



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων

Συνεργαζόμενοι φορείς:



ΕΤΜΕ: Πέππας & Συνεργάτες Ε.Ε.



Γραφείο Μαχάιρα Α.Ε.



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος



Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών – Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης

Ενότητα Εργασίας 2

Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Παραδοτέο Π2.1

Γεωγραφικά δεδομένα και επεξεργασίες

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

1	Εισαγωγή	4
1.1	Αντικείμενο του τεύχους - Ιστορικό	4
1.2	Διάρθρωση του τεύχους.....	5
2	Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ) και τυπικές χωρικές επεξεργασίες	6
2.1	Μοντέλα δεδομένων	7
2.2	Αποθήκευση δεδομένων	7
2.3	Επεξεργασίες στα διανυσματικά μοντέλα δεδομένων.....	8
2.4	Επεξεργασίες στα μοντέλα ψηφιδωτής διαμέρισης.....	9
3	Χαρακτηριστικά μεγέθη λεκάνης απορροής	10
3.1	Βασικές έννοιες.....	10
3.2	Μορφολογικά χαρακτηριστικά	10
3.2.1	Γεωμετρία	10
3.2.2	Υψομετρία	10
3.2.3	Υδρογραφικό δίκτυο.....	11
3.3	Έδαφος, υδατοπερατότητα, φυτοκάλυψη.....	11
4	Επεξεργασίες σε ΣΓΠ για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών λεκάνης απορροής	12
4.1	Επεξεργασίες για τον υπολογισμό των μορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης	12
4.1.1	Διεύθυνση ροής (flow direction)	12
4.1.2	Συγκέντρωση ροής (flow accumulation).....	13
4.1.3	Προσδιορισμός υδρογραφικού δικτύου (Threshold).....	13
4.1.4	Σύνδεση υδατορευμάτων (stream link)	13
4.1.5	Μήκος ροής (flowlength)	14
4.1.6	Τάξη υδατορεύματος (stream order)	14
4.2	Επεξεργασίες για τον υπολογισμό του συντελεστή απορροής παροχής αιχμής.....	14
4.3	Επεξεργασίες για τον υπολογισμό του χρόνου συγκέντρωσης	15
4.4	Επεξεργασίες για τον υπολογισμό του αριθμού καμπύλης απορροής.....	16
5	Γεωγραφικά δεδομένα του έργου, επεξεργασίες και αποθήκευσή τους	18
5.1	Επίπεδα γεωγραφικής πληροφορίας	18
5.2	Πρωτογενή και παράγωγα δεδομένα	18
5.3	Αποθήκευση δεδομένων	20

6 Θεματικά επίπεδα και χαρακτηριστικά μεγέθη για τις λεκάνες του έργου	24
6.1 Λεκάνη απορροής Σαρανταπόταμου	24
6.2 Λεκάνη απορροής Νέδοντα	26
6.3 Λεκάνη απορροής Λούσιου	28
6.4 Λεκάνη απορροής άνω ρου ρέματος Χαλανδρίου	30
6.5 Λεκάνη απορροής ρέματος Ραφήνας.....	32
6.6 Λεκάνες απορροής στην Κύπρο	34
Αναφορές	36

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο του τεύχους - Ιστορικό

Στα πλαίσια της Δράσης «Συνεργασία» του ΕΣΠΑ 2007-2013, η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας ανέθεσε στη σύμπραξη τεσσάρων φορέων (ΕΤΜΕ: Πέππας & Συνεργάτες, Γραφείο Μαχαίρα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, και Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) το ερευνητικό έργο “*ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων*”. Το έργο αποσκοπεί στην ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένων μεθοδολογιών μοντελοποίησης και πρόγνωσης των ισχυρών καταιγίδων και των επαγόμενων πλημμυρικών φαινομένων, προσαρμοσμένων στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών υδροκλιματικών και γεωμορφολογικών συνθηκών. Στα πλαίσια του έργου προβλέπεται η ανάπτυξη ενός δικτύου ερευνητικών λεκανών, υφιστάμενων και νέων, στην Ελλάδα και την Κύπρο. Από την ανάλυση των δεδομένων πεδίου (υδρολογικών, μετεωρολογικών, γεωγραφικών) των εν λόγω λεκανών θα εξαχθούν φυσικά τεκμηριωμένες περιοχικές σχέσεις για την εκτίμηση χαρακτηριστικών υδρολογικών μεγεθών σχεδιασμού. Ακόμη, θα αναπτυχθούν υδρολογικά-υδραυλικά μοντέλα που θα ολοκληρωθούν σε ένα επιχειρησιακό σύστημα υδρομετεωρολογικής πρόγνωσης. Τέλος, προβλέπεται η προετοιμασία (υπό μορφή προσχεδίου για επιστημονική συζήτηση) ενός πλαισίου κριτηρίων σχεδιασμού και μεθοδολογιών εκπόνησης μελετών υδρολογίας αντιπλημμυρικών έργων.

Σκοπός της Ενότητας Εργασίας 2 με τίτλο “Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων” είναι η παραγωγή της αναγκαίας υποδομής σε δεδομένα, τα οποία θα αξιοποιηθούν στις αναλύσεις των ενοτήτων εργασίας 3 και 4 (δηλαδή στην ανάπτυξη των μεθοδολογιών και υπολογιστικών εργαλείων εκτίμησης των πλημμυρικών ροών). Η υποδομή αυτή περιλαμβάνει στατικές και δυναμικές πληροφορίες, ήτοι γεωγραφικά δεδομένα και χρονοσειρές.

Αντικείμενο του παρόντος τεύχους αποτελεί το Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ) του έργου και η περιγραφή τόσο των χωρικών δεδομένων που αποθηκεύονται σε αυτό όσο και των επεξεργασιών που εφαρμόζονται στα δεδομένα. Ειδικότερα στα στατικά-γεωγραφικά δεδομένα του συνολικού δικτύου (υφιστάμενες και νέες λεκάνες) εντάσσονται:

- Τα επίπεδα γεωγραφικής πληροφορίας που αναφέρονται στις πιλοτικές λεκάνες (ψηφιακό μοντέλο εδάφους, θέσεις σταθμών, όρια υπολεκανών, υδρογραφικό δίκτυο, χρήσεις γης) και
- Τα γεωμετρικά μεγέθη πιλοτικών λεκανών και υδρογραφικού δικτύου (δείκτες σχήματος λεκάνης, μηκοτομή κύριου υδατορεύματος, χαρακτηριστικές κλίσεις, μήκη ανάπτυξης και λοιπά γεωμετρικά χαρακτηριστικά).

Τα γεωγραφικά δεδομένα οργανώθηκαν σε επίπεδα πληροφορίας. Με την υποστήριξη ενός συστήματος γεωγραφικής πληροφορίας πραγματοποιούνται η προβολή και διαχείριση των θεματικών επιπέδων, καθώς και οι τυπικές και εξειδικευμένες χωρικές επεξεργασίες που απαιτούνται για την παραγωγή των δευτερογενών δεδομένων. Οι τελευταίες αφορούν στον

υπολογισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών των λεκανών που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη των περιοχικών σχέσεων της ενότητας εργασίας 3.

Η ομάδα εκπόνησης του παρόντος τεύχους είναι:

- Αντώνης Κουκουβίνος, Τοπογράφος Μηχανικός, DEA Γεωγραφίας
-

Συντονιστής του συνόλου των εργασιών της Ενότητας Εργασίας 2 είναι ο Δ. Κουτσογιάννης, Καθηγητής ΕΜΠ.

1.2 Διάρθρωση του τεύχους

Το τεύχος αποτελείται από έξι κεφάλαια.

Το πρώτο κεφάλαιο είναι η παρούσα εισαγωγή

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνεται μία γενική παρουσίαση των Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ) και των τυπικών χωρικών επεξεργασιών που μπορούν να γίνουν στα συστήματα αυτά.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τυπικά χαρακτηριστικά μεγέθη των λεκανών απορροής (γεωμετρικά, υψομετρικά, υδρογραφικό δίκτυο, κάλυψη γης, υδατοπερατότητα πετρωμάτων).

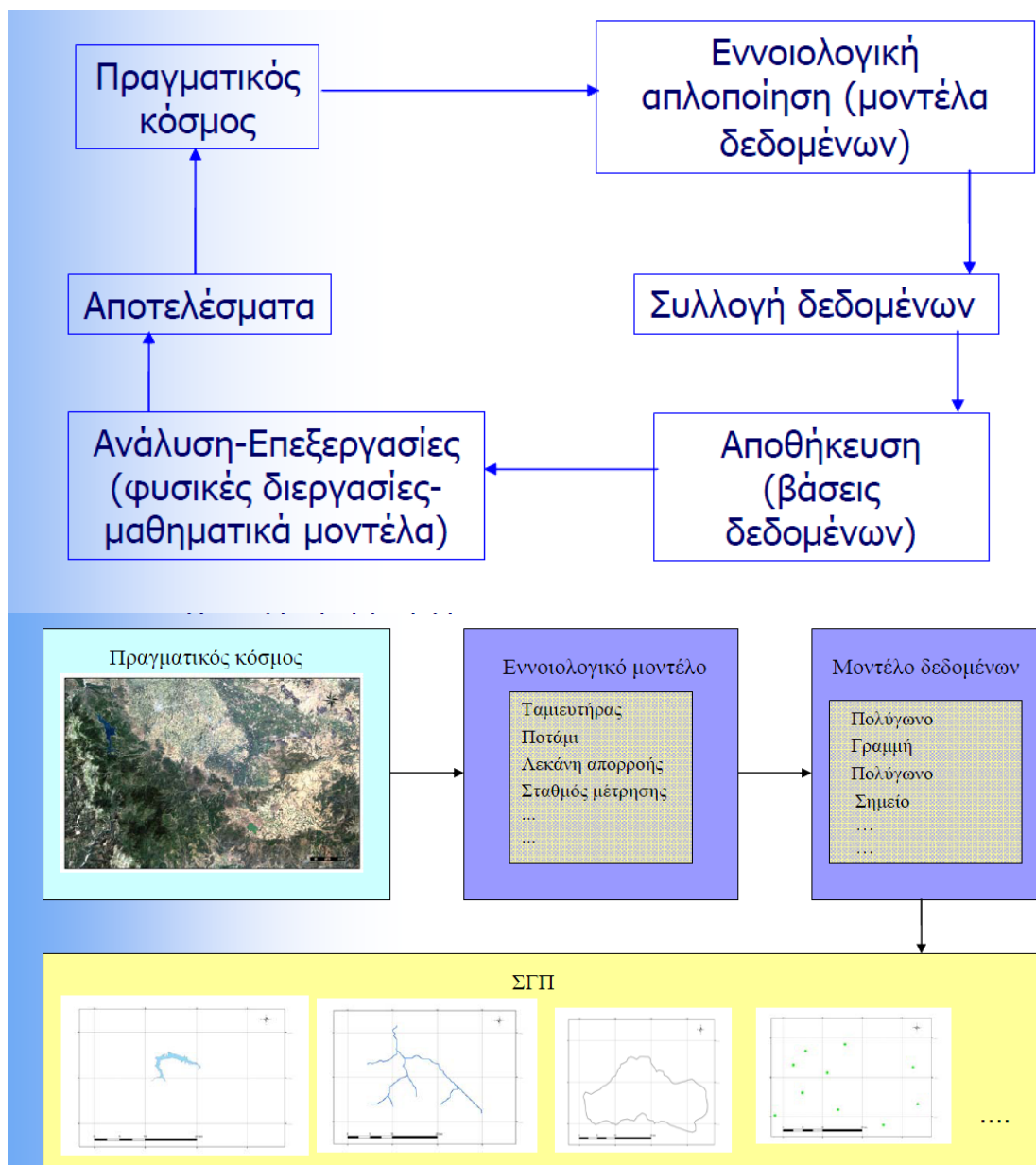
Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι επεξεργασίες σε ΣΓΠ για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών των λεκανών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα πρωτογενή και παράγωγα γεωγραφικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στο έργο, οι επεξεργασίες πάνω στα δεδομένα αυτά και ο τρόπος που αποθηκεύονται.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα θεματικά επίπεδα και τα χαρακτηριστικά μεγέθη των λεκανών που μελετώνται στο έργο.

2 Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ) και τυπικές χωρικές επεξεργασίες

Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ, Geographic Information System, GIS) είναι κάθε πληροφοριακό σύστημα αποθήκευσης και διαχείρισης γεωγραφικών (χωρικών) δεδομένων. Με ένα ΣΓΠ οποιαδήποτε εννοιολογική απλοποίηση του κόσμου μπορεί να κωδικοποιηθεί και να αποθηκευτεί σε ένα πληροφοριακό σύστημα (Κουκουβίνος και Μαμάσης, 2009). Στο ΣΓΠ ο κόσμος αποδίδεται με κάποιο εννοιολογικό μοντέλο του και κατά συνέπεια ο τρόπος μοντελοποίησης είναι σημαντικός για την επιτυχία της εφαρμογής (Σχήμα 2.1).

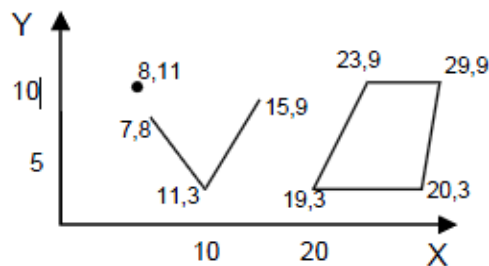


Σχήμα 2.1: Εννοιολογική απεικόνιση του πραγματικού κόσμου σε ένα ΣΓΠ

2.1 Μοντέλα δεδομένων

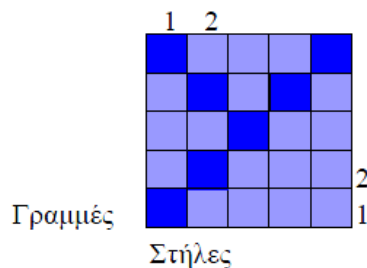
Τα ΣΓΠ χρησιμοποιούν συνήθως δύο μοντέλα δεδομένων για να αποδώσουν τις χωρικές οντότητες και τα χωρικά φαινόμενα (Zeiler, 1999):

- Τα διανυσματικά μοντέλα (Σχήμα 2.2) χρησιμοποιούνται για να αποδοθούν οντότητες με καλά ορισμένα σχήματα. Οι οντότητες ορίζονται από μία σειρά συντεταγμένων που αποδίδει το σχήμα και τη θέση τους.



Σχήμα 2.2: Διανυσματικά μοντέλα δεδομένων

- Τα μοντέλα ψηφιδωτής διαμέρισης (raster) (Σχήμα 2.3) αναπαριστούν συνεχή φαινόμενα σε χώρο δύο διαστάσεων διαμερίζοντας τον σε γραμμές και στήλες.



Σχήμα 2.3: Μοντέλα δεδομένων ψηφιδωτής διαμέρισης

2.2 Αποθήκευση δεδομένων

Οι συνηθέστερες μορφές αποθήκευσης διανυσματικών δεδομένων σε ένα ΣΓΠ είναι:

- Αρχεία (shapefiles). Είναι η πιο απλή μορφή αποθήκευσης, με λίγες απαιτήσεις σε δίσκο, επιτρέπει χωρικές πράξεις αλλά όχι τοπολογία
- Βάσεις γεωγραφικών δεδομένων (geodatabases). Σύνθετη μορφή αποθήκευσης, χρησιμοποιεί τεχνολογίες των σχεσιακών βάσεων δεδομένων, επιτρέπει τόσο χωρικές πράξεις όσο και τοπολογία (πολυγώνων, δικτύων κλπ.)

Και στις δύο περιπτώσεις τη γεωμετρία διαχειρίζεται εσωτερικά το σύστημα και τους πίνακες χαρακτηριστικών ορίζει και διαχειρίζεται ο χρήστης. Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των γεωγραφικών αντικειμένων αποθηκεύονται σε αρχεία ή πίνακες βάσεων δεδομένων. Ένα κλειδί χρησιμοποιείται συνήθως για να συνδέσει τη γεωγραφική με την περιγραφική πληροφορία. Οι πίνακες χαρακτηριστικών περιέχουν:

- Μεταβλητά αριθμητικά μεγέθη (προέρχονται από μετρήσεις ή υπολογισμούς, π.χ. 10.1 mm βροχής)
- Σταθερά μεγέθη (αποτελούν σταθερό χαρακτηριστικό της οντότητας, π.χ. 4 αντλίες)
- Κωδικοποιημένα μεγέθη (αναφέρονται με κωδικούς σε άλλα μεγέθη, π.χ. 1 (Λίμνη))
- Κείμενα (περιγράφουν το αντικείμενο, π.χ. Αχελώος (όνομα))
- Ημερομηνίες (όπου συνέβη κάτι σχετικό με το αντικείμενο, π.χ. 01/01/2000 (μέτρηση παροχής))
- Ειδικά πεδία για φωτογραφίες, βίντεο και άλλα πολυμέσα.

Η συνηθέστερη μορφή αποθήκευσης δεδομένων ψηφιδωτής διαμέρισης σε ένα ΣΓΠ είναι σε αρχεία κειμένου (ascii).

2.3 Επεξεργασίες στα διανυσματικά μοντέλα δεδομένων

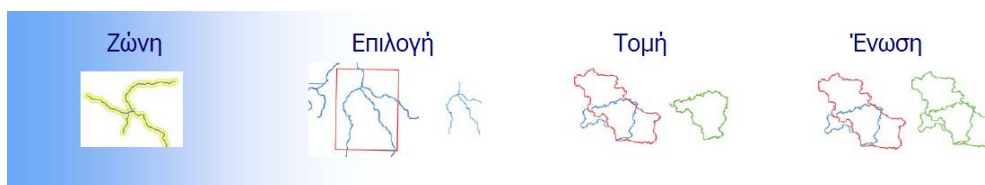
Οι επεξεργασίες που μπορούν να γίνουν στα διανυσματικά μοντέλα δεδομένων (Σχήματα 2.4 και 2.5) διακρίνονται σε:

- Γεωμετρικές οπότε συγκρίνεται η γεωμετρία των οντοτήτων



Σχήμα 2.4: Γεωμετρικές πράξεις στα διανυσματικά μοντέλα δεδομένων

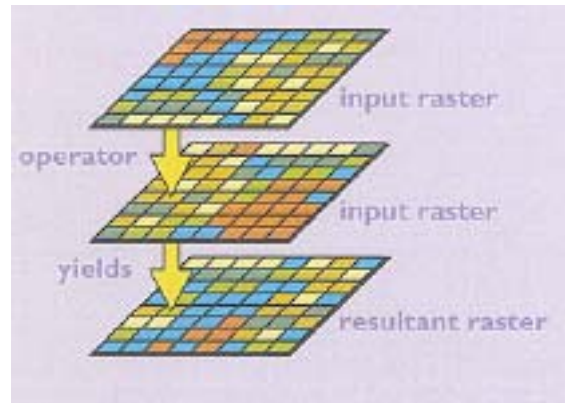
- Τοπολογικές οπότε εκτελούνται χωρικές πράξεις σε δύο ή περισσότερα επίπεδα και παράγεται ένα νέο



Σχήμα 2.5: Τοπολογικές πράξεις στα διανυσματικά μοντέλα δεδομένων

2.4 Επεξεργασίες στα μοντέλα ψηφιδωτής διαμέρισης

Οι επεξεργασίες που μπορούν να γίνουν στα μοντέλα ψηφιδωτής διαμέρισης (Σχήμα 2.6) χρησιμοποιούν αριθμητικούς ή λογικούς τελεστές (Σχήμα 2.7) με αποτέλεσμα ένα νέο επίπεδο.



Σχήμα 2.6: Χωρικές πράξεις στα μοντέλα ψηφιδωτής διαμέρισης



Σχήμα 2.7: Είδη τελεστών για χωρικές πράξεις στα μοντέλα ψηφιδωτής διαμέρισης

3 Χαρακτηριστικά μεγέθη λεκάνης απορροής

3.1 Βασικές έννοιες

Η λεκάνη απορροής, ως σύστημα μετασχηματισμού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε απορροή, παρουσιάζει ορισμένα ειδικά φυσικά γνωρίσματα που επηρεάζουν σημαντικά, τόσο τη διαδικασία του μετασχηματισμού όσο και το τελικό της αποτέλεσμα, δηλαδή το υδρογράφημα της απορροής (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999). Τα γνωρίσματα αυτά που συνήθως αναφέρονται ως φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, μπορούν να καταταγούν γενικά σε δύο κύριες κατηγορίες (Μαμάσης, 2009) :

- Μορφολογικά χαρακτηριστικά (γεωμετρία, υψόμετρα, υδρογραφικό δίκτυο)
- Εδαφολογικά χαρακτηριστικά - φυτοκάλυψη (υδατοπερατότητα εδαφών, κατηγορίες χλωρίδας).

Τα παραπάνω που αποτελούν χωρικά κατανεμημένα πληροφορία (αφού μεταβάλλονται από θέση σε θέση) αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά με την χρήση Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας .

3.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

3.2.1 Γεωμετρία

- Ο υδροκρίτης είναι το όριο της λεκάνης απορροής και ορίζει την έκταση που καταλαμβάνει η λεκάνη ανάντη μιας δεδομένης διατομής ενός υδατορεύματος. Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά μίας λεκάνης απορροής είναι το εμβαδόν και το σχήμα της.
- Το εμβαδόν της λεκάνης είναι το κύριο γεωμετρικό χαρακτηριστικό της και χρησιμοποιείται στις περισσότερες σχέσεις υπολογισμού του όγκου απορροής.
- Το σχήμα κάθε λεκάνης απορροής είναι γενικά πολύπλοκο και μπορεί να κωδικοποιηθεί από διάφορους αδιάστατους δείκτες που έχουν κατά καιρούς προταθεί. Περισσότερο διαδεδομένοι είναι ο δείκτης κυκλικότητας (ο λόγος της επιφάνειας της λεκάνης προς την επιφάνεια κύκλου με περίμετρο ίδια με αυτή της λεκάνης), ο δείκτης συμπαγούς (ο λόγος της περιμέτρου της λεκάνης προς την περίμετρο κύκλου με επιφάνεια ίδια με αυτή της λεκάνης και ο δείκτης επιμήκυνσης (ο λόγος της πλευράς ενός τετραγώνου με επιφάνεια ίδια με αυτή της λεκάνης, προς ένα χαρακτηριστικό μήκος της λεκάνης) (Μαμάσης, 2009).

3.2.2 Υψομετρία

- Τα υψόμετρα είναι σημαντικό χαρακτηριστικό μέγεθος της λεκάνης απορροής και σχετίζονται άμεσα με τις κλίσεις και άρα με τις ταχύτητες ροής. Τα κυριότερα υψομετρικά χαρακτηριστικά μίας λεκάνης απορροής είναι:

- Μέγιστο, ελάχιστο και μέσο υψόμετρο λεκάνης. Ο υπολογισμός του μέσου υψομέτρου της λεκάνης γίνεται συνήθως με τη βοήθεια ενός κανάβου υψομέτρων (ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων)
- Μέγιστη ελάχιστη και μέση κλίση λεκάνης. Υπολογίζεται συνήθως από το ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων.

3.2.3 Υδρογραφικό δίκτυο

- Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης προκύπτει ή από ψηφιοποίηση αναλογικών χαρτών ή από ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων χρησιμοποιώντας ένα όριο επιφάνειας πάνω από το οποίο θεωρείται ότι σχηματίζεται απορροή. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου είναι:
- Μήκος κύριας μισγάγγειας. Το μήκος του κύριου υδατορεύματος αποτελεί από τα βασικότερα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης και συσχετίζεται εμπειρικά με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης.
- Τάξεις υδατορευμάτων. Η διαίρεση σε τάξεις βασίζεται στη διαφορά μεγέθους μεταξύ των κλάδων όσο και στη θέση κάθε κλάδου ως προς τους υπόλοιπους. Οι ανώτεροι κλάδοι του δικτύου είναι τάξης 1 και δεν δέχονται νερό από άλλους παραποτάμους. Αντίστοιχα οι κλάδοι με τους οποίους αυτοί συνενώνονται είναι τάξης 2 κ.ο.κ. Διάφοροι ερευνητές έχουν κατά καιρούς προτείνει μεθόδους αρίθμησης των κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου.
- Πυκνότητα δικτύου. Ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού μήκους του υδρογραφικού δικτύου προς την επιφάνεια της λεκάνης. Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής συνδέεται άμεσα με τις διεργασίες που παρατηρούνται σε αυτήν καθώς λεκάνες με πυκνό υδρογραφικό δίκτυο δημιουργούν υψηλές πλημμυρικές αιχμές στο σημείο εξόδου και επίσης μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες φερτών υλικών.

3.3 Έδαφος, υδατοπερατότητα, φυτοκάλυψη

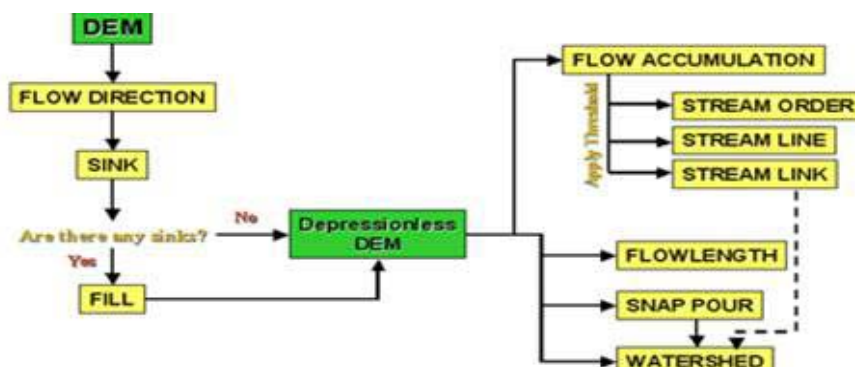
Το είδος των εδαφών της λεκάνης, η υδατοπερατότητα τους και η φυτοκάλυψη επηρεάζουν ιδιαίτερα τα υδρολογικά ελλείμματα και την επιφανειακή απορροή. Οι μηχανικές ιδιότητες των εδαφών, καθορίζουν το ρυθμό της διήθησης και επηρεάζουν άμεσα την απορροή. Η φυτοκάλυψη επηρεάζει την επιφανειακή απορροή τόσο λόγω της μείωσης του όγκου της που κατακρατείται, εξατμίζεται ή απορροφάται απ' αυτήν όσο και της χρονικής υστέρησης που προκαλεί ανάλογα με την τραχύτητα των εδαφών. Γενικά 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.

4 Επεξεργασίες σε ΣΓΠ για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών λεκάνης απορροής

Για τον υπολογισμό των βασικών μεγεθών υπολογισμού της υδρολογίας πλημμυρών σε κάθε λεκάνη απορροής που εξετάζεται (ενεργός βροχόπτωση, χρόνος συγκέντρωσης κλπ) χρησιμοποιούνται διάφορες χωρικές πράξεις ώστε να υπολογιστούν τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε λεκάνης.

4.1 Επεξεργασίες για τον υπολογισμό των μορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης

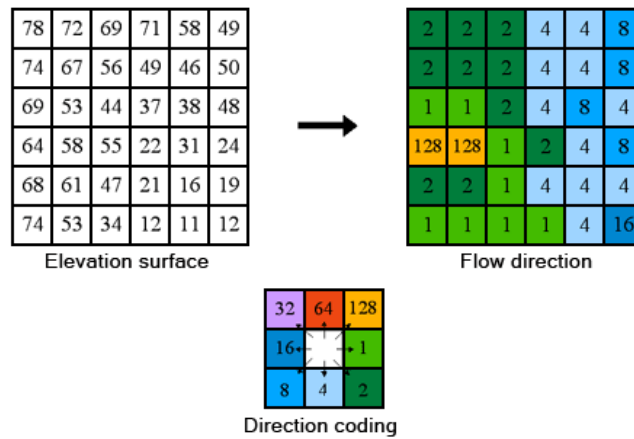
Συνήθως για τον υπολογισμό των μορφολογικών χαρακτηριστικών μεγεθών μίας λεκάνης τα βασικά δεδομένα εισόδου είναι το περίγραμμα της λεκάνης σε διανυσματική μορφή (vector) και ένα Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων (ΨΜΥ) σε μορφή ψηφιδωτής διαμέρισης (raster). Από αυτά στη συνέχεια προκύπτουν τα άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά μεγέθη. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συνήθη διαδοχικά βήματα υπολογισμού που εφαρμόζονται καθώς και τα παράγωγα επίπεδα που προκύπτουν (Μαμάσης, 2012).



Σχήμα 4.1: Επεξεργασίες σε ΣΓΠ για τον υπολογισμό μορφολογικών χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής

4.1.1 Διεύθυνση ροής (flow direction)

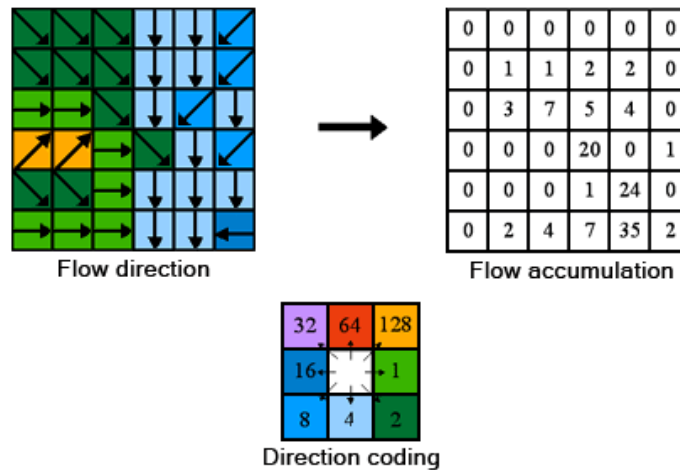
Εφαρμόζεται στον κάρναβο υψομέτρου και υπολογίζει για κάθε κύτταρο προς τα πού θα κατευθυνθεί η ροή. Οι τιμές στον υπολογισμένο κάρναβο παίρνουν τιμές που δηλώνουν μία από τις οκτώ διευθύνσεις (Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2: Υπολογισμός κάναβου διεύθυνσης ροής

4.1.2 Συγκέντρωση ροής (flow accumulation)

Εφαρμόζεται στον κάναβο διεύθυνσης ροής και υπολογίζει σε κάθε κύτταρο τον αριθμό των κυττάρων που απορρέουν σε αυτόν



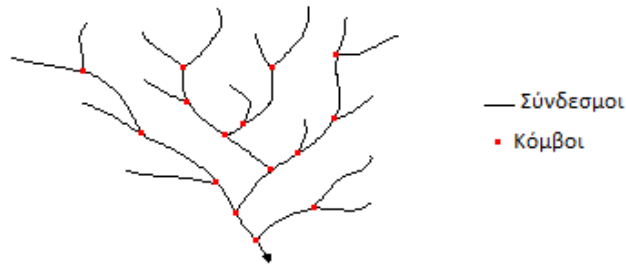
Σχήμα 4.3: Υπολογισμός κάναβου συγκέντρωσης ροής

4.1.3 Προσδιορισμός υδρογραφικού δικτύου (Threshold)

Δίνεται ο αριθμός των φατνίων ή η έκταση πάνω από την οποία δημιουργείται υδρογραφικό δίκτυο.

4.1.4 Σύνδεση υδατορευμάτων (stream link)

Αποδίδεται μια μοναδική τιμή στα σημεία της ένωσης των γραμμικών στοιχείων ενός δικτύου με βάση τον κάναβο διεύθυνσης ροής.



Σχήμα 4.4: Υπολογισμός κানাβου σύνδεσης υδατορευμάτων

4.1.5 Μήκος ροής (flowlength)

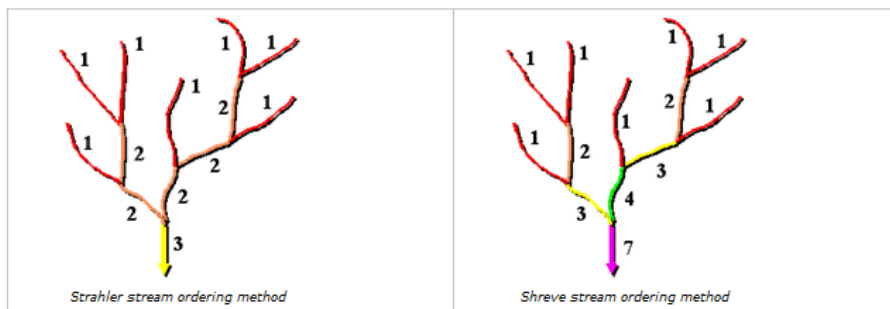
Εφαρμόζεται στον κানাβο διεύθυνσης ροής και υπολογίζει το μήκος της ροής κάθε κυττάρου μέχρι την έξοδο της λεκάνης

0	0	0	0	0
0	3	2	2	0
0	0	11	0	1
0	0	1	15	0
0	2	5	24	1

Σχήμα 4.5: Υπολογισμός κানাβου μήκους ροής

4.1.6 Τάξη υδατορεύματος (stream order)

Αποδίδεται η τάξη κάθε κλάδου του υδρολογικού δικτύου.



Σχήμα 4.6: Υπολογισμός τάξης υδατορεύματος

4.2 Επεξεργασίες για τον υπολογισμό του συντελεστή απορροής παροχής αιχμής

Ο συντελεστής απορροής ορίζεται ως ο λόγος του όγκου απορροής προς τον αντίστοιχο όγκο βροχόπτωσης που προσπίπτει σε μια δεδομένη επιφάνεια στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Στις προδιαγραφές των Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ (ΟΜΟΕ, 2002), ο

συντελεστής απορροής παροχής αιχμής εκτιμάται ως άθροισμα τεσσάρων συνιστωσών, C_1, \dots, C_4 , που αναφέρονται στο ανάγλυφο, τη διηθητικότητα του εδάφους, το είδος της βλάστησης και τις δυνατότητες αποστράγγισης του εδάφους (Πίνακας 4.1). Η ένωση των αντίστοιχων τεσσάρων χωρικών επιπέδων (κλίσεις, έδαφος, βλάστηση και πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου) ορίζουν αντίστοιχες ζώνες στη λεκάνη απορροής όπου εφαρμόζονται κοινοί συντελεστές απορροής.

Πίνακας 4.1: Εκτίμηση επιμέρους συντελεστών απορροής κατά ΟΜΟΕ (2002).

C_1	0.28–0.35: Επικλινές ανάγλυφο, ανώμαλες επιφάνειες μέσες κλίσεις >30%	0.20–0.28: Λοφώδες ανάγλυφο, μέσες κλίσεις 10-30%	0.14–0.20: Κυματώδες ανάγλυφο, μέσες κλίσεις 5-10%	0.08–0.14: Σχετικά επίπεδο ανάγλυφο, μέσες κλίσεις 0-5%
C_2	0.12–0.16: Μη επηρεαζόμενο κάλυμμα εδάφους, είτε βραχώδες είτε μανδύας λεπτόκκοκου εδάφους αμελητέας διηθητικότητας	0.08–0.12: Βραδεία διηθητικότητα, άργιλοι ή αβαθή παχιά εδάφη χαμηλής διηθητικότητας, ατελώς ή πολύ μικρής αποστραγγιστικότητας	0.06–0.08: Κανονική διηθητικότητα, καλά αποστραγγιζόμενα μικρής ή μεσαίας μακροϋφής εδάφη, αμμώδη παχιά εδάφη, ίλυες και ιλυώδη εδάφη	0.04–0.06: Υψηλή διηθητικότητα, βαθιά άμμος ή άλλο έδαφος που απορροφά νερό, πολύ ελαφριά καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη
C_3	0.12–0.16: Βλάστηση που δεν επηρεάζει την απορροή, γυμνό έδαφος ή πολύ αραιά κάλυψη	0.08–0.12: Πτωχή ως μέτρια βλάστηση, καθαρές καλλιέργειες ή πτωχής φυσικής κάλυψης, <20% επιφάνειας με καλή κάλυψη	0.06–0.08: Μέτρια ως καλή βλάστηση, ~50% επιφάνειας είναι καλή φυτική γη ή δασώδες, <50% επιφάνειας είναι καλλιέργειες	0.04–0.06: Καλή ως άριστη βλάστηση, ~90% της επιφάνειας είναι καλή φυτική γη, δασώδες ή ισοδύναμης κάλυψης
C_4	0.10–0.12: Αμελητέες ταπεινώσεις εδάφους και αβαθείς, μικροί διάδρομοι αποστράγγισης, καθόλου τέλματα	0.08–0.10: Χαμηλή αποθηκευτικότητα, καλά οριζόμενο σύστημα διαδρόμων αποστράγγισης, όχι λιμνάζοντα νερά ή τέλματα	0.06–0.08: Κανονική αποθηκευτικότητα, σημαντικές επιφανειακές ταπεινώσεις, λιμνάζοντα νερά και τέλματα	0.04–0.06: Υψηλή αποθηκευτικότητα, σύστημα αποστράγγισης όχι καλά οριζόμενο, μεγάλος αριθμός πλημμυριζόμενων επιφανειών ή τελμάτων

4.3 Επεξεργασίες για τον υπολογισμό του χρόνου συγκέντρωσης

Ο χρόνος συγκέντρωσης (ή χρόνος συρροής) αποτελεί χαρακτηριστική χρονική παράμετρο της λεκάνης και ορίζεται, θεωρητικά, ως ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει το νερό που απορρέει επιφανειακά από το υδραυλικά πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης μέχρι τη διατομή εξόδου (Grimaldi, 2012). Ο χρόνος συγκέντρωσης εξαρτάται κυρίως από:

- το σχήμα και η έκταση της λεκάνης απορροής·
- το μήκος και η 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.

Ο χρόνος συγκέντρωσης μπορεί να διακριθεί σε δύο συνιστώσες: τον χρόνο ροής πάνω στο έδαφος και τον χρόνο ροής στο υδρογραφικό δίκτυο (Di Lazzaro, 2008) οπότε οι επεξεργασίες για τον υπολογισμό του σε περιβάλλον ΣΓΠ μπορούν να οργανωθούν ως εξής:

- Δημιουργία κανάβου με τις ταχύτητες που αναπτύσσονται στο υδρογραφικό δίκτυο (ανάλογες με την τάξη των κλάδων του δικτύου)
- Δημιουργία κανάβου με τις ταχύτητες της χερσαίας ροής (ανάλογες με τις κλίσεις και την τραχύτητα των εδαφών)
- Συνδυασμός των παραπάνω κανάβων για τον υπολογισμό της ταχύτητας ροής σε όλη την λεκάνη.
- Δημιουργία κανάβου των συγκεντρωτικών χρόνων ροής, με βάση τις διευθύνσεις και τις ταχύτητες ροής.

4.4 Επεξεργασίες για τον υπολογισμό του αριθμού καμπύλης απορροής

Ο αριθμός καμπύλης απορροής (curve number, CN) είναι μια χαρακτηριστική παράμετρος της λεκάνης απορροής, που προτάθηκε από την Αμερικανική Soil Conservation Service (SCS, 1972). Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0 μέχρι 100, και επηρεάζεται από τις συνθήκες εδάφους, τις χρήσεις γης, και τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας στη λεκάνη απορροής. Προκύπτει από τα παραπάνω ότι για τον προσδιορισμό του πρέπει να γίνουν χωρικές πράξεις μεταξύ των δύο επιπέδων (χρήσεις γης και κατηγορίες εδαφών) ώστε να προκύψουν ζώνες στη λεκάνη απορροής με κοινούς αριθμούς καμπύλης απορροής.

Πίνακας 4.2: Τυπικές τιμές του αριθμού καμπύλης απορροής (CN) κατά SCS για αγροτικές, ημιαστικές και αστικές περιοχές και για προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου II (Πηγή: Κουτσογιάννης, 2011, σ. 126).

Περιγραφή χρήσης γης	Υδρολογικός τύπος εδάφους			
	A	B	C	D
Καλλιεργημένες εκτάσεις	62-72	71-81	78-88	81-91
Λιβάδια, βοσκότοποι	30-68	58-79	71-86	78-89
Δάση	25-45	55-66	70-77	77-83
Ανοιχτοί χώροι, πάρκα, νεκροταφεία κτλ.				
με κάλυψη από πράσινο > 75%	39	61	74	80
με κάλυψη από πράσινο < 75%	49	69	79	84
Εμπορικές περιοχές	89	92	94	95
Βιομηχανικές περιοχές (72% αδιαπέρατες)	81	88	91	93
Οικιστικές περιοχές				
Μέσο μέγεθος οικοπέδου (στρ.)	Ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας (%)			
≤ 0.5	65	77	85	90
1.0	38	61	75	83
1.5	30	57	72	81
2.0	25	54	70	80
4.0	20	51	68	79
Δρόμοι				
με οδόστρωμα και αγωγούς ομβρίων	98	98	98	98
χαλικόστρωτοι	76	85	89	91
χωματόδρομοι	72	82	87	89

5 Γεωγραφικά δεδομένα του έργου, επεξεργασίες και αποθήκευση τους

5.1 Επίπεδα γεωγραφικής πληροφορίας

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του κεφαλαίου 4 , για τις λεκάνες που θα μελετηθούν στα πλαίσια του έργου, κρίθηκαν απαραίτητα τουλάχιστον τα παρακάτω επίπεδα χωρικής πληροφορίας:

- Όρια λεκάνης απορροής
- Θέσεις σταθμών μέτρησης μετεωρολογικών μεταβλητών
- Θέσεις σταθμών μέτρησης στάθμης ή/και παροχής υδατορευμάτων
- Όρια υπολεκανών απορροής ανάντη σταθμών μέτρησης στάθμης ή/και παροχής υδατορευμάτων
- Σημεία γνωστού υψομέτρου
- Ισοϋψείς
- Ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων λεκάνης απορροής
- Υδρογραφικό δίκτυο
- Χρήσεις γης στη λεκάνη
- Υδατοπερατότητα εδαφών στην λεκάνη
- Ψηφιακό μοντέλο κλίσεων

5.2 Πρωτογενή και παράγωγα δεδομένα

Τα πρωτογενή γεωγραφικά δεδομένα προέρχονται από ψηφιακά αρχεία κλίμακας 1:50 000 που είναι διαθέσιμα στον Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΕΜΠ. Πρόκειται για δεδομένα σε διανυσματική μορφή (σε σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87). Ειδικότερα τα πρωτογενή και είναι τα παρακάτω :

- Σημεία γνωστού υψομέτρου
- Ισοϋψείς καμπύλες ισοδιάστασης 20 m
- Υδρογραφικό δίκτυο
- Χρήσεις γης κατά CORINE (Πίνακας 5.1)
- Υδρολιθολογικοί σχηματισμοί (Πίνακας 5.2)

Πίνακας 5.1: Τύπος κάλυψης γης κατά CORINE

(Πηγή:http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=16&sobi2Id=54&Itemid=).

Κωδικός	Τύπος κάλυψης γης
111	Συνεχής αστική δόμηση
112	Διακεκομμένη Αστική δόμηση
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες
122	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη
123	Ζώνες λιμένων
131	Χώροι εξόρυξης ορυκτών
132	Χώροι απόρριψης απορριμάτων
133	Χώροι οικοδόμησης
141	Περιοχές αστικού πρασίνου
142	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
211	Μη αρδεύσιμη-αρόσιμη γη
212	Μόνιμα αρδευόμενη γη
213	Ορυζώνες
221	Αμπελώνες
222	Οπωροφόρα δέντρα 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 γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης
244	Γεωργο-δασικές περιοχές
311	Δάσος πλατύφυλλων
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	Τυφώνες
421	Παραθαλάσσιοι βάλτοι
422	Αλυκές
423	Παλιρροιακά επίπεδα
511	Ροές υδάτων
512	Συλλογές υδάτων
521	Παράκτιες λιμνοθάλασσες
522	Εκβολές ποταμών
523	Θάλασσα και ωκεανός

Πίνακας 5.2: Υδρολιθολογικοί σχηματισμοί και υδατοπερατότητες πετρωμάτων (Πηγή: Κουτσογιάννης κ.α., 2008)

Σχηματισμοί	Κατηγορία	Περιγραφή
Πορώδεις (προσχωματικοί και ημιπερατοί)	I ₁	Κοκκώδεις προσχωματικές αποθέσεις, κυμαινόμενης υδροπερατότητας
	I ₂	Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις, μέτριας έως πολύ μικρής υδροπερατότητας
	I ₃	Κοκκώδεις μολασσικές αποθέσεις, σχετικά μικρής υδροπερατότητας
Καρστικοί	C	Ασβεστόλιθοι και μάρμαρα εκτεταμένης ανάπτυξης, μέτριας έως υψηλής διαπερατότητας
	C ₁	Ασβεστόλιθοι και μάρμαρα περιορισμένης ανάπτυξης, κυμαινόμενης διαπερατότητας
	C ₁ '	Τριαδικά ασβεστολιθικά λατυποπαγή της Ιονίου ζώνης, μικρής έως μέτριας διαπερατότητας
Αδιαπέρατοι	A ₁	Φλύσχης
	A ₂	Μεταμορφωμένα πετρώματα
	A ₃	Πλουτώνια και ηφαιστειακά πετρώματα

Οι θέσεις των σταθμών μέτρησης (μετεωρολογικοί και υδρομετρικοί σταθμοί) προήλθαν από επιτόπια καταγραφή των συντεταγμένων τους με GPS.

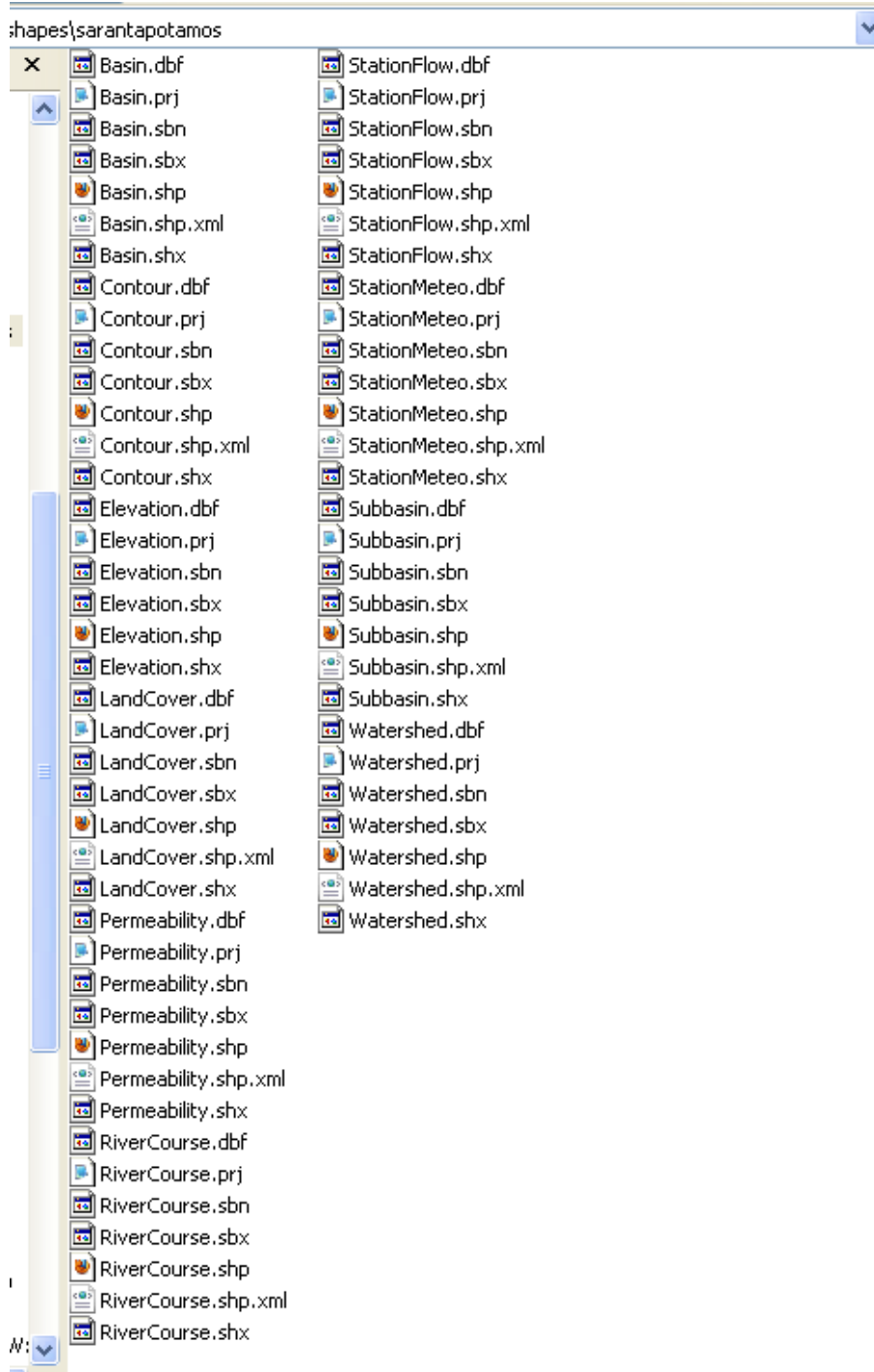
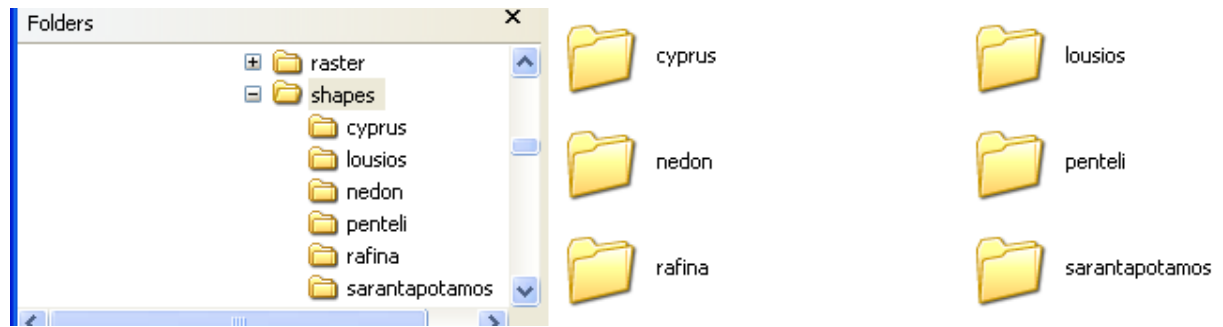
Από τα πρωτογενή δεδομένα προέκυψαν ως παράγωγα για κάθε μία από τις λεκάνες που θα μελετηθούν, σύμφωνα και με τις επεξεργασίες που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 4, τα παρακάτω επίπεδα πληροφορίας:

- Όρια λεκανών και υπολεκανών απορροής
- Ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων με ισοδιάσταση κανάβου 20 m
- Ψηφιακό μοντέλο κλίσεων με ισοδιάσταση κανάβου 20 m
- Υδρογραφικό δίκτυο

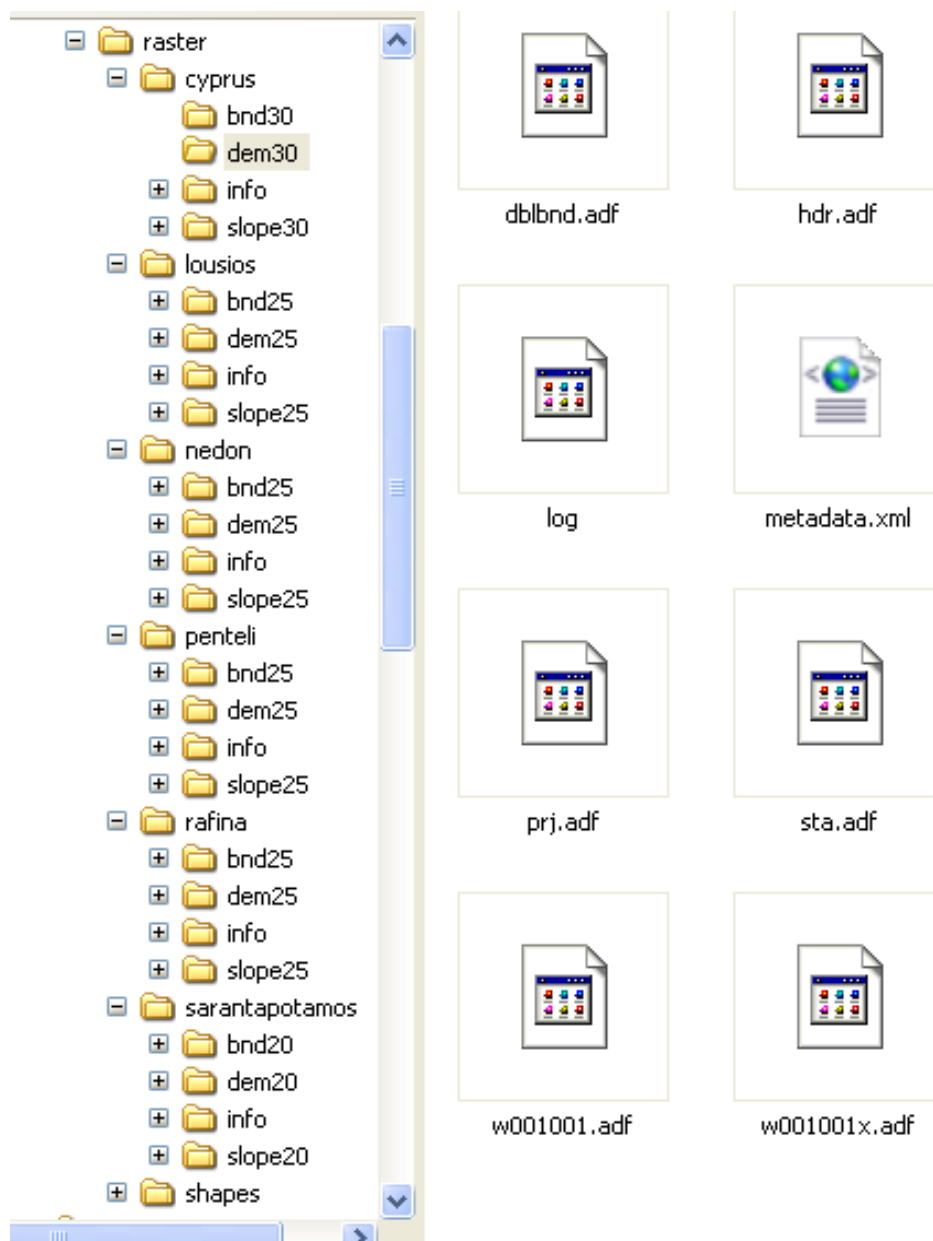
5.3 Αποθήκευση δεδομένων

Τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε δύο φακέλους ανάλογα με το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε. Το σύστημα αναφοράς είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ '87). Κάθε φάκελος περιέχει υποφάκελους με δεδομένα για κάθε λεκάνη απορροής που θα μελετηθεί.

Τα διανυσματικά έχουν μορφή ESRI shapefile και αποθηκεύτηκαν στον φάκελο shapes (Σχήμα 5.1). Τα δεδομένα ψηφιδωτής διαμέρισης έχουν μορφή ESRI grid και αποθηκεύτηκαν στον φάκελο raster (Σχήμα 5.2).



Σχήμα 5.1: Αποθήκευση διανυσματικών δεδομένων



Σχήμα 5.2: Αποθήκευση δεδομένων ψηφιδωτής διαμέρισης

Και οι δύο παραπάνω μορφές δεδομένων είναι ανοιχτές, δηλαδή αναγνωρίζονται από όλα τα γνωστά εμπορικά και ελεύθερα λογισμικά διαχείρισης γεωγραφικής πληροφορίας.

Η ονοματολογία και τα πεδία που περιέχει κάθε διανυσματικό επίπεδο (που αποθηκεύεται στον φάκελο shapes) φαίνονται στον Πίνακα 5.3.

Στον φάκελο raster αποθηκεύονται ο κάρταβος υψομέτρων (Dem), ο κάρταβος κλίσεων (Slope) και ο κάρταβος ορίου περιοχής μελέτης (Bnd)

Πίνακας 5.3 Θεματικά επίπεδα και πεδία χαρακτηριστικών διανυσματικών δεδομένων

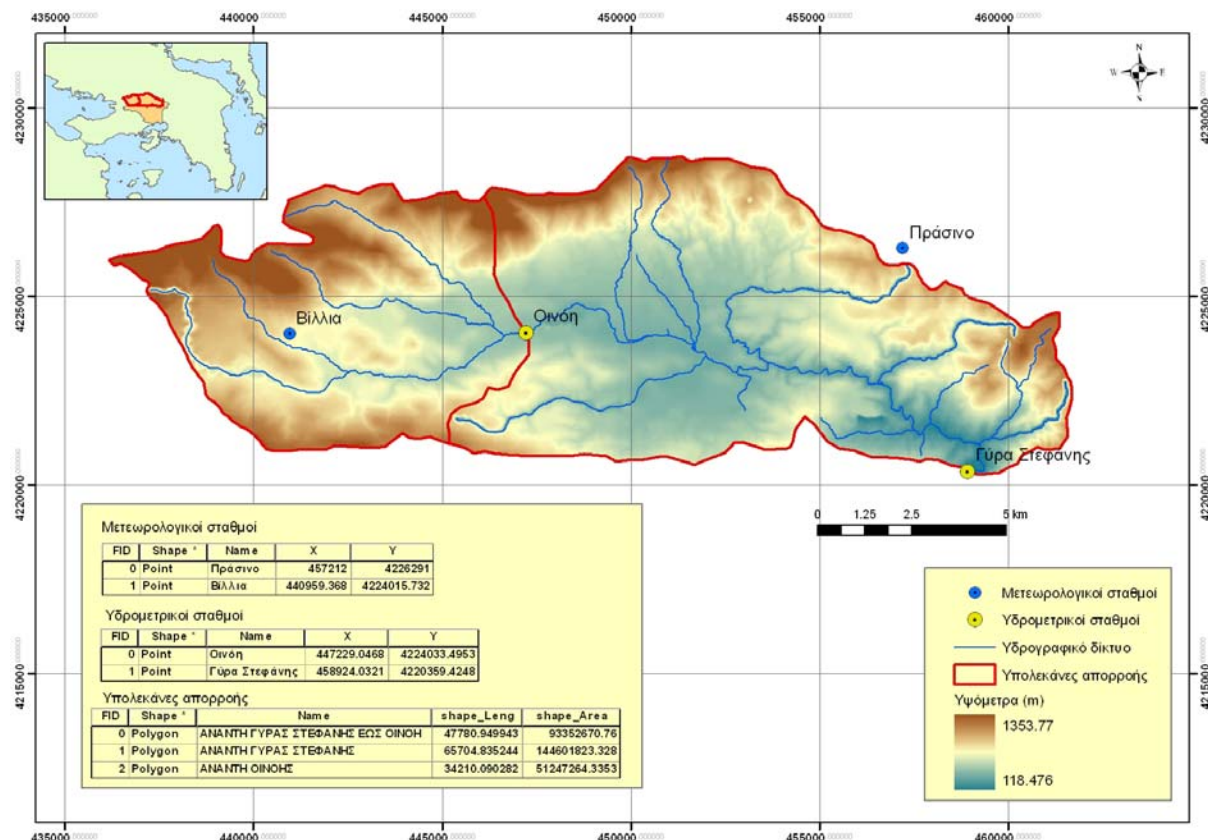
Όνομα θεματικού επιπέδου	Θεματικό επίπεδο	Τοπολογία	Πεδία Πίνακα χαρακτηριστικών	Επεξήγηση πεδίων
StationMeteo	Μετεωρολογικός σταθμός	Σημείο	Name, X, Y	Όνομα σταθμού, τετμημένη, τεταγμένη
StationFlow	Υδρομετρικός σταθμός	Σημείο	Name, X, Y	Όνομα σταθμού, τετμημένη, τεταγμένη
Elevation	Υψόμετρα	Σημείο	height	Υψόμετρο
Contour	Ισοΰψεις	Γραμμή	height	Υψόμετρο
RiverCourse	Υδατόρευμα	Γραμμή	Length	Μήκος
LandCover	Χρήσεις γης	Πολύγωνο	Type, Area	Τύπος χρήσης κατά CORINE, έκταση τύπου
Permeability	Υδατοπερατότητα Ευρύτερη λεκάνη	Πολύγωνο	Type, Area	Τύπος υδρολιθολογικού σχηματισμού, έκταση τύπου
Watershed	απορροής Λεκάνη	Πολύγωνο	Name, Area	όνομα, έκταση
Basin	απορροής Υπολεκάνη	Πολύγωνο	Name, Area	όνομα, έκταση
Subbasin	απορροής	Πολύγωνο	Name, Area	όνομα, έκταση

6 Θεματικά επίπεδα και χαρακτηριστικά μεγέθη για τις λεκάνες του έργου

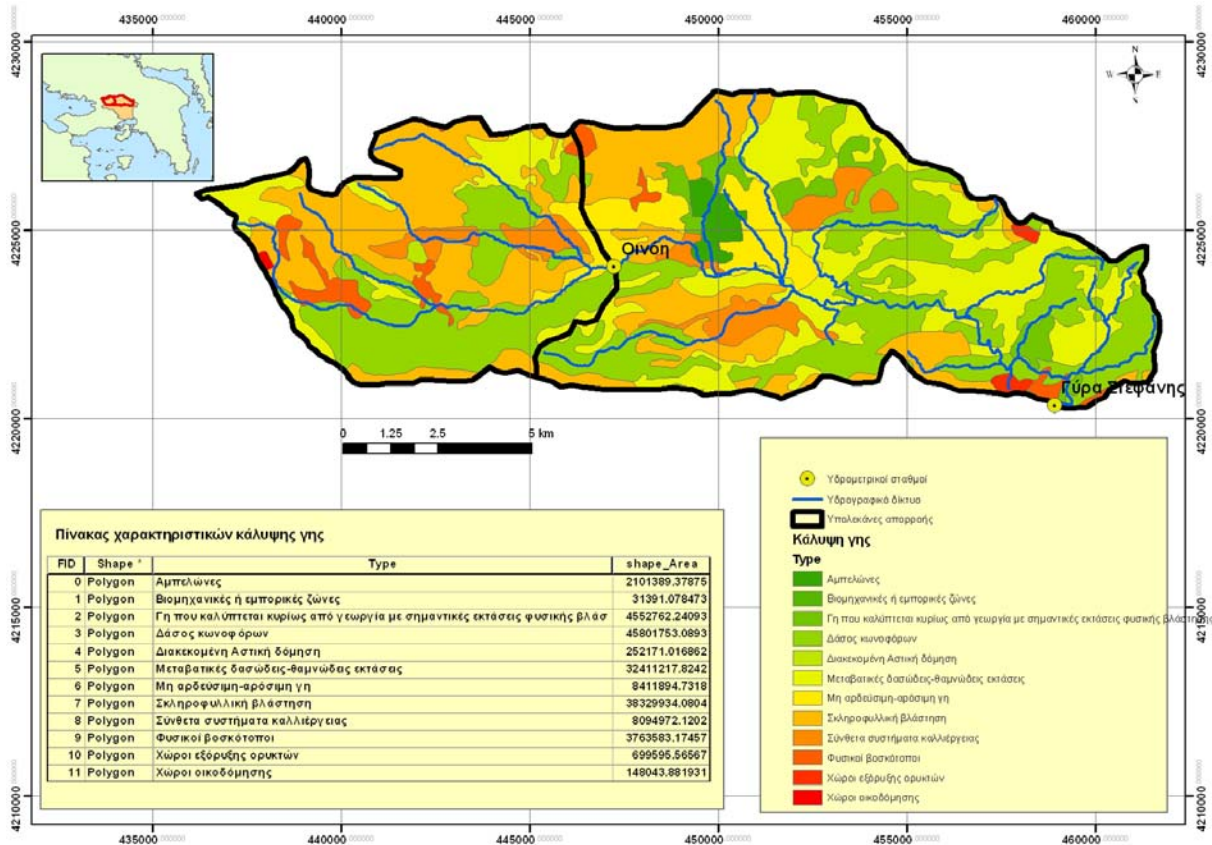
Στο έργο έχει προδιαγραφεί να τοποθετηθούν όργανα μέτρησης μετεωρολογικών μεταβλητών και στάθμης σε τέσσερις λεκάνες απορροής (Σαρανταπόταμος, Ρέμα Χαλανδρίου, Νέδοντας και Λούσιος). Επίσης θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα από λεκάνες στη Ελλάδα (Ρέμα Ραφήνας) και την Κύπρο όπου ήδη λειτουργούν σταθμοί μέτρησης των σχετικών μεταβλητών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα γεωγραφικά δεδομένα για τις λεκάνες που θα μελετηθούν στα πλαίσια του έργου.

6.1 Λεκάνη απορροής Σαρανταπόταμου

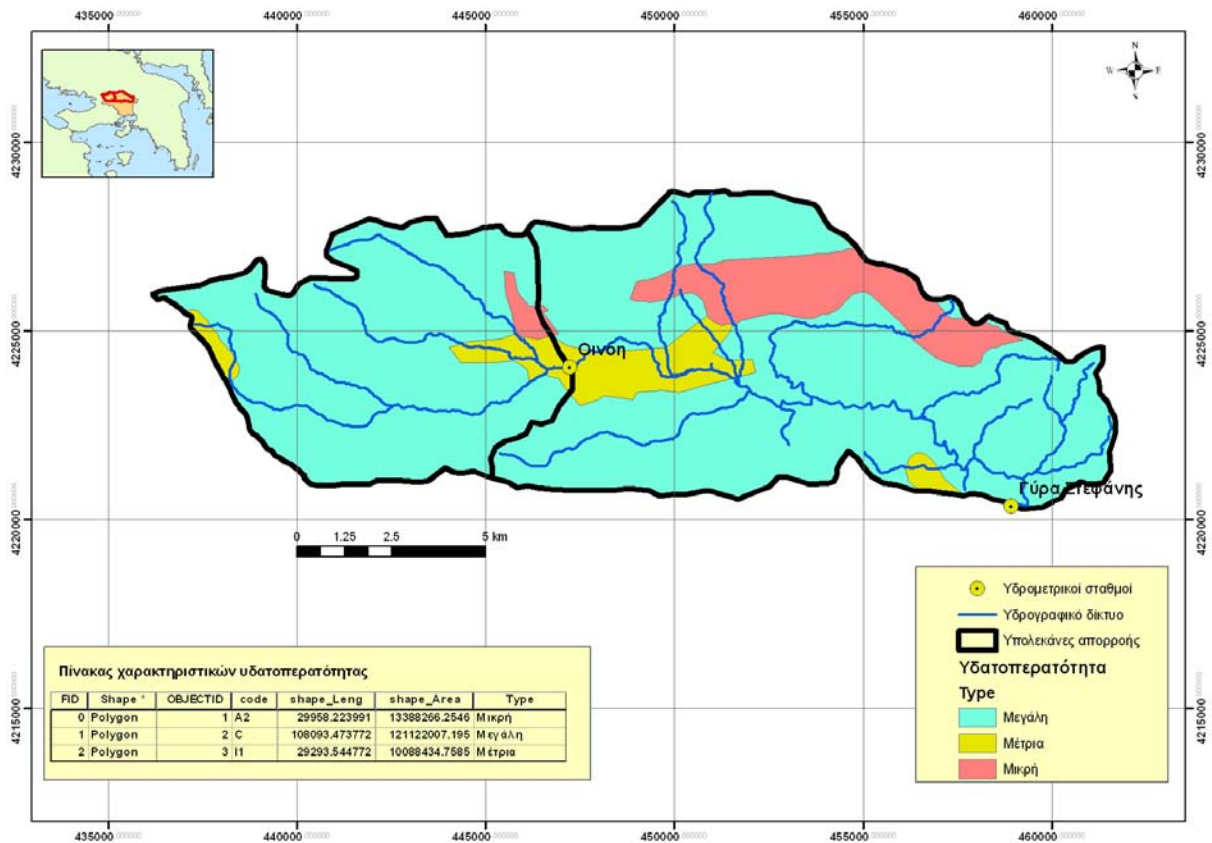
Τα γεωγραφικά και περιγραφικά μεγέθη για τη λεκάνη απορροής του Σαρανταπόταμου ανάτη της θέσης υδρομέτρησης στη θέση Γύρα Στεφάνης φαίνονται στα Σχήματα 6.1 έως 6.3.



Σχήμα 6.1: Σταθμοί, υδρογραφικό δίκτυο και υπολεκάνες Σαρανταπόταμου



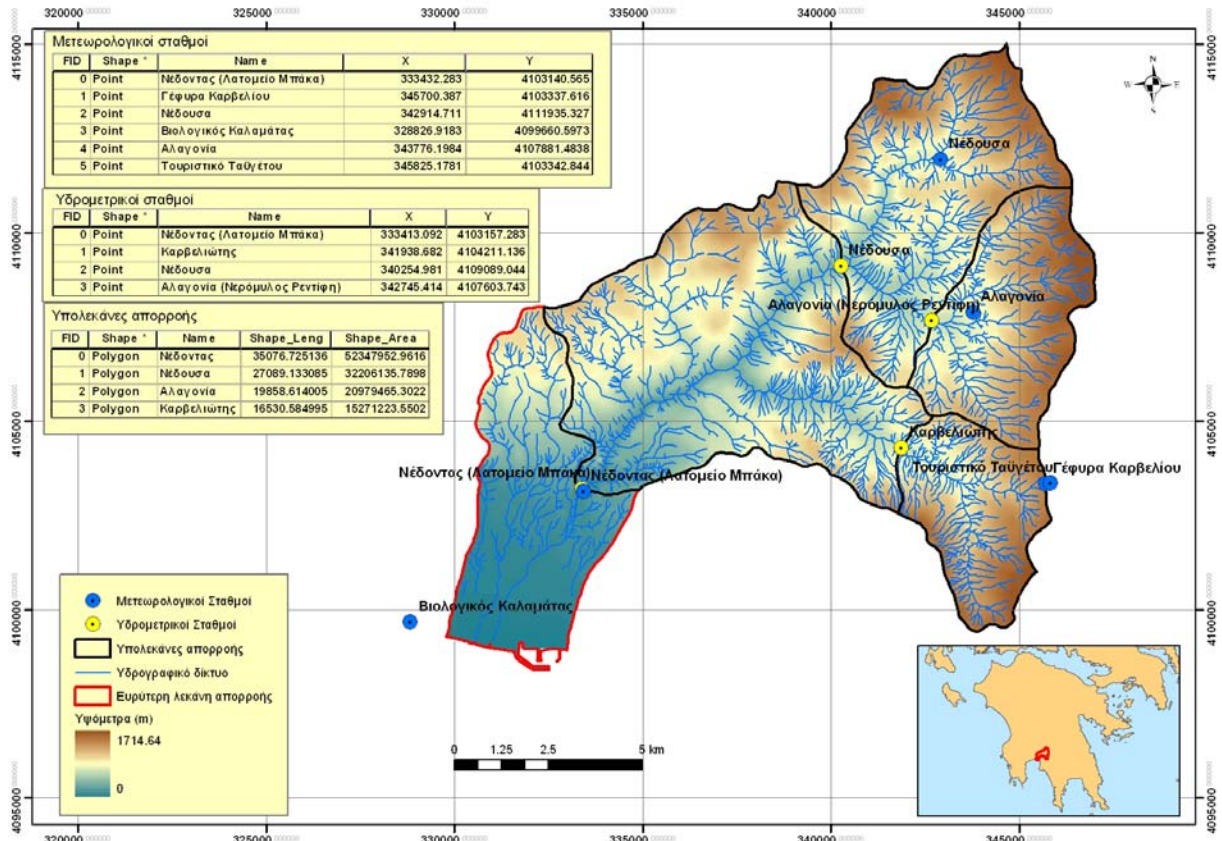
Σχήμα 6.2: Κάλυψη γης στη λεκάνη Σαρανταπόταμου



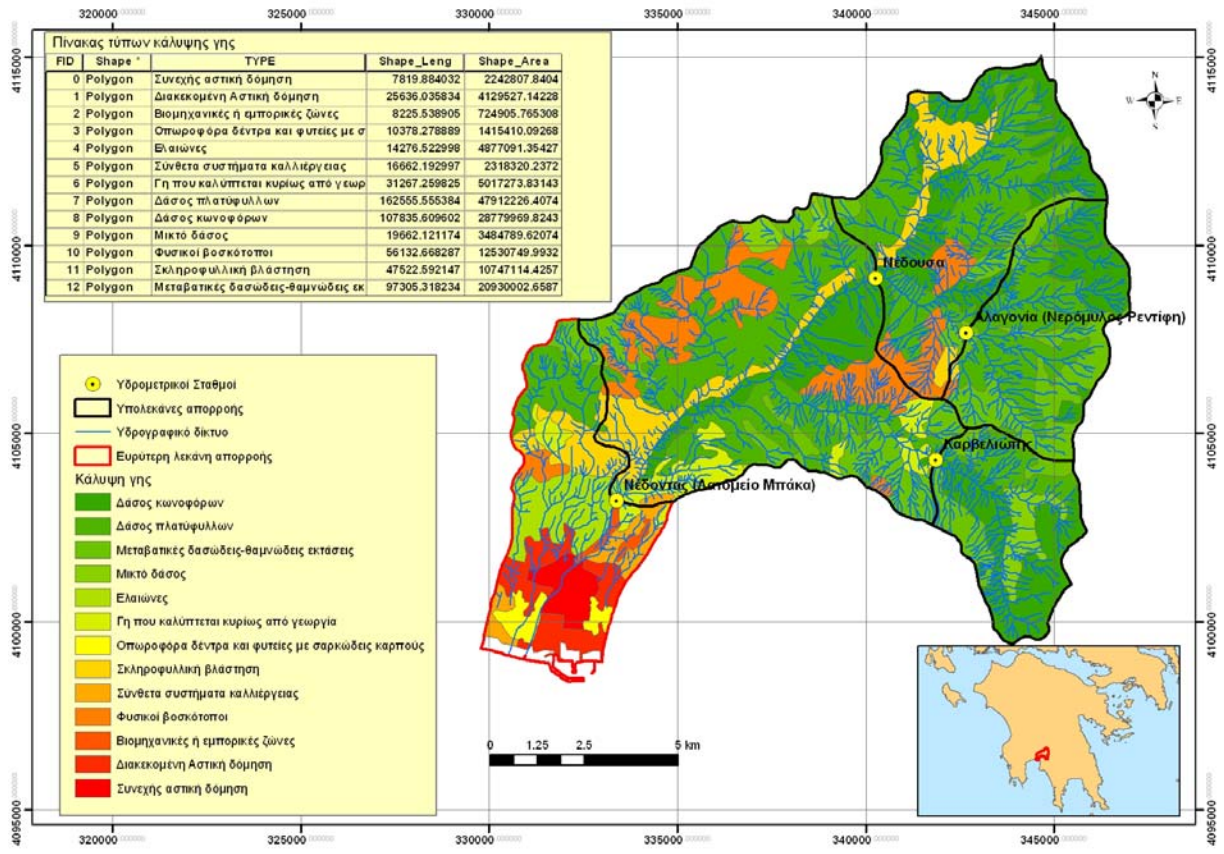
Σχήμα 6.3: Υδατοπερατότητα στη λεκάνη Σαρανταπόταμου

6.2 Λεκάνη απορροής Νέδοντα

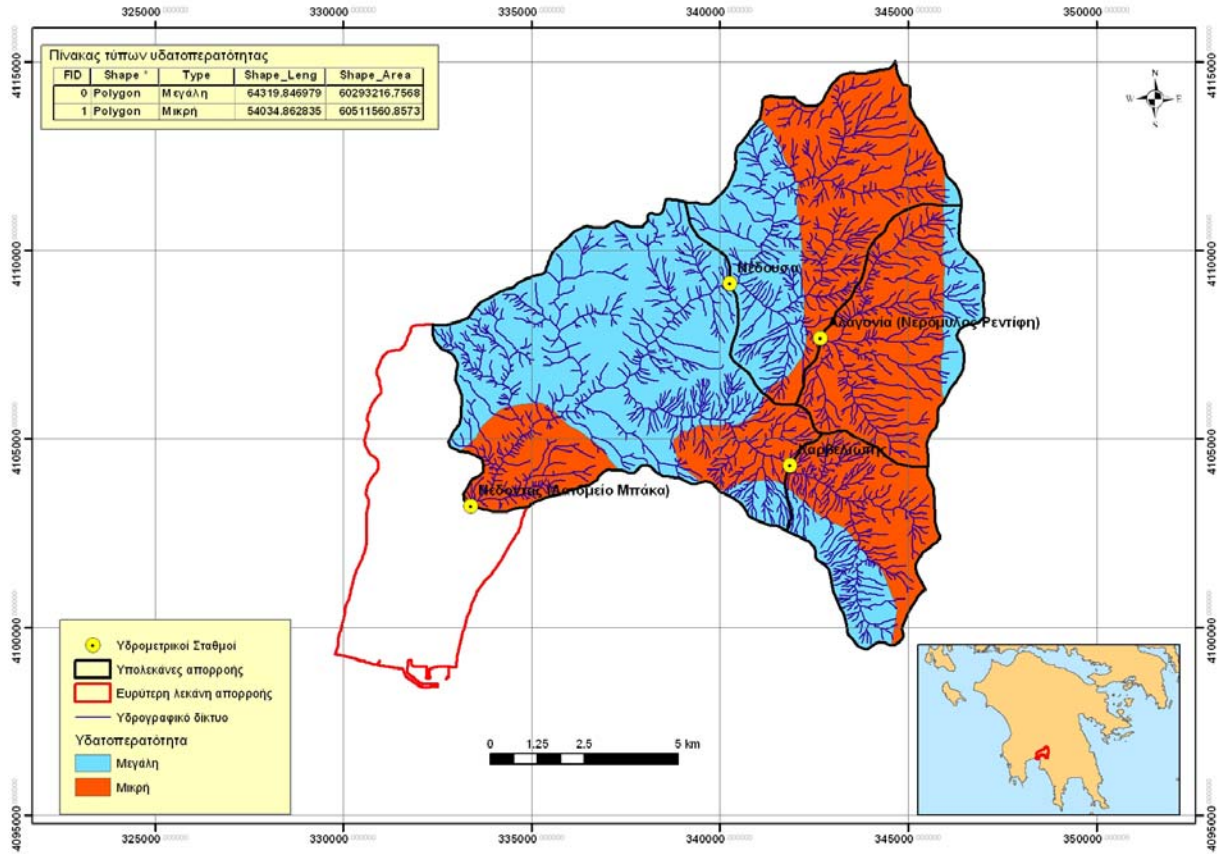
Τα γεωγραφικά και περιγραφικά μεγέθη για τη λεκάνη απορροής του Νέδοντα ανάντη της θέσης υδρομέτρησης στη θέση λατομείο Μπάκα φαίνονται στα Σχήματα 6.4 έως 6.6.



Σχήμα 6.4: Σταθμοί, υδρογραφικό δίκτυο και υπολεκάνες Νέδοντα



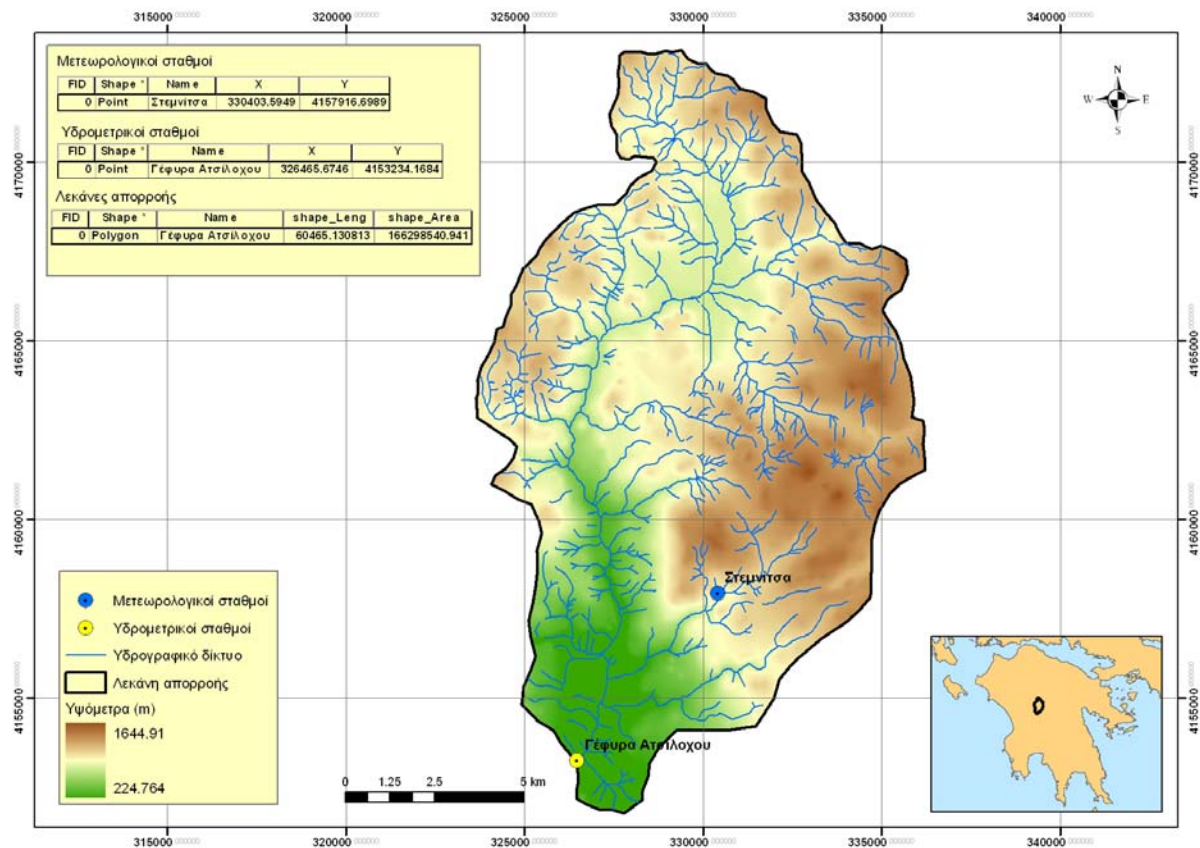
Σχήμα 6.5: Κάλυψη γης στη λεκάνη Νέδοντα



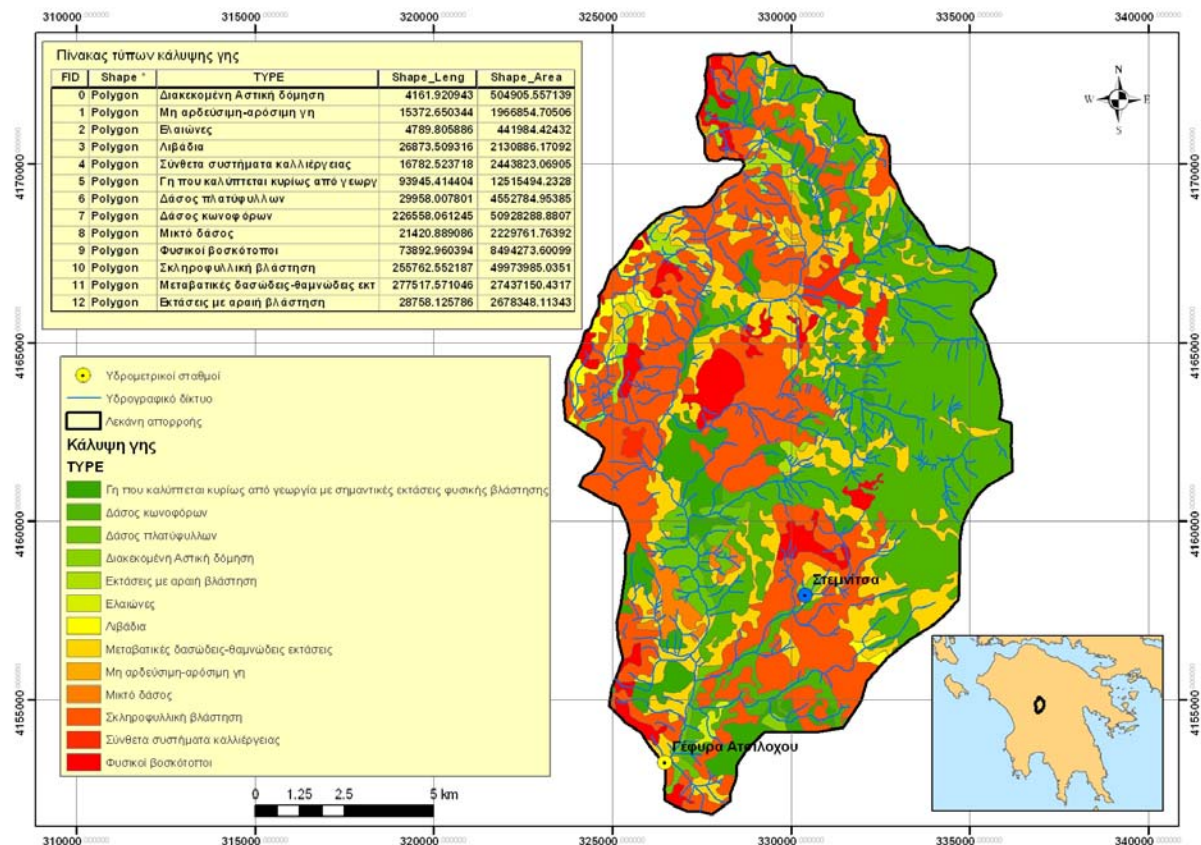
Σχήμα 6.6: Υδατοπερατότητα στη λεκάνη Νέδοντα

6.3 Λεκάνη απορροής Λούσιου

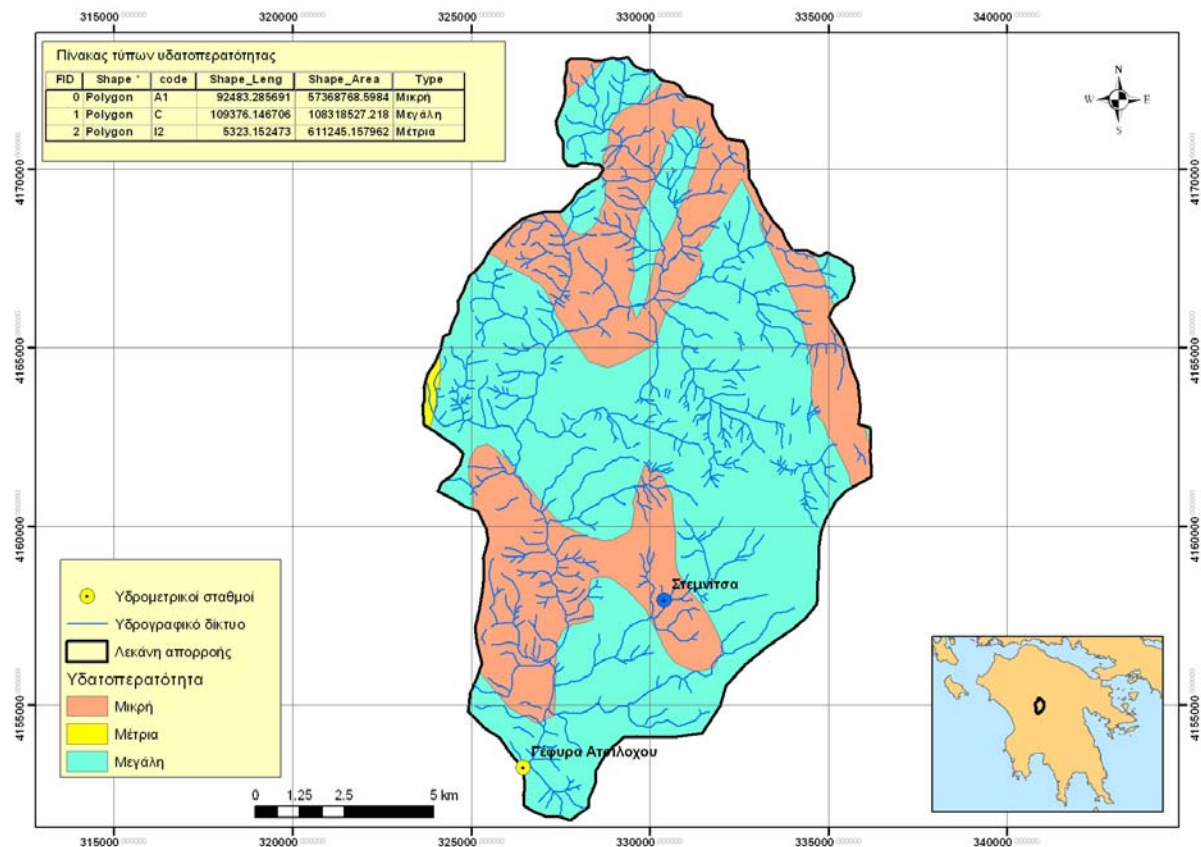
Τα γεωγραφικά και περιγραφικά μεγέθη για τη λεκάνη απορροής του Λούσιου ανάντη της θέσης υδρομέτρησης στη γέφυρα Ατσίλοχου φαίνονται στα Σχήματα 6.7 έως 6.9.



Σχήμα 6.7: Σταθμοί, υδρογραφικό δίκτυο και υπολεκάνες Λούσιου



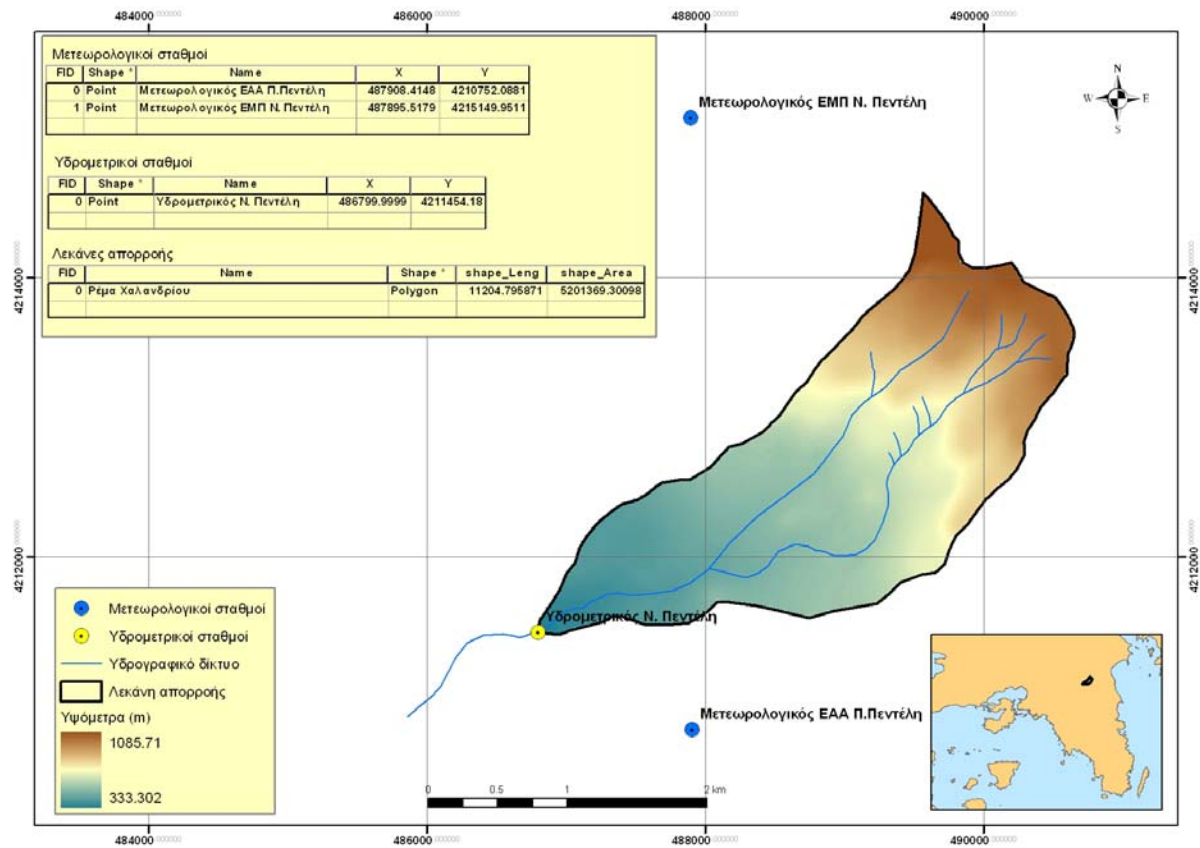
Σχήμα 6.8: Κάλυψη γης στη λεκάνη Λούσιου



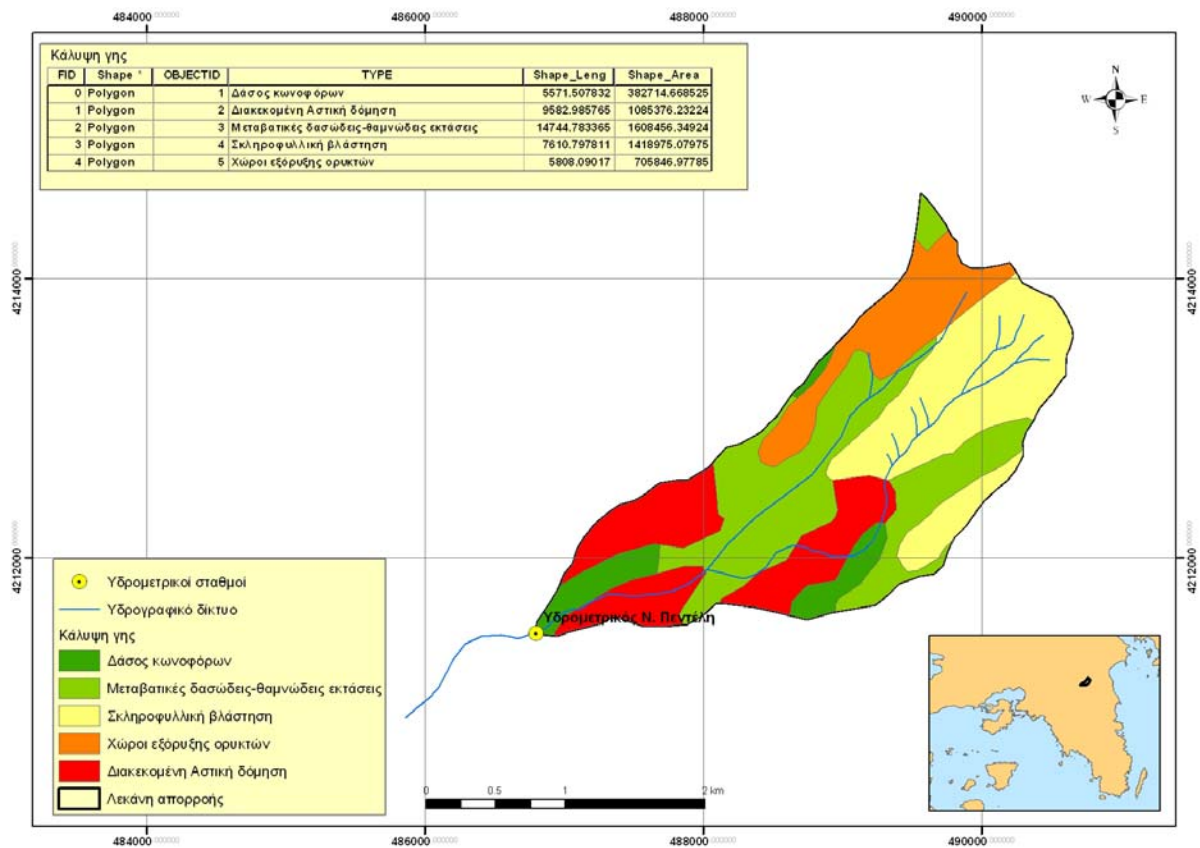
Σχήμα 6.9: Υδατοπερατότητα στη λεκάνη Λούσιου

6.4 Λεκάνη απορροής άνω ρου ρέματος Χαλανδρίου

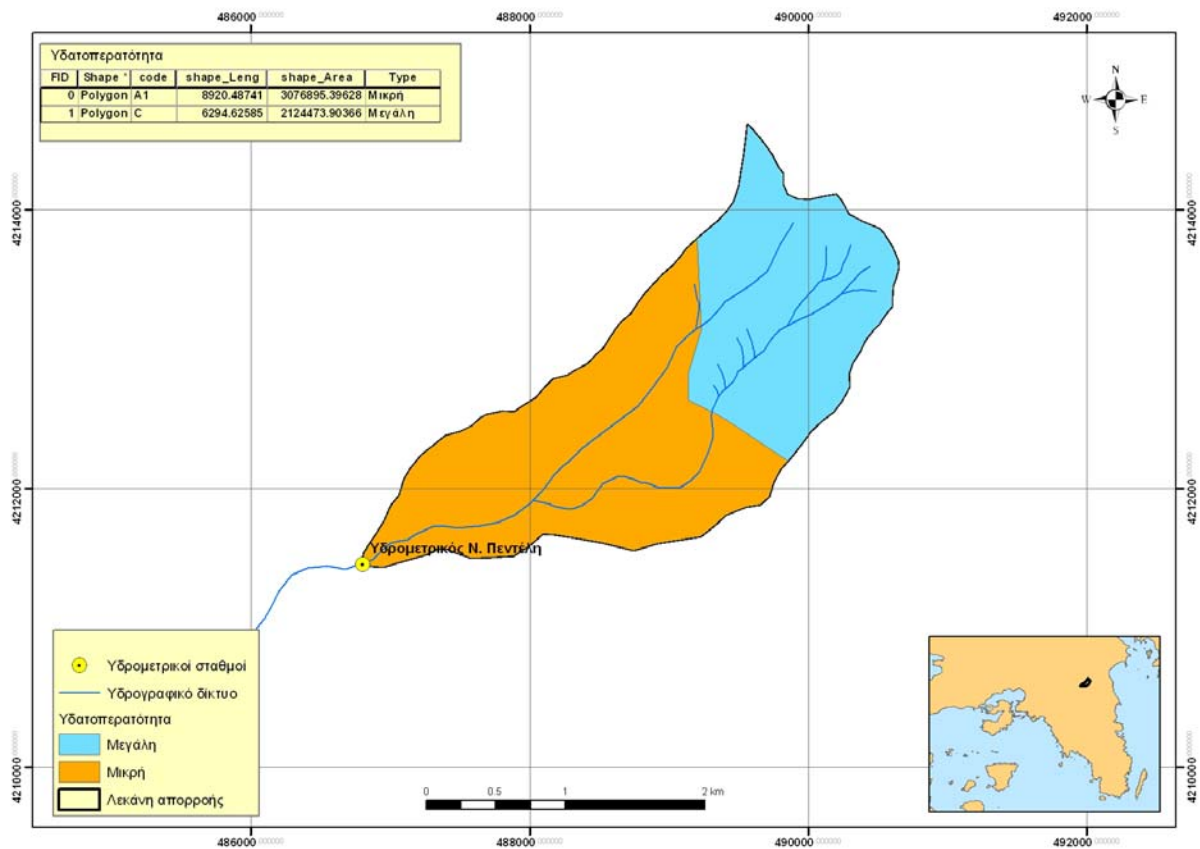
Τα γεωγραφικά και περιγραφικά μεγέθη για τη λεκάνη του άνω ρου του ρέματος Χαλανδρίου ανάντη της θέσης υδρομέτρησης στην θέση κρήνη Αφροδίτης φαίνονται στα Σχήματα 6.10 έως 6.12.



Σχήμα 6.10: Σταθμοί, υδρογραφικό δίκτυο και υπολεκάνες ρέματος Χαλανδρίου



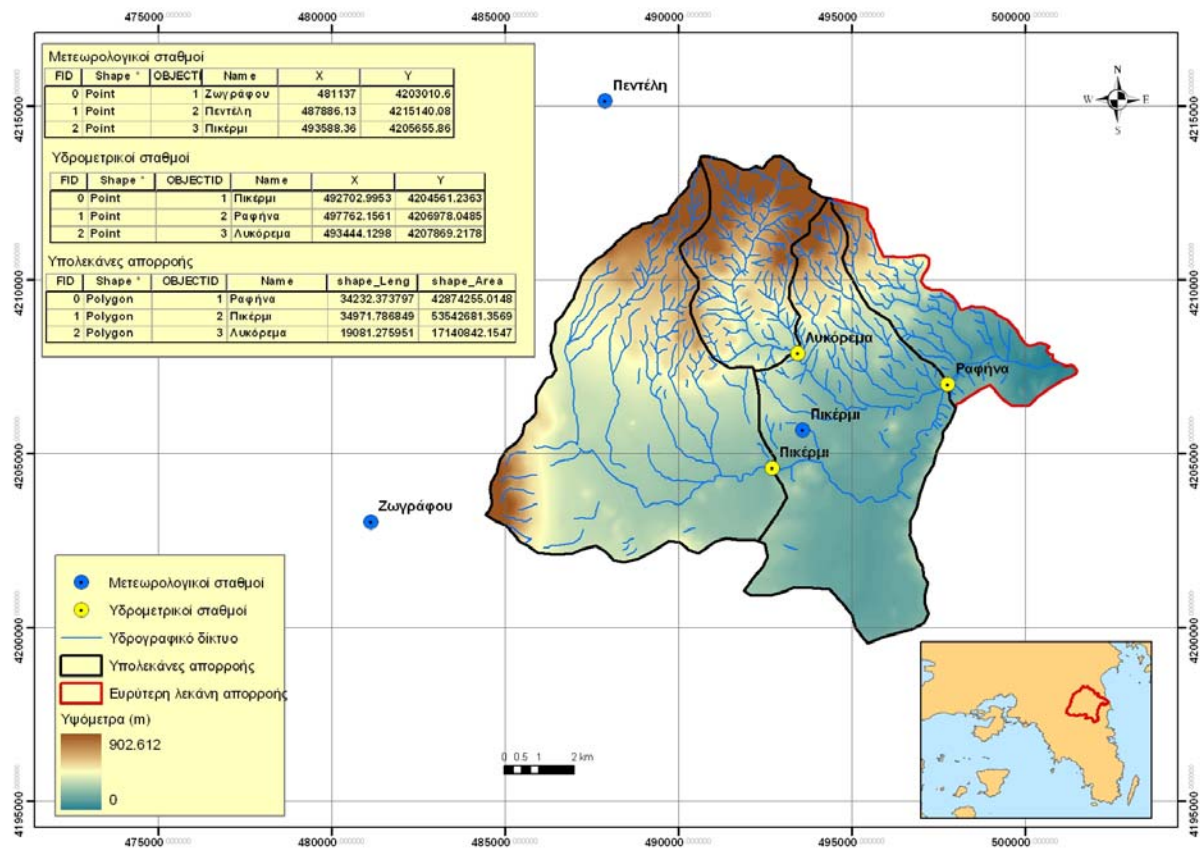
Σχήμα 6.11: Κάλυψη γης στη λεκάνη ρέματος Χαλανδρίου



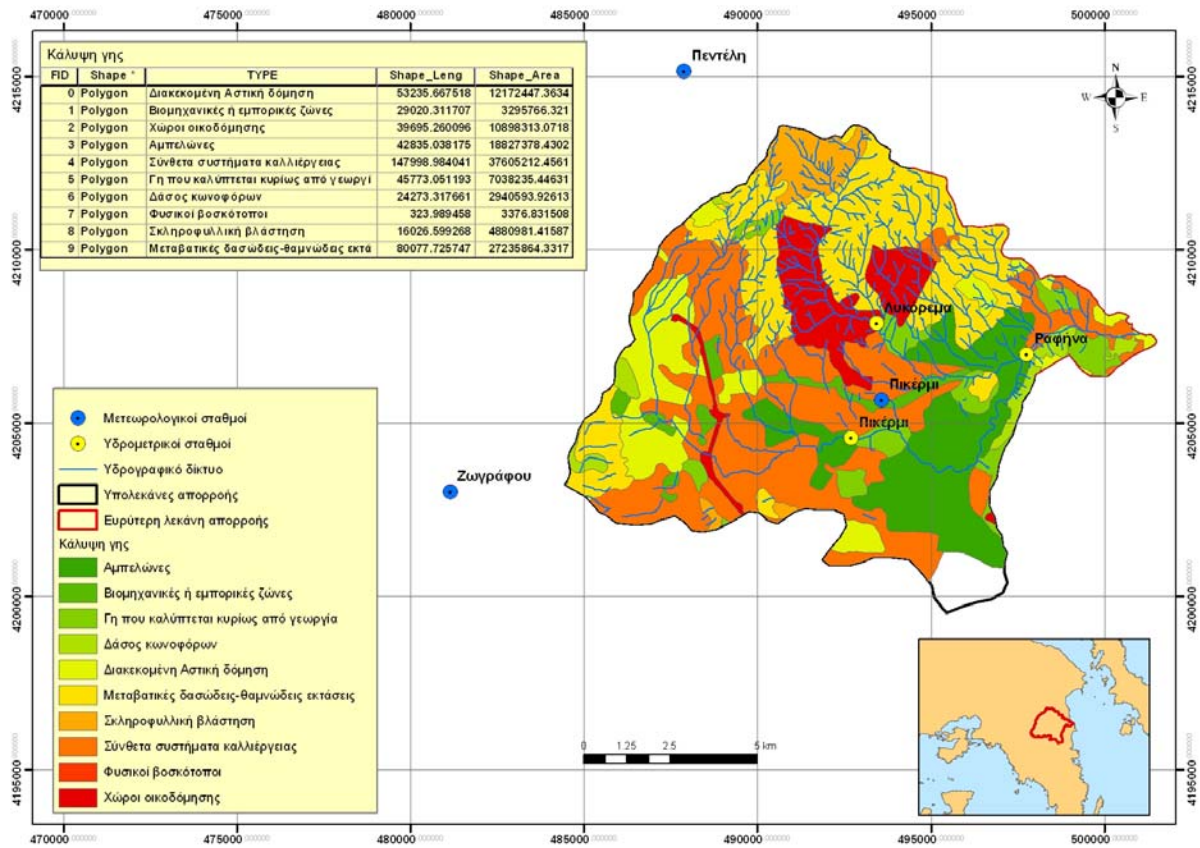
Σχήμα 6.12: Υδατοπερατότητα στη λεκάνη ρέματος Χαλανδρίου

6.5 Λεκάνη απορροής ρέματος Ραφήνας

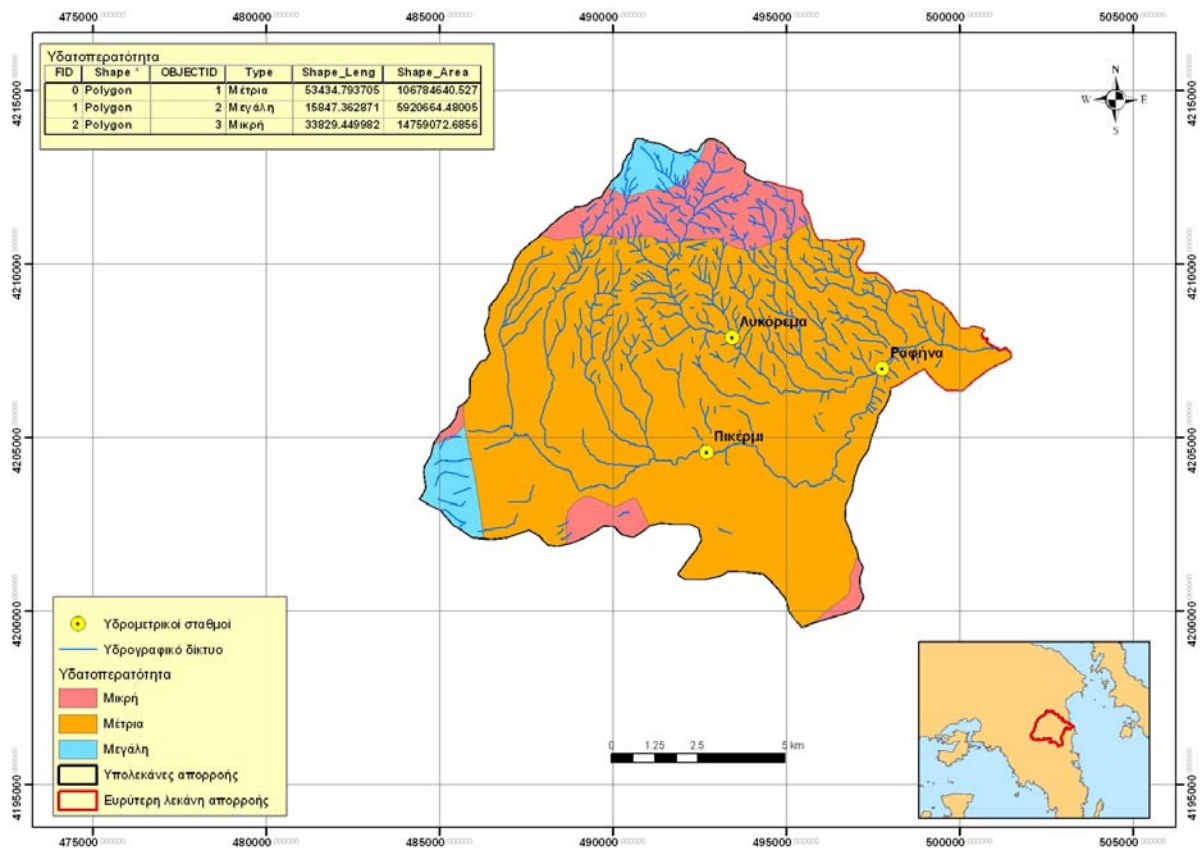
Τα γεωγραφικά και περιγραφικά μεγέθη για την λεκάνη απορροής του ρέματος Ραφήνας ανάντη της ομώνυμης θέσης υδρομέτρησης φαίνονται στα Σχήματα 6.13 έως 6.15.



Σχήμα 6.13: Σταθμοί, υδρογραφικό δίκτυο και υπολεκάνες ρέματος Ραφήνας



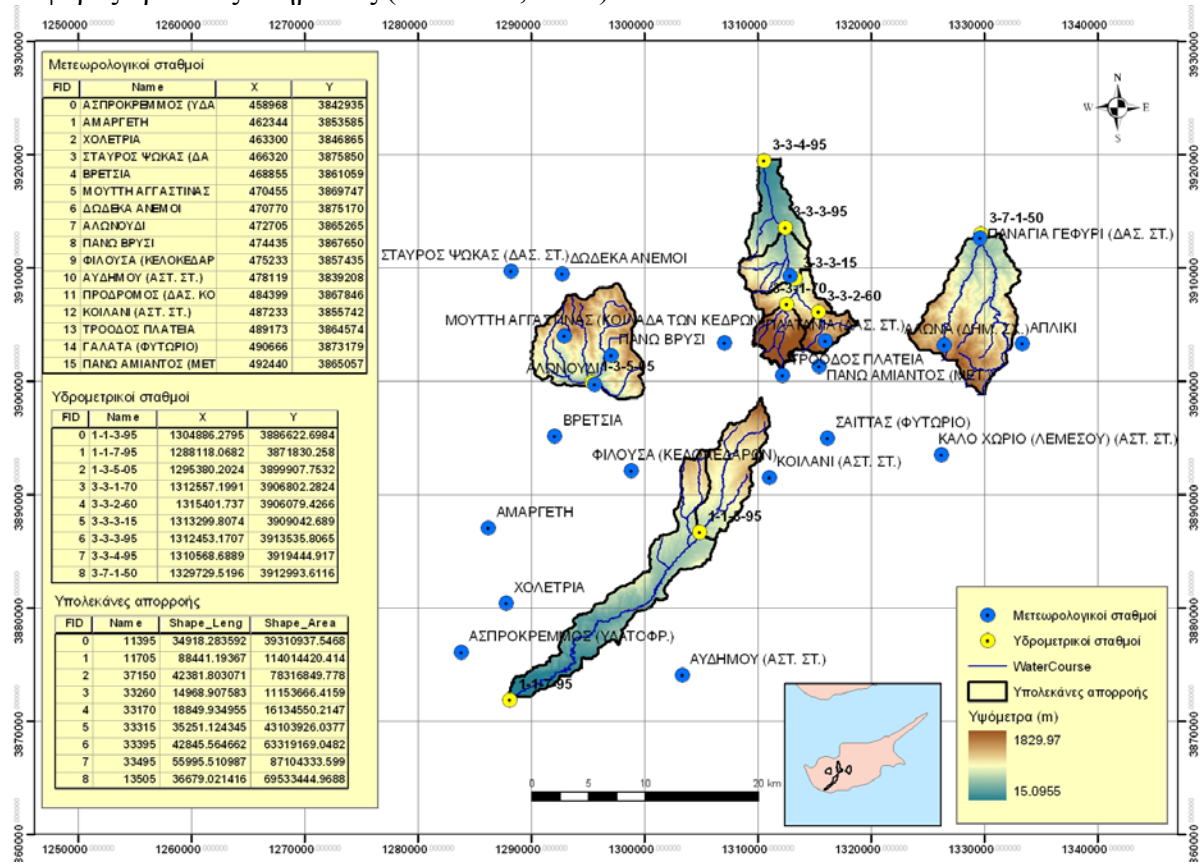
Σχήμα 6.14: Κάλυψη γης στη λεκάνη ρέματος Ραφήνας



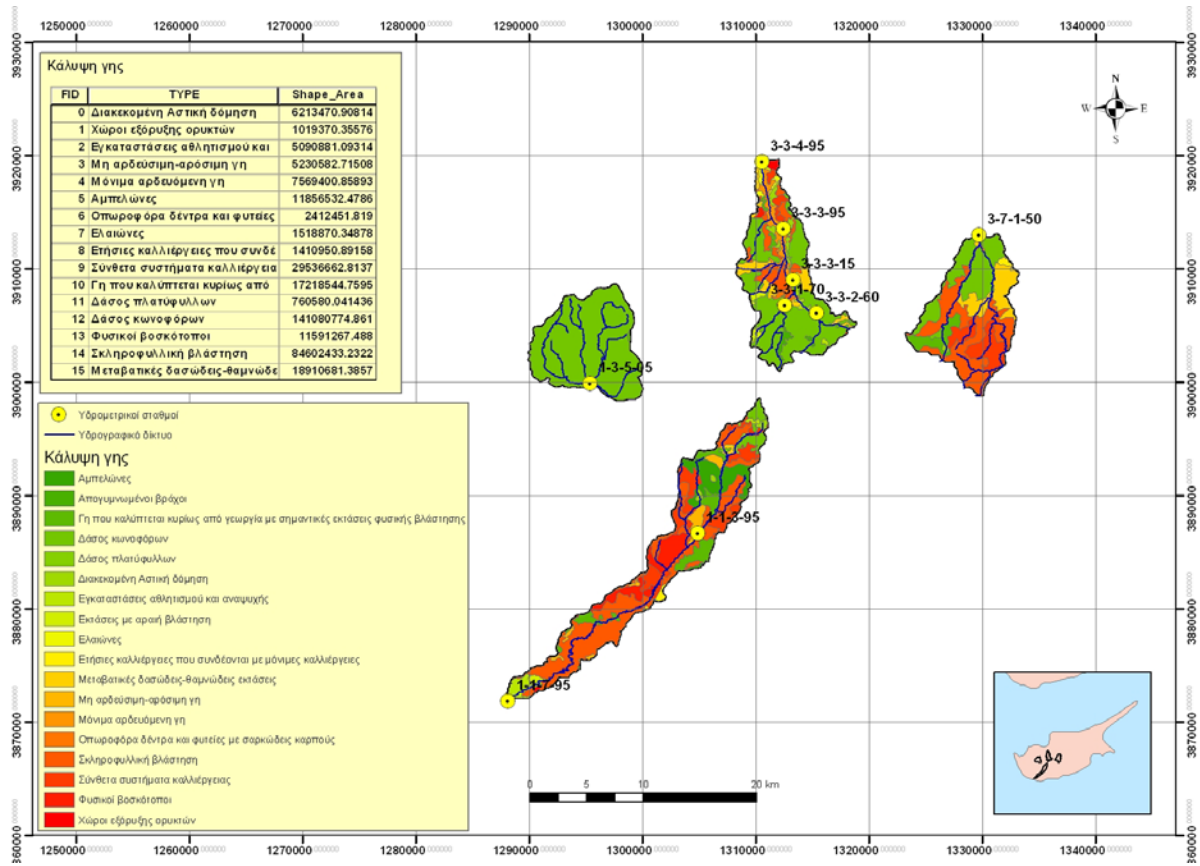
Σχήμα 6.15: Υδατοπερατότητα στη λεκάνη ρέματος Ραφήνας

6.6 Λεκάνες απορροής στην Κύπρο

Τα γεωγραφικά και περιγραφικά μεγέθη για εννέα υπολεκάνες απορροής στην Κύπρο φαίνονται στα Σχήματα 6.16 έως 6.18. Τα δεδομένα για την Κύπρο προέρχονται από διάφορες κρατικές υπηρεσίες (Γαλιούνα, 2011).



Σχήμα 6.16: Σταθμοί και υδρογραφικό δίκτυο για επιλεγμένες υπολεκάνες στην Κύπρο



Σχήμα 6.17: Κάλυψη γης σε επιλεγμένες υπολεκάνες στην Κύπρο

Αναφορές

- Μαμάσης, Ν., *Σημειώσεις μαθήματος «Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα», Γεωμορφολογία και απορροή, Εφαρμογές με χρήση ΣΓΠ*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2012.
- Γαλιούνα, Ε., *Διερεύνηση εμπειρικών σχέσεων για την εκτίμηση των πλημμυρικών αιχμών στην Κύπρο*, Μεταπτυχιακή εργασία, 169 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Φεβρουάριος 2011.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης*, Έκδοση 4, 180 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.
- Κουκουβίνος, Α., και Ν. Μαμάσης, *Εφαρμογές γεωγραφικών επεξεργασιών*, εκπαιδευτικό υλικό στα πλαίσια του έργου: Ανάπτυξη βάσης δεδομένων και εφαρμογών λογισμικού σε διαδικτυακό περιβάλλον για την «Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας», 2009.
- Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ανδρεαδάκης, Ρ. Μαυροδήμου, Α. Χριστοφίδης, Ν. Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος, Γ. Καραβοκυρός, Σ. Κοζάνης, Δ. Μαμάης, και Κ. Νουτσόπουλος, *Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων*, 748 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008.
- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ), Τεύχος 8: Αποχέτευση-Στράγγιση-Υδραυλικά Έργα Οδών, ΥΠΕΧΩΔΕ, 2002.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Π.Δ. 696/1974, *Περί αμοιβών μηχανικών δια σύνταξιν μελετών επίβλεψιν, παραλαβή κλπ. συγκοινωνιακών, υδραυλικών και κτιριακών έργων, ως και τοπογραφικών, κτηματογραφικών και χαρτογραφικών εργασιών, και των σχετικών τεχνικών προδιαγραφών μελετών*.
- Grimaldi, S., A. Petroseli, F. Tauro, and M. Porfiri, Time of concentration: A paradox in modern hydrology, *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 217–228, 2012.
- Zeiler, M., *Modeling our World*, Redlands, 1999.
- .Di Lazzaro, M., Correlation between hillslope and channel lengths and its effects on the hydrologic response, *Journal of Hydrology*, 362, 260–273, 2008.
- Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, section 4, Hydrology, U.S. Dept. of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1972.