



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ &
ΕΦΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

**Εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας της λεκάνης απορροής του ποταμού
Αράχθου με την αξιοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΥΘΑΛΙΑ- ΡΟΖΑΛΙΝΤΑ

ΧΑΣΑΠΙΔΗ- ΜΑΥΡΟΕΙΔΗ

ΑΘΗΝΑ 2017



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ &
ΕΦΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ευθύμιος Καρύμπαλης,

Αναπληρωτής Καθηγητής

Χρήστος Χαλκιάς,

Αναπληρωτής Καθηγητής

Πέτρος Κατσαφάδος,

Επίκουρος Καθηγητής

Η Ευθαλία Ροζαλίντα Χασαπίδη Μαυροειδή

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

EΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο ταξίδι της συγγραφής της παρούσας πτυχιακής εργασίας στάθηκαν στο πλευρό μου ορισμένοι άνθρωποι τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς, γιατί χωρίς αυτούς δεν θα τα είχα καταφέρει.

Πρώτα και κύρια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου. Τον επιβλέποντα καθηγητή κο Ευθύμιο Καρύμπαλη για την καθοδήγηση, την έμπνευση και τις πολύτιμες συμβουλές και ιδέες, οι οποίες με οδήγησαν να ανακαλύψω νέα πεδία γνώσης και να προχωρήσω την ερευνά μου πολλά βήματα παρακάτω. Τον κο Χρήστο Χαλκιά για τη σπουδαία παρέμβαση και βοήθεια του την κατάλληλη στιγμή. Καθώς επίσης, την καθηγήτρια κα Καλλιόπη Σαπουντζάκη, που με την πρωτοβουλία της να επισκεφτούμε την πληγείσα από το πλημμυρικό γεγονός του Φεβρουαρίου 2015, περιοχή της λεκάνης του Αράχθου μου δόθηκαν τα εργαλεία εκείνα ώστε να ξεκινήσω την ερευνά μου από μία σωστή βάση.

Αμέσως μετά θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, Ευθαλία, Ράνια, Γουλιέλμο, Ματό, Νίκο, Βίκυ, Αλεξάνδρα, Κώστα, Γεωργία και τον σύντροφό μου Παναγιώτη, για την άπειρη συμπαράσταση και ενθάρρυνση να κατακτήσω και αυτό το «βουνό».

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	7
Περίληψη στα Αγγλικά (English summary).....	9
Κατάλογος Εικόνων.....	10
Κατάλογος Χαρτών.....	12
Κατάλογος Πινάκων.....	14
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	15
Εισαγωγή.....	16
Κεφάλαιο 1: Ορισμοί- βασικές έννοιες.....	18
Ποτάμια Πλημμύρα (Fluvial flood).....	18
Στάδια μελέτης ενός πλημμυρικού επεισοδίου.....	22
Είδη απορροής: Επιφανειακή απορροή και τύποι ροής.....	23
Ενεργός βροχόπτωση.....	26
Υδατογράφημα και Υετογράφημα.....	26
Παράγοντες πλημμύρας.....	30
Ποσοτική έκφραση της βροχόπτωσης.....	36
Περίοδος επαναφοράς.....	37
Ένταση και Ραγδαιότητα βροχής.....	37
Κατανομή της ραγδαιότητας στον ελλαδικό χώρο.....	38
Κατείσδυση, Πορώδες, Χρόνος συγκέντρωσης, Συντελεστής απορροής.....	41
Κίνδυνος, Επικινδυνότητα και Τρωτότητα.....	48
Κίνδυνος πλημμύρας και πλημμυρική επικινδυνότητα.....	49
Η συμβολή της πρόγνωσης.....	49
Η Οδηγία 2007/60/ΕΚ.....	51
Προκαταρκτική εκτίμηση- Πρώτο Στάδιο.....	51
Χάρτες επικινδυνότητας και χάρτες κινδύνου πλημμύρας- Δεύτερο Στάδιο.....	52
Σχέδια διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας- Τρίτο Στάδιο.....	53
Κεφάλαιο 2: Η περιοχή μελέτης.....	55
Γεωγραφικός προσδιορισμός της περιοχής μελέτης- Δημογραφικά στοιχεία.....	55
Χρήσεις γης και οικονομικές δραστηριότητες στην περιοχή μελέτης - Απασχόληση πληθυσμού.....	58
Αλλαγές στις χρήσεις γης- Αεροφωτογραφίες.....	62
Πολιτιστικά στοιχεία.....	63
Κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.....	63
Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου.....	66
Κύρια χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής ποταμού Αράχθου.....	68
Γεωλογικά χαρακτηριστικά.....	71
Γεωλογική ιστορία της Ιόνιας ζώνης.....	77

Υδροπερατότητα γεωλογικών σχηματισμών.....	78
Φλύσχη- γενικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά.....	80
Υδρολογικό σύστημα Αράχθου.....	81
Διαχείριση του φράγματος- Πουρνάρι I & II.....	81
Ιστορικό πλημμυρικών επεισοδίων στην περιοχή μελέτης.....	83
Σύγκριση των πιο πρόσφατων πλημμυρικών φαινομένων στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου σε σχέση με τη διαχείριση του ΥΗΣ (2005 και 2015).....	85
Μελέτες διαχείρισης πλημμυρικού κινδύνου.....	90
Χαρτογράφηση πλημμυρισμένων σημείων.....	92
Συλλογή και καταγραφή σημείων πλημμύρας του πλημμυρικού γεγονότος του Φεβρουαρίου 2015....	92
Εκπόνηση Χάρτη για την απεικόνιση των συλλεχθέντων σημείων και τη χάραξη της πλημμυρισμένης περιοχής.....	107
Σύγκριση παλαιότερης μελέτης πλημμυρικής επικινδυνότητας με τη πλημμυρισμένη ζώνη του Φεβρουαρίου 2015.....	109
Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία ανάπτυξης θεματικών χαρτών.....	114
Καθορισμός παραγόντων πλημμυρικής επικινδυνότητας.....	115
Πηγές δεδομένων θεματικών χαρτών.....	117
Θεματικοί Χάρτες.....	118
Θεματικός χάρτης: Υψόμετρο.....	118
Θεματικός χάρτης: Μορφολογικές κλίσεις.....	120
Θεματικός χάρτης: Γεωλογικοί σχηματισμοί.....	122
Θεματικός χάρτης: Χρήσεις γης.....	124
Θεματικός χάρτης: Μέσου ετήσιου Ύψους Βροχής.....	126
Θεματικός χάρτης: Συγκέντρωσης Ροής.....	128
Θεματικός χάρτης: Απόσταση από το Υδρογραφικό δίκτυο.....	131
Βαθμονόμηση των παραμέτρων.....	133
Θεματικοί Χάρτες ως προς την επικινδυνότητα.....	134
Επικινδυνότητα ως προς το Υψόμετρο.....	134
Επικινδυνότητα ως προς τις Μορφολογικές Κλίσεις.....	136
Επικινδυνότητα ως προς την υδροπερατότητα των Γεωλογικών Σχηματισμών.....	138
Επικινδυνότητα ως προς τις Χρήσεις Γης.....	141
Επικινδυνότητα ως προς τη Μέση Ετήσια Βροχόπτωση.....	145
Επικινδυνότητα ως προς τη Συγκέντρωση Ροής.....	147
Επικινδυνότητα ως προς την κάθετη Απόσταση από τις κεντρικές κοίτες του Υδρογραφικού Δικτύου.....	149
Κεφάλαιο 4: Παραγωγή του τελικού χάρτη με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων.....	152
1 ^η Μέθοδος στάθμισης με ίσα βάρη.....	153
2 ^η Μέθοδος στάθμισης με βάρη ανά παράγοντα.....	158

Επαλήθευση χαρτών.....	167
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.....	179
Βιβλιογραφία.....	181

Περίληψη

Η πλημμύρα αποτελεί έναν εξαιρετικά επιζήμιο φυσικό κίνδυνο με αρνητικές συνέπειες τόσο για τον άνθρωπο και τις δραστηριότητές του, όσο και για το περιβάλλον. Περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλή συχνότητα και ένταση αυτού του φαινομένου χρήζουν μεγαλύτερης προσοχής και σύνταξης σχεδίων πρόληψης με αξιοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων χωρικών κυρίως δεδομένων. Χαρακτηριστική περιοχή του ελλαδικού χώρου επιρρεπής στον πλημμυρικό κίνδυνο είναι η λεκάνη απορροής του ποταμού Άραχθου στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου με πιο πρόσφατο πλημμυρικό γεγονός αυτό του Φεβρουαρίου του 2015 που προκάλεσε σημαντικά προβλήματα τόσο σε οικονομικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο.

Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμο η συγκεκριμένη υδρογραφική λεκάνη να αποτελέσει την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας για την εκπόνηση ενός χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας, ο οποίος θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις τοπικές αρχές για την καλύτερη πρόβλεψη- πρόληψη- διαχείριση των πλημμυρικών επεισοδίων.

Η μεθοδολογία αυτή περιλαμβάνει σε πρώτο στάδιο την έρευνα για την επιλογή των παραγόντων πλημμυρικής επικινδυνότητας, ενώ σε δεύτερο και κυριότερο στάδιο την εύρεση της εξάρτησης των παραγόντων πλημμυρικής επικινδυνότητας ως προς τη συνολική επικινδυνότητα της εξεταζόμενης λεκάνης. Οι παράγοντες που επιλέχθηκαν είναι α) το υψόμετρο, β) οι μορφολογικές κλίσεις, γ) οι γεωλογικοί σχηματισμοί, δ) οι χρήσεις γης, ε) το μέσο ετήσιο ύψος βροχής, στ) η συγκέντρωση ροής και ζ) η κάθετη απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.

Τα δεδομένα των παραγόντων επικινδυνότητας αποτυπώθηκαν σε θεματικούς χάρτες και κατηγοριοποιήθηκαν σε κλάσεις επικινδυνότητας. Το αποτέλεσμα αυτής της κατηγοριοποίησης ήταν η ανάπτυξη χαρτών επικινδυνότητας ανά παράγοντα.

Για τον υπολογισμό της συνολικής επικινδυνότητας χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι (στάθμιση με ίσα βάρη και στάθμιση με διαφορετικά βάρη) που βιβλιογραφικά χρησιμοποιούνται σε παρόμοιες περιπτώσεις. Με τη στάθμιση με ίσα βάρη δημιουργήθηκαν δύο χάρτες, εκείνος του συνυπολογισμού όλων των παραγόντων και εκείνος χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα

της Συγκέντρωσης ροής. Ομοίως και στη στάθμιση με ίσα βάρη αναπτύχθηκαν δύο χάρτες για δύο διαφορετικές περιπτώσεις συντελεστών βαρύτητας των παραγόντων.

Ακολούθησε η επαλήθευση των χαρτών με την προβολή σημείων πλημμυρικών επεισοδίων και η ποσοστιαία αντιστοίχιση αυτών σε ζώνες επικινδυνότητας.

Λαμβάνοντας υπόψιν το ποσοστό επαλήθευσης και την λεπτομέρεια απεικόνισης κρίθηκαν οι χάρτες ως προς την εγκυρότητά τους.

Λέξεις κλειδιά: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, στάθμιση παραγόντων πλημμύρας, επαλήθευση, χάρτης επικινδυνότητας

Περίληψη στα Αγγλικά (English summary)

Flood is an extremely damaging natural hazard with negative impact both on humans and their activities, and the environment. Areas characterized by high frequency and intensity in such a phenomenon require more attention and better planning. Arachthos River basin is a typical high flood risk area of Ipeiros, Greece. Latest flood event of February, 2015 caused considerable damage in economic and social level.

That was the reason, this particular area was designated as a case study. The purpose of this study was to develop a methodology for the creation of a flood risk map, which can be used by local authorities to better predict- prevent- manage flood events.

This methodology comprises two stages. The first stage is the selection of the appropriate flood risk factors, while the second and most important stage is the finding of the dependency between the flood risk factors and the total risk of the case study. The factors selected are: a) altitude, b) morphological gradient, c) geological formations, d) land use, e) average annual rainfall, f) flow accumulation and g) the vertical distance from the hydrographic network.

Data of the risk factors were integrated in thematic maps and categorized into risk classes. The results of this classification is the development of risk maps per risk factor.

For the calculation of the total risk, two methods were used (weighing with equal weights, weighing with different weights) that are commonly used in literature in similar cases.

Weighting with equal weights created two maps, one with the co- calculation of all factors and one without the co- calculation of the Flow Accumulation factor. Likewise, weighing with different weights created two maps for two different cases. Validation of those maps followed, with the projection of historical flood events assigned to flood risks zones. Finally, the maps were validated based on verification rate and imaging detail.

Key words: GIS, flood factors, validation, flood risk map

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Σκαρίφημα κοίτης του ποταμού και λεκάνης κατάκλισης. [Πηγή εικόνας: (Λέκκας, 2000)].....	18
Εικόνα 2 Σκαρίφημα (ιδεατό) εγκάρσιας τομής κοίτης και την έκταση των δυνατών πλημμυρικών φαινομένων.....	19
Εικόνα 3 Σκαρίφημα για την αναπαράσταση των επιπτώσεων της αστικοποίησης στην λεκάνη κατάκλισης λόγω αύξησης του ύψους των επικείμενων πλημμυρών. [Πηγή εικόνας: (Λέκκας, 2000)]....	22
Εικόνα 4 Τύποι ροής τρόπου κίνησης του νερού. [Πηγή εικόνας: (Κουτσογιάννης, και συν. 2013)].....	24
Εικόνα 5 Υδρολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε ένα επεισόδιο βροχής ή πλημμύρας. [Πηγή εικόνας: (Κουτσογιάννης, και συν. 2013)].....	25
Εικόνα 6 Τυπικό υδρογράφημα με το αντίστοιχο υετογράφημα της βροχής που προκάλεσε την πλημμύρα.....	27
Εικόνα 7 Διαχωρισμός βασικής από τη συνολική απορροή και ενεργούς από τη συνολική βροχόπτωση. [Πηγή εικόνας: (Κουτσογιάννης, και συν. 2013)].....	30
Εικόνα 8 Διαφορές υδρογραφήματος ανάλογα με το σχήμα της υδρολογικής λεκάνης. Υδρογράφημα με υστέρηση αιχμής (γκρι χρώμα). [Πηγή εικόνας: (Διακάκης, 2012)].....	31
Εικόνα 9 Διαφορές στα υδρογραφήματα ανάλογα με την κλίση της λεκάνης απορροής. Χαμηλές τιμές κλίσης αντιστοιχούν σε υστέρηση αιχμής στο υδρογράφημα (γκρι χρώμα). [Πηγή εικόνας: (Διακάκης, 2012)].....	32
Εικόνα 10 Διαφορές υδρογραφημάτων σε σχέση με τη χωρική κατανομή της καταιγίδας στη λεκάνη. Εκδήλωση καταιγίδας μακριά από το σημείο εξόδου (αριστερά) και το αντίστοιχο υδρογράφημα στο οποίο παρατηρείται η καθυστέρηση στον άξονα του χρόνου. Στην δεύτερη περίπτωση παρατηρείται εκδήλωση καταιγίδας κοντά στο σημείο εξόδου (δεξιά) με εντονότερη την αιχμή του υδρογραφήματος, καθώς και σύγκριση των περιπτώσεων του σκαριφήματος (μαύρο χρώμα για την καταιγίδα στο σημείο εξόδου και γκρι για καταιγίδα στα ανάντη με αντίστοιχα χρώματα στο υδρογράφημα). [Πηγή εικόνας: (Διακάκης, 2012)].....	33
Εικόνα 11 Αποτύπωση της πορείας της καταιγίδας στο υδρογράφημα. Κίνηση καταιγίδας από τα ανάντη προς τα κατάντη (μαύρο χρώμα) αντιστοιχεί σε υδρογράφημα με πιο καθυστερημένη και πιο έντονη αιχμή υδρογραφήματος, ενώ κίνηση της καταιγίδας από τα κατάντη προς τα ανάντη συνεπάγεται πολύ πιο ήπιο υδρογράφημα (γκρι χρώμα). [Πηγή εικόνας: (Διακάκης, 2012)].....	33
Εικόνα 12 Διαφορές υδρογραφημάτων εκδήλωσης βροχόπτωσης σε μη- αστικό (γκρι χρώμα) και σε αστικό (μαύρο χρώμα) περιβάλλον. [Πηγή εικόνας: (Διακάκης, 2012)].....	36
Εικόνα 13 Σκαρίφημα διαφορετικής στάθμης και της αντίστοιχης περιόδου επαναφοράς. [Πηγή εικόνας: (Σαπουντζάκη και Δανδουλάκη 2015)].....	37
Εικόνα 14 Σκαρίφημα ερμηνείας του χρόνου συγκέντρωσης. [Πηγή εικόνας: (Κουτσογιάννης, και συν. 2013)].....	43
Εικόνα 15 Διαφορετικές περιπτώσεις επίδρασης της κλίσης υδρολογικής λεκάνης στον χρόνο συγκέντρωσης και πως αυτό αποτυπώνεται στο σχήμα του πλημμυρογραφήματος. [Πηγή εικόνας: (Κουτσογιάννης, και συν. 2013)].....	44
Εικόνα 16 Περιφερειακή ενότητα Άρτας- περιοχή μελέτης, με επιμέρους δήμους.[Πηγή εικόνας: (Copernicus-Ems 2015)].....	56
Εικόνα 17 Οι αλλαγές στις χρήσεις γης και στο ανάγλυφο από το 1945 στο 2006. [Πηγή εικόνων: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, 2015].....	62
Εικόνα 18 Κατανομή βροχοπτώσεων για το Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου. (Μ. Α. Μιμίκου 2004). .	67

Εικόνα 19 Η λεκάνη απορροής του Αράχθου ανάντη του Υδροηλεκτρικού φράγματος με τους παραπόταμους και τους χειμάρρους. [Πηγή εικόνας: (Κουτσογιάννης, Μαρκόνη και Κουκουβίνος, και συν. 2010)].....	69
Εικόνα 20 Άνω τμήμα Αράχθου. [Πηγή εικόνας: Google maps, screen shot].....	70
Εικόνα 21 Μεσαίο τμήμα Αράχθου. [Πηγή εικόνας: Google maps, screen shot].....	70
Εικόνα 22 Τελευταίο τμήμα του ποτάμιου συστήματος του Αράχθου. [Πηγή εικόνας: Google maps, screen shot].....	70
Εικόνα 23 Χάρτης ενδεικτικής απεικόνισης των υποζωνών της Ιόνιας ζώνης. [Πηγή χάρτη: (Κατσάνου 2012)].....	72
Εικόνα 24 Χάρτης απεικόνισης των γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας. [Πηγή χάρτη: (Κατσάνου 2012)].....	73
Εικόνα 25 Χάρτης Υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου (εκτός νήσων) με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντώνται. [Πηγή χάρτη: (Κατσάνου 2012)].....	74
Εικόνα 26 Γεωλογικό υπόβαθρο της πεδιάδας της Άρτας (τομή). [Πηγή εικόνας: (Κατσάνου 2012)].....	75
Εικόνα 27 Χάρτης απεικόνισης κύριων τεκτονικών δομών Ηπείρου. [Πηγή χάρτη: (Κατσάνου 2012)]	76
Εικόνα 28 Χάρτης γεωλογικών σχηματισμών με τα υδρογεωλογικά τους χαρακτηριστικά.....	79
Εικόνα 29 Θέσεις υδροηλεκτρικών φραγμάτων. [Πηγή εικόνας: Google Earth, επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	81
Εικόνα 30 Άνοιγμα του εκχειλιστή κατά το πλημμυρικό γεγονός του Φεβρουαρίου 2015. Άποψη του φράγματος από τον ΥΗΣ της ΔΕΗ. [Πηγή εικόνας: (Δήμος Αρταίων, 2015)].....	87
Εικόνα 31 Το γεφύρι της Άρτας τις ημέρες της πλημμύρας 2 ^{ης} 2015.....	87
Εικόνα 32 Πλημμυρισμένες καλλιέργειες. [Πηγή εικόνας: (Δήμος Αρταίων, 2015)].....	88
Εικόνα 33 Ιστορικές πλημμύρες στον κάμπο της Άρτας σύμφωνα με τα αρχεία του ΥΠΕΚΑ. [Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνων πλημμύρας σύμφωνα με την οδηγία 2007/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή της Κ.Υ.Α. Η.Π 31822/1542/Ε103, 2013»]......	89
Εικόνα 34 Επικαιροποίηση Πλημμυρικής Μελέτης και έρευνα διάδοσης εξαιρετικών πλημμυρικών κυμάτων λόγω θραύσης φραγμάτων στον π. Αραχθο. Ζώνη κατάκλυσης για $Q=2000\text{Mm}^3/\text{sec}$. ΔΕΗ, ECOS 2008». ΧΑΡΤΗΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1/20.000. Η λήψη των φωτογραφιών παραχωρήθηκε από τη από την Πολιτική Προστασία της Περιφέρειας Άρτας κατά την Εκπαιδευτική Εκδρομή του ΠΜΣ: Διαχείρισης Φυσικών και Ανθρωπογενών καταστροφών, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2015]......	91
Εικόνα 35 Απεικόνιση σημείων πλημμύρας (κίτρινες πινέζες) σε περιβάλλον Google Earth. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	94
Εικόνα 36 Κτίριο Πολιτικής Προστασίας Περιφέρειας Άρτας. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015].....	95
Εικόνα 37 Άποψη Κεραμάτων. Screenshot Google Earth όπου η κίτρινη γραμμή δείχνει την μικρότερη οριζόντια απόσταση από την όχθη του ποταμού μέχρι την επαρχιακή οδό Άρτας- Νεοχωρίου (περίπου 370μέτρα). [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	95
Εικόνα 38 Κεραμάτες καλλιεργημένες περιοχές που πλημμύρισαν, εγγύτερα του οικισμού.....	96
Εικόνα 39 Κεραμάτες καλλιεργημένες περιοχές που πλημμύρισαν εγγύτερα της κοίτης του ποταμού....	96
Εικόνα 40 Κεραμάτες, η επαρχιακή οδός Άρτας- Νεοχωρίου την οποία ξεπέρασε το νερό. Παρατηρούμε ότι οι βάσεις των δέντρων βρίσκονται χαμηλότερα του οδοστρώματος. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015].....	96
Εικόνα 41 Στην ποτοποιία Γάτσιος ΕΠΕ ο κ. Γάτσιος ο οποίος επιδεικνύει το ύψος που έφτασε το νερό. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015].....	97

Εικόνα 42 Άποψη περιοχής που είναι εγκατεστημένη η Ποτοποιία Γάτσιος ΕΠΕ στον Ανθότοπο. η Κίτρινη γραμμή αντιστοιχεί στην απόσταση της εγκατάστασης από την κοίτη του ποταμού (περίπου 1.145μέτρα). [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	97
Εικόνα 43 Η ποτοποιία Γάτσιος ΕΠΕ κατά το πλημμυρικό γεγονός.....	98
Εικόνα 44 Χάρτης Μελέτης Διευθέτησης - εγκιβωτισμού της κοίτης του π. Αράχθου και προστασίας των παρόχθιων περιοχών με αποτύπωση των αναχωμάτων. Οι μαύρες συνεχείς γραμμές ανατολικά και δυτικά του ποταμού αντιστοιχούν στα αναχώματα δηλ. Στις επαρχιακές οδούς Άρτας – Κομμένου και Άρτας – Νεοχωρίου αντιστοίχως, Το πράσινο σύμβολο αντιπροσωπεύει τη θέση της εγκατάστασης της Ποτοποιίας Γάτσιος ΕΠΕ. Βόρειο – ανατολικά της θέσης αυτής παρατηρείται μία διακεκομμένη γραμμή η οποία σύμφωνα με το υπόμνημα αντιστοιχεί σε τροποποιήσεις- συμπληρώσεις αναχωμάτων ευρείας κοίτης πλημμυρών που θα κατασκευαστούν σε μελλοντική φάση.....	98
Εικόνα 45 Άποψη της περιοχής στις 24/4/2005. Απεικόνιση της θέσης της ποτοποιίας Γάτσιος (κίτρινη ένδειξη).[Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	99
Εικόνα 46 Άποψη της περιοχής στις 4/9/2007. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	99
Εικόνα 47 Άποψη της περιοχής της Αγ. Παρασκευής. Η κίτρινη γραμμή αντιστοιχεί στην απόσταση του Ιερού ναού από την κοίτη. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	100
Εικόνα 48 Ιερός ναός Αγ. Παρασκευής όπου το νερό έφτασε το 1μέτρο πάνω από το έδαφος. Εικόνα 49 Αποστραγγιστικοί τάφροι στην περιοχή με βάθος 1μέτρου. [Πηγή εικόνων: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015].....	101
Εικόνα 50 Άποψη Θέσης Αναχωμάτων όπου η κίτρινη ένδειξη αντιστοιχεί στην οριζόντια απόσταση από την κοίτη του ποταμού. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	102
Εικόνα 51 Κινούμενοι επί του αναχώματος. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015].....	102
Εικόνα 52 Θέσεις επί του αναχώματος. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].	103
Εικόνα 53 Άποψη περιοχής Νεοχωρίου με ένδειξη θέσης δημαρχείου. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	104
Εικόνα 54 Άποψη Δημαρχείου από την Επαρχιακή οδό Άρτας- Νεοχωρίου όπου παρατηρείται η υψομετρική εξομάλυνση της περιοχής.[Πηγή εικόνας: Google Earth, Street View].....	104
Εικόνα 55 Πλημμυρισμένο σπίτι στον οικισμό του Γλυκόριζου. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015].....	105
Εικόνα 56 Θέση εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού στα 78μέτρα απόσταση από την κοίτη του ποταμού και στα 250μέτρα από το ανατολικό αναχώμα. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	106
Εικόνα 57 Άποψη του Λουτρότοπου. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια].....	107
Εικόνα 58 Κατανομή του μέσου ύψους βροχής σε ζώνες σε όλη την έκταση του ελλαδικού χώρου. [Πηγή εικόνας: (Katsafados, και συν. 2012)].....	126

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 1 Κατανομή ραγδαιότητας κατά τους φθινοπωρινούς μήνες περιόδου 1963-1992. [Πηγή χάρτη: (Κανελοπούλου και Παγώνης 2003)].....	39
Χάρτης 2 Κατανομή ραγδαιότητας κατά την άνοιξη περιόδου 1963-1992. [Πηγή χάρτη: (Κανελοπούλου και Παγώνης 2003)].....	39

Χάρτης 3 Κατανομή ραγδαιότητας κατά τους χειμερινούς μήνες περιόδου 1963-1992. [Πηγή χάρτη: (Κανελοπούλου και Παγώνης 2003)].....	40
Χάρτης 4 Κατανομή ραγδαιότητας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες περιόδου 1963-1992. [Πηγή χάρτη: (Κανελοπούλου και Παγώνης 2003)].....	40
Χάρτης 5 Χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας ραγδαιότητας στην Ελλάδα. [Πηγή χάρτη: (Κανελοπούλου και Παγώνης 2003)].....	41
Χάρτης 6 Χρήσεις Γης σύμφωνα με ψηφιοποίηση δεδομένων από το Υπουργείο Γεωργίας.....	61
Χάρτης 7 Αποτύπωση των καταγεγραμμένων σημείων της πλημμύρας του Φεβρουαρίου 2015 [Επιμέλεια χάρτη: Θάλεια Χασαπίδη].....	108
Χάρτης 8 Υπέρθωση πλημμυρικού ορίου 2015 με χάρτη ζώνης πλημμυρικής επικινδυνότητας από τη ΔΕΗ, 2008.....	110
Χάρτης 9 Υπέρθωση των χαρτογραφημένων σημείων και της ζώνης πλημμυρικής επικινδυνότητας.....	112
Χάρτης 10 Υψομετρικές ζώνες στη Λεκάνη Απορροής του Αράχθου. Οι τιμές του υπομνήματος είναι σε μέτρα (m). [Επιμέλεια χάρτη: Θάλεια Χασαπίδη].....	119
Χάρτης 11 Μορφολογικές κλίσεις, στη Λεκάνη Απορροής του Αράχθου, με την αντίστοιχη κατηγοριοποίηση, όπως φαίνεται στο Υπόμνημα. Οι τιμές του υπομνήματος είναι σε μοίρες (°). [Επιμέλεια χάρτη: Θάλεια Χασαπίδη].....	121
Χάρτης 12 Γεωλογικοί σχηματισμοί στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	123
Χάρτης 13 Χρήσεις γης στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	125
Χάρτης 14 Κατανομή των ζωνών μέσου ετήσιου ύψους βροχής στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. Οι τιμές του υπομνήματος είναι σε χιλιοστά βροχοπτώσης (mm). [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	127
Χάρτης 15 Διεύθυνση ροής στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	129
Χάρτης 16 Συγκέντρωση ροής στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. Λόγω της μεγάλης έκτασης της λεκάνης σε σχέση με το πάχος της απεικόνισης της κοίτης, η διαφοροποίηση του χρώματος στην κοίτη είναι δυσδιάκριτη. Οι τιμές του υπομνήματος αντιστοιχούν στο συσσωρευμένο αριθμό κελιών πάνω από το κελί, για κάθε κελί του δοθέντος πλέγματος, που προσφέρουν τη ροή τους στο συγκεκριμένο κελί. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	130
Χάρτης 17 Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο. Οι τιμές του υπομνήματος είναι σε μέτρα (m). [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	132
Χάρτης 18 Επικινδυνότητα βάση του Υψομέτρου σε 5 κλάσεις. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	135
Χάρτης 19 Επικινδυνότητα βάση των μορφολογικών κλίσεων όπως αυτές ταξινομήθηκαν σε 5 κλάσεις. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	137
Χάρτης 20 Επικινδυνότητα βάση της υδροπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών όπως αυτοί ταξινομήθηκαν σε 5 κλάσεις. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	140
Χάρτης 21 Επικινδυνότητα βάση της υδροπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών όπως αυτοί ταξινομήθηκαν σε 5 κλάσεις. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	143
Χάρτης 22 Επικινδυνότητα βάση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	146
Χάρτης 23 Επικινδυνότητα βάσης τη συγκέντρωση ροής. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	148
Χάρτης 24 Επικινδυνότητα βάση της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	150

Χάρτης 25 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με ίσα βάρη. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	154
Χάρτης 26 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με ίσα βάρη χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της συγκέντρωσης ροής. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	156
Χάρτης 27 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με διαφορετικά βάρη- 1 ^η Περίπτωση.....	159
Χάρτης 28 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με διαφορετικά βάρη- 2 ^η Περίπτωση. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	161
Χάρτης 29 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με διαφορετικά βάρη- 1 ^η Περίπτωση χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	163
Χάρτης 30 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με διαφορετικά βάρη- 2 ^η Περίπτωση χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια].....	165

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Τύποι πλημμυρών, αίτια και επιπτώσεις. [Πηγή πίνακα: (Διακάκης, 2012)].....	20
Πίνακας 2: Παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση πλημμυρών. [Πηγή Δεδομένων Πίνακα: (Διακάκης, 2012) με αναφορές στους: (Smith and Ward 1998, Μιμίκου and Μπαλτάς 2006), (Ward και Robinson 2000), (Φουμέλης 2004). Επεξεργασία/ Παρουσίαση δεδομένων με χρήση Microsoft Office, Visio 2013].....	30
Πίνακας 3 Ενδεικτικές τιμές ολικού πορώδους από 0-60% [Πηγή πίνακα: (Βουδούρης, Ηλεκτρονικό Μάθημα: Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος 2006)].....	42
Πίνακας 4 Μέσοι συντελεστές απορροής για αστικές περιοχές αναλόγως των χαρακτηριστικών τους. [Πηγή πίνακα: (Κουτσογιάννης, και συν. 2013) από τις αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976)].	46
Πίνακας 5 Συντελεστές απορροής για συγκεκριμένες επιφάνειες. [Πηγή πίνακα: (Κουτσογιάννης, και συν. 2013) από τις αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976)].....	47
Πίνακας 6 Έκταση, πληθυσμός και Πυκνότητα πληθυσμού ανα περιφερειακή ενότητα. [Πηγή πίνακα: ΕΛ.ΣΤΑΤ (Απογραφή πληθυσμού 2011), (Στρατηγικός Σχεδιασμός Περιφέρειας Ηπείρου 2011)].....	56
Πίνακας 7 Επιλογή περιοχών μελέτης και αποτύπωση του πληθυσμού.....	57
Πίνακας 8 Χρήσεις γης σε αριθμό στρεμμάτων για το σύνολο της Περιφερειακής Ενότητας Άρτας με βάση στοιχεία χρήσης γης για τη χρονική περίοδο 1999-2000 (Στρατηγικός Σχεδιασμός Περιφέρειας Ηπείρου 2011).....	59
Πίνακας 9 Ποιοτική εκτίμηση της Υδροπερατότητας των κυριότερων γεωλογικών σχηματισμών της υδρολογικής λεκάνης του Αράχθου. [Πηγή: (Κουτσογιάννης, Μαρκόνη και Κουκουβίνο, και συν. 2010)].....	78
Πίνακας 10 Κατείσδυση και Επιφανειακή απορροή επικρατέστερων γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής. [Πηγή πίνακα: (Κονταξής 2013)].....	78
Πίνακας 11 Ιστορικά πλημμυρικά φαινόμενα από το 1981 έως οτ 2003. [Πηγή πίνακα: (Ειδική Γραμματεία Υδάτων 2012)].....	84
Πίνακας 12 Τα μεγαλύτερα φαινόμενα εισροών κατά τη διάρκεια λειτουργίας του έργου. [Πηγή πίνακα: (ΔΕΗ 2012)].....	88
Πίνακας 13 Συγκριτικός πίνακας μελέτης (ΔΕΗ 2012) με τα δεδομένα του Πλημμυρικού γεγονότος του Φεβρουαρίου 2015. [Επιμέλεια πίνακα: Θάλεια Χασαπίδη, Σοφία Θεοφανίδη].....	111

Πίνακας 14 Βαθμονόμηση επικινδυνότητας των παραμέτρων.....	133
Πίνακας 15 Κωδικοποίηση Χρήσεων γης. [Πηγή πίνακα: geodata.gov.gr].....	142
Πίνακας 16 Τιμές Επικινδυνότητων στα καταγεγραμμένα σημεία, ακραίων τιμών (γαλάζιο) και σημείων ελάχιστων πιθανοτήτων εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων (σκούρο γαλάζιο).....	159
Πίνακας 17 Αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης βάσει των δεδομένων του πίνακα 16.....	162
Πίνακας 18 Τιμές επαλήθευσης του συνολικού βαθμού επικινδυνότητας με βάση τον κανόνα πρόβλεψης που παρήχθη κατά την εκτέλεση της Ανάλυσης Παλινδρόμησης.....	163

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης στο σύνολο του Δήμου Άρτας.....	60
Διάγραμμα 2 Κλιματικά χαρακτηριστικά από μετρήσεις στο Μ.Σ. Άρτας για τη χρονική περίοδο 1976-1995. Α. Θερμοκρασία Β. Σχετική υγρασία Γ. Βροχόπτωση (mm) Δ. Ένταση ανέμου (Kt). [Πηγή διαγραμμάτων: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία http://www.emy.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html.].....	64
Διάγραμμα 3 Κλιματικά δεδομένα (ύψος βροχής) Ιανουαρίου 2015.....	65
Διάγραμμα 4 Κλιματικά δεδομένα (ύψος βροχής) Φεβρουαρίου 2015.....	65
Διάγραμμα 5 Διάγραμμα εισροής – εκροής και στάθμης ταμιευτήρα για τη λειτουργία συστήματος εκχυλιστή όπως πραγματοποιήθηκε κατά το πλημμυρικό επεισόδιο Δεκεμβρίου 2005 (Πηγή: (Μαμάσης 2014), (Δρόσου 2015)].....	86

Εισαγωγή

Η ολοκληρωμένη διαχείριση- πρόβλεψη και αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων σε σύνθετες γεωμορφολογικά λεκάνες απορροής, όπως αυτής του Αράχθου βάσει των αρχών Ευρωπαϊκής Οδηγίας σχετικά με την αντιμετώπιση των πλημμυρών (2007/60/EC) είναι ένα από τα ζητούμενα αξιόπιστα και κατ' επέκταση απαραίτητα εργαλεία στα χέρια των τοπικών αρχών που λαμβάνει υπόψη δύο σημαντικές συνιστώσες: α) τη σωστή στρατηγική διαχείρισης πλημμυρικών φαινομένων και β) τη χωρική εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου, σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Στη χωρική εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου συμβάλει η συγκεκριμένη εργασία με την ανάπτυξη όσο το δυνατόν ακριβέστερων χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Η εργασία διαρθρώνεται μέσα από 5 κύρια κεφάλαια. Στο πρώτο στάδιο δίνεται όλο το θεωρητικό υπόβαθρο για να προσεγγιστεί καλύτερα η έννοια του πλημμυρικού κινδύνου, αναλύοντας θέματα όπως τους παράγοντες πλημμύρας, τα υδατογραφήματα, η κατανομή της ραγδιαιότητας της βροχόπτωσης στον ελλαδικό χώρο και η Οδηγία 2007/60/EK.

Ακολούθως, αναλύονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στη γεωλογία της περιοχής, στις χρήσεις γης και στο υδρολογικό σύστημα του Αράχθου με την ύπαρξη του Υδροηλεκτρικού Σταθμού της ΔΕΗ και τη διαχείριση των ιστορικών πλημμυρικών γεγονότων, καθώς και τις μελέτες πλημμυρικής επικινδυνότητας. Εκτεταμένη αναφορά γίνεται στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την επιτόπια έρευνα, που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής εκδρομής του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών, για το μάθημα της Τρωτότητας, το Μάρτιο του 2015, με στόχο τη συλλογή αναφορών και την καταγραφή των σημείων πλημμύρας. Τέλος, γίνεται μία σύγκριση μεταξύ του χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας τον οποίο έχει στην κατοχή της η Πολιτική προστασία του δήμου Αρταίων με την νέα έκταση του πλημμυρικού ορίου όπως αυτό καταγράφηκε από την επιτόπια έρευνα. Σύμφωνα με τη σύγκριση αυτή ο υπάρχων χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας χρήζει επικαιροποίησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας, πρώτα επιλέγονται οι παράγοντες που θεωρήθηκαν οι πιο καθοριστικοί για την εκδήλωση πλημμύρας, έπειτα αναπτύσσονται οι θεματικοί χάρτες ανά παράγοντα (Υψόμετρο, Μορφολογικές κλίσεις, Γεωλογικοί σχηματισμοί, Χρήσεις γης, Μέσο

ετήσιο ύψος βροχής, Συγκέντρωση ροής, Απόσταση από το Υδρογραφικό δίκτυο). Ακολουθεί η βαθμονόμηση των παραγόντων σε 5 κλάσεις ως προς την επικινδυνότητα (Πολύ χαμηλή, Χαμηλή, Μέση, Υψηλή, Πολύ υψηλή) και αναπτύσσονται οι αντίστοιχοι θεματικοί χάρτες επικινδυνότητας ανά παράγοντα.

Στο 4^ο κεφάλαιο αξιοποιώντας τους θεματικούς χάρτες του 3^{ου} κεφαλαίου παράγονται οι τελικοί χάρτες επικινδυνότητας. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται είναι οι εξής: 1) Μέθοδος απλής στάθμισης, 2) Μέθοδος στάθμισης με ίσα βάρη, 3) Μέθοδος στάθμισης με διαφορετικά βάρη, υπολογισμένα βάση βιβλιογραφίας και 4) Μέθοδος στάθμισης με διαφορετικά βάρη υπολογισμένα με τη μέθοδο της ανάλυσης παλινδρόμησης (Regression analysis) και χρήση σημείων ιστορικών πλημμυρών (ψηφιακά δεδομένα Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας) καθώς και σημείων συλλεχθέντων κατά την επιτόπια έρευνα που προαναφέρθηκε. Τέλος, ακολουθεί το υποκεφάλαιο των συγκρίσεων μεταξύ των χαρτών ώστε να γίνει μία αξιολόγηση και επιλογή του εγκυρότερου χάρτη επικινδυνότητας.

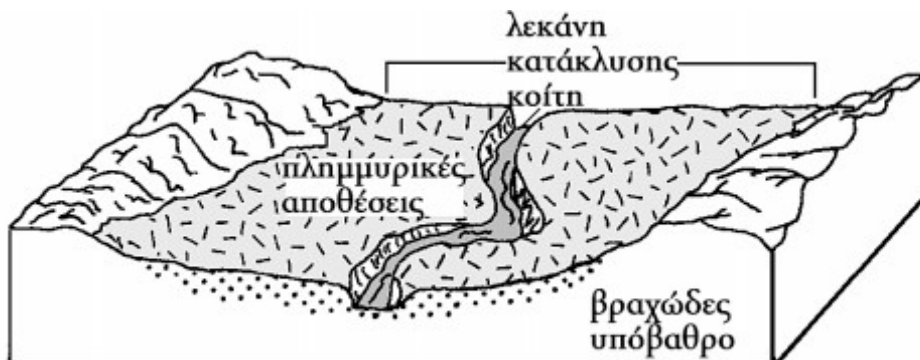
Καταληκτικά συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το σύνολο της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 1: Ορισμοί- βασικές έννοιες

Έννοιες σημαντικές για την έρευνα και μελέτη των καταστροφών θεωρήθηκε απαραίτητο να αναφερθούν στην παρούσα εργασία. Παράλληλα δίνονται και οι απαραίτητες πληροφορίες για εργαλεία που χρησιμοποιούνται, ώστε να ποσοτικοποιείται η μελέτη των πλημμυρικών φαινομένων καθώς και των σχετικών μοντέλων (μαθηματικών).

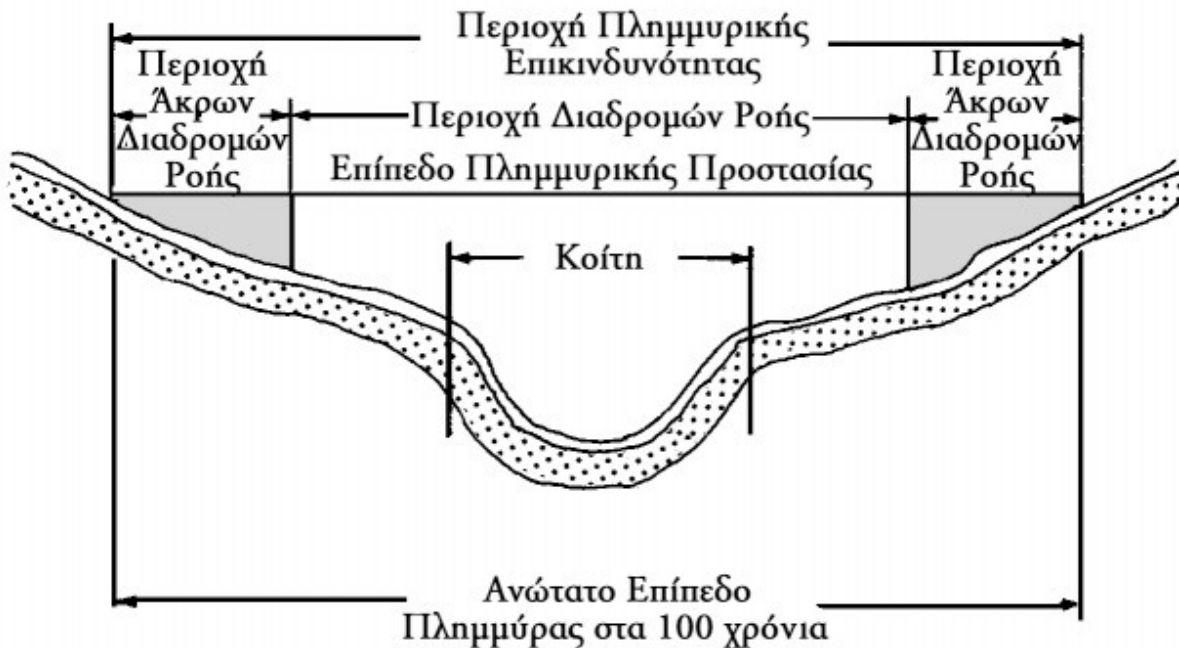
Ποτάμια Πλημμύρα (Fluvial flood)

Η κίνηση των υδάτων στην επιφάνεια της γης, δηλ. η απορροή, διαμορφώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό το ανάγλυφο της γης. Οι χείμαρροι και τα ποτάμια λόγω του νερού που συγκεντρώνουν από τις κατακρημνίσεις, διαβρώνουν και αποσαθρώνουν τα πετρώματα της επιφάνειας δημιουργώντας εδάφη. Τόσο η κοίτη, όσο και η λεκάνη κατάκλισης, αλλά και οι κλιτείες της κοιλάδας αποτελούν μέρος του ποταμίου περιβάλλοντος.



Εικόνα 1 Σκαρίφημα κοίτης του ποταμού και λεκάνης κατάκλισης. [Πηγή εικόνας:[CITATION Λέκ00 \l 1032]]

Η περιοδική υπερχειλίση της κοίτης και η κατάκλιση της λεκάνης από νερό και ιζήματα ονομάζεται ποτάμια πλημμύρα. Κατά το στάδιο πλημμύρας η στάθμη της επιφάνειας του ποταμίου νερού είναι ψηλότερα από το κανονικό και είναι πιθανό να προκληθούν καταστροφές σε κατασκευές που βρίσκονται εντός της λεκάνης κατάκλισης [CITATION Λέκ00 \l 1033].



Οι κανονισμοί Διαδρομών Ροής επιτρέπουν πρόσχωση ή ασφαλείς από πλημμύρα κατασκευές στην περιοχή των άκρων διαδρομών ροής

Εικόνα 2 Σκαρίφημα (ιδεατό) εγκάρσιας τομής κοίτης και την έκταση των δυνατών πλημμυρικών φαινομένων.

[Πηγή εικόνας:[CITATION Λέκ00 \l 1032]]

Παρατίθενται δύο ορισμοί για το φαινόμενο της πλημμύρας:

- **Πλημμύρα** ονομάζεται η κατάσταση κατά την οποία περιοχές, που συνήθως είναι στεγνές, καλύπτονται από ποσότητες νερού για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι πλημμύρες είναι φυσικά φαινόμενα που δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση κλιματικών παραγόντων με τις συνθήκες της λεκάνης απορροής (χρήσεις γης) και της παροχετευτικής ικανότητας του αποστραγγιστικού συστήματος [CITATION Μαμ14 \l 1032].
- **Πλημμύρα** είναι το στάδιο εκείνο κατά το οποίο η στάθμη της επιφάνειας του νερού είναι ψηλότερο από το κανονικό και είναι πιθανό να προκληθούν καταστροφές σε κατασκευές που βρίσκονται στη λεκάνη κατάκλισης [CITATION Λέκ00 \l 1032].

Ενώ σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/EK, που εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, με σκοπό την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας το φαινόμενο της πλημμύρας (Κεφ. 1, αρθ.2) ορίζεται ως εξής [CITATION ΟΔΗ07 \l 1032]:

- **Πλημμύρα** θεωρείται η προσωρινή κάλυψη εδάφους από νερό, το οποίο, υπό φυσιολογικές συνθήκες, δεν καλύπτεται από νερό. Αυτό περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους, εφήμερα ρεύματα της Μεσογείου και πλημμύρες από τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές, δύναται δε να εξαιρεί πλημμύρες από συστήματα αποχέτευσης.

Ο ορισμός καλύπτει τις ακόλουθες περιπτώσεις [CITATION Κου131 \l 1032]:

- ✓ Πλημμύρες που παράγονται από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους και υδατορέματα εφήμερης ροής.
- ✓ Πλημμύρες από υπόγεια νερά, οι οποίες οφείλονται στην υπερβολική ανύψωση του υδροφόρου ορίζοντα και σε έντονες εκφορτίσεις πηγών.
- ✓ Πλημμύρες που οφείλονται σε αστοχίες δικτύων, όπως συστήματα απορροής όμβριων και παντορροϊκών δικτύων.
- ✓ Πλημμύρες που οφείλονται στην ανύψωση της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές (περιλαμβάνονται και τα κύματα τσουνάμι).
- ✓ Πλημμύρες που οφείλονται στην αστοχία μεγάλων τεχνικών έργων (θραύσεις αναχωμάτων, φραγμάτων).

Υπάρχουν διάφορα είδη πλημμύρας τα οποία ταξινομούνται είτε με βάση τα αίτια που τις προκαλούν είτε βάση της έκτασης της καταστροφής που προκαλούν. Ενδεικτική ταξινόμηση με βάση τις αιτίες είναι οι εξής [[CITATION Δια12 \l 1032] με αναφορά στους [CITATION Mar07 \l 1032] και [CITATION Smi981 \l 1032] και [CITATION Boζ14 \l 1032]]:

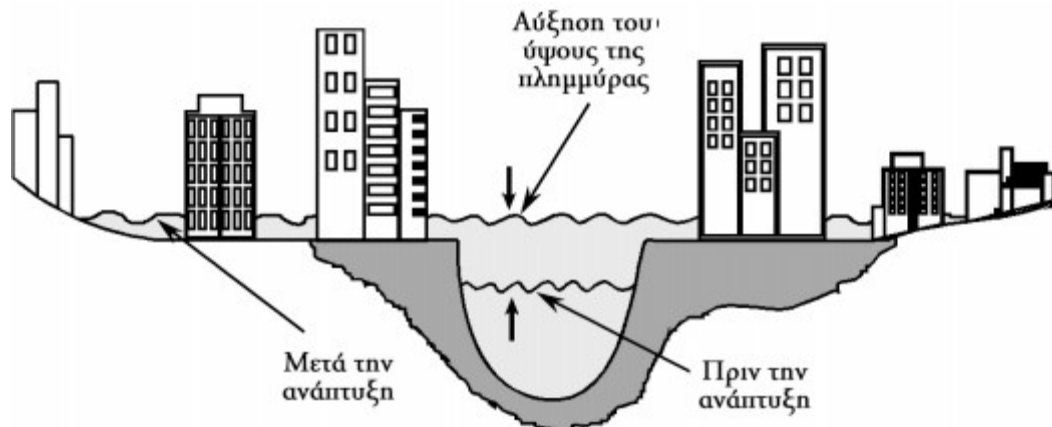
Πίνακας 1 Τύποι πλημμυρών, αίτια και επιπτώσεις. [Πηγή πίνακα: [CITATION Δια12 \l 1032]]

Τύπος πλημμύρας	Αιτίες	Επιπτώσεις
Ποτάμιες πλημμύρες (Riverine Floods)	Βροχόπτωση μακράς διάρκειας, λιώσιμο χιονιού, αστοχία αντιπλημμυρικών έργων	Πλημμυρικά ύδατα σε πλημμυρικά πεδία (στάσιμα ή ρέοντα)
Αιφνίδιες πλημμύρες (Flash Floods)	Έντονη βροχόπτωση, μικρής διάρκειας, 6- 12 ώρες ή λιγότερο μετά από την αντίστοιχη βροχόπτωση	Γρήγορη αύξηση της στάθμης του νερού, έντονη διάβρωση, ορμητικά ύδατα, εμπλουτισμός με εδαφικό υλικό, λασποροές, απειλή για την κατασκευαστική ακεραιότητα κτιρίων και υποδομών

Αστικές πλημμύρες (Urban Floods)	Αστοχία τεχνικών έργων, έντονη βροχόπτωση	Πλημμυρισμένες κατασκευές
Παράκτιες πλημμύρες (Coastal Floods)	Υψηλές παλίρροιες, έντονη βροχόπτωση, απότομη άνοδο της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα ή από την ενεργοποίηση πηγών διαλείπουσας ροής	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα στην ακτή, υποχώρηση της ακτής, υφαλμύρωση της γης & των υδάτων, τσουνάμι
Πλημμύρες που συνδέονται με το υπεδαφικό νερό (Groundwater floods)	Υψηλή στάθμη υπεδαφικού νερού, κορεσμός υδροφόρου ορίζοντα	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα στο πλημμυρικό πεδίο
Πλημμύρες από αστοχία τεχνικού έργου (Dam failure floods)	Αστοχία φράγματος, καναλιού και λοιπών τεχνικών έργων	Έντονη διάβρωση, λασποροές, ορμητικά πλημμυρικά ύδατα
Πλημμύρες ορεινών χειμάρρων (Mountain torrent floods)	Καταιγίδες, αστάθεια πρανών	Λασποροές, έντονη διάβρωση, ορμητικά πλημμυρικά ύδατα και μεταφερόμενο υλικό, δημιουργία αλλουβιακού ριπιδίου
Πλημμύρες λιμνών (Lake Floods/ Ponding Floods)	Ταχεία αύξηση των υδατικών αποθεμάτων	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα πέραν της ακτής

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που συμβάλουν στην εκδήλωση της πλημμύρας είναι:

- η συνολική ποσότητα και η κατανομή της βροχόπτωσης,
- η περατότητα των πετρωμάτων ή του εδάφους,
- η τοπογραφία,
- η τήξη πάγων ή χιονιού για παράδειγμα την ανοιξιάτικη περίοδο,
- η καταστροφή ενός φράγματος (σπανιότερα),
- η εισροή θαλάσσιου νερού (περίπτωση περιοχών με υψόμετρο πολύ κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας),
- η χρήση της γης σε μικρές λεκάνες αποστράγγισης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την πλημμύρα



Εικόνα 3 Σκαρίφημα για την αναπαράσταση των επιπτώσεων της αστικοποίησης στην λεκάνη κατάκλισης λόγω αύξησης του ύψους των επικείμενων πλημμυρών. [Πηγή εικόνας:[CITATION Λέκ00 \l 1032]]

Η αστικοποίηση και κατά συνέπεια οι αλλαγές στις χρήσεις γης, αυξάνει την επιφανειακή απορροή και άρα τον κίνδυνο πλημμύρας στις περισσότερες περιπτώσεις. Όταν για παράδειγμα η καλλιέργεια σιτηρών αντικαθίσταται από χαμηλής πυκνότητας ανάπτυξη κατοικιών τότε και οι πλημμύρες με περίοδο επανάληψης 2- 4 ετών γίνονται εντονότερες, πράγμα που οφείλεται στην αύξηση των αδιαπέρατων επιφανειών και άρα αύξηση επιφανειακής απορροής[CITATION Λέκ00 \l 1032].

Ανάλογα με την έκταση της λεκάνης απορροής, οι πλημμύρες μπορεί να εμφανιστούν αρκετό χρόνο μετά τη βροχόπτωση και να διαρκέσουν από ημέρες, εβδομάδες έως και μήνες.

Συμπερασματικά, θα λέγαμε ότι η εξέλιξη μιας πλημμύρας στο χώρο και το χρόνο εξαρτάται από τρεις κύριους παράγοντες[CITATION Κου131 \l 1033]:

1. τη χωροχρονική εξέλιξη του επεισοδίου βροχής,
2. τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής και
3. τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου.

Στάδια μελέτης ενός πλημμυρικού επεισοδίου

Ένα πλημμυρικό φαινόμενο αναλύεται πλήρως σε δύο επίπεδα. Σε εκείνο της υδρολογικής και σε εκείνο της υδραυλικής ανάλυσης. Ως υδρολογική ανάλυση νοείται η εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών (υδρογραφήματα) που παράγονται από χαρακτηριστικά επεισόδια βροχής (καταιγίδες σχεδιασμού) στη λεκάνη, ενώ στην υδραυλική ανάλυση, με είσοδο των υδρογραφημάτων που έχουν υπολογιστεί από την υδρολογική ανάλυση, περιγράφεται η εξέλιξη των υδραυλικών χαρακτηριστικών της ροής κατά μήκος των κοιτών του υδρογραφικού δικτύου

καθώς και σε ειδικές περιπτώσεις, όταν υπάρξει κατάκλιση του πλημμυρικού πεδίου, σε μια ζώνη εκατέρωθεν των κοιτών του δικτύου αυτού. Χώρο αναφοράς της υδρολογικής ανάλυσης αποτελεί η συνολική λεκάνη απορροής ενώ της υδραυλικής ανάλυσης είναι το υδρογραφικό δίκτυο, είτε ως γραμμικό στοιχείο είτε ως επιφανειακό στοιχείο (κυρίως δίκτυο και πλημμυρική κοίτη)[CITATION Κου131 \l 1032].

Τα υδρολογικά και υδραυλικά μεγέθη που κυρίως ενδιαφέρουν είναι:

- η παροχή αιχμής (και η αντίστοιχη στάθμη στο υδατόρεμα),
- ο χρόνος εμφάνισης της αιχμής,
- η συνολική απορροή που παράγεται κατά την πλημμύρα,
- η χρονική διάρκεια εξέλιξης του φαινομένου,
- το μέγιστο βάθος και οι ταχύτητες ροής που αναπτύσσονται κατά μήκος και εγκάρσια του υδατορέματος,
- η κατακλυόμενη έκταση και οι συναφείς επιπτώσεις.

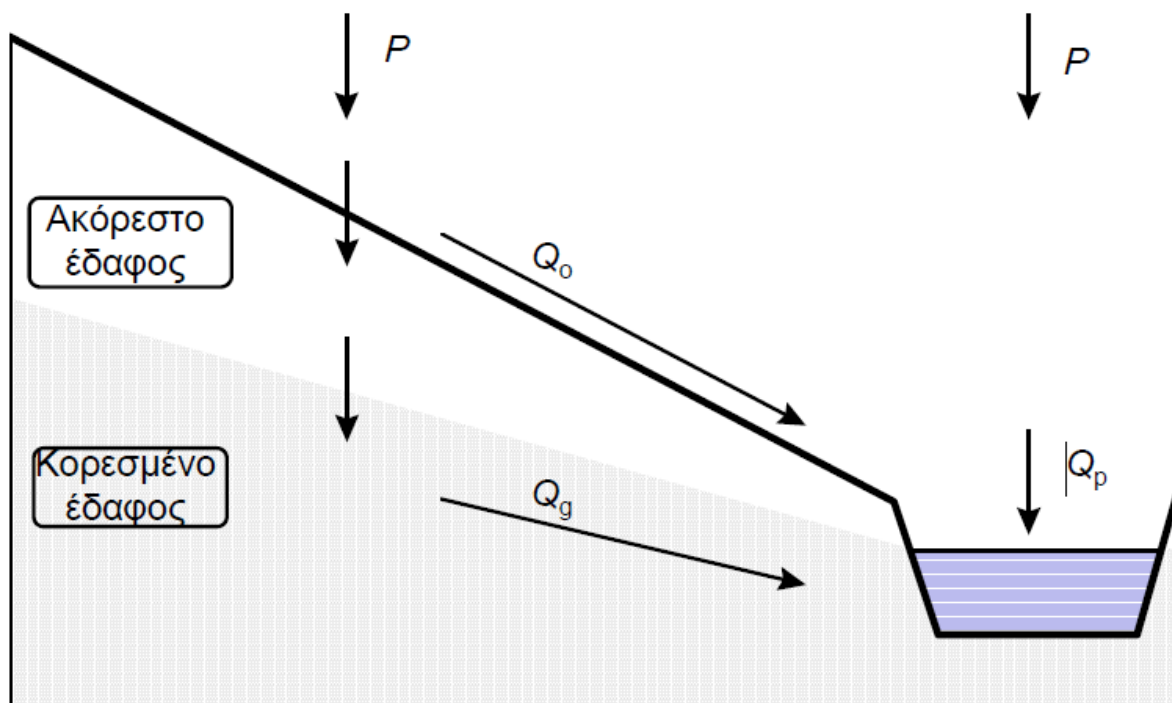
Η μελέτη των παραπάνω μεγεθών και οι αναλύσεις των δύο αυτών επιπέδων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας στο πεδίο των κατασκευών. Ιδιαίτερα μετά την θεσμοθέτηση της Ευρωπαϊκής οδηγίας 2007/60 δίνεται έμφαση στην έννοια της διαχείρισης της πλημμυρικής διακινδύνευσης (flood risk management), που αφορά την λήψη μη κατασκευαστικών μέτρων.

Είδη απορροής: Επιφανειακή απορροή και τύποι ροής

Με τον όρο επιφανειακή απορροή (surface runoff, streamflow) εννοούμε τη ροή του νερού, υπό την επίδραση της βαρύτητας, κατά μήκος των φυσικών υδατορεμάτων (streams) κάθε κλίμακας μεγέθους.

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι ροής ώστε να φτάσει το νερό στο υδατόρεμα:

- άμεσα κατακρημνίσματα στο υδατόρεμα (channel precipitation) Q_p
- επίγεια ροή (overland flow) Q_o
- υποδερμική ροή (interflow, throughflow, subsurface stormflow) Q_i
- υπόγεια ροή (groundwater flow) Q_g



Εικόνα 4 Τύποι ροής τρόπου κίνησης του νερού. [Πηγή εικόνας: [CITATION Κου131 \l 1032]]

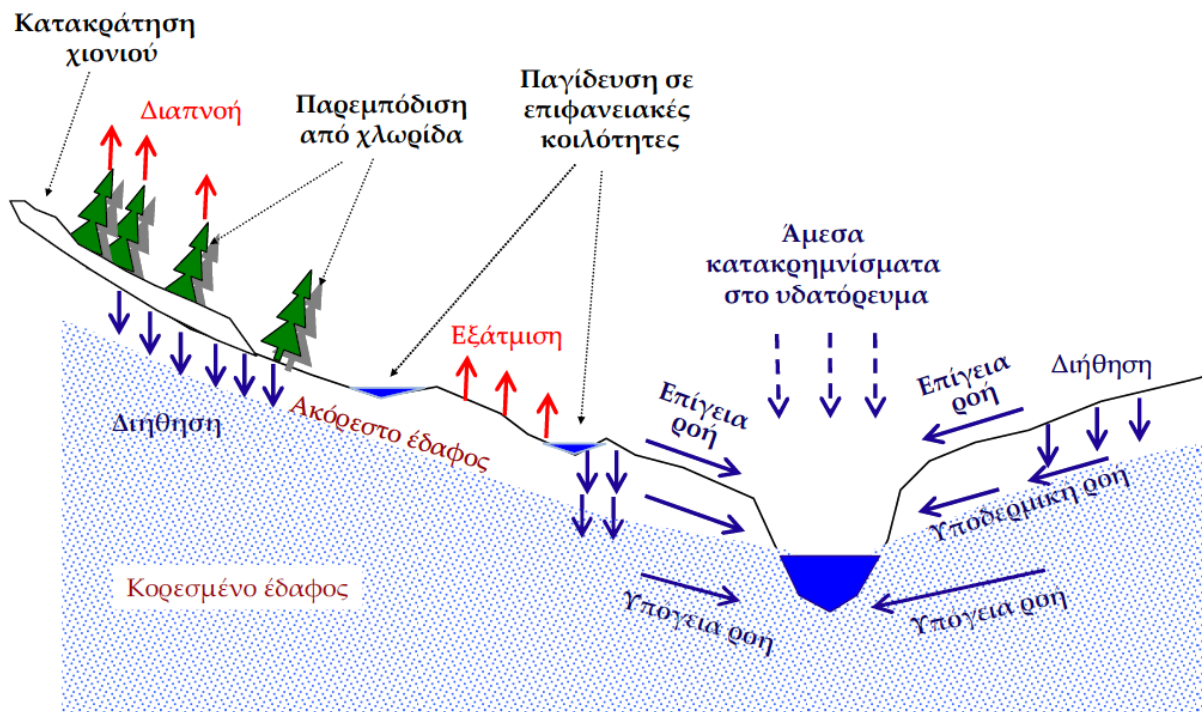
Κατά την έναρξη ενός επεισοδίου βροχής παρατηρείται η άμεση δημιουργία ροής (συγκέντρωση υδάτων) σε υδατορέματα και χειμάρρους αφού μέρος των κατακρημνισμάτων ακολουθεί μία σύντομη επιφανειακή πορεία, κατά το μεγαλύτερο μέρος της, με άμεση κατεύθυνση τα υδατορέματα. Στις περιπτώσεις των υδατορεμάτων με συνεχή ροή, η οποία δεν σχετίζεται με την ένταση των κατακρημνισμάτων και παρατηρείται και σε περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας, αποδεικνύει ότι υπάρχει ένα μέρος κατακρημνισμάτων που ακολουθεί μία υπόγεια αργή πορεία.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως συνήθως σε περιβάλλοντα Μεσογειακά, μέρος της απορροής που εμφανίζεται ως επιφανειακή, προέρχεται από την εκφόρτιση πηγών που τροφοδοτούνται από μια ευρύτερη υδρογεωλογική λεκάνη. Ωστόσο, ο μεγαλύτερος όγκος της πλημμύρας αναμένεται να προέρχεται από την επιφανειακή ροή του νερού.

Με τον τρόπο αυτό διακρίνουμε δύο είδη επιφανειακής απορροής (συνιστώσες) [CITATION Κου131 \l 1033]:

- την **άμεση** ή **ταχεία** ή **πλημμυρική απορροή** (direct runoff, quickflow) η οποία προκαλείται από την ενεργό βροχή, η οποία χαρακτηρίζεται αφενός από μια χρονική υστέρηση, λόγω του χρόνου που απαιτείται ώστε το νερό να φτάσει στην έξοδο της

- λεκάνης, και αφετέρου από τη διατήρηση του συνολικού όγκου της ενεργούς βροχόπτωσης, ο οποίος θεωρείται ότι ταυτίζεται με τον όγκο της άμεσης απορροής και
- την **βασική ή βραδεία απορροή** (baseflow, base runoff, slowflow) η οποία οφείλεται κυρίως στην υπόγεια ροή και δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των πλημμυρών. Ανάλογα με το χαρακτήρα της βασικής απορροής σε μια συγκεκριμένη λεκάνη, η απορροή χαρακτηρίζεται ως:
 - ο διαρκής (perennial), όταν η απορροή δεν παύει καθόλου στη διάρκεια του έτους,
 - ο διακοπτόμενη (intermittent), όταν η απορροή παρατηρείται μόνο κατά την υγρή περίοδο και εξαφανίζεται κατά την ξηρή περίοδο, και
 - ο εφήμερη ή χειμαρρική (ephemeral) όταν δεν υπάρχει βασική απορροή και το υδατόρεμα παρουσιάζει ροή μόνο μετά από ισχυρές καταιγίδες.



Εικόνα 5 Υδρολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε ένα επεισόδιο βροχής ή πλημμύρας. [Πηγή εικόνας: [CITATION Κου131 \l 1032]]

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι [CITATION Βου061 \t \l 1032]:

- **κλιματικοί** όπως: η ένταση βροχοπτώσεων, η υγρασία του αέρα, άνεμοι, εξάτμιση,
- **γεωμορφολογικοί** όπως: η κλίση της λεκάνης απορροής, η υδρογραφική πυκνότητα,
- **λιθολογικοί** όπως: το είδος των πετρωμάτων και άρα η περατότητα, καθώς και

- το είδος της φυτοκάλυψης

Ενεργός βροχόπτωση

Το τμήμα της ολικής βροχόπτωσης που μετατρέπεται σε απορροή είναι γνωστό ως ενεργός βροχόπτωση (effective rainfall) ή πλεόνασμα βροχόπτωσης (rainfall excess). Η ενεργός ένταση βροχής συμβολίζεται με i_e και ορίζεται ως η διαφορά:

$$i_e = i - i_a$$

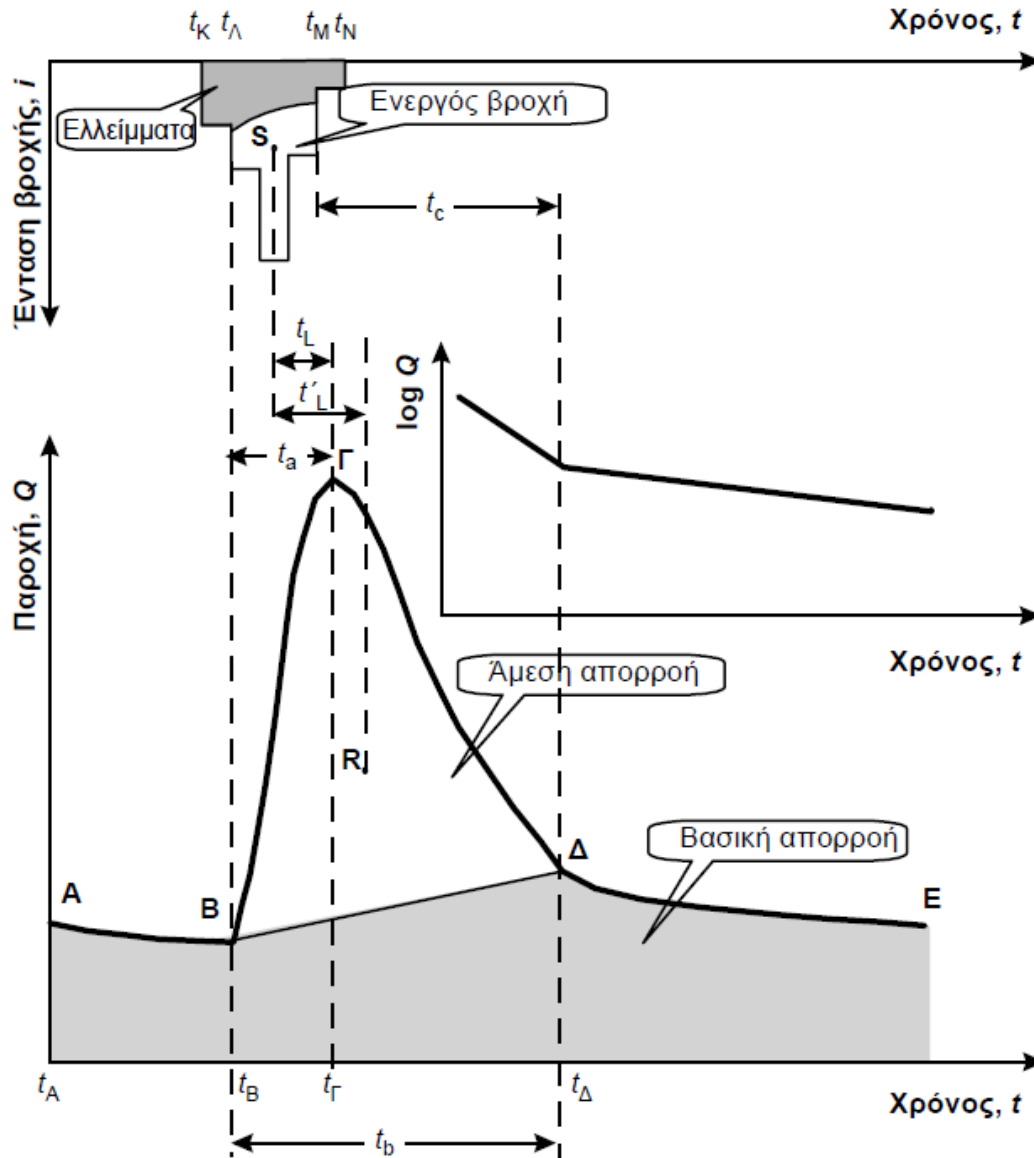
όπου i η ολική (πραγματική) ένταση βροχής και i_a η ένταση όλων των ελλειμμάτων αδιακρίτως, δηλαδή:

$$i_a = i_l + i_D + f$$

όπου i_l , i_D και f είναι η ένταση των απωλειών παρεμπόδισης, της παγίδευσης και της διήθησης, αντίστοιχα. Οι τυπικές μέθοδοι προσδιορισμού των συνολικών ελλειμμάτων αδιακρίτως είναι εμπειρικές ή ημιεμπειρικές, αφού δεν κάνουν ακριβή θεώρηση των μηχανισμών που τα δημιουργούν [CITATION Κου131 \l 1033]. Τα βασικά τους όμως πλεονεκτήματα είναι η εύκολη χρήση και ο μικρός αριθμός παραμέτρων που χρησιμοποιούν.

Υδατογράφημα και Υετογράφημα

Το υδατογράφημα αποτελεί το δακτυλικό αποτύπωμα του κάθε επεισοδίου βροχής. Όταν το υδατογράφημα αφορά την άμεση απορροή μπορεί να αναφέρεται και ως πλημμυρογράφημα. Το υδατογράφημα αποτελεί το γράφημα της μεταβολής της παροχής ενός ρέματος (που είναι προϊόν της απορροής της υδρολογικής λεκάνης του) σε σχέση με το χρόνο [CITATION TEI14 \l 1032].



Εικόνα 6 Τυπικό υδρογράφημα με το αντίστοιχο υετογράφημα της βροχής που προκάλεσε την πλημμύρα.

[Πηγή εικόνας: [CITATION Κου131 \l 1032]]

Ως παραδοχή θεωρείται ότι η βροχόπτωση έχει ικανοποιητική χωρική ομογένεια στο σύνολο της λεκάνης, έτσι ώστε η ένταση βροχής που απεικονίζεται στο υετογράφημα να αντιπροσωπεύει την επιφανειακή μέση τιμή για κάθε χρονικό διάστημα Δt .

Όσον αφορά το υετογράφημα (άνω τμήμα του γραφήματος) φαίνεται ότι στο χρόνο t_K ξεκινά ένα επεισόδιο βροχής, και σύντομα, στο χρόνο t_Λ , μετά από ένα αρχικό έλλειμμα, ξεκινά η ενεργός βροχή, η οποία μετατρέπεται σε άμεση απορροή. Η βροχή λήγει στο χρόνο t_N , ενώ η ενεργός βροχή είτε λήγει και αυτή στον ίδιο χρόνο t_N ή σε προηγούμενο χρόνο t_M , εφόσον η ένταση στο

τέλος του επεισοδίου είναι αρκετά μικρή και δεν έχει εξαντληθεί η διηθητική ικανότητα του εδάφους.

Όσον αφορά το υδατογράφημα (κάτω τμήμα του γραφήματος) πριν την έναρξη της ενεργού βροχόπτωσης, η παροχή είναι ελαφρώς φθίνουσα συναρτήσει του χρόνου. Ο κλάδος AB του υδρογραφήματος αντιπροσωπεύει τη βασική ροή του ποταμού, η οποία στα διαστήματα μεταξύ των πλημμυρικών επεισοδίων μειώνεται με πολύ ήπιο (πρακτικά ανεπαίσθητο) ρυθμό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επιφανειακή εκφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων συνοδεύεται από ταπείνωση της στάθμης τους και κατά συνέπεια τη μείωση του ρυθμού εκφόρτισης. Ο κλάδος AB καλείται κλάδος στείρευσης της βασικής ροής, και μπορεί να περιγραφεί μαθηματικά από μια σχέση εκθετικής μείωσης της παροχής ως προς το χρόνο.

Στο χρόνο $t_A \equiv t_B$ που ξεκινά η ενεργός βροχόπτωση, η παροχή του υδατορέματος αρχίζει να αυξάνεται με έντονο ρυθμό, μέχρι που η παροχή φτάνει στη μέγιστη τιμή της στο χρόνο t_T . Ο χρόνος αυτός, για σχετικά σύντομα και απλής δομής επεισόδια βροχής, συνήθως έπεται της λήξης της ενεργού βροχής, ενώ για μεγαλύτερης διάρκειας και απλής δομής επεισόδια μπορεί να ταυτίζεται με το χρόνο λήξης της ενεργού βροχής t_M .

Ο κλάδος ΒΓ του υδρογραφήματος ονομάζεται ανοδικός κλάδος, το σημείο Γ (μέγιστη τιμή παροχής) ονομάζεται αιχμή του υδρογραφήματος και η παροχή στο χρόνο t_T παροχή αιχμής. Στη συνέχεια, η παροχή μειώνεται, όπως απεικονίζεται στον καθοδικό κλάδο ΓΔ. Στο χρόνο t_A παύει η άμεση απορροή, συνεχίζει όμως η βασική απορροή, σχηματίζοντας έναν νέο, πολύ πιο ήπιο, κλάδο στείρευσης, τον κλάδο ΔΕ. Κατά συνέπεια, η άμεση απορροή πραγματοποιείται μόνο στο χρονικό διάστημα $(t_B - t_A)$, ενώ η βασική απορροή είναι διαρκής [CITATION Κου99 \l 1032].

Τα χαρακτηριστικά χρονικά μεγέθη της πλημμύρας είναι:

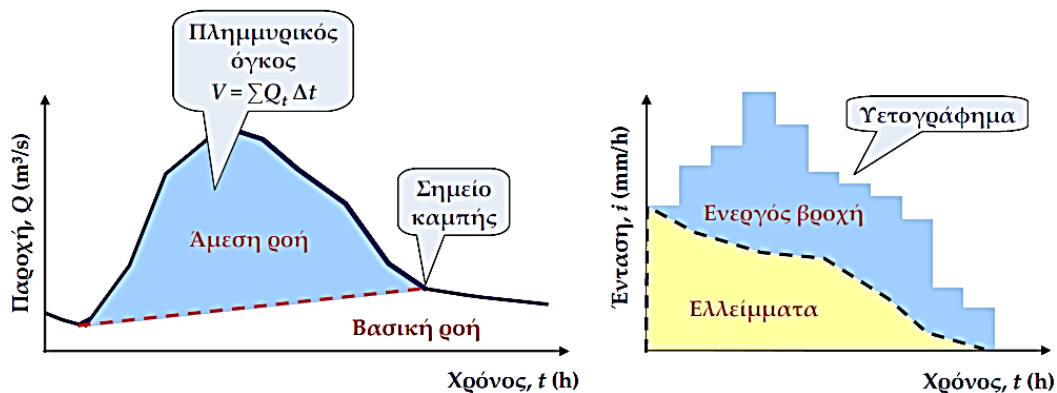
- η διάρκεια πλημμύρας ή χρόνος βάσης, $t_b := t_A - t_B$
- ο χρόνος ανόδου, $t_a = t_T - t_B$
- ο χρόνος υστέρησης (ακριβέστερα, ο χρόνος υστέρησης της αιχμής), $t_L = t_T - t_S$
- ο κεντροβαρικός χρόνος υστέρησης, $t_{L'} = t_R - t_S$
- ο χρόνος συγκέντρωσης ή χρόνος συρροής, $t_c = t_A - t_M$

όπου t_S ο χρόνος που αντιστοιχεί στο κέντρο βάρους S του ενεργού υετογραφήματος και t_R ο χρόνος που αντιστοιχεί στο κέντρο βάρους R του υδρογραφήματος άμεσης απορροής.

Ο κεντροβαρικός χρόνος υστέρησης t_L , αποτελεί το χρόνο μετασχηματισμού της ενεργού βροχής σε άμεση απορροή στη συγκεκριμένη λεκάνη και είναι χαρακτηριστικό χρονικό μέγεθος της λεκάνης και όχι του μεμονωμένου πλημμυρικού επεισοδίου. Έχει επικρατήσει ωστόσο, αντί του t_L να χρησιμοποιείται στις αναλύσεις το μέγεθος t_L , παρόλο που δεν μπορεί να θεωρηθεί ως σταθερά της λεκάνης, αφού εξαρτάται εξ ορισμού και από τη μορφή του υετογραφήματος.

Ο χρόνος συγκέντρωσης t_c ορίζεται, ως ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει το νερό που συμβάλλει στην άμεση απορροή, από το υδραυλικά πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης στη διατομή εξόδου (σημείο εξόδου). Το μέγεθος αυτό αντιστοιχεί στη χρονική απόσταση από τη λήξη της ενεργού βροχής μέχρι τη λήξη της άμεσης απορροής. Ο χρόνος συγκέντρωσης αντιμετωπίζεται ως αναλλοίωτη διάρκεια, η οποία θεωρείται χαρακτηριστικό της λεκάνης. Η παραδοχή αυτή είναι εν μέρει αυθαίρετη, καθώς έχει αποδειχθεί τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά, μέσα από την ανάλυση πολλών επεισοδίων πλημμυρών, ότι ο χρόνος συγκέντρωσης παρουσιάζει έντονη μεταβλητότητα και είναι αντιστρόφως ανάλογος της παροχής [CITATION Κου131 \l 1032].

Για τον διαχωρισμό της βασικής από τη συνολική απορροή, απαιτείται ο προσδιορισμός του χρόνου έναρξης και λήξης της πλημμύρας, οπότε η διάκριση των ροών γίνεται με βάση το ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει τα δύο σημεία. Ο χρόνος έναρξης αντιστοιχεί στο σημείο που παρατηρείται θετική μεταβολή της παροχής. Αντίθετα, ο χρόνος λήξης της πλημμύρας είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, καθώς στον καθοδικό κλάδο συμβάλλουν τόσο η βασική ροή όσο και η υποδερμική που θεωρείται συνιστώσα της άμεσης απορροής. Για το λόγο αυτό ο προσδιορισμός του χρόνου λήξης της πλημμύρας βασίζεται σε μαθηματικές προσεγγίσεις, σύμφωνα με τις οποίες εντοπίζεται το σημείο καμπής (inflection point) του υδρογραφήματος, μετά το οποίο σταματά η παραγωγή άμεσης απορροής.



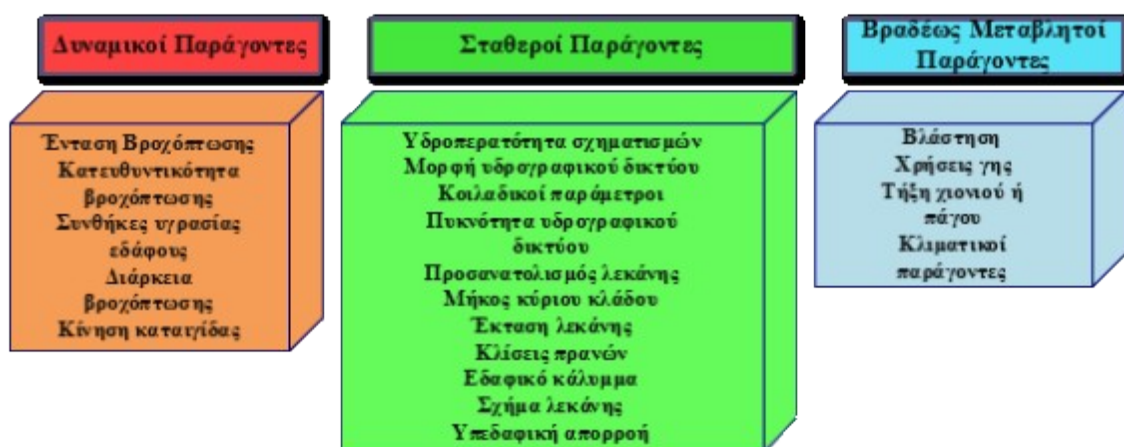
Εικόνα 7 Διαχωρισμός βασικής από τη συνολική απορροή και ενεργούς από τη συνολική βροχόπτωση. [Πηγή εικόνας: [CITATION Κου131 \l 1032]]

Όσον αφορά στον διαχωρισμό των υδρολογικών ελλειμμάτων από τη συνολική βροχόπτωση, εφόσον έχει απομονωθεί η άμεση από τη συνολική απορροή, είναι δυνατή η εκτίμηση του όγκου της πλημμύρας, που εξ' ορισμού είναι ίσος με τον όγκο της ενεργού βροχόπτωσης. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να εκτιμηθεί ο συνολικός όγκος των ελλειμμάτων που παράγονται στη διάρκεια του επεισοδίου, όχι όμως και η χρονική κατανομή τους, η οποία προϋποθέτει την εφαρμογή μοντέλων.

Παράγοντες πλημμύρας

Πιο συγκεκριμένα, οι παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση πλημμυρών καθώς και την έκταση των καταστροφών που προκαλούνται από τις πλημμύρες φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

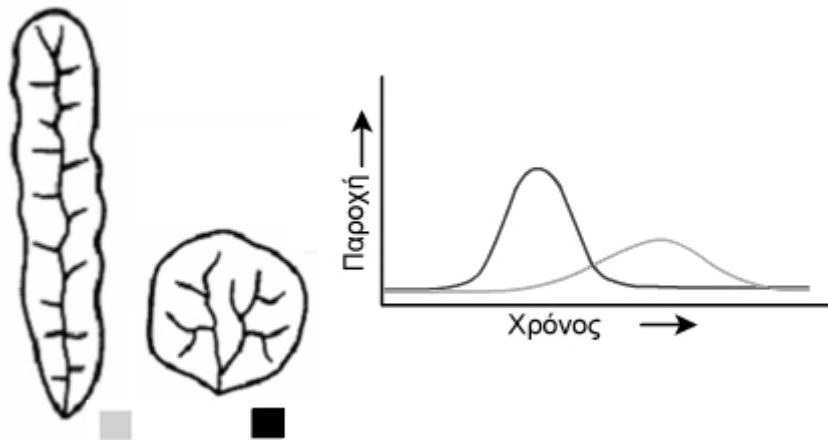
Πίνακας 2: Παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση πλημμυρών. [Πηγή Δεδομένων Πίνακα: [CITATION Δια12 \l 1032] με αναφορές στους:[CITATION Smi98 \t \m Μιμ06 \l 1033], [CITATION War00 \l 1032],[CITATION Φου04 \l 1032]. Επεξεργασία/ Παρουσίαση δεδομένων με χρήση Microsoft Office, Visio 2013]



Στην συγκεκριμένη ταξινόμηση οι παράγοντες διαιρούνται αρχικά σε Δυναμικούς, που παρουσιάζουν αλλαγές κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού έτους και Στατικούς, όπου οι στατικοί χωρίζονται σε Σταθερούς παράγοντες (φυσικά χαρακτηριστικά μιας λεκάνης) καθώς και σε Βραδέως Μεταβλητούς οι οποίοι αλλάζουν σταδιακά σε βάθος χρόνου (βλάστηση και χρήσεις γης) [CITATION Δια12 \l 1032].

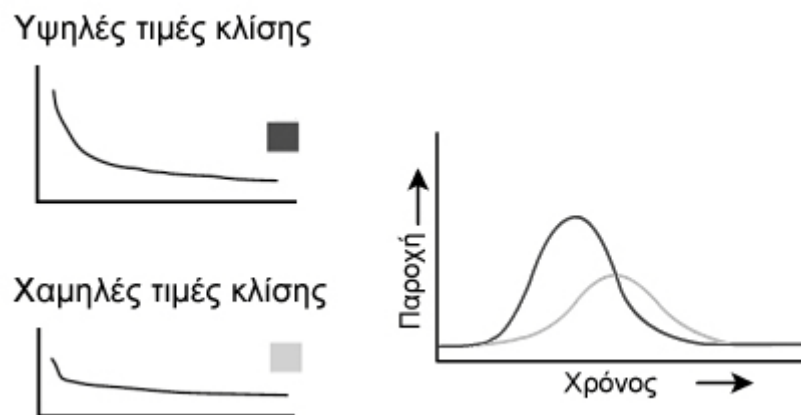
Οι παράγοντες που διαδραματίζουν τον πιο σημαντικό ρόλο αναλύονται περαιτέρω.

1. Το μέγεθος/ η έκταση της υδρολογικής λεκάνης καθορίζει τον όγκο των υδάτων που απορρέει και άρα τη μορφή του υδρογραφήματος στην έξοδο της λεκάνης (χρόνος συγκέντρωσης υδάτων- παροχή αιχμής. Μικρή λεκάνη απορροής σημαίνει μικρός χρόνος συγκέντρωσης και συχνή εμφάνιση ξαφνικών πλημμυρών.
2. Το σχήμα της υδρολογικής λεκάνης καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η απορροή, δηλαδή τον τρόπο και τον χρόνο με τον οποίο συνεισφέρουν τα διάφορα τμήματα της λεκάνης στην απορροή στο σημείο εξόδου, οπότε καθορίζει και τη μορφή του υδρογραφήματος. Σε κυκλικού σχήματος υδρολογική λεκάνη λαμβάνει χώρα ταυτόχρονη αποστράγγιση πολλών τμημάτων οπότε γίνεται ταυτόχρονη συρροή διαφορετικών όγκων νερού στην έξοδο της και άρα να καταγράφονται μεγαλύτερες παροχές αιχμής από εκείνες της περίπτωσης μίας μακρόστενου τύπου λεκάνης.



Εικόνα 8 Διαφορές υδρογραφήματος ανάλογα με το σχήμα της υδρολογικής λεκάνης. Υδρογράφημα με υστέρηση αιχμής (γκρι χρώμα). [Πηγή εικόνας: [CITATION Δια12 \l 1032]]

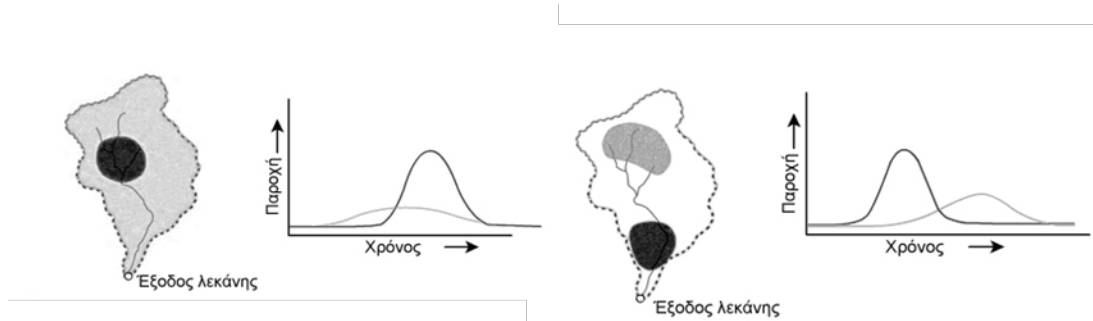
3. Η κλίση που επικρατεί στην υδρολογική λεκάνη (μέση κλίση λεκάνης) καθορίζει την ταχύτητα κίνησης των επιφανειακών υδάτων, άρα το χρόνο συγκέντρωσης στο σημείο εξόδου. Αν εξετάσουμε τον παράγοντα μέση κλίση μεμονωμένα θα διαπιστώσουμε ότι μεγάλη κλίση σημαίνει μείωση του χρόνου συρροής (συγκέντρωσης) και άρα αύξηση της παροχής αιχμής. Επίσης μικρός χρόνος παραμονής των υδάτων σε ένα σημείο συνεπάγεται μείωση της κατείσδυσης και άρα αύξηση του όγκου των επιφανειακών υδάτων που απορρέουν.



Εικόνα 9 Διαφορές στα υδρογραφήματα ανάλογα με την κλίση της λεκάνης απορροής. Χαμηλές τιμές κλίσης αντιστοιχούν σε υστέρηση αιχμής στο υδρογράφημα (γκρι χρώμα). [Πηγή εικόνας: [CITATION Δια12 \l 1032]]

4. Τόσο η θέση στην οποία θα λάβει χώρα η καταιγίδα εντός της υδρολογικής λεκάνης, όσο και η έντασή της καθορίζουν το μέγεθος της απορροής στην έξοδο της λεκάνης. Έτσι,

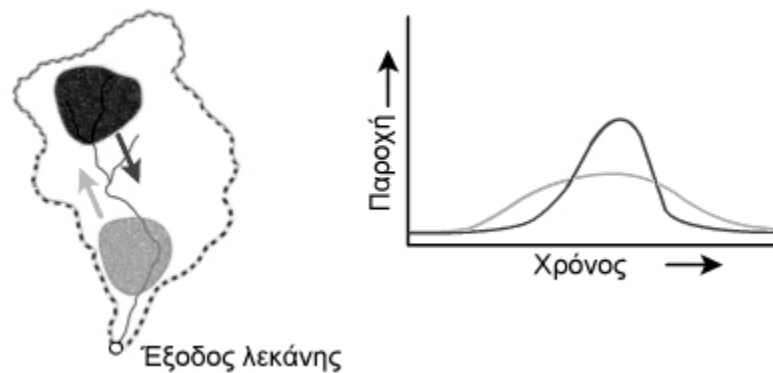
όταν μία λεκάνη για παράδειγμα είναι επιμήκης και εκδηλωθεί καταιγίδα σε ένα τμήμα της μακριά από το σημείο εξόδου τότε το σχήμα του υδρογραφήματος στην έξοδο θα έχει ηπιότερη αιχμή, καθώς επίσης αν η καταιγίδα εκδηλωθεί κοντά στην έξοδο η συγκέντρωση του νερού θα είναι γρήγορη και η στάθμη θα ανέβει απότομα. Όσο μεγαλύτερη η υδρολογική λεκάνη τόσο πιο εκτεταμένα άνισα κατανεμημένη θα είναι η βροχόπτωση.



Εικόνα 10 Διαφορές υδρογραφημάτων σε σχέση με τη χωρική κατανομή της καταιγίδας στη λεκάνη. Εκδήλωση καταιγίδας μακριά από το σημείο εξόδου (αριστερά) και το αντίστοιχο υδρογράφημα στο οποίο παρατηρείται η καθυστέρηση στον άξονα του χρόνου. Στην δεύτερη περίπτωση παρατηρείται εκδήλωση καταιγίδας κοντά στο σημείο εξόδου (δεξιά) με εντονότερη την αιχμή του υδρογραφήματος, καθώς και σύγκριση των περιπτώσεων του σκαριφήματος (μαύρο χρώμα για την καταιγίδα στο σημείο εξόδου και γκρι για καταιγίδα στα ανάντη με αντίστοιχα χρώματα στο υδρογράφημα). [Πηγή εικόνας: [CITATION

Δια12 \1 1032]]

5. Αντίστοιχος παράγοντας της θέσης της καταιγίδας είναι και η πορεία της. Η πορεία που θα ακολουθήσει η καταιγίδα θα επηρεάσει το χρόνο που αποστραγγίζονται τα διάφορα τμήματα της λεκάνης. Αν η κίνηση της καταιγίδας γίνεται προς τα κατόντη, αυξάνει η συσσώρευση του όγκου των υδάτων προς απορροή μειώνοντας το χρόνο συσσώρευσης και αυξάνοντας τις παροχές αιχμής, ενώ αντίστοιχα όταν κινείται προς τα ανάντη ο χρόνος συγκέντρωσης αυξάνει και το υδρογράφημα παρουσιάζει μικρότερη αιχμή.



Εικόνα 11 Αποτύπωση της πορείας της καταιγίδας στο υδρογράφημα. Κίνηση καταιγίδας από τα ανάντη προς τα κατάντη (μαύρο χρώμα) αντιστοιχεί σε υδρογράφημα με πιο καθυστερημένη και πιο έντονη αιχμή υδρογραφήματος, ενώ κίνηση της καταιγίδας από τα κατάντη προς τα ανάντη συνεπάγεται πολύ πιο ήπιο υδρογράφημα (γκρι χρώμα).

[Πηγή εικόνας: [CITATION Δια12 \l 1032]]

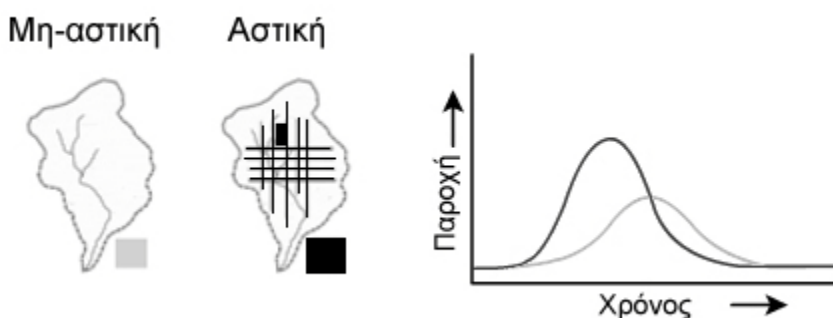
6. Η πυκνότητα των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, που ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού μήκους του δικτύου προς την επιφάνεια της λεκάνης, καθορίζει τον χρόνο αποστράγγισης της λεκάνης. Μεγάλη πυκνότητα δικτύου (μεγάλος αριθμός κλάδων), συνεπάγεται μικρότερο χρόνο συγκέντρωσης και άρα αυξημένη παροχή αιχμής. Η διάκριση του δικτύου γίνεται σε δύο κατηγορίες [CITATION Κου131 \l 1032]:
 - ο Κύριο (channel): καλά διαμορφωμένα φυσικά υδατορέματα συχνά με μόνιμη ροή και
 - ο Δευτερεύον (hillslope): ρεματιές, χαράδρες και μισγάγγειες που αποστραγγίζουν τις πλαγιές και παρουσιάζουν ροή κατά τη διάρκεια της πλημμύρας.
7. Η ταχύτητα κίνησης των υδάτων που απορρέουν επιφανειακά καθορίζεται από την κλίση της υδρολογικής λεκάνης (μέση κλίση). Μεγάλη κλίση συνεπάγεται μεγάλη ταχύτητα και άρα μείωση των χρόνων συρροής των υδάτων, γεγονός που οδηγεί στη μείωση της χρονικής βάσης του υδρογραφήματος. Επίσης, μεγάλη κλίση σημαίνει μείωση του χρόνου παραμονής των υδάτων στην κάθε θέση, άρα μείωση την κατείσδυσης και τελικά αύξηση του όγκου απορροής.
8. Η ένταση της βροχόπτωσης αποτελεί έναν εξίσου σημαντικό παράγοντα. Απόδειξη ότι οι καταιγίδες υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας δημιουργούν μεγάλους όγκους απορροής σε σχέση με εκείνες με μεγάλη διάρκεια ή μεγάλο συνολικό ύψος βροχής[CITATION Bra08 \l 1033].
9. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες είναι η υδροπερατότητα, η οποία εξαρτάται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που περιλαμβάνει η υδρολογική λεκάνη. Οι

γεωλογικοί σχηματισμοί επηρεάζουν τόσο την επιφανειακή απορροή των υδάτων, όσο και την κατείσδυση. Σε μία μεγαλύτερη κλίμακα οι γεωλογικοί σχηματισμοί επηρεάζουν το είδος των φυτών που αναπτύσσονται στην λεκάνη, τον εδαφικό ορίζοντα, τον συντελεστή τραχύτητας του εδάφους, την ίδια την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου και τη μορφολογία της κοίτης, την στερεομεταφορά και αντίστοιχα την εκδήλωση των πλημμυρών. Υδροπερατοί σχηματισμοί (ανθρακικά πετρώματα με ασυνέχειες) σημαίνει αυξημένη κατείσδυση και άρα μείωση του όγκου των υδάτων που απορρέουν, ενώ σχετικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί (φλύσχης ή αργιλικά) σημαίνει αύξηση του όγκου του νερού που απορρέει και συγκεντρώνεται στο σημείο εξόδου της λεκάνης. Φαίνεται, λοιπόν, ότι ο παράγοντας υδροπερατότητα αποτελεί τον σπουδαιότερο αφού καθορίζει τον όγκο των υδάτων που κατεισδύουν ή απορρέουν και ο όγκος των απορρεόντων επιφανειακών υδάτων είναι υπεύθυνος για την εκδήλωση πλημμυρικού φαινομένου. Η σύσταση των εδαφών της λεκάνης απορροής επηρεάζει κυρίως τα υδρολογικά ελλείμματα¹, δηλαδή το διαχωρισμό της ενεργού από την ολική βροχόπτωση. Επίσης, οι μηχανικές ιδιότητες του εδάφους (υδατοπερατότητα, υδραυλική αγωγιμότητα κατά την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση) επηρεάζουν άμεσα το ρυθμό διήθησης, ενώ η χημική σύσταση των εδαφών, σε συνδυασμό με τις μηχανικές τους ιδιότητες, καθορίζει τη φυτοκάλυψη και τους επικρατούντες τύπους χλωρίδας, που επηρεάζουν τόσο την κατακράτηση, όσο και τη διήθηση.

10. Οι χρήσεις γης και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις επηρεάζουν με τη σειρά τους την εκδήλωση ή όχι πλημμυρικών φαινομένων άμεσα (εμποδισμένη διέλευση υδάτων από μπλοκαρισμένα υδατορέματα, απορρίμματα, κλπ.) και έμμεσα (μείωση κατείσδυσης εδάφους για παράδειγμα είτε από το οικοδομημένο (αστικό συνήθως) σχεδόν αδιαπέρατο περιβάλλον, είτε απογυμνωμένο λόγω πυρκαγιάς κλπ). Επίσης ιδιαίτερο ρόλο διαδραματίζει και η φυτοκάλυψη. Ο μηχανισμός παρεμπόδισης που διαθέτει η χλωρίδα έχει ως συνέπεια τη μείωση του όγκου απορροής κατά την ποσότητα που κατακρατείται από τη χλωρίδα και τελικά εξατμίζεται ή απορροφάται απ' αυτή. Ο ίδιος μηχανισμός

¹ Σε μεγάλες χρονικές κλίμακες (ετήσια ή υπερετήσια), η διαφορά ανάμεσα στη βροχόπτωση και την απορροή μιας λεκάνης χαρακτηρίζεται ως υδρολογική απώλεια και περιλαμβάνει, κατά κύριο λόγο, τη μετατροπή του νερού σε υδρατμούς, μέσω των διεργασιών εξάτμισης και διαπνοής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να περιλαμβάνει και μεταφορές νερού εκτός της λεκάνης, λόγω υπόγειων διαφυγών ή ανθρωπογενών παρεμβάσεων (έργα εκτροπής). Στη χρονική κλίμακα της πλημμύρας, π.χ. ώρας ή ημέρας, οι ποσοτικές διαφορές ανάμεσα στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και την επιφανειακή απορροή περιλαμβάνουν, ως επί το πλείστον, άλλες συνιστώσες, όπως διάφορες μορφές κατακράτησης και την εδαφική διήθηση. Οι ποσότητες αυτές, στη λεπτή χρονική κλίμακα που εξετάζονται, θεωρούνται κατ' αρχήν ως υδρολογικά ελλείμματα (abstractions). Σε μεγαλύτερη χρονική κλίμακα, ένα μέρος τους μετατρέπεται σε υδρολογικές απώλειες, δηλαδή σε εξάτμιση και διαπνοή, και το υπόλοιπο σε απορροή, επιφανειακή και υπόγεια.

είναι υπεύθυνος και για τη χρονική υστέρηση της απορροής[CITATION Κου131 \l 1032], με την αύξηση της τραχύτητας των εδαφών που προκαλεί η φυτοκάλυψη, ενώ αντίθετα η δημιουργία λείων επιφανειών, π.χ. λόγω της αστικοποίησης και της ανάπτυξης του οδικού δικτύου, επιταχύνει την απορροή. Μια άλλη δράση της χλωρίδας, που λειτουργεί προστατευτικά στην πλημμύρα, έχει σχέση με τη μεταβολή των χαρακτηριστικών του επιφανειακού εδαφικού στρώματος (από τη δράση των ριζών αλλά και των φυλλωμάτων που πέφτουν), σε τρόπο ώστε να αυξάνεται η διηθητική ικανότητα του εδάφους και συνακόλουθα να μειώνεται η απορροή. Άρα, η φυτοκάλυψη δρα προς την κατεύθυνση της μείωσης του όγκου άμεσης απορροής, και της επιβράδυνσης και εξομάλυνσης των ρυθμών της, με τελική συνέπεια τη μείωση των αιχμών των πλημμυρικών υδρογραφημάτων. Για τους ίδιους λόγους, όταν καταστρέφεται η χλωρίδα, π.χ. από πυρκαγιές ή εκχέρσωση, αλλάζει η υδρολογική συμπεριφορά της λεκάνης και συγκεκριμένα επιταχύνονται και ισχυροποιούνται τα φαινόμενα των πλημμυρών. Επιπλέον, η πυκνή κάλυψη με χλωρίδα, επιβραδύνει την απορροή, προστατεύει το έδαφος από την κινητική ενέργεια της βροχής, καθώς επίσης με τη δημιουργία συνεκτικού ιστού εδαφικών κόκκων, συγκρατεί το εδαφικό υλικό, περιορίζοντας τη διάβρωση της λεκάνης και όλες τις καταστρεπτικές της συνέπειες.



Εικόνα 12 Διαφορές υδρογραφημάτων εκδήλωσης βροχόπτωσης σε μη- αστικό (γκρι χρώμα) και σε αστικό (μαύρο χρώμα) περιβάλλον. [Πηγή εικόνας: [CITATION Δια12 \l 1032]]

Οι συνέπειες- επιδράσεις [CITATION Λέκ00 \l 1032] των πλημμυρών χωρίζονται σε άμεσες και έμμεσες. Οι άμεσες είναι αποτέλεσμα της πλημμύρας όπως τραυματισμοί ή/και θάνατοι, καταστροφές στις υποδομές όπως σε κατοικίες, κτίρια, δρόμους, γέφυρες και στα συστήματα επικοινωνιών, διάβρωση και μεταφορά ιζημάτων κλπ., ενώ οι έμμεσες προκαλούνται

μεταγενέστερα λόγω των δυσλειτουργιών που δημιουργούνται από τις άμεσες συνέπειες, όπως ρύπανση των υδατικών συστημάτων (πχ. ποταμιού), εκδήλωση πυρκαγιάς από διαρροή ρεύματος ή αερίου, αποκλεισμός περιοχών πείνα κλπ.

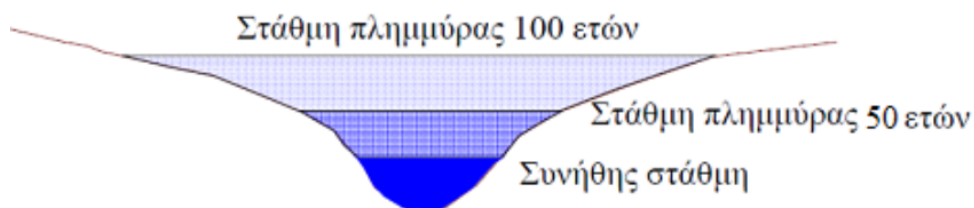
Ποσοτική έκφραση της βροχόπτωσης

Κάποια εξίσου σημαντικά μεγέθη τα οποία χρησιμοποιούνται στην ποσοτική έκφραση της βροχόπτωσης είναι τα εξής[CITATION Κου99 \t \l 1033]:

- ο όγκος, που διακινήθηκε σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα (πχ. ετήσιος όγκος κατακρημνισμάτων 100hm^3 : cubic hectometer ίσο με 10^6 m^3),
- η παροχή, δηλαδή ο ρυθμός διακίνησης του όγκου του νερού στη μονάδα του χρόνου (πχ. παροχή ποταμού $5\text{ m}^3/\text{s}$ σε μία διατομή),
- το ισοδύναμο ή ανηγμένο ύψος, το οποίο προκύπτει αν διαιρεθεί ο όγκος που διακινήθηκε σε ένα δεδομένο χρόνο με την οριζόντια επιφάνεια της έκτασης στην οποία διακινήθηκε ο όγκος του νερού (πχ. ύψος βροχής 800mm σε μία περιοχή για ένα έτος),
- την ένταση, δηλαδή το ρυθμό μεταβολής του ύψους στη μονάδα του χρόνου (πχ. ένταση βροχής 10mm/h).

Περίοδος επαναφοράς

Ένα εξαιρετικά σημαντικό μέγεθος για την εκτίμηση του πλημμυρικού φαινομένου είναι η περίοδος επαναφοράς ή επανάληψης (T). Η περίοδος επαναφοράς ή επανάληψης είναι το αντίστροφο της πιθανότητας υπέρβασης πλημμύρας ορισμένου μεγέθους και καθορίζεται από την κατανομή πιθανοτήτων πλημμυρικής παροχής, δηλαδή τη σχέση συχνότητα- μεγέθους [CITATION Σαπ15 \l 1032].



Εικόνα 13 Σκαρίφημα διαφορετικής στάθμης και της αντίστοιχης περιόδου επαναφοράς. [Πηγή εικόνας: [CITATION Σαπ15 \l 1032]]

Μία πλημμύρα 100 ετών έχει μικρότερες πιθανότητες να λάβει χώρα από εκείνη των 50 ετών. Ωστόσο, αν μέσα σε μία χρονιά λάβει χώρα μία πλημμύρα 100 ετών δεν σημαίνει ότι για την

επόμενα 100 χρόνια δε θα ξαναεκδηλωθεί. Συμπερασματικά, η περίοδος επαναφοράς ή επανάληψης έχει πιθανολογικό χαρακτήρα.

Ένταση και Ραγδαιότητα βροχής

Ως ένταση των βροχοπτώσεων ορίζεται ο χρονικό ρυθμός μεταβολής του ύψους του συλλεχθέντος ύδατος:

$$I = dh/dt$$

και μετράται σε χιλιοστά ύψους βροχής ανά ώρα (mm/h).

Ένα μέγεθος το οποίο διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη ενός πλημμυρικού φαινομένου είναι εκείνο της ραγδαιότητας των κατακρημνισμάτων, η οποία αντιστοιχεί στην ένταση των βροχοπτώσεων από κλιματική σκοπιά και ορίζεται ως το πηλίκο του ύψους βροχής (H) προς τον αριθμό ημερών βροχής (N):

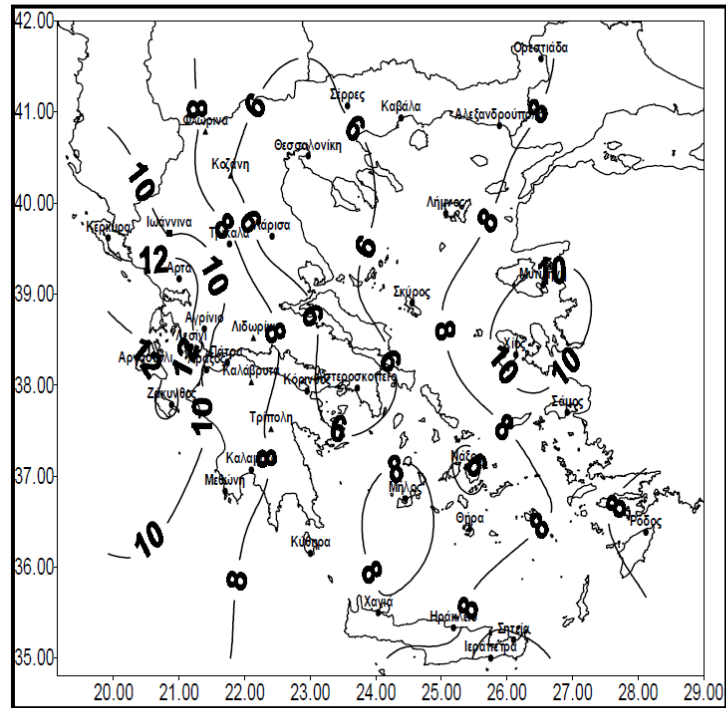
$$p = H/N$$

και μετράται σε μονάδες ύψους βροχής. Η ραγδαιότητα ως κλιματικό στοιχείο μιας περιοχής καθορίζει το είδος των βροχοπτώσεων αναφορικά με τη μέση ένταση αυτών και ο υπολογισμός γίνεται σε μηνιαία, εποχική και ετήσια βάση. Αποτελεί σημαντικό διαμορφωτικό παράγοντα του ανάγλυφου και της εδαφοκάλυψης και κατ' επέκταση επηρεάζει το είδος των χρήσεων γης [CITATION Καν03 \l 1033].

Κατανομή της ραγδαιότητας στον ελλαδικό χώρο

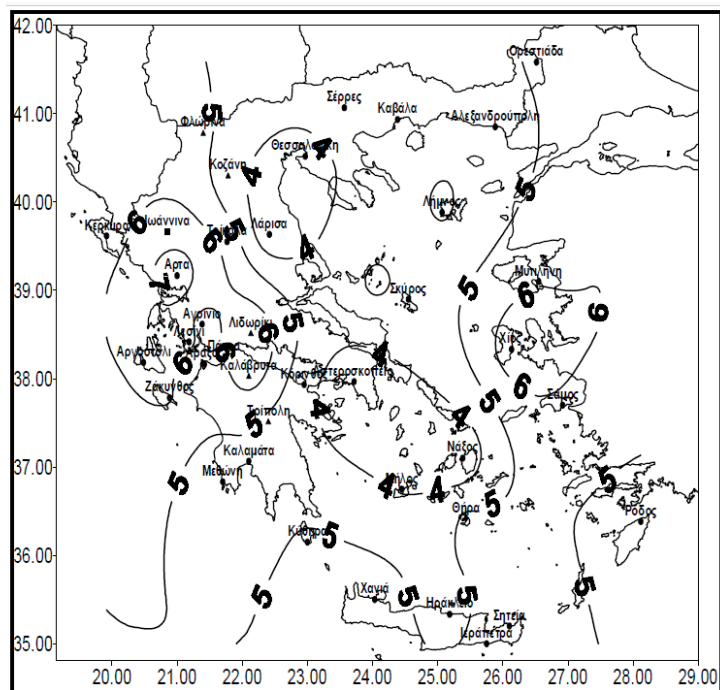
Στην Ελλάδα σύμφωνα με την έρευνα των [CITATION Καν03 \l 1032] για την 30ετία 1963-1992 οι μέγιστες τιμές σημειώνονται τον Νοέμβριο ενώ η εποχική κατανομή ακολουθεί τη διάταξη: Φθινόπωρο > Χειμώνας > Καλοκαίρι. Χωρικά οι μέγιστες τιμές εντοπίζονται στα δυτικά παράκτια τμήματα της χώρας, στα Επτάνησα, στην κεντρική και βόρεια Πελοπόννησο και στα νησιά του ανατολικού Αιγαίου. Οι ελάχιστες καταγράφονται κυρίως στα νησιά του Αργοσαρωνικού και τις Κυκλάδες. Τους καλοκαιρινούς μήνες καταγράφεται σημαντική πτώση της ραγδαιότητας σε όλες τις περιοχές της χώρας και τα μέγιστα εντοπίζονται στη βόρεια Ελλάδα και γενικά στις ηπειρωτικές περιοχές λόγω των θερμικών καταιγίδων. Το φθινόπωρο λόγω της ενεργοποίησης του Μεσογειακού μετώπου καταγράφεται αύξηση της ραγδαιότητας σε

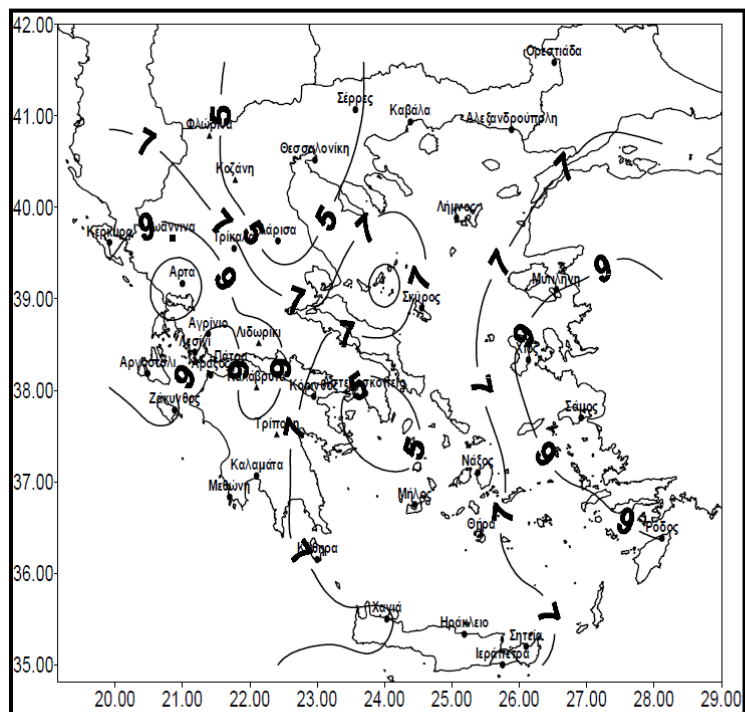
όλη την Ελλάδα ενώ στις δυτικές περιοχές καταγράφονται τα ισχυρότερα εποχικά μέγιστα λόγω και της επίδρασης των ορεινών όγκων.



Χάρτης 1 Κατανομή ραγδιαιότητας κατά τους φθινοπωρινούς μήνες περιόδου 1963-1992. [Πηγή χάρτη:[CITATION Καν03 \l 1032]]

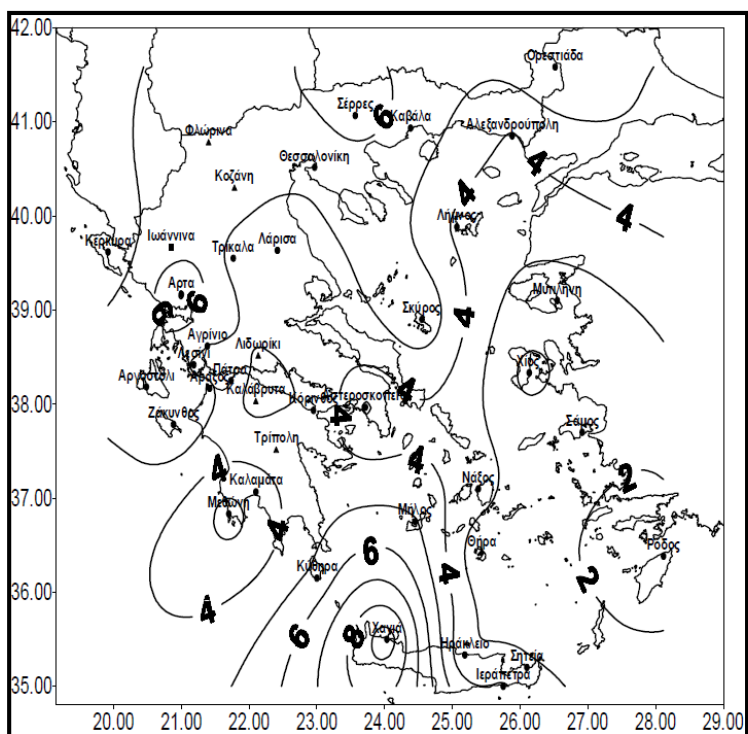
Χάρτης 2 Κατανομή ραγδιαιότητας κατά την άνοιξη περιόδου 1963-1992. [Πηγή χάρτη:[CITATION Καν03 \l 1032]]





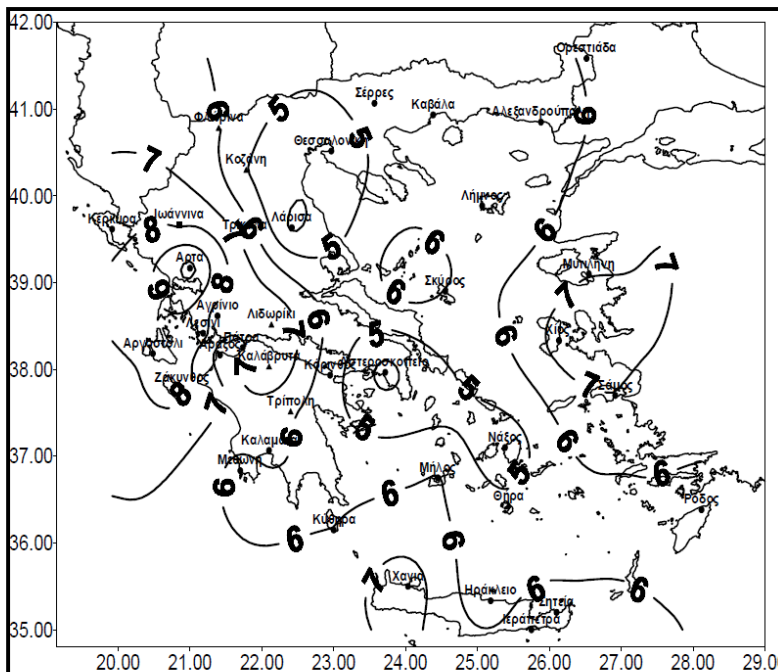
Χάρτης 3 Κατανομή ραγδιαιότητας κατά τους χειμερινούς μήνες περιόδου 1963-1992. [Πηγή χάρτη:[CITATION Καν03 \l 1032]]

Χάρτης 4 Κατανομή ραγδιαιότητας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες περιόδου 1963-1992. [Πηγή χάρτη:[CITATION Καν03 \l 1032]]



Συνολικά για το έτος η χωρική κατανομή της ραγδαιότητας εμφανίζει τιμές:

- ✓ μέση τιμή για όλη την Ελλάδα 6,4mm με τυπική απόκλιση 1,4mm
- ✓ Ελάχιστη τιμή 3,6mm στο σταθμό του Αστεροσκοπείου και
- ✓ Μέγιστη τιμή 10,4mm στην Άρτα.



Χάρτης 5 Χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας ραγδαιότητας στην Ελλάδα. [Πηγή χάρτη:[CITATION Καν03 \l 1032]]

Όπως φαίνεται στους παραπάνω χάρτες οι μέγιστες τιμές ραγδαιότητας εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας.

Κατείσδυση, Πορώδες, Χρόνος συγκέντρωσης, Συντελεστής απορροής

- Κατείσδυση

Η κατείδυση ή διήθηση (infiltration) αντιστοιχεί στον όγκο εκείνο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους, φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες/ ταμιευτήρες, προστίθεται στα αποθέματα των υπόγειων νερών και μετέχει στην κίνηση του υπόγειου νερού[CITATION Βου06 \l 1032].

Η ικανότητα κατείσδυσης (infiltration capacity) εξαρτάται κυρίως από:

- ✓ την υγρασία του εδάφους,
- ✓ τη λιθολογία,
- ✓ την κλίση και τον τύπο του εδάφους,

- ✓ τη βλάστηση,
- ✓ την ένταση και κατανομή των βροχοπτώσεων κ.λπ.

Η κατείσδυση αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία για τον καθορισμό του ισοζυγίου των υδατικών πόρων μιας περιοχής γιατί συμβάλλει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων.

Μέτρο της κατείσδυσης είναι ο συντελεστής κατείσδυσης, ο οποίος εκφράζει το ποσοστό του νερού που κατεισδύει σε σχέση με την ολική βροχόπτωση. Οι τιμές του συντελεστή κατείσδυσης κυμαίνονται από 3% (φλύσχης, φυλλίτες, σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, ηφαιστειακά πετρώματα) έως 60% (ανθρακικά πετρώματα) [CITATION Βου061 \l 1032].

- Πορώδες

Το πορώδες (porosity) (n) ή ολικό πορώδες είναι ένα μέτρο των διακένων (πόρων, κενών, ρωγμών) που υπάρχουν σε ένα πέτρωμα ή έδαφος και εκφράζεται με το λόγο του συνολικού όγκου των διακένων (V_K) προς τον συνολικό όγκο του πετρώματος /εδάφους

$$(V_{ολ}): n = V_K / V_{ολ}$$

Πίνακας 3 Ενδεικτικές τιμές ολικού πορώδους από 0-60% [Πηγή πίνακα: [CITATION Βου06 \l 1032]].

Προσχώσεις	Πορώδες (%)	Ιζηματογενή πετρώματα	Πορώδες (%)	Κρυσταλλικά πετρώματα	Πορώδες (%)
Μικρά χαλίκια	24 έως 36	Ψαμμίτες	5 έως 30	Ρηγματωμένα	0 έως 10
Μεγάλα χαλίκια	25 έως 38	Ιλυόλιθοι	21 έως 41	Μη ρηγματωμένα	0 έως 5
Χονδρόκοκκη άμμος	31 έως 48	Ασβεστόλιθοι	0 έως 40	Βασάλτες	3 έως 35
Λεπτόκοκκη άμμος	26 έως 53	Καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι	0 έως 40	Αποσαθρωμένοι γρανίτες	34 έως 57
Ιλύς	34 έως 61	Σχιστόλιθοι	0 έως 10		
Άργιλος	34 έως 60				

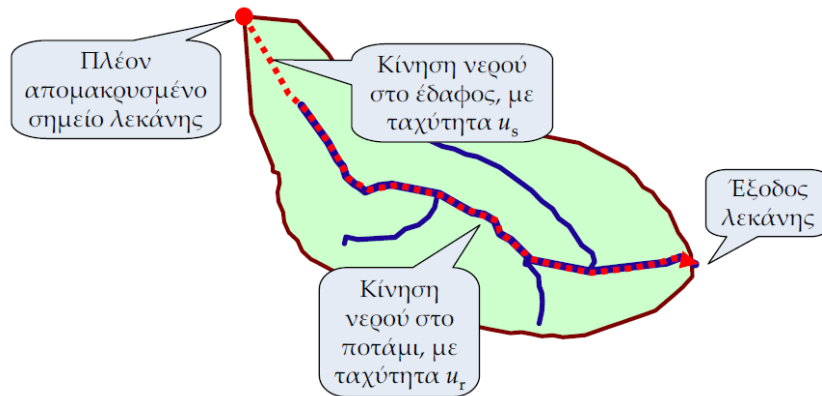
Το ενεργό πορώδες (effective porosity) αναφέρεται στο ποσοστό των διακένων που επικοινωνούν μεταξύ τους και επιτρέπουν τη ροή του υπόγειου νερού υπό την επίδραση της βαρύτητας ή της υδροστατικής πίεσης [CITATION Βου061 \l 1032]. Τα διάκενα που δεν

συνεισφέρουν στη ροή αυτή καταλαμβάνονται από νερό συγκράτησης. Στους κοκκώδεις σχηματισμούς το ενεργό πορώδες κυμαίνεται από 0-3% (άργιλος) έως 20% (χαλίκια).

Το πορώδες χαρακτηρίζεται σαν πρωτογενές δηλ. το πορώδες που οφείλεται στα διάκενα που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια σχηματισμού του πετρώματος και σαν δευτερογενές δηλ. το πορώδες που οφείλεται στα διάκενα που δημιουργήθηκαν λόγω τεκτονισμού, αποσάθρωσης, διάλυσης, δράσης του έμβιου κόσμου κ.ά. Το πρωτογενές πορώδες εξαρτάται από τη διάταξη, το μέγεθος και τη μορφή των κόκκων.

- Χρόνος συγκέντρωσης

Ως χρόνος συγκέντρωσης ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει το νερό που απορρέει επιφανειακά από το υδραυλικά πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης μέχρι τη διατομή εξόδου [CITATION Κου131 \l 1033].

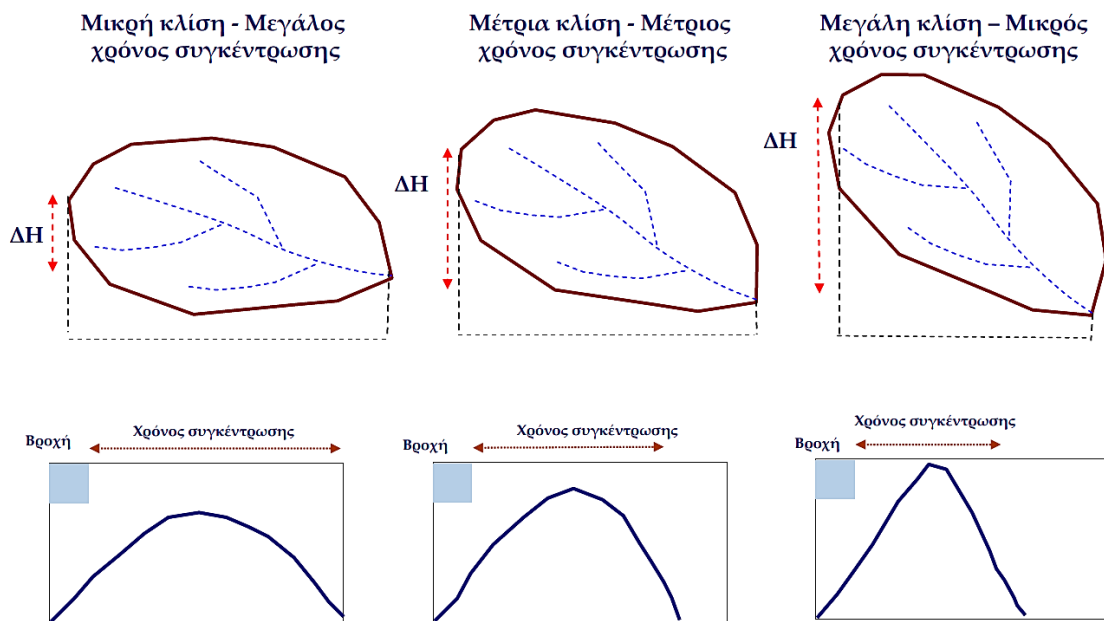


Εικόνα 14 Σκαρίφημα ερμηνείας του χρόνου συγκέντρωσης. [Πηγή εικόνας: [CITATION Κου131 \l 1032]]

Ο χρόνος συγκέντρωσης εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων, όπως:

- το σχήμα και την έκταση της λεκάνης απορροής·
- το μήκος και την πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου·
- την κλίση του εδάφους·
- τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την τραχύτητα του εδάφους (π.χ. φυτοκάλυψη)·
- τα γεωμετρικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά υδρογραφικού δικτύου.

Λόγω του ότι ο ακριβής υπολογισμός του χρόνου συγκέντρωσης είναι δύσκολος έως αδύνατος, κατά την εφαρμογή υδρολογικών αναλύσεων εφαρμόζονται εμπειρικές σχέσεις οι οποίες εκτιμούν το χρόνο συγκέντρωσης συναρτήσει χαρακτηριστικών μεγεθών της λεκάνης όπως η επιφάνεια, η κλίση κλπ. Ενδεικτικό παράδειγμα της σχέσης αλληλεπίδρασης της κλίσης της υδρολογικής λεκάνης με το χρόνο συγκέντρωσης, αποτελούν τα παρακάτω σχήματα:



Εικόνα 15 Διαφορετικές περιπτώσεις επίδρασης της κλίσης υδρολογικής λεκάνης στον χρόνο συγκέντρωσης και πως αυτό αποτυπώνεται στο σχήμα του πλημμυρογραφήματος. [Πηγή εικόνας: [CITATION Κου131 \l 1032]]

Μια λεκάνη με ήπιες κλίσεις, ο χρόνος συγκέντρωσης είναι σχετικά μεγάλος, οι ταχύτητες ροής μικρές και η απόκριση στην πλημμύρα πιο εξομαλυμένη, σε σχέση με μια λεκάνη με έντονες κλίσεις, μικρό χρόνο συγκέντρωσης, υψηλές ταχύτητες ροής και, συνεπώς, γρήγορη απόκριση. Όσο επιταχύνεται η απόκριση, τόσο περιορίζεται ο χρόνος βάσης του υδρογραφήματος, ενώ αυξάνει η παροχή αιχμής του. Τέλος, ένα από τα βασικότερα μεγέθη είναι το μήκος του κύριου υδατορρέματος που συσχετίζεται εμπειρικά με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης.

Εμπειρική σχέση υπολογισμού του χρόνου συγκέντρωσης είναι της μορφής:

$$t_c = f(i, L, S, A)$$

όπου i ένα χαρακτηριστικό μέγεθος που σχετίζεται με την απορροή (π.χ. ένταση βροχής),

L ένα χαρακτηριστικό μήκος διαδρομής του νερού στη λεκάνη,

S μια χαρακτηριστική κλίση του αναγλύφου, και

A το εμβαδό της λεκάνης.

Στον υπολογισμό του χρόνου συγκέντρωσης δεν εισάγεται η παράμετρος της απορροής, δημιουργώντας την εσφαλμένη εντύπωση ότι ο χρόνος συγκέντρωσης είναι σταθερός, ενώ στην πραγματικότητα αποτελεί τυχαία μεταβλητή, εξαρτώμενη από την παροχή [CITATION Κου131 \l 1032].

- Συντελεστής απορροής

Ως συντελεστής απορροής ορίζεται, ο λόγος του όγκου απορροής προς τον αντίστοιχο όγκο βροχόπτωσης που προσπίπτει σε μια δεδομένη επιφάνεια στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα, και είναι συνεπώς άμεσα εξαρτώμενος από τη χρονική κλίμακα. Σε ετήσια κλίμακα, ο λόγος αυτός είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδας, ενώ σε μικρότερες κλίμακες (μηνιαία) μπορεί να υπερβεί το 100%, καθώς σε αρκετές περιπτώσεις η απορροή μπορεί να εμφανίζεται με σημαντική χρονική υστέρηση σε σχέση με τη βροχόπτωση, π.χ. λόγω της εκφόρτισης πηγών ή της τήξης του χιονιού.

Στον ελληνικό χώρο ο συντελεστής απορροής παίρνει τιμές από 5-10% (ετησίως) για ημιάνυδρες όπως οι λεκάνες της Ανατολικής Ελλάδας, ενώ σε χειμαρρικής συμπεριφοράς λεκάνες έως 60-70% όπως λεκάνες της Δυτικής Ελλάδας που χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά πλούσια υδροφορία, τόσο λόγω των βροχοπτώσεων όσο και λόγω της κυριαρχίας των αδιαπέρατων γεωλογικών σχηματισμών.

Το χρονικό περιθώριο στο οποίο αναφέρεται ο συντελεστής απορροής αφορά το διάστημα που μεσολαβεί από την έναρξη της βροχής μέχρι τη λήξη της πλημμυρικής απορροής. Στην περίπτωση αυτή, ο συντελεστής απορροής του επεισοδίου υπολογίζεται ως ο όγκος του καθαρού πλημμυρογραφήματος προς τον όγκο του υετογραφήματος (ή, ισοδύναμα, ο όγκος της ενεργού βροχόπτωσης προς τον όγκο της συνολικής βροχόπτωσης)[CITATION Κου131 \l 1032].

Ο συντελεστής απορροής αντιμετωπίζεται, κατά κανόνα, ως χαρακτηριστικό μέγεθος της λεκάνης και όχι ως μεταβλητή στον υδρολογικό σχεδιασμό. Θεωρείται ότι ενσωματώνει το σύνολο των υδρολογικών ελλειμμάτων, στα οποία περιλαμβάνονται:

- οι απώλειες κατακράτησης από τη χλωρίδα,
- οι απώλειες επιφανειακής παγίδευσης στις κοιλότητες του εδάφους,
- οι απώλειες διήθησης σε περατά εδάφη,
- οι απώλειες εξατμοδιαπνοής, οι οποίες πάντως είναι ασήμαντες στην χρονική κλίμακα των πλημμυρικών επεισοδίων.

Στην πραγματικότητα, ο συντελεστής απορροής είναι τυχαία μεταβλητή που αναφέρεται στο εκάστοτε πλημμυρικό επεισόδιο, και εξαρτάται από τη χρονική κατανομή της βροχόπτωσης, την απόσταση από το προηγούμενο επεισόδιο και από τις συνθήκες υγρασίας του εδάφους κατά την έναρξη της βροχής. Ο συντελεστής απορροής είναι το μέγεθος που παρουσιάζει την μεγαλύτερη

αβεβαιότητα κατά την εκτίμησή του, καθώς δεν είναι σταθερός και παρουσιάζει έντονες μεταβολές, ακόμα και στην ίδια λεκάνη απορροής, αφού επηρεάζεται από τα εξής:

- τη χρονική κατανομή της βροχόπτωσης,
- τη χρονική απόσταση από την προηγούμενη βροχόπτωση αλλά και από
- μετεωρολογικές και φυσιογραφικές παραμέτρους.

Συνήθως χρησιμοποιούνται τυποποιημένες μέσες τιμές συντελεστών απορροής, ανεξάρτητες της διάρκειας βροχής και των άλλων συνθηκών, γενικής εφαρμογής αλλά αναφέρονται σε συγκεκριμένη τάξη μεγέθους της περιόδου επαναφοράς του πλημμυρικού φαινομένου, π.χ. $T = 5$ έως 10 έτη για δίκτυα αποχέτευσης, ενώ για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς, είναι εύλογο ότι ο συντελεστής απορροής να αυξάνεται (καθώς μειώνονται τα υδρολογικά ελλείμματα).

Ενδεικτικοί μέσοι συντελεστές απορροής παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 4 Μέσοι συντελεστές απορροής για αστικές περιοχές αναλόγως των χαρακτηριστικών τους. [Πηγή πίνακα: [CITATION Kouv131 \l 1032] από τις αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976)]

Περιγραφή περιοχής	Συντελεστής απορροής
Εμπορική, κέντρο	0.70-0.95
Εμπορική, περιφέρεια	0.50-0.70
Μονοκατοικίες	0.30-0.50
Πολυκατοικίες, σε πανταχόθεν ελεύθερο σύστημα	0.40-0.60
Πολυκατοικίες, σε συνεχές σύστημα	0.60-0.75
Οικιστική, υποαστική	0.25-0.40
Βιομηχανική (ελαφρά)	0.50-0.80
Βιομηχανική (βαριά)	0.60-0.90
Μη ανεπτυγμένη περιοχή	0.10-0.30
Πάρκα, νεκροταφεία	0.10-0.25
Γήπεδα	0.20-0.35

Πίνακας 5 Συντελεστές απορροής για συγκεκριμένες επιφάνειες. [Πηγή πίνακα: [CITATION Kouv131 \l 1032] από τις αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976)]

Περιγραφή περιοχής	Συντελεστής απορροής
Πεζοδρόμια δρόμοι	
Σκυρόδεμα, ασφαλτοσκυρόδεμα	0.70-0.95
Πλίνθοι	0.70-0.85
Στέγες	0.75-0.95
Αγροί, αμμώδη εδάφη	
Ήπια κλίση, 2%	0.05-0.10
Μέση κλίση, 2% μέχρι 7%	0.10-0.15

Απότομη κλίση, 7%	0.15-0.20
Αγροί, βαριά εδάφη	
Ήπια κλίση, 2%	0.13-0.17
Μέση κλίση, 2% μέχρι 7%	0.18-0.22
Απότομη κλίση, 7%	0.25-0.35

Ο συντελεστής απορροής συμβάλλει καθοριστικά στον προσδιορισμό της επικινδυνότητας των χρήσεων γης.

Κίνδυνος, Επικινδυνότητα και Τρωτότητα

Για τον κίνδυνο (risk) υπάρχει πληθώρα ορισμών στη βιβλιογραφία όπως και για τη επικινδυνότητα. Συχνά αυτοί οι δύο ορισμοί συγχέονται:

Κίνδυνος² (risk) είναι ένα ενδεχόμενο φυσικό γεγονός, φαινόμενο ή ανθρώπινη δραστηριότητα που μπορεί να προκαλέσει απώλεια ζωής ή τραυματισμό, υλικές ζημιές, κοινωνική και οικονομική αναστάτωση ή υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Ο κίνδυνος μπορεί να περιλαμβάνει τις λανθάνουσες συνθήκες που μπορεί να αντιστοιχούν σε μελλοντικές απειλές και μπορεί να έχουν διαφορετικές προελεύσεις: φυσικές (γεωλογικές, υδρολογικές και βιολογικών) ή ανθρωπογενείς (υποβάθμιση του περιβάλλοντος και των τεχνολογικών κινδύνων). Κίνδυνοι μπορεί να είναι ενιαίοι, διαδοχικοί ή σε συνδυασμό με προέλευση και τα αποτελέσματά τους. Κάθε κίνδυνος χαρακτηρίζεται από τη θέση, την ένταση, τη συχνότητα και την πιθανότητα [CITATION ISD04 \l 1033].

Ο κίνδυνος εκφράζεται ως συνάρτηση της τρωτότητας και της επικινδυνότητας ως εξής:

Κίνδυνος = Επικινδυνότητα # Τρωτότητα

Risk = Hazard # Vulnerability

όπου # αντιπροσωπεύει το είδος της συνάρτησης που περιγράφει το συνδυασμό Τρωτότητας και Επικινδυνότητας [CITATION Σαπ15 \l 1032].

2 Risk: The probability of harmful consequences, or expected losses (deaths, injuries, property, livelihoods, economic activity disrupted or environment damaged) resulting from interactions between natural or human-induced hazards and vulnerable conditions. Some disciplines also include the concept of exposure to refer particularly to the physical aspects of vulnerability. Beyond expressing a possibility of physical harm, it is crucial to recognize that risks are inherent or can be created or exist within social systems. It is important to consider the social contexts in which risks occur and that people therefore do not necessarily share the same perceptions of risk and their underlying causes (ISDR Secretariat, 2004).

Ως επικινδυνότητα³ (hazard) ορίζεται η πιθανότητα των επιβλαβών συνεπειών, ή αναμενόμενων απωλειών (θανάτων, τραυματισμών, περιουσίες, τους πόρους, την οικονομική δραστηριότητα ή περιβαλλοντική βλάβη) σαν αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυσικών ή ανθρωπογενών κινδύνων και τρωτών συνθηκών.

Όσον αφορά την τρωτότητα ενδεικτικά αναφέρεται ο ορισμός του [CITATION ISD04 \l 1032]: ως τρωτότητα θεωρούνται τα χαρακτηριστικά και οι συνθήκες μιας κοινότητας, ενός συστήματος ή κάποιου πόρου που καθίστανται ευάλωτα στις καταστρεπτικές επιδράσεις μιας επικινδυνότητας.

Επίσης η τρωτότητα (vulnerability) σχετίζεται με την προδιάθεση, την επιδεκτικότητα, τις ευπάθειες, τις αδυναμίες, τις ανεπάρκειες ή/ και την έλλειψη δυνατοτήτων που ευνοούν αρνητικές επιπτώσεις επί των εκτεθειμένων στοιχείων[CITATION Thy061 \l 1033].

Είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη το κοινωνικό πλαίσιο στο οποίο ενέχεται υπάρχει κίνδυνος και μπορεί να εκδηλωθεί καθώς και το ότι όλοι οι άνθρωποι δεν μοιράζονται απαραίτητα την ίδια αντίληψη των κινδύνων και των αιτιών τους.

Κίνδυνος πλημμύρας και πλημμυρική επικινδυνότητα

Στην Οδηγία 2007/60/EK αναφέρεται ο εξής ορισμός για τον κίνδυνο πλημμύρας (Κεφ. 1, αρθ.2):

- Κίνδυνος πλημμύρας (flood risk) είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται με αυτή την πλημμύρα στο συγκεκριμένο χώρο.

Ο πλημμυρικός κίνδυνος μπορεί να εκφραστεί ως μέτρο των αναμενόμενων ή επικείμενων φθορών (κοινωνικών και οικονομικών) σε ένα καθορισμένο χώρο και χρόνο, εξαιτίας αυτής της πιθανότητας[CITATION Μαμ14 \l 1032].

3 Hazard: A potentially damaging physical event, phenomenon or human activity that may cause the loss of life or injury, property damage, social and economic disruption or environmental degradation. Hazards can include latent conditions that may represent future threats and can have different origins: natural (geological, hydrometeorological and biological) or induced by human processes (environmental degradation and technological hazards). Hazards can be single, sequential or combined in their origin and effects. Each hazard is characterised by its location, intensity, frequency and probability[CITATION ISD04 \l 1032].

Ενώ η πλημμυρική επικινδυνότητα θεωρείται η πιθανότητα να εκδηλωθεί πλημμύρα συγκεκριμένων χαρακτηριστικών μεγεθών σε μία περιοχή ή θέση μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα [CITATION Σαπ15 \l 1033].

Η συμβολή της πρόγνωσης

Εξαιρετικά σημαντική είναι η συμβολή της πρόγνωσης στον μετριασμό των επιπτώσεων του πλημμυρικού κινδύνου. Όμως, η πρόγνωση πλημμύρας γίνεται με στατιστικές μεθόδους και ενέχει την έννοια του «τυχαίου». Όσο περισσότερο αυξάνει το χρονικό διάστημα καταγραφής των πλημμυρών, τόσο πιο ακριβής γίνεται η πρόγνωσή τους. Ωστόσο, για παράδειγμα η κατασκευή τεχνικών έργων αντιπλημμυρικών προδιαγραφών στηρίζεται στις καταγραφές αυτές και γίνεται ώστε να μπορούν να αντιμετωπιστούν πλημμύρες με περιόδους επανάληψης 10, 25, 50 ή και 100 χρόνων. Παράδειγμα μία πλημμύρα 25- χρόνων μπορεί να συμβεί μία φορά κάθε 25 χρόνια, χωρίς όμως να αποκλείεται και η εμφάνιση δύο πλημμυρών με περίοδο επανάληψης 25 χρόνια στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Τα προληπτικά μέτρα όπως:

- μηχανικές κατασκευές τα αναχώματα/ τοιχία για την συγκράτηση της υψηλότερης στάθμης του νερού,
- δεξαμενές για αποθήκευση νερού και απελευθέρωση του με ασφαλείς ρυθμούς ή συστήματα επί τόπου κράτησης του νερού/ λεκάνες συγκράτησης
- η διαμόρφωση των κοιτών, στην περίπτωση ποτάμιου συστήματος, των ρευμάτων με σκοπό τη διοχέτευση του νερού στις γύρω περιοχές ή η επεμβάσεις στο μέγεθος της κοίτης για πιο γρήγορη απομάκρυνση του νερού κλπ.

εμπεριέχουν μια εσφαλμένη αίσθηση ασφάλειας, η οποία οδηγεί στην συνεχώς επεκτεινόμενη αστικοποίηση της λεκάνης κατάκλισης. Τα προληπτικά/ ρυθμιστικά έργα που προαναφέρθηκαν είναι σαφώς απαραίτητα για να προστατέψουν ανθρώπινες ζωές και κτιριακό απόθεμα, αλλά δε θα πρέπει να λησμονείται ότι η λεκάνη κατάκλισης ανήκει σε ένα υδατικό σύστημα και κάθε παρέμβαση σε αυτό το σύστημα αυξάνει την ένταση και τις συνέπειες της εκάστοτε πλημμύρας. Η πιο αποτελεσματική λύση σε αυτό είναι ο σχεδιασμός σύμφωνα και με σεβασμό προς το περιβάλλον, δηλαδή διαμόρφωση της λεκάνης κατάκλισης με τις λιγότερες δυνατές τεχνητές παρεμβάσεις[CITATION Λέκ00 \l 1032].

Μία σχετικά καινούρια προσέγγιση στον τομέα της πρόγνωσης είναι η υδρομετεωρολογική πρόγνωση, δηλαδή ο συνδυασμός της βραχυπρόθεσμης μετεωρολογικής πρόγνωσης σχετικά με την αναμενόμενη εξέλιξη μιας επερχόμενης καταιγίδας, και της υδρολογικής και υδραυλικής προσομοίωσης, με σκοπό τη λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας, σε πραγματικό χρόνο.

Πρώτο βήμα ενός αποτελεσματικού σχεδιασμού για τη διαμόρφωση της λεκάνης κατάκλισης ακόμα και για περιπτώσεις ήδη πλήρους ή μερικώς οικοδομημένου συστήματος, είναι η χαρτογράφηση περιοχών πλημμυρικής επικινδυνότητας. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η ανάπτυξη χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας, οι οποίοι αποτελούν βασικό πυλώνα και κύρια προτεραιότητα της Οδηγίας 2007/60/EK.

Η Οδηγία 2007/60/EK

Η συγκεκριμένη Οδηγία⁴ θέτει ως κεντρικό στόχο τη μείωση των αρνητικών συνεπειών που συνδέονται με την πλημμύρα όσον αφορά στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες. Η Οδηγία στο πλαίσιο της εφαρμογής της προβλέπει τρία στάδια για την εκτίμηση της πλημμυρικής διακινδύνευσης (assessment and management of flood risk) και τη διαχείριση του φαινομένου της πλημμύρας από τα κράτη μέλη της Ε.Ε.:

- την προκαταρκτική εκτίμηση του φαινομένου,
- τη δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας και χαρτών κινδύνου πλημμύρας και
- την εκπόνηση σχεδίου διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρας.

Προκαταρκτική εκτίμηση- Πρώτο Στάδιο

Στο πλαίσιο της αξιολόγησης περιοχών για εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων μεγάλης πιθανότητας (πρώτο στάδιο) στην οδηγία στο Κεφάλαιο II (αρθ. 4) περιγράφονται τα εξής στάδια [CITATION Ζωή14 \l 1032]:

⁴Αφορμή για την ανάπτυξη αυτής της Οδηγίας- Πλαίσιο και την ανάδειξη της κρισιμότητας του προβλήματος του πλημμυρικού κινδύνου, αποτέλεσαν οι καταστροφικές πλημμύρες του Δούναβη και του Έλβα τους θερινούς μήνες του 2002 οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα οικονομικές απώλειες και πιο σημαντικό απώλειες σε ανθρώπινες ζωές[CITATION Κου131 \l 1032].

1. Χάρτες της περιοχής της λεκάνης απορροής του ποταμού στην κατάλληλη κλίμακα, οι οποίοι περιλαμβάνουν τα όρια των λεκανών και των υπολεκανών απορροής ποταμών, οι οποίοι περιγράφουν τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά και τη χρήση γης.
2. Περιγραφή των πλημμυρών οι οποίες σημειώθηκαν κατά το παρελθόν και είχαν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στις ανθρώπινες ζωές, στις οικονομικές δραστηριότητες και στο περιβάλλον, όταν υπάρχει ακόμη πιθανότητα παρόμοιων μελλοντικών συμβάντων, συμπεριλαμβανομένων της έκτασης της πλημμύρας, των οδών αποστράγγισης και της αξιολόγησης των αρνητικών επιπτώσεων που προκάλεσαν.
3. Περιγραφή των σημαντικών πλημμυρών οι οποίες σημειώθηκαν κατά το παρελθόν, εκ των οποίων θα μπορούσαν, ενδεχομένως, να προβλεφθούν οι σημαντικές αρνητικές συνέπειες παρόμοιων φαινομένων στο μέλλον.

Χάρτες επικινδυνότητας και χάρτες κινδύνου πλημμύρας- Δεύτερο Στάδιο

Το δεύτερο στάδιο διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρας, [βάση του Κεφαλαίου III (αρθ. 6)], προβλέπει τη δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας (flood hazard maps) και χαρτών κινδύνου πλημμύρας (flood risk maps) για τις περιοχές που σύμφωνα με την προκαταρκτική εκτίμηση παρουσίασαν υψηλή πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας.

Οι χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας διαχωρίζονται σύμφωνα με τα ακόλουθα πλημμυρικά σενάρια σε (παρ. 3):

- Χαμηλής πιθανότητας ή σενάρια ακραίων φαινομένων
- Μέσης πιθανότητας (με πιθανή περίοδο επαναληπτικότητας ≥ 100 χρόνια)
- Υψηλής πιθανότητας (δηλαδή συχνά φαινόμενα).

Στους χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας περιγράφονται τα ακόλουθα υδραυλικά μεγέθη, ανά σενάριο:

- ✓ η έκταση της πλημμύρας,
- ✓ ο χρόνος παραμονής των υδάτων σε χαρακτηριστικές θέσεις,
- ✓ τα βάθη ροής ή η απόλυτη στάθμη νερού σε χαρακτηριστικές θέσεις,
- ✓ η ταχύτητα ροής ή η σχετική ροή των υδάτων, εφόσον κρίνεται αναγκαίο.

Αντίστοιχα, στους χάρτες κινδύνων πλημμύρας (flood risk maps) απεικονίζονται οι δυνητικές αρνητικές επιπτώσεις των πλημμυρών, που αναφέρονται στα τρία σενάρια επικινδυνότητας και περιγράφονται τα ακόλουθα υδραυλικά μεγέθη, ανά σενάριο:

- ✓ ο ενδεικτικός αριθμός κατοίκων που ενδέχεται να πληγούν,
- ✓ ο τύπος της οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή που ενδέχεται να πληγεί,
- ✓ οι εγκαταστάσεις που ενδέχεται να προκαλέσουν τυχαία ρύπανση σε περίπτωση πλημμύρας και προστατευόμενες περιοχές που ενδέχεται να πληγούν,
- ✓ οι περιοχές στις οποίες υπάρχει το ενδεχόμενο πλημμυρών με αυξημένο ποσοστό μεταφερόμενων ιζημάτων και πλημμυρών που μπορεί να προκαλέσουν ροή λάσπης ή κατολισθήσεις,
- ✓ πληροφορίες για πιθανές άλλες σημαντικές πηγές ρύπανσης.

Σχέδια διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας- Τρίτο Στάδιο

Στο τελικό στάδιο οι πληροφορίες και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τα προηγούμενα 2 στάδια αξιοποιούνται προκειμένου να εκπονηθεί σχέδιο διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρας. Σκοπός είναι να επιτευχθεί η πρόληψη και η μείωση των αναφερομένων στους χάρτες κινδύνου, αρνητικών κοινωνικών, οικονομικών, πολιτιστικών και περιβαλλοντικών συνεπειών. Για το σκοπό αυτό καταρτίζονται συντονισμένα σχέδια διαχείρισης του πλημμυρικού κινδύνου για τα οποία λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- ✓ οι οικονομικές παράμετροι (κόστη και οφέλη)
- ✓ τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της πλημμύρας (κατακλύσιμη έκταση, διαδρομές και περιοχές αποστράγγισης, περιοχές ανασχεσης)
- ✓ οι περιβαλλοντικοί στόχοι του άρθρου 4 της οδηγίας 2000/60/EK
- ✓ η διαχείριση του εδάφους και των υδατικών πόρων
- ✓ ο χωροταξικός σχεδιασμός, οι χρήσεις γης, και οι προστατευόμενες περιοχές·
- ✓ η ναυσιπλοΐα και οι λιμενικές υποδομές.

Βασικοί πυλώνες για την κατάρτιση των σχεδίων αυτών είναι η πρόληψη, η προστασία και η ετοιμότητα. Με βάση αυτά προβλέπουν την ανάπτυξη συστημάτων πρόγνωσης πλημμυρών και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης οπότε δίνεται ειδική έμφαση στα εξής:

- ✓ την προώθηση βιώσιμων πρακτικών χρήσης γης
- ✓ τη βελτίωση της αναχαίτισης υδάτων
- ✓ την ελεγχόμενη κατάκλιση συγκεκριμένων περιοχών.

Για να εξασφαλιστεί η στέρεα εφαρμογή των σχεδίων αυτών θα πρέπει κάθε παρέμβαση, έργο ή μέτρο που σχετίζεται με τη διαχείριση των πλημμυρών να εντάσσεται στο συντονισμένο αυτό σχέδιο. Επιπλέον, υπό το πρίσμα της αρχής της αλληλεγγύης (solidarity), το πλαίσιο που θεσπίζει ένα κράτος- μέλος δεν επιτρέπεται να περιλαμβάνει μέτρα που αυξάνουν σημαντικά την πλημμυρική διακινδύνευση, ανάντη ή κατόντη, σε άλλες χώρες στην ίδια λεκάνη ή υπολεκάνη απορροής ποταμού, εκτός αν έχει γίνει συντονισμός των μέτρων αυτών και έχει βρεθεί συμφωνημένη λύση μεταξύ των ενδιαφερόμενων κρατών- μελών.

Σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία/ στάδια εκτίμησης πλημμυρικής επικινδυνότητας της οδηγίας 2007/60/EK, η παρούσα εργασία εντάσσεται στο στάδιο II και συγκεκριμένα στην εκπόνηση ενός χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας, στον οποίο απεικονίζονται οι περιοχές υψηλής επικινδυνότητας. Ο τελικός χάρτης ο οποίος δημιουργήθηκε με χρήση της μεθόδου στάθμισης με βάρη, τα οποία βάρη υπολογίστηκαν με χρήση της ανάλυσης παλινδρόμησης, δίνει μία πιο λεπτομερή αποτύπωση των περιοχών υψηλής επικινδυνότητας, ώστε να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για το τρίτο στάδιο αυτό της εκπόνησης σχεδίων διαχείρισης.

Κεφάλαιο 2: Η περιοχή μελέτης

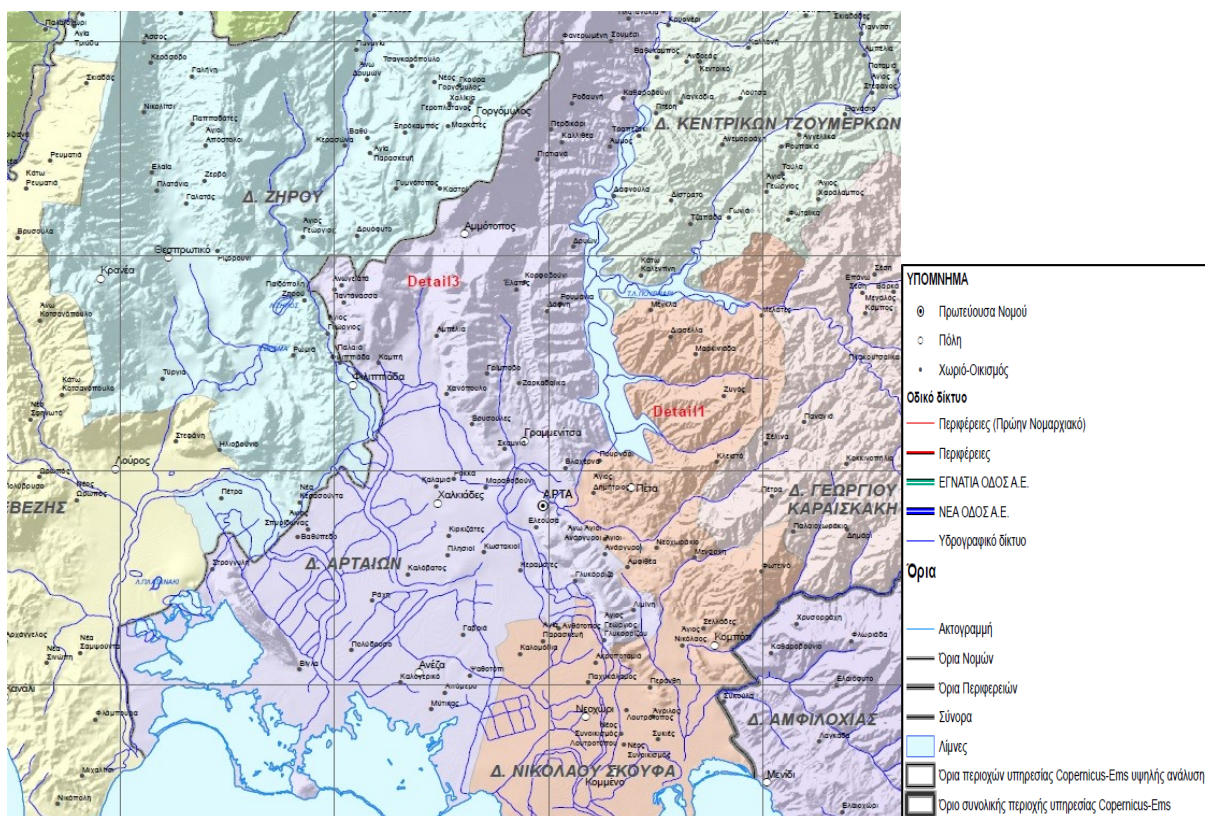
Γεωγραφικός προσδιορισμός της περιοχής μελέτης- Δημογραφικά στοιχεία

Η Περιφέρεια Ηπείρου, μία από τις 13 της Ελλάδας [CITATION Υπο15 \l 1033], καταλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα της χώρας, έχοντας δυτικά το Ιόνιο Πέλαγος και βορειοανατολικά τους δύσβατους ορεινούς όγκους της Πίνδου. Ρόλο κλειδί κατέχει η γεωγραφική της θέση, αφού αποτελεί Πύλη εισόδου- εξόδου προς τα Βαλκάνια και την Δυτική Ευρώπη, παρόλο που θεωρείται σχετικά απομονωμένη [CITATION Στρ11 \l 1033].

Η περιφέρεια Ηπείρου περιλαμβάνει 4 Περιφερειακές ενότητες:

- την Περιφερειακή ενότητα Άρτας με πρωτεύουσα την Άρτα,
- την Περιφερειακή ενότητα Θεσπρωτίας με πρωτεύουσα την Ηγουμενίτσα,
- την Περιφερειακή ενότητα Ιωαννίνων με πρωτεύουσα τα Ιωάννινα και
- την Περιφερειακή ενότητα Πρέβεζας με πρωτεύουσα την Πρέβεζα

Η διοικητική έδρα της περιφέρειας βρίσκεται στη πόλη των Ιωαννίνων και οι διοικητικές έδρες των Περιφερειακών ενοτήτων βρίσκονται στις αντίστοιχες πρωτεύουσες τους.



Εικόνα 16 Περιφερειακή ενότητα Άρτας- περιοχή μελέτης, με επιμέρους δήμους.[Πηγή εικόνας: [CITATION Cop15 \l 1032]]

Ακολουθεί πίνακας όπου φαίνεται η έκταση της κάθε περιφερειακής ενότητας και ο αντίστοιχος πληθυσμός της σύμφωνα με τη απογραφή του 2011, καθώς και η πληθυσμιακή πυκνότητα της κάθε Π.Ε.

Πίνακας 6 Έκταση, πληθυσμός και Πυκνότητα πληθυσμού ανα περιφερειακή ενότητα. [Πηγή πίνακα: ΕΛ.ΣΤΑΤ (Απογραφή πληθυσμού 2011), [CITATION Στρ11 \l 1032]]

	Έκταση (Κμ ²)	Πληθυσμός	Πυκνότητα
	(1)	(2)	(2) / (1)
Π.Ε. Πρέβεζας	1.036	57.720	55.72
Π.Ε. Ιωαννίνων	4.990	167.400	33.54
Π.Ε. Άρτας	1.662	67.870	40.83
Π.Ε. Θεσπρωτίας	1.515	43.660	28.83
Ήπειρος	9.203	336.650	36.58
Ελλάδα	131.957	10.787.690	81.75

Όπως φαίνεται από τον πίνακα παραπάνω η Περιφερειακή ενότητα Άρτας κατέχει τη δεύτερη θέση ως προς την πληθυσμιακή πυκνότητα της Περιφέρειας καθώς και ως προς το μέγεθος του πληθυσμού. Πράγμα που σημαίνει ότι ένα μεγάλο τμήμα του πληθυσμού- κατοίκων της

Περιφέρειας Ηπείρου δραστηριοποιείται εντός της λεκάνης απορροής του Αράχθου, αφού αυτή αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής.

Πίνακας 7 Επιλογή περιοχών μελέτης και αποτύπωση του πληθυσμού.

[Πηγή δεδομένων: ΕΛΣΤΑΤ, Απογραφή Πληθυσμού, 2011]

Απογραφή Πληθυσμού - Κατοικιών 2011. ΜΟΝΙΜΟΣ Πληθυσμός					
Περιγραφή	Μόνιμος Πληθυσμός	Περιγραφή	Μόνιμος Πληθυσμός	Περιγραφή	Μόνιμος Πληθυσμός
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΡΤΑΙΩΝ	27,330	ΔΗΜΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΣΚΟΥΦΑ (Έδρα: Πέτα, το, Ιστορική έδρα: Κοιμμένη, το)	12753	ΔΗΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΤΖΟΥΜΕΡΚΩΝ (Έδρα: Βουργαρέλι, το)	6178
Δημοτική Κοινότητα Αρταίων	24,427	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΡΑΧΘΟΥ	4661	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΓΝΑΝΤΩΝ	1,800
Αγία Τριάς, η	136	Δημοτική Κοινότητα Νεοχωρίου	1737	Τοπική Κοινότητα Αγνάντων	430
Άγιοι Ανάργυροι, οι	756	Νεοχώριον, το	1737	Άγναντα, τα	283
Άγιος Γεώργιος Γλυκορρίζου, ο	53	Τοπική Κοινότητα Αγίας Παρασκευής	1160	Άρτισσα, η	25
Αρτα, η	21,895	Αγία Παρασκευή, η	593	Καταφύγιον, το	4
Γλυκορρίζον, το	325	Ανθότοπος, ο	278	Κονάκια, τα	22
Ελεούσα, η	1,093	Καλομόδια, τα	289	Παλαιοχώριον, το	8
Μαραθοβούνι, το	82	Τοπική Κοινότητα Ακροποταμιάς	385		
Μονή Γενήσεως Θεοτόκου ή Κάτω Παναγίας, η	87	Ακροποταμιά, η	385		
Τοπική Κοινότητα Κεραμάτων	411	Τοπική Κοινότητα Λουτροτόπου	275		
Κεραμάται, αι	411	Λουτρότοπος, ο	42		
Τοπική Κοινότητα Κωστακίων	2,175	Νέος Συνοικισμός Λουτροτόπου, ο	233		
Θανασαίκα, τα	73	Τοπική Κοινότητα Παχυκαλάμου	332		
Κωστακιοί, οι	2,078	Παχυκάλαμος, ο	332		
Συγγονέικα, τα	24	Τοπική Κοινότητα Περάνθης	336		
Τοπική Κοινότητα Λιμνής	317	Περάνθη, η	336		
Λιμίνη, η	317	Τοπική Κοινότητα Συκεών	436		
		Συκέαι, αι	436		

Χρήσεις γης και οικονομικές δραστηριότητες στην περιοχή μελέτης - Απασχόληση πληθυσμού

Στο Δήμο Αρταίων το 25% του πληθυσμού αναπτύσσει δραστηριότητα στον πρωτογενή τομέα οικονομικής δραστηριότητας και το 51% στο τριτογενή τομέα (παροχή υπηρεσιών, δημόσιων υπηρεσιών)

Στο Δήμο Νικολάου Σκουφά περίπου το 48% των κατοίκων ασχολείται με δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα και το 35% απασχολείται στο τριτογενή τομέα. Χαμηλότερα ποσοστά απαντώνται στο δευτερογενή τομέα και για τις δυο περιοχές μελέτης [CITATION Στρ11 \l 1032].

Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ για τη χρονική περίοδο του 1999-2000, από το σύνολο των 400.000 στρεμμάτων του Δήμου Αρταίων το 47,7% καλύπτεται από καλλιέργειες , γύρω στο 15% ανήκει σε βοσκότοπους, ποσοστό 20,5% καλύπτεται από δάση περίπου 8% από νερά και 2% από οικισμούς και το υπόλοιπο ποσοστό (περίπου 6%) από άλλες εκτάσεις.

Η ανθρωπογενής επέμβαση έχει επιδράσει στη φυσική κοίτη του ποταμού μειώνοντας σημαντικά την έκταση της και το πλάτος της. Από τα 1600 στρέμματα της φυσικής κοίτης, σύμφωνα με τις καταγραφές τους 1978, μόνο τα 520 αποτελούν σήμερα τη φυσική κοίτη του ποταμού ενώ τα υπόλοιπα 1080 στρέμματα αξιοποιούνται πλέον από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, κατά μήκος του Αράχθου αναπτύσσονται έντονα οι κλάδοι της γεωργίας, της κτηνοτροφίας (βοσκότοποι), οικισμοί, μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και παραποτάμια βλάστηση [CITATION ΔΕΗ12 \l 1032].

Σύμφωνα με στοιχεία που παρατίθενται από την Περιφερειακή Ενότητα Άρτας (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Στρατηγικού Σχεδιασμού Περιφέρειας Άρτας 2012-2014, Περιφέρεια Άρτας) περίπου τα $\frac{3}{4}$ της υψηλής γεωργικής παραγωγής συγκεντρώνονται στην Περιφερειακή Ενότητα της Άρτας και Πρέβεζας. Επιπρόσθετα η ΠΕ Άρτας διαθέτει τις περισσότερες δασικές εκτάσεις και μόνιμες αρδευόμενες εκτάσεις (χάρτης 6). Κύριοι οικονομικοί κλάδοι που αναπτύσσονται στην περιφέρεια Άρτας είναι δραστηριότητες που αφορούν κυρίως τον πρωτογενή και τριτογενή τομέα της οικονομίας. Συνολικά, οι αγροτικές εκτάσεις της Περιφέρειας Ηπείρου ανέρχονται σε 182.288 στρέμματα από τις οποίες οι περισσότερες καλλιεργούμενες εκτάσεις (περίπου το 34%

των καλλιεργούμενων εκτάσεων της Περιφέρειας) ανήκουν στην Περιφερειακή Ενότητα της Άρτας.

Το σύνολο της γεωργικής γης στην περιφερειακή ενότητα της Άρτας αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από αγραναπαύσεις, καλλιέργειες και αρόσιμες εκτάσεις. Το υπόλοιπο καλύπτεται από κηπευτικές εκτάσεις, ελαιώνες και αμπελώνες (Επιχειρησιακή μελέτη στρατηγικού Σχεδιασμού ΠΕ Ηπείρου, στοιχεία για τη χρονική περίοδο 2004, εκπονημένη από ΠΕ Ηπείρου 2011). Όσον αφορά στο σύνολο τους τις χρήσεις της αγροτικής γης το μεγαλύτερο μέρος το καλύπτουν δασικές εκτάσεις, καλλιεργήσιμες εκτάσεις και βοσκότοποι. Σημαντική η παρουσία και του τομέα της κτηνοτροφίας στην Περιφέρεια Άρτας και συγκεκριμένα η χοιροτροφία, η μελισσοκομία, η πτηνοτροφία (πουλερικά) και αιγοπροβατοτροφία (βοοειδή).

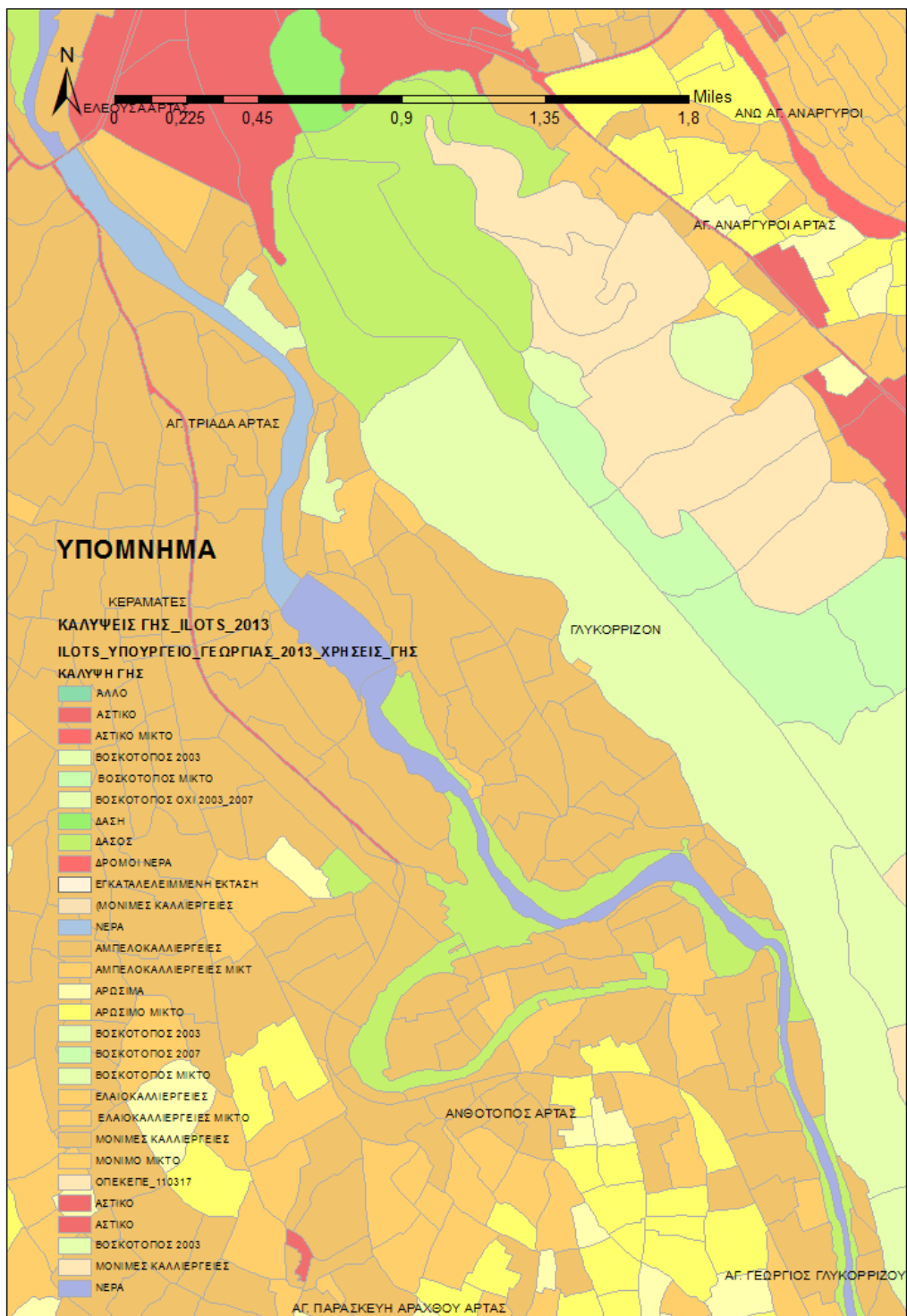
Πίνακας 8 Χρήσεις γης σε αριθμό στρεμμάτων για το σύνολο της Περιφερειακής Ενότητας Άρτας με βάση στοιχεία χρήσης γης για τη χρονική περίοδο 1999-2000 [CITATION Στρ11 \l 1032].

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΡΤΑΣ
Αρόσιμη γη	21,5
Μόνιμες καλλιέργειες	77,9
Βοσκότοποι/μεταβατικές δασώδεις εκτάσεις	2,3
Βοσκότοποι με ποώδη και θαμνώδη βλάστηση	34,8
Βοσκότοποι με αραιή βλάστηση	48,4
Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	381,5
Δασώδεις εκτάσεις	372,2
Ποώδης/θαμνώδης βλάστηση	463,4
Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	123,7
Χερσαία ύδατα	29,4
Εσωτερικές υγρές ζώνες	-
Παραθαλάσσιες υγρές ζώνες	45,4
Αστική δόμηση	5,6
Βιομηχανικές ζώνες	3,8
Δίκτυα συγκοινωνιών	-
Εργοτάξια/ΧΥΤΑ	-
Τεχνητές ζώνες πράσινου/Χώροι πολιτιστικών δραστηριοτήτων	-
ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΤΑΣΕΩΝ (στρέματα)	1662,2



Διάγραμμα 1 Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης στο σύνολο του Δήμου Άρτας.

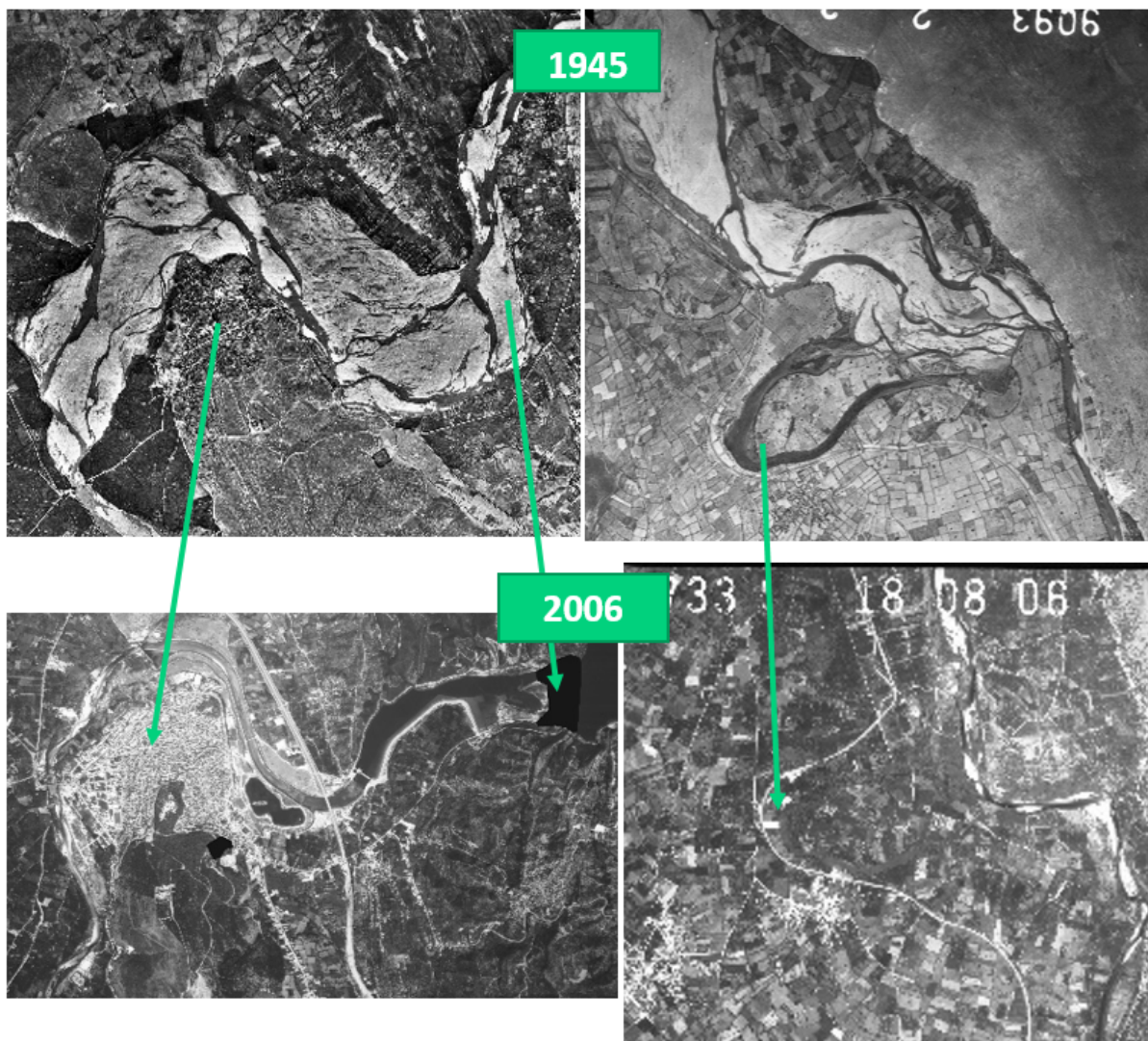
Ο τριτογενής τομέας στην περιφέρεια Άρτας αποτελείται από την ανάπτυξη τουριστικών επιχειρήσεων (εστιατόρια και ξενοδοχεία) , το τομέα του λιανικού και χονδρικού εμπορίου (εκτός από εμπόριο οχημάτων και μοτοσικλετών) και τον τομέα των μεταφορών (στοιχεία για τη χρονιά 2004, παρατίθενται από τη μελέτη Στρατηγικού Σχεδιασμού Περιφέρειας Ηπείρου, 2011).



Χάρτης 6 Χρήσεις Γης σύμφωνα με ψηφιοποίηση δεδομένων από το Υπουργείο Γεωργίας
(Καλύψεις Γης-Plots-2013, επιμέλεια Θάλεια Χασαπίδη)]

Αλλαγές στις χρήσεις γης- Αεροφωτογραφίες

Συγκρίνοντας τις αεροφωτογραφίες του 1945 και του 2006 παρατηρούνται οι εξής έντονες αλλαγές στην περιοχή της Άρτας και κατά μήκος του ποταμού.



Εικόνα 17 Οι αλλαγές στις χρήσεις γης και στο ανάγλυφο από το 1945 στο 2006. [Πηγή εικόνων: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, 2015]

Για την πόλη της Άρτας παρατηρείται έντονη επέκταση του αστικού ιστού και πιο οργανωμένη δόμηση. Ταυτόχρονα η κοίτη του ποταμού σε αυτή την περιοχή το 1945 είναι εξαιρετικά διευρυμένη. Επίσης, την ίδια περίοδο κατά μήκος του ποταμού κυριαρχούν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις και ο μαϊάνδρος (πράσινη ένδειξη) είναι εκτεταμένος σε μεγάλη περιοχή. Το 2006 η

κοίτη του ποταμού έχει περιοριστεί σημαντικά. Οι καλλιέργειες παραμένουν ενώ έχουν αναπτυχθεί έντονα οικισμοί κατά μήκος του ποταμού.

Πολιτιστικά στοιχεία

Η Ήπειρος είναι η πιο ορεινή περιοχή της Ελλάδος. Το τοπίο συνθέτουν απότομες χαράδρες και ορμητικά ποτάμια και χείμαρροι. Η ονομασία προέρχεται από το επίθετο ἥπειρος, την δωρική προφορά της λέξης ἡπειρος και της αποδόθηκε από τους απέναντι Κερκυραίους που αναφέρονταν στην γη απέναντί τους, με την έννοια της μεγάλης έκτασης ξηράς.

Άνθρωπος και φύση αλληλοεπιδρούν και διαμορφώνουν ο ένας το χαρακτήρα του άλλου, όπως στα ορεινά και απόμακρα χωριά της Ηπείρου που η πέτρα ήταν το μόνο υλικό της φύσης που αξιοποίησε ο ηπειρώτης μάστορας. Με την πέτρα έφτιαξε τα γεφύρια του. Η κοινωνία της Ηπείρου βρέθηκε στην ακμή της μεταξύ του 1750 και του 1850 και κυρίως την εποχή που πασάς στα Γιάννενα ήταν ο Αλής ο Τεπενερλής.

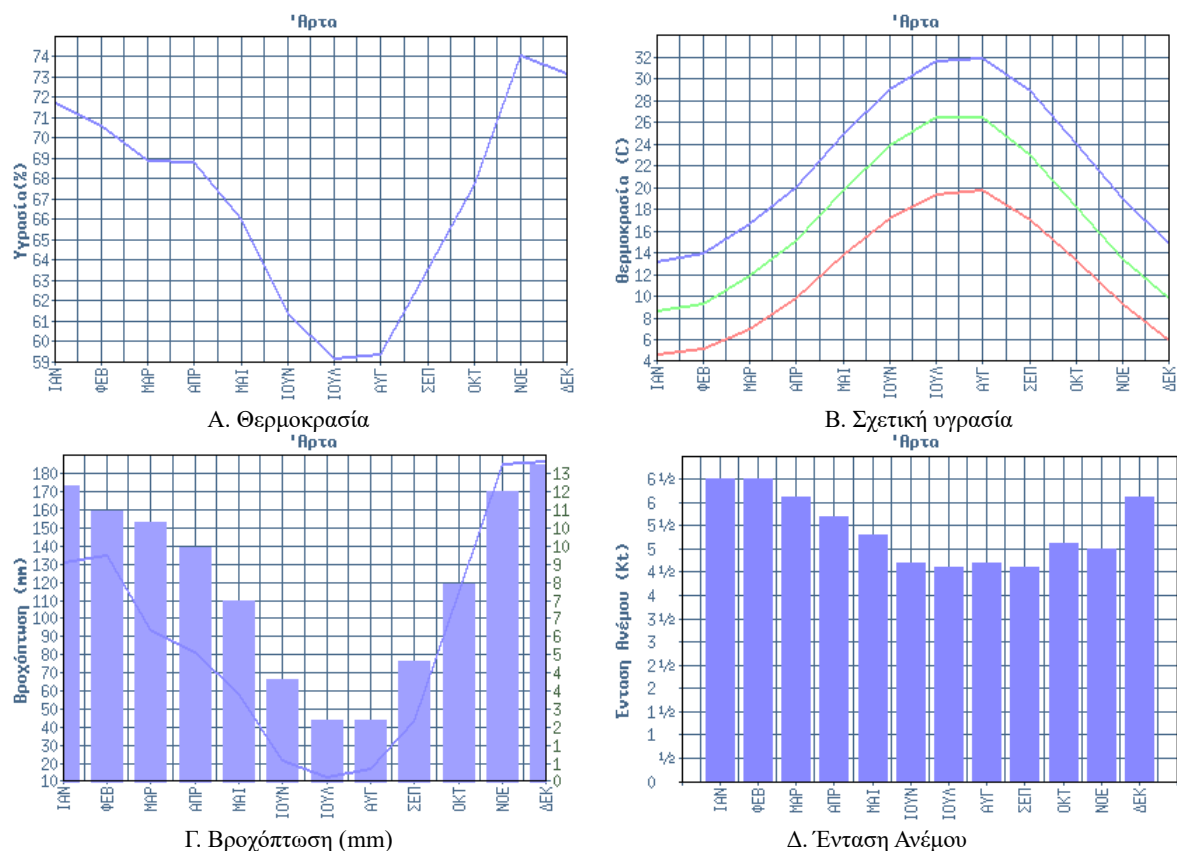
Λόγω της ιδιάζουσας μορφολογικής δομής του αναγλύφου- απότομες κλίσεις των βουνών της Ηπείρου και οι συχνές βροχοπτώσεις που αύξαναν λόγω της ορμής των ποταμιών που σκέπαζαν τα περάσματα και απομόνωναν τελείως την επικοινωνία των ορεινών χωριών με τις κωμοπόλεις, άρχισε η κατασκευή των γεφυριών. Η μόνη λύση για σύνδεση και επικοινωνία των χωριών ήταν το χτίσιμο των γεφυριών τα οποία αποτέλεσαν το οδικό δίκτυο της περιοχής, σαν μέρος της επίμονης προσπάθειας του ανθρώπου για επιβίωση [CITATION Γιώ88 \l 1032].

Κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

Το κλίμα της περιοχής της Άρτας χαρακτηρίζεται από θερμό και ξηρό καλοκαίρι και υγρό αλλά όχι και τόσο ψυχρό χειμώνα, χαρακτηρίζεται έτσι ως μεσογειακό. Ψυχρότερος μήνας χαρακτηρίζεται ο Ιανουάριος και θερμότεροι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Από μετρήσεις για την περίοδο 1961-1995, στο μετεωρολογικό σταθμό της Άρτας (σύμφωνα με στοιχεία της EMY), προκύπτει ότι η μέση μέγιστη θερμοκρασία παρατηρείται τον Αύγουστο (32,4) ενώ η μέση ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται τον Ιανουάριο (4,7). Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης που κατεγράφη στο Μ.Σ. Άρτας για την ίδια περίοδο ισούται με 1084,6mm. Βροχερότερος μήνας είναι Δεκέμβριος και ξηρότερος ο Ιούλιος. Αξίζει να σημειωθεί ότι, συγκριτικά, η μέση ετήσια βροχόπτωση στον ελλαδικό χώρο είναι 823.1mm ενώ ο μέσος ετήσιος όγκος νερού που φθάνει στην επιφάνεια είναι 108.6km³. Η Αττική εμφανίζει περίπου 400mm μέση βροχόπτωση

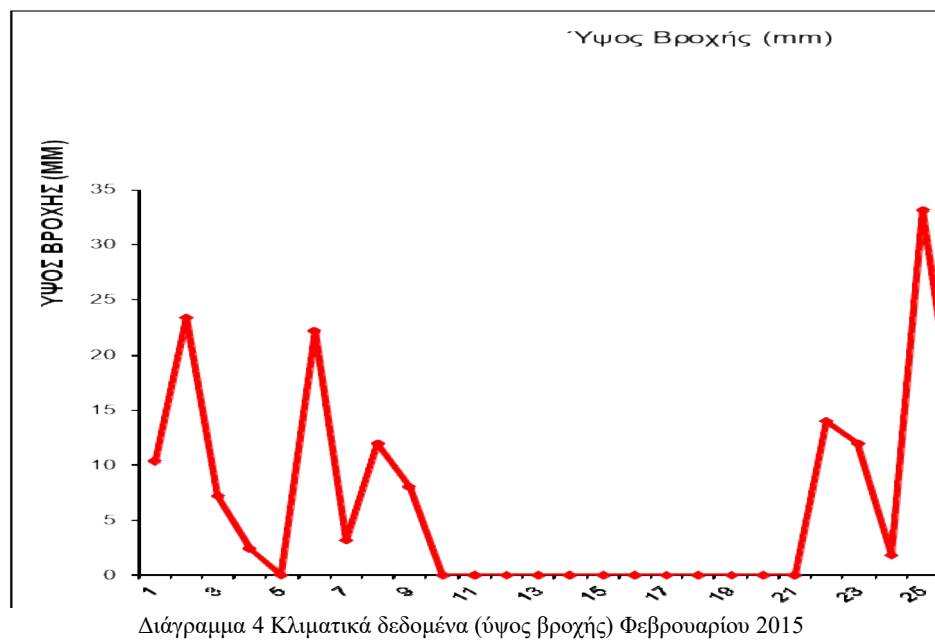
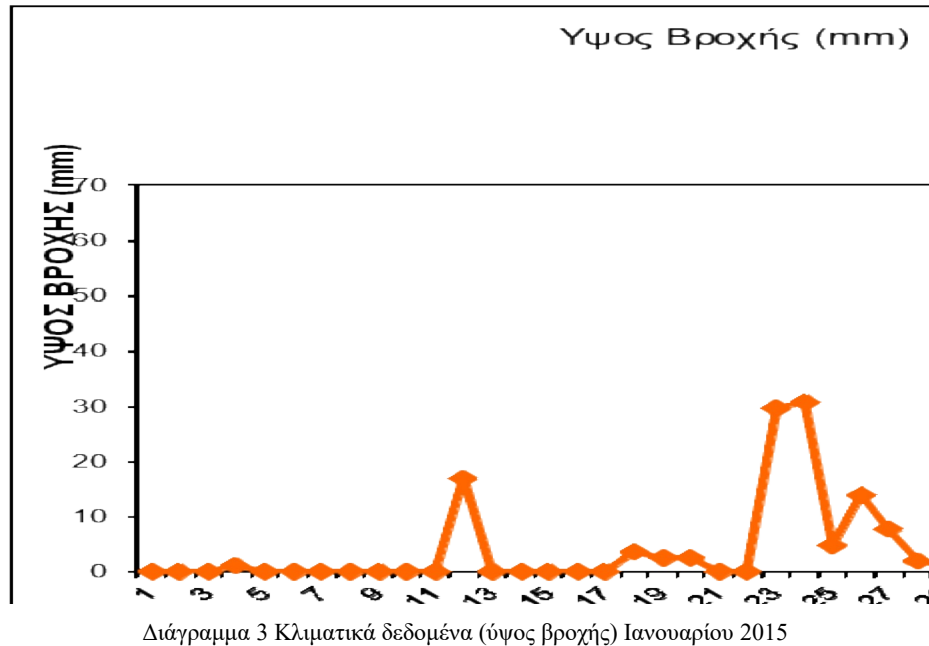
(Κατσαφάδος, 2014). Για την ίδια περίοδο, η επικρατούσα διεύθυνση ανέμων είναι βορειοδυτική-βορειοανατολική και λιγότερο νότια. Η μέση τιμή υγρασίας είναι 67% με τις μέγιστες τιμές να παρουσιάζονται το Νοέμβριο και τις ελάχιστες τον Ιούλιο.

Οι φυσικές καταστροφές στην Άρτα συσχετίζονται και με άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα όπως ο παγετός, που εμφανίζεται τους χειμερινούς μήνες, το χιόνι (μέσος αριθμός ημερών: 30) και το χαλάζι.



Διάγραμμα 2 Κλιματικά χαρακτηριστικά από μετρήσεις στο Μ.Σ. Άρτας για τη χρονική περίοδο 1976-1995. Α. Θερμοκρασία Β. Σχετική υγρασία Γ. Βροχόπτωση (mm) Δ. Ένταση ανέμου (Kt). [Πηγή διαγραμμάτων: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία http://www.emy.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html.]

Πιο συγκεκριμένα, κατά το πιο πρόσφατο πλημμυρικό επεισόδιο, αυτό του Φεβρουαρίου του 2015 τα μετεωρολογικά μοντέλα προέβλεπαν έντονα καιρικά φαινόμενα, πράγμα το οποίο αποτυπώθηκε με το αντίστοιχο ύψος βροχής όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Διαγράμματα 3 και 4: Κλιματικά Δεδομένα περιόδου Ιανουάριος-Φεβρουάριος 2015 [Πηγή δεδομένων: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, meteo.gr, (Επεξεργασία δεδομένων: Χασαπίδη Θάλεια)]

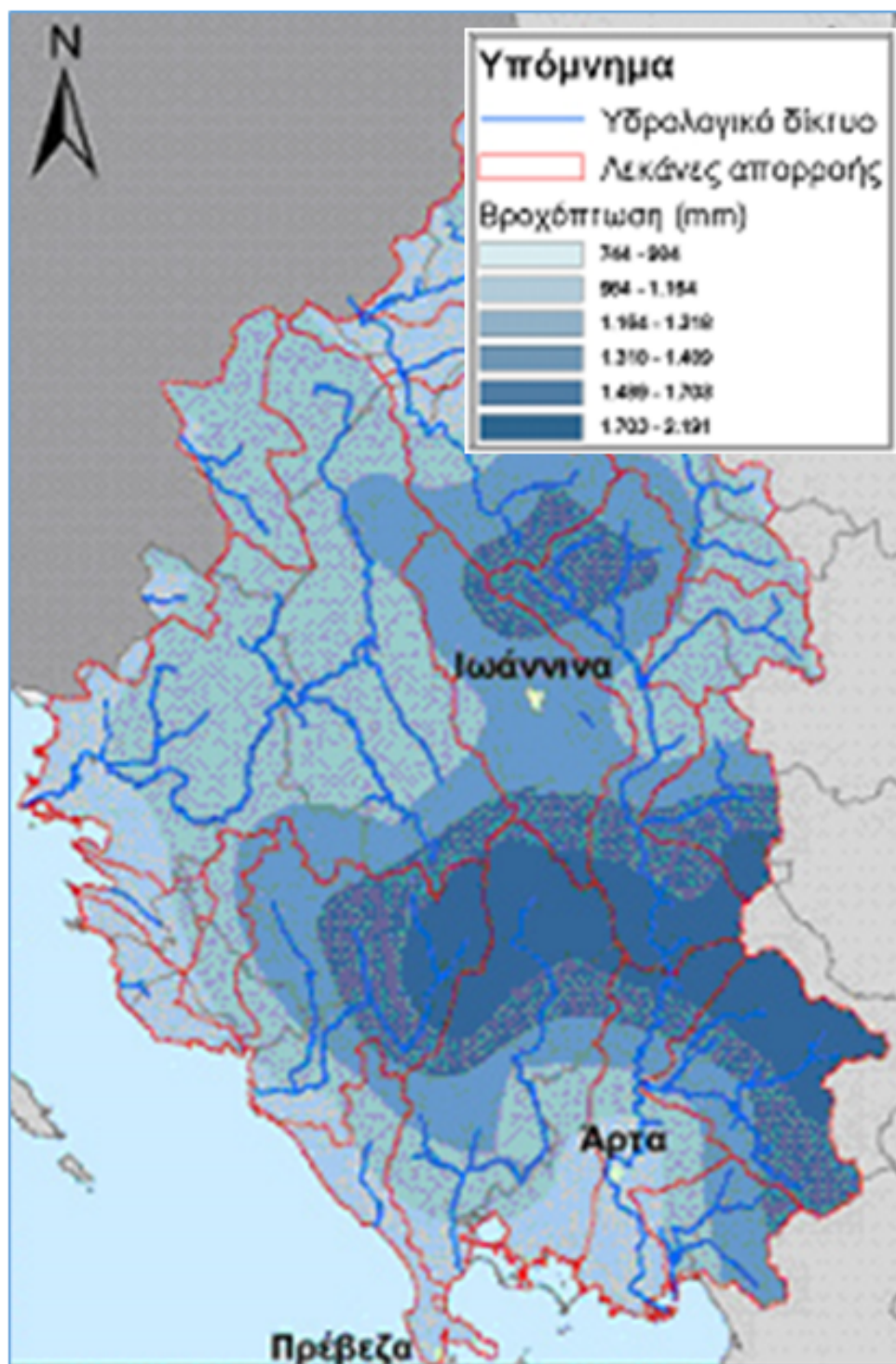
Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί η συμβολή των μετεωρολογικών μεταβολών στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Λόγο, λοιπόν, της απότομης αλλαγής της διεύθυνσης

ανέμων στις 29 και 30 Ιανουαρίου, με επικράτηση νοτίων ανέμων, προκλήθηκε τήξη του χιονιού στις ορεινές περιοχές. Οπότε η αυξημένη τιμή εισροής στο ταμιευτήρα στις 30 και 31 Ιανουαρίου οφειλόταν όχι μόνο στις έντονες βροχοπτώσεις αλλά και στη τήξη ποσότητας χιονιού, στα ανάντη της υδρολογικής λεκάνης του Άραχθου, λόγω απότομης αύξησης της θερμοκρασίας.

Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Το Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου περιλαμβάνει τις Λεκάνες Απορροής του Αώου (GR 11), του Καλαμά (GR 12), του Αχέροντα και του Λούρου (GR 13), του Άραχθου (GR 14) και της Κέρκυρας-Παξών (GR 34), όπως προσδιορίστηκαν κατά την εφαρμογή του Άρθρου 3 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Η συνολική επιφάνεια του είναι ίση με 9.384,2km² (ηπειρωτική χώρα) και 592km² (Νήσος Κέρκυρα) και περιλαμβάνει το σύνολο των νομών Θεσπρωτίας, Πρεβέζης και Κερκύρας και τη συντριπτική πλειοψηφία της έκτασης των νομών Ιωαννίνων και Άρτας. Μικρά τμήματα του Διαμερίσματος ανήκουν στους νομούς Φλώρινας και Γρεβενών στα βορειοανατολικά, και στο νομό Αιτωλοακαρνανίας στα νότια, ενώ τμήματα των νομών Ιωαννίνων και Άρτας περιλαμβάνουν μικρά τμήματα γειτονικών Υδατικών Διαμερισμάτων (Δυτικής Μακεδονίας και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας).

Στα ανατολικά, το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου, χαρακτηρίζεται από την παρουσία της οροσειράς της Πίνδου, η οποία περιλαμβάνει τη βόρεια Πίνδο που καταλαμβάνει μέρος του νομού Γρεβενών και μέρος του νομού Ιωαννίνων με υψηλότερη κορυφή εκείνη του Σμόλικα με 2,637μέτρα ύψος, καθώς και τη Νότια Πίνδο που καταλαμβάνει τον νομό των Τρικάλων και μέρος επίσης του νομού Ιωαννίνων. Από τη βόρεια Πίνδο πηγάζουν οι ποταμοί Άραχθος και Αώος. Η παρουσία των ορεινών αυτών όγκων σε συνδυασμό με την επικρατούσα κύρια διεύθυνση των ανέμων κατά το χειμώνα (από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά) διαμορφώνει τις συνθήκες βροχόπτωσης εκείνες με το υψηλότερο ποσό κατακρήμνισης, κατά μέσο όρο, στην χώρα [CITATION ΥΠΕ121 \l 1032]. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής του υδατικού διαμερίσματος κυμαίνεται από 1.000 μέχρι 1.200mm στα παράλια και φτάνει μέχρι τα 2.000mm στα ορεινά τμήματα [CITATION Βα112 \l 1033].



Εικόνα 18 Κατανομή βροχοπτώσεων για το Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου. [CITATION Μιμ \l 1033]

Προς τα δυτικά, η μορφολογία γίνεται σταδιακά ηπιότερη και χαρακτηριστική της παράκτιας μορφολογίας, με εκτεταμένες κοιλάδες που ανοίγονται προς τη θάλασσα (π. Καλαμάς, π.

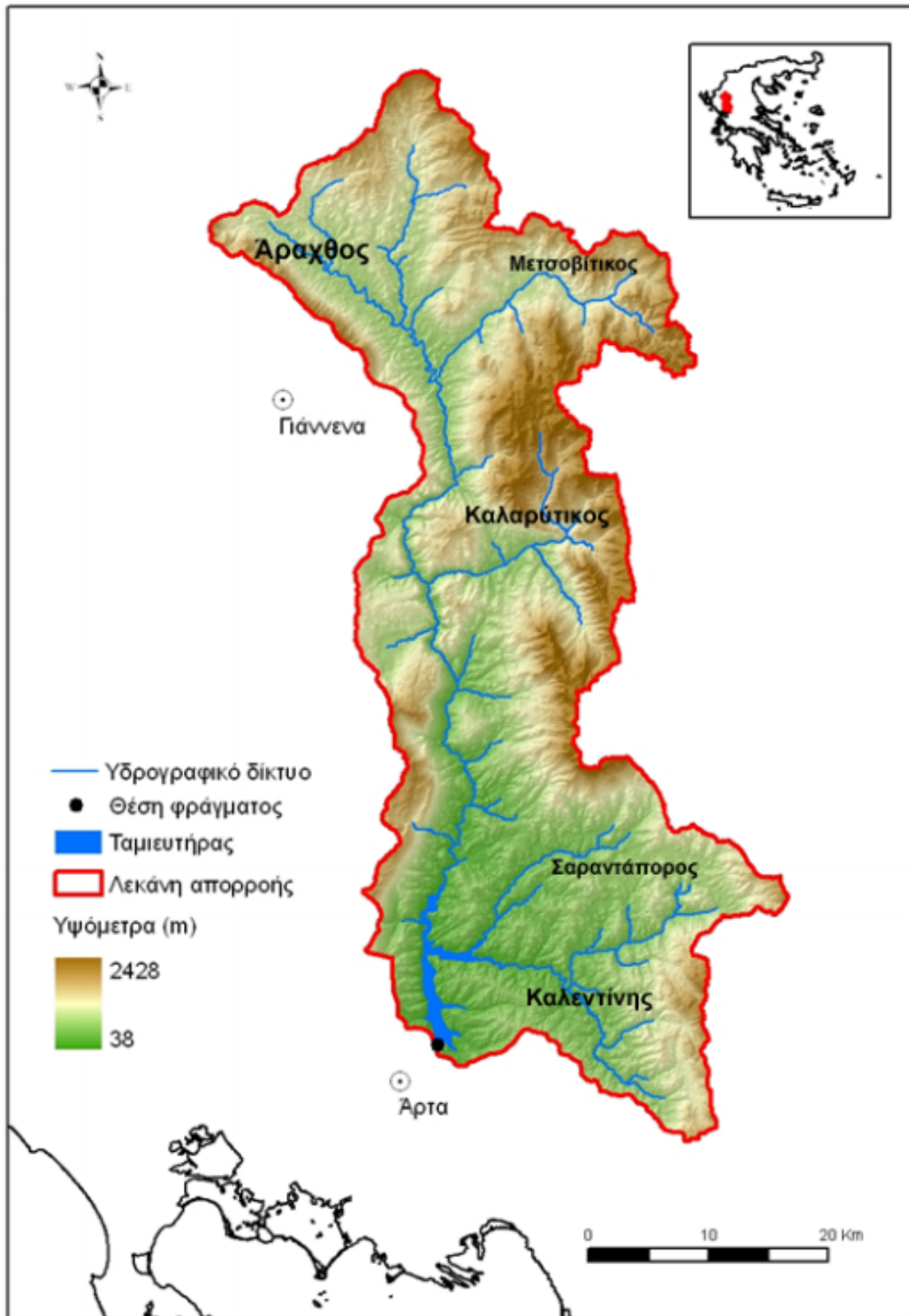
Αχέροντας) και πεδινές, επίπεδες εκτάσεις στα νότια (πεδιάδα Άρτας, χαμηλά τμήματα της λεκάνης του π. Λούρου).

Το Υδατικό Διαμέρισμα χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολλών εκ των σημαντικότερων ποταμών της χώρας. Οι κυριότερες υδρολογικές λεκάνες ανήκουν στους ποταμούς Αώο (2.141km²), Άραχθο (2.005km²), Καλαμά (1.899km²), Λούρο (963km²) και Αχέροντα (719km²), οι οποίες μαζί με την κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων (529km²), καλύπτουν την συντριπτική πλειοψηφία της ηπειρωτικής έκτασής του [CITATION ΥΠΕ16 \l 1032].

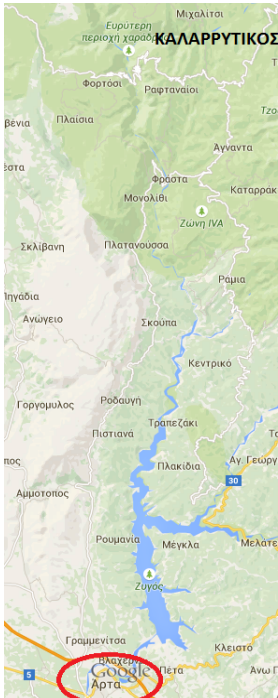
Κύρια χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής ποταμού Αράχθου

Ο ποταμός Άραχθος είναι το όγδοο σε σειρά μεγαλύτερο ποτάμι της Ελλάδας με μήκος κεντρικής κοίτης: 110km. Οι πηγές του βρίσκονται στη βόρεια Πίνδο, στο όρος Λάκμος (Περιστέρι) και οι εκβολές του στον Αμβρακικό. Οι σημαντικότεροι παραπόταμοι του είναι: ο Ζαγορίτικος⁵, ο Βάρδας, ο Μετσοβίτικος, ο Καλαρρύτικος, ο Σαραντάπορος και ο Καλεντίνης. Έχει διεύθυνση ροής Β- Ν και κινείται σε περιοχές με διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα να διακρίνονται σε όλο το μήκος του τρία διακριτά τμήματα το άνω, το μεσαίο και το κατώτερο- πεδινό.

⁵Ο Μετσοβίτικος και ο Ζαγορίτικος ποταμός αποτελούν τις δυο πρωταρχικές κοίτες του Αράχθου. Για το λόγο αυτό, ο Άραχθος ποταμός είναι γνωστός, από την αρχαιότητα, με την λαϊκή ονομασία Διπόταμος. Ο Καλαρρύτικος ποταμός είναι ο κύριος παραπόταμος του Αράχθου. Συλλέγει τα νερά των πηγών από τα Τζουμέρκα, τον αυχένα των Μελισουργών, την Κακαρδίτσα και το Περιστέρι και με αυτά τροφοδοτεί τον Άραχθο[CITATION Δρό15 \l 1032].



Εικόνα 19 Η λεκάνη απορροής του Αράχθου ανάντη του Υδροηλεκτρικού φράγματος με τους παραπόταμους και τους χειμάρρους. [Πηγή εικόνας: [CITATION Κου10 \l 1032]



Εικόνα 21 Μεσαίο τμήμα Αράχθου.

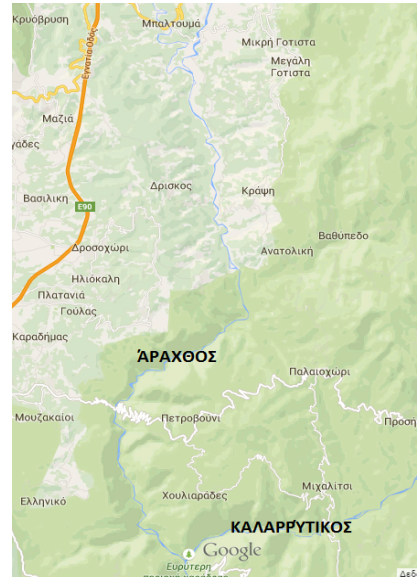
[Πηγή εικόνας: Google maps, screen shot] εδάφη από τα οποία διέρχεται ο ποταμός από τις πηγές του έως και το Πουρνάρι προέρχονται από την αποσάθρωση του φλύσχη και αποτελούν πολύτιμα δασικά εδάφη [CITATION ΔΕΗ12 \l 1032].

Στο τελευταίο τμήμα (από την Άρτα έως τις εκβολές του στον Αμβρακικό) ο ποταμός διατρέχει την πεδιάδα της Άρτας, η οποία αποτελείται ως επί τω πλείστον από αλλουβιακές αποθέσεις από τα φερτά υλικά των επιφανειακών υδατορρεμάτων, που αποτέθηκαν με το πέρασμα του χρόνου και πριν την εκτέλεση των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας (Εικόνα 22).

Το υδρογραφικό δίκτυο του Αράχθου αναπτύσσεται ασύμμετρα και εμφανίζει υψηλή σχετικά πυκνότητα. Αυτό αποδίδεται στη λιθολογική σύσταση και στη διάταξη των πετρωμάτων που αποτελούν τη λεκάνη. Το κυριότερο

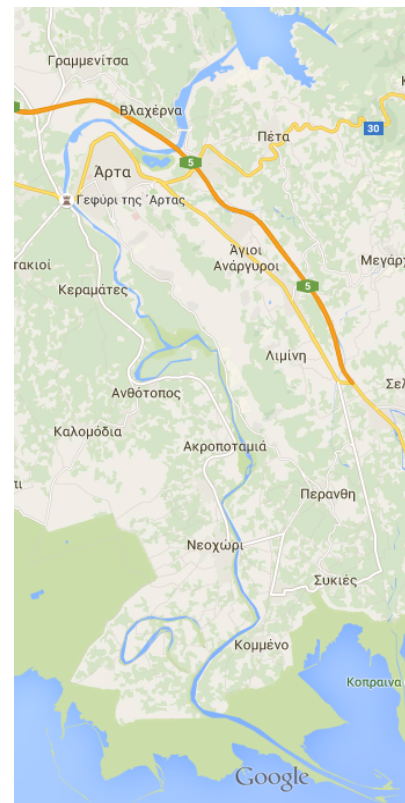
Στο άνω τμήμα ο Άραχθος διαρρέει μεταξύ των βουνών Μιτσικέλι και Δρίσκος (δυτικά), Λάκμος και Τζουμέρκα (Αθαμανία), σε υψόμετρα από 1000m έως 2393m (max). Οι κλίσεις των πρανών του στο τμήμα αυτό είναι απότομες και η κοίτη του ποταμού στενή (Εικόνα 20).

Στο μεσαίο τμήμα του (από τη συμβολή του Καλαρρυτικού έως την Άρτα) διέρχεται από περιοχές με χαμηλότερο της τάξης των 100m έως 1000m, το πλάτος στον πυθμένα του φθάνει τα 250m και οι πλευρικές κλίσεις είναι 1/7 (Εικόνα 21). Τα



Εικόνα 20 Άνω τμήμα Αράχθου.

[Πηγή εικόνας: Google maps, screen shot]

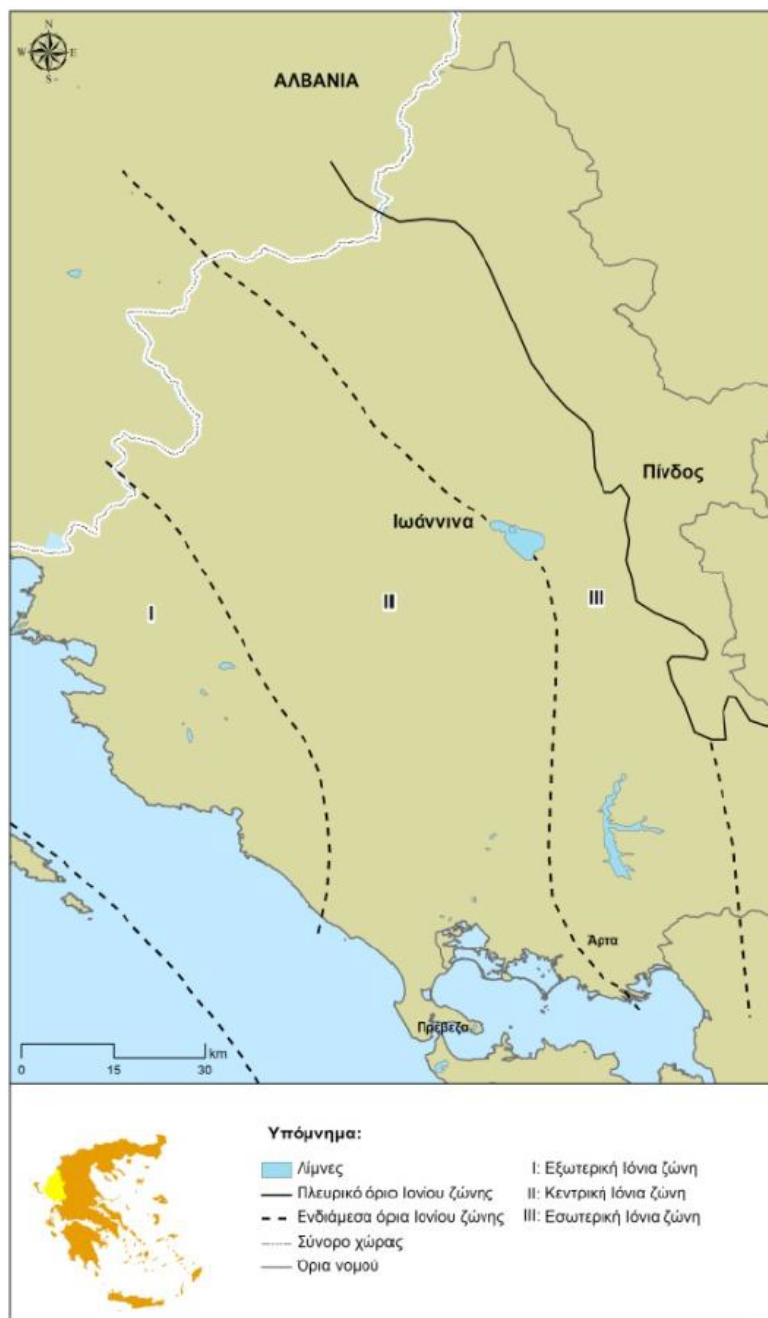


Εικόνα 22 Τελευταίο τμήμα του ποταμού συστήματος του Αράχθου. [Πηγή εικόνας: Google maps, screen shot]

πρόβλημα είναι η ακανόνιστη ροή του νερού που έχει ως αποτέλεσμα την εισχώρηση θαλασσινού νερού μέσω των εκβολών του [CITATION ΔΕΗ12 \l 1032].

Γεωλογικά χαρακτηριστικά

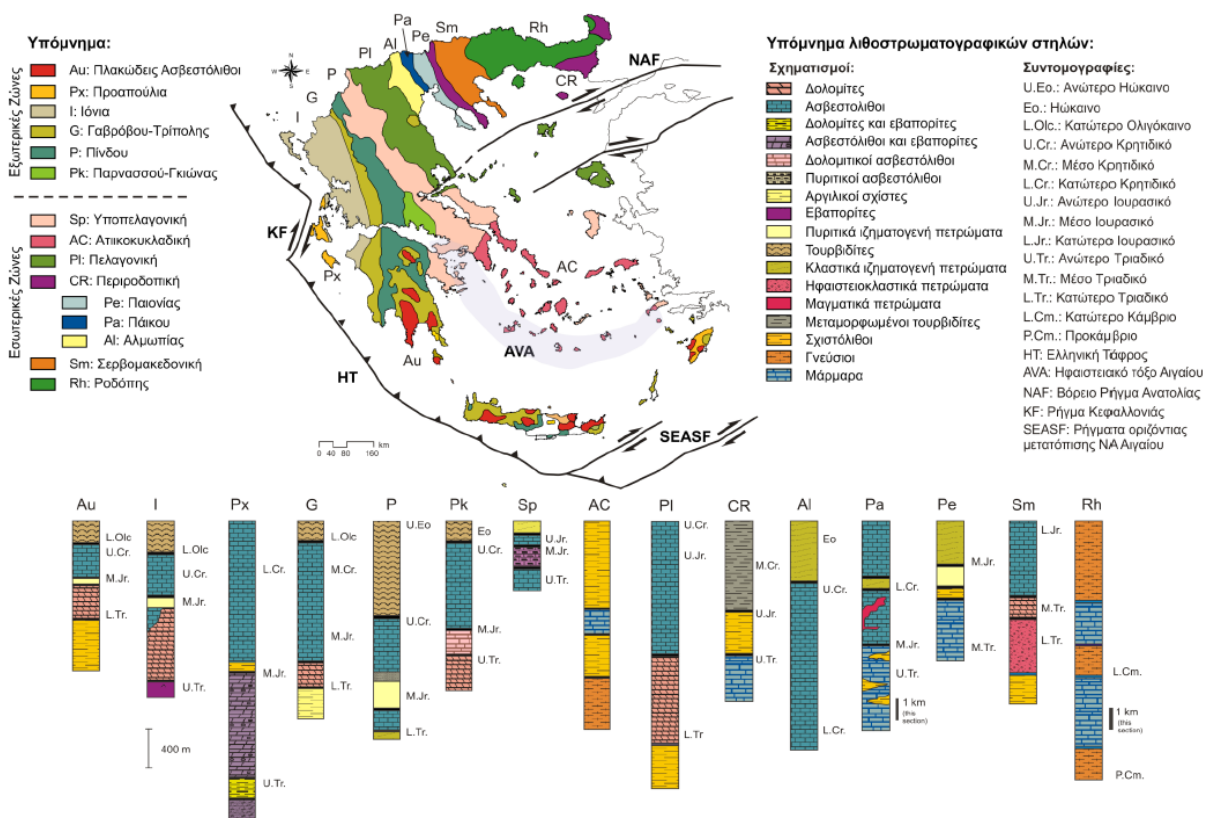
Η υπό μελέτη περιοχή ανήκει στην πλατφόρμα των Εξωτερικών Ελληνίδων [CITATION Παρ04 \l 1033], η οποία μπορεί να διακριθεί σε 3 ζώνες σε αντιστοιχία με τις φάσεις ιζηματογένεσης.



Εικόνα 20 Χάρτης ενδεικτικής απεικόνισης των υποζωνών της Ιόνιας ζώνης. [Πηγή χάρτη: [CITATION Κατ12 \l 1032]]

Η αξονική ζώνη (Κεντρική Ιόνια ζώνη- εικόνα 23) κυριαρχείται κυρίως από πελαγική ιζηματογένεση από το Ανώτερο Λιάσιο (Ιόνια και Μάνη), που διαδέχτηκε μια Ανωτριάδική – Λιάσια νηρητική πλατφόρμα («Φάση Παντοκράτορα»). Το εξωτερικό τμήμα, αποτελούμενο από τις ενότητες Παξών (Προαπούλια) και Καστελόριζου και το εσωτερικό (Γάβροβο, Τρίπολη, Όλυμπος, Αλμυροπόταμος, Κερκετέας) παρέμειναν σταθερά νηρητικά από το Ανώτερο Τριαδικό

έως και το Ηώκαινο. Η διαφοροποίηση αυτή της αξονικής περιοχής συνέβη στο Ανώτερο Λιάσιο και συνδέεται με φαινόμενα ταφρογένεσης που ήταν η αντανάκλαση ενός συνολικού εφελκυσμού που υπέστη το τεκτονικό πεδίο και η διάνοιξη των ωκεάνιων λεκανών της Ανατολικής Μεσογείου (σημερινές λεκάνες Λεβαντίνου και Ιονίου) στα νότια και του ωκεανού Πίνδου – Κυκλάδων στα βόρεια. Αυτή η φάση ταφρογένεσης συμπίπτει χρονικά με τη διάσπαση της Πανγαίας. Ο τεκτονισμός της εξωτερικής ανθρακικής πλατφόρμας των Ελληνίδων (H1) άρχισε μετά το Ηώκαινο και συνεχίζεται έως και σήμερα στα εξωτερικά της τμήματα, κατά μήκος της περιφέρειας του ενεργού Ελληνικού Τόξου[CITATION Pap04 \l 1032].



Εικόνα 21 Χάρτης απεικόνισης των γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας. [Πηγή χάρτη: [CITATION Κατ12 \l 1032]]

Στη γεωλογική δομή της Ηπείρου συμμετέχουν κυρίως σχηματισμοί των Εξωτερικών Ελληνίδων οι οποίοι ανήκουν κυρίως στην Ιόνια ζώνη, τη ζώνη Γαβρόβου- Τριπόλεως και την Ωλονού- Πίνδου, ενώ στο ΒΑ τμήμα (Μέτσοβο- Γράμμος) εντοπίζονται εμφανίσεις της Πελαγονικής ζώνης.



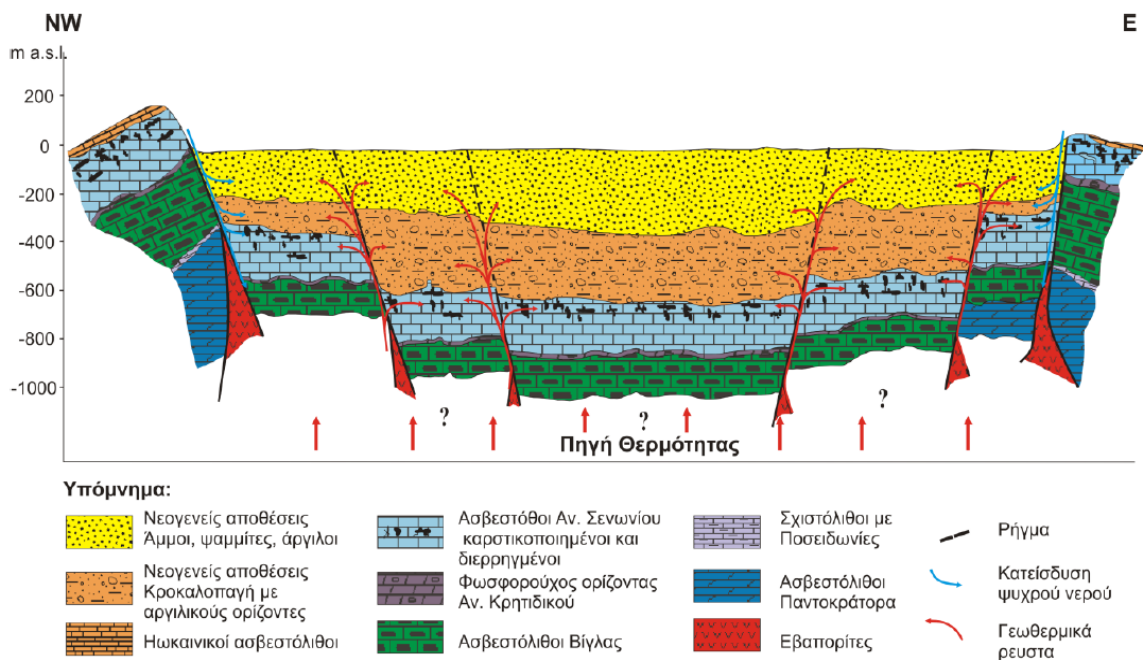
Εικόνα 22 Χάρτης Υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου (εκτός νήσων) με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντώνται. [Πηγή χάρτη: [CITATION Κατ12 \l 1032]]

Η γεωτεκτονική ζώνη που εμφανίζεται στην περιοχή μελέτης και καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Ηπείρου είναι η Ιόνιος ζώνη. Στη βάση απαντώνται εβαπορίτες Τριαδικού, ενώ στο Λιάσιο έως το Ηώκαινο ακολουθεί ανθρακική σειρά και τέλος κλαστική σειρά εκείνη του αδιαίρετου φλύσχη [CITATION Κατ12 \l 1032].

Στη ζώνη Γαβρόβου- Τριπόλεως απαντούν κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και φλύσχη ενώ στη ζώνη Πίνδου από το Τριαδικό έως το Ηώκαινο παρατηρούνται εναλλαγές ιζηματογένεσης (κερατόλιθοι, ασβεστόλιθοι και φλύσχη). Η Πελαγονική ζώνη περιλαμβάνει επίσης ανθρακική σειρά αλλά και οφιολιθικό σύμπλεγμα.

Στην πεδινή περιοχή της Άρτας- Πρέβεζας καθώς και στην πόλη των Ιωαννίνων απαντούν νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα όπως κροκαλοπαγή με ψαμμιτικούς αργίλους, κυανές μάργες και ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι.

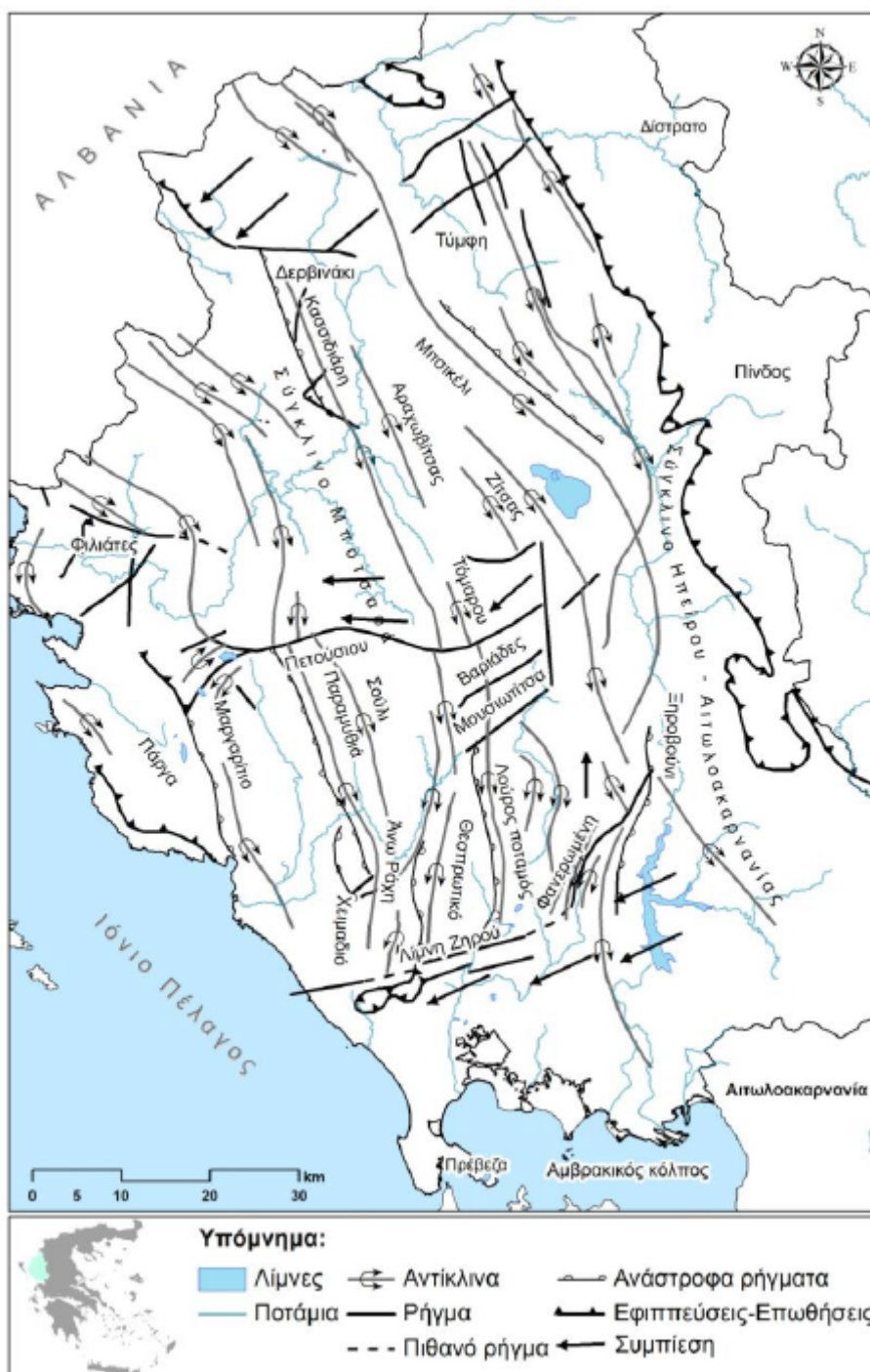
Στις ολοκαινικές αποθέσεις περιλαμβάνονται οι αλλουβιακές ποτάμιες και ελώδεις αποθέσεις, κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα (πυριτικά και ασβεστολιθικά).



Εικόνα 23 Γεωλογικό υπόβαθρο της πεδιάδας της Άρτας (τομή). [Πηγή εικόνας: [CITATION Κατ12 \l 1032]]

Ο σχηματισμός του φλύσχη της Ιόνιας ζώνης περιλαμβάνει τη ρυθμική εναλλαγή πηλινών, αμμούχων αργίλων, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών, με πάχος μεταβλητό με μέγιστη τιμή τα

2000m στο σύγκλινο του Αράχθου και στο σύγκλινο Ζάλογγο- Μποτσαρά [CITATION Κατ12 \l 1032].



Εικόνα 24 Χάρτης απεικόνισης κύριων τεκτονικών δομών Ηπείρου. [Πηγή χάρτη: [CITATION Κατ12 \l 1032]]

Γεωλογική ιστορία της Ιόνιας ζώνης

Η επικρατέστερη γεωλογική εξέλιξη της Ιόνιας ζώνης, η οποία στηρίζεται στα γεωτεκτονικά και λιθολογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή, μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα επιμέρους στάδια.

Κατά το πρώτο στάδιο, (Κατώτερο- Μέσο Τριαδικό) η Ιόνια ζώνη αποτελούσε τμήμα μιας τεράστιας ρηχής θαλάσσιας λεκάνης με έντονη εξάτμιση πράγμα που οδήγησε στην απόθεση των εβαποριτών οι οποίοι σε συνδυασμό με την παρουσία κανονικών ρηγμάτων και ρωών βαρύτητας υποδεικνύουν περιβάλλον διάνοιξης.

Κατά το δεύτερο στάδιο (μέχρι το Κατ. Λιάσιο) η ζώνη αποτελεί μία πλατφόρμα νηρητικής ανθρακικής ιζηματογένεσης με τελευταία απόθεση εκείνη των ασβεστολίθων του Παντοκράτορα. Στη συνέχεια η πλατφόρμα βαθαίνει οπότε παρατηρείται η απόθεση μεταβατικών ιζημάτων από ρηχή προς βαθιά θάλασσα, (Ασβεστόλιθοι Σινίων) ενώ τέλος, (Ανωτ. Λιάσιο) επικρατεί η δράση υποθαλάσσιων κανονικών ρηγμάτων, τα οποία προκαλούν τη διαμόρφωση επιμέρους επιμήκων αυλάκων (σχιστολίθων με Posidonia) και υβωμάτων (Ammonitico Rosso).

Στο τρίτο στάδιο (μέχρι το Ανωτ. Ηώκαινο) επικρατεί πλέον η πελαγική ιζηματογένεση (ασβεστόλιθοι Βίγλας), ενώ τρία γεγονότα ανοξικών συνθηκών προκάλεσαν την απόθεση πυριτικών βιοχημικών ιζημάτων.

Στο τέταρτο στάδιο (μέχρι το Κατ. Μειόκαινο) επικρατεί η κλαστική ιζηματογένεση με αποτέλεσμα το σχηματισμό του φλύσχη.

Η εκτεταμένη εμφάνιση του εύκολα αποσαθρούμενου φλύσχη στα βόρεια ανατολικά του Δέλτα του Αράχθου έχει συνεισφέρει σημαντικά στη διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής και του ίδιου του Δέλτα. Σημαντική ήταν και η συνεισφορά της τεκτονικής δραστηριότητας με τη δημιουργία του βυθίσματος του Αμβρακικού (Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο). Ο Άραχθος πριν ακολουθήσει ξεχωριστή πορεία στρέφονταν προς την κοιλάδα του Λούρου, στη θέση του οικισμού του Αμμότοπου, διανοίγοντας την ομώνυμη κοιλάδα και κατά αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε το ριπίδιο Καμπής- Χανόπουλου. Λόγω πρόσφατων τεκτονικών παραμορφώσεων στο ανατολικό περιθώριο της Ηπείρου οδήγησε στην ανύψωση του Δρίσκου και του Ξηροβουνίου και προκάλεσε τον διαχωρισμό της ροής των ποταμών και τη δημιουργία

ξεχωριστών δελταϊκών μετώπων [CITATION Κατ12 \l 1032]. Το ποτάμιο σύστημα του Αράχθου έχει την τάση να μετατοπίζεται σταδιακά προς τα ανατολικά ενώ οι εκβολές του Λούρου απωθούνται όλο και περισσότερο προς τα δυτικά κυρίως λόγω της μεγαλύτερης προσχωματικής ικανότητας του Αράχθου με αποτέλεσμα τη δημιουργία του νεότερου ριπιδίου του στην περιοχή της Άρτας [CITATION Μερ92 \l 1032].

Υδροπερατότητα γεωλογικών σχηματισμών

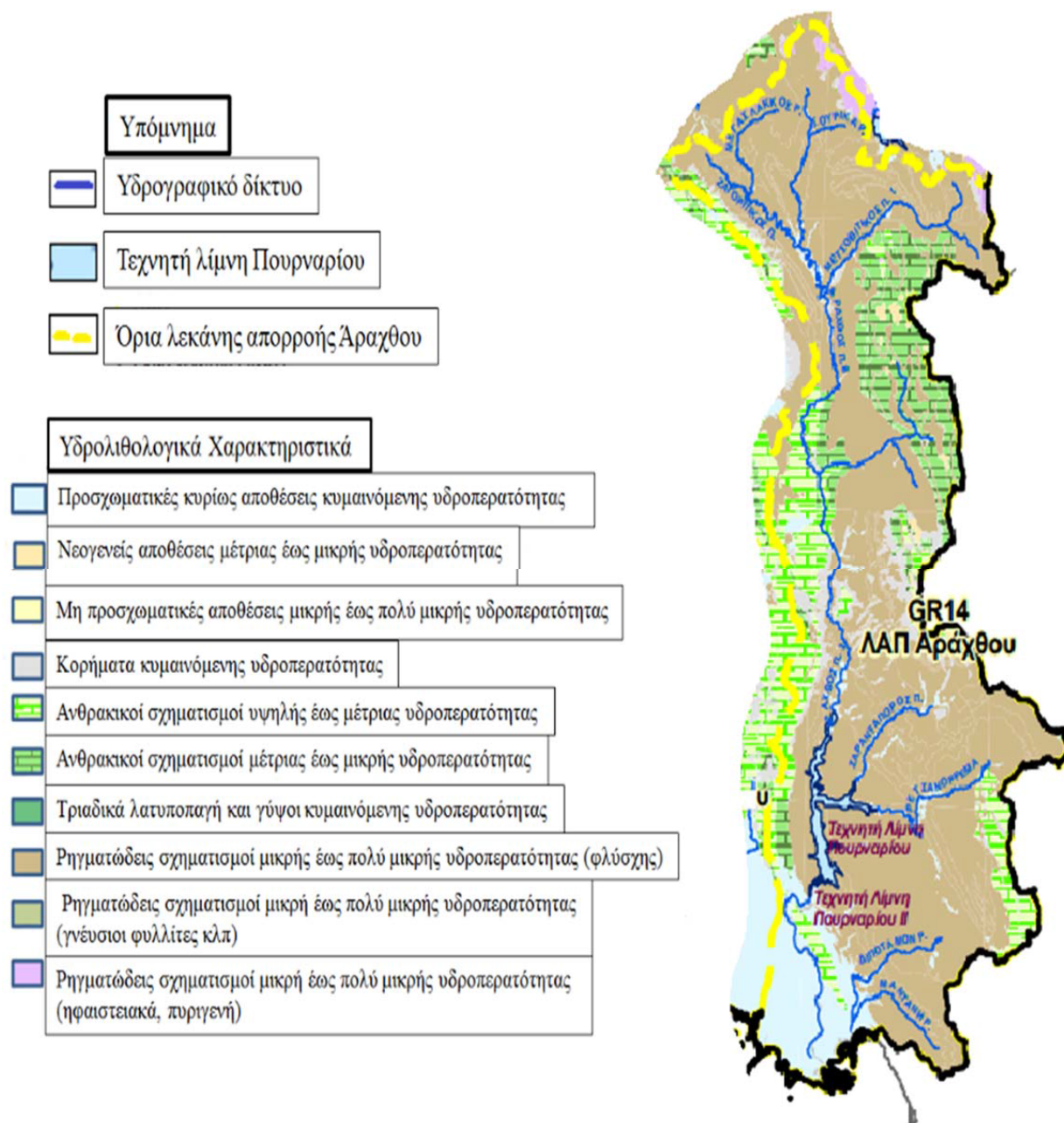
Σύμφωνα με τα παραπάνω κύριοι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου είναι φλύσχης, ασβεστολιθικοί σχηματισμοί και αλλουβιακές αποθέσεις διαφοροποιούμενης κατά τύπους λιθολογίας.

Πίνακας 9 Ποιοτική εκτίμηση της Υδροπερατότητας των κυριότερων γεωλογικών σχηματισμών της υδρολογικής λεκάνης του Αράχθου. [Πηγή:[CITATION Κου101 \l 1032]]

Τύπος πετρωμάτων	Υδατοπερατότητα	Έκταση (km ²)
Φλύσχης	Πολύ μικρή	1247
Ασβεστολιθικοί σχηματισμοί	Κυμαινόμενη	532

Πίνακας 10 Κατείσδυση και Επιφανειακή απορροή επικρατέστερων γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής. [Πηγή πίνακα: [CITATION Κον13 \l 1032]]

	Κατείσδυση	Επιφανειακή απορροή	Συντελεστής υδροπερατότητας (K)
Ασβεστόλιθοι (Αν. Σενωνίου)	49, 86%	-	$1,3 \times 10^{-3}$ έως $5,38 \times 10^{-3}$ m/sec
Αλλουβιακές αποθέσεις (χαλίκια και χονδρόκοκκοι έως μεσόκοκκοι άμμοι)	Σημαντική 10 - 25%	Μέτρια 5 - 25%	$5,8 \times 10^{-4}$ έως $1,4 \times 10^{-3}$ m/sec
Αλλουβιακές αποθέσεις (άργιλοι και πηλοί)	Μικρή 3 - 8%	Μεγάλη 25 - 50%	10^{-7} έως 10^{-5} m/sec



Εικόνα 25 Χάρτης γεωλογικών σχηματισμών με τα υδρογεωλογικά τους χαρακτηριστικά
[Πηγή εικόνας: [CITATION ΥΠΕ121 \l 1032], [CITATION Δρό15 \l 1032]]

Σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη παρατηρούμε ότι το υδρογραφικό δίκτυο του Αράχθου αναπτύσσεται κυρίως σε γεωλογικούς σχηματισμούς κυμαινόμενης έως πολύ μικρής υδροπερατότητας, πράγμα που αποτελεί μία από τις κύριες αιτίες συχνής εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων.

Φλύσξης- γενικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά

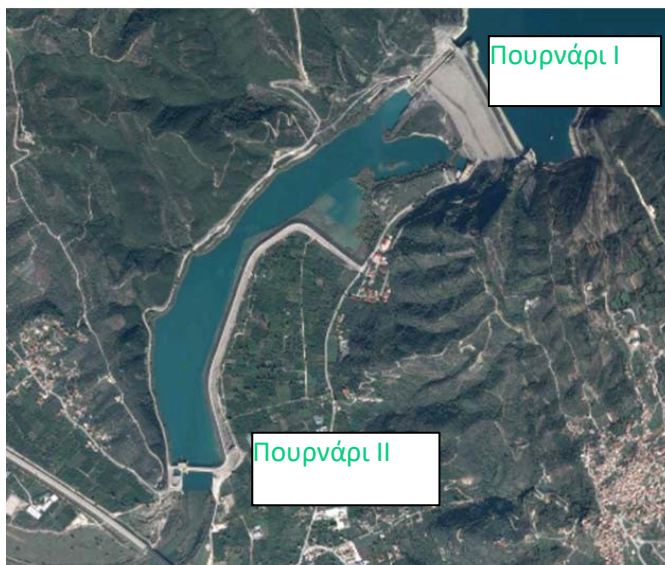
Ο κύριος γεωλογικός σχηματισμός που απαντάται στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. Ο φλύσξης σαν γεωλογικός σχηματισμός αποτελεί μία κυκλοθεματική απόθεση δηλαδή αποτελείται δηλαδή από εναλλαγές διαφορετικών πετρωμάτων όπως αργιλικοί σχιστόλιθοι, μάργες, ιλυόλιθοι, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή με επικράτηση κατά τόπους της μίας ή της άλλης φάσης. Λόγω του έντονου τεκτονικού περιβάλλοντος στο οποίο σχηματίζεται και από το οποίο δέχεται υλικό, δηλαδή κατά το τελευταίο στάδιο της ορογένεσης, ο σχηματισμός του φλύσχη μπορεί να περιέχει υλικά κατολισθήσεων καθώς και μεγάλα μπλοκ πετρωμάτων.

Ως προς την υδρολογική του συμπεριφορά όταν απαντάται στη λεκάνη κατάκλισης ενός ποταμού θεωρείται στεγανός/ αδιαπέρατος σχηματισμός. Όταν απαντάται σε φράγματα επιλέγεται χωμάτινος τύπος με μεγάλο πλάτος θεμελίωσης και χαμηλούς ρυθμούς κατασκευής. Στα πρανή ο σχηματισμός του φλύσχη αποτελεί την σημαντικότερη αιτία κατολισθήσεων (μεταθετικές και περιστροφικές ολισθήσεις κατά μήκος των στρώσεων).

Ο φλύσξης που απαντάται στην περιοχή μελέτης είναι ο Φλύσξης Δυτικής Ελλάδας, ο οποίος χαρακτηρίζεται από μεγάλα πάχη απόθεσης που ξεπερνούν κατά τόπους τα 2000m. Πιο συγκεκριμένα, ο φλύσξης της Ιόνιας ζώνης παρουσιάζει τυπική ψαμμιτοπηλιτική ακολουθία (ψαμμίτες, ιλυόχους ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, ιλυόλιθους, αργιλόμαργες και πηλινικές φάσεις στους ανώτερους ορίζοντες) [CITATION Λου13 \l 1032].

Υδρολογικό σύστημα Αράχθου

Ο Άραχθος τροφοδοτεί με τα νερά του δύο υδροηλεκτρικά φράγματα, το Πουρνάρι Ι και το Πουρνάρι ΙΙ.



Εικόνα 26 Θέσεις υδροηλεκτρικών φραγμάτων. [Πηγή εικόνας: Google Earth, επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]

Διαχείριση του φράγματος- Πουρνάρι Ι & ΙΙ

Τα φράγματα, είναι υδραυλικά έργα που κατασκευάζονται στις κοίτες ποταμών ή χειμάρρων, προκειμένου να καταστεί δυνατή η αποθήκευση επιφανειακών απορροών προκειμένου να αποδοθούν σε διάφορες χρήσεις [CITATION Αθα06 \l 1032].

Πουρνάρι Ι

Το υδροηλεκτρικό συγκρότημα Πουρνარიού Ι, ξεκίνησε την λειτουργία του το 1981 με σκοπό την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, την άρδευση και την αντιπλημμυρική προστασία της πόλης της Άρτας, η οποία περικλείεται από τον Άραχθο. Περιλαμβάνει, ένα συγκρότημα παραγωγής ενέργειας και ένα συγκρότημα εκχειλιστή. Το συγκρότημα παραγωγής ενέργειας, αποτελείται από 3 στροβίλους (Francis type turbines) συνολικής ισχύος 300MW και με ετήσια παραγωγή 235GWh. Έχει μέσο ύψος πτώσης τα 68m και μέγιστη παροχή $500\text{m}^3/\text{s}$. Ο εκχειλιστής, αποτελείται από τρία τοξωτά θυροφράγματα με διαστάσεις $12.5\text{m} \times 13.5\text{m}$ και μέγιστη παροχή $3300\text{m}^3/\text{s}$. Το φράγμα είναι χωμάτινο (ύψους 87m) και η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα είναι 303hm^3 . Η στάθμη του ταμιευτήρα κυμαίνεται από τα 100 έως τα 120m, η οποία είναι και η ανώτατη στάθμη λειτουργίας του φράγματος.

Πουρνάρι II

Το δεύτερο υδροηλεκτρικό φράγμα του Αράχθου, κατασκευάστηκε για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και άρδευση. Η έναρξη της λειτουργίας του πραγματοποιήθηκε το 1998, περιλαμβάνει τρεις στροβίλους συνολικής ισχύος 33.6MW (2 x 16bulb και 1 x 1.6S type units) και μέσης ετήσιας παραγωγής 45GWS. Το φράγμα είναι χωμάτινο (ύψους 15m) και η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα είναι 4hm³ [CITATION Αργ10 \l 1032].

Συνηθέστερα η πλημμύρα διαχειρίζεται από τη ΔΕΗ [CITATION Γεώ15 \l 1032]. Σε πρώτο στάδιο ανοίγουν οι τουρμπίνες. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ διαθέτει τρεις τουρμπίνες με τις οποίες ανάλογα με το τι νερό εισρέει στην λίμνη, λειτουργούν και οι τρεις τουρμπίνες οι οποίες μπορεί να διοχετεύσουν 400 με 500κυβικά το δευτερόλεπτο. Όταν το πλημμυρικό φαινόμενο είναι πιο έντονο σε ακραίες καιρικές συνθήκες, ανοίγουν και τα θυροφράγματα τα οποία μπορούν να διοχετεύσουν μέχρι 5950κυβικά το δευτερόλεπτο. Στην περίπτωση της πλημμύρας του Φεβρουαρίου του 2015 άνοιξαν εν μέρει τα θυροφράγματα προσπαθώντας να αντισταθμίσουν την εισροή, δηλαδή τα 2500κυβικά το δευτερόλεπτο. Σημαντικό ρόλο σε κάθε πλημμυρικό επεισόδιο διαδραματίζει εκτός από το μέγιστο, η διάρκεια του φαινομένου, αφού αντιστοιχεί σε όγκο νερού. Με τη διαχείριση των θυροφραγμάτων γίνεται προσπάθεια να διαχειριστεί η στάθμη της λίμνης, πράγμα εκ των πραγμάτων πολύπλοκο.

Τα χωμάτινα φράγματα θεωρούνται ότι έχουν αποτύχει όταν παρουσιαστεί υπέρβαση του νερού πάνω από τη στέψη τους. Αυτό θεωρείται θραύση του χωμάτινου φράγματος. Το πουρνάρι 1 είναι χωμάτινο ενώ το πουρνάρι 2 είναι από σκυρόδεμα και είναι μόνο αρδευτικό. Για να υπερχειλίσει η λίμνη και να περάσει πάνω από τη στέψη του φράγματος θα πρέπει να έχει αποτύχει και ο εκχειλιστής. Αυτή είναι μία παροχή η οποία αναμένεται μία φορά στα 10000χρόνια. Έτσι μελετήθηκε από το 1973 που έγινε η πρώτη υδρολογική μελέτη.

Κανόνες λειτουργίας εκχυλιστή

Σε περιπτώσεις πλημμύρας, η λειτουργία του εκχυλιστή διέπεται από τους ακόλουθους κανόνες [CITATION Μαμ14 \l 1032]:

1. Η λειτουργία εκχείλισης καθίσταται δυνατή μόνο όταν η στάθμη στον ταμιευτήρα ξεπερνά τη στέψη του εκχειλιστή (107.5m) και η παροχή εισροής ξεπερνά την παροχετευτικότητα του σταθμού παραγωγής ενέργειας (500m³/s ή 1.8hm³/hr).

2. Σε μια μέτρια πλημμύρα, όταν η στάθμη του ταμιευτήρα είναι ή φτάνει στα 120m, η παροχή εκροής θα πρέπει να είναι ίση με την παροχή εισροής (ώστε η στάθμη να παραμένει στα 120m) και αυτό επιτυγχάνεται με τον χειρισμό του ανοίγματος των θυροφραγμάτων.
3. Σε μια μεγαλύτερη πλημμύρα, όπου το άνοιγμα των θυροφραγμάτων έχει φτάσει τα 8m και η στάθμη στον ταμιευτήρα τείνει να ανυψωθεί άνω των 120m, τότε πραγματοποιείται πλήρες άνοιγμα των θυροφραγμάτων (η αντιμετώπιση της πλημμύρας σχεδιασμού πάντως θεωρείται ότι γίνεται μόνο με τον εκχειλιστή, ότι δηλαδή δεν λειτουργεί παράλληλα και ο σταθμός παραγωγής).
4. Όταν η στάθμη του ταμιευτήρα είναι στα 120m και τα θυροφράγματα είναι πλήρως ανοιχτά, ο εκχειλιστής παροχετεύει περίπου $3300\text{m}^3/\text{s}$ ή $11.9\text{hm}^3/\text{hr}$. Υποθέτοντας την παράλληλη λειτουργία των στροβίλων στη μέγιστη δυνατότητά τους, η παροχή κατάντη του φράγματος ανέρχεται στα $3800\text{m}^3/\text{s}$ ή $13.7\text{hm}^3/\text{hr}$. Το ίδιο μέγεθος της φυσικής παροχής του Αράχθου αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς περίπου 70 ετών (η πλημμύρα των 100 ετών έχει αιχμή $4050\text{m}^3/\text{s}$).
5. Αν η παροχή εισροής ξεπεράσει τα $3800\text{m}^3/\text{s}$, η στάθμη νερού στον ταμιευτήρα θα ανεβαίνει, ακόμη και με πλήρως ανοιχτά θυροφράγματα. Σημειώνεται ότι η στέψη του φράγματος είναι στα 128m και η ανώτατη στάθμη πλημμύρας στα 125,8m (περιθώριο ασφάλειας 2,2m).
6. Μετά την υποχώρηση της πλημμύρας (καθοδικός κλάδος) και αντίστοιχα την ταπείνωση της στάθμης κάτω από τα 120m, τα θυροφράγματα αρχίζουν να κλείνουν, αρχικώς στα 8m και στη συνέχεια βαθμιαία σε μικρότερα ανοίγματα.

Ιστορικό πλημμυρικών επεισοδίων στην περιοχή μελέτης

Η υδρολογική λεκάνη του Αράχθου έχει παρουσιάσει ένα εκτενές ιστορικό πλημμυρικών φαινομένων. Στο διάστημα 1981- 2003 είχαν λάβει χώρα 65 πλημμυρικά φαινόμενα όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 11 Ιστορικά πλημμυρικά φαινόμενα από το 1981 έως οτ 2003. [Πηγή πίνακα: [CITATION ΥΠΕ12 \l 1032]]

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (hrs)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΙΣΡΟΗ (m ³)	ΜΕΣΗ ΕΙΣΡΟΗ (m ³ /s)
19-20/10/03	18	31.230.000	482
24-25/10/03	32	86.882.400	754
13-14/04/03	32	47.509.200	412
24-25/12/01	48	93.132.000	539
4-6/2/98	41	138.772.800	940
20-21/11/98	20	41.000.400	569
23/11/98	14	40.510.800	804
4-5/12/98	26	70.887.600	757
14/10/1997	7	16.740.000	664
21/11/1997	11	20.523.600	518
3-4/12/1997	11	25.891.200	654
21-22/2/1996	34	91.256.400	746
21/11/1996	1	1.818.000	505
23-24/11/1996	17	53.326.800	871
26-27/11/1996	21	59.526.000	787
29-30, 1-2/11, 12/1996	85	211.341.600	691
21/12/1996	1	1.839.600	511
30-31/12/1996	40	126.226.800	877
2-3/1/1995	14	35.985.600	714
25/12/1995	15	32.918.400	610
29-30/12/1995	22	57.772.800	729
9/11/1994	5	9.691.200	538
12/11/1994	3	5.169.600	479
24-26/12/1994	58	136.908.000	656
16/12/1993	14	35.758.800	710
9-10/12/1992	22	65.347.200	825
18/11/1992	12	33.004.800	764
9-11/1992	46	111.218.400	672
9/2/1991	15	34.372.800	637
6-7/12/1990	21	49.050.000	649
11/12/1990	11	28.551.600	721
12-15/12/1990	86	169.988.400	549
27/2/1989	3	4.939.200	457
10/10/1989	14	42.879.600	851
11/10/1989	10	17.319.600	481
23/11/1989	12	28.576.800	662
9/12/1989	19	48.002.400	702

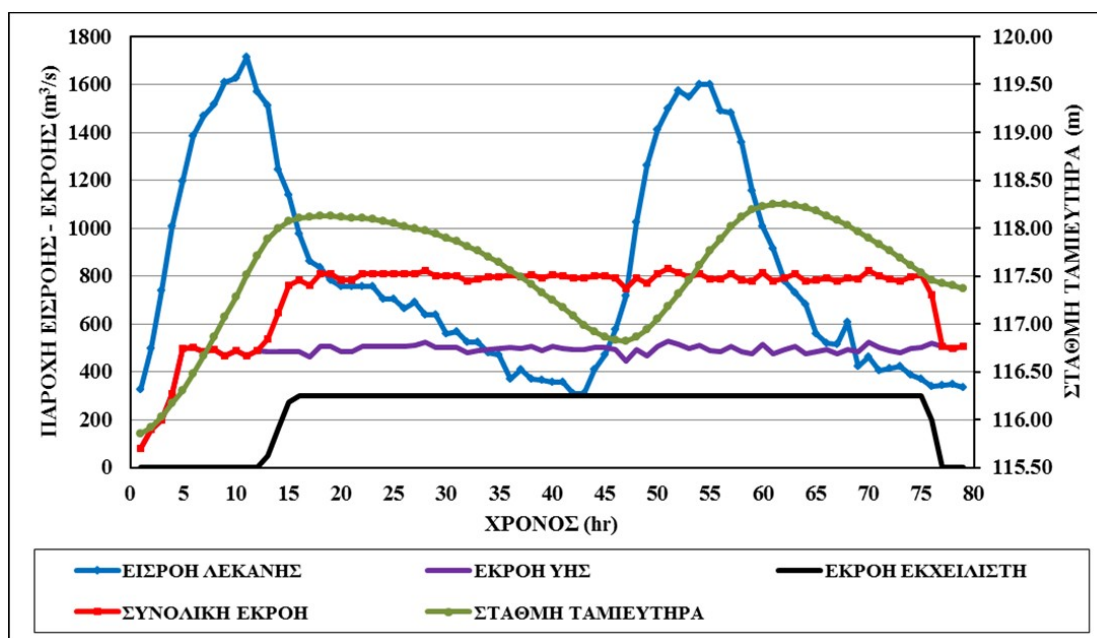
9/2/1988	6	12.362.400	572
22-23/11/1988	11	22.176.000	560
2-3/12/1988	11	23.828.400	602
12/1/1987	7	12.006.000	476
23/3/1987	13	26.100.000	558
11-12/11/1987	21	50.508.000	668
27/11/1987	11	17.348.400	438
6-7/12/1987	13	33.894.000	724
5/1/1986	7	11.059.200	439
7/1/1986	6	9.849.600	456
16-17/1/1986	12	22.975.200	532
25/1/1986	8	14.356.800	499
22-23/2/1986	30	71.010.000	658
6-7/1/1985	15	34.045.200	630
8-9/1/1985	15	34.722.000	643
12-13/2/1985	14	29.937.600	594
6/11/1985	7	17.751.600	704
27/11/1985	19	60.487.200	884
28/11/1985	9	18.367.200	567
10-12/1/1984	43	138.780.000	897
24/1/1984	3	5.054.400	468
24-25/1/1984	11	21.974.400	555
9-10/2/1984	12	25.128.000	582
16/11/1982	6	20.887.200	967
14-15/12/1982	42	94.521.600	625
19/12/1982	24	81.172.800	940
12-15/12/1981	88	236.444.400	746
17/12/1981	9	17.650.800	545

Σύγκριση των πιο πρόσφατων πλημμυρικών φαινομένων στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου σε σχέση με τη διαχείριση του ΥΗΣ (2005 και 2015)

Κατά το πλημμυρικό γεγονός που έλαβε χώρα 28-31/12/2005 και σημειώθηκαν δυο τιμές παροχών αιχμής στο φράγμα της ΔΕΗ, για αυτό και λειτούργησαν οι εκχειλιστές. Οι μέγιστες συνολικές τιμές εκροής στο ταμιευτήρα ΠΟΥΡΝΑΡΙ Ι (εκχειλιστής και παραγωγή ενέργειας) έφτασαν τα 1700m³/s με ύψος στάθμης τα 117.50m, ενώ στις 30/12/2005 τα 1600m³/s με ύψος στάθμης ταμιευτήρα τα 117.76m [[CITATION Μαμ14 \l 1032], [CITATION Δρό15 \l 1032]]. Σύμφωνα με μαρτυρίες στελεχών του Δήμου Αρταίων, πλημμύρισαν κυρίως περιοχές στα κατάντη της λεκάνης του Αραχθού όπως το Νεοχώρι και το Κομμένο, με απώλειες σε φυτικό και ζωικό κεφάλαιο, αλλά πολύ λιγότερης έκτασης σε σύγκριση με το γεγονός της 1ης Φεβρουαρίου 2015.

Οι υπεύθυνοι της ΔΕΗ προκειμένου να εξασφαλίσουν μια ήπια και ασφαλή διόδευση πλημμύρας προχώρησαν σε μερικό άνοιγμα των θυροφραγμάτων του εκχειλιστή, όταν η στάθμη στον ταμιευτήρα πλησίαζε τα 118m και η παροχή εισροής ήταν περίπου 1600m³/s. Το άνοιγμα είχε ως

αποτέλεσμα να διοχετευτούν στον ποταμό συνολικά $800\text{m}^3/\text{s}$, $300\text{m}^3/\text{s}$ από τα θυροφράγματα του εκχειλιστή και $500\text{m}^3/\text{s}$ από το σύστημα παραγωγής ενέργειας[CITATION Δρό15 \l 1032].



Διάγραμμα 5 Διάγραμμα εισροής – εκροής και στάθμης ταμιευτήρα για τη λειτουργία συστήματος εκχυλιστή όπως πραγματοποιήθηκε κατά το πλημμυρικό επεισόδιο Δεκεμβρίου 2005 (Πηγή: [CITATION Μαμ14 \l 1032], [CITATION Δρό15 \l 1032]]

Στο πιο πρόσφατο πλημμυρικό φαινόμενο (31/1/2015 έως 1/2/2015), οι έντονες και διαρκείς βροχοπτώσεις των δυο αυτών ημερών προκάλεσαν την εισροή μεγάλης παροχής στον ταμιευτήρα του Πουρναρίου. Οι διαχειριστές του φράγματος προχώρησαν σε άνοιγμα των θυροφραγμάτων του εκχειλιστή όταν η στάθμη στον ταμιευτήρα έφτασε τα 120m αφήνοντας $1200\text{m}^3/\text{s}$ από τον εκχειλιστή του φράγματος. Η συνολική παροχή εκροής στον ποταμό, λαμβάνοντας υπόψη και τα $500\text{m}^3/\text{s}$ του συστήματος παραγωγής ενέργειας, έφτασε τα $1700\text{m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 27 Άνοιγμα του εκχειλιστή κατά το πλημμυρικό γεγονός του Φεβρουαρίου 2015. Αποψη του φράγματος από τον ΥΗΣ της ΔΕΗ. [Πηγή εικόνας: (Δήμος Αρταίων, 2015)]



Εικόνα 28 Το γεφύρι της Άρτας τις ημέρες της πλημμύρας 2^{ος} 2015
[Πηγή εικόνας: <http://goo.gl/7620Ev>]



Εικόνα 29 Πλημμυρισμένες καλλιέργειες. [Πηγή εικόνας: (Δήμος Αρταίων, 2015)]

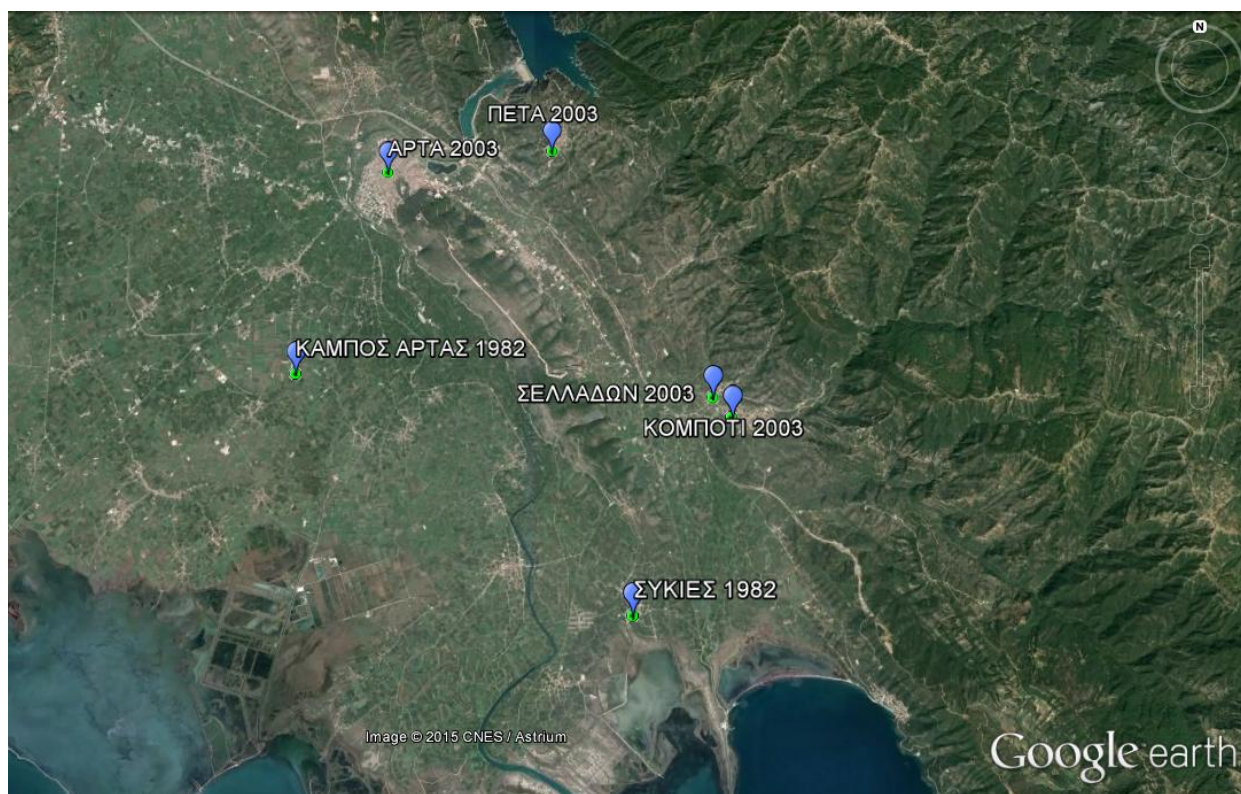
Σύμφωνα με την έκθεση της ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε. 2012, πλημμυρικά φαινόμενα στο ταμιευτήρα ΠΟΥΡΝΑΡΙ Ι δεν συμβαίνουν σπάνια.

Πίνακας 12 Τα μεγαλύτερα φαινόμενα εισροών κατά τη διάρκεια λειτουργίας του έργου. [Πηγή πίνακα: [CITATION ΔΕΗ12 \l 1032]]

Ημερομηνία	Συνολική ποσότητα εισροών ($\times 10^6 \text{m}^3$)	Διάρκεια (hrs)	Αιχμή εισροών	
			$\times 10^6 \text{m}^3 / 1 \text{hr}$	m^3 / sec
4-6/2/98	93,13	48	7,11	1.975
24-25/10/03	86,88	32	6,98	1.940
27/11/85	60,49	19	5,49	1.525
30-31/12/96	126,23	40	4,95	1.376
9-10/12/1992	65,35	22	4,39	1.220
24-26/12/94	136,91	58	4,01	1.115

Τα πλημμυρικά φαινόμενα αυτά σχετίζονται με παροχές αιχμής στη διάρκεια κυρίως των χειμερινών μηνών (Νοέμβριος-Φεβρουάριος) που σημειώνονται στα ανάντη της υδρολογικής λεκάνης του Άραχθου. Η μεγαλύτερη παροχή αιχμής για τη χρονική περίοδο 1981-2003 στο ταμιευτήρα ΠΟΥΡΝΑΡΙ Ι είναι $1975 \text{m}^3 / \text{sec}$ (πλημμυρικό γεγονός που συνέβη 4 Φεβρουαρίου

1998 με διάρκεια 48 ώρες). Σύμφωνα με ιστορικά δεδομένα του ΥΠΕΚΑ[CITATION ΥΠΕ12 \l 1032], περιοχές στις οποίες έχουν σημειωθεί πλημμύρες στο παρελθόν αφορούν τις πεδινές εκτάσεις της Άρτας. Αναφέρεται επίσης ότι η ύπαρξη του φράγματος ανάντη της πεδιάδας "περιορίζει αρκετά σημαντικά τα πλημμυρικά φαινόμενα στον ποταμό δεδομένου ότι η ροή του ελέγχεται".



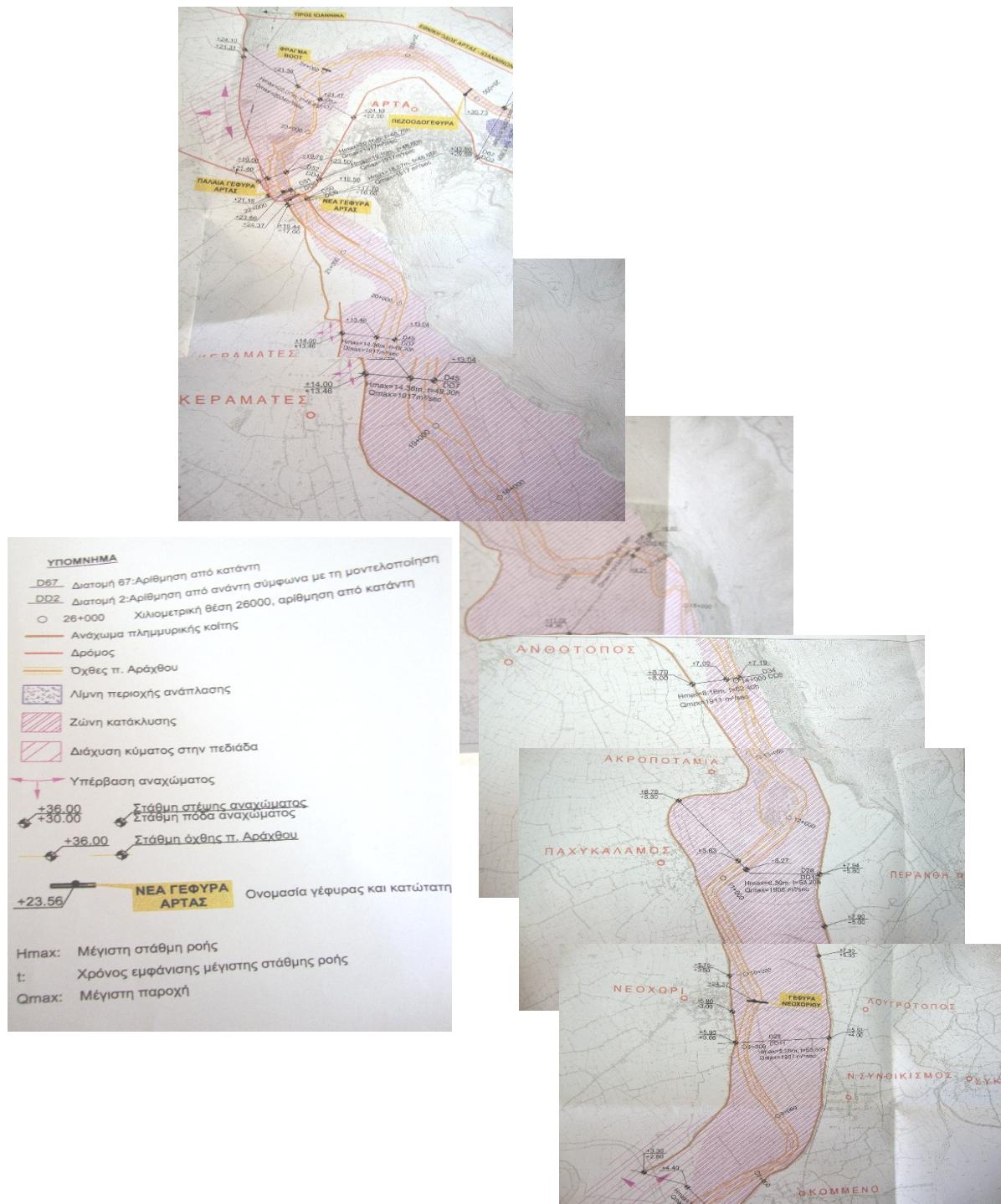
Εικόνα 30 Ιστορικές πλημμύρες στον κάμπο της Άρτας σύμφωνα με τα αρχεία του ΥΠΕΚΑ. [Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνων πλημμύρας σύμφωνα με την οδηγία 2007/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή της Κ.Υ.Α. Η.Π 31822/1542/Ε103, 2013»].

Η κατασκευή του φράγματος του Υδροηλεκτρικού Σταθμού της ΔΕΗ έχει επιφέρει και θετικά και αρνητικά αποτελέσματα. Από την μία ο έλεγχος της ροής του ποταμού έχει δημιουργήσει ένα αίσθημα ασφάλειας στους πολίτες- κατοίκους με αποτέλεσμα να επεκτείνουν την οικιστική ανάπτυξη και σε περιοχές αυξημένης πλημμυρικής επικινδυνότητας, ενώ από την άλλη σε περιπτώσεις έντονων πλημμυρικών φαινομένων η ξαφνική απελευθέρωση υδάτων (ως μέτρο προστασίας λόγω αύξησης της στάθμης των υδάτων στο φράγμα) προκαλεί σοκ στους κατοίκους των ίδιων περιοχών και αντίστοιχα εκτεταμένες καταστροφές.

Μελέτες διαχείρισης πλημμυρικού κινδύνου

Για την εκτίμηση πλημμυρικών παροχών του ποταμού Αράχθου έχουν γίνει διάφορες μελέτες. Πιο συγκεκριμένα, οι μελέτες αυτές βασίζονται σε σενάρια εκτίμησης πλημμυρικών παροχών στα κατάντη, σε περίπτωση υπέρβασης συνηθισμένων τιμών εισροής στον ταμιευτήρα ΠΟΥΡΝΑΡΙ Ι. Στις μελέτες αυτές βασίζεται το υπάρχον σχέδιο διαχείρισης πλημμυρικού κινδύνου στην περιοχή της Άρτας. Ο Άραχθος παρουσιάζει εξαιρετικό υδατικό δυναμικό για αυτό και έχουν γίνει πολλές μελέτες αξιοποίησης του δυναμικού αυτού (μεγάλες παροχές). Τα σχέδια διαχείρισης πλημμύρας του Γραφείου Πολιτικής Προστασίας λαμβάνουν υπόψη τους αυτές τις μελέτες για το σχεδιασμό μέτρων και τη λήψη αποφάσεων. Η ΔΕΗ έχει παραχωρήσει στη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας αρκετές από τις μελέτες πλημμυρικού κινδύνου για τον Άραχθο (Τσίτσικας Απόστολος, Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2015).

Η Υδρολογική μελέτη της ΔΕΗ που εκπονήθηκε για την κατασκευή του ταμιευτήρα ΠΟΥΡΝΑΡΙ Ι έδωσε παροχές αιχμής, οι οποίες κυμαίνονται από $2.750\text{m}^3/\text{sec}$ έως $6.800\text{m}^3/\text{sec}$ για περιόδους επαναφοράς 1: 10 ή και 1: 10.000 [CITATION ΥΠΕ96 \l 1032]. Στη μελέτη της ΔΕΗ, 2008, την οποία έχει λάβει υπόψη της η Πολιτική Προστασία Περιφέρειας Άρτας και μας παραχωρήθηκε ευγενικά η φωτογράφισή της, γίνεται εκτίμηση της ζώνης κατάκλισης, για παροχή αιχμής $Q=2000\text{m}^3/\text{sec}$. Στο χάρτη της έκτασης της πλημμυρικής ζώνης (σημειώνεται με κόκκινο χρώμα στο χάρτη), αναφέρονται επίσης, οι υπερβάσεις των παρόχθιων αναχωμάτων καθώς και τα πιθανά πλημμυρικά κύματα από την υπέρβαση των αναχωμάτων (εικόνα 34). Υπερβάσεις αναχωμάτων έχουν σημειωθεί σε αρκετές περιοχές του χάρτη όπως στο Κομμένο, τους Κεραμάτες, την περιοχή της παλαιάς γέφυρας της Άρτας. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι στο χάρτη αυτό, γίνεται εκτίμηση της παρόχθιας στάθμης (H), για χρονική στιγμή (t).



Εικόνα 34 Επικαιροποίηση Πλημμυρικής Μελέτης και έρευνα διάδοσης εξαιρετικών πλημμυρικών κυμάτων λόγω θραύσης φραγμάτων στον π. Αραχθό. Ζώνη κατάκλυσης για $Q=2000\text{Mm}^3/\text{sec}$. ΔΕΗ, ECOS 2008». ΧΑΡΤΗΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1/20.000. Η λήψη των φωτογραφιών παραχωρήθηκε από τη από την Πολιτική Προστασία της Περιφέρειας Άρτας κατά την Εκπαιδευτική Εκδρομή του ΠΜΣ: Διαχείρισης Φυσικών και Ανθρωπογενών καταστροφών, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2015].

Χαρτογράφηση πλημμυρισμένων σημείων

Το Μάρτιο του 2015 πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα για τη μελέτη του πλημμυρικού επεισοδίου του Φεβρουαρίου 2015 στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου Αθηνών. Στο πλαίσιο της έρευνας πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στους οικισμούς της πληγείσας περιοχής και να κατεγράφησαν πρωτογενώς οι θέσεις και τα σημεία τα οποία υπέστησαν τις μεγαλύτερες καταστροφές.

Συλλογή και καταγραφή σημείων πλημμύρας του πλημμυρικού γεγονότος του Φεβρουαρίου 2015

Στόχος της επιτόπιας έρευνας ήταν ο εντοπισμός των περιοχών με τις σημαντικότερες επιπτώσεις λόγω πλημμύρας. Σε ένα πρώτο στάδιο αναζητήθηκαν πληροφορίες τόσο με τηλεφωνική επικοινωνία στους τοπικούς φορείς και στην Υπηρεσία Αποκατάστασης Επιπτώσεων Φυσικών Καταστροφών, όσο και με έρευνα στο διαδίκτυο και στις καταγραφές των ΜΜΕ, για τις περιοχές που υπέστησαν ζημιές από την πλημμύρα ώστε να εκπονηθεί χάρτης με τα πλημμυρικά όρια, των περιοχών, δηλαδή, που πλημμύρισαν στη διάρκεια του πλημμυρικού γεγονότος του 2015. Έχοντας τις περιοχές στις οποίες έφτασε το νερό, θα ήταν δυνατή μια πρώτη ποιοτική καταγραφή της έκθεσης στον πλημμυρικό κίνδυνο. Για αυτό το σκοπό η έρευνα εκπονήθηκε σε δύο επίπεδα:

A) επιτόπια έρευνα και μετρήσεις σημείων με GPS (λήψη φωτογραφιών, μετρήσεις συντεταγμένων και καταγραφή στάθμης νερού)

B) έρευνα συλλογής δεδομένων για τη χωρική έκταση της πλημμύρας, την αποτίμηση της ζημιάς στο κτιριακό απόθεμα, απώλειες ζωικού και φυτικού κεφαλαίου, απώλειες σε οικονομικές δραστηριότητες, ύψος της στάθμης νερού και ύψος αναχωμάτων στα σημεία που έσπασαν.

Η έρευνα συλλογής δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε δημόσιους φορείς οι οποίοι παρείχαν στους συγγραφείς αρκετές πληροφορίες, αρχεία, μελέτες καθώς και τις προσωπικές τους εμπειρίες από την αποτίμηση της ζημιάς.

Οι υπηρεσίες από τις οποίες συλλέχθηκαν δεδομένα ήταν οι εξής:

A) Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας Περιφέρειας Άρτας: συνομιλία με τον Προϊστάμενο του τμήματος, ο οποίος παραχώρησε έγγραφο με τον αριθμό αιτήσεων για τις αποζημιώσεις των

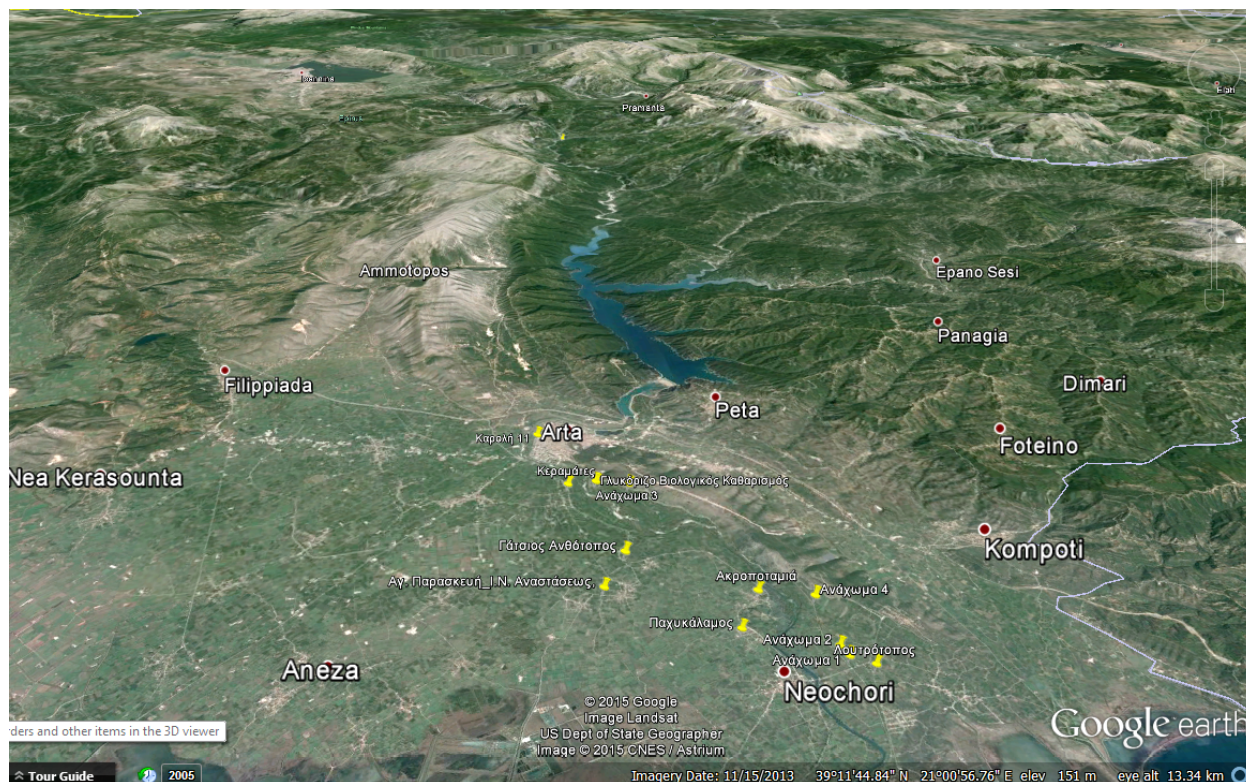
απωλειών σε φυτικό και ζωικό κεφάλαιο, απώλειες καλλιεργούμενων εκτάσεων, απώλειες εξοπλισμού επιχειρήσεων και απώλειες κτιριακού αποθέματος (αποθήκες σιτηρών).

Β) Διεύθυνση Υδροοικονομίας Περιφέρειας Άρτας: Συνομιλία με στελέχη της υπηρεσίας, που συμμετείχαν στις αποτιμήσεις ζημιάς σε τεχνικά έργα (αναχώματα) και συλλογή πληροφοριών επίσης για τα εξής θέματα: ιστορικό πλημμυρών στην περιοχή μελέτης, εισροές εκροές στο ταμιευτήριο ΠΟΥΡΝΑΡΙ Ι, πλημμυρικές παροχές του Άραχθου πριν και μετά την κατασκευή του φράγματος, θέσεις αναχωμάτων, κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων στην περιοχή, έκταση ζημιάς μετά την πλημμύρα .

Παραχώρηση Περιβαλλοντικής Μελέτης της ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε. για το ΠΟΥΡΝΑΡΙ ΙΙΙ (256σελ.) με παραρτήματα που αφορούν τα α) τεχνικά χαρακτηριστικά των ταμιευτήριων και β) γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης κατάκλισης του φράγματος.

Γ) Διεύθυνση Τεχνικών Έργων Περιφέρειας Άρτας: Συνέντευξη στελέχη τον Προϊστάμενο της υπηρεσίας, ο οποίος παρείχε σημαντικές πληροφορίες για τα σημεία που έφτασε η πλημμύρα , ζωγραφίζοντας ο ίδιος πάνω σε χάρτη τα σημεία αυτά, τα σημεία υποχώρησης των αναχωμάτων και τις θέσεις των παρόχθιων αναχωμάτων. Παραχωρήθηκε ο χάρτης των αναχωμάτων της περιοχής (κλίμακα 1/20.000) καθώς και η Μελέτη Οικονομικής Σκοπιμότητας της Διευθέτησης – Εγκιβωτισμού κοίτης ποταμού Άραχθου[CITATION ΥΠΕ96 \l 1032].

Δ) Τμήμα Πολιτικής Προστασίας Περιφέρειας Άρτας: συνομιλία με τον Προϊστάμενο της υπηρεσίας, ο οποίος μας ενημέρωσε για τα υπάρχοντα σχέδια διαχείρισης των πλημμυρών στην περιοχή και μας δόθηκε η άδεια για τη φωτογράφιση μελέτης της ΔΕΗ του πλημμυρικού κινδύνου στον Άραχθο για παροχή ίση με $Q=2000\text{m}^3/\text{sec}$.



Εικόνα 31 Απεικόνιση σημείων πλημμύρας (κίτρινες πινέζες) σε περιβάλλον Google Earth. [Πηγή εικόνας: Google Earth.

Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]

Ακολουθούν οι θέσεις των σημείων ανα περιοχή:

1. Άρτα

Ξεκινώντας από την πόλη της Άρτας⁶ οι καταγραφές αφορούν μέρος του οδικού δικτύου, το Αμαξοστάσιο του δήμου, το παραλίμνιο θεματικό πάρκο, το παλαιό στρατόπεδο, τον οικισμό των ΡΟΜΑ και 8 κατοικίες.

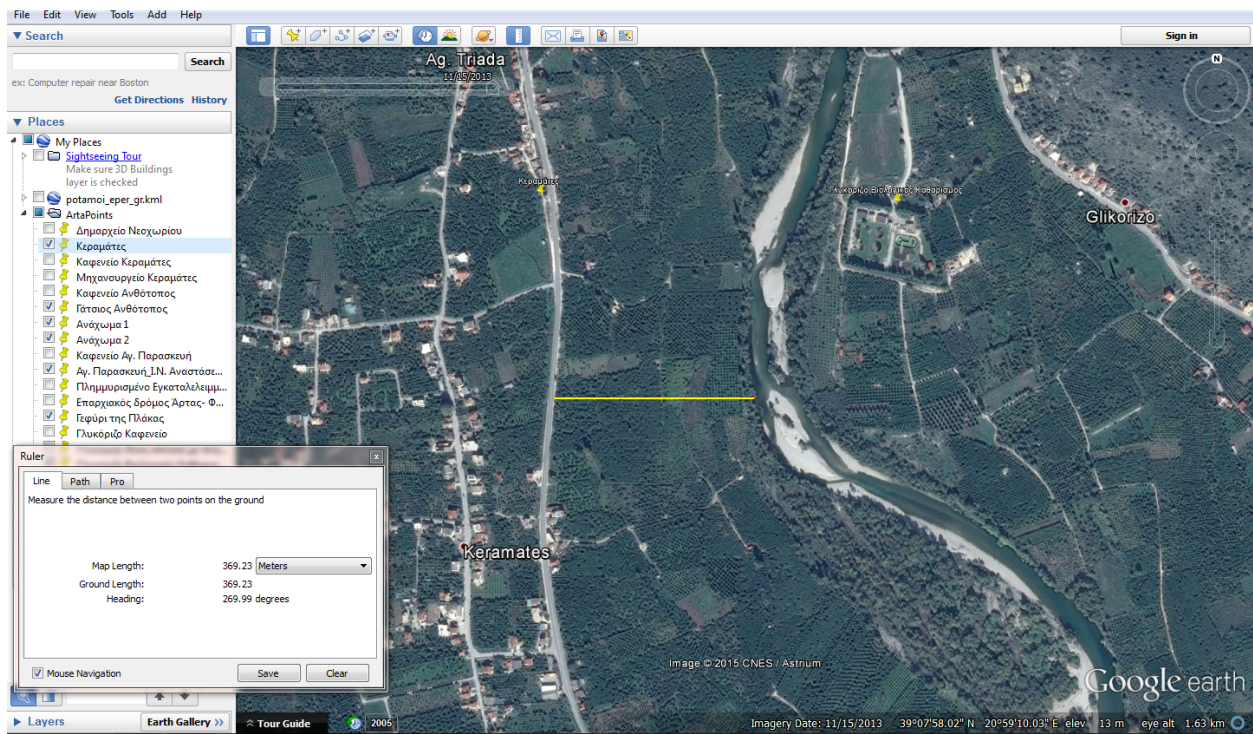
⁶ Τα στοιχεία συλλέχθηκαν από την ομάδα της Τρωτότητας του κτισμένου και φυσικού περιβάλλοντος: Καραδημήτρη Αθανάσιο, Σπανό Λεωνίδα από την Πυροσβεστική Υπηρεσία Άρτας.



Εικόνα 32 Κτίριο Πολιτικής Προστασίας Περιφέρειας Άρτας. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]

2. Κεραμάτες

Σύμφωνα με μαρτυρίες των κατοίκων το νερό έφτασε το 1,5 μέτρο σχεδόν καλύπτοντας μία μεγάλη έκταση των καλλιεργειών. Το υψόμετρο στη συγκεκριμένη περιοχή είναι στα 13μέτρα ενώ της κοίτης στα 11μέτρα σύμφωνα με τις μετρήσεις του Google Earth.



Εικόνα 33 Άποψη Κεραμάτων. Screenshot Google Earth όπου η κίτρινη γραμμή δείχνει την μικρότερη οριζόντια απόσταση από την όχθη του ποταμού μέχρι την επαρχιακή οδό Άρτας- Νεοχωρίου (περίπου 370μέτρα). [Πηγή εικόνας: Google Earth.

Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]



Εικόνα 34 Κεραμάτες καλλιεργημένες περιοχές που πλημμύρισαν, εγγύτερα του οικισμού.

[Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]



Εικόνα 35 Κεραμάτες καλλιεργημένες περιοχές που πλημμύρισαν εγγύτερα της κοίτης του ποταμού.

[Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]



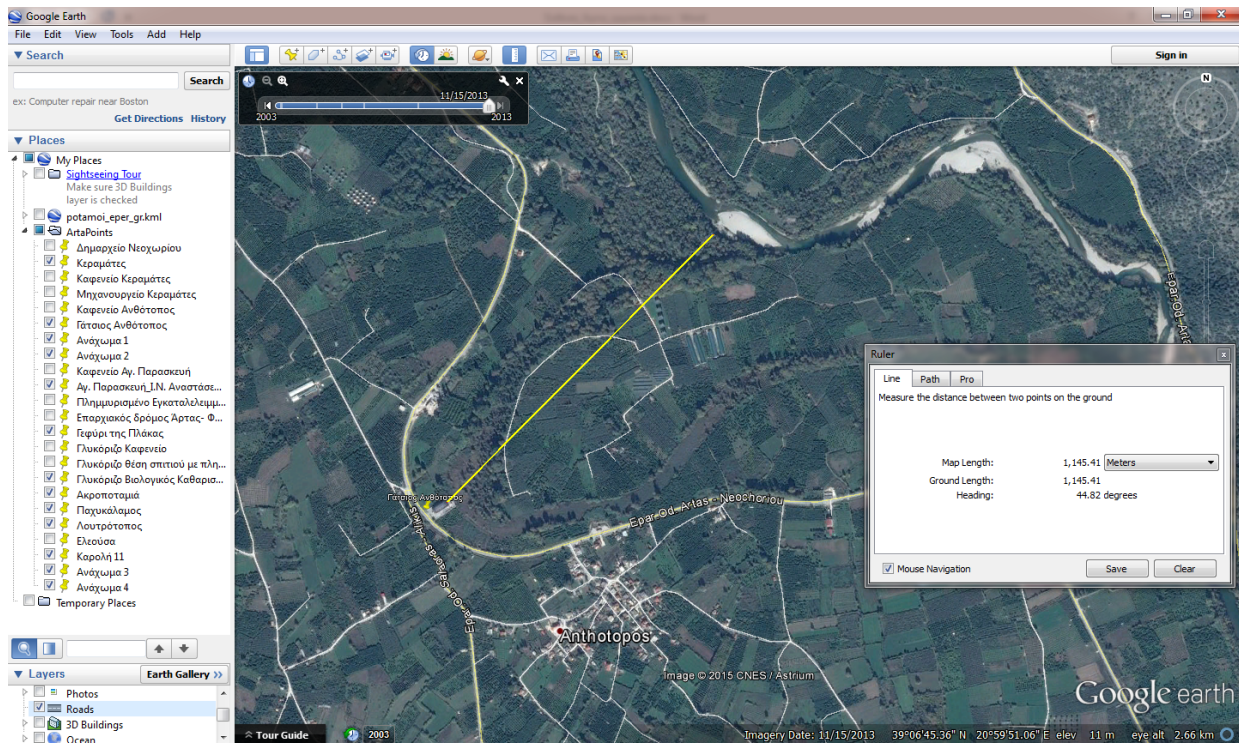
Εικόνα 36 Κεραμάτες, η επαρχιακή οδός Άρτας- Νεοχωρίου την οποία ξεπέρασε το νερό. Παρατηρούμε ότι οι βάσεις των δέντρων βρίσκονται χαμηλότερα του οδοστρώματος. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]

3. Ανθότοπος

Στον Ανθότοπο το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα ζημιών είναι η ποτοποιία Γάτσιος ΕΠΕ στο 6° χλμ. της επαρχιακής οδού Άρτας- Νεοχωρίου. Η εγκατάσταση βρίσκεται στα 1.145 μέτρα από την κοίτη του ποταμού. Το υψόμετρο της περιοχής είναι στα 7 μέτρα το ίδιο με του ποταμού ενώ παρεμβάλλεται περιοχή ελαφρώς υψηλότερου ανάγλυφου (μέχρι 11 μέτρα). Σύμφωνα με μαρτυρίες το ύψος του νερού ξεπέρασε το 1,50 μέτρο.



Εικόνα 37 Στην ποτοποιία Γάτσιος ΕΠΕ ο κ. Γάτσος ο οποίος επιδεικνύει το ύψος που έφτασε το νερό. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]



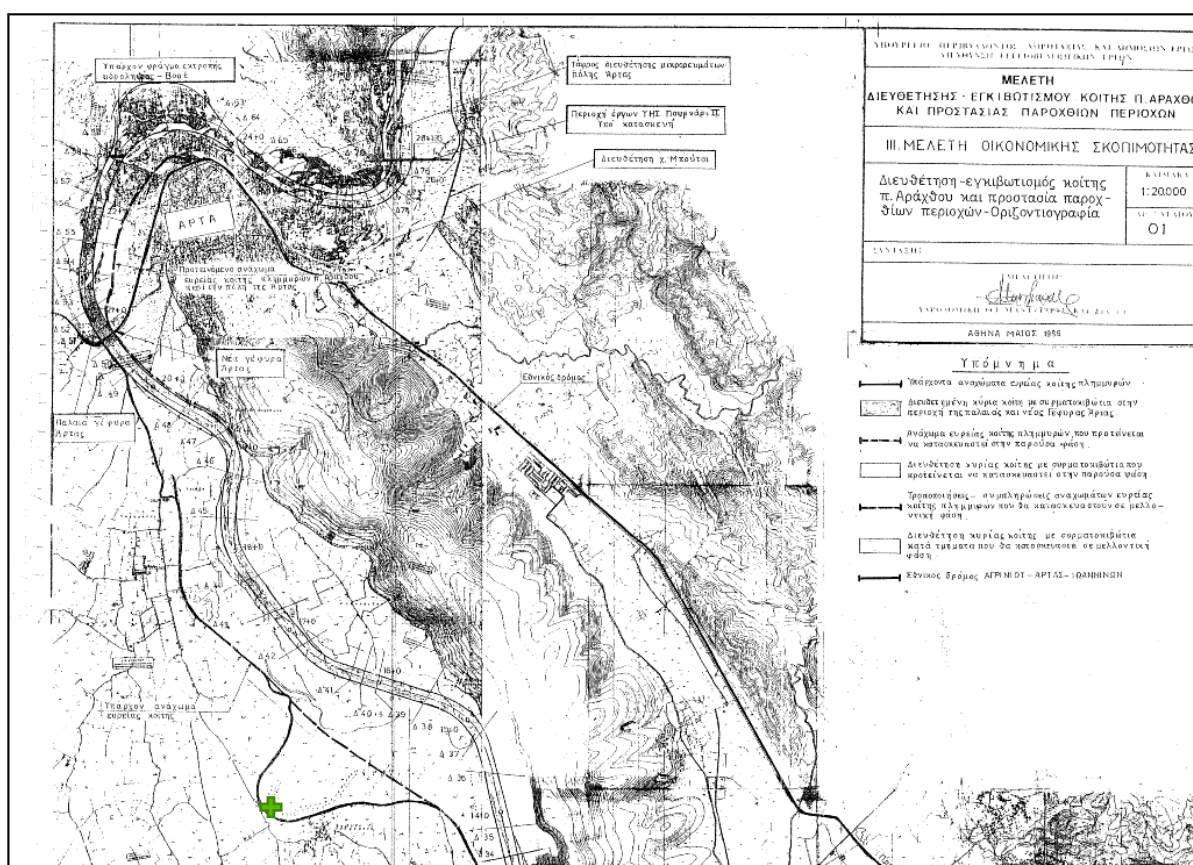
Εικόνα 38 Άποψη περιοχής που είναι εγκατεστημένη η Ποτοποιία Γάτσιος ΕΠΕ στον Ανθότοπο. η Κίτρινη γραμμή αντιστοιχεί στην απόσταση της εγκατάστασης από την κοίτη του ποταμού (περίπου 1.145 μέτρα). [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]

Σύμφωνα με τη Μελέτη Διευθέτησης- εγκιβωτισμού κοίτης Π. Αράχθου και προστασίας παρόχθιων περιοχών η θέση των αναχωμάτων αντιστοιχεί στους κύριους οδικούς επαρχιακούς άξονες. Στην περίπτωση της ποτοποιίας η θέση της εγκατάστασης βρίσκεται εντός της οριοθετημένης από τα αναχώματα ζώνης.



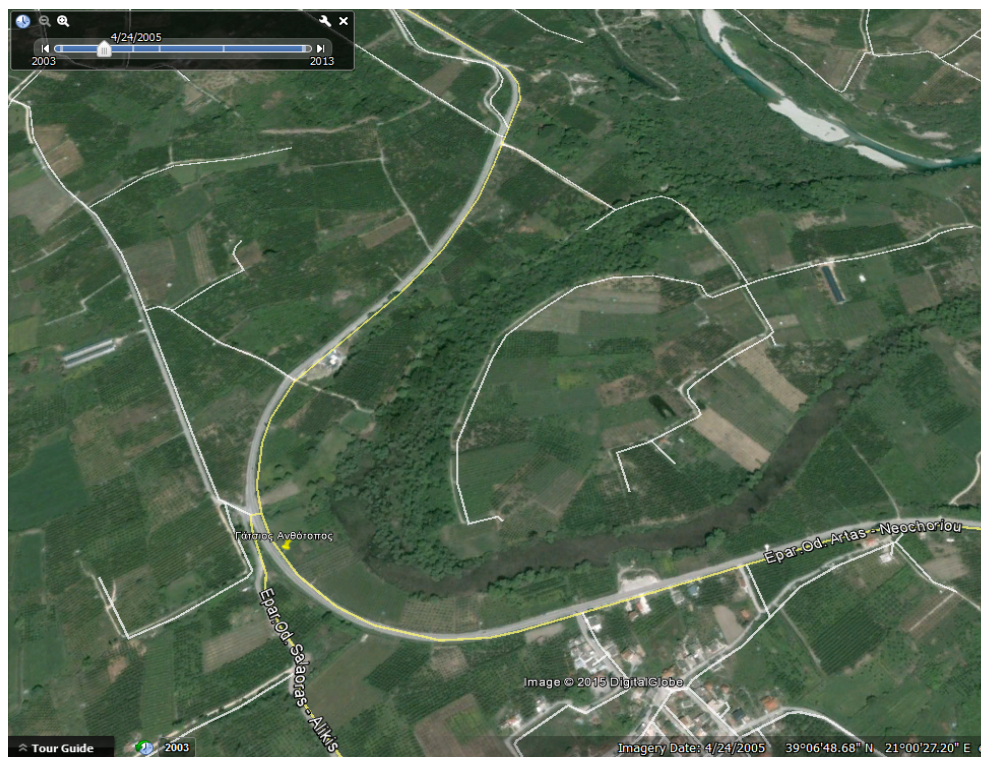
Εικόνα 39 Η ποτοποία Γάτσιοις ΕΠΕ κατά το πλημμυρικό γεγονός.

[Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]

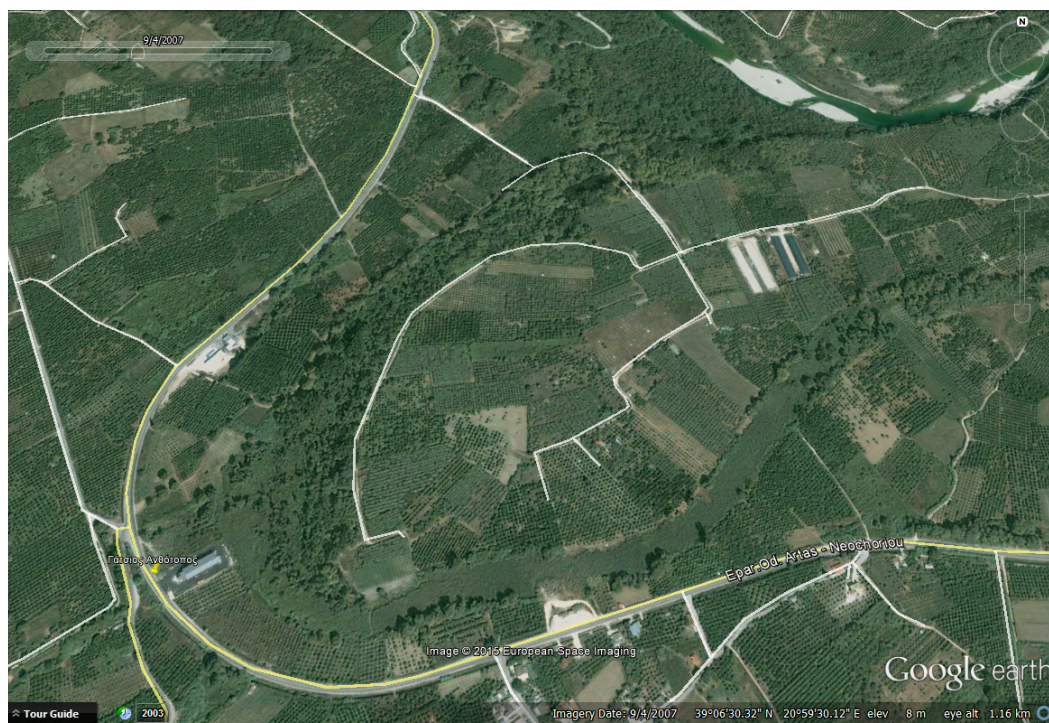


Εικόνα 40 Χάρτης Μελέτης Διευθέτησης - εγκιβωτισμού της κοίτης του π. Αράχθου και προστασίας των παρόχθιων περιοχών με αποτύπωση των αναχωμάτων. Οι μαύρες συνεχείς γραμμές ανατολικά και δυτικά του ποταμού αντιστοιχούν στα αναχώματα δηλ. Στις επαρχιακές οδούς Άρτας – Κομμένου και Άρτας – Νεοχωρίου αντιστοίχως. Το πράσινο σύμβολο αντιπροσωπεύει τη θέση της εγκατάστασης της Ποτοποίας Γάτσιοις ΕΠΕ. Βόρειο – ανατολικά της θέσης αυτής παρατηρείται μία διακεκομμένη γραμμή η οποία σύμφωνα με το υπόμνημα αντιστοιχεί σε τροποποιήσεις- συμπληρώσεις αναχωμάτων ευρείας κοίτης πλημμυρών που θα κατασκευαστούν σε μελλοντική φάση.

[Πηγή εικόνας:[CITATION ΥΠΕ96 \I 1032]]



Εικόνα 41 Άποψη της περιοχής στις 24/4/2005. Απεικόνιση της θέσης της ποτοποιίας Γάτιος (κίτρινη ένδειξη). [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπιδή Θάλεια]

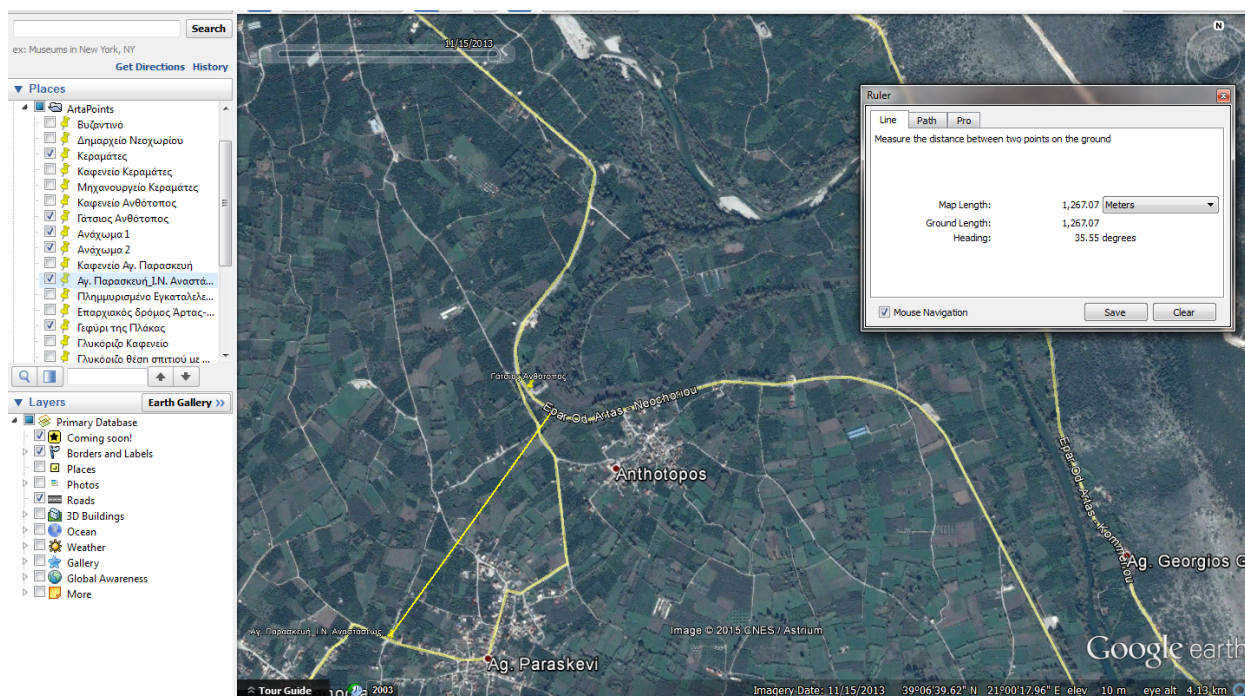


Εικόνα 42 Άποψη της περιοχής στις 4/9/2007. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπιδή Θάλεια]

Από τις εικόνες 45 και 46 παρατηρούμε ότι η εγκατάσταση της ποτοποιίας έγινε μετά το πλημμυρικό γεγονός του 2005. Σε αυτό το σημείο εγείρεται το ερώτημα της παροχής αδειοδότησης για την ανέγερση της εγκατάστασης στη συγκεκριμένη θέση, καθότι το 2005 που έλαβε χώρα το προηγούμενο πλημμυρικό γεγονός η εγκατάσταση δεν υπήρχε σε αυτή τη θέση.

4. Αγ. Παρασκευή

Ο όγκος του νερού που ξεπέρασε το ανάχωμα στη θέση της ποτοποιίας (Ανθότοπος) κινήθηκε προς τον οικισμό της Αγ. Παρασκευής, του οποίου το μέσο υψόμετρο βρίσκεται στα 5 με δμέτρα και σε απόσταση από το ανάχωμα στα 1.267μέτρα περίπου, ενώ από την κοίτη η απόσταση ξεπερνά τα 2.500μέτρα.



Εικόνα 43 Άποψη της περιοχής της Αγ. Παρασκευής. Η κίτρινη γραμμή αντιστοιχεί στην απόσταση του Ιερού ναού από την κοίτη. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]

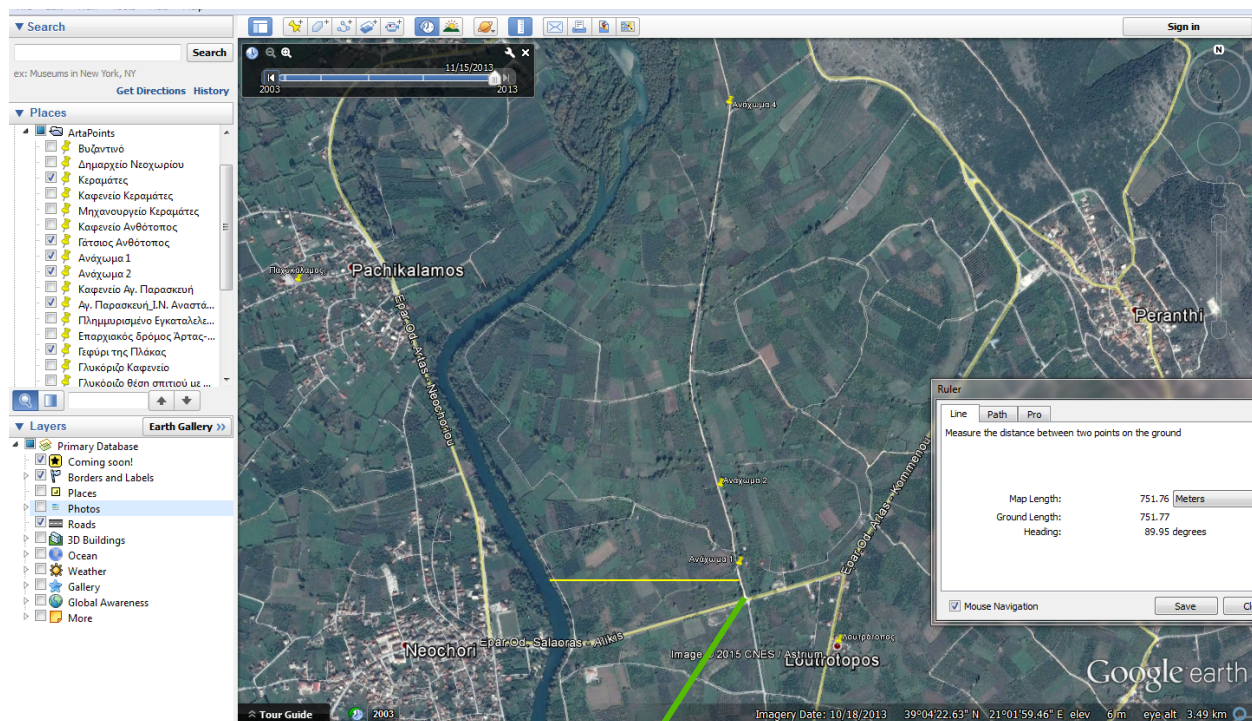


Εικόνα 44 Ιερός ναός Αγ. Παρασκευής όπου το νερό έφτασε το 1 μέτρο πάνω από το έδαφος. Εικόνα 45 Αποστραγγιστικοί τάφροι στην περιοχή με βάθος 1 μέτρου. [Πηγή εικόνων: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]

Η στάθμη του νερού έφτασε περίπου τα 2m παρόλο της παρουσίας αποστραγγιστικών τάφρων γύρω από τις τοποθεσίες που έχουν ύψος 1m. Μέσο τοπογραφικό υψόμετρο της Αγίας Παρασκευής και των Καλομοδιών είναι τα 5 με 6 μέτρα.

5. Αναχώματα

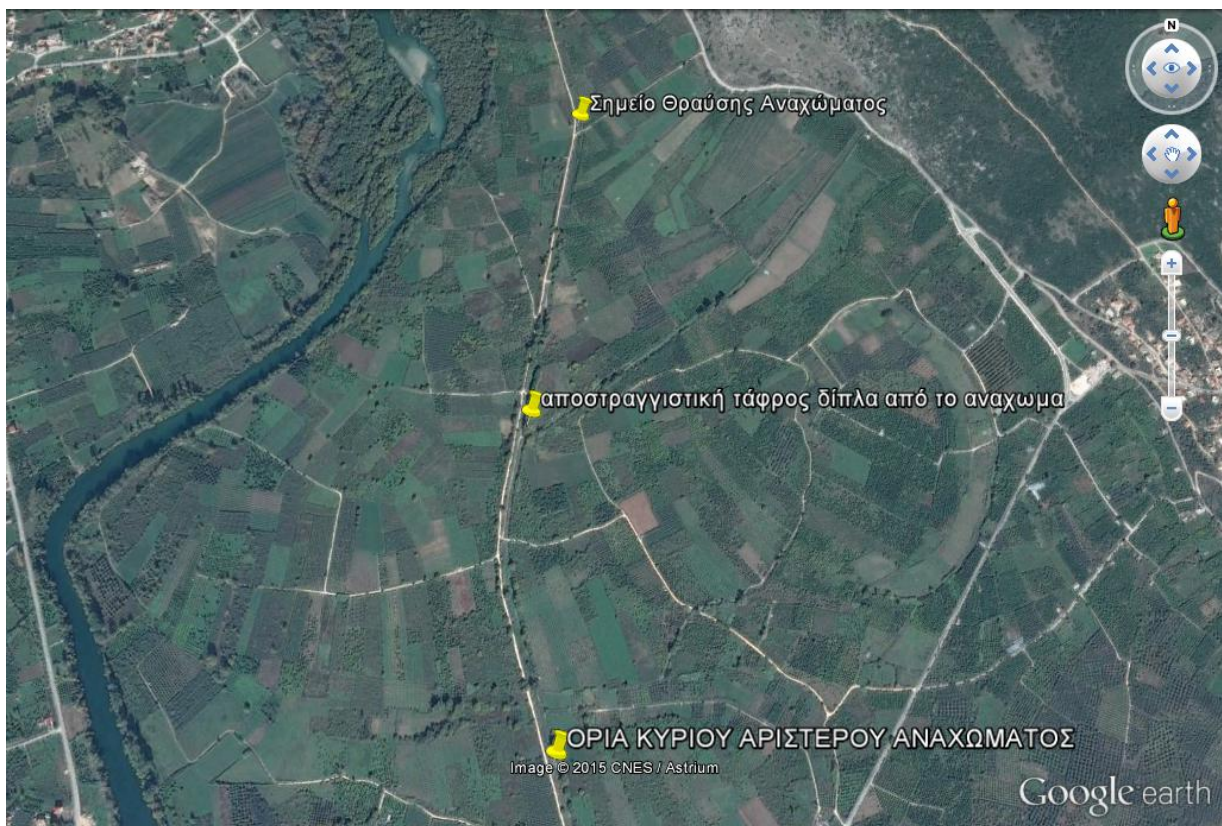
Σύμφωνα με μαρτυρίες το ανατολικό κύριο ανάχωμα στο ύψος του Νεοχωρίου ξεπεράστηκε από νερό. Η οριζόντια απόσταση από την κοίτη του ποταμού είναι στα 750μέτρα περίπου και το υψόμετρο του αναχώματος είναι 5 με 6 μέτρα ενώ η κοίτη στο συγκεκριμένο σημείο στα 3 με 4 μέτρα.



Εικόνα 46 Αποψη Θέσης Αναχωμάτων όπου η κίτρινη ένδειξη αντιστοιχεί στην οριζόντια απόσταση από την κοίτη του ποταμού. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]



Εικόνα 47 Κινούμενοι επί του αναχώματος. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]

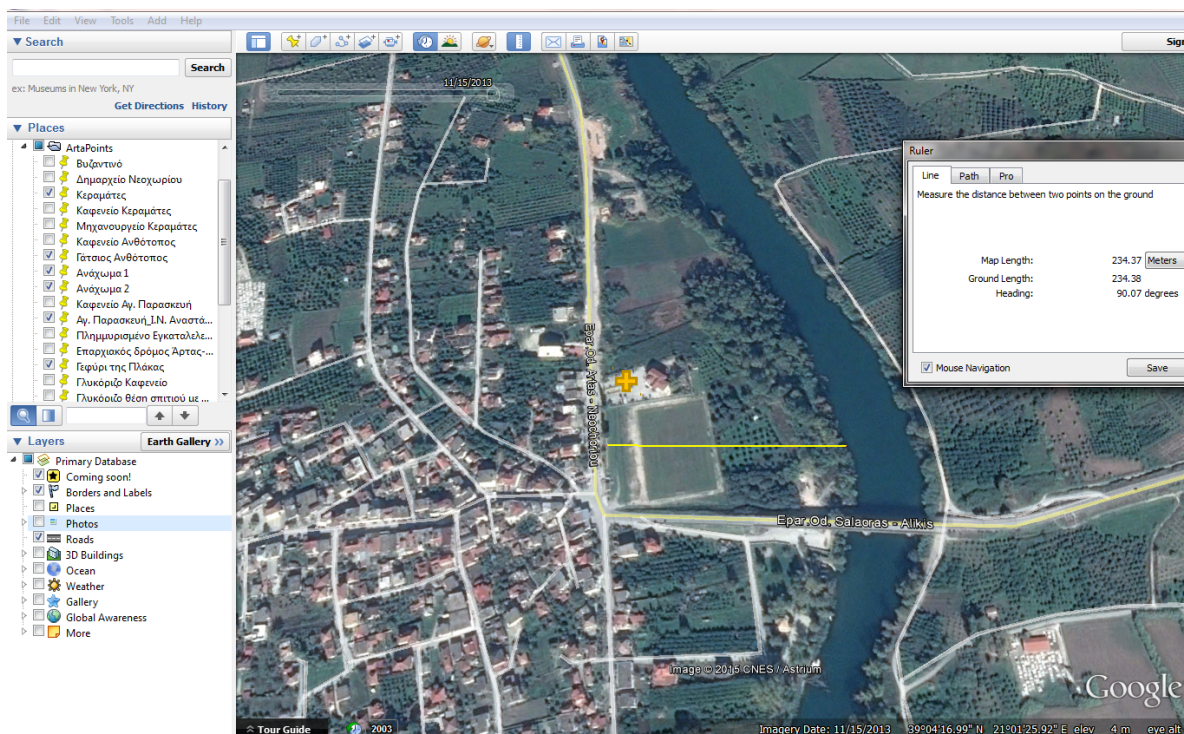


Εικόνα 48 Θέσεις επί του αναχώματος. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]

Σύμφωνα με μαρτυρία του κου Σοφοκλή Νταλάκου, Προϊστάμενου Διεύθυνσης Τεχνικών Έργων ΠΕ Άρτας, το αριστερό ανάχωμα «έσπασε» στο σημείο αυτό, λίγα μέτρα μετά το εκκλησάκι του Αγίου Γεωργίου. Δίπλα από το ανάχωμα υπάρχει μια αποστραγγιστική τάφρος. Στο σημείο αυτό το ανάχωμα υποχώρησε και τα ύδατα προχώρησαν προς τους οικισμούς του Λουτρότοπου και της Περάνθης.

6. Νεοχώρι

Στο Νεοχώρι πλημμύρισε το παραποτάμιο πάρκο και το Δημαρχείο. Το Δημαρχείο του Νεοχωρίου βρίσκεται στη παρόχθια περιοχή του Άραχθου με μέσο υψόμετρο περίπου 4m και σε απόσταση από την όχθη περίπου 234μέτρα.



Εικόνα 49 Άποψη περιοχής Νεοχωρίου με ένδειξη θέσης δημαρχείου. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]

Η στάθμη του νερού ξεπέρασε τα 3 μέτρα περίπου. Όπως παρατηρούμε το Δημαρχείο είναι χτισμένο σε μικρή απόσταση από τις όχθες του ποταμού, εντός των ορίων της πλημμυρικής ζώνης, αφού ο επαρχιακός δρόμος Άρτας- Νεοχωρίου αντιστοιχεί στο ανάχωμα το οποίο δεν έχει καμία υψομετρική διαφορά από την ευρύτερη περιοχή.



Εικόνα 50 Άποψη Δημαρχείου από την Επαρχιακή οδό Άρτας- Νεοχωρίου όπου παρατηρείται η υψομετρική εξομάλυνση της περιοχής. [Πηγή εικόνας: Google Earth, Street View]

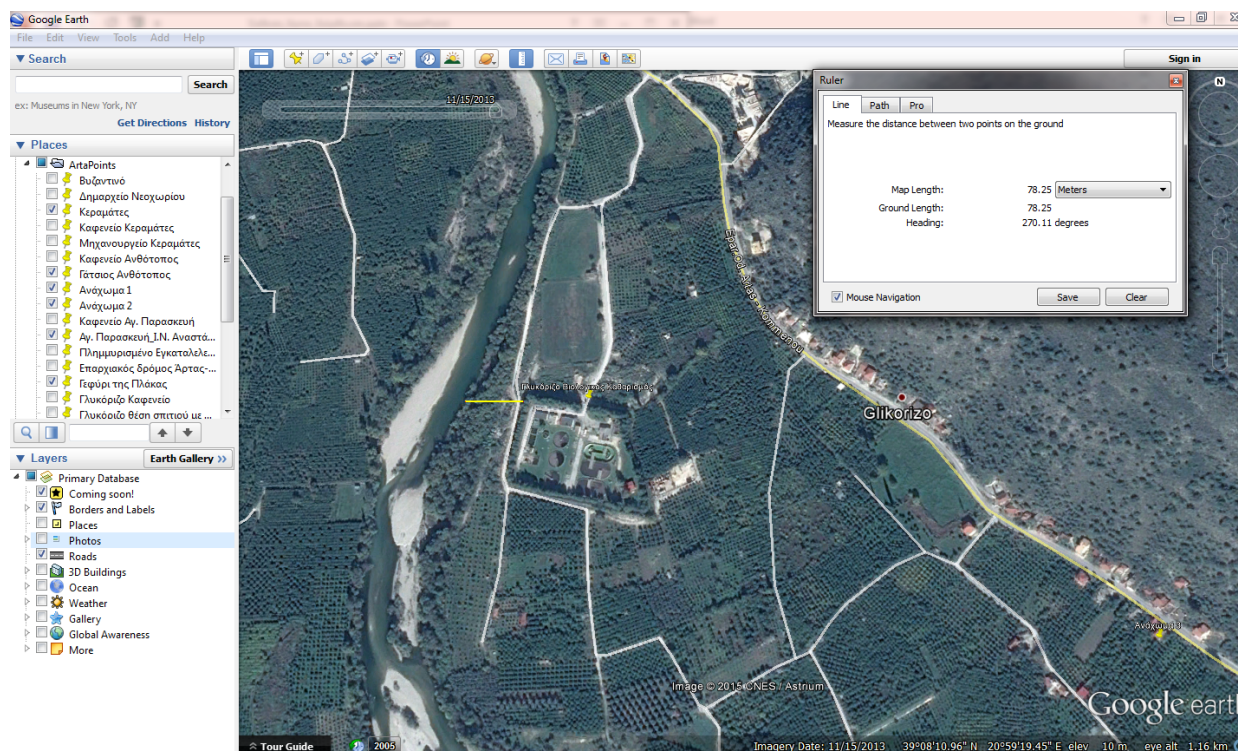
7. Γλυκόριζο

Σύμφωνα με τις μαρτυρίες των κατοίκων το νερό έφτασε στο καφενείου του οικισμού (μέση στάθμη του νερού έφτασε τα +2m περίπου), καθώς επίσης σοβαρές ζημιές καταγράφηκαν στην εγκατάσταση του βιολογικού καθαρισμού.



Εικόνα 51 Πλημμυρισμένο σπίτι στον οικισμό του Γλυκόριζου. [Πηγή εικόνας: Εκπαιδευτική εκδρομή ΠΜΣ 26-31/3/2015]

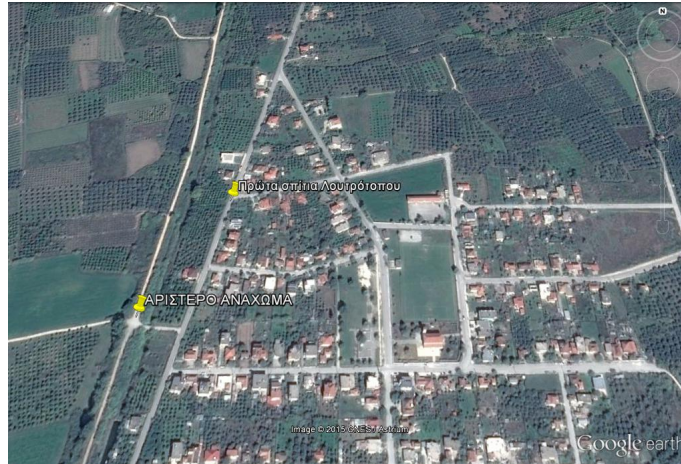
Το μέσο τοπογραφικό υψόμετρο θέσης αντιστοιχεί μεταξύ των +20m και +40m. Η εγκατάσταση του βιολογικού καθαρισμού γεωγραφικά τοποθετείται δίπλα στις όχθες του ποταμού, από τις οποίες υψομετρικά δεν απέχει πολύ (υψόμετρο εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού: 10μέτρα).



Εικόνα 52 Θέση εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού στα 78μέτρα απόσταση από την κοίτη του ποταμού και στα 250μέτρα από το ανατολικό αναχώμα. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]

Η απόσταση της εγκατάστασης από την κοίτη του ποταμού είναι μικρότερη των 80 μέτρων, εντός της ζώνης πλημμυρικής επικινδυνότητας όπως επίσης και σε απόσταση μεγαλύτερη των 250μέτρων από το ανατολικό αναχώμα (επαρχιακή οδός Άρτας-Κομμένου).

8. Λουτρότοπος

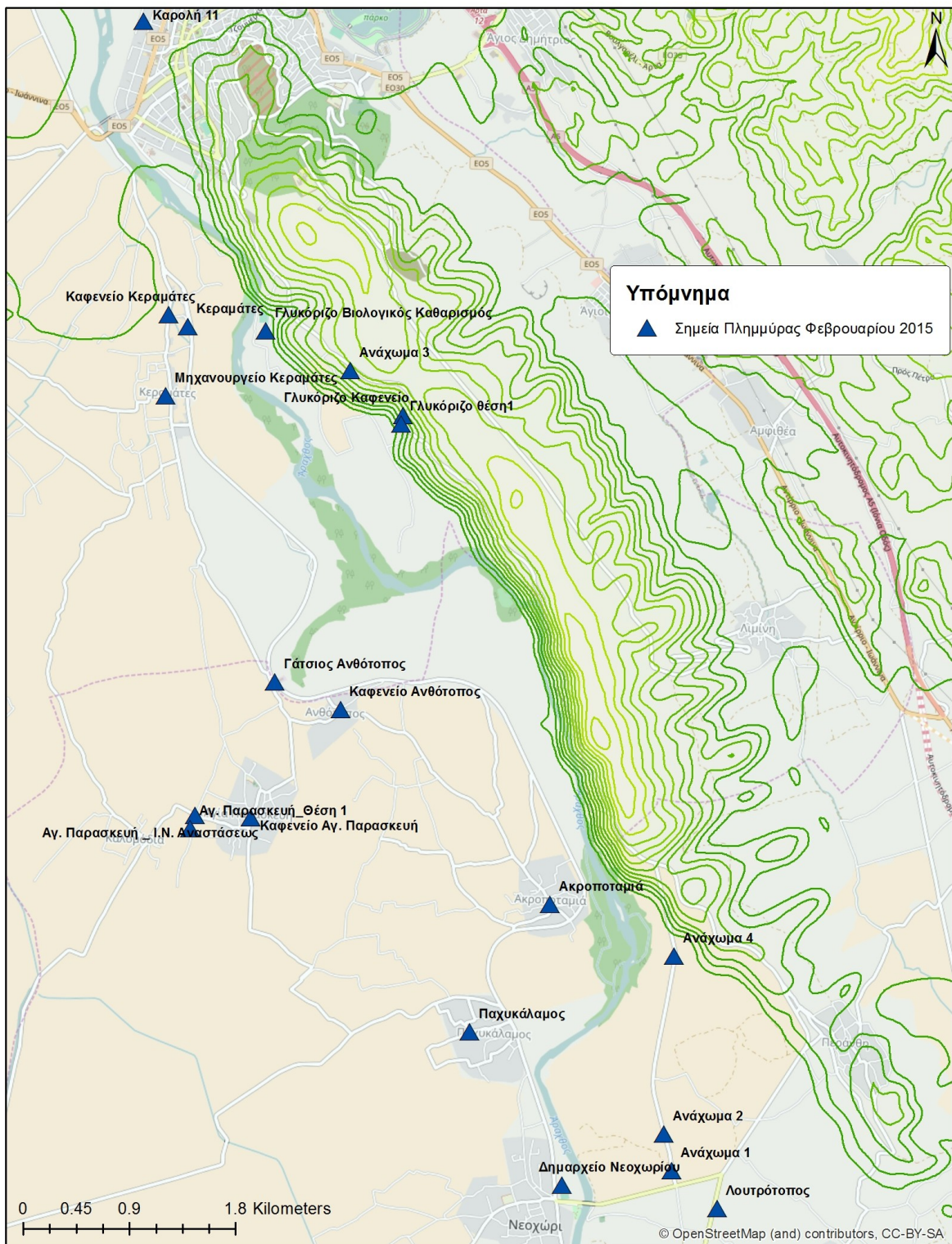


Εικόνα 53 Άποψη του Λουτρότοπου. [Πηγή εικόνας: Google Earth. Επιμέλεια: Χασαπίδη Θάλεια]

Σύμφωνα με μαρτυρία του κου Περικλή Ευστρατίου (Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας, ΠΕ Άρτας), κατοίκου του Λουτρότοπου, οι κοντινότερες στο ανάχωμα κατοικίες πλημμύρισαν ενώ το ανάχωμα «έσπασε» και ο όγκος του νερού κινήθηκε προς τον οικισμό της Περάνθης.

Εκπόνηση Χάρτη για την απεικόνιση των συλλεχθέντων σημείων και τη χάραξη της πλημμυρισμένης περιοχής

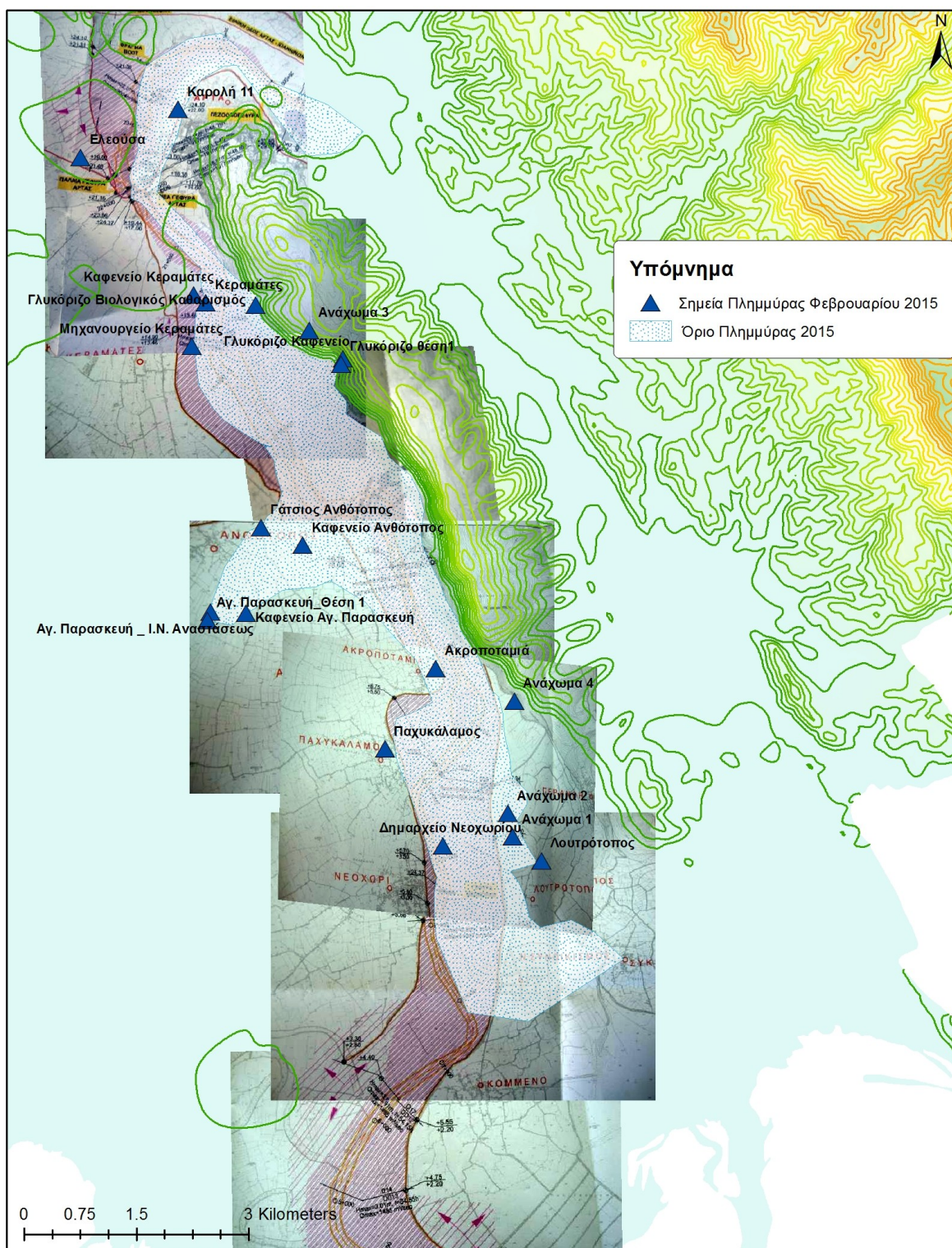
Όλα τα σημεία, τόσο εκείνων των οποίων λήφθηκαν οι συντεταγμένες με τη χρήση GPS αλλά και εκείνων που προέκυψαν από τις μαρτυρίες, εισήχθησαν σε χάρτη με σε περιβάλλον Google Earth και από εκεί εξήχθησαν και με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS απεικονίστηκαν σε χάρτη. Με βάση τα σημεία αυτά και με τη χρήση του Ψηφιακού μοντέλου εδάφους δημιουργήθηκε μία ζώνη κατά προσέγγιση για την απεικόνιση της πλημμυρισμένης περιοχής. Αργότερα και για να καταστεί δυνατή η σύγκριση της πραγματικής ζώνης με εκείνη της ζώνης της Μελέτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας (ΜΠΕ), οι φωτογραφίες που ελήφθησαν από την ΜΠΕ γεωαναφέρθηκαν επίσης με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι οι παρακάτω χάρτες.



Χάρτης 7 Αποτύπωση των καταγεγραμμένων σημείων της πλημμύρας του Φεβρουαρίου 2015 [Επιμέλεια χάρτη: Θάλεια Χασαπίδη]

Σύγκριση παλαιότερης μελέτης πλημμυρικής επικινδυνότητας με τη πλημμυρισμένη ζώνη του Φεβρουαρίου 2015

Συγκρίνοντας το πλημμυρικό όριο που με προσεγγιστικό τρόπο απεικονίστηκε σε περιβάλλον ArcGIS με τη ζώνη πλημμυρικής επικινδυνότητας, παρατηρούμε ότι σε ορισμένα σημεία παρουσιάζει αρκετές αποκλίσεις. Οι αποκλίσεις αυτές αντιστοιχούν σε σημεία πέραν των ορίων που ορίζονται από τα αναχώματα, πιθανότατα γιατί αυτά έχουν καταπατηθεί από άναρχη και μη νόμιμη δόμηση.

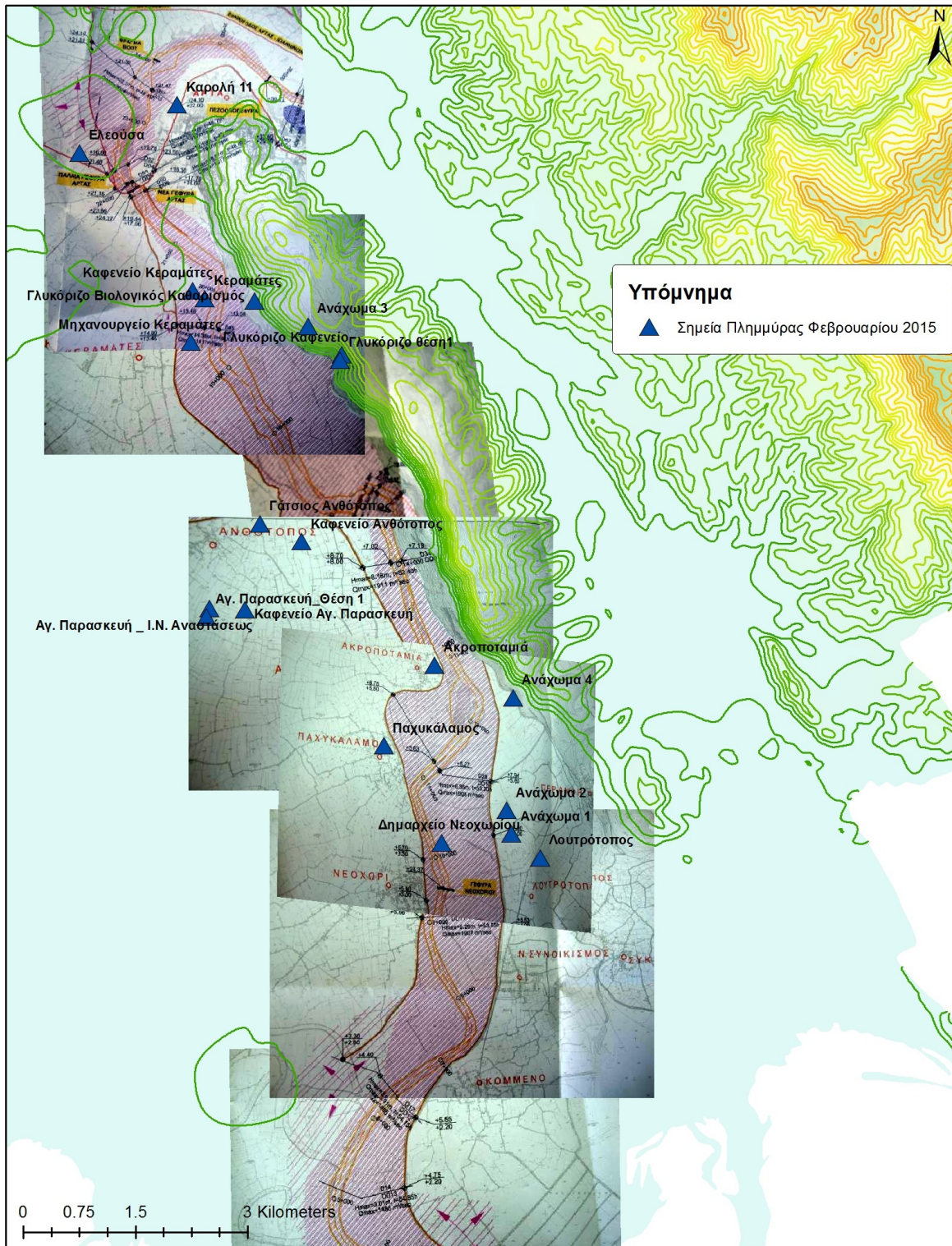


Χάρτης 8 Υπέρθεση πλημμυρικού ορίου 2015 με χάρτη ζώνης πλημμυρικής επικινδυνότητας από τη ΔΕΗ, 2008.

[Επιμέλεια χάρτη: Θάλεια Χασαπίδη]

Πίνακας 13 Συγκριτικός πίνακας μελέτης [CITATION ΔΕΗ12 \l 1032] με τα δεδομένα του Πλημμυρικού γεγονότος του Φεβρουαρίου 2015. [Επιμέλεια πίνακα: Θάλεια Χασαπίδη, Σοφία Θεοφανίδη]

	A. Πλημμυρική Μελέτη για Q=2000Mm³/sec. ΔΕΗ, 2008/ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ	B. ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟ ΓΕΓΟΝΟΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2015
ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΡΟΗΣ ΑΠΟ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ	Q=2000Mm ³ /sec	Q=1700 m ³ /sec
ΚΕΡΑΜΑΤΕΣ	Υπέρβαση αναχώματος ύψους περίπου 1,20m και διάδοση πλημμυρικού κύματος.	Κεραμάτες πλημμύρισαν με το νερό να ξεπερνάει τα 2m στάθμη (σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν)
ΑΡΤΑ	Διάδοση πλημμυρικού κύματος μόνο στο ύψος του γεφυριού της Άρτας (περιοχή Ελεούσας, Κωστακιοί) και υπέρβαση των αναχωμάτων	Το νερό κάλυψε όλο το παραποτάμιο πάρκο καθώς και όλη την παρόχθια έκταση μέχρι την οδό Γώγου Μπακούλα στην Άρτα. Οι περιοχές στη δεξιά όχθη του ποταμού (Ελεούσα, Κωστακιοί) δεν πλημμύρισαν.
ΑΝΘΟΤΟΠΟΣ	Πλημμύρα μέχρι τα όρια του αναχώματος χωρίς υπέρβαση του υπάρχοντος αναχώματος (ύψος περίπου 3m).	Κατά το πλημμυρικό γεγονός το ανάχωμα έσπασε στο ύψος του Ανθότοπου και το νερό έφτασε μέχρι τα Κολομόδια και την Αγία Παρασκευή
ΓΛΥΚΟΡΙΖΟ	Όλη η περιοχή του Γλυκόςριζου πλημμυρισμένη-εντάσσεται στην εκτιμώμενη πλημμυρική ζώνη.	Το ίδιο συνέβη και στο πλημμυρικό γεγονός της 1ης Φεβρουαρίου 2015. Όλη η περιοχή έμεινε κάτω από νερά, καλύπτοντας κυρίως αγροτικές εκτάσεις για αρκετές μέρες
ΠΕΡΑΝΘΗ /ΛΟΥΤΡΟΤΟΠΟΣ	Η πλημμύρα δεν υπερβαίνει το υπάρχον ανάχωμα στο Λουτρότοπο και τη Περάνθη. Ύψος αναχώματος στο σημείο αυτό σύμφωνα με τη μελέτη περίπου 2,5m.	Το ανάχωμα στο ύψος της Περάνθης έσπασε και πλημμύρισε ο Λουτρότοπος, οι Συκιές και η Περάνθη ενώ στη μελέτη δεν είχε προβλεφθεί η υπέρβαση του αναχώματος



Χάρτης 9 Υπέρθυση των χαρτογραφημένων σημείων και της ζώνης πλημμυρικής επικινδυνότητας.

[Επιμέλεια χάρτη: Θάλεια Χασαπίδη]

Έπειτα από τη σύγκριση του πλημμυρικού ορίου με τη ζώνη πλημμυρικής επικινδυνότητας συμπεραίνουμε ότι χρειάζεται επικαιροποίηση της παλαιότερης μελέτης και σχεδιασμός νέας ζώνης πλημμυρικής επικινδυνότητας και εκπόνηση νέας μελέτης διαχείρισης πλημμύρας που να λαμβάνει υπόψη όλες τις αλλαγές στις χρήσεις γης καθώς και τις καταπατήσεις των αναχωμάτων.

Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία ανάπτυξης θεματικών χαρτών

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης ενός μοντέλου εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας ακολουθήθηκε μεθοδολογία [[CITATION 05Δε \l 1032],[CITATION Σέν10 \l 1032], [CITATION Σέν10 \l 1032], [CITATION Bat16 \l 1033]], η οποία αποτελείται από τα εξής κύρια στάδια:

- 1) καθορισμός των κυριότερων παραγόντων πλημμυρικής επικινδυνότητας
- 2) συλλογή γεωγραφικών δεδομένων βάση των παραγόντων που επελέγησαν (ανάπτυξη βάσης δεδομένων) και κατάλληλη επεξεργασία τους (κατηγοριοποιήσεις σε κλάσεις)
- 3) δημιουργία θεματικών χαρτών με την ταξινόμηση των παραγόντων σε κλάσεις με βάση το βαθμό επικινδυνότητας
- 4) επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου υπέρθεσης των παραμέτρων και τέλος
- 5) τη σύνθεση των παραμέτρων με βάση 4 διαφορετικές μεθόδους με στόχο το τελικό αποτέλεσμα της ζωνοποίησης της περιοχής μελέτης ως προς την πλημμυρική επικινδυνότητα.

Οι 4 αυτοί μέθοδοι είναι οι εξής (4^ο Κεφάλαιο):

1. η απλή στάθμιση των παραγόντων
2. στάθμιση με ίσα βάρη
3. στάθμιση με διαφορετικά ανά παράγοντα βάρη
4. στάθμιση με βάρη υπολογισμένα με την ανάλυση παλινδρόμησης

Το συγκεκριμένο μοντέλο εφαρμόζεται στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου και σαν κύριο αποτέλεσμα έχει τη δημιουργία θεματικών χαρτών για κάθε παράγοντα που θεωρήθηκε καθοριστικός για την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου. Για την επεξεργασία των δεδομένων, τους υπολογισμούς και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων με τη μορφή θεματικών χαρτών καθώς και τη σχεδίαση του τελικού χάρτη επικινδυνότητας για την περιοχή της λεκάνης απορροής του Αράχθου, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcMap 10.2.2. από την εταιρία ESRI καθώς και το λογισμικό QGIS Desktop 2.8.1. επικουρικά.

Για κάθε έναν από τους παράγοντες που επιλέχθηκαν σχεδιάστηκαν θεματικοί χάρτες και στη συνέχεια οι επιμέρους περιοχές της λεκάνης βαθμονομήθηκαν ως προς την εκάστοτε παράμετρο σε διάφορες κατηγορίες επικινδυνότητας στον πλημμυρικό κίνδυνο. Η βαθμονόμηση των περιοχών της λεκάνης έλαβε τιμές από το ένα έως το πέντε. Ξεκινώντας από το ένα που συμβολίζει τις περιοχές με τη χαμηλότερη επικινδυνότητα, η κλίμακα καταλήγει στο πέντε που

συμβολίζει τις περιοχές πολύ υψηλού κινδύνου, στηριζόμενη πάντα στην βιβλιογραφία και με την παραδοχή της υποκειμενικής προσέγγισης.

Το επόμενο στάδιο ήταν η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου υπέρθεσης των παραμέτρων, με στόχο το πιο ακριβές αποτέλεσμα σε σχέση και με το ιστορικό των πλημμυρών στην περιοχή. χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι της απλής στάθμισης και η μέθοδος στάθμισης με βάρη. Στη μέθοδο στάθμισης με βάρη, αναπτύχθηκαν 3 χάρτες, βάση τριών μεθόδων καθορισμού των βαρών.

Στην πρώτη περίπτωση εφαρμόστηκε η μέθοδος στάθμισης με ίσα βάρη, δηλαδή ο κάθε παράγοντας έλαβε τον ίδιο συντελεστή βαρύτητας για τη συμμετοχή του στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Στην δεύτερη περίπτωση τα βάρη έλαβαν τιμές βάση βιβλιογραφικών αναφορών προγενέστερων της παρούσης μελετών, κρίνοντας τους παράγοντες βάση της σχετικότερα υψηλότερης συμμετοχής τους στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Τέλος, στην τελευταία περίπτωση ο υπολογισμός των βαρών/ συντελεστών βαρύτητας έγινε με τη χρήση της ανάλυσης παλινδρόμησης (regression analysis). Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα γνωστών πλημμυρικών επεισοδίων τα οποία λειτούργησαν σαν εκπαιδευτικά παραδείγματα για τον προσδιορισμό της άγνωστης σχέσης που συνδέει τα δεδομένα, δηλαδή τη δημιουργία ενός γραμμικού «κανόνα» για την πρόβλεψη της συνολικής επικινδυνότητας στην υπό μελέτη λεκάνη απορροής.

Καθορισμός παραγόντων πλημμυρικής επικινδυνότητας

Τα αίτια των πλημμυρών είναι αποτέλεσμα τόσο των φυσικών και υδρογραφικών χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής, όσο και των ανθρώπινων παρεμβάσεων στο περιβάλλον[CITATION 05Δε \l 1032].

Βάση όλων όσων προαναφέρθηκαν οι παράγοντες που θεωρήθηκαν μεγαλύτερης σημασίας ως προς την επίδραση τους σε ότι αφορά την ένταση των αρνητικών αποτελεσμάτων σε περιπτώσεις πλημμυρικών γεγονότων μέσα στη λεκάνη απορροής είναι:

- 1) το υψόμετρο,
- 2) η μορφολογική κλίση,
- 3) οι γεωλογικοί σχηματισμοί,
- 4) οι χρήσεις γης,
- 5) η μέση ετήσια βροχόπτωση,

- 6) η συγκέντρωση της ροής και
- 7) η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.

Ο παράγοντας του υψομέτρου διαμορφώνεται από τη γεωλογία, την τεκτονική και τις κλιματικές συνθήκες μίας περιοχής. Το υψόμετρο επηρεάζει τις χρήσεις γης, όπως έχει παρατηρηθεί περισσότερο καλλιεργημένες εκτάσεις συναντώνται σε μικρά υψόμετρα ενώ σε υψηλότερα η παρουσία του ανθρώπου είναι αραιότερη και αντίστοιχα και οι καλλιέργειες. Όσον αφορά τις κλιματικές συνθήκες και επηρεάζουν και επηρεάζονται από το ανάγλυφο. Επηρεάζουν βάση της έντασης και διάρκειας των διαβρωτικών και αποσθρωτικών διαδικασιών, και επηρεάζονται λόγω της διαφοροποίησης της ποσότητας και της μορφής των κατακρημνισμάτων μεταξύ των υψομετρικών ζωνών [CITATION Για15 \l 1032].

Όπως ειπώθηκε παραπάνω στο υποκεφάλαιο «Παράγοντες πλημμύρας», Παράγοντας 3 (Πίνακας: 2, Εικόνα: 8) η μορφολογική κλίση καθορίζει την ταχύτητα κίνησης των επιφανειακών υδάτων και άρα το χρόνο συγκέντρωσης στο σημείο εξόδου. Όπου οι κλίσεις είναι για παράδειγμα μεγάλες τα ύδατα αποστραγγίζονται ταχύτερα, οπότε η συγκέντρωση ροής είναι μικρότερη και ο όγκος των υδάτων που απορρέουν είναι μεγαλύτερος.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί [βλ. Υποκεφάλαιο: «Παράγοντες πλημμύρας», Παράγοντας 9 (Πίνακας: 2)] επηρεάζουν τόσο την επιφανειακή απορροή και συγκέντρωση των υδάτων, όσο και την κατείσδυση. Υδροπερατοί σχηματισμοί αυξάνουν το νερό που κατεισδύει οπότε μειώνεται ο όγκος των υδάτων που απορρέουν, ενώ σχετικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί σημαίνουν την αύξηση του όγκου του νερού που απορρέει και συγκεντρώνεται στο σημείο εξόδου της λεκάνης. Η γεωλογία επηρεάζει και τη χημική σύσταση των εδαφών και άρα τα είδη των καλλιεργειών ή μη, γενικότερα τις χρήσεις γης μιας περιοχής.

Οι χρήσεις γης με τη σειρά τους διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων [βλ. Υποκεφάλαιο: «Παράγοντες πλημμύρας», Παράγοντας 10 (Πίνακας: 2, Εικόνα: 12)]. Η βλάστηση δρα προστατευτικά στην εκδήλωση πλημμυρών (κατακράτηση υδάτων που συνεπάγεται την μείωση της συγκέντρωσης ροής) σε σχέση με το δομημένο, αστικό περιβάλλον αφού έχει την τάση να παρεμποδίζει την ελεύθερη διέλευση των υδάτων.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση δίνει μία καλύτερη εικόνα στους ερευνητές σε σχέση με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης, οι οποίες επηρεάζουν τη συγκέντρωση ροής των εφήμερων ρεμάτων και χειμάρρων, τα είδη της βλάστησης που

αναπτύσσονται και κατ' επέκταση τις χρήσεις γης και τέλος τη διαμόρφωση των εδαφικών υλικών (καταλυτική δράση του νερού ως προς τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους). Καθοριστικής σημασίας θα ήταν ο παράγοντας της ραγδιότητας της βροχόπτωσης, όμως τέτοια δεδομένα είναι σπάνιο να έχουν πληρότητα με αποτέλεσμα να μην είναι αξιοποιήσιμα.

Η συγκέντρωση ροής όπως είδαμε σε όλους τους παραπάνω παράγοντες επηρεάζεται από τον καθένα ξεχωριστά. Είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας αφού μπορεί να δείχνει το φορτίο νερού που δέχεται κάθε σημείο της περιοχής μελέτης. Οι περιοχές με την υψηλότερη συγκέντρωση ροής είναι εκείνες που θα παρουσιάσει τη μεγαλύτερη έκταση το πλημμυρικό φαινόμενο. Επίσης επηρεάζει με τη σειρά της την φυτοκάλυψη και τις χρήσεις γης (ανάλογα με την ροή/ παροχή ενός υδατορέματος).

Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο βοηθά στο να καθοριστούν οι ζώνες υψηλής επικινδυνότητας οι οποίες εντοπίζονται κυρίως σε σχετικά μικρές αποστάσεις από τις κοίτες των ποταμών.

Πηγές δεδομένων θεματικών χαρτών

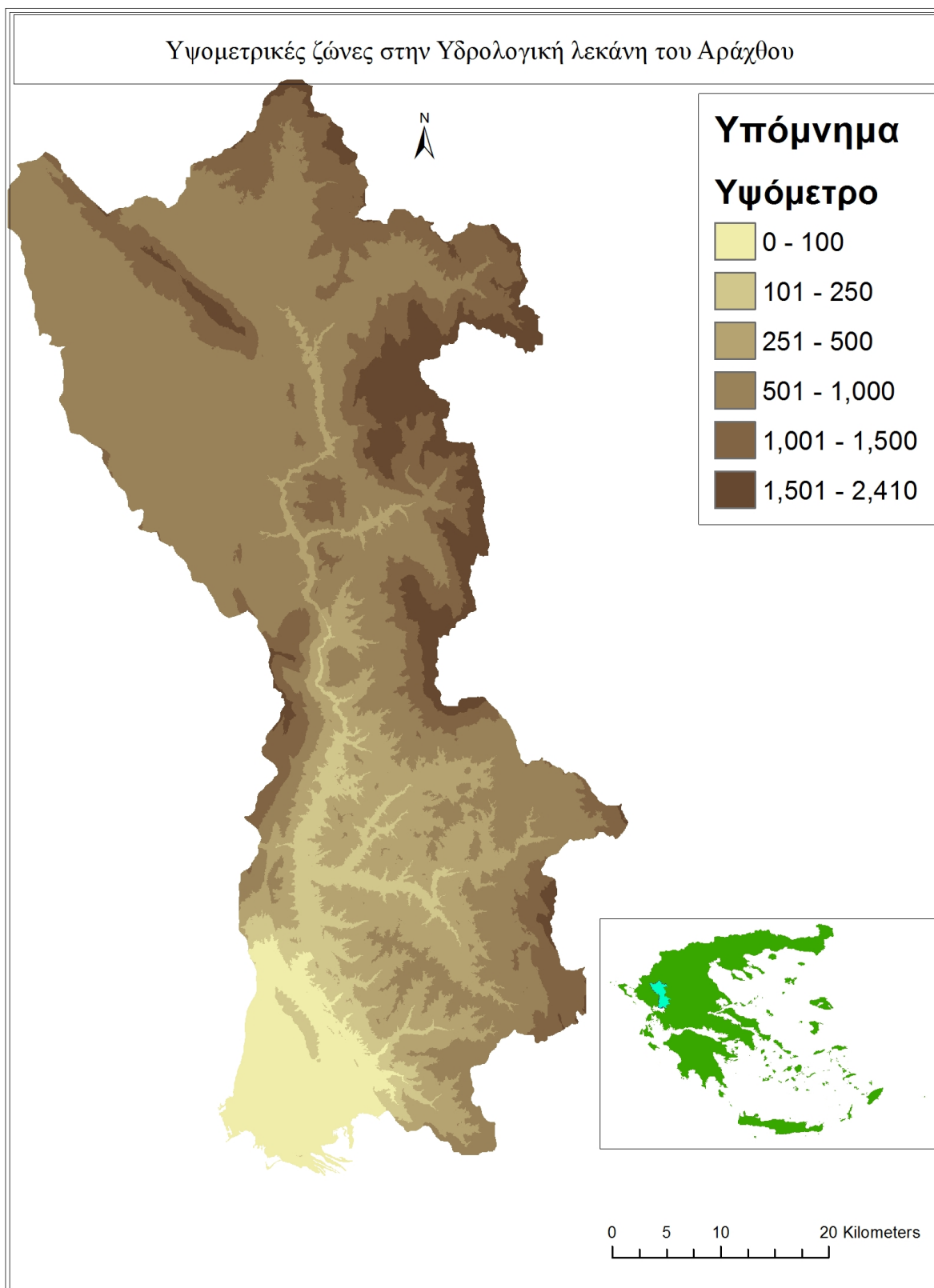
Οι βασικές πηγές που τροφοδότησαν την παρούσα εργασία με δεδομένα παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα. Εξαιρετικά σημαντική υπήρξε η συλλογή και αξιολόγηση σχετικών μελετών που έχουν εκπονηθεί παλαιότερα [CITATION 05Δε \l 1032], [CITATION Σέν10 \l 1032], [CITATION Για15 \l 1032], [CITATION Tsa16 \l 1033], [CITATION Bat16 \l 1033]].

Παράμετρος	Δεδομένα	Πηγή
Υψομετρικές ζώνες	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (5x5)	Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.
Μορφολογικές κλίσεις		
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Φύλλα γεωλογικών χαρτών κλίμακας 1:50.000 Άρτας, Ιωαννίνων	Geodata.gov.gr
Χρήσεις γης	Χάρτης χρήσεων γης (ilots)	
Μέση ετήσια βροχόπτωση	Χάρτης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης με γεωαναφορά σε περιβάλλον ArcMap	[CITATION Kat12 \l 1033]
Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (5x5)	Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.
Συγκέντρωση ροής		

Θεματικοί Χάρτες

Θεματικός χάρτης: Υψόμετρο

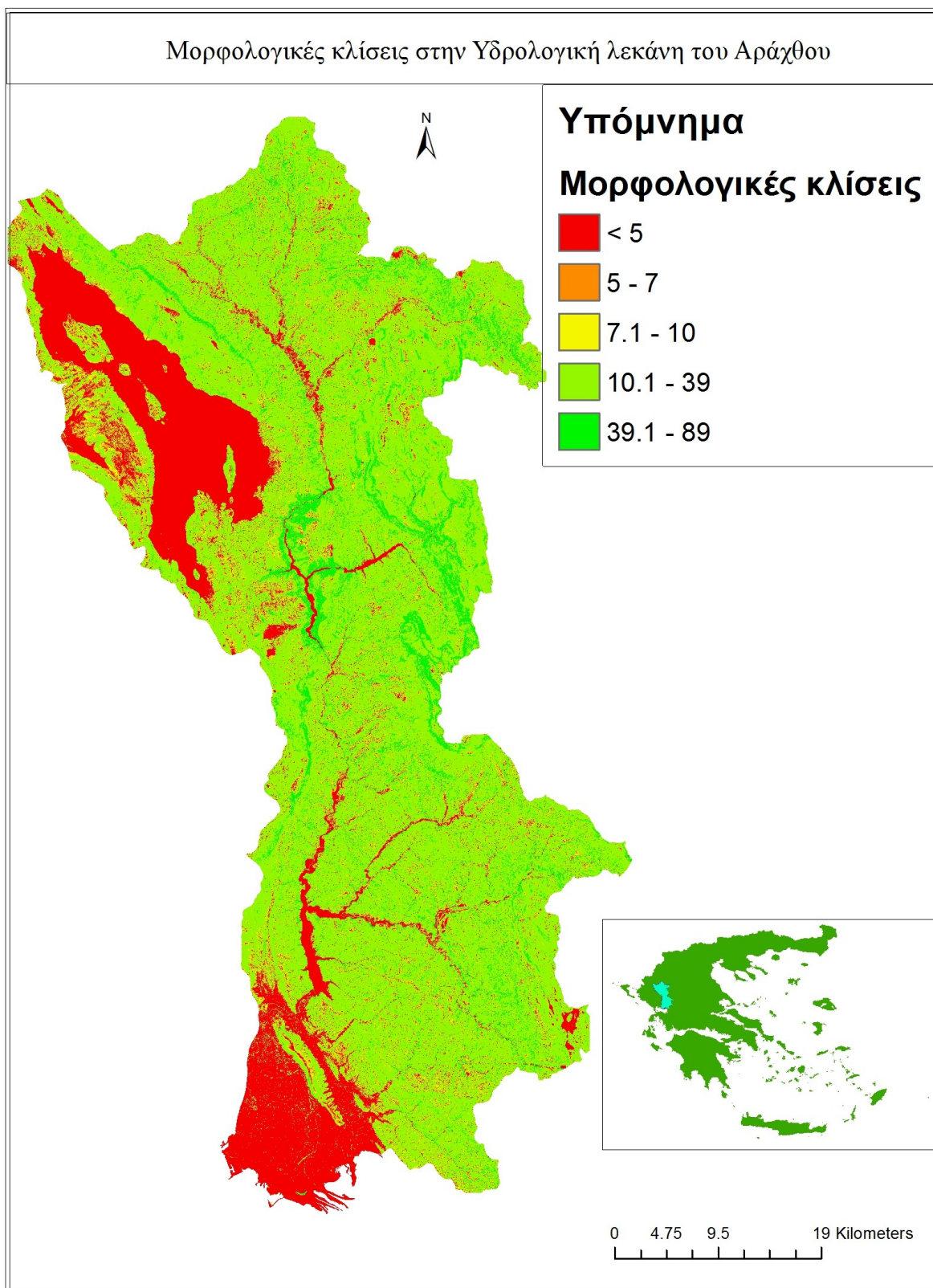
Για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους – ΨΜΕ (Digital Elevation Model- DEM) συλλέχθηκαν δεδομένα της ευρύτερης περιοχής από το Εθνικό Κτηματολόγιο (2012). Το συγκεκριμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι ιδιαίτερα λεπτομερές με μέγεθος κελιού 5x5 μέτρα. Το τελικό προϊόν προέκυψε από επιλογή και ένωση των επί μέρους αρχείων, μορφής .tiff, ψηφιακού μοντέλου εδάφους, τα οποία αφορούσαν μικρότερες σε έκταση περιοχές εντός και περιφερειακά της περιοχής μελέτης. Για να δημιουργηθεί χάρτης με το DEM προσδιορισμένο στα όρια της υδρολογικής λεκάνης του Αράχθου επιλέχθηκε το εργαλείο Clip του Spatial analyst. Για την απαλοιφή των εδαφικών ταπεινώσεων χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Fill. Ακολούθησε κατηγοριοποίηση των τιμών σε κλάσεις όπως φαίνονται στο υπόμνημα του χάρτη 10.



Χάρτης 10 Υψομετρικές ζώνες στη Λεκάνη Απορροής του Αράχθου. Οι τιμές του υπομνήματος είναι σε μέτρα (m). [Επιμέλεια χάρτη: Θάλεια Χασαπίδη]

Θεματικός χάρτης: Μορφολογικές κλίσεις

Για τη δημιουργία του χάρτη απεικόνισης των μορφολογικών κλίσεων σε μοίρες χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Slope του Spatial Analyst στο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM). Οι κατηγορίες που διαμορφώθηκαν είναι πέντε. Για τον καθορισμό των κλάσεων στις οποίες κατηγοριοποιήθηκαν μετά οι κλίσεις συνεκτιμήθηκαν βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με τις θέσεις στις οποίες είχαν παρατηρηθεί παλαιότερα πλημμυρικά γεγονότα. Οι κλάσεις που προέκυψαν φαίνονται στον χάρτη που ακολουθεί. Όπως αναμένεται σε περιοχές με μικρές κλίσεις το νερό λιμνάζει και τις καθιστά ευάλωτες σε πλημμυρικά φαινόμενα.

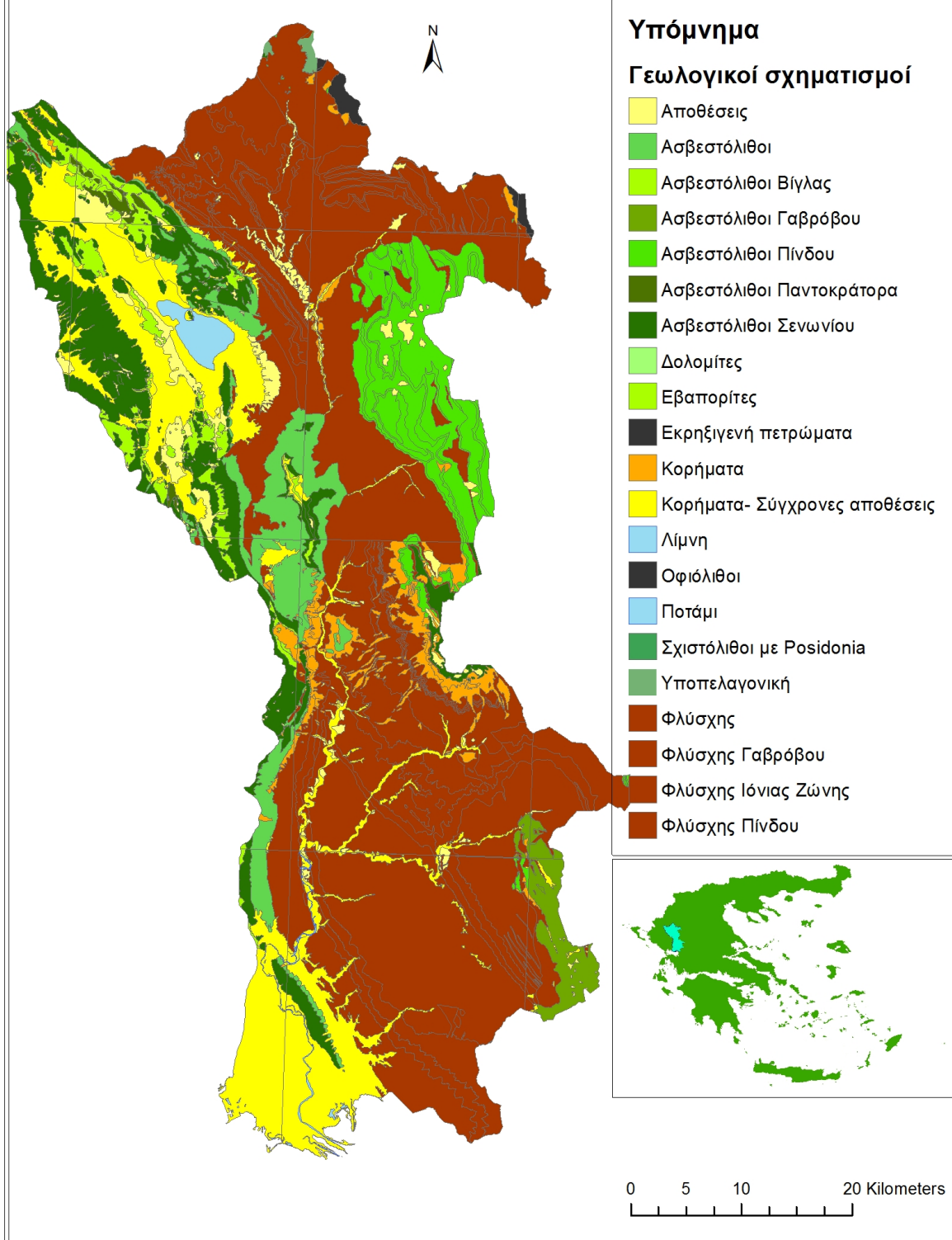


Χάρτης 11 Μορφολογικές κλίσεις, στη Λεκάνη Απορροής του Αράχθου, με την αντίστοιχη κατηγοριοποίηση, όπως φαίνεται στο Υπόμνημα. Οι τιμές του υπομνήματος είναι σε μοίρες ($^{\circ}$). [Επιμέλεια χάρτη: Θάλεια Χασαπίδη]

Θεματικός χάρτης: Γεωλογικοί σχηματισμοί

Για τη δημιουργία του θεματικού επιπέδου της παραμέτρου των γεωλογικών σχηματισμών, έγινε εισαγωγή του αρχείου shape file από το geodata.gr στο ArcMap και εισήχθησαν όλες οι τιμές (γεωλογικοί σχηματισμοί) μέσω του Properties-> Symbology -> Add all values. Ακολούθησε η επεξεργασία των τιμών (Attribute table) στο Excel ώστε να δημιουργηθούν 21 Υπερ- κατηγορίες γεωλογικών σχηματισμών βάση των χαρακτηριστικών των σχηματισμών (περιβάλλον δημιουργίας τους, υδροπερατότητα, τεκτονική κλπ.). Ο νέος πίνακας εισήχθη και πάλι στο ArcMap στο επίπεδο των γεωλογικών σχηματισμών με την εντολή Join (Joins and Relates) με κοινό πεδίο για την εκτέλεση της εντολής το FID των τιμών. Οι κατηγορίες των γεωλογικών σχηματισμών όπως αυτές διαμορφώθηκαν φαίνονται στον παρακάτω χάρτη (υπόμνημα).

Γεωλογικοί σχηματισμοί στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου

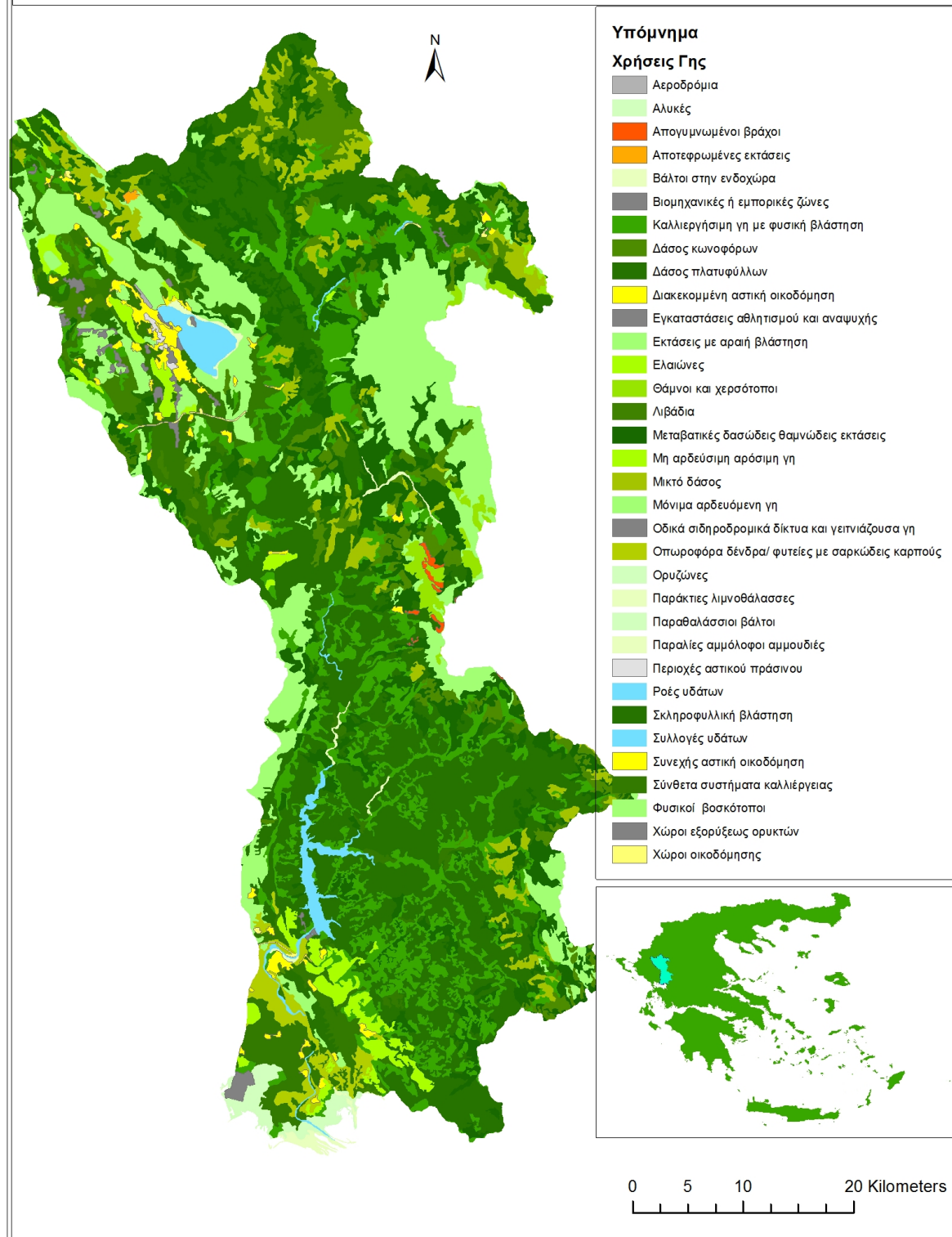


Χάρτης 12 Γεωλογικοί σχηματισμοί στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Θεματικός χάρτης: Χρήσεις γης

Τα δεδομένα των χρήσεων γης ανακτήθηκαν από το geodata.gr σε μορφή shape file. Για τη δημιουργία του χάρτη επικινδυνότητας χρειάστηκε να δημιουργηθούν υπερκατηγορίες με κοινά χαρακτηριστικά βάση της δυνατότητας κίνησης του νερού από την επιφάνειά τους.

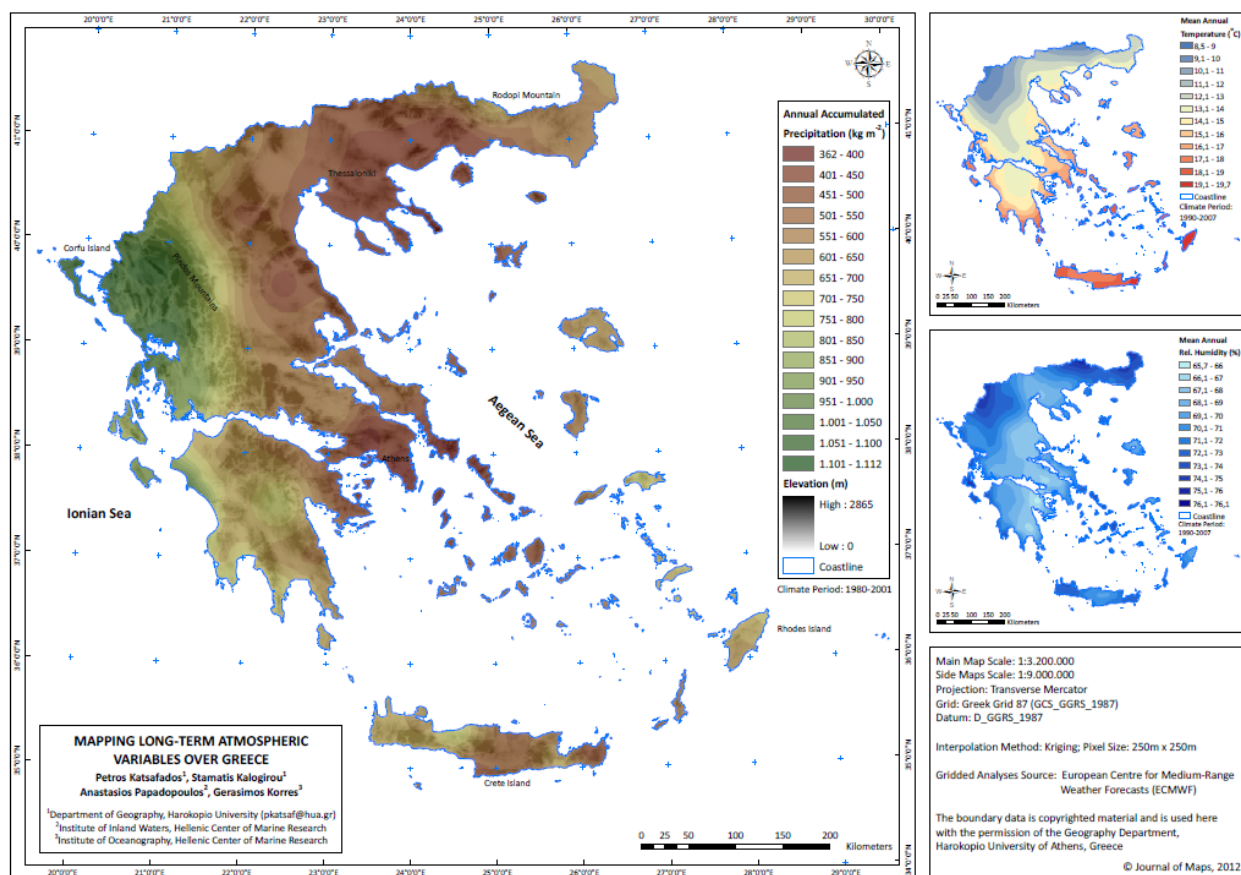
Χρήσεις Γης στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου



Χάρτης 13 Χρήσεις γης στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπιδή Θάλεια]

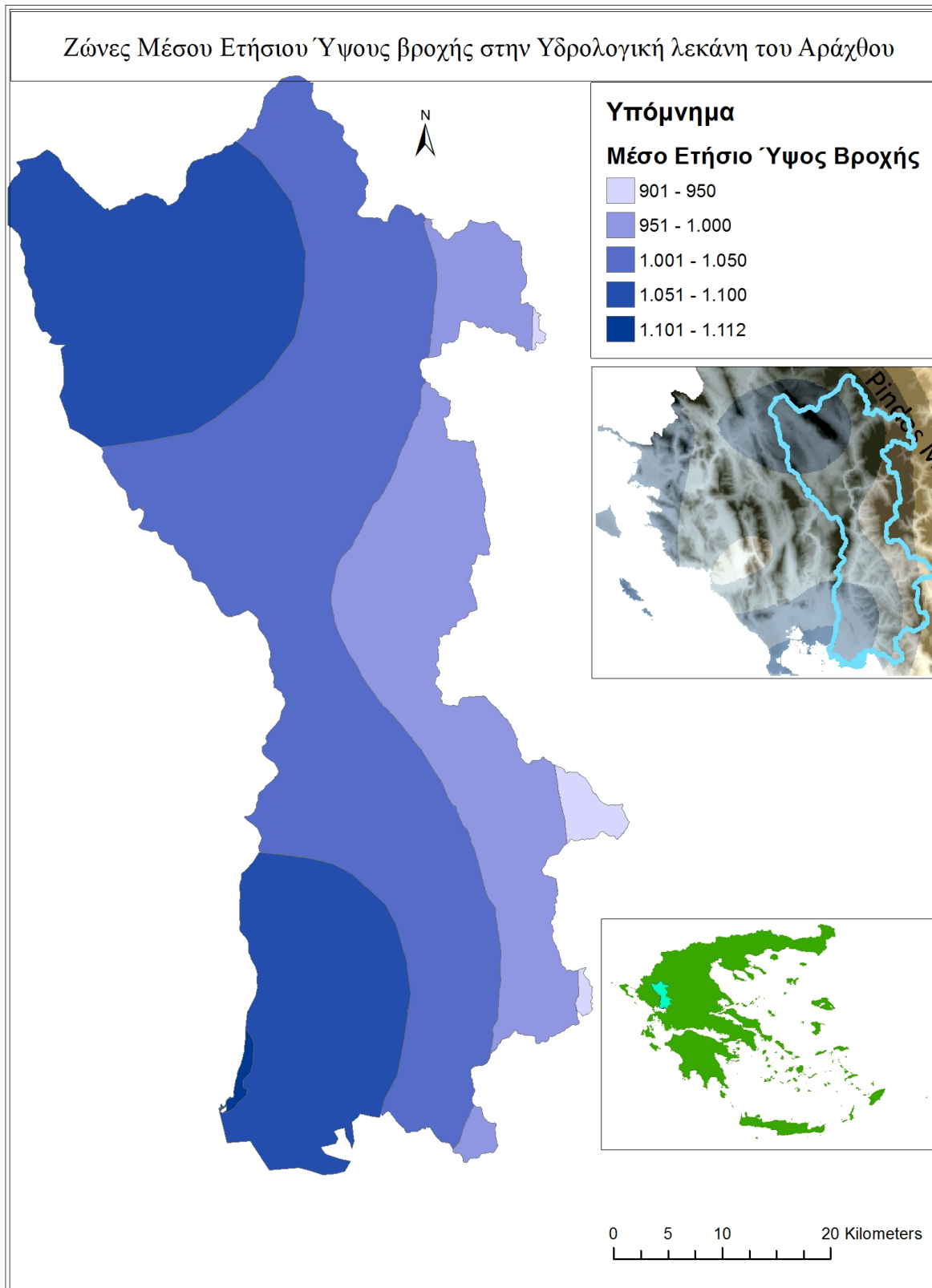
Θεματικός χάρτης: Μέσου ετήσιου Ύψους Βροχής

Για την εκτίμηση της συνεισφοράς της βροχόπτωσης, χρησιμοποιήθηκαν τα κλιματικά δεδομένα των βροχομετρικών ζωνών της Ελλάδας[CITATION Kat12 \l 1032], με τη γεωαναφορά του σχετικού χάρτη και τη χάραξη των πολυγώνων με τις ίδιες τιμές ύψους βροχής σε ετήσια βάση. Χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης της εικόνας 58 με τη χρήση της εργαλειοθήκης Georeferencing (add image, fit to display, add control points). Αμέσως μετά σχεδιάστηκαν τα πολύγωνα που περιλαμβάνονται στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου (Editor, start editing, edit vertices, trace, finish sketch). Κάθε πολύγωνο που δημιουργείται αποθηκεύεται στον attribute table οπότε με επεξεργασία, πολύγωνα με κοινά χαρακτηριστικά (ίδιο ύψος βροχής) παίρνουν μία κοινή τιμή με αποτέλεσμα να ομαδοποιηθούν.



Εικόνα 54 Κατανομή του μέσου ύψους βροχής σε ζώνες σε όλη την έκταση του ελλαδικού χώρου. [Πηγή εικόνας: [CITATION Kat12 \l 1032]]

Αποτέλεσμα της παραπάνω επεξεργασίας αποτελεί ο παρακάτω χάρτης:



Χάρτης 14 Κατανομή των ζωνών μέσου ετήσιου ύψους βροχής στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. Οι τιμές του υπομνήματος είναι σε χιλιοστά βροχοπτώσης (mm). [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

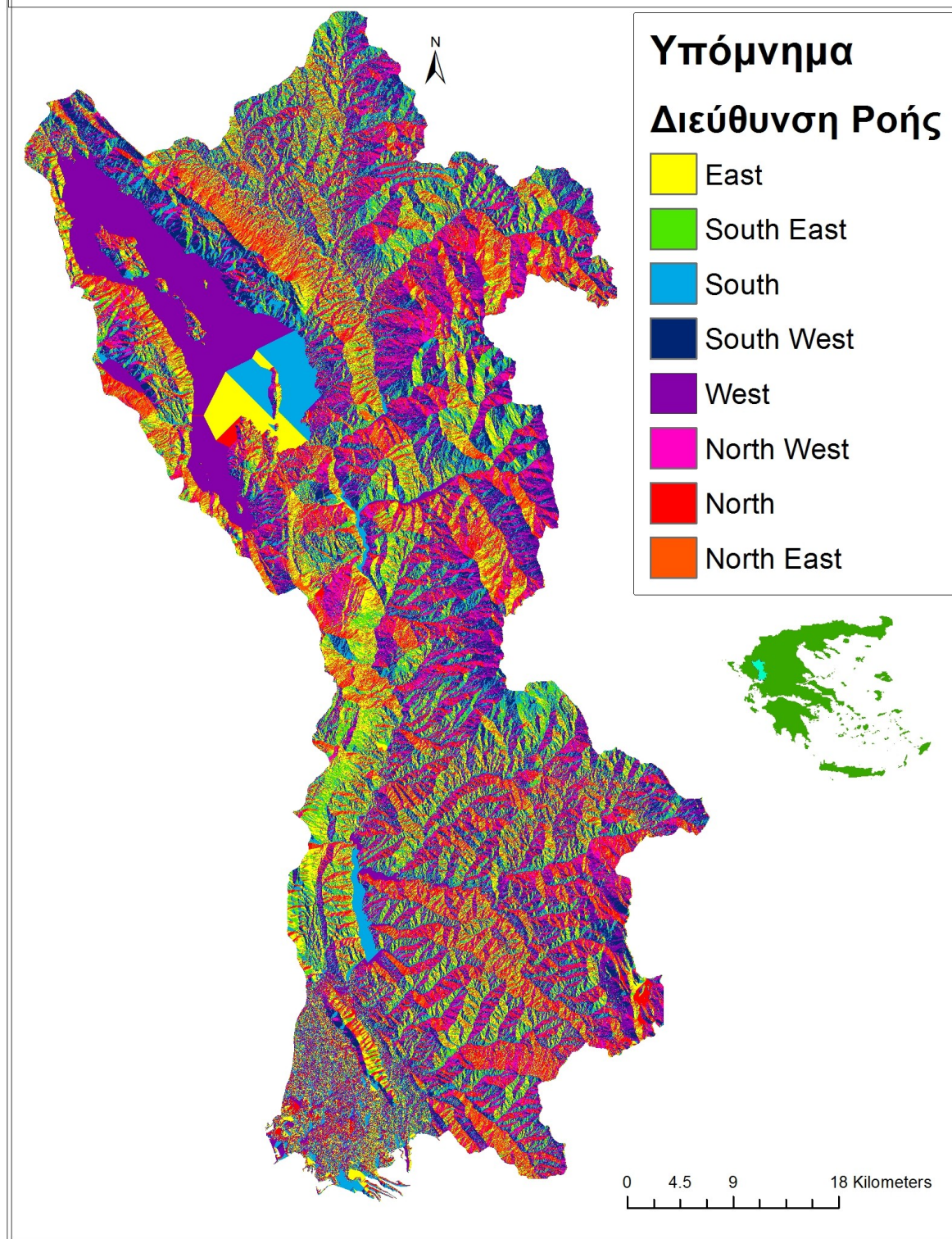
Θεματικός χάρτης: Συγκέντρωσης Ροής

Για την εκτίμηση των υδρολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους, τα οποία διευκολύνουν την ανάλυση των μορφολογικών στοιχείων που επηρεάζουν τη ροή των υδάτων. Σε περιβάλλον ArcGIS χρησιμοποιήθηκε αρχικά το εργαλείο fill για την παράγωγή ενός Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους με την απαλοιφή των σημείων τοπικών ταπεινώσεων του ανάγλυφου που προκαλούν προβλήματα στην υδρολογική ανάλυση.

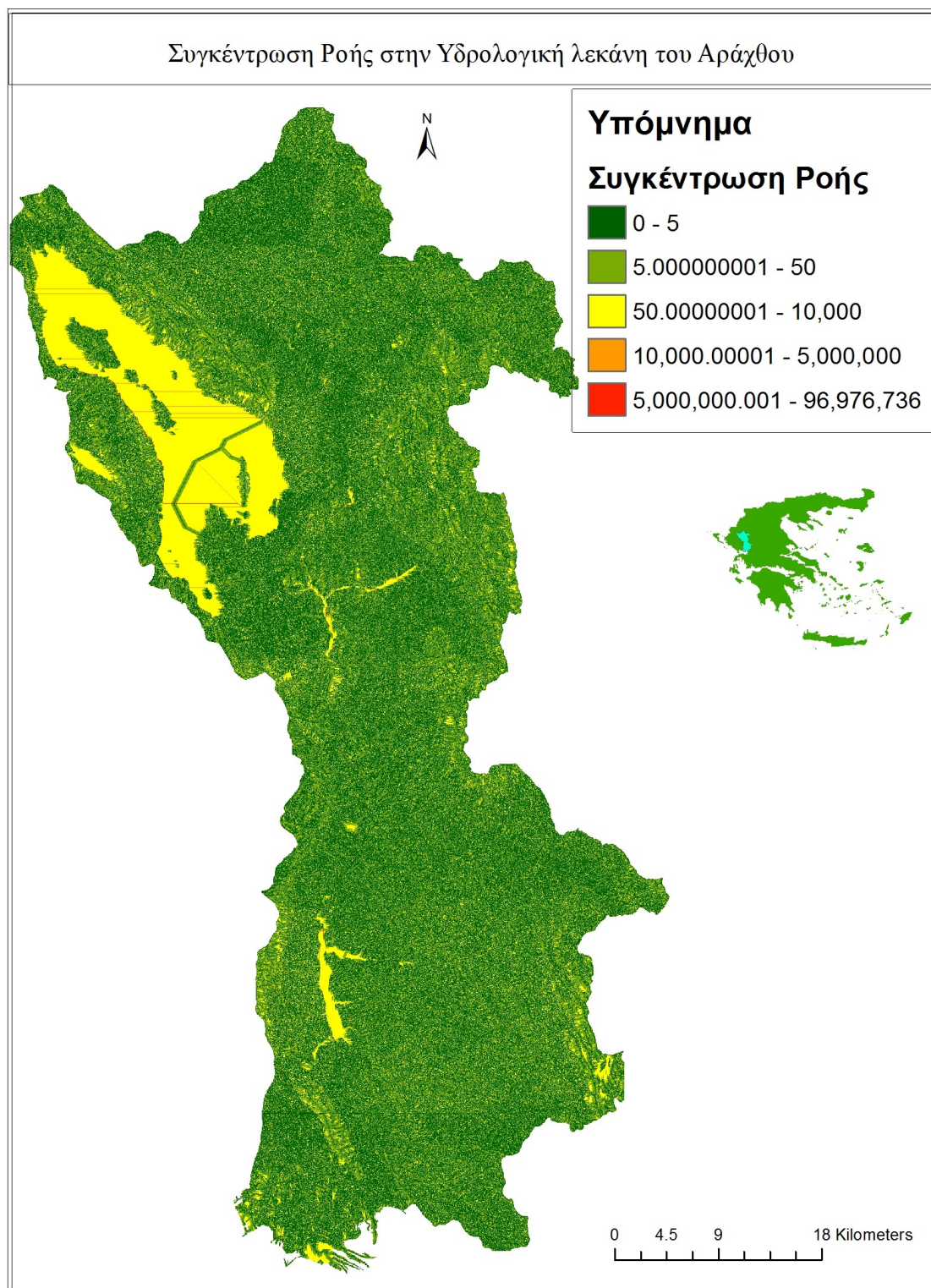
Αμέσως μετά η εντολή flow direction στο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους για τον έλεγχο της διεύθυνσης απορροής, δηλαδή κάθε κελί (pixel) από πόσα άλλα τροφοδοτείται νερό και πιο συγκεκριμένα η κίνηση μέγιστης κλίσης προς κατάντη. Αποτέλεσμα είναι η παραγωγή του αντίστοιχου ψηφιδωτού επιπέδου.

Τέλος, με την εντολή “Flow Accumulation” υπολογίζεται η συσσώρευση ροής. Δημιουργείται ένα ψηφιδωτό επίπεδο, από το οποίο παρατηρείται ότι την μεγαλύτερη συσσώρευση την συγκεντρώνουν οι κοίτες.

Διεύθυνση Ροής στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου



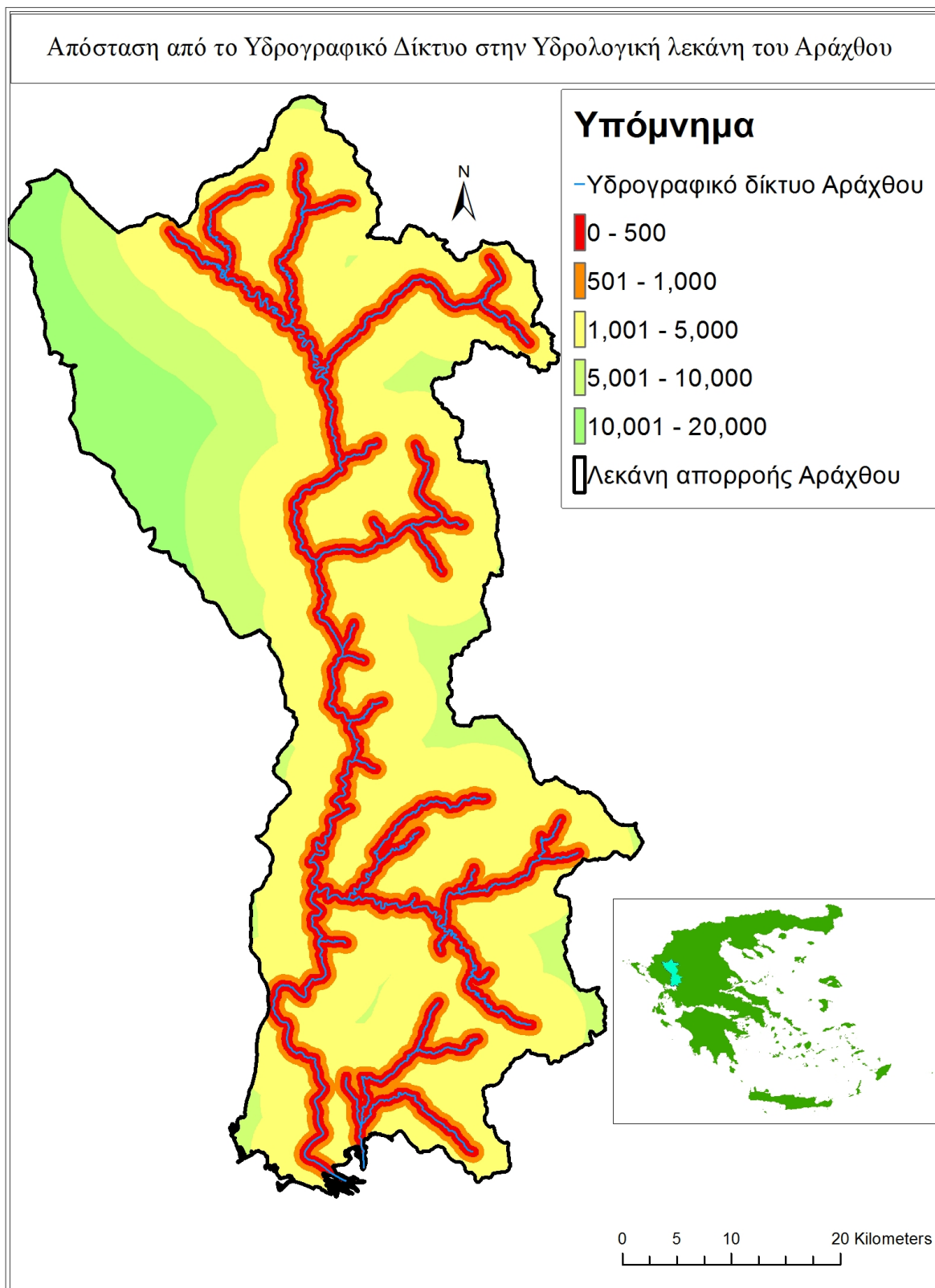
Χάρτης 15 Διεύθυνση ροής στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]



Χάρτης 16 Συγκέντρωση ροής στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου. Λόγω της μεγάλης έκτασης της λεκάνης σε σχέση με το πάχος της απεικόνισης της κοίτης, η διαφοροποίηση του χρώματος στην κοίτη είναι δυσδιάκριτη. Οι τιμές του υπομνήματος αντιστοιχούν στο συσσωρευμένο αριθμό κελιών πάνω από το κελί, για κάθε κελί του δοθέντος πλέγματος, που προσφέρουν τη ροή τους στο συγκεκριμένο κελί. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Θεματικός χάρτης: Απόσταση από το Υδρογραφικό δίκτυο

Η δημιουργία των δεδομένων των ζωνών απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο έγινε με βάση το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους και το εργαλείο Euclidean distance του Spatial analyst. Για την εκτίμηση τους λήφθηκαν υπόψη οι αποστάσεις από την κοίτη του ποταμού κατά τα πλημμυρικά γεγονότα του Φεβρουαρίου 2015, οπότε δημιουργήθηκαν 5 κλάσεις με τιμές όπως φαίνονται στο υπόμνημα του παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 17 Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο. Οι τιμές του υπομήματος είναι σε μέτρα (m). [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Βαθμονόμηση των παραμέτρων

Η βαθμονόμηση των παραμέτρων βασίστηκε σε βιβλιογραφικά δεδομένα και πιο συγκεκριμένα στην καταγραφή των θέσεων πλημμυρισμένων περιοχών κατά τα παρελθόντα πλημμυρικά γεγονότα. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές ανά παράγοντα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 14 Βαθμονόμηση επικινδυνότητας των παραμέτρων

Βαθμός Επικινδυνότητας		Πεδίο Τιμών ανά παράμετρο						
		Υψόμετρο (m)	Μορφολογικές κλίσεις (°)	Γεωλογικοί σχηματισμοί	Χρήσεις Γης	Μέσο ετήσιο Ύψος Βροχής (mm)	Συγκέντρωση ροής	Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο (m)
Πολύ υψηλή	5	<100	< 5	Φλύσχης	Υδάτινες επιφάνειες	1101-1112	5,000,000.001 - 96,976,736	0-500
Υψηλή	4	101- 250	5-7	Αποθέσεις Τεταρτογενούς	Δομημένες επιφάνειες	1051-1100	10,000.00001 - 5,000,000	501-1000
Μέση	3	251-500	7.1-10	Ασβεστολιθικοί σχηματισμοί (μειωμένης περατότητας)	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	1001-1050	50.000000001 - 10,000	1001-5000
Χαμηλή	2	501-1000	10.1-39	Ασβεστολιθικοί σχηματισμοί (αυξημένης περατότητας)	Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	951-1000	5.0000000001 - 50	5001-10000
Πολύ χαμηλή	1	>1001	39.1-89	Κορήματα και Σύγχρονες αποθέσεις	Δασικές εκτάσεις	901-950	0 - 5	10001-20000

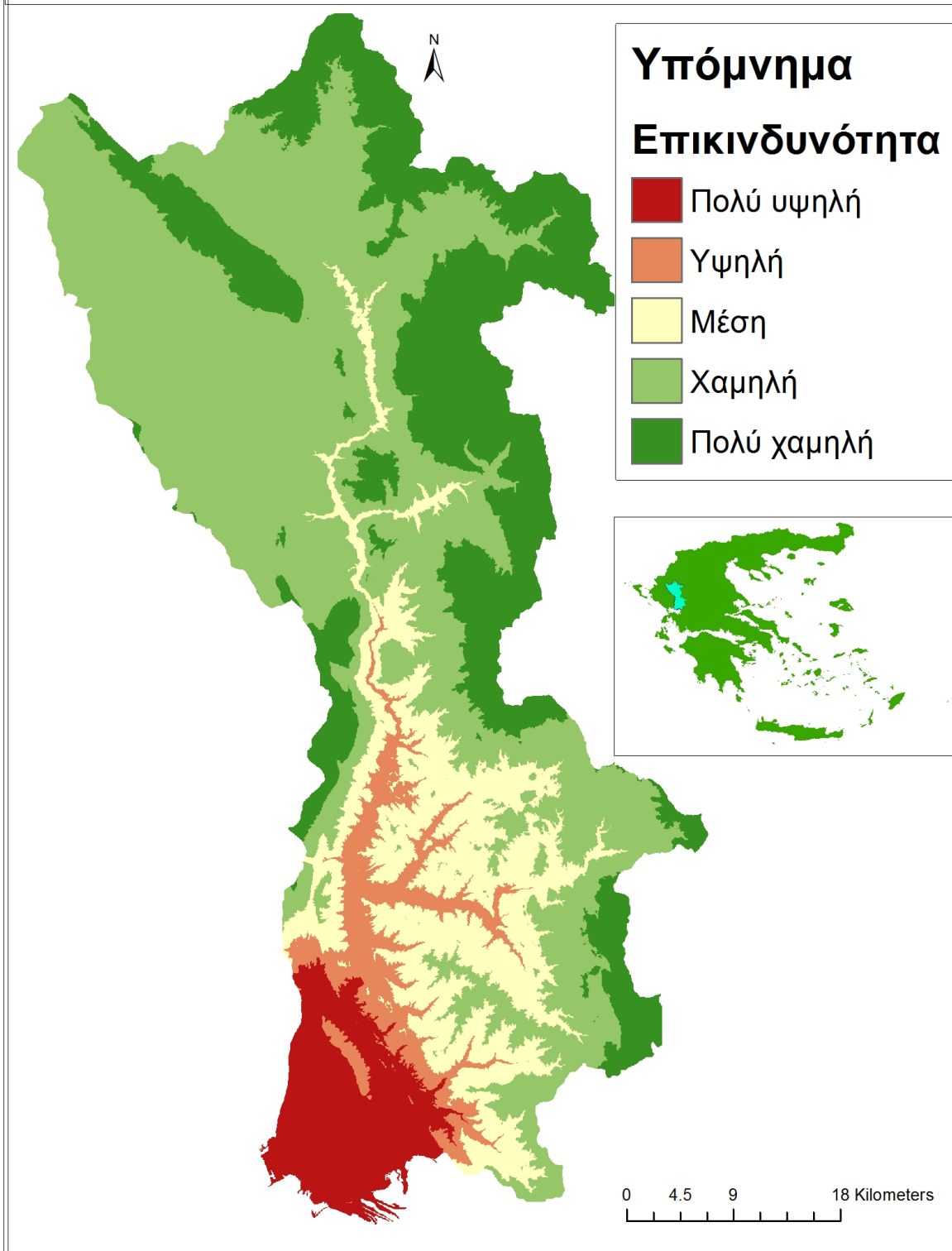
Θεματικοί Χάρτες ως προς την επικινδυνότητα

Οι χάρτες 13 έως 20 παρατίθενται ξανά εδώ μετά από επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων σε μία ενιαία κλίμακα πέντε κατηγοριών, με κριτήριο το βαθμό επικινδυνότητας (πίνακας 14) των επιμέρους περιοχών της λεκάνης απορροής του Αράχθου ποταμού σε εκδήλωση πλημμυρικών επεισοδίων.

Επικινδυνότητα ως προς το Ύψόμετρο

Με βάση την βαθμονόμηση των παραμέτρων του πίνακα 14 ο χάρτης του υψομέτρου ως προς την επικινδυνότητα διαμορφώνεται ως εξής:

Επικινδυνότητα ως προς το Υψόμετρο στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου

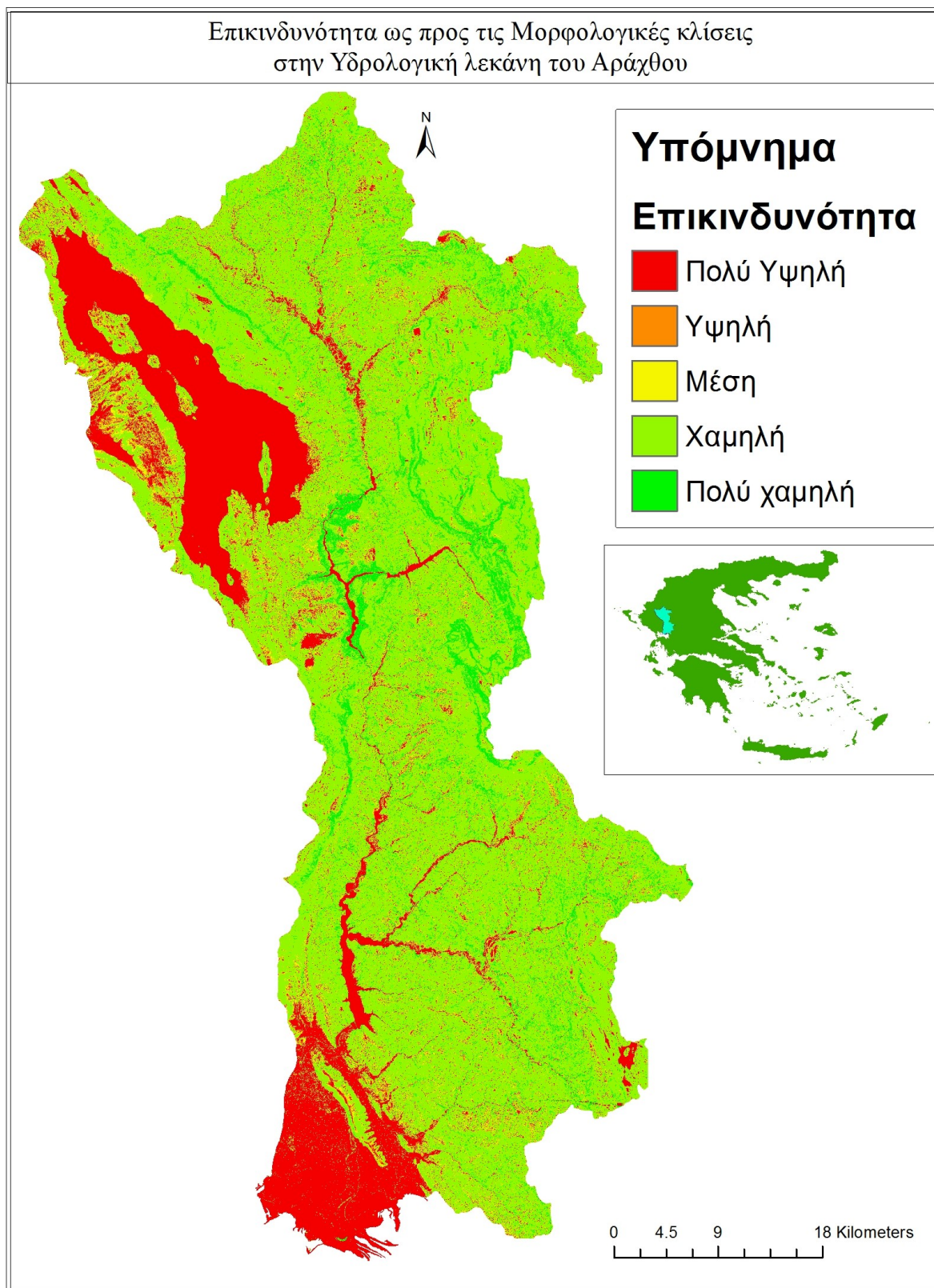


Χάρτης 18 Επικινδυνότητα βάση του Υψομέτρου σε 5 κλάσεις. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται ότι οι περιοχές με υψόμετρο κάτω των 100μέτρων αλλά και κάτω των 250μέτρων παρουσιάζουν Πολύ υψηλή και Υψηλή επικινδυνότητα αντίστοιχα. Ως προς την παράμετρο αυτή μεγαλύτερη επικινδυνότητα εντοπίζεται στο νότιο τμήμα του χάρτη το οποίο περιλαμβάνει την πόλη της Άρτας, τα φράγματα Πουρνάρι I και II καθώς και διάφορους οικισμούς νότια και νοτιοανατολικά της Άρτας κατά μήκος της πεδιάδας.

Επικινδυνότητα ως προς τις Μορφολογικές Κλίσεις

Με βάση την βαθμονόμηση των παραμέτρων του πίνακα 14 ο χάρτης των μορφολογικών κλίσεων ως προς την επικινδυνότητα διαμορφώνεται ως εξής:



Χάρτης 19 Επικινδυνότητα βάση των μορφολογικών κλίσεων όπως αυτές ταξινομήθηκαν σε 5 κλάσεις. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται ότι οι περιοχές με μορφολογική κλίση μικρότερη των 7 μοιρών παρουσιάζουν Πολύ υψηλή (<5) και Υψηλή(5-7) επικινδυνότητα. Δύο περιοχές του χάρτη εμφανίζουν την υψηλότερη επικινδυνότητα- κυρίως κλίση <5°- βορειο- δυτικά και νότια/ νοτιο-δυτικά. Οι περιοχές αυτές περιλαμβάνουν την πόλη των Ιωαννίνων καθώς και της Άρτας, ενώ περιλαμβάνουν ένα πολύ μεγάλο τμήμα του υδρογραφικού δικτύου του Αράχθου.

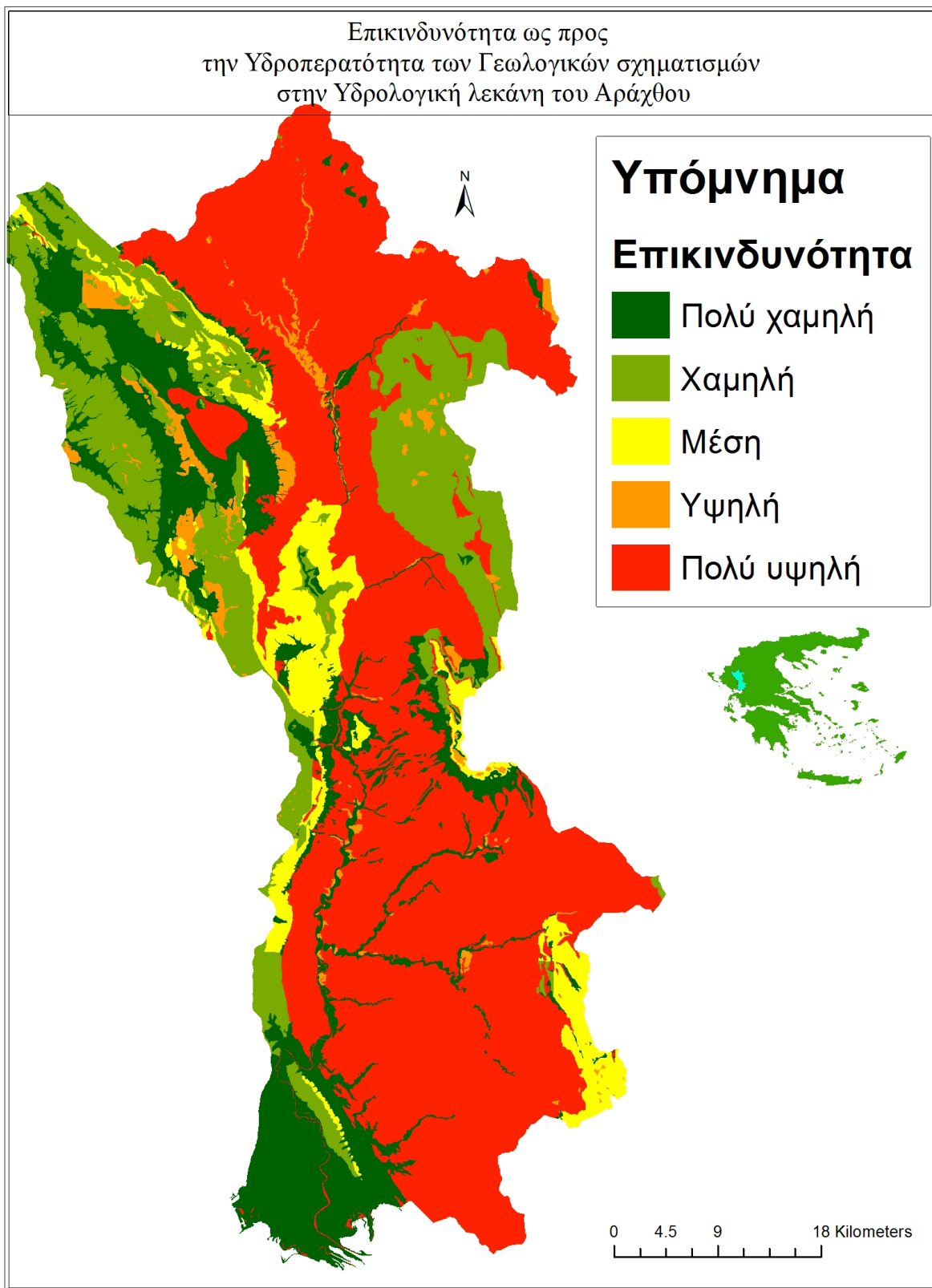
Επικινδυνότητα ως προς την υδροπερατότητα των Γεωλογικών Σχηματισμών

Η περιοχή μελέτης καταλαμβάνεται από πολλούς γεωλογικούς σχηματισμούς οι οποίοι ανήκουν σε διαφορετικές γεωτεκτονικές ζώνες, όπως επίσης και διαφορετική γεωλογική ιστορία (πελαγικοί- νηρητικοί ασβεστόλιθοι, μεταλπικοί σχηματισμοί, οφιολιοθικά συμπλέγματα κλπ.). κρίθηκε χρήσιμο οι γεωλογικοί αυτοί σχηματισμοί να ομαδοποιηθούν με κριτήριο την υδροπερατότητά τους (διαπερατοί, ημιπερατοί ή αδιαπέρατοι).

Η ομαδοποίηση οδήγησε σε πέντε κατηγορίες με πρώτη αυτή με τους πιο αδιαπέρατους σχηματισμούς και Πέμπτη τους πιο διαπερατούς σχηματισμούς:

1. Στην πρώτη κατηγορία (Πολύ υψηλή επικινδυνότητα) ταξινομήθηκε ο σχηματισμός του φλύσχη όλων των ζωνών αλλά κυρίως της Ιόνιας ζώνης ο οποίος περιλαμβάνει τους εξής σχηματισμούς[CITATION Κατ12 \l 1032]:
 - a. Ψαμμίτες Αγ. Χριστοφόρου
 - b. Ψαμμίτες Ανεμοράχης
 - c. Μάργες Αράχθου
 - d. Ψαμμίτες Πέτας
2. Στη δεύτερη κατηγορία (Υψηλή επικινδυνότητα) ταξινομήθηκαν οι Νεογενείς αποθέσεις οι οποίες περιλαμβάνουν τους εξής σχηματισμούς:
 - a. Κροκαλοπαγή και Ψαμμιτικοί άργιλοι
 - b. Κυανές μάργες και οργανογενείς ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι
 - c. Μειοκαινικοί φωσφορικοί ασβεστόλιθοι της Ηπείρου
3. Στην τρίτη κατηγορία (Μέση επικινδυνότητα) ταξινομήθηκε το μεγαλύτερο μέρος της ασβεστολιθικής σειράς της Ιόνιας ζώνης και κυρίως το νηρητικής ιζηματογένεσης τμήμα με τους εξής σχηματισμούς (παλαιότερο-> νεότερο):
 - a. Τριαδικοί εβαπορίτες
 - b. Τριαδικά λατυποπαγή
 - c. Ασβεστόλιθοι Φουσταπήδημα
 - d. Δολομίτες
 - e. Ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα
 - f. Ασβεστόλιθοι Σινίων ή του Λούρου

4. Στην τέταρτη κατηγορία (Χαμηλή επικινδυνότητα) ταξινομήθηκε το πελαγικής ιζηματογένεσης τμήμα της Ιόνιας ζώνης λόγω της λεπτοπλακώδους φύσης του και άρα της κατά κύριο λόγο μεγαλύτερης κατακερμάτισής τους. Οι σχηματισμοί που εντάχθηκαν σε αυτήν την κατηγορία είναι οι εξής (παλαιότερο-> νεότερο) [CITATION Κατ12 \l 1032]:
- a. Κατώτεροι πυριτικοί «Σχιστόλιθοι» με Posidonia
 - b. Ασβεστόλιθοι με Filaments
 - c. Ανώτεροι πυριτικοί «Σχιστόλιθοι» με Posidonia
 - d. Ασβεστόλιθοι Βίγλας
 - e. Φωσφορικοί ασβεστόλιθοι
 - f. Ασβεστόλιθοι Σενωνίου
 - g. Ασβεστόλιθοι Παλαιοκαίνου
 - h. Ασβεστόλιθοι Ηωκαίνου
5. Τέλος στην πέμπτη κατηγορία (Πολύ χαμηλή επικινδυνότητα) ταξινομήθηκαν οι ολοκαινικές αποθέσεις οι οποίες περιλαμβάνουν τα περισσότερα ασύνδετα υλικά όπως [CITATION Κατ12 \l 1032]:
- a. Αλλουβιακές αποθέσεις
 - b. Συγκολλημένα πλευρικά κορήματα
 - c. Παλαιοί κώνοι κορημάτων
 - d. Παλαιές προσχώσεις και αναβαθμίδες
 - e. Ερυθρογή
 - f. Κώνοι απόθεσης χειμάρρων
 - g. Σύγχρονες προσχώσεις
 - h. Πρόσφατα πλευρικά κορήματα
 - i. Ασβεστολιθικοί κώνοι κορημάτων
 - j. Πυριτικοί κώνοι κορημάτων



Χάρτης 20 Επικινδυνότητα βάση της υδροπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών όπως αυτοί ταξινομήθηκαν σε 5 κλάσεις.
[Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται ότι οι περιοχές εμφανίζουν την υψηλότερη επικινδυνότητα καλύπτουν σχεδόν όλο το μήκος του αναπτύγματος των κεντρικών κοιτών του υδρογραφικού δικτύου του Αράχθου. Η κυρίως κοίτη του ποταμού αναπτύσσεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της σε σχηματισμούς χαμηλής επικινδυνότητας λόγω της νεότητας αποθέσεώς τους που συνεπάγεται την χαμηλή συνεκτικότητα των υλικών τους. Λόγω του ότι αδιαπέρατοι σχηματισμοί καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης αυτό συνεπάγεται ότι ο όγκος των υδάτων που συγκεντρώνονται στην κοίτη θα είναι μεγαλύτερος από μία λεκάνη στην οποία επικρατούν περατοί σχηματισμοί, πράγμα που καθιστά την υδρολογική λεκάνη του Αράχθου ευάλωτη στα πλημμυρικά φαινόμενα και στη σχετικά συχνή εκδήλωση αυτών.

Επικινδυνότητα ως προς τις Χρήσεις Γης

Τα δεδομένα των χρήσεων γης ανακτήθηκαν από το επίσημο ιστότοπο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, geodata.gr σε μορφή shape file. Στο αρχείο αυτό υπήρχε ήδη μία κωδικοποίηση για τις διάφορες κατηγορίες χρήσεων γης όπως αυτό φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 15 Κωδικοποίηση Χρήσεων γης. [Πηγή πίνακα: geodata.gov.gr]

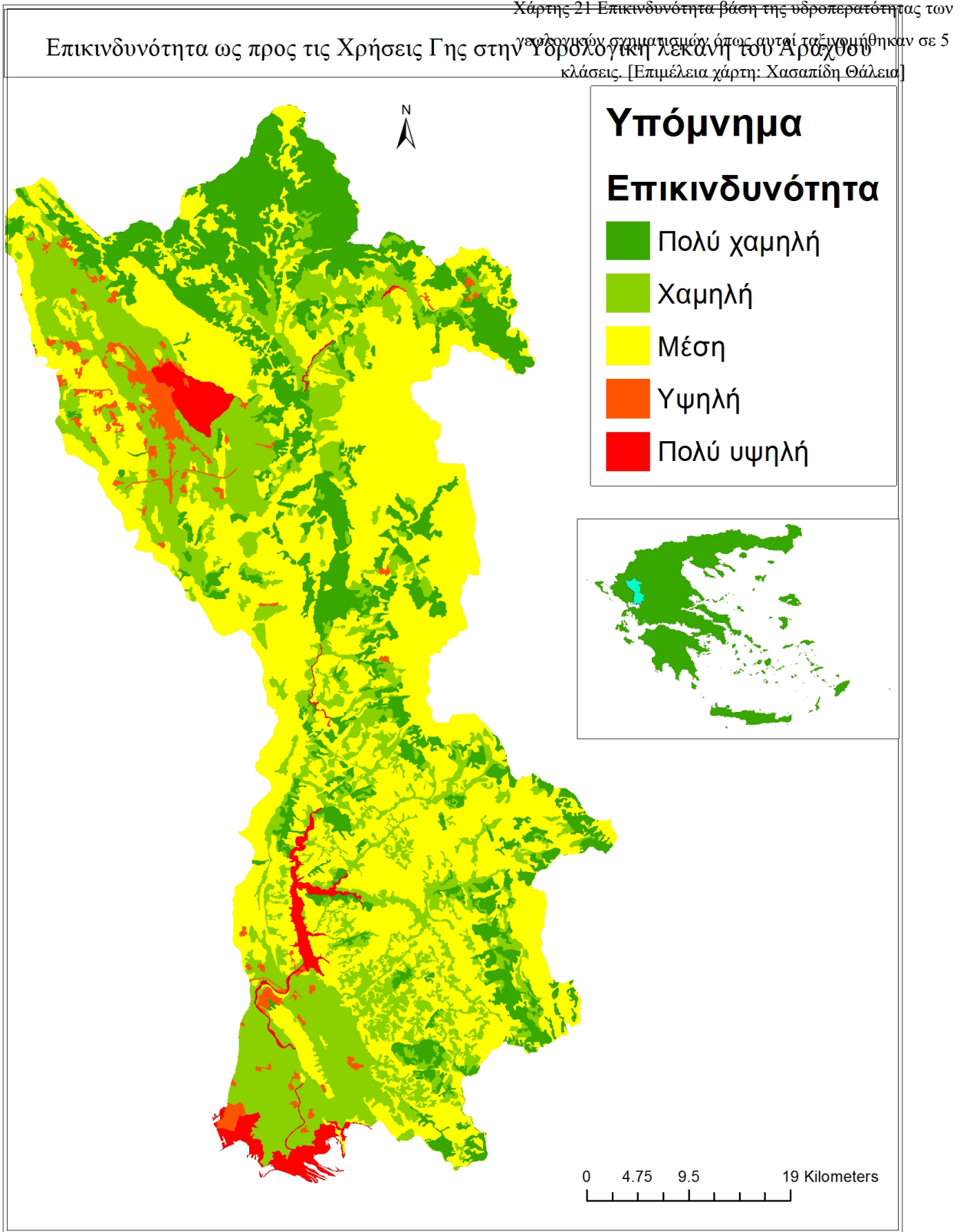
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
111	Συνεχής αστική οικοδόμηση
112	Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες
122	Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη
123	Ζώνες λιμένων
124	Αεροδρόμια
131	Χώροι εξορύξεως ορυκτών
132	Χώροι απορρίψεως Απορριμμάτων
133	Χώροι οικοδόμησης
141	Περιοχές αστικού πράσινου
142	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
143	Αρχαιολογικοί χώροι
211	Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη
212	Μόνιμα αρδεύομενη γη
213	Ορυζώνες
221	Αμπελώνες
222	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς
223	Ελαιώνες
231	Λιβάδια
241	Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες
242	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας
243	Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης
244	Αγροτικές δασικές περιοχές
311	Δάσος πλατυφύλλων
312	Δάσος κωνοφόρων
313	Μικτό δάσος
321	Φυσικοί βοσκότοποι
322	Θάμνοι και χερσότοποι
323	Σκληροφυλλική βλάστηση
324	Μεταβατικές δασώδεις

	θαμνώδεις εκτάσεις
331	Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές
332	Απογυμνωμένοι βράχοι
333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
334	Αποτεφρωμένες εκτάσεις
335	Παγετώνες και αιώνιο χιόνι
411	Βάλτοι στην ενδοχώρα
412	Τυρφώνες
421	Παραθαλάσσιοι βάλτοι
422	Αλυκές
423	Παλιρροιακά επίπεδα
511	Ροές υδάτων
512	Συλλογές υδάτων
521	Παράκτιες λιμνοθάλασσες
522	Εκβολές ποταμών
523	Θάλασσα και ωκεανός

Οι κατηγορίες αυτές εντάχθηκαν σε 5 υπερ-κατηγορίες με τον αντίστοιχο βαθμό επικινδυνότητας (Πολύ Υψηλή-> Πολύ χαμηλή) ως εξής:

- Υδάτινες επιφάνειες
- Δομημένες επιφάνειες
- Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
- Καλλιεργήσιμες εκτάσεις
- Δασικές εκτάσεις

Η κατηγοριοποίηση αυτή στηρίχθηκε στο κατά πόσο οι συγκεκριμένες χρήσεις γης συμβάλλουν είτε στην απορροή είτε στην κατείσδυση του νερού από την επιφάνειά τους [Συντελεστής Απορροής, Πίνακας 4 και 5, [CITATION Κου131 \l 1032]]. Για την εισαγωγή αυτής της κατηγοριοποίησης χρειάστηκε να γίνει ένωση (Join) του attribute table με τον επεξεργασμένο πίνακα (sheet) του excel.



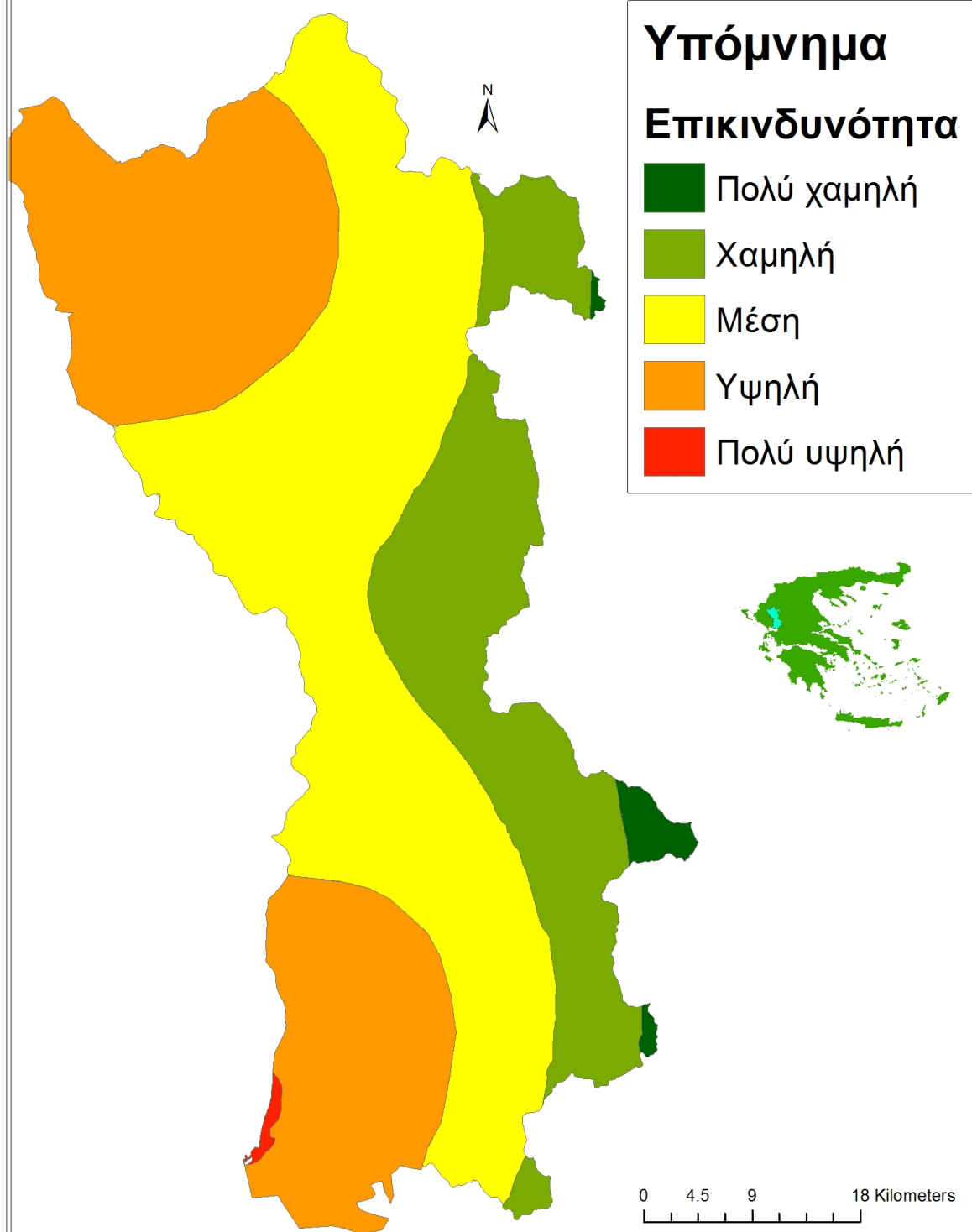
Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται ότι οι περιοχές εμφανίζουν την υψηλότερη επικινδυνότητα καλύπτουν όλες τις υδάτινες επιφάνειες καθότι σε κατάσταση πλημμύρας, όπως έχει ήδη παρατηρηθεί σε παλαιότερα περιστατικά, πρώτα η κοίτη του ποταμού υπερχειλίζει και έπειτα οι περιβάλλουσες περιοχές. Ακολουθούν οι περιοχές με εκτεταμένη δόμηση οι οποίες

περιλαμβάνουν την πόλη της Άρτας, των Ιωαννίνων καθώς και τους οικισμούς στην λεκάνη της Άρτας.

Επικινδυνότητα ως προς τη Μέση Ετήσια Βροχόπτωση

Με βάση την βαθμονόμηση των παραμέτρων του πίνακα 14 ο χάρτης της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης ως προς την επικινδυνότητα διαμορφώνεται ως εξής:

Επικινδυνότητα ως προς το Μέσο Ετήσιο Ύψος Βροχής
στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου



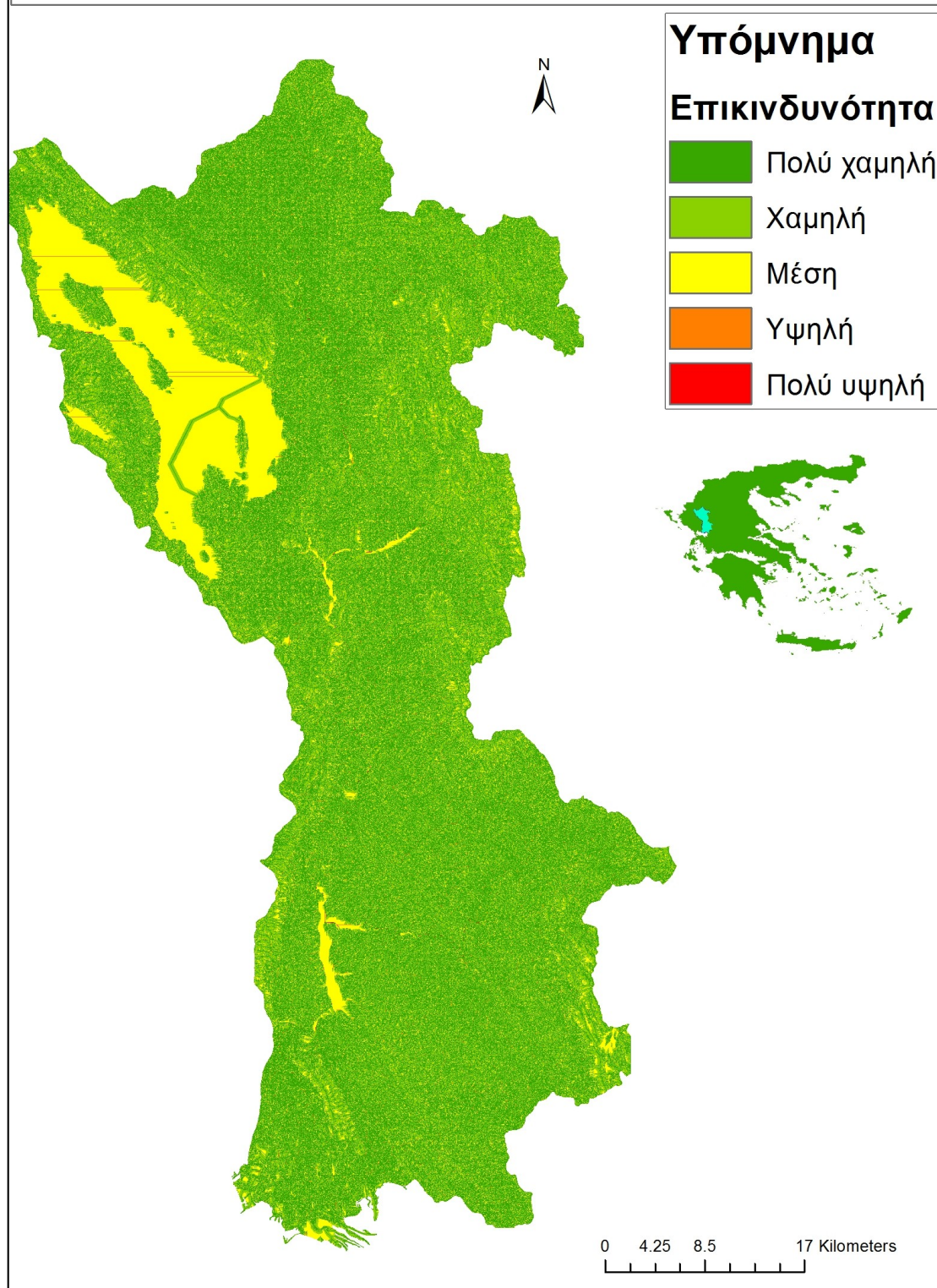
Χάρτης 22 Επικινδυνότητα βάση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται ότι οι περιοχές εμφανίζουν την Υψηλότερη επικινδυνότητα (1,101-1,112mm) καλύπτουν μία πολύ μικρή περιοχή της υδρολογικής λεκάνης. Ωστόσο οι περιοχές που αντιστοιχούν στην Υψηλή επικινδυνότητα (1,051- 1,100mm) καλύπτουν μία αρκετά μεγάλη έκταση και περιλαμβάνουν τις πόλεις της Άρτας και των Ιωαννίνων. Στην αξιολόγηση της έκτασης της επικινδυνότητας θα πρέπει να συμπεριληφθεί και η περιοχή που αντιστοιχεί στη Μέση επικινδυνότητα (1,001- 1,050mm) η οποία μπορεί στην υδρολογική λεκάνη του Αράχθου να κατατάσσεται ως μέση αλλά στο σύνολο του ελλαδικού χώρου οι τιμές αυτές ύψους βροχής είναι οι υψηλότερες και συγκεντρώνονται συνολικά και σε μεγαλύτερη έκταση στο Υδρολογικό διαμέρισμα της Ηπείρου (Εικόνα 58, [CITATION Kat12 \l 1032]). Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η απορροή που προκύπτει από αυτά τα ύψη βροχής μέσω των κοιτών του υδρογραφικού δικτύου καταλήγει στις τοπογραφικά χαμηλές περιοχές της λεκάνης.

Επικινδυνότητα ως προς τη Συγκέντρωση Ροής

Με βάση την βαθμονόμηση των παραμέτρων του πίνακα 14 ο χάρτης της συγκέντρωσης ροής ως προς την επικινδυνότητα διαμορφώνεται ως εξής:

Επικινδυνότητα ως προς τη Συγκέντρωση Ροής στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου



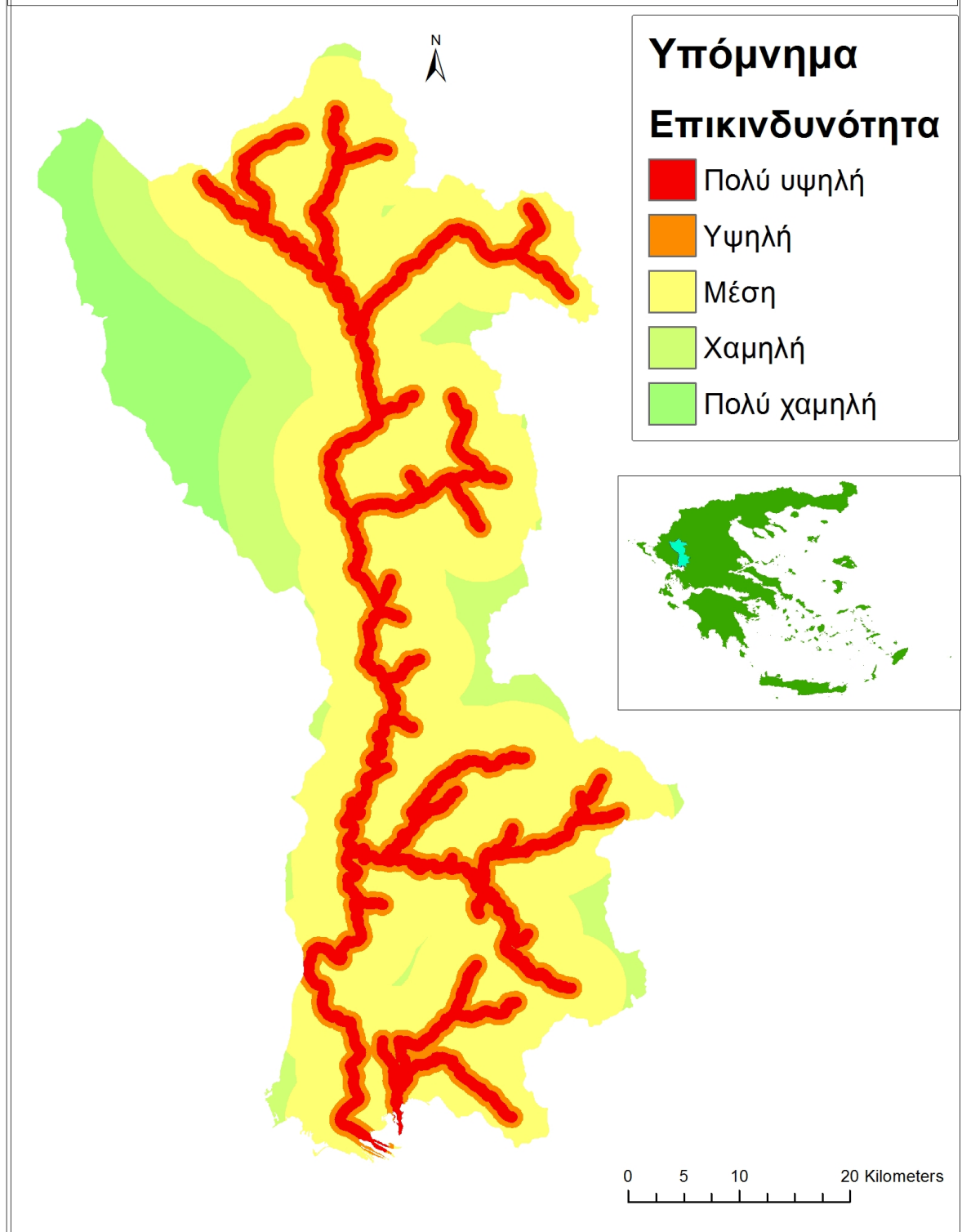
Χάρτης 23 Επικινδυνότητα βάσης τη συγκέντρωση ροής. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται ότι οι περιοχές εμφανίζουν την Υψηλότερη επικινδυνότητα στη λεκάνη απορροής, είναι το κατώτερο τμήμα της κεντρικής κοίτης του ποταμού καθώς εκεί καταλήγει ο κύριος όγκος των υδάτων από τους ανάντη κλάδους. Επίσης υψηλής επικινδυνότητας εκτιμάται το μεγαλύτερο μήκος της κεντρικής κοίτης του ποταμού.

Επικινδυνότητα ως προς την κάθετη Απόσταση από τις κεντρικές κοίτες του Υδρογραφικού Δικτύου

Με βάση την βαθμονόμηση των παραμέτρων του πίνακα 14 ο χάρτης της συγκέντρωσης ροής ως προς την επικινδυνότητα διαμορφώνεται ως εξής:

Επικινδυνότητα ως προς την Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο
στην Υδρολογική λεκάνη του Αράχθου



Χάρτης 24 Επικινδυνότητα βάση της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται ότι οι περιοχές εμφανίζουν την υψηλότερη και υψηλή επικινδυνότητα είναι εκείνες που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 500m από την κοίτη του ποταμού. Γενικά ισχύει ο κανόνας του ότι όσο μικρότερη η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, τόσο μεγαλύτερη η επικινδυνότητα για εκδήλωση πλημμύρας.

Κεφάλαιο 4: Παραγωγή του τελικού χάρτη με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων

Για τη δημιουργία του τελικού χάρτη συνολικής πλημμυρικής επικινδυνότητας της υδρολογικής λεκάνης του Αράχθου, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές μέθοδοι για τη συνεκτίμηση των επτά παραμέτρων.

Η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέθοδος της απλής στάθμισης κατά την οποία έγινε υπολογισμός του αθροίσματος των επτά παραμέτρων και τη διαίρεση του με το σύνολο τους.

Η δεύτερη μέθοδος είναι η μέθοδος στάθμισης με ίσα βάρη κατά την οποία δόθηκαν σε όλες τις παραμέτρους ίδιοι συντελεστές βαρύτητας

Η τρίτη μέθοδος είναι επίσης η μέθοδος στάθμισης με βάρη οι τιμές των οποίων καθορίστηκαν κατόπιν βιβλιογραφικής έρευνας.

Η τέταρτη μέθοδος διαφέρει από την τρίτη ως προς τον υπολογισμό των βαρών, κατά τον οποίο χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση παλινδρόμησης.

1^η Μέθοδος στάθμισης με ίσα βάρη

Για τη χρήση της μεθόδου της στάθμισης με ίσα βάρη χρειάστηκε το εργαλείο του Spatial Analyst, Raster Calculator. Όμως για να γίνει η χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου θα έπρεπε όλα τα επίπεδα (layers) της επικινδυνότητας των παραγόντων να είναι σε raster μορφή. Οπότε έπρεπε τα εξής επίπεδα:

- Επικινδυνότητα Γεωλογικών Σχηματισμών
- Επικινδυνότητα Χρήσεων Γης
- Επικινδυνότητα Μέσου Ετήσιου Ύψους Βροχής

να μετατραπούν σε raster αρχεία (Χρήση εργαλείου-> Polygon to raster).

Η μέθοδος στάθμισης με ίσα βάρη βασίστηκε στο υπολογισμό του αθροίσματος των γινομένων της μορφής:

$$QI = (w_1 * C_1) + (w_2 * C_2) + \dots + (w_n * C_n) \quad (1)$$

Όπου QI: συνολική επικινδυνότητα

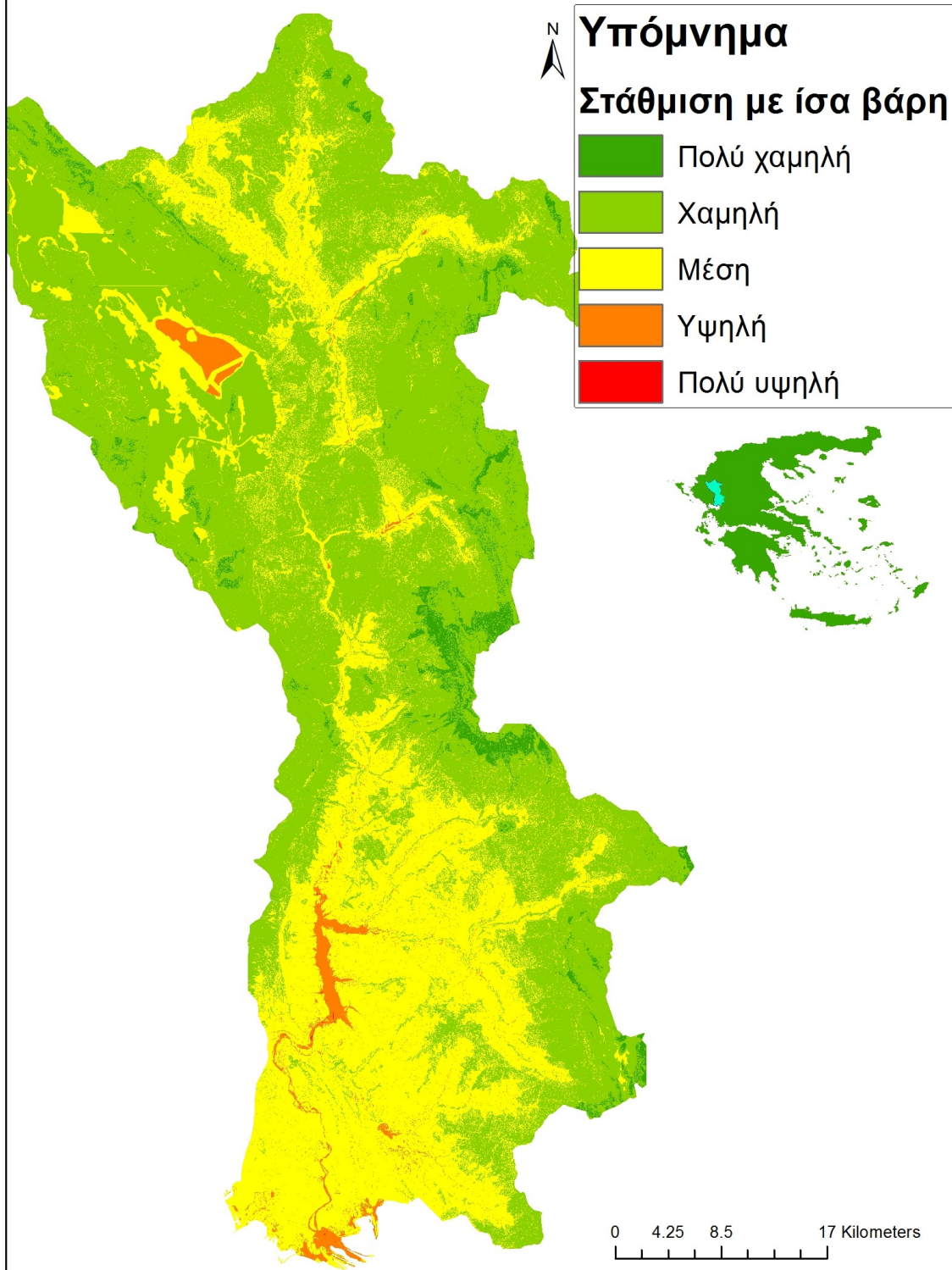
w: οι συντελεστές βαρύτητας και

C: οι παράμετροι

Για τον υπολογισμό του παραπάνω τύπου χρειάστηκε το εργαλείο του Spatial Analyst, Raster Calculator. Στον υπολογισμό αυτό η κάθε παράμετρος έλαβε το ίδιο συντελεστή βαρύτητας. Με τον τρόπο αυτό όλοι οι παράγοντες συνεισφέρουν με το ίδιο ποσοστό στην εκδήλωση πλημμύρας.

Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι στον παραπάνω τύπο η εξαρτημένη μεταβλητή (y) είναι η συνολική επικινδυνότητα (QI) ενώ C είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές (x).

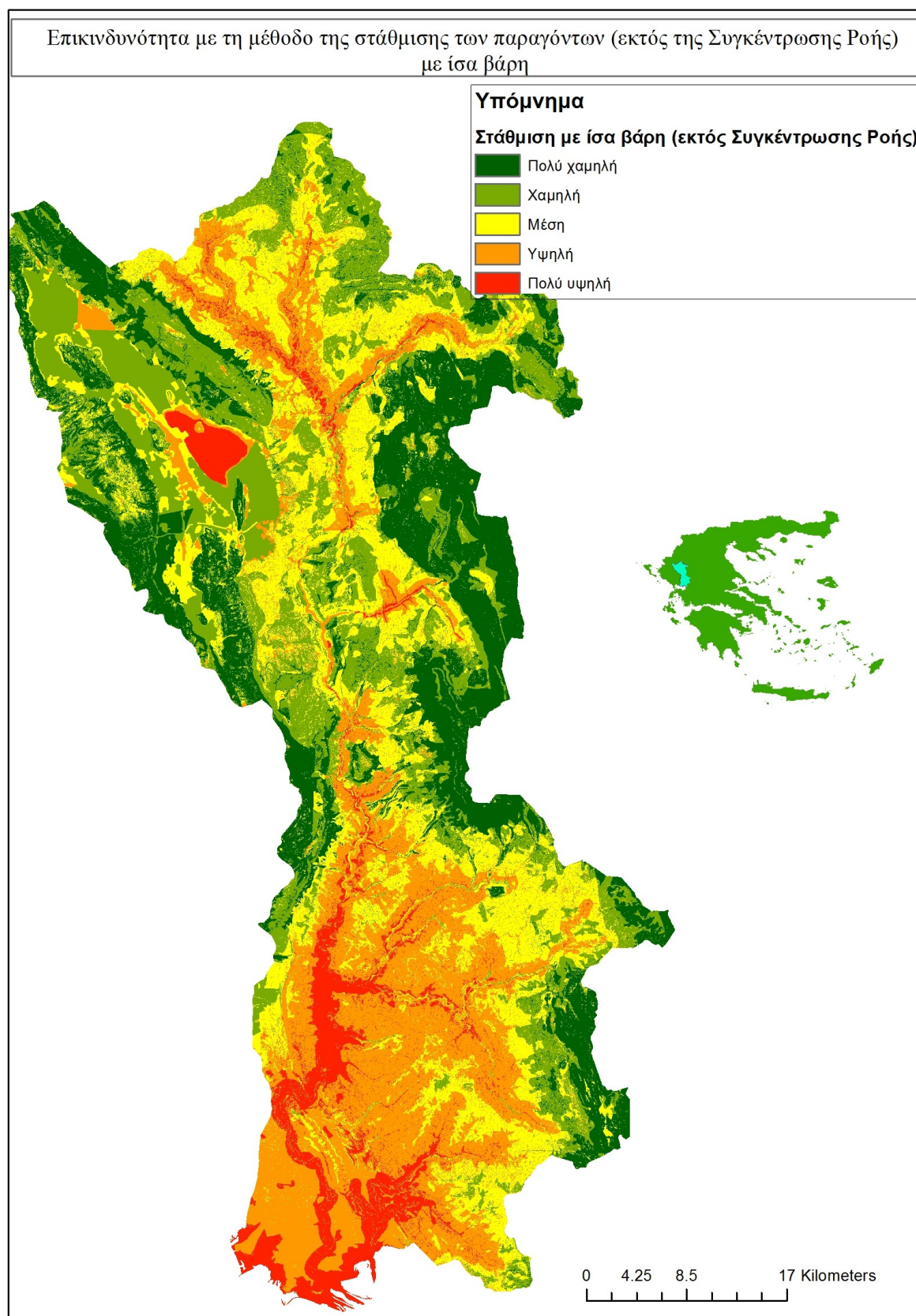
Επικινδυνότητα με τη μέθοδο της στάθμισης των παραγόντων με ίσα βάρη



Χάρτης 25 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με ίσα βάρη. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδα Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη φαίνονται οι περιοχές πολύ υψηλής επικινδυνότητας να έχουν περιοριστεί εντός του υδρογραφικού δικτύου ενώ οι υψηλής επικινδυνότητας εντοπίζονται κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, στις παράκτιες περιοχές, στη λίμνη των Ιωαννίνων καθώς και σε κάποιους οικισμούς κατά μήκος της πεδιάδας της Άρτας. Με τη μέθοδο αυτή οι περιοχές μέσης επικινδυνότητας είναι σημαντικής έκτασης (μη λεπτομερής χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας).

Αν κατά τον υπολογισμό της παραπάνω μεθόδου δε συνυπολογιστεί η συγκέντρωση ροής λόγω κάλυψης του παράγοντα αυτού από άλλου (πχ. απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο) λαμβάνεται ο παρακάτω χάρτης:



Χάρτης 26 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με ίσα βάρη χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της συγκέντρωσης ροής. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη παρουσιάζονται περιοχές πολύ υψηλής επικινδυνότητας κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, στις παράκτιες περιοχές, στους οικισμούς κατά μήκος της πεδιάδας της Άρτας, στην πόλη της Άρτας στη λίμνη των Ιωαννίνων. Οι υψηλής επικινδυνότητας περιοχές επεκτείνονται ενώ περιορίζονται οι μέσες.

2^η Μέθοδος στάθμισης με βάρη ανά παράγοντα

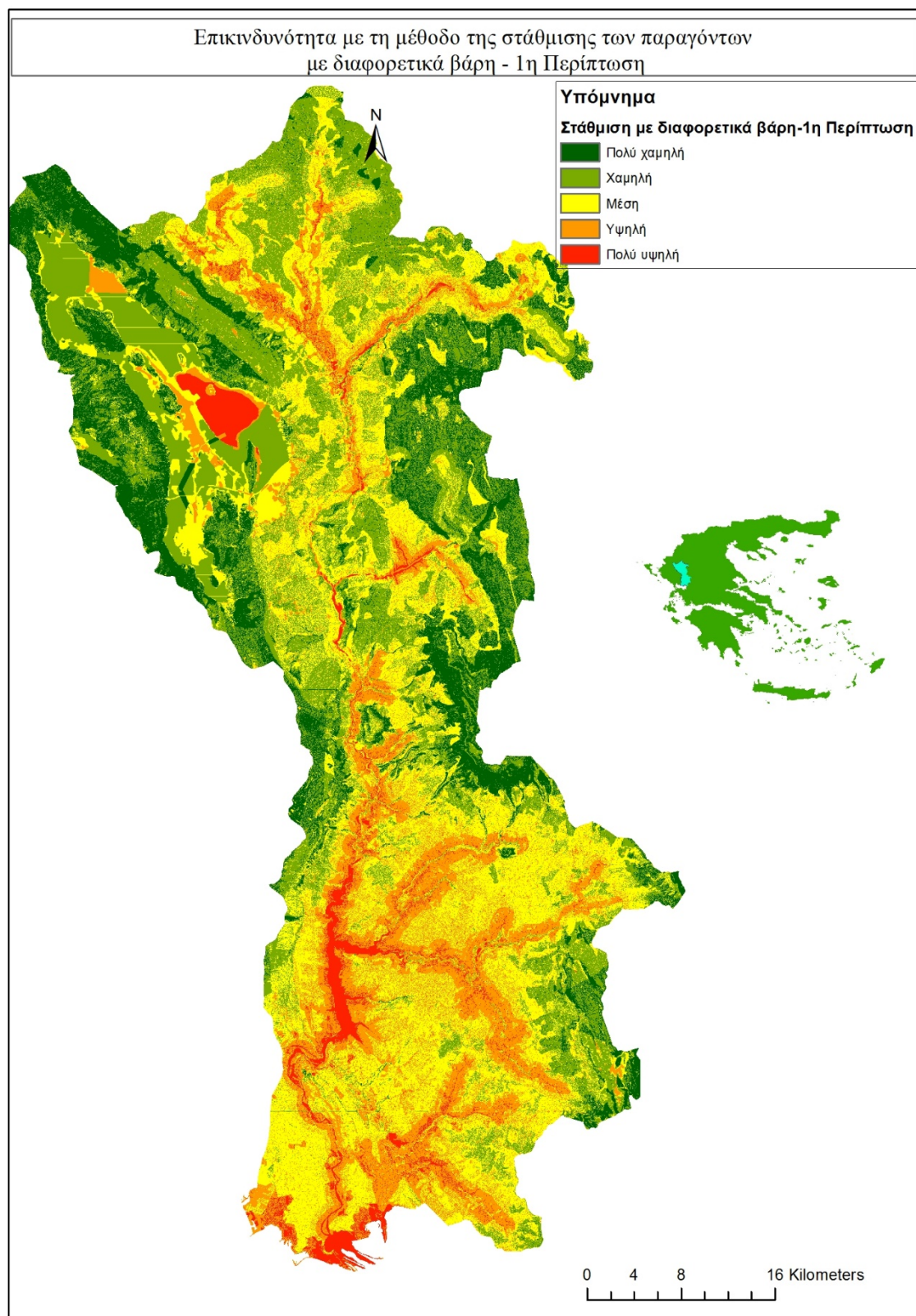
Για τον υπολογισμό της συγκεκριμένης μεθόδου χρησιμοποιήθηκε ο τύπος (1) που χρησιμοποιήθηκε και στην προηγούμενη μέθοδο με τη χρήση επίσης του εργαλείου του Spatial Analyst, Raster Calculator όμως στη συγκεκριμένη περίπτωση η κάθε παράμετρος έλαβε διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας ανάλογα με τη συνεισφορά του στην εκδήλωση πλημμυρών.

Οι τιμές σημαντικότητας που έλαβαν οι παράμετροι ως προς την ιεράρχηση τους επιλέχθηκαν με την υποκειμενική άποψη του ερευνητή. Η επιλογή αυτή είναι αποτέλεσμα της βιβλιογραφίας παρόμοιων εργασιών [[CITATION 05Δε \l 1032],[CITATION Σέν10 \l 1032], [CITATION Για15 \l 1032], [CITATION Tsa16 \l 1033], [CITATION Κού16 \l 1032], [CITATION Bat16 \l 1032]].

1^η Περίπτωση:

Παρακάτω παρατίθενται οι μεταβλητές με ιεραρχική σειρά ξεκινώντας από εκείνη η οποία πήρε το μεγαλύτερο ποσοστό ως προς την επιρροή της σε πλημμυρικά γεγονότα:

1. Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο με ποσοστό 20%
2. Οι χρήσεις – καλύψεις γης με ποσοστό 20%
3. Η συγκέντρωση ροής με ποσοστό 15%
4. Οι γεωολογικοί σχηματισμοί της περιοχής με ποσοστό 15%
5. Οι μορφολογικές κλίσεις του αναγλύφου με ποσοστό 15%
6. Το υψόμετρο της λεκάνης απορροής με ποσοστό 10%
7. Η μέση ετήσια βροχόπτωση με ποσοστό 5%

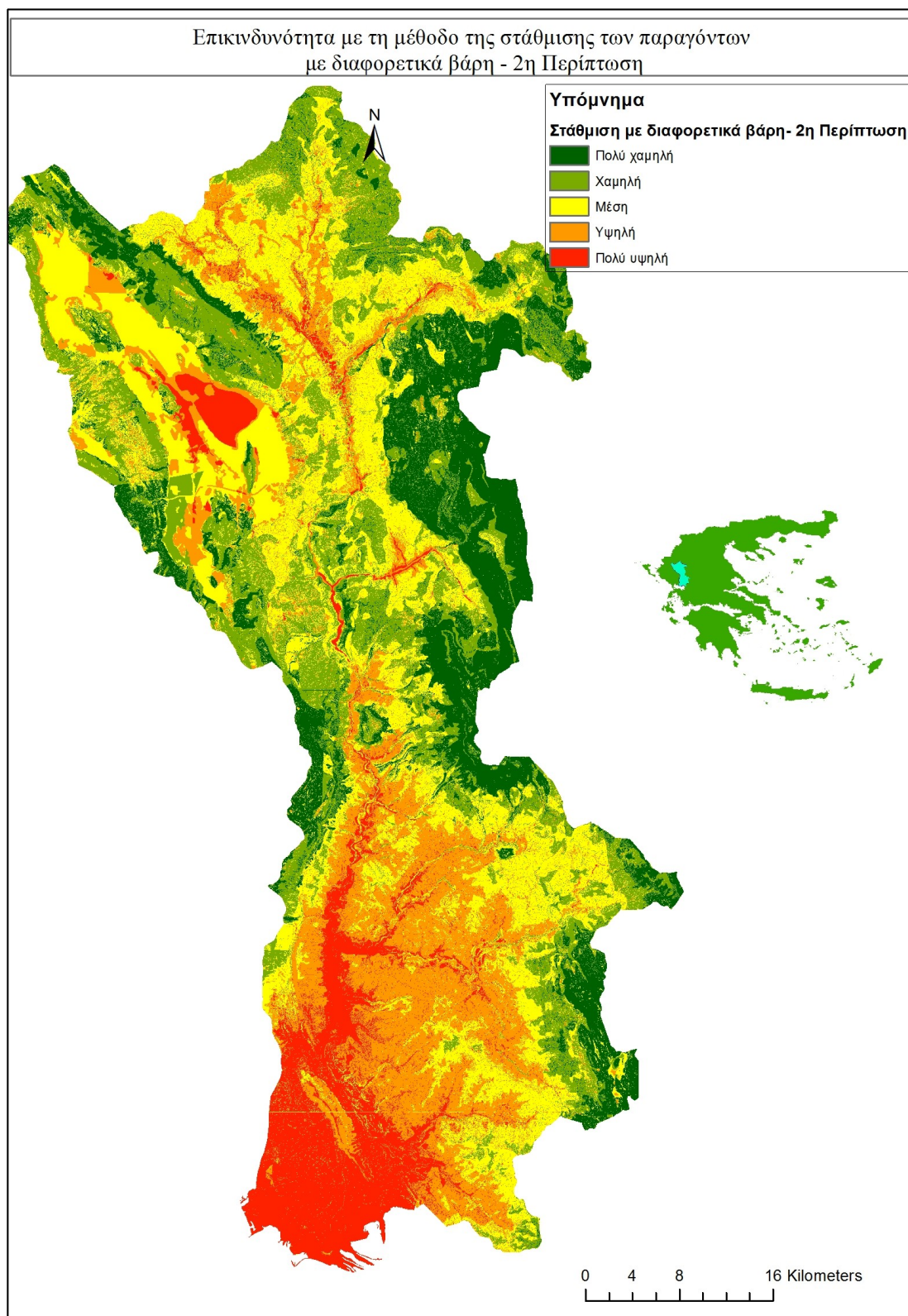


Χάρτης 27 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με διαφορετικά βάρη- 1^η Περίπτωση.
[Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται οι περιοχές πολύ υψηλού και υψηλού κινδύνου να εντοπίζονται κυρίως σε θέσεις πόλεων και οικισμών, σε όλο το μήκος του υδρογραφικού δικτύου και στις παράκτιες περιοχές.

2^η Περίπτωση:

1. Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο με ποσοστό 10%
2. Οι χρήσεις – καλύψεις γης με ποσοστό 15%
3. Η συγκέντρωση ροής με ποσοστό 5%
4. Οι γεωολογικοί σχηματισμοί της περιοχής με ποσοστό 15%
5. Οι μορφολογικές κλίσεις του αναγλύφου με ποσοστό 20%
6. Το υψόμετρο της λεκάνης απορροής με ποσοστό 20%
7. Η μέση ετήσια βροχόπτωση με ποσοστό 15%



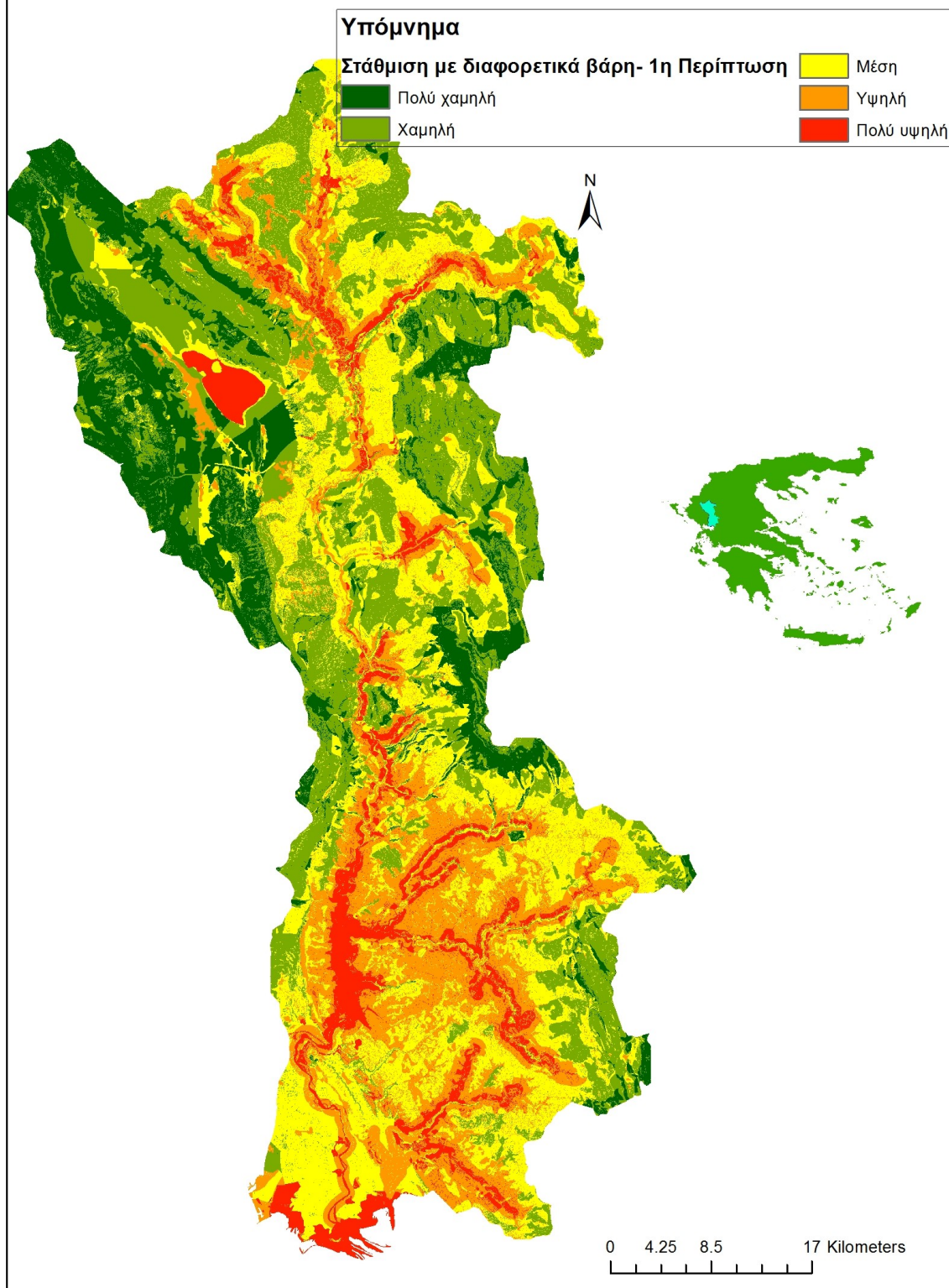
Χάρτης 28 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με διαφορετικά βάρη- 2^η Περίπτωση. [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη η περιοχή Πολύ υψηλής επικινδυνότητας παρουσιάζει εξαιρετικά μεγάλη έκταση (περιορισμός της λεπτομέρειας).

1^η Περίπτωση (χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωση ροής):

1. Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο με ποσοστό 25%
2. Οι χρήσεις – καλύψεις γης με ποσοστό 25%
3. Οι γεωολογικοί σχηματισμοί της περιοχής με ποσοστό 20%
4. Οι μορφολογικές κλίσεις του αναγλύφου με ποσοστό 15%
5. Το υψόμετρο της λεκάνης απορροής με ποσοστό 10%
6. Η μέση ετήσια βροχόπτωση με ποσοστό 5%

Επικινδυνότητα με τη μέθοδο της στάθμισης των παραγόντων
με διαφορετικά βάρη (χωρίς Συγκέντρωση Ροής) - 1η Περίπτωση

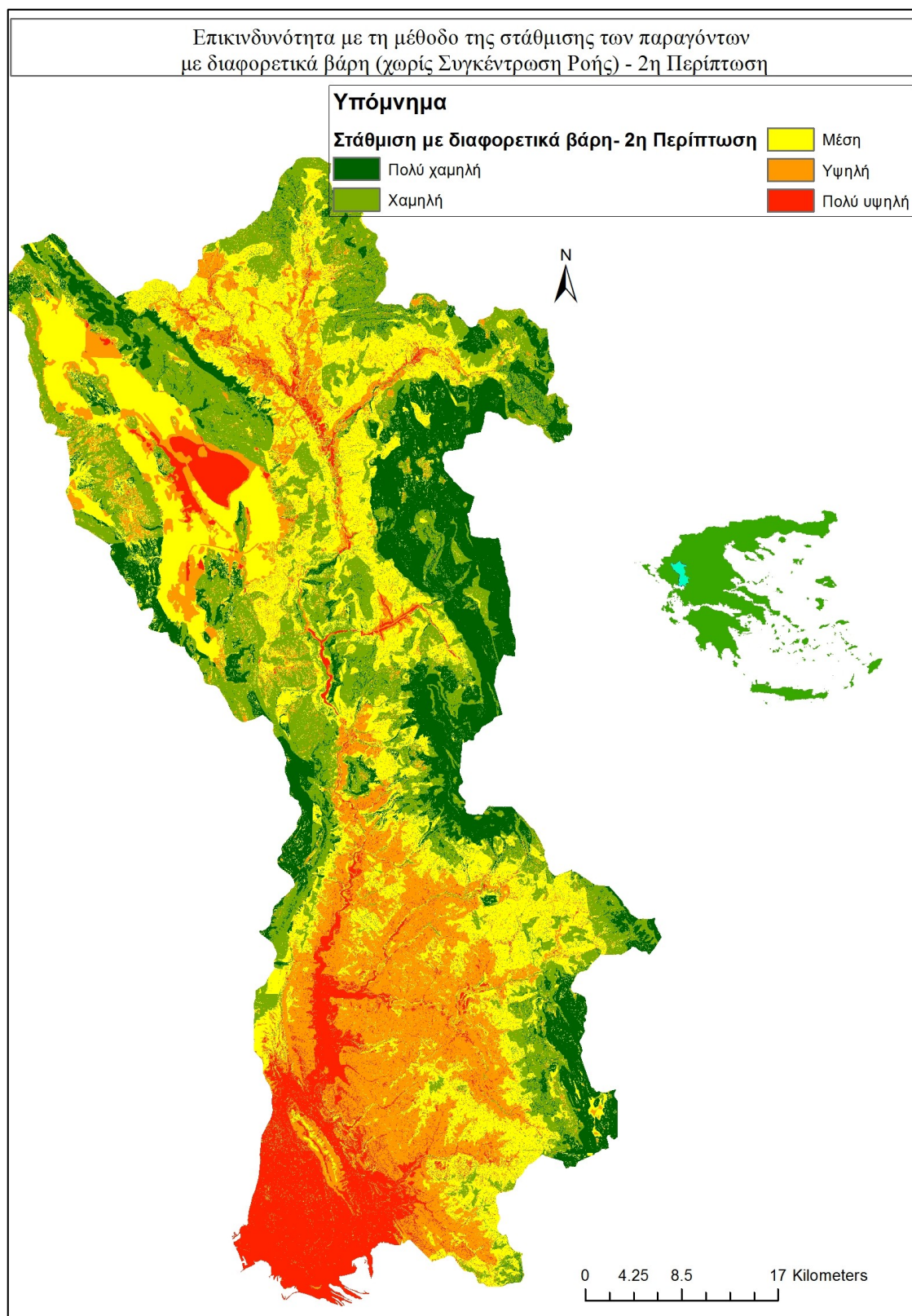


Χάρτης 29 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με διαφορετικά βάρη- 1^η Περίπτωση χωρίς τον
συνυπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωση ροής [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη η περιοχή παρουσιάζεται υψηλή λεπτομέρεια με τις Πολύ υψηλής επικινδυνότητας περιοχές να αντιστοιχούν σε οικισμούς, πόλεις, κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου και στις παράκτιες περιοχές.

2^η Περίπτωση (χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωση ροής):

1. Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο με ποσοστό 10%
2. Οι χρήσεις – καλύψεις γης με ποσοστό 15%
3. Οι γεωολογικοί σχηματισμοί της περιοχής με ποσοστό 15%
4. Οι μορφολογικές κλίσεις του αναγλύφου με ποσοστό 25%
5. Το υψόμετρο της λεκάνης απορροής με ποσοστό 20%
6. Η μέση ετήσια βροχόπτωση με ποσοστό 15%



Χάρτης 30 Απεικόνιση της επικινδυνότητας με τη μέθοδο της στάθμισης με διαφορετικά βάρη- 2^η Περίπτωση χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωση ροής [Επιμέλεια χάρτη: Χασαπίδη Θάλεια]

Στον παραπάνω χάρτη η περιοχή Πολύ υψηλής επικινδυνότητας παρουσιάζει εξαιρετικά μεγάλη έκταση (περιορισμός της λεπτομέρειας).

Επαλήθευση χαρτών

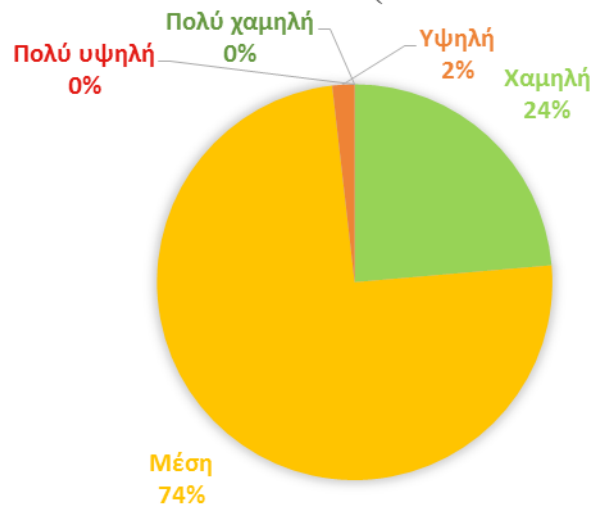
Στο στάδιο αυτό γίνεται προβολή των σημείων πλημμυρικών καταγραφών τόσο ιστορικών (geodata.gov.gr) όσο και προσωπικών καταγραφών του ερευνητή (καταγραφή πλημμυρικών θέσεων κατά την εκπαιδευτική εκδρομή του ΠΜΣ στην περιοχή της Άρτας- Μάρτιος 2015), σε όλους τους χάρτες που παρήχθησαν με τις δύο παραπάνω μεθόδους.

Σκοπός της παραπάνω διαδικασίας είναι να γίνει καταμέτρηση των σημείων πλημμύρας ανά ζώνη επικινδυνότητας. Αποτέλεσμα αυτής της καταμέτρησης είναι τα παρακάτω διαγράμματα ανά περίπτωση.

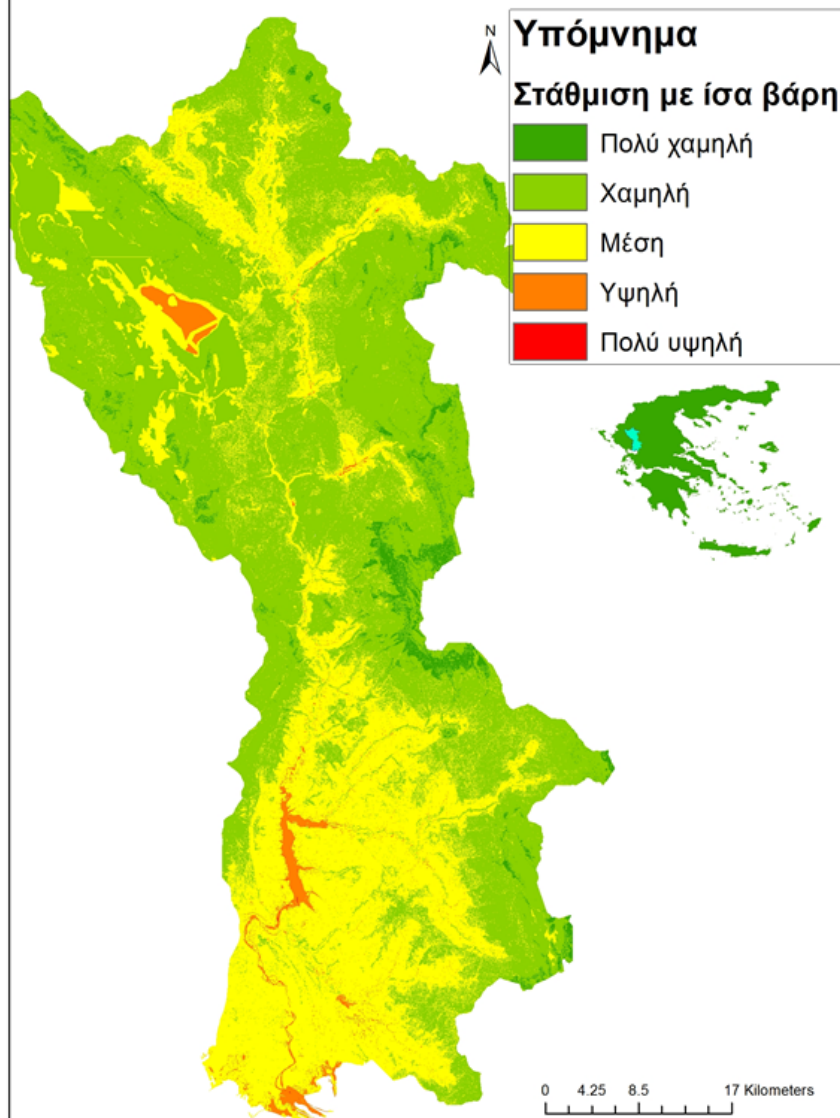
1. Απλή στάθμιση με συνυπολογισμό όλων των παραγόντων (Χάρτης 25):

Στάθμιση με ίσα βάρη (όλοι οι παράγοντες)			
	Σημεία Πλημμύρας 2015 - Στάθμιση με ίσα βάρη (όλοι οι παράγοντες)	Ιστορικά Σημεία Πλημμύρας - Στάθμιση με ίσα βάρη (όλοι οι παράγοντες)	Σύνολο σημείων
Πολύ χαμηλή	0	0	0
Χαμηλή	1	12	13
Μέση	21	20	41
Υψηλή	0	1	1
Πολύ υψηλή	0	0	0

ΣΤΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΊΣΑ ΒΑΡΗ (ΌΛΟΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ)



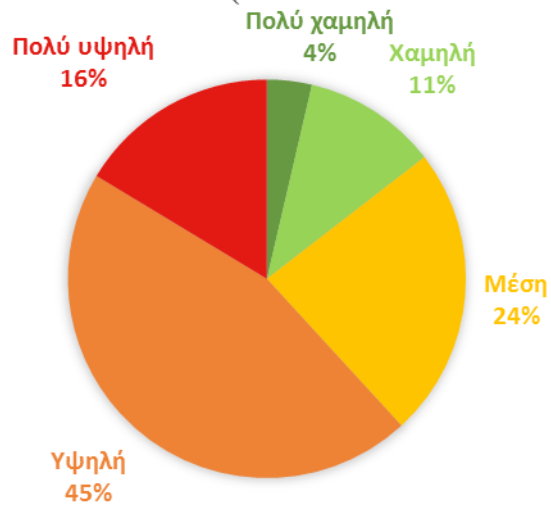
Επικινδυνότητα με τη μέθοδο της στάθμισης των παραγόντων με ίσα βάρη



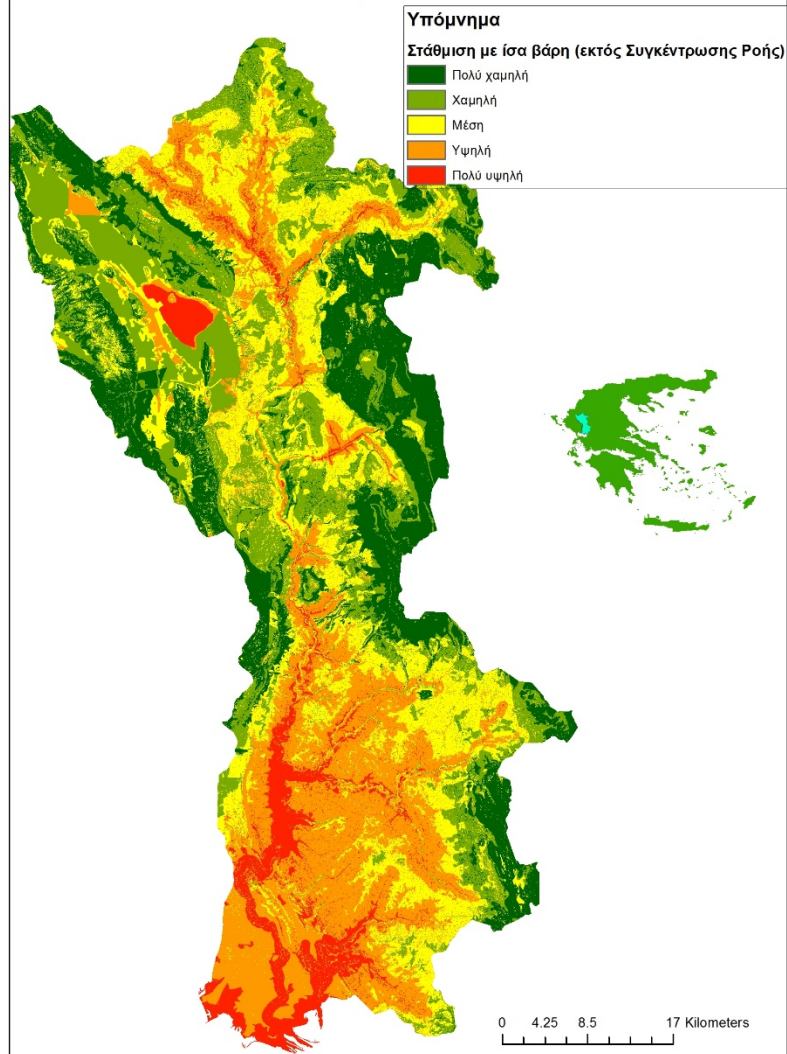
2. Απλή στάθμιση χωρίς τον υπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής
(Χάρτης 26):

Στάθμιση με ίσα βάρη (χωρίς Συγκέντρωση Ροής)			
	Σημεία Πλημμύρας 2015 - Στάθμιση με ίσα βάρη (χωρίς Συγκέντρωση Ροής)	Ιστορικά Σημεία Πλημμύρας - Στάθμιση με ίσα βάρη (χωρίς Συγκέντρωση Ροής)	Σύνολο σημείων
Πολύ χαμηλή	0	2	2
Χαμηλή	0	6	6
Μέση	2	11	13
Υψηλή	14	11	25
Πολύ υψηλή	6	3	9

ΣΤΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΤΣΑ ΒΑΡΗ (ΧΩΡΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ)



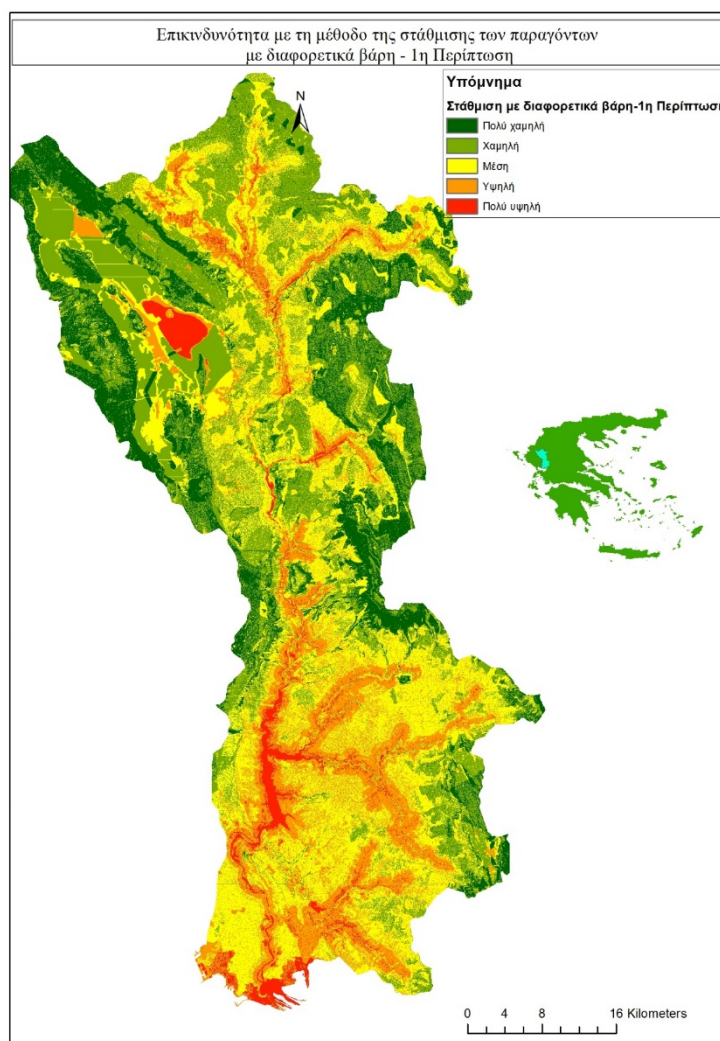
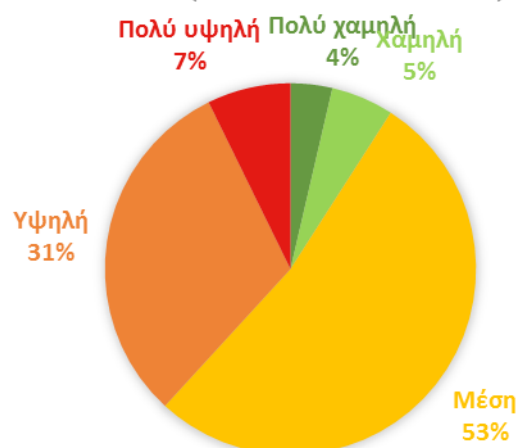
Επικινδυνότητα με τη μέθοδο της στάθμισης των παραγόντων (εκτός της Συγκέντρωσης Ροής)
με ίσα βάρη



3. Στάθμιση με διαφορετικά βάρη 1^η Περίπτωση με τον συνυπολογισμό όλων των παραγόντων (Χάρτης 27):

Στάθμιση με Διαφορετικά βάρη - 1 ^η Περίπτωση (όλοι οι παράγοντες)			
	Σημεία Πλημμύρας 2015 - Στάθμιση με διαφορετικά βάρη (όλοι οι παράγοντες) 1 ^η Περίπτωση	Ιστορικά Σημεία Πλημμύρας - Στάθμιση με διαφορετικά βάρη (όλοι οι παράγοντες) 1 ^η Περίπτωση	Σύνολο σημείων
Πολύ χαμηλή	0	2	2
Χαμηλή	0	3	3
Μέση	12	17	29
Υψηλή	9	8	17
Πολύ υψηλή	1	3	4

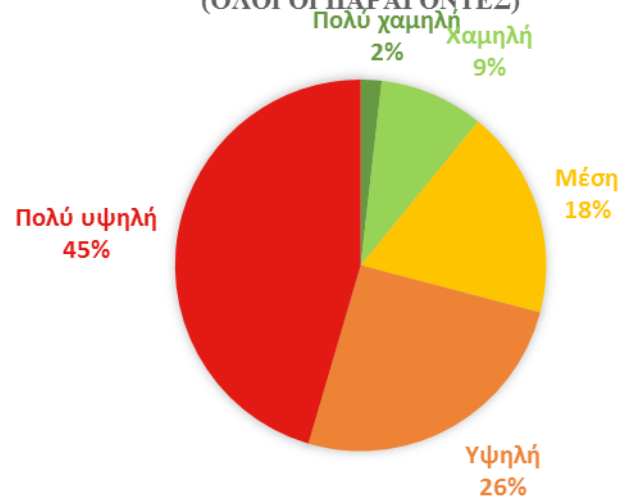
ΣΤΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΒΑΡΗ - 1Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
(ΟΛΟΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ)



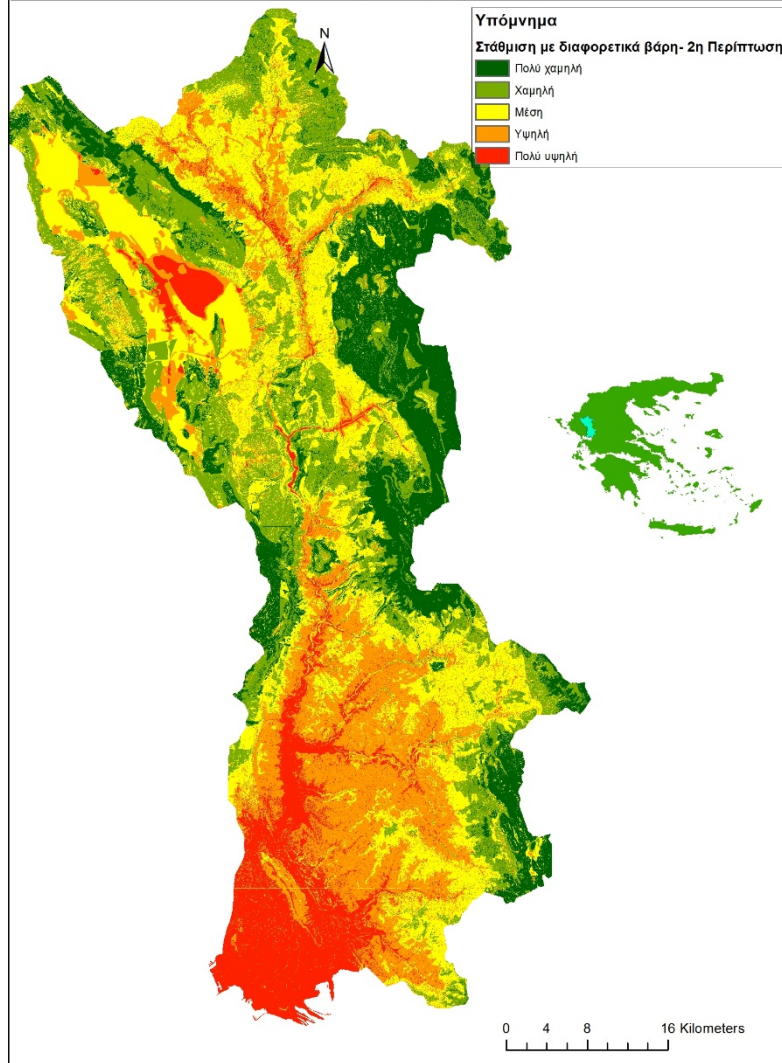
4. Στάθμιση με διαφορετικά βάρη 2^η Περίπτωση με τον συνυπολογισμό όλων των παραγόντων (Χάρτης 28):

Στάθμιση με Διαφορετικά βάρη - 2 ^η Περίπτωση (όλοι οι παράγοντες)			
	Σημεία Πλημμύρας 2015 - Στάθμιση με διαφορετικά βάρη (όλοι οι παράγοντες) 2 ^η Περίπτωση	Ιστορικά Σημεία Πλημμύρας - Στάθμιση με διαφορετικά βάρη (όλοι οι παράγοντες) 2 ^η Περίπτωση	Σύνολο σημείων
Πολύ χαμηλή	0	1	1
Χαμηλή	0	5	5
Μέση	2	8	10
Υψηλή	5	9	14
Πολύ υψηλή	15	10	25

ΣΤΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΒΑΡΗ - 2Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
(ΟΛΟΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ)



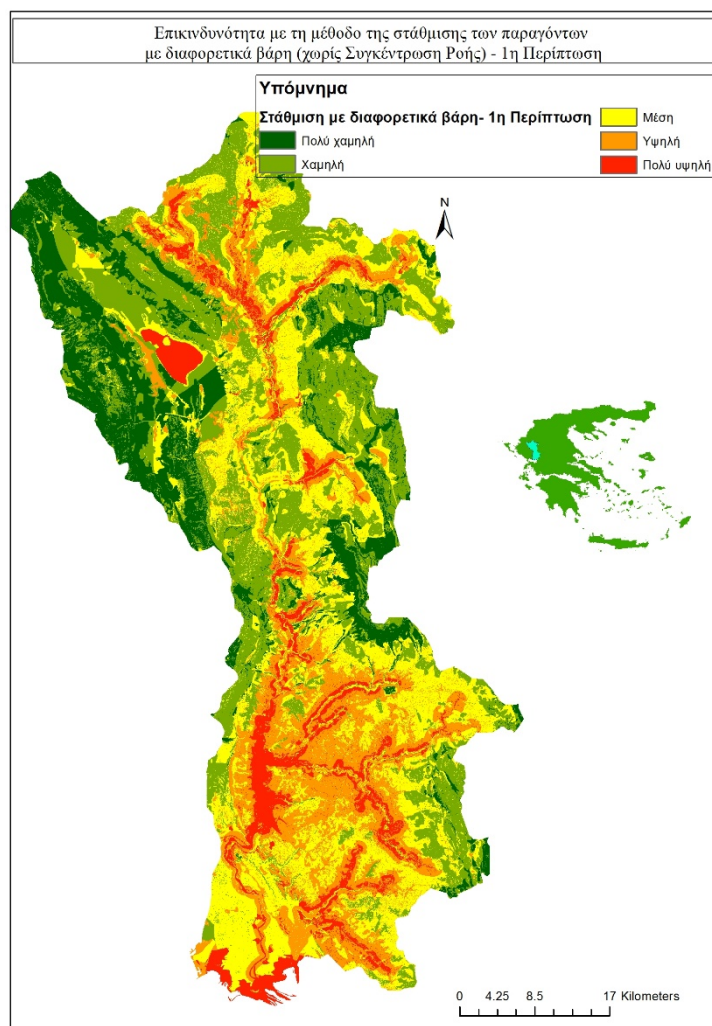
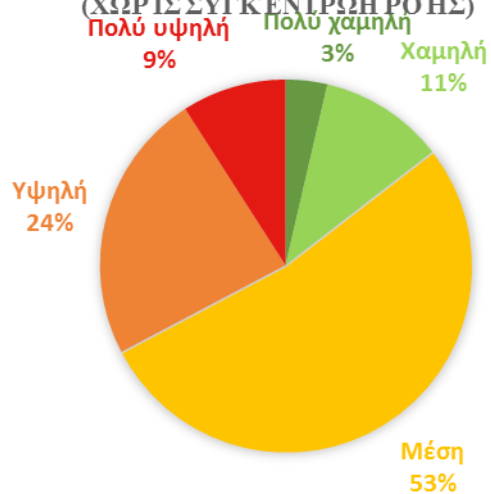
Επικινδυνότητα με τη μέθοδο της στάθμισης των παραγόντων
με διαφορετικά βάρη - 2η Περίπτωση



5. Στάθμιση με διαφορετικά βάρη 1^η Περίπτωση χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της συγκέντρωσης ροής (Χάρτης 29):

Στάθμιση με Διαφορετικά βάρη - 1 ^η Περίπτωση (χωρίς Συγκέντρωση Ροή)			
	Σημεία Πλημμύρας 2015 - Στάθμιση με διαφορετικά βάρη (χωρίς Συγκέντρωση Ροής) 1 ^η Περίπτωση	Ιστορικά Σημεία Πλημμύρας - Στάθμιση με διαφορετικά βάρη (χωρίς Συγκέντρωση Ροής) 1 ^η Περίπτωση	Σύνολο σημείων
Πολύ χαμηλή	0	2	2
Χαμηλή	0	6	6
Μέση	14	15	29
Υψηλή	6	7	13
Πολύ υψηλή	2	3	5

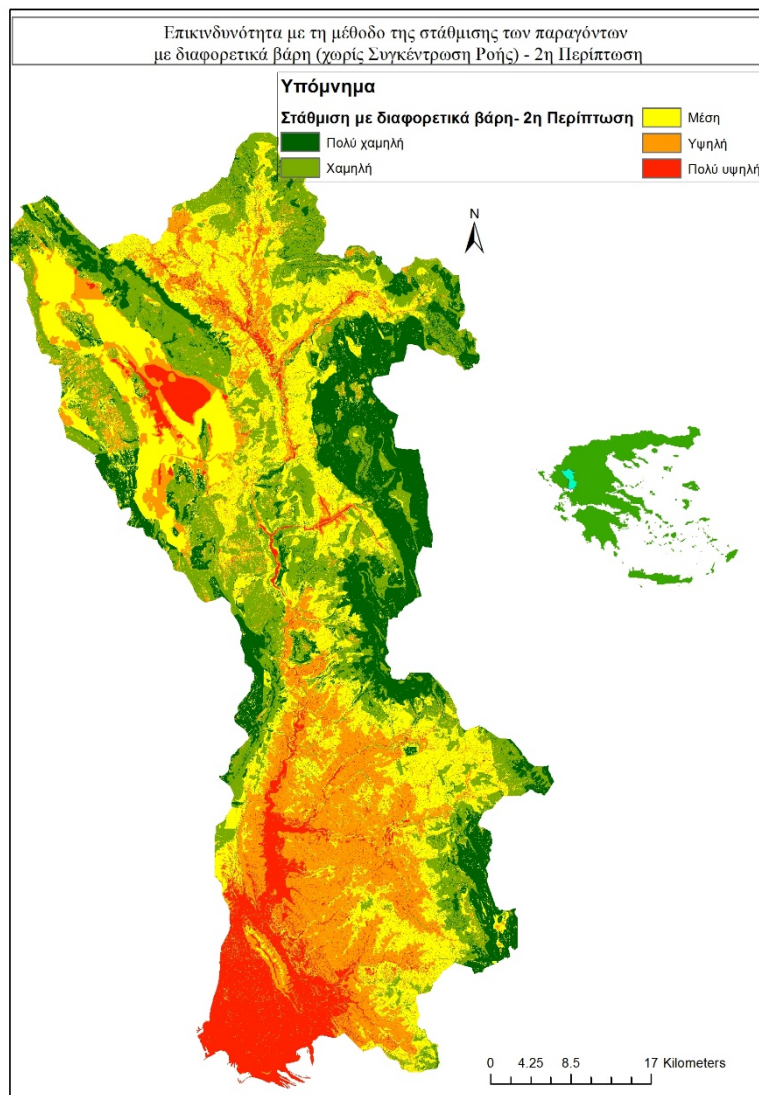
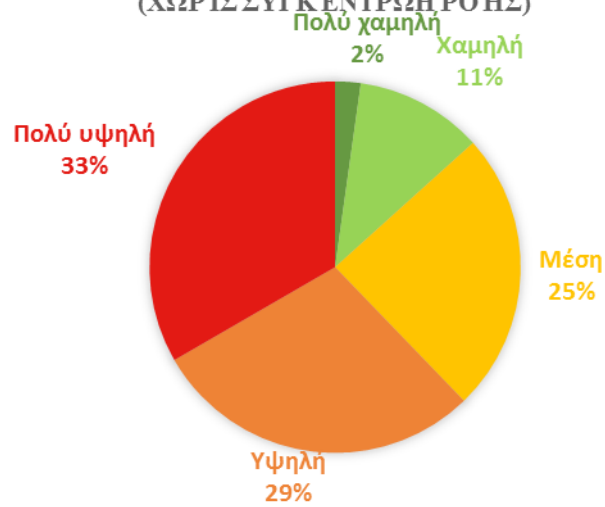
**ΣΤΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΒΑΡΗ - 1Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
(ΧΩΡΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ)**



6. Στάθμιση με διαφορετικά βάρη 2^η Περίπτωση χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της συγκέντρωσης ροής (Χάρτης 30):

Στάθμιση με Διαφορετικά βάρη - 2 ^η Περίπτωση (χωρίς Συγκέντρωση Ροής)			
	Σημεία Πλημμύρας 2015 - Στάθμιση με διαφορετικά βάρη (χωρίς Συγκέντρωση Ροή) 2 ^η Περίπτωση	Ιστορικά Σημεία Πλημμύρας - Στάθμιση με διαφορετικά βάρη (χωρίς Συγκέντρωση Ροή) 2 ^η Περίπτωση	Σύνολο σημείων
Πολύ χαμηλή	0	1	1
Χαμηλή	0	5	5
Μέση	3	8	11
Υψηλή	4	9	13
Πολύ υψηλή	5	10	15

**ΣΤΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΒΑΡΗ - 2Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
(ΧΩΡΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΡΟΗΣ)**



Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Η υδρολογική λεκάνη του Αράχθου χαρακτηρίζεται από χαμηλής υδροπερατότητας γεωλογικούς σχηματισμούς, υψηλό μέσο ετήσιο ύψος βροχής και υψηλές τιμές ραγδαιότητας της βροχόπτωσης σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα. Επίσης, στη λεκάνη αυτή εντάσσεται ένας Υδροηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ, λόγω του οποίου η διαχείριση του νερού σε περιπτώσεις πλημμύρας έχει δημιουργήσει αρνητικά αποτελέσματα. Τέλος, η ίδια λεκάνη χαρακτηρίζεται από οικονομικά στοιχεία όπως η έντονη εξάρτηση των οικονομικών δραστηριοτήτων από τον πρωτογενή τομέα καθώς και κοινωνικά στοιχεία όπως η πληθυσμιακή συρρίκνωση και γήρανση του πληθυσμού. Για όλα τα παραπάνω το υδρολογικό σύστημα του Αράχθου καθίσταται εξαιρετικά τρωτό και έντονα εκτεθειμένο στις μεταβολές του φυσικού περιβάλλοντος

Λόγω του ιστορικού των πλημμυρικών επεισοδίων στην συγκεκριμένη λεκάνη καθώς και του πολύπλοκου υδρολογικού καθεστώτος, που περιεγράφηκε, ένας ακριβής επικαιροποιημένος χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας θα μπορούσε αποτελέσει ένα εργαλείο πρόληψης στα χέρια των τοπικών αρχών για τη διαχείριση των μελλοντικών πλημμυρικών φαινομένων.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας. Για τη δημιουργία αυτού του χάρτη κρίθηκε απαραίτητη η μελέτη των παραγόντων που ενδεχομένως επηρεάζουν την εκδήλωση πλημμύρας όπως το υψόμετρο, οι μορφολογικές κλίσεις, η υδροπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών, οι χρήσεις γης, το μέσο ετήσιο ύψος βροχής, η συγκέντρωση ροής και η κάθετη απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο. Τα δεδομένα αυτά αποτυπώθηκαν σε θεματικούς χάρτες και κατηγοριοποιήθηκαν σε κλάσεις επικινδυνότητας. Το αποτέλεσμα αυτής της κατηγοριοποίησης ήταν η ανάπτυξη χαρτών επικινδυνότητας ανά παράγοντα. Τέλος, για τη δημιουργία των χαρτών συνολικής επικινδυνότητας στηριζόμενης σε όλους τους παράγοντες ακολουθήθηκε η μέθοδος της χαρτογραφικής υπέρθεσης και της στάθμισης των παραγόντων με δύο διαφορετικές μεθόδους.

Η μέθοδος της στάθμισης με ίσα βάρη και τον συνυπολογισμό όλων των παραγόντων παρουσίασε προβλήματα ως προς τη λεπτομέρεια αφού χαρακτήρισε μεγάλης έκτασης περιοχή ως μέσης επικινδυνότητας με πολύ υψηλής επικινδυνότητας περιοχές εξαιρετικά περιορισμένες κυρίως μέσα στην κοίτη του ποταμού. Στην ίδια μέθοδο με την αφαίρεση του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής λόγω επικάλυψής του από τον παράγοντα της κάθετης

απόστασης από υδρογραφικό δίκτυο, ο χάρτης παρουσίασε υψηλή λεπτομέρεια ως προς τις πολύ υψηλής επικινδυνότητας περιοχές.

Η μέθοδος με διαφορετικά βάρη ορισμένα βάση βιβλιογραφικής ανασκόπησης και τον συνυπολογισμό όλων των παραγόντων εφαρμόστηκε για δύο διαφορετικές περιπτώσεις δίνοντας διαφορετικές τιμές στους συντελεστές βαρύτητας των παραγόντων. Η 1^η Περίπτωση παρουσίασε χάρτη με εκτεταμένη περιοχή μέσης επικινδυνότητας, ενώ η ίδια περίπτωση με την αφαίρεση του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής έδωσε χάρτη με μεγαλύτερη περιοχή υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας.

Στη 2^η Περίπτωση και με το συνυπολογισμό όλων των παραγόντων η περιοχή πολύ υψηλής επικινδυνότητας παρουσίασε εξαιρετικά μεγάλη έκταση, ενώ με την αφαίρεση του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες αλλαγές.

Λαμβάνοντας ως παραδοχή ότι ο πιο έγκυρος χάρτης είναι αυτός στον οποίο το μεγαλύτερο ποσοστό των σημείων εντάσσονται στις κατηγορίες πολύ υψηλής και υψηλής επικινδυνότητας. Το μεγαλύτερο ποσοστό (45%) σημείων πλημμύρας που αντιστοιχεί σε ζώνη πολύ υψηλής επικινδυνότητας παρουσιάζει η Στάθμιση με διαφορετικά βάρη της 2^{ης} περίπτωσης με το συνυπολογισμό όλων των παραγόντων, ενώ ακολουθεί με λίγο μικρότερο ποσοστό (33%) η Στάθμιση με διαφορετικά βάρη χωρίς τον συνυπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής. Ωστόσο η περιοχή πολύ υψηλής επικινδυνότητας στους συγκεκριμένους χάρτες (Χάρτης 29 και 30) είναι εκτεταμένη οπότε είναι λογικό τα σημεία πλημμυρών να εντοπίζονται μέσα σε αυτή την περιοχή.

Οι χάρτες που παρήχθησαν με τη Στάθμιση με ίσα βάρη χωρίς τον υπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής, Στάθμιση με διαφορετικά βάρη, της 2^{ης} Περιπτώσεως με τον συνυπολογισμό όλων των παραγόντων και Στάθμιση με διαφορετικά βάρη, της 2^{ης} Περιπτώσεως χωρίς τον υπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής, παρουσίασαν τα μεγαλύτερα ποσοστά σημείων πλημμύρας που αντιστοιχούν στις πολύ υψηλής και υψηλής επικινδυνότητας περιοχές, 61%, 71% και 62% αντίστοιχα. Από αυτούς, έχοντας ως κριτήριο την λεπτομέρεια (περιορισμένη έκταση των πολύ υψηλής και υψηλής επικινδυνότητας περιοχών), πιο λεπτομερής κρίθηκε εκείνος με τη Στάθμιση με ίσα βάρη χωρίς τον υπολογισμό του παράγοντα της Συγκέντρωσης ροής.

Βιβλιογραφία

- Αθανασόπουλος, Σ., Α. Αναστόπουλος, Θ. Δόλκας, Ε. Δρόσος, Ο. Καρασαχινίδης, Α. Καπλανίδης, Γ. Μπαϊρακτάρης, και συν. 2006. *Τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές*. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, Ειδική Γραμματεία Γ' Κ.Π.Σ.
- Baltas, E. A. 2012. «DEVELOPMENT OF A REGIONAL MODEL FOR HYDROPOWER POTENTIAL.» *Global NEST Journal* 14: 442-449.
- Bathrellos, G. D., E. Karymbalis, H. D. Skilodimou, K. Gaki- Papanastassiou, and E. A. Baltas. 2016. "Urban flood hazard assessment in the basin of Athens Metropolitan city, Greece." *Environ Earth Sci* 75:319. doi:10.1007/s12665-015-5157-1.
- Bracken, L. J., N. J. Cox, και J. Shannon. 2008. «The relationship between rainfall inputs and flood generation in south-east Spain.» *HYDROLOGICAL PROCESSES* 22: 683-696.
- Cardona, Omar-Dario, Maarten K. van Aalst, Jörn Birkmann, Maureen Fordham, Glenn McGregor, Rosa Perez, Roger S. Pulwarty, και συν. 2012. *Determinants of Risk: Exposure and Vulnerability*. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, 65-108. http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-Chap2_FINAL.pdf.
- Copernicus-Ems. 2015. *Πλημμυρισμένες εκτάσεις σύμφωνα με το Copernicus- Ems 02-02-2015*. Άρτα: Πολιτική Υπηρεσία Άρτας.
- Dasgupta, S., B. Laplante, S. Murray , και D. Wheeler . 2009. *Climate Change and the Future Impacts of Storm-Surge Disasters in Developing Countries*. Washington D.C.: Center for Global Development. http://issuu.com/cgdpubs/docs/future_storm-surge_disasters-final/13?e=0.
- Ecoflow, Project. 2014. *Ecoflow*. <http://www.ecoflow.gr/el/%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%87%CE%B5%CF%83-%CE%BC%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%83/74-%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%AC%CF%81%CE%B1%CF%87%CE%B8%CE%BF%CF%82>.
- Katsafados, Petros, Stamatis Kalogirou, Anastasios Papadopoulos, και Gerasimos Korres. 2012. *Mapping long-term atmospheric variables over Greece*. Athens: Journal of Maps.
- Martin- Vide, Javier. 2004. «SPATIAL DISTRIBUTION OF A DAILY PRECIPITATION CONCENTRATION.» *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY* 24: 959-971. doi:10.1002/joc.1030.
- Martini, F, και R., Loat., 2007. *Handbook on good practices for flood mapping in Europe*. Paris/Bern: European exchange circle on flood mapping (EXCIMAP).
- Open eClass. 2014. «TEIATH Open eClass.» <https://eclass.teiath.gr/modules/document/file.php/PEY132/%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%BF%CE%AE.pdf>.
- Papanikolaou, D., H. Bargathi, C. Dabovski, R. Dimitriu, A. El-Hawat, D. Ioane, H. Kranis, και συν. 2004. «Transect VII: East European Craton – Scythian Platform – Dobrogea – Balkanides – Rhodope Massif – Hellenides – East Mediterranean – Cyrenaica.» Στο *The TRANSMED Atlas, The Mediterranean Region from Crust to Mantle*, μοντάζ: D. Papanikolaou και H. Kranis, 24. Athens: 32nd International Geological Congress.
- Smith , K, και R Ward. 1998. *Smith K, Ward R χFloods: Physical Processes and Human Impacts*. London: John Wiley & Sons Ltd. 1st. London: John Wiley & Sons Ltd.

- Smith, K, και R., Ward,. 1998. *Floods: Physical Processes and Human Impacts*. London: John Wiley & Sons Ltd.
- StatTrek.com. 2017. *Stat Trek- Teach yourself statistics*. <http://stattrek.com/regression/residual-analysis.aspx?Tutorial=AP>.
- Sykes, Alan O. 1986. *The Inaugural Coase Lecture - An Introduction to Regression Analysis*. Chicago: Chicago Working Paper in Law & Economics.
- Thywissen, K. 2006. *Core terminology of disaster risk reduction: A comparative glossary*. In: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards*. Tokyo, Japan: UNU Press, 448-496.
- Tsanakas, Konstantinos , Kalliopi Gaki-Papanastassiou, Kleomenis Kalogeropoulos, Christos Chalkias, Petros Katsafados, και Efthimios Karymbalis. 2016. «Investigation of flash flood natural causes of Xirolaki Torrent, Northern Greece based on GIS modeling and geomorphological analysis.» *Natural Hazards, Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*. doi:10.1007/s11069-016-2471-1.
- UN/ISDR. 2009. *Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR)*. <http://www.unisdr.org/2004/wcdr-dialogue/terminology.htm>.
- UNDP. 2004. *United Nations Development Program* .
- Ward, RC, και M Robinson. 2000. *Principles of Hydrology*. 4th Edition. London: McGraw-Hill.
- Αργυράκης, Ι. 2010. *Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς*. http://library.tee.gr/digital/m2483/m2483_argirakis.pdf.
- Βαλκάνου. 2016.
- Βοζινάκη,, Ανθή- Ειρήνη Κ.,. 2014. *Διδακτορική Διατριβή: Ένα Ολοκληρωμένο Σύστημα Εκτίμησης της Επικινδυνότητας και των Επιπτώσεων Πλημμυρικών Φαινομένων*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης- Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος- Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών- «Υγειονομική και Περιβαλλοντική Μηχανική».
- Βουδούρης, Κώστας. 2006. *Ηλεκτρονικό Μάθημα: Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος*. Θεσσαλονίκη: ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας.
- . 2006. *Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος*. 1η. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας.
- Γιαμαλάκη, Δέσποινα. 2015. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία: Εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας περιοχών της περιφερειακής ενότητας Αχαΐας & Κατευθύνσεις βιώσιμου χωρικού σχεδιασμού*. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, ΠΜΣ Εφαρμοσμένης Γεωγραφίας και Διαχείρισης του Χώρου, Κατεύθυνση Γεωπληροφορικής.
- ΔΕΗ. 2012. *ΜΥΗΕ ΠΟΥΡΝΑΡΗ ΙΙΙ, Περιβαλλοντική έκθεση*. ΑΘΗΝΑ: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε.
- Διακάκης,, Μιχάλης. 2012. *Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας με τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης*. ΑΘΗΝΑ: ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.
- Δρόσου, Αθηνά Π. 2015. *Κατάρτιση πλημμυρικών χαρτών στον Άραχθο ποταμό*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων. 2012. *Προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνων πλημμύρας*. Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Υδάτων.

- ΕΜΠ. 2015. «ΠΡΟΔΡΟΜΗ ΕΚΘΕΣΗ ΟΜΑΔΑΣ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΩΝ ΤΟΥ Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ.» 6 Μάρτιος. <http://gefyri-plakas.ntua.gr/prodromi-ekthesi>.
- Κανελοπούλου, Ε., και Κ. Παγώνης. 2003. *Η μέση ραγδιότητα των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα*. Paper, Αθήνα: Εργαστήριο Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καρύμπαλης, Ε., Κ. Γάκη- Παπαναστασίου, και Χ. Μαρουκιάν. 2005. «Η συμβολή των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου του Μεγάλου Ρέματος Ραφήνας και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην εκδήλωση πλημμυρών.» *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας/ Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.* XXXVIII: 171-181.
- Καρύμπαλης, Ευθύμιος, Καλλιόπη Γάκη- Παπαναστασίου, Πέτρος Κατσαφάδος, και Αρχόντω Σενή . 2010. «Εκτίμηση διακινδύνευσης σε πλημμυρικά φαινόμενα στο Νομό Μαγνησίας.» Αθήνα: 9ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Ελληνική Γεωγραφική Εταιρεία.
- Κατσάνου, Κωνσταντίνα. 2012. *Περιβαλλοντική Υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης του Λούρου ποταμού*. 1η. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και Γεωφυσικής, Εργαστήριο Υδρογεωλογίας.
1988. *Ανταύγειες από το Παρελθόν- Τα Πετρογέφυρα*. Σκηνοθεσία: Γιώργος Κολόζης. Παραγωγή: ΕΡΤ ΑΕ.
- Κονταξής, Δημήτρης. 2013. *Μελέτη γεωλογικής καταλληλότητας για την έγκριση τοπικού ρυμοτομικού σχεδίου για την ανέγερση νέου πολεμικού μουσείου στο Τ.Κ. Καλπακίου Τεχνικογεωλογική Έκθεση*. Ιωάννινα: Δήμος Παγωνίου.
- Κούγιας, Ευάγγελος. 2016. *Εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου της λεκάνης απορροής του Λούσιου ποταμού (Πελοπόννησος), Διπλωματική Εργασία του Ευάγγελου Κούγια*. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Μαρκώνη, Α. Κουκουβίνο, Ν. Μαμάσης, Θ. Φορνιέ, Σ. Λεβέντης, Μ. Γατόπουλος, και Γ. Γερμανόπουλος. 2010. *Υδρολογική Μελέτη των πλημμυρών του Ποταμού Αράχθου - Οριστική Οριοθέτηση Τμήματος Κοίτης Ποταμού Αράχθου που Διέρχεται στα Όρια του Δήμου Αρταίων*. Αθήνα: Δήμος Αρταίων.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Μαρκώνη, Α. Κουκουβίνος, Ν. Μαμάσης, Θ. Φορνιέ, Σ. Λεβέντης, Μ. Γατόπουλος, και Γ. Γερμανόπουλος. 2010. *Υδρολογική μελέτη πλημμυρών Αράχθου, Οριστική Οριοθέτηση Τμήματος Κοίτης Ποταμού Αράχθου που Διέρχεται στα Όρια του Δήμου Αρταίων*. ΑΔΚ - Αρώνης – Δρέττας – Καρλαύτης Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ, ΥΔΡΟΤΕΚ - Υδραυλικές Μελέτες ΑΕ, Β. Μούζος.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος. 1999. *Τεχνική Υδρολογία*. 3η. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Τομέας Υδατικών Πόρων.
- Κουτσογιάννης, Δημήτρης , Ανδρέας Ευστρατιάδης, Νίκος Μαμάσης, Παναγιώτης Δημητριάδης, και Αλέξανδρος Μαχαίρας. 2013. *ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων- Ενότητας Εργασίας 3: "Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένων εργαλείων υδρολογίας"*. Αθήνα: Δράση «Συνεργασία» ΕΣΠΑ 2007-2013 Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας.
- Κρούσκα, Ζωή. 2014. *Πλημμυρικός Κίνδυνος στο Θριάσιο Πεδίο*. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Λέκκας, Ευθύμιος. 2000. *Φυσικές & Τεχνολογικές Καταστροφές*. Β' Έκδοση. Αθήνα: Access Pre-Press.
- Λουπασάκης, Κωνσταντίνος. 2014. *Στο Σημειώσεις Διαλέξεων μαθήματος "Τεχνική Γεωλογία Ι"*. ΕΜΠ.

- Μαμάσης, Νικόλαος. 2014. *Πανεπιστημιακές σημειώσεις μαθήματος Φυσικών Καταστροφών*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μαντζάρας. 1996. *Μελέτης Διευθέτησης - εγκαθιτισμού κοίτης π. Αράχθου και προστασίας παρόχθιων περιοχών*. Αθήνα: ΥΠΕΧΩΔΕ.
- Μερτζάνης, Αριστείδης. 1992. *Γεωμορφολογική εξέλιξη του Αμβρακικού κόλπου*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μιμίκου, ΜΑ, και ΕΑ Μπαλτάς. 2006. *Τεχνική υδρολογία*. 4η. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Μιμίκου, Μ. Α. . 2004. «Assessment and Exploitation of Water Resources in Ipeiros.» Laboratory of Hydrology and Water Resources Management, Department of Water Resources & Maritime Engineering, Faculty of Civil Engineering, N.T.U.A. http://www.giannena-e.gr/sygxrona_themata/perivallon/%CE%95%CE%BA%CF%84%CE%AF%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%91%CE%BE%CE%B9%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CF%89%CE%BD%20%CE%A5%CE%B4%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%.
- ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ. 2007. *ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ*. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=VWgl%2b6AhMdU%3d&tabid=252>.
- Παπαδόπουλος, Γ. 1992. *Ανάλυση Παλινδρόμησης*. Αθήνα: Εργαστήριο. Μαθηματικών & Στατιστικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Πεντέρης, Δημήτρης. 2014. *Εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου στην υπολεκάνη απορροής του Βουραϊκού ποταμού με τη χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)*. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Πισπιρίγκος, Πέτρος, Δημήτριος Καλιαμπάκος, Μαρία Μιμίκου, και Νικόλαος Μαμάσης. 2008. *Μελέτη ολοκληρωμένης διαχείρισης διασυνωριακών ποταμών: η περίπτωση του Έβρου*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών .
- Σαπουντζάκη, Καλλιόπη, και Μιράντα Δανδουλάκη. 2015. *Κίνδυνοι και Καταστροφές, Έννοιες και Εργασία Αξιολόγησης, Προστασίας, Διαχείρισης*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών(ΣΕΑΒ), www.kallipos.gr.
- Σερβετάς, Ηλίας , Χρήστος Τσιρογιάννης, Αγγελος Σακκάς, Σοφία Μωραΐτη, και Γεώργιος Τάλαρος. 2015. *Παραχώρηση ομιλίας για το πλημμυρικό συμβάν στους χώρους του Δημαρχείου Άρτας* (27 Μάρτιος).
- Στρατηγικός Σχεδιασμός Περιφέρειας Ηπείρου. 2011. *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Ηπείρου 2012-2014, Ενότητα Α'*. Περιφέρεια Ηπείρου.
- Υπ. Εσωτερικών και Διοικητικής Ανασυγκρότησης. 2015. www.ypes.gr. <http://www.ypes.gr/el/Regions/Aytodioikhsh/Perifereies/Perifereiakesenothtes/>.
- ΥΠΑΠΕΝ. 2016. *ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ Διαβούλευση των Σχεδίων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων*. http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=11&Itemid=12.
- ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Υδάτων. 2012. *Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων, Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου*. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
- Φέρμελη, Γεωργία, Κατερίνα Σαμαρά , Αναστασία Κουτσουβέλη, και Μιχάλης Δερμιτζάκης . 2014. *Η Διδασκαλία των Γεωεπιστημών μέσα στην τάξη «Γεωλογικός Χρόνος»*. 1st. Αθήνα: GEOSchools - Εκπαιδευτικές Δραστηριότητες, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. http://geoschools.geol.uoa.gr/cms_images/RESOURCES/TEACHING%20MODULES/timeandevolution.pdf.

Φουμέλης, Μ. 2004. *Χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και τηλεπισκόπησης για την εκπόνηση χαρτών επικινδυνότητας σε κατολισθητικά και πλημμυρικά φαινόμενα*. Αθήνα: Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών