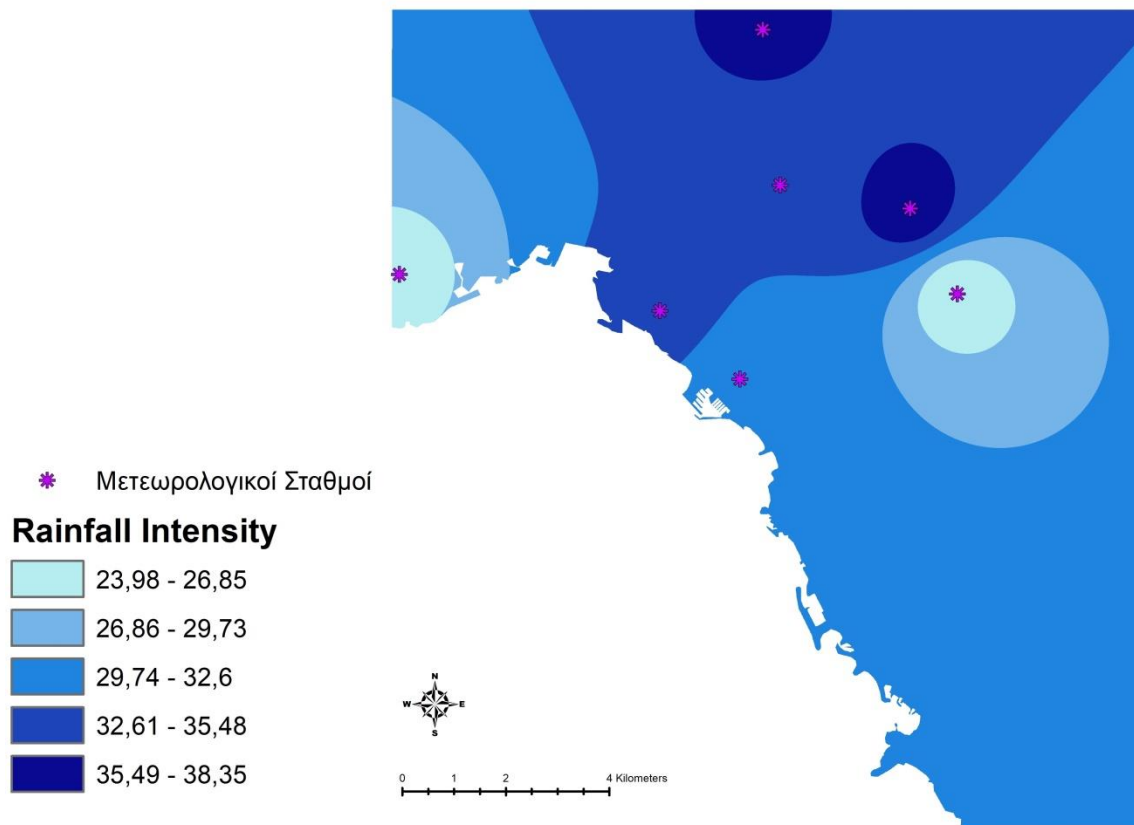
$$W_i = \frac{\frac{1}{d_i^k}}{(\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k})} \quad i=1,2,...,n$$

- $d_i$ : η απόσταση μεταξύ του  $S_0$  και του γνωστού σημείου  $S_i$
- $k$ : παράμετρος ισχύος (συνήθως  $k=2$ , αλλά μπορεί να ποικίλλει)

Αυτό εξασφαλίζει ότι :

Τα κοντινότερα σημεία (μικρότερο  $d_i$ ) έχουν μεγαλύτερα βάρη

Το άθροισμα όλων των βαρών είναι ίσο με 1, επομένως το αποτέλεσμα είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος.



Εικόνα 30: Θεματικός χάρτης Έντασης Βροχής Νότιου Τομέα Αττικής

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χωρικής εκτίμησης πλημμυρικού κινδύνου. Για την κατασκευή των χαρτών ήταν απαραίτητη η κατηγοριοποίηση τους με βάση το κριτήριο συνεισφοράς τους στη δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων.

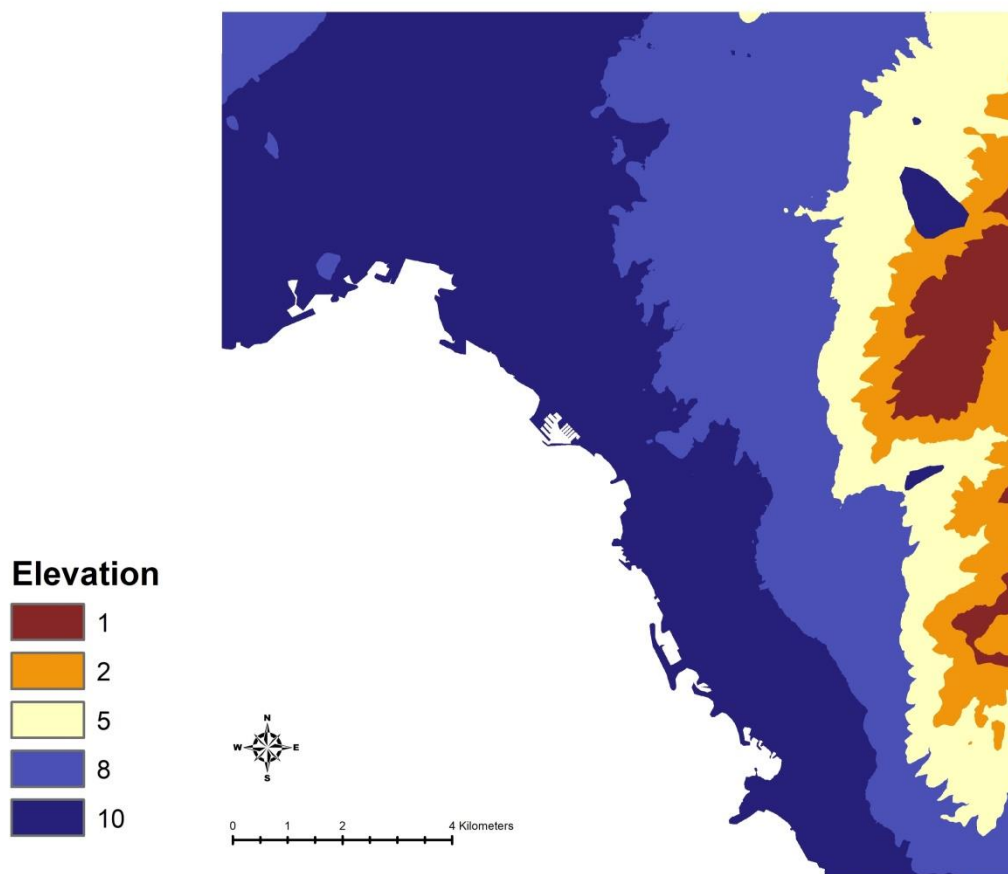
Συγκεκριμένα, για τους χάρτες Υψομέτρου, Κλίσης, Συγκέντρωσης Ροής και Βροχόπτωσης τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν με βάση την μέθοδο Natural Breaks(Jenks) σε 5 κατηγορίες με βαθμούς 1, 2, 5, 8, 10 για τις αντίστοιχες πλημμυρικές επικινδυνότητες: Πολύ Μικρή, Μικρή, Μέτρια, Υψηλή, Πολύ Υψηλή.

Όσον αφορά τους θεματικούς χάρτες χρήσεων γής και γεωλογίας η κατηγοριοποίηση έγινε με βάση την συνεισφορά επιπτώσεων στην πλημμυρική επικινδυνότητα.

### 4.1 Θεματικοί Χάρτες Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Παραγόντων

#### 4.1.1 Υψόμετρο (Elevation)

Για την κατασκευή του θεματικού χάρτη χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Reclassify (Spatial Analyst, Reclass ,Reclassify) για την μορφοποίηση του χάρτη υψομέτρου.



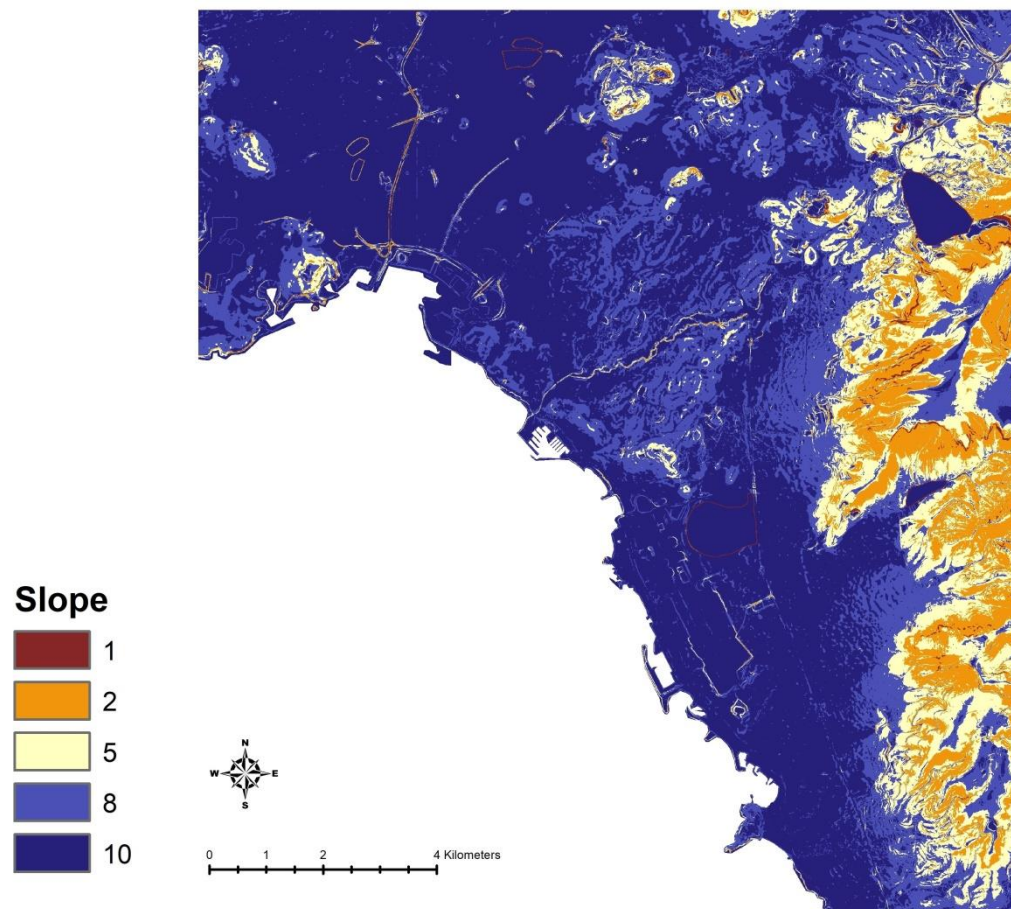
Εικόνα 31: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Υψομέτρου

Όπως παρατηρούμε από τα αποτελέσματα τα υψηλά υψόμετρα συνεισφέρουν λιγότερο στην επικινδυνότητα του φαινομένου σε σχέση με τα χαμηλά που επηρεάζουν άμεσα την πλημμύρα. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται καθώς από τους πρόποδες του Υμηττού έως την κορυφή του είναι τμήματα πολύ χαμηλής και χαμηλής επικινδυνότητας.

Αντιθέτως, παρατηρείται σταδιακή αύξηση της επικινδυνότητας όσο πλησιάζουμε στις παραθαλάσσιες περιοχές και την συνεχή αστική δόμηση της Αττικής.

#### 4.1.2 Κλίση (Slope)

Για την κατασκευή του θεματικού χάρτη χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Reclassify (Spatial Analyst, Reclass, Reclassify) για την μορφοποίηση του χάρτη κλίσης.

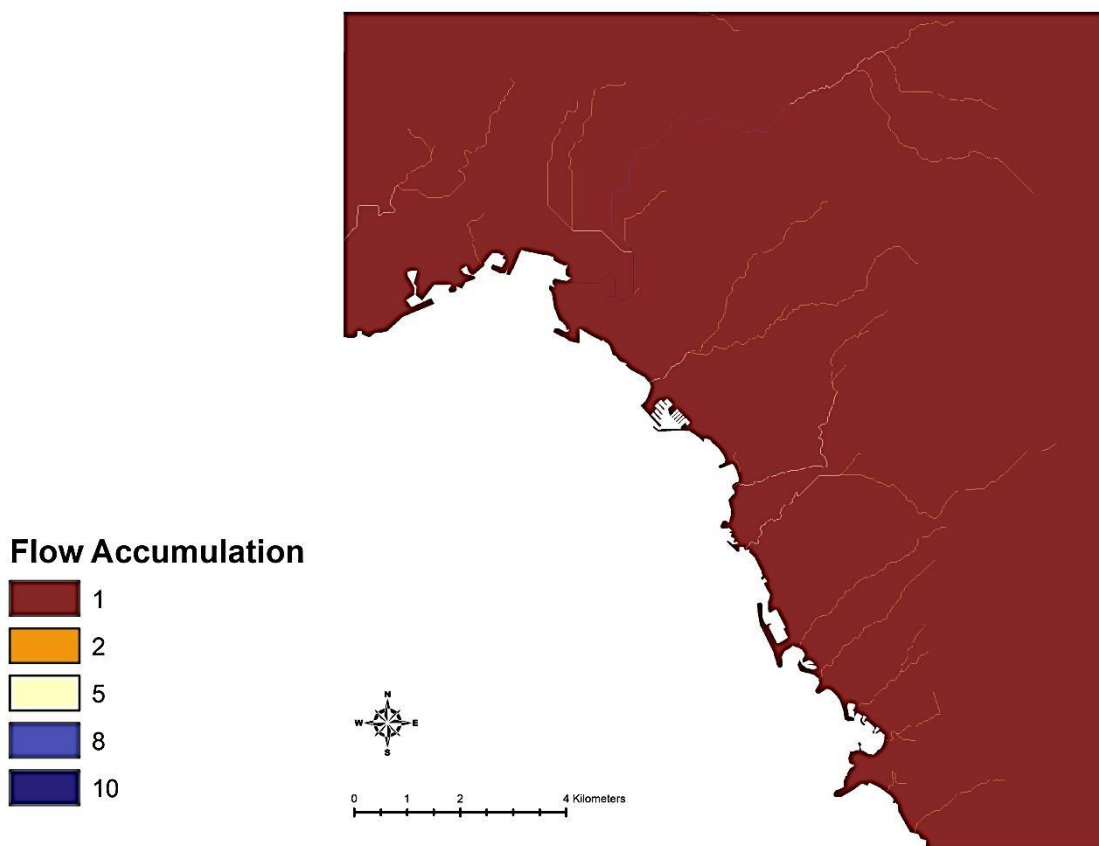


Εικόνα 32: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Κλίσης

Τα δεδομένα της κλίσης κατηγοριοποιήθηκαν με γνώμονα ότι σε ορεινές περιοχές όπως του Υμηττού που παρατηρούμε μεγάλες κλίσεις η εμφάνιση του φαινομένου είναι χαμηλή διότι έχουμε ελάχιστη συσσώρευση βροχής και μικρή ροή. Αντιθέτως, σε περιοχές με μικρές κλίσεις δημιουργούνται σχηματισμοί λεκανών απορροών και μεγάλης συσσώρευσης νερού από τα υψηλά υψόμετρα που καταλήγουν σε παραθαλάσσιες περιοχές, που παρατηρούμε την επικινδυνότητα να αυξάνεται κατακόρυφα.

#### 4.1.3 Συγκέντρωση Ροής (Flow Accumulation)

Για την κατασκευή του θεματικού χάρτη χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Reclassify (Spatial Analyst, Reclass, Reclassify) για την μορφοποίηση του χάρτη συγκέντρωσης ροής.



Εικόνα 33: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Συγκέντρωσης Ροής

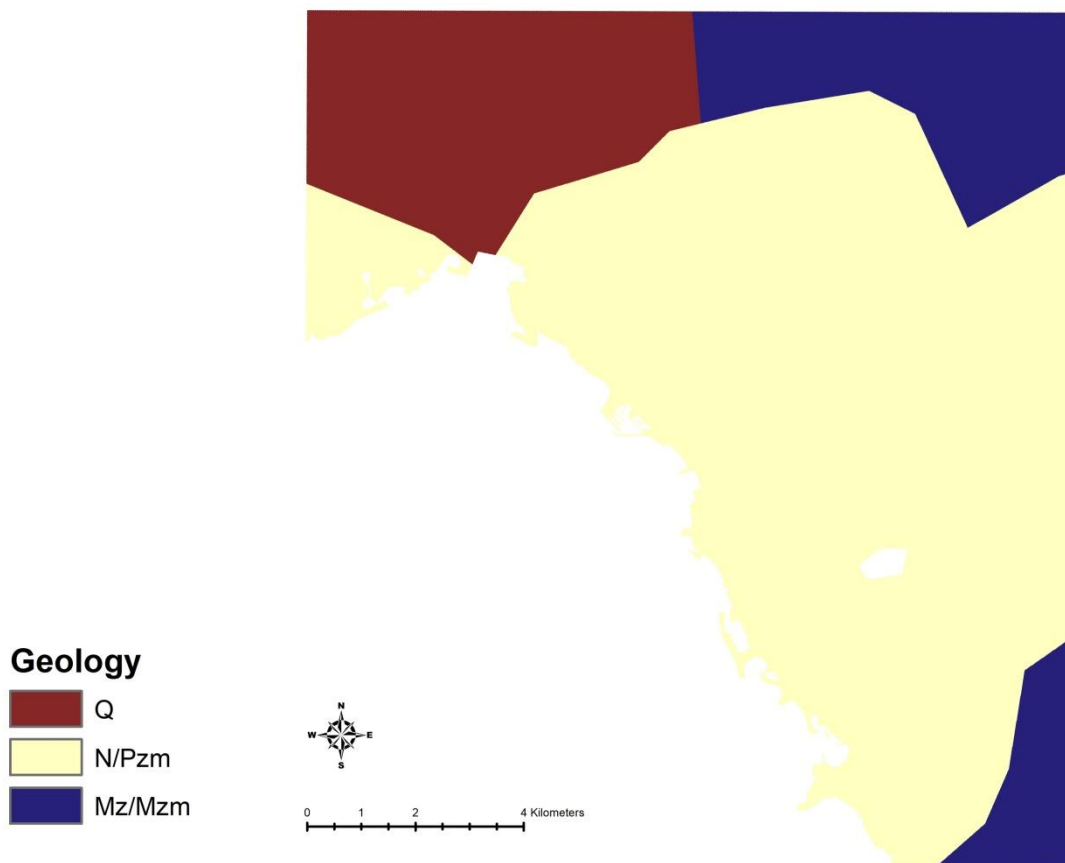
Σύμφωνα με τον θεματικό χάρτη παρατηρούμε επικινδυνότητα στα ρυάκια, ρέματα και ποτάμια και στις διακλαδώσεις αυτών που δημιουργούνται στις λεκάνες απορροής Κηφισού –Ιλισού και Νοτιών Προαστίων που καταλήγουν στην θάλασσα.

Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει διότι το νερό με φυσικούς μηχανισμούς ξεκινώντας από τα μεγάλα υψόμετρα δημιουργεί μικρά ρυάκια με χαμηλή επικινδυνότητα και μικρή δυναμικότητα και συνεχίζει την πορεία του προς της θαλάσσιες αποθέσεις όπου πλέον δημιουργούνται ποταμοί και ρέματα υψηλής επικινδυνότητας και μεγάλης δυναμικότητας λόγω της συσσώρευσης του νερού. Το επίπεδο επικινδυνότητας εξαρτάται επίσης από την γεωμορφολογία της περιοχής στην συγκεκριμένη περίπτωση λόγω της αστικής δόμησης.



#### 4.1.4 Γεωλογία (Geology)

Για την κατασκευή του θεματικού χάρτη χρησιμοποιήθηκαν αρχικά το εργαλείο Polygon to Raster (Conversion Tool, To Raster, Polygon to Raster) και στην συνέχεια το εργαλείο Reclassify (Spatial Analyst, Reclass, Reclassify) για την μορφοποίηση του χάρτη γεωλογίας.

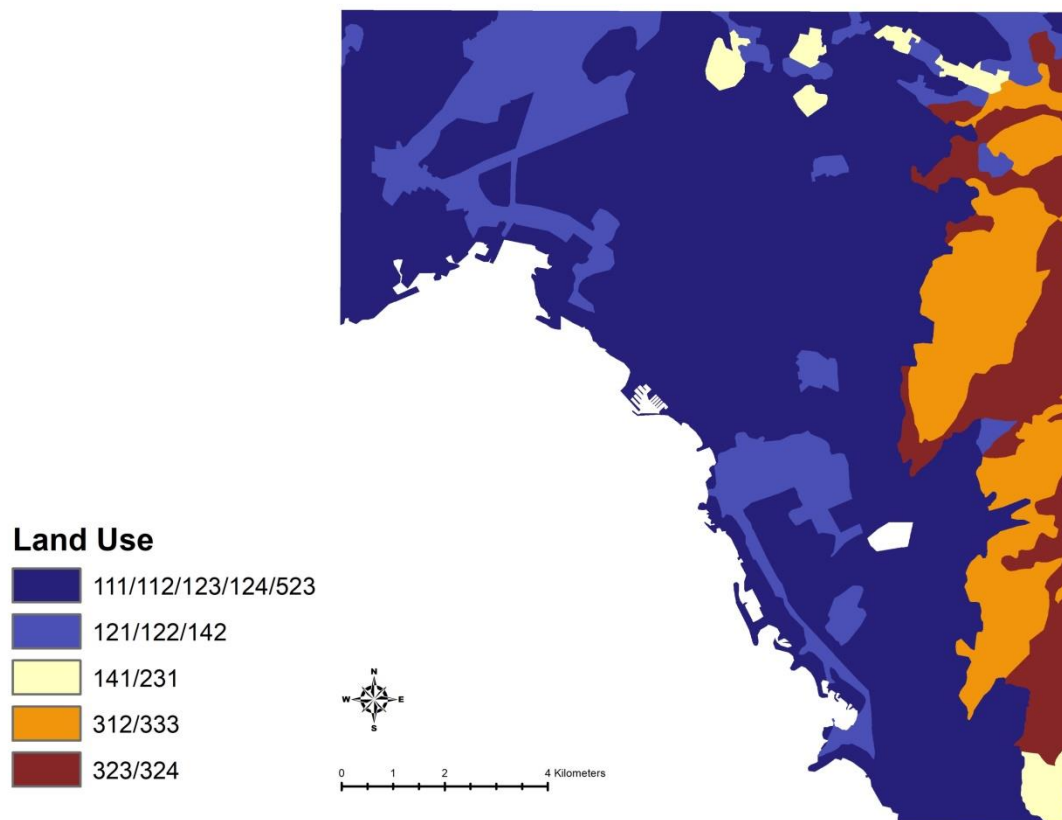


Εικόνα 34: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Γεωλογίας

Με βάση τον παραπάνω θεματικό χάρτη οι περιοχές με αδιαπέρατους σχηματισμούς κυρίως στην περιοχή του ορεινού Υμηττού και στους πρόποδες του που έχουμε χαμηλή υδροπερατότητα, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι υψηλή. Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής ευθύνης που είναι και αστικός ιστός έχουμε γεωμορφολογία με μέτρια υδροπερατότητα επομένως και μέτρια επικινδυνότητα πλημμύρας.

#### 4.1.5 Χρήσεις Γής (Land Use)

Για την κατασκευή του θεματικού χάρτη χρησιμοποιήθηκαν αρχικά το εργαλείο Polygon to Raster (Conversion Tool, To Raster, Polygon to Raster) και στην συνέχεια το εργαλείο Reclassify (Spatial Analyst, Reclass, Reclassify) για την μορφοποίηση του χάρτη χρήσεων γής.



Εικόνα 35: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Χρήσεων Γής

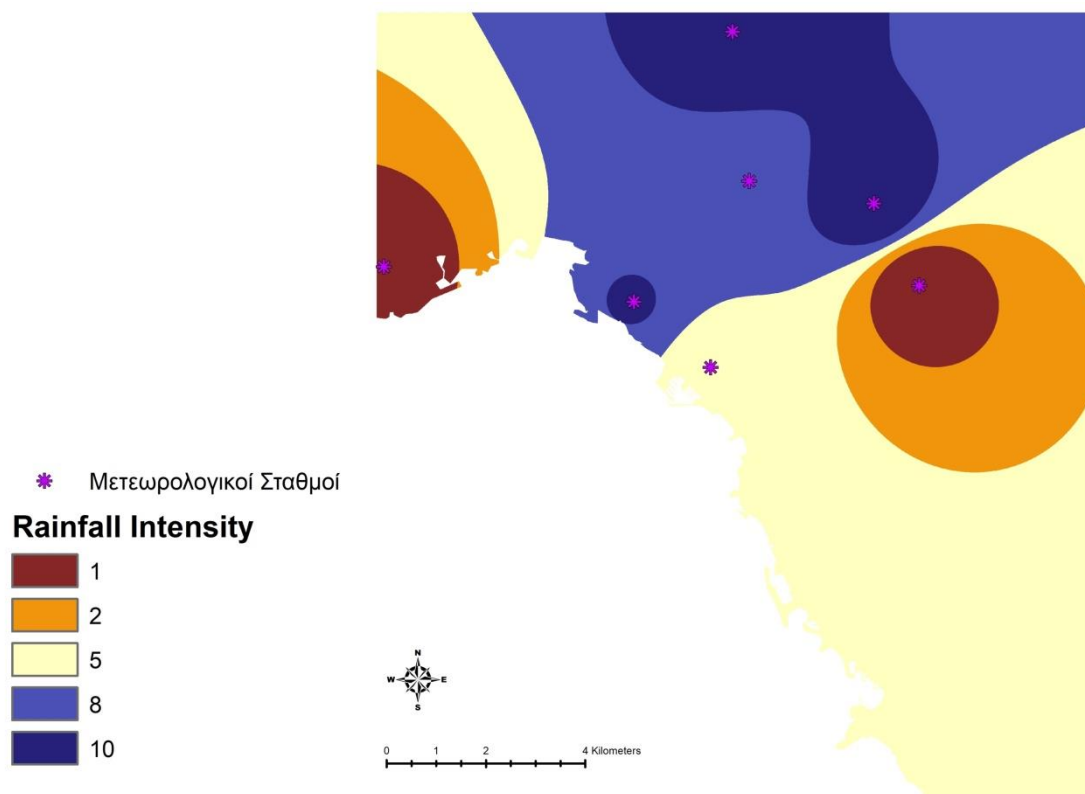
Κωδικός	Τύπος	Risk Level
111	Συνεχής αστική δόμηση	10
112	Ασυνεχής αστική δόμηση	10
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	8
122	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και συναφή γη	8
123	Λιμάνια	10
124	Αεροδρόμια	10
141	Πράσινες αστικές περιοχές	5
142	Αθλητικές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις	8
231	Βοσκοτόπια	5
312	Δάσος κωνοφόρων	1
323	Σκληρόφυλλη βλάστηση	2
324	Μεταβατικό δάσος/ θάμνοι	2
333	Περιοχές με αραιή βλάστηση	1
523	Θάλασσα	10

**Πίνακας 11: Επίπεδα Επικινδυνότητας Χρήσεων Γής**

Τα δεδομένα χρήσεων γής κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε εμφάνιση αυξημένης επικινδυνότητας σε όλο το μήκος της ακτογραμμής και σε όλη την περιοχή συνεχής και μη αστικής δόμησης, λιμανιών, αεροδρομίων και αθλητικών εγκαταστάσεων. Αντιθέτως, η επικινδυνότητα είναι εξαιρετικά χαμηλή στις περιοχές κοντά στους πρόποδες του Υμηττού όπου υπάρχει δάσος ή πυκνή βλάστηση οποιασδήποτε μορφής, δηλαδή μικρή συσσώρευση ροής.

#### 4.1.6 Ένταση Βροχόπτωσης (Rainfall Intensity)

Για την κατασκευή του θεματικού χάρτη χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Reclassify (Spatial Analyst, Reclass, Reclassify) για την μορφοποίηση του χάρτη Έντασης Βροχόπτωσης.



Εικόνα 36: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης

Η Ένταση βροχόπτωσης είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες , καθώς όσο μεγαλύτερη η ένταση της βροχόπτωσης τόσο πιο πιθανή η εμφάνιση του φαινομένου.

Παρατηρούμε στον παραπάνω χάρτη βροχόπτωσης τις διαφοροποιήσεις στην πλημμυρική επικινδυνότητα οι οποίες προκύπτουν βάσει των δεδομένων των μετεωρολογικών σταθμών και της παρεμβολής για την επίδραση των τιμών με την μέθοδο IDW.

Η μεγαλύτερη επικινδυνότητα εμφανίζεται στην λεκάνη απορροής Κηφισού και Ιλίου στην περιοχή Μοσχάτου Φαλήρου και κατόπιν στην ακτογραμμή όλου του Νότιου Τομέα Αττικής έχουμε αυξημένη επικινδυνότητα.

## 4.2 Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Νότιου Τομέα Αττικής

Η κατασκευή του συνολικού χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας για την ολοκλήρωση της μελέτης, βασίστηκε στην σύνθεση των έξι (6) επιμέρους χαρτών-παραγόντων που συμβάλλουν σε αυτήν με γνώμονα την μέθοδο σταθμισμένης αλληλοεπικάλυψης. Η μέθοδος έχει αναλυθεί εκτενέστερα στο κεφάλαιο 3.4 και η επίδραση των παραγόντων απεικονίζεται στην εικόνα 19.

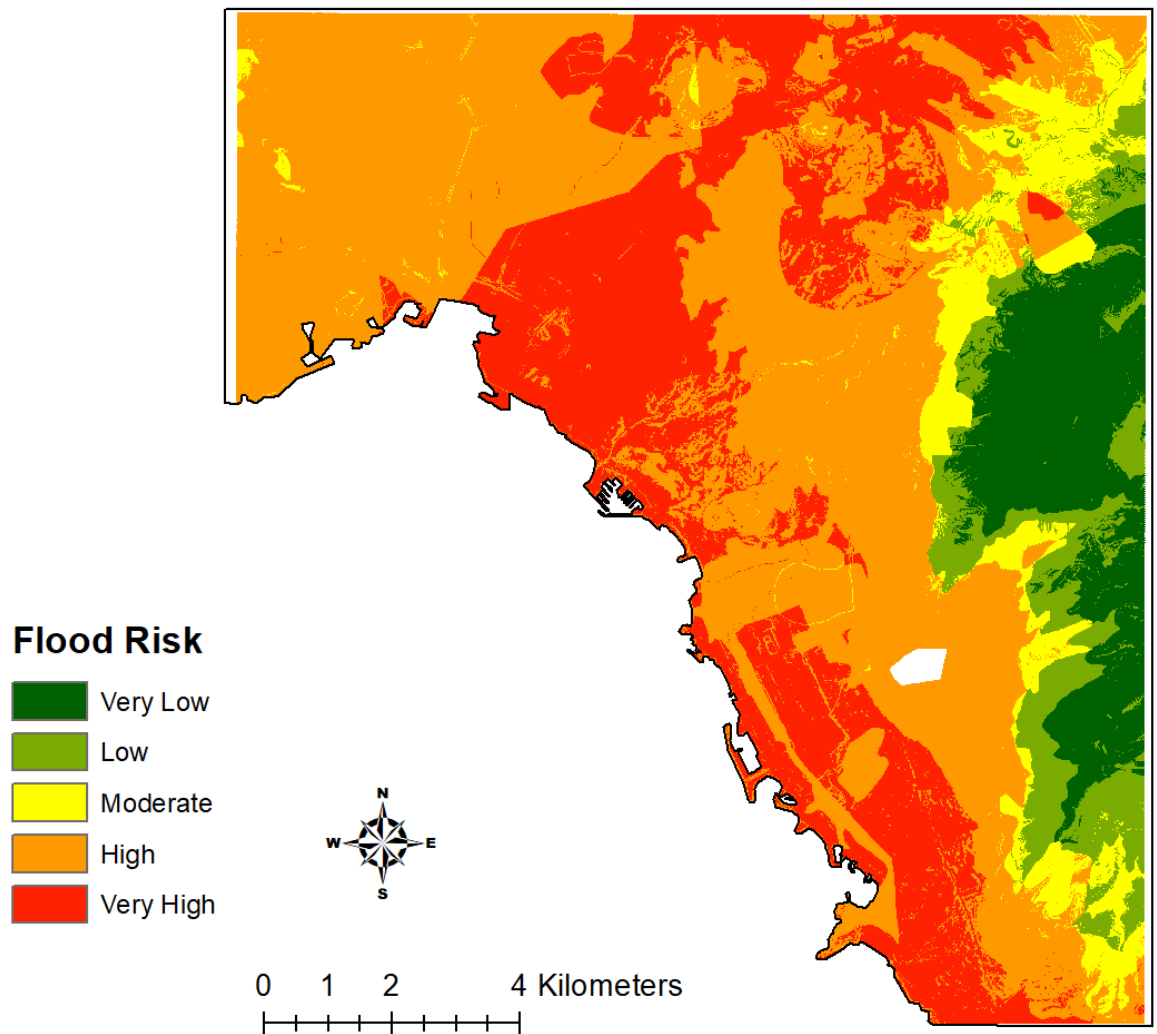
Παρατίθεται αναλυτικά ο πίνακας με τα δεδομένα όλων των παραγόντων και ο αντίστοιχος συντελεστής επίδρασης (%) τους.

Παράγοντες	Περιοχή Επίδρασης	Επίπεδα πλημμυρικής Επικινδυνότητας	Συντελεστής Βαρύτητας (Α)	Ρυθμός Επίδρασης (Β)	(Α*Β)	Συνολικό Βάρος	Ποσοστό Επίδρασης (%)
Υψόμετρο (m)	-4,14 - 53,6	Πολύ Υψηλή	10	4,5	45	117	<b>31,50</b>
	53,7 - 176	Υψηλή	8		36		
	177 - 343	Μέτρια	5		22,5		
	344 - 545	Χαμηλή	2		9		
	546 - 814	Πολύ Χαμηλή	1		4,5		
Κλίση(degree)	0 - 3,837	Πολύ Υψηλή	10	2	20	52	<b>14</b>
	3,838 - 12,21	Υψηλή	8		16		
	12,22 - 23,37	Μέτρια	5		10		
	23,38 - 42,55	Χαμηλή	2		4		
	42,56 - 88,95	Πολύ Χαμηλή	1		2		
Συγκέντρωση Ροής (Pixels)	1.077.984 - 2.098.363	Πολύ Υψηλή	10	1,5	15	39	<b>10,50</b>
	691.255,6 - 1.077.983	Υψηλή	8		122		
	329.155,1 - 691.225,5	Μέτρια	5		7,5		
	65.831,01 - 329.155	Χαμηλή	2		3		
	0 - 65.831	Πολύ Χαμηλή	1		1,5		
Γεωλογία	Αθηναϊκοί σχιστόλιθοι/Φλυσχει/ Ασβεστόλιθοι	Πολύ Υψηλή - Υψηλή	9	3	27	46,5	<b>12,50</b>
	Μαργαϊκοί Ασβεστόλιθοι/Ψαμμίτες	Μέτρια	5		15		
	Αμμοί με προσμιξεις ερυθρού πηλου και αργιλου	Χαμηλή - Πολυ Χαμηλή	1,5		4,5		
Χρήσεις Γής	Παραλιακή ζώνη Αστική Δόμηση Λιμάνια Αεροδρόμια	Πολύ Υψηλή	10	3	30	78	<b>21</b>
	Βιομηχανικές μονάδες οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα Αθλητικές Εγκαταστάσεις	Υψηλή	8		24		
	πράσινες αστικές περιοχές βοσκοτόπια	Μέτρια	5		15		
	σκληρόφυλλη και θαμνώδης βλάστηση	Χαμηλή	2		6		
	ορεινή αραιή βλάστηση δάσος κωνοφόρων	Πολύ Χαμηλή	1		3		
Ένταση Βροχόπτωσης (MFI Units)	35,49 - 38,35	Πολύ Υψηλή	10	1,5	15	39	<b>10,50</b>
	32,61 - 35,48	Υψηλή	8		12		
	29,74 - 32,6	Μέτρια	5		7,5		
	26,86 - 29,73	Χαμηλή	2		3		
	23,98 - 26,85	Πολύ Χαμηλή	1		1,5		
						<b>371,5</b>	<b>100,00</b>

Πίνακας 12: Πίνακας Συντελεστών Επίδρασης Παραγόντων

Ολοκληρώνοντας , χρησιμοποιούμε στο περιβάλλον του ArcMap το εργαλείο **Raster Calculator** ( Spatial Analyst Tools , Map Algebra ,Raster Calculator) και τον ακόλουθο τύπο :

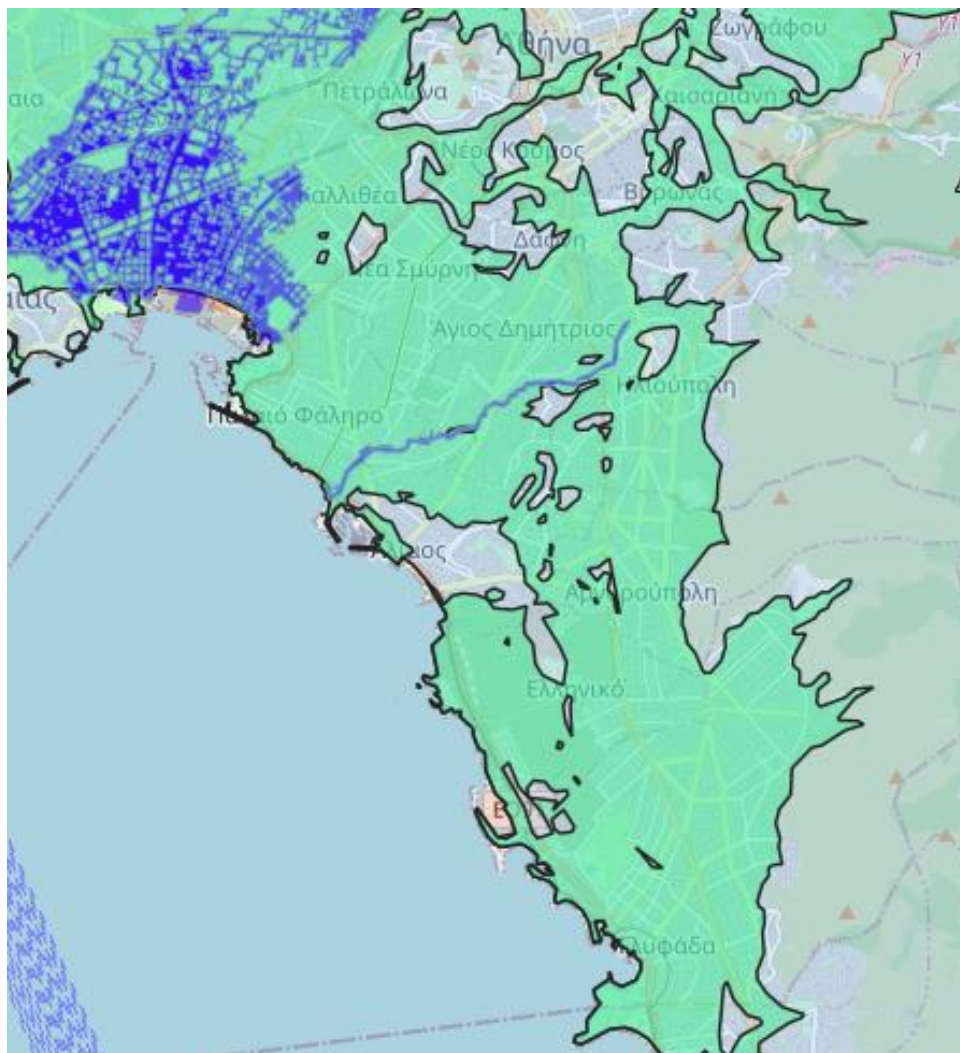
$$S=0.315*W_{\text{elevation}}+0.14*W_{\text{slope}}+0.105*W_{\text{flowaccum}}+0.125*W_{\text{geology}}+0.21*W_{\text{landuse}}+0.105*W_{\text{rainfall}}$$



Εικόνα 37: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Νότιου Τομέα Αττικής



Ο τελικός χάρτης μας δείχνει ότι η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι εκτεταμένη και σε αυξημένο επίπεδο στην περιοχή μελέτης καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο μέρος αυτής. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το αποτέλεσμα αυτό συμβαδίζει με τα δεδομένα των επιμέρους θεματικών χαρτών του μοντέλου. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από την προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνων πλημμύρας του ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής) του 2012 στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ «για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007», όπου η ευρύτερη παραλιακή ζώνη Σαρωνικού(Ελληνικό, Γλυφάδα, Άλιμο, Αγ. Δημήτριο, Π. Φάληρο), το Δέλτα Φαλήρου(ρέμα Πικροδάφνης) , η περιοχή Μοσχάτου και η Ηλιούπολη χαρακτηρίζονται ως ζώνες Δυσνητικά Υψηλού κινδύνου.



Εικόνα 38: Ζώνες Δυσνητικά Υψηλού κινδύνου Αττικής Πηγή: ΥΠΕΚΑ

## **5. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ – ΣΤΙΓΜΙΑΙΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ (FLASH FLOODS)**

Στο πλαίσιο της μελέτης αυτής, εξετάστηκε ο μελλοντικός πλημμυρικός κίνδυνος, ποιο συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν τρία σενάρια βασισμένα στο φαινόμενο της στιγμιαίας πλημμύρας (flash flood), με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση της βροχόπτωσης μέσω του φαινομένου αυτού και οι αλλαγές που θα επιφέρει στον πλημμυρικό κίνδυνο.

### **5.1 Στιγμιαίες πλημμύρες (Flash Floods)**

#### **5.1.1 Ορισμός και βασικά χαρακτηριστικά**

Στιγμιαία πλημμύρα είναι η ξαφνική υπερχειλίση νερού που συμβαίνει σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (συνήθως μέσα σε λίγες ώρες από έντονη βροχόπτωση ή άλλη αιτία), με αποτέλεσμα την ταχεία κατάκλυση μιας περιοχής.

Οι στιγμιαίες πλημμύρες σχετίζονται με σύντομες, υψηλής έντασης βροχοπτώσεις, κυρίως συναγωγικής προέλευσης, που συμβαίνουν τοπικά. Ως εκ τούτου, οι ξαφνικές-στιγμιαίες πλημμύρες συνήθως επηρεάζουν λεκάνες κάτω των 1000 km<sup>2</sup>, με χρόνους απόκρισης μερικών ωρών ή και λιγότερο (Marchi et al, 2010).

Βασικά χαρακτηριστικά είναι :

- α) χρόνος εκδήλωσης, εμφανίζονται πολύ γρήγορα μέσα σε λεπτά έως λίγες ώρες από την έναρξη της έντονης βροχόπτωσης.
- β) ένταση, το νερό συσσωρεύεται και ρέει με μεγάλη ταχύτητα, χωρίς χρόνο αντίδρασης.
- γ) τοπική έκταση, συνήθως επηρεάζουν μικρότερες περιοχές αλλά με μεγάλη σφοδρότητα
- δ) κίνδυνος, είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες για ανθρώπινες ζωές διότι παρασύρουν οχήματα και καταστρέφουν υποδομές.

Οι στιγμιαίες πλημμύρες είναι οι πιο επικίνδυνες μορφές πλημμύρων λόγω της ξαφνικότητας και της δύναμης τους.

### 5.1.2 Στιγμιαίες πλημμύρες και Κλιματική Αλλαγή

Η δημιουργία πλημμυρών και η απορροή αποτελούν ένα ιδιαίτερα μη γραμμικό σύστημα, το οποίο επηρεάζεται από τη φυσική και χωροχρονική μεταβλητότητα της μετεωρολογίας, της τοπογραφίας, του εδάφους, της βλάστησης, του κλίματος, των υπόγειων υδάτων και του συστήματος αποστράγγισης των υδατορεμάτων.

Κατά την εξέταση των κινδύνων απωλειών από πλημμύρες, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αξιολογούνται ξεχωριστά οι μετεωρολογικές και υδρολογικές συνθήκες, τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των ποταμών και οι συνθήκες χρήσης γης. Καθένας από αυτούς τους παράγοντες μπορεί να συμβάλει στην αύξηση του κινδύνου ζημιών από πλημμύρες, ιδίως όταν υπάρχουν αρνητικές αλληλεπιδράσεις και συνέργειες. Από αυτούς τους παράγοντες κινδύνου πλημμυρών, οι μετεωρολογικές συνθήκες θεωρούνται πρωταρχικής σημασίας σε σχέση με την κλιματική αλλαγή (A. Bronstert, 2003).

Η κλιματική αλλαγή συμβάλλει άμεσα στο φαινόμενο των πλημμυρών καθώς με τις αλλαγές στα πρότυπα και μοντέλα των βροχοπτώσεων παρατηρείται αύξηση στην ένταση και συχνότητα αυτών, επίσης η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας οδηγεί σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα που συγκρατούν περισσότερους υδρατμούς με αποτέλεσμα έντονες και απότομες βροχοπτώσεις οι οποίες ξεπερνούν την ικανότητα του εδάφους και αποχετευτικού συστήματος να απορροφήσουν τα όμβρια ύδατα. Επομένως τα ποσοστά εμφάνισης στιγμιαίων πλημμυρών αυξάνονται κατακόρυφα.

## 5.2 Μεθοδολογία

Για την υλοποίηση του μελλοντικού σεναρίου πραγματοποιήθηκε αύξηση του δείκτη έντασης βροχόπτωσης MFI για κάθε ένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς σε τρία (3) επίπεδα 10% , 30% , 50%.

Επιπλέον, έγινε χρήση του εργαλείου IDW ( Spatial Analyst, Interpolation, IDW) για την παρεμβολή των δεδομένων στον χώρο και κατασκευάστηκαν οι χάρτες έντασης βροχόπτωσης με βάση τις καινούργιες παραμέτρους.

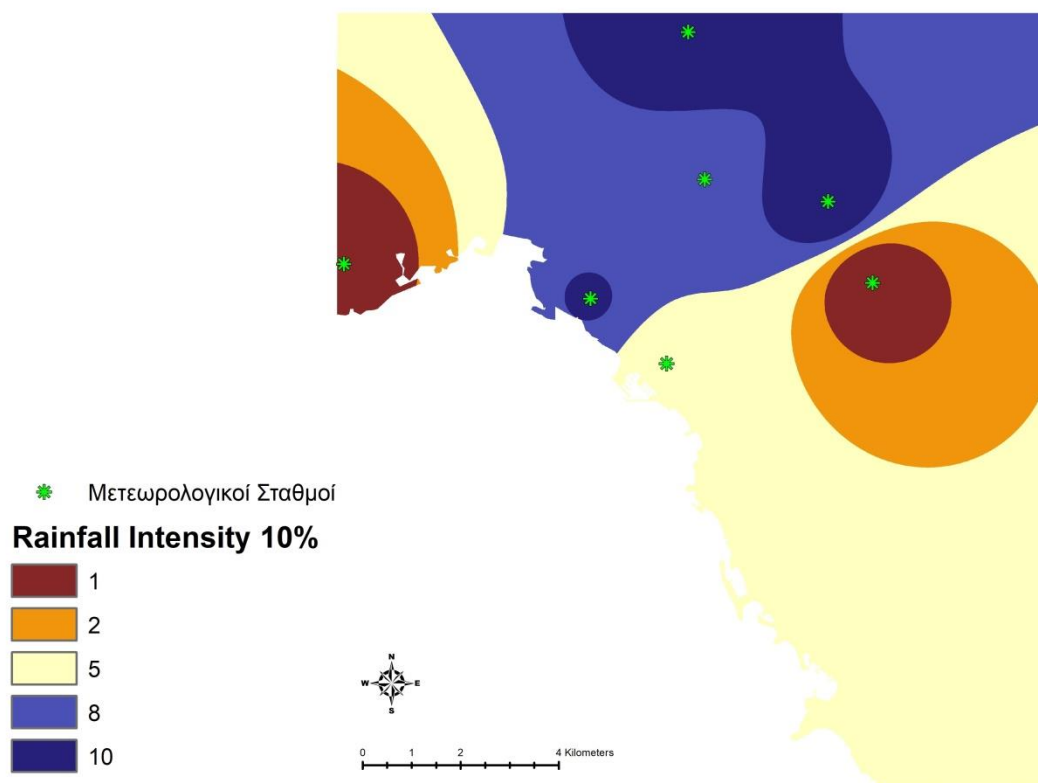
Κατόπιν, με το εργαλείο Reclassify ( Spatial Analyst, Reclass, Reclassify) κατηγοριοποιήθηκαν τα δεδομένα με βάση την επικινδυνότητα και κατασκευάστηκαν οι τελικοί θεματικοί χάρτες έντασης βροχόπτωσης.

Με βάση την μεθοδολογία του αρχικού μοντέλου προκύπτουν οι συνολικοί χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας.

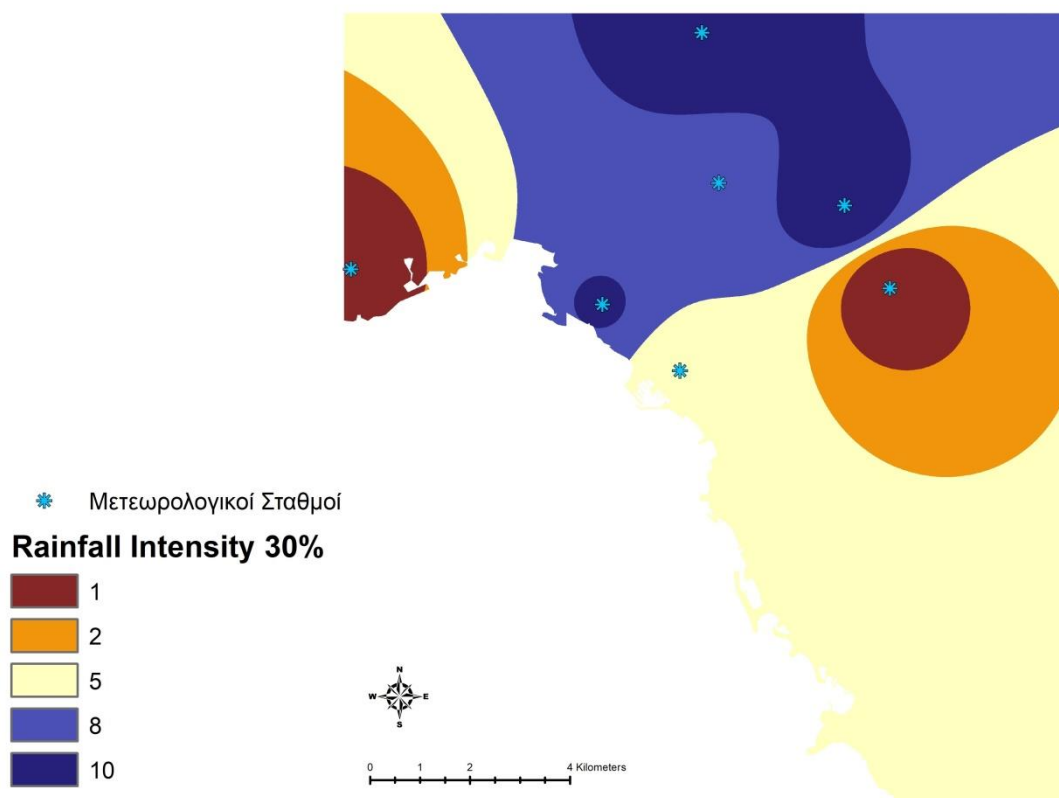
ΣΤΑΘΜΟΣ	MFI 10%	MFI 30%	MFI 50%
ΑΘΗΝΑ	40,24	47,56	54,87
ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ	36,14	42,71	49,28
ΥΜΗΤΤΟΣ-ΔΑΦΝΗ	42,19	49,9	57,53
ΦΑΛΗΡΟ	37,97	44,87	51,8
ΑΛΙΜΟΣ	33,62	39,73	45,84
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	28,27	33,41	38,55
ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	26,4	31,17	36

Πίνακας 13: Δείκτες MFI Σταθμών

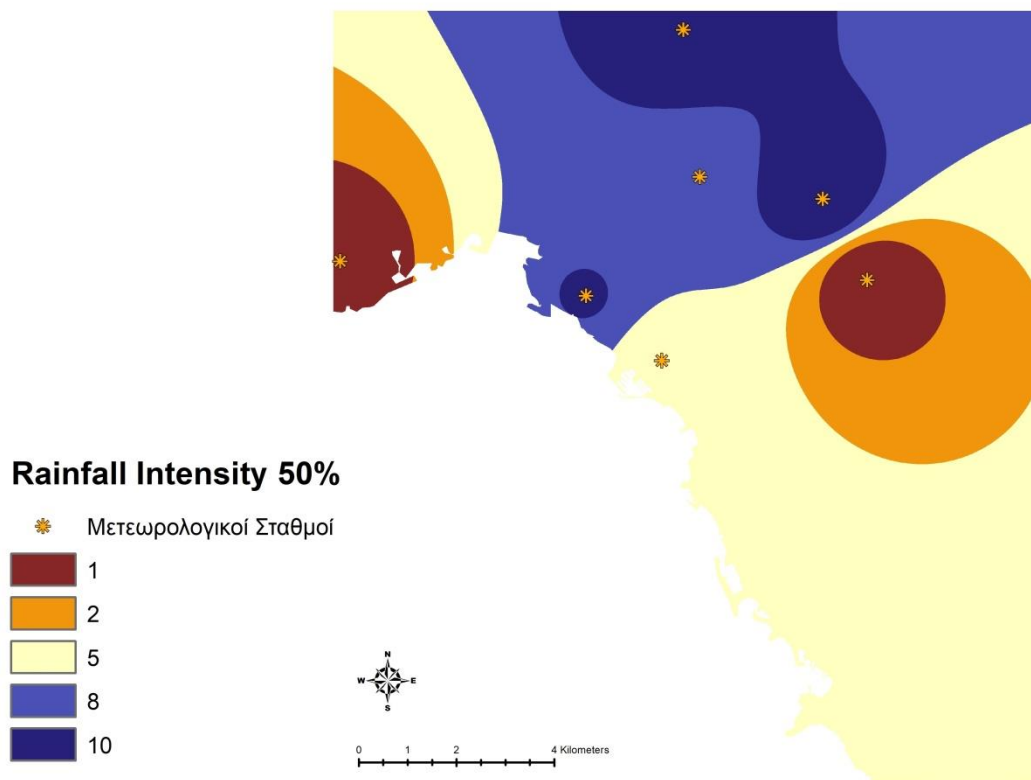
### 5.3 Αποτελέσματα



Εικόνα 39: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης 10%



Εικόνα 40 : Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης 30%

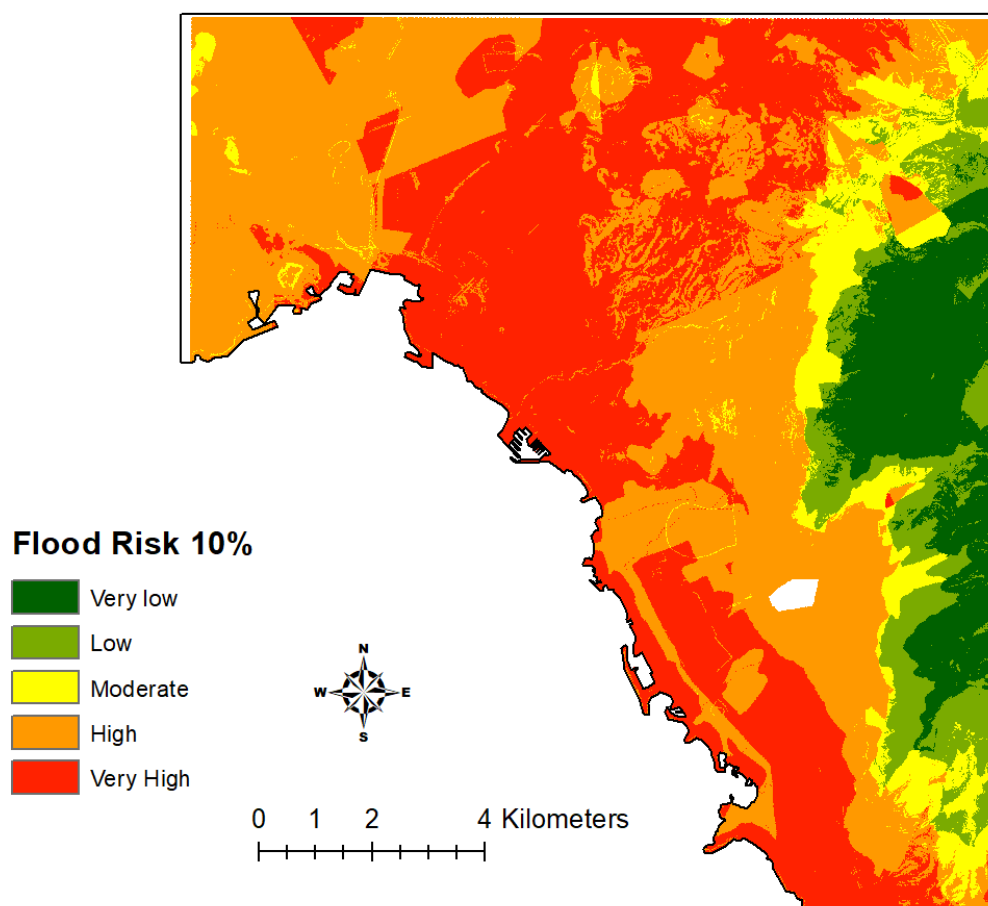


Εικόνα 41: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης 50%

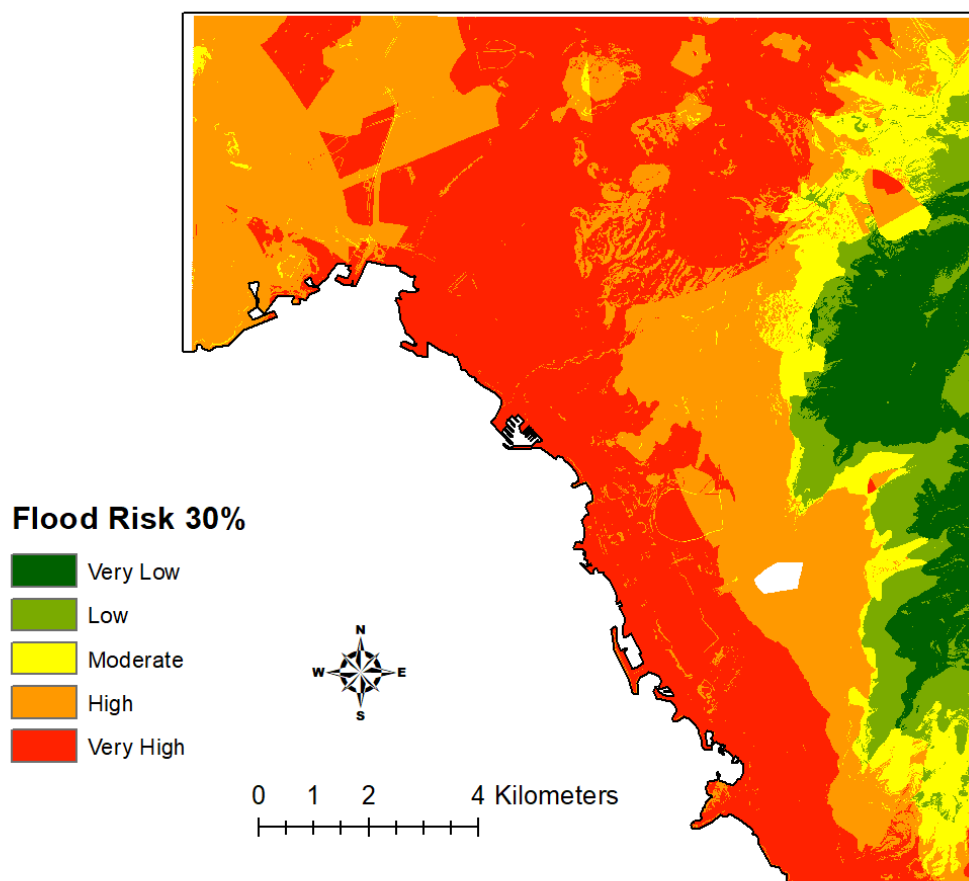
Στις παραπάνω εικόνες παρατίθενται οι Χάρτες Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Έντασης Βροχόπτωσης με τις αντίστοιχες αυξήσεις.

Κατόπιν παρουσιάζονται οι τελικοί χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας.

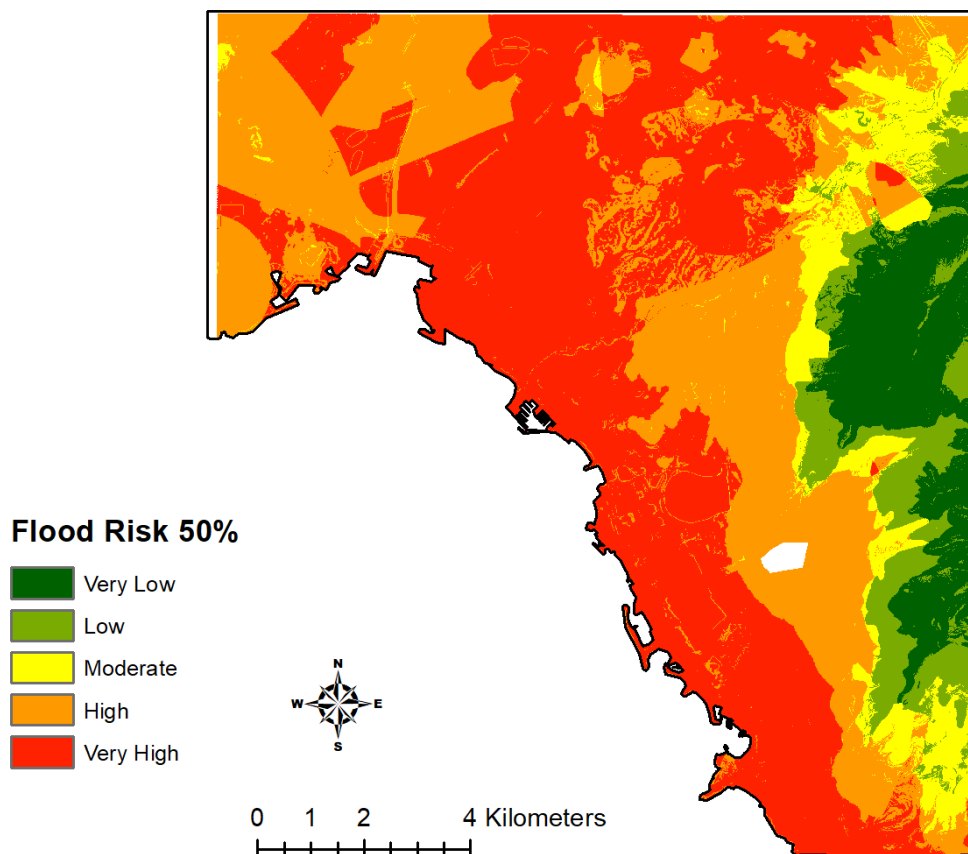




Εικόνα 42: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας 10%



Εικόνα 43: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας 30%



Εικόνα 44: Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας 50%

Παρατηρούμε ότι η σταδιακή αύξηση της βροχόπτωσης έχει άμεση επίδραση στην πλημμυρική επικινδυνότητα.

Στις παραθαλάσσιες περιοχές με μεγάλη επικινδυνότητα υπάρχει αύξηση της επιφάνειας της περιοχής τους που χαρακτηρίζεται με πολύ υψηλή επικινδυνότητα καθώς και οι περιοχές στους πρόποδες του Υμηττού που χαρακτηρίζονται με μέτρια επικινδυνότητα, αυξάνεται σε υψηλή επικινδυνότητα.

Το γεγονός ότι η βροχόπτωση αποτελεί το έναυσμα των πλημμυρικών φαινομένων και επηρεάζει άμεσα τους υπόλοιπους παράγοντες του φαινομένου, έχει αποτέλεσμα αύξηση της συσσώρευσης και της επιφανειακής απορροής και λόγω του πυκνού αστικού ιστού η επικινδυνότητα αυξάνεται κατακόρυφα.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως αντικείμενο τη χωρική ανάλυση και εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στον Νότιο Τομέα Αττικής, μια από τις πλέον πυκνοκατοικημένες και έντονα πολεοδομημένες περιοχές στην Αθήνα. Οι πλημμύρες αποτελούν φυσικό φαινόμενο με καταστροφικές συνέπειες για την ανθρώπινη ζωή, τις υποδομές και την οικονομική δραστηριότητα. Η ανάγκη κατανόησης, πρόληψης και διαχείρισης του κινδύνου στη σημερινή εποχή αποτελεί επιτακτική ανάγκη καθώς η κλιματική αλλαγή αναμένεται να εντείνει την ένταση και συχνότητα των ακραίων υδρομετεωρολογικών φαινομένων που παίζουν καταλυτικό ρόλο στο φαινόμενο της πλημμύρας.

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στηρίχθηκε στη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και ποιο συγκεκριμένα στο περιβάλλον του ArcGIS μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης έξι (6) κρίσιμων παραγόντων: Υψόμετρο, Κλίση, Συγκέντρωση Ροής, Γεωλογία, Χρήσεις Γής, Ένταση Βροχόπτωσης. Μέσα από την επεξεργασία και το συνδυασμό των παραπάνω παραμέτρων κατασκευάστηκαν οι θεματικοί χάρτες, οι οποίοι ταξινομήθηκαν σε πέντε (5) επίπεδα επικινδυνότητας, καταλήγοντας στη δημιουργία του συνολικού χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας. Η επιλογή της μεθόδου Natural Breaks (Jenks) επέτρεψε την αντικειμενική οριοθέτηση των ζωνών κινδύνου, προσφέροντας μια σαφή και κατανοητή χωρική απεικόνιση.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου δείχνουν ότι ο Νότιος Τομέας Αττικής εμφανίζει εκτεταμένες ζώνες υψηλού και πολύ υψηλού κινδύνου, γεγονός που συνάδει με τα ιστορικά δεδομένα και τα καταγεγραμμένα πλημμυρικά συμβάντα της περιοχής. Οι μεγαλύτερες πιέσεις παρατηρούνται στον αστικό ιστό, όπου η έντονη δόμηση, η έλλειψη επαρκών πράσινων χώρων και η κάλυψη του εδάφους από αδιαπέραστα υλικά περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη δυνατότητα απορρόφησης των υδάτων. Οι συνέπειες εκδηλώνονται κυρίως με εκτεταμένες υλικές ζημιές, αλλά και με απώλειες ανθρώπινων ζωνών σε ακραίες περιπτώσεις, όπως έχει καταγραφεί σε πλημμύρες των τελευταίων δεκαετιών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα σενάρια μελλοντικής εκτίμησης της επικινδυνότητας, τα οποία βασίστηκαν στην υπόθεση αύξησης της έντασης βροχόπτωσης κατά 10%, 30% και 50%.

Η προσομοίωση αυτών των συνθηκών ανέδειξε σημαντική αύξηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας, ιδιαίτερα στις πυκνοκατοικημένες περιοχές και κοντά σε κομβικά τμήματα του υδρογραφικού δικτύου. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει ότι η κλιματική αλλαγή και η μεταβολή των υδρολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες που θα επιβαρύνουν περαιτέρω το πρόβλημα στο μέλλον.

Με βάση την ανάλυση του μοντέλου και των αποτελεσμάτων μπορούμε να καταγράψουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

**Η περιοχή μελέτης είναι ιδιαίτερα ευάλωτη σε πλημμυρικά φαινόμενα.** Η υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα οφείλεται τόσο στη γεωλογία όσο και στη μορφολογία του εδάφους λόγω των ανθρώπινων παρεμβάσεων (αστικοποίηση, δόμηση σε ρέματα, περιορισμός διαπερατών επιφανειών).

**Οι υποδομές αντιπλημμυρικής προστασίας είναι ανεπαρκείς.** Η έλλειψη ολοκληρωμένου σχεδιασμού και η καθυστέρηση υλοποίησης των έργων αυξάνουν τις πιθανότητες του κινδύνου.

**Η χρήση ΓΣΠ και πολυκριτηριακής ανάλυσης αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη.** Η μεθοδολογία παρέχει μια αξιόπιστη και δυναμική βάση για την καταγραφή των περιοχών υψηλού κινδύνου και την λήψη αποφάσεων επίλυσης.

**Η κλιματική αλλαγή αυξάνει την τρωτότητα.** Τα σενάρια μελλοντικής βροχόπτωσης δείχνουν σαφή τάση αύξησης της επικινδυνότητας, ιδίως σε πυκνοκατοικημένες και παραθαλάσσιες περιοχές με ανεπαρκή αντιπλημμυρικά δίκτυα.

**Η πολιτική προστασία πρέπει να προσαρμοστεί στα τωρινά δεδομένα.** Είναι απαραίτητη η υιοθέτηση στρατηγικής που περιλαμβάνει τόσο τεχνικά έργα όπως αντιπλημμυρικά φράγματα και διευθέτηση ρεμάτων όσο και μέτρα μη δομικού χαρακτήρα όπως χωροταξικός σχεδιασμός και έγκαιρη προειδοποίηση πολιτών.

Ολοκληρώνοντας, η εργασία ανέδειξε την ανάγκη διεπιστημονικής έρευνας και συνεργασίας. Η αντιμετώπιση του πλημμυρικού κινδύνου δεν βασίζεται αποκλειστικά σε τεχνικές λύσεις, αλλά απαιτεί τον συνδυασμό επιστημονικής γνώσης, πολιτικής βούλησης και κοινωνικής συμμετοχής. Η μελέτη της περιοχής του Νότιου Τομέα Αττικής αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για το πώς οι σύγχρονες αναλυτικές μέθοδοι συμβάλλουν καταλυτικά στην κατανόηση του προβλήματος και στην αποτελεσματική στρατηγική πρόληψης και προστασίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. Τσουχλαράκη, Γ. Αχιλλέως, «Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη – Το ArcGIS 9.3(2η Έκδοση)», 2015, Εκδόσεις Δίσιγμα, ISBN:978-960-9495-19-6

Κουργιαλάς, Ν. (2010) 'Ολοκληρωμένη Διαχείριση- Πρόβλεψη και Αντιμετώπιση Πλημμυρικών Φαινομένων σε Σύνθετες Γεωμορφολογικά Περιοχές με Χρήση Μαθηματικών Μοντέλων και GIS' , Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάδα.

Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος ,Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής

Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος, Έκθεση εφαρμογής μέτρων σχεδίων Διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας

ESRI, 2006. *What is ArcGIS 9.2*, s.l.: ESRI.

Τσέργας, Α. 2021. "Πλημμυρική Διακινδύνευση στην Αττική: Καταγραφή και Ανάλυση Συμβάντων με χρήση ΓΣΠ" ,ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα.

Γκούμας, Χ., 2019. "Ανάλυση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας και Μοντελοποίηση Ροής του ρέματος Σταλού Χανίων", Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάς.

Kourgialas, N. N. & Karatzas, G. P. (2011) "Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study", *Hydrological Sciences Journal*, 56:2, 212-225, DOI: 10.1080/02626667.2011.555836

Singh, V. P., & Fiorentino, M. (1996). *Geographical Information Systems in Hydrology*. Kluwer Academic Publishers.

Yang, Wenjie & Zhao, Yue & Wang, Dong & Wu, Huihui & Lin, Aijun & He, Li. (2020). Using Principal Components Analysis and IDW Interpolation to Determine Spatial and Temporal Changes of Surface Water Quality of Xin'anjiang River in Huangshan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

Shaban, A., Khawlie, M., Bou, Kheir. R., Abdallah, C., 2001. Assessment of road instability along a typical mountainous road using GIS and aerial photos, Lebanon-eastern Mediterranean. *Bull Eng Geol Env*, 60:93-101.

Gleick, P. H., 1996: Water resources. In *Encyclopedia of Climate and Weather*, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.

Διεύθυνση Αντιπλημμυρικών και Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ19) του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Εφαρμογή οδηγίας 2007/60/EK 1<sup>η</sup>



Αναθεώρηση προκαταρκτικής αξιολόγησης κινδύνων πλημμύρας.

Smith, K., & Ward, R. (1998). Floods: physical processes and human impacts. John Wiley and Sons Ltd.

L. Marchi, M. Borga, E. Preciso, and E. Gaume, "Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management," *Journal of Hydrology*, vol. 394, no. 1–2, pp. 118–133, Nov. 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.017>

A. Bronstert, "Floods and Climate Change: Interactions and Impacts," *Risk Analysis*, vol. 23, no. 3, pp. 545–557, Jun. 2003, doi: <https://doi.org/10.1111/1539-6924.00335>.

Στουρνάρας Γ., Νάστος Π., Γιόξας Γ., Ευελπίδου Ν., Βασιλάκης Εμμ. Παρτσινεβέλου Σ., Α., Ηλιόπουλος Β., 2011, «Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στα Επιφανειακά και Υπόγεια Υδατικά Σώματα του Ελλαδικού Χώρου», Τράπεζα Της Ελλάδος, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα, σελ. 26-28

Στουρνάρας Γ., Σκούρτος Μ., Κοντογιάννη Α., Γιόξας Γ., Μαχλέρας Α, Νάστος Π., 2011, «Οι Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα», Τράπεζα Της Ελλάδος, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, κεφ. 2, σελ. 145,181

## Ηλεκτρονικές Πηγές

-USGS

-Οικοσκόπιο

-EMY

-Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος

-Copernicus Land Monitoring Service

-Ε.Α.Γ.Μ.Ε.

-GEODATA

-Research Gate

<https://www.news247.gr/oikonomia/thessalia-sto-35-disek-o-logariasmos-tou-daniel-i-aporrofitikotita-kai-ta-kampanakia/>

<https://www.kathimerini.gr/society/561383566/perissoteroi-apo-230-nekroi-stin-ellada-apo-ta-kairika-fainomena-se-mia-20etia/>

<https://climatebook.gr/copernicus-ektetamenes-plimmyres-stin-ellada-apo-tin-kakokairia-elias/>

<https://ypen.gov.gr/atypi-synodos-ypourgon-perivallontos-tis-ee/>

<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/o-ydrologikos-kyklos-water-cycle-greek#overview>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex%3A32007L0060>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0060-20130913&from=EN>

<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj?locale=el>

<https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/pd-6961974-fek-301a-8101974>

<https://www.e-nomothesia.gr/epaggelmata-tekhnes/mekhanikoi-arkhitektones-mekhanologoi/proedriko-diatagma-696-1974-fek-301a-8-10-1974.html>

[https://mpattiki.etme.gr/pdf/thesmiko-plaisio/%CE%A6%CE%95%CE%9A%20%CE%92%20428\\_15\\_02\\_2017.pdf](https://mpattiki.etme.gr/pdf/thesmiko-plaisio/%CE%A6%CE%95%CE%9A%20%CE%92%20428_15_02_2017.pdf)

[https://mpattiki.etme.gr/pdf/thesmiko-plaisio/%CE%9D\\_4258\\_2014.pdf](https://mpattiki.etme.gr/pdf/thesmiko-plaisio/%CE%9D_4258_2014.pdf)

<https://ypen.gov.gr/chorikos-schediasmos/elegchos-domimenou-perivallontos/afthaireta/nomos-4014-2011/>

[https://mpattiki.etme.gr/pdf/thesmiko-plaisio/%CE%9D\\_3852\\_2010.pdf](https://mpattiki.etme.gr/pdf/thesmiko-plaisio/%CE%9D_3852_2010.pdf)

<https://mpattiki.etme.gr/pdf/thesmiko-plaisio/FEK-2014-Tefxos%20A-00156.pdf>

<https://www.eea.europa.eu/policy-documents/directive-2007-60-ec-of>

<https://mpattiki.etme.gr/index.php/el/paradotea/zoni-lekanopedio>

[http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology\\_city?perifereia=Attiki&poli=Athens\\_Hellinikon](http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Attiki&poli=Athens_Hellinikon)

[http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology\\_city?perifereia=Attiki&poli=Athens\\_Hellinikon](http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Attiki&poli=Athens_Hellinikon)

<http://www.oikoskopio.gr/map/>

<https://architecture.arcgis.com/en/overview/introduction-to-arcgis/introduction.html>