



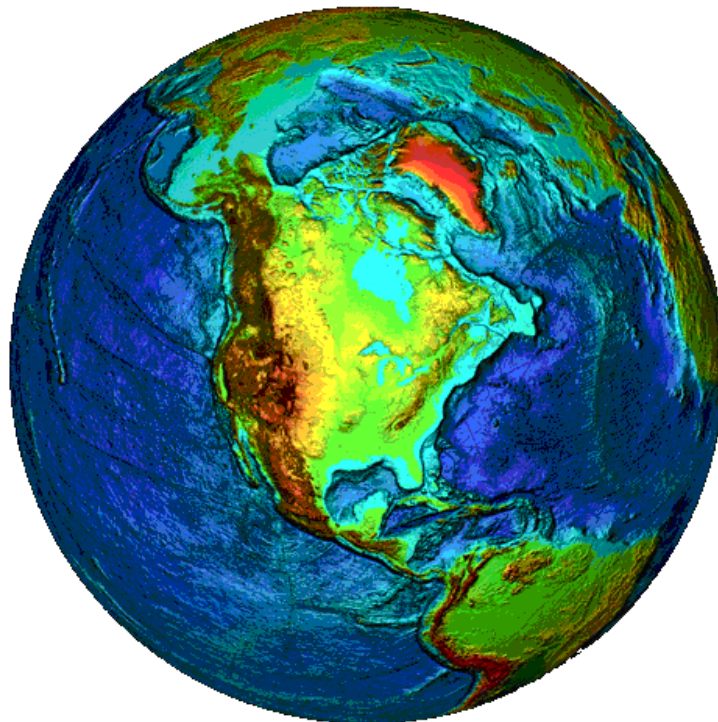
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ-
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΛΕΚΑΝΩΝ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ ΚΕΡΙΤΗ ΚΑΙ ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ
ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)**



Ζουμπούλογλου Κων/να
Εισηγήτρια: Δρ. Κούλη Μαρία

**ΧΑΝΙΑ
2006**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμηση μου και τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτρια Δρ. Κούλη Μαρία, για τη στήριξη της και την πολύτιμη βοήθεια της καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειας μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δρ. Σουπιό Παντελή για την παροχή σημαντικών δεδομένων απαραίτητων για την εκπόνηση της εργασίας, καθώς επίσης και τον Δρ.Σαρρή Απόστολο για την βοήθεια του όσον αφορά στην προεπεξεργασία των χαρτών που χρησιμοποιήθηκαν ως υπόβαθρο στο περιβάλλον των Γ.Σ.Π.

Θα ήθελα, επίσης, να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την πολύτιμη συμπαράστασή της και την ηθική και υλική υποστήριξή της .

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους φίλους μου, οι οποίοι δημιούργησαν ένα ευχάριστο κλίμα και μου συμπαραστάθηκαν κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ-GIS.....	8
1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	8
1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ.....	9
1.3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ-GIS.....	11
1.3.1. ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ-ΔΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ...13	
1.3.2. ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ (VECTOR).....	15
1.3.3.ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΚΑΝΑΒΟΥ (RASTER)..18	
1.4. ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	21
1.4.1.ΕΙΔΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	24
1.4.1.1.ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΓΩΝΩΝ (TIN).....	24
1.4.1.2.ΜΟΝΤΕΛΑ (LATTICE, GRID)	24
1.5.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.....	25
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟ-ΜΕΛΕΤΗ	
ΠΕΡΙΟΧΩΝ.....	27
2.1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΡΗΤΗΣ.....	28
2.2. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	
ΜΕΛΕΤΗ.....	30
3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ARC GIS 8-	
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ Γ.Σ.Π.....	35
3.1.ΤΟ ARCGIS DESKTOP.....	35
4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ Γ.Σ.Π.	42

4.1.ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΣΑΡΩΣΗ , ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ	44
4.2.ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	47
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	52
5.1. ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	52
5.2. ΒΑΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ HORTON(1ΟΣ, 2ΟΣ ΝΟΜΟΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ).....	56
5.3. ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	62
5.4. ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ-ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΑΤΑ.....	69
5.5. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ.....	78
5.6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	88
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	93
 ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	95
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	97

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, πραγματοποιήθηκε γεωμορφολογική ανάλυση σε Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) των δύο μεγαλύτερων υδρολογικών λεκανών οι οποίες βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του Νομού Χανίων. Τα ψηφιακά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των γεωμορφολογικών παραμέτρων οι οποίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την διερεύνηση των συνθηκών εξέλιξης των υδρολογικών λεκανών παρήχθησαν από τοπογραφικούς, γεωλογικούς, υδρολογικούς και υδρολιθολογικούς χάρτες.

Οι υπολογισθείσες γεωμορφολογικές παράμετροι, όπως για παράδειγμα η υδρογραφική πυκνότητα, η υδρογραφική συχνότητα, τα υψομετρικά ολοκληρώματα και οι υψομετρικές καμπύλες (ιδιαίτερα σε κλίμακα υπολεκανών), βοήθησαν στην κατανόηση του ρόλου και της επίδρασης διάφορων παραγόντων στις διαδικασίες εξέλιξης των υδρογραφικών δικτύων και των διαδικασιών διάβρωσης και απόθεσης. Προέκυψε τελικά πως οι δύο υδρολογικές λεκάνες έχουν υποστεί εκτεταμένη διάβρωση κατά το παρελθόν, ενώ παραμένουν επιδεκτικές σε διεργασίες επιφανειακής διάβρωσης. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη και εξέλιξή τους έχει σημαντικά επηρεαστεί από γεωμορφολογικούς και λιθολογικούς παράγοντες (ρήγματα, κλίσεις και διαπερατότητα των πετρωμάτων).

ABSTRACT

In the current work, watershed analysis based on geographic information system (GIS) was carried out in two major watersheds in the central area of Chania prefecture. The digital data for deriving geomorphometric parameters significant for the evaluation of watersheds condition were produced from topographical, geological, hydrological and hydrolithological. Geomorphometric parameters such as drainage density, stream frequency, hypsometric integrals and hypsometric curves especially at the sub basin level enabled to understand the relationships among the different aspects of the drainage patterns and their influence on landform processes, drainage, and land erosion properties. Geomorphometric parameters analysis revealed that the two watersheds have undergone severe erosion in the past, and are still susceptible to surface erosion while their development have been significantly affected by geomorphological and lithological factors (i.e. faults, slope, and rock permeability).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα επιφανειακά χαρακτηριστικά πολλών λεκανών απορροής έχουν μελετηθεί με τη χρήση συμβατικών μεθόδων. Η μορφομετρική ανάλυση περιλαμβάνει αξιολόγηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου μέσω της μέτρησης των διαφόρων χαρακτηριστικών του. Παράλληλα κάποια βοηθητικά υπολογιστικά εργαλεία, όπως οι υψομετρικές καμπύλες και τα υψομετρικά ολοκληρώματα χρησιμεύουν στο να ενισχύσουν τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα παραπάνω ή να τα αναιρέσουν φανερώνοντας λιγότερο προφανή αίτια για την εξέλιξη ενός υδρογραφικού δικτύου. Η κάθε λεκάνη απορροής διακρίνεται από τα μοναδικά μορφολογικά χαρακτηριστικά της, τα οποία φανερώνουν τη σχέση τους με το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης, καθώς επίσης και με τη γεωμορφολογία της (Doornkamp and Cuchlaine, 1971, Strahler, 1957). Ο πρώτος νόμος του Horton αποκαλύπτει τη γεωμετρική σχέση μεταξύ τον αριθμό των κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου και της τάξης των κλάδων αυτών, ενώ ο δεύτερος που επίσης χρησιμοποιήθηκε αποτυπώνει τη σχέση του μέσου μήκους των κλάδων κάθε τάξης, σε ένα υδρογραφικό δίκτυο. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με παραμέτρους όπως η υδρογραφική συχνότητα και πυκνότητα των λεκανών απορροής, ο λόγος επιμηκύνσεως της λεκάνης και το εμβαδόν της προσφέρουν λεπτομερή ανάλυση της επιρροής του υδρογραφικού δικτύου, της λιθολογίας, αλλά και της τεκτονικής στην περιοχή μελέτης.

Τα τελευταία χρόνια η αυτοματοποιημένη εξαγωγή των παραμέτρων των λεκανών απορροής έχει αποδειχθεί ακριβής προσφέροντας ταυτόχρονα τη σημαντική μείωση χρόνου που απαιτείτο υπό άλλες συνθήκες. Η τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών βρίσκει την καλύτερη εφαρμογή της σε περιβαλλοντικές μελέτες.

Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και συγκεκριμένα το πιο διαδεδομένο παγκοσμίως λογισμικό ΓΣΠ, το πακέτο ArcGIS με το οποίο υλοποιήθηκε η μορφομετρική ανάλυση των λεκανών απορροής των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη.

Ο σκοπός ήταν να αποκρυπτογραφηθεί η εξέλιξη των προαναφερθέντων υδρολογικών λεκανών οι οποίες δεσπόζουν στο κεντρικό τμήμα του Νομού Χανίων.

Με την συλλογή και εισαγωγή στο ΓΣΠ, τοπογραφικών, υδρολογικών και γεωλογικών χαρτών, κατορθώθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα να δημιουργηθούν

τα απαραίτητα χωρικά δεδομένα βάσει των οποίων διεξήχθη η ανάλυση των μορφομετρικών παραμέτρων οι οποίες αποτυπώνουν την ιστορία των δύο λεκανών. Κύριος σκοπός η διερεύνηση του ρόλου της γεωλογίας και της τεκτονικής στην εξέλιξη των δύο υδρολογικών λεκανών.

Τα αποτελέσματα τα οποία εξήχθησαν από την ανάλυση των ρεμάτων και των υδρογραφικών δικτύων παρείχαν πληροφορίες για την κατανόηση των υδρολογικών χαρακτηριστικών της ευρύτερης περιοχής των Χανίων. Επιπλέον, ο συγκερασμός των γεωλογικών και τεκτονικών δομών, της λιθολογίας και των κλίσεων των υδρολογικών λεκανών αναδεικνύει τόσο την σχέση μεταξύ της μορφής του υδρογραφικού δικτύου και των γεωμορφολογικών παραμέτρων όσο και τον ρόλο που διαδραμάτισε η γεωλογία και η τεκτονική στην ανάπτυξη και εξέλιξη των υδρογραφικών δικτύων της περιοχής των Χανίων.

1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ-GIS

1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ

Η Χαρτογραφία είναι η επιστήμη η οποία ασχολείται με την επεξεργασία και τη γραφική απόδοση στοιχείων, που αφορούν στα φυσικά φαινόμενα αλλά και στα ανθρωπογενή (κοινωνικό-οικονομικά) φαινόμενα. Συνδέεται στενά με τις επιστήμες της Γεωδαισίας, της Τοπογραφίας, της Φωτογραμμετρίας και της Τηλεπισκόπησης, των οποίων το κύριο αντικείμενο είναι η συλλογή δεδομένων (Αστάρας, 2005).

Η επιστήμη της χαρτογραφίας χωρίζεται σε κλάδους, οι οποίοι ασχολούνται με επιμέρους γνωστικά αντικείμενα:

Στην «Μαθηματική Χαρτογραφία», η οποία ασχολείται με τον τρόπο απόδοσης μιας μη-επίπεδης επιφάνειας σε επίπεδη με τη βοήθεια μαθηματικών προβολών, καθώς και τους τρόπους μοντελοποίησης και επεξεργασίας των δεδομένων μέσω μεθόδων παρεμβολής, εξομάλυνσης και γενίκευσης.

Στην «Θεματικής Χαρτογραφία», η οποία ασχολείται με την επεξεργασία και απόδοση της θεματικής (μη-γεωμετρικής) πληροφορίας, ενώ κάποιο ιδιαίτερο κομμάτι της, ασχολείται με τη μελέτη του συμβολισμού και των χρωμάτων που χρησιμοποιούνται, όπως και του τρόπου με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ένα χάρτη.

Την τελευταία εικοσαετία επικρατεί ο όρος «Ψηφιακή ή Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία», ο οποίος δεν αναφέρεται απλώς σε ένα τμήμα της Χαρτογραφίας, αλλά αφορά στην εξέλιξη του συνόλου των χαρτογραφικών διαδικασιών (δηλαδή της συλλογής, επεξεργασίας, αποθήκευσης, ενημέρωσης, επανατοποθέτησης και απόδοσης δεδομένων). Έτσι, πέρα από τα αντικείμενα που παραδοσιακά απασχολούν τη Χαρτογραφία, η Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία καλύπτει ένα πλήθος δραστηριοτήτων, όπως. η αυτόματη σχεδίαση με Η/Υ, οι μεθοδολογίες συμπίεσης δεδομένων, οι τρόποι και οι μεθοδολογίες αποθήκευσης στοιχείων, οι δομές βάσεων δεδομένων, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών κλπ (Παρασχάκης κ.α., 1990). Η Ψηφιακή Χαρτογραφία, η οποία αποτελεί στην ουσία τη σύγχρονη έκφραση της Χαρτογραφίας, τείνει να αντικαταστήσει σχεδόν ολοκληρωτικά τις παραδοσιακές χαρτογραφικές μεθόδους στις διάφορες χαρτογραφικές διαδικασίες.

1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Πριν από 35.000 έτη, στους τοίχους σπηλαίων κοντά στην περιοχή Lascaux, στη Γαλλία, κυνηγοί Cro- Magnon ζωγράφιζαν τις εικόνες των ζώων που κυνηγούσαν. Σύμφωνα με τις ζωγραφιές των ζώων υπάρχουν και οι διαδρομές εντοπισμού τους, καθώς επίσης και διάφοροι υπολογισμοί, οι οποίοι αποτελούν ένα συλλογισμό αναπαράστασης των δρόμων μετανάστευσης των ζώων. Αυτά τα πρόωρα αρχεία ακολούθησαν τη δομή δύο-στοιχείων των σύγχρονων γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Δηλαδή ένα γραφικό αρχείο συνδεδεμένο με μια βάση δεδομένων-ιδιοτήτων. (Wheatley, David and Gillings, Mark, 2002. Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Application of GIS. London, New York, Taylor & Francis.)

Η χρήση χαρτών ως μέσο απεικόνισης χωρογραφικών δεδομένων είναι παλαιότερη. Στην Ρώμη οι χαρτογράφοι θεωρούνταν εξέχοντα μέλη της κοινωνίας. Μετά την πτώση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας υπήρξε ένα κενό στη συλλογή χαρτογραφικών δεδομένων έως τον 18^ο αιώνα, οπότε και η συλλογή τους ξεκίνησε πάλι από τις Ευρωπαϊκές κυβερνήσεις, οι οποίες αντιλήφθηκαν την αξία της συστηματικής χαρτογράφησης. Αυτό οδήγησε στην έναρξη της χαρτογράφησης σε εθνικό επίπεδο από οργανωμένα ινστιτούτα.

Κατά τον 19^ο αιώνα άρχισε να γίνεται απογραφή των φυσικών πόρων, καθώς επίσης και αξιολόγηση τους. Οι απαιτήσεις της γης για την παραγωγή αγαθών άρχισαν να μετρούνται και τα εγγειοβελτιωτικά έργα διαμορφώνονταν βάση σχεδιασμού και υπολογισμού αναγκών.

Στον 20^ο αιώνα παρατηρήθηκε αύξηση της ζήτησης τοπογραφικών χαρτών, καθώς και άλλων χαρτών ειδικού περιεχομένου, ενώ λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας και των αλμάτων προόδου της πληροφορικής κατέστη δυνατή η δημιουργία βάσεων δεδομένων. Οι πληροφορίες άρχισαν να εμφανίζονται σε οργανωμένη και συσχετισμένη μορφή. Έτσι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για κάθε σχεδιασμό απαιτούσε την ύπαρξη και σύνδεση του είδους της πληροφορίας (περιγραφική πληροφορία) με την γεωγραφική της θέση (χωρική πληροφορία).

Αυτή η απαίτηση γρήγορα οδήγησε σε αυτοματοποιημένα συστήματα διαχείρισης της πληροφορίας. Λόγω της ανάγκης εισαγωγής, αποθήκευσης, ανάλυσης και απεικόνισης πολλαπλών πληροφοριών εφευρέθηκαν τα Γεωγραφικά Συστήματα

Πληροφοριών, τα οποία αποτέλεσαν την φυσική εξέλιξη ενός μεγάλου κομματιού της σύγχρονης πληροφορικής, αφού η χρήση τους βρίσκει εφαρμογή σε πάρα πολλά επιστημονικά πεδία. Το έτος 1967 αναπτύχθηκε το πρώτο παγκόσμια αληθινό λειτουργικό GIS στην Οτάβα του Καναδά και συγκεκριμένα στο Οντάριο στο ομοσπονδιακό Τμήμα Ενέργειας, Ορυχείων και Φυσικών Πόρων του Οντάριο από τον Roger Tomlinson. Αυτή η πρώτη εκδοχή των Γ.Σ.Π ονομάστηκε "Καναδικό GIS" (CGIS) και χρησιμοποιήθηκε για να αποθηκεύσει, να αναλύσει και να χειριστεί τα στοιχεία που εξάγονταν από την απογραφή γης του Καναδά.

Με τον τρόπο αυτό χαρτογραφήθηκαν οι πληροφορίες για τα εδάφη, τη γεωργία, την άγρια φύση, τα υδρόβια πουλιά, τα δάση, και τη χρήση των εδαφών σε κλίμακα 1:250,000. Το CGIS ήταν παγκοσμίως το πρώτο "Σύστημα" και αποτελούσε μια βελτίωση των εφαρμογών χαρτογράφησης, αφού παρείχε τη δυνατότητα επικάλυψης, μέτρησης και ψηφιοποίησης/ιχνηλάτησης, ενώ υποστήριζε ένα εθνικό σύστημα συντεταγμένων που επεκτάθηκε στην ήπειρο, που κωδικοποίησε τις γραμμές ως "τόξα" έχοντας μια αληθινή ενσωματωμένη τοπολογία, και αποθήκευε τις ιδιότητες και τις ως προς την τοποθεσία πληροφορίες σε χωριστά αρχεία. Ο υπεύθυνος για την ανάπτυξή του, γεωγράφος Roger Tomlinson ονομάστηκε "πατέρας του GIS."

Το CGIS ολοκληρώθηκε στη δεκαετία του '90 και έχτισε τη μεγαλύτερη ψηφιακή βάση δεδομένων των πόρων εδάφους στον Καναδά. Αναπτύχθηκε στον κεντρικό υπολογιστικό σύστημα ως υποστήριξη των ομοσπονδιακού και του επαρχιακού προγραμματισμού για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση των φυσικών πόρων. Το CGIS δεν ήταν ποτέ διαθέσιμο σε μια εμπορική μορφή. Η αρχική του ανάπτυξη και η επιτυχία του υποκίνησαν τις διάφορες εμπορικές εφαρμογές χαρτογράφησης. Η ανάπτυξη των μικροϋπολογιστών κέντρισε τους προμηθευτές να ενσωματώσουν επιτυχώς πολλά από τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα, που συνδυάζουν την προσέγγιση πρώτης γενιάς ως προς τον διαχωρισμό των χωρικών δεδομένων και των πληροφοριών ιδιοτήτων με την προσέγγιση δεύτερης γενιάς ως προς την οργάνωση των στοιχείων ιδιοτήτων σε δομές βάσεων δεδομένων. Έτσι δεκαετία του '90 χαρακτηρίστηκε από την αυξανόμενη χρήση του GIS σε επιχειρησιακό, αλλά και σε ερευνητικό επίπεδο. Μέχρι το τέλος του 20ού αιώνα, η ταχεία ανάπτυξη των διάφορων συστημάτων ήταν παγιωμένη και τυποποιημένη σε σχετικά λίγες πλατφόρμες και οι χρήστες άρχιζαν να εξάγουν την έννοια της εξέτασης των στοιχείων GIS μέσω του Διαδικτύου, απαιτώντας τυποποιημένα

δεδομένα και υποδομή στήριξης μεταφοράς τους.

Αυτή η πορεία οδηγεί στο σήμερα, φέρνοντας τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών να βρίσκουν εφαρμογή σε πολλά πεδία επιστημών, όπως η τοπογραφία, η φωτογραμμετρία, η τηλεπισκόπηση, η στατιστική, η ιατρική κ.α. Τα Γ.Σ.Π. αποτελούν ένα πολύτιμο, διαρκώς αναπτυσσόμενο εργαλείο.

1.3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ-GIS

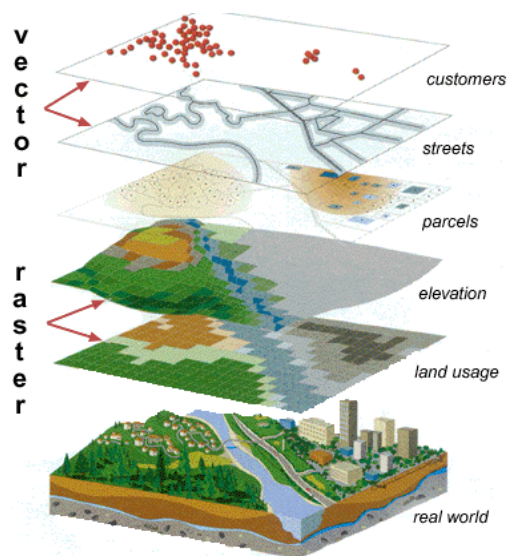
Τα Γ.Σ.Π. αποτελούν ένα δυναμικό εργαλείο διαχείρισης της πληροφορίας, είτε αυτή περιγράφει μια ιδιότητα, είτε ορίζει την θέση στον χώρο. Παρέχουν την δυνατότητα στον χρήστη να συλλέξει, να διαχειριστεί, να αποθηκεύσει, να επεξεργαστεί, να αναλύσει και τέλος να απεικονίσει συνδυαστικά πολλά επίπεδα πληροφορίας.

Υπό μια γενικότερη έννοια, το GIS είναι ένα εργαλείο, ένας "έξυπνος χάρτης" που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν διαδραστικές λίστες άντλησης πληροφοριών, να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα και να επέμβουν στα χαρακτηριστικά τους. Το αποκαλούμενο 'χαρτογραφικό λογισμικό', συνδέει τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά μιας περιοχής με τη γεωγραφική της θέση. Αντίθετα από τους συμβατικούς χάρτες, οι ψηφιακοί χάρτες μπορούν να συνδυάσουν πολλά επίπεδα πληροφοριών-layers (Εικ. 1).

Υπό την ακριβέστερη έννοια, είναι ένα υπολογιστικό σύστημα ικανό, για την ενσωμάτωση, αποθήκευση, διόρθωση, ανάλυση και απεικόνιση γεωαναφερμένων πληροφοριών.

Καθώς η τεχνολογία προοδεύει τα ΓΣΠ εξελίσσονται, όμως ο κεντρικός τους άξονας παραμένει σταθερός. Η εξέλιξή τους έγκειται στην μαθηματική τους υποδομή και αναδιάρθρωση. Τα ΓΣΠ προσφέρουν την δυνατότητα προσομοίωσης του πραγματικού κόσμου σε δισδιάστατα και τρισδιάστατα μοντέλα απεικόνισης. Αυτό επιτυγχάνεται με μαθηματικούς αλγόριθμους στο λογισμικό των ΓΣΠ. Επιπλέον έχει δημιουργηθεί ένα σύστημα συντεταγμένων ικανό να αποτελέσει σημείο αναφοράς για κάθε περιοχή της γης. Αυτό είναι το παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων. Κάθε περιοχή έχει τις δικές της συντεταγμένες, οι οποίες ορίζονται με ακρίβεια με την βοήθεια των συσκευών GPS. Κατά αυτό τον τρόπο υπάρχει η υποδομή μιας

τεράστιας βάσης δεδομένων, αρκετά αξιόπιστης, ώστε να χρησιμοποιηθεί σε αναλύσεις.



Εικόνα 1: Η αρχή της υπέρθεσης των Πληροφοριακών Επιπέδων στα ΓΣΠ.

Ένα Γ.Σ.Π. αποτελείται από το υλικό, το λογισμικό και τα δεδομένα. Όλα τα προαναφερθέντα στην υπηρεσία εξειδικευμένου προσωπικού μπορούν να αξιοποιήσουν στο έπακρον τις δυνατότητες των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.

Υλικό: Αποτελείται από ένα ολοκληρωμένο σύστημα Η/Υ, από ψηφιοποιητές, σαρωτές, εκτυπωτές και σχεδιογράφους-plotters.

Λογισμικό: Ένα πρόγραμμα ικανό να εισάγει, διορθώσει, αποθηκεύσει, διαχειριστεί, αναλύσει και απεικονίσει ψηφιακά δεδομένα σε ένα φιλικό προς τον χρήστη interface.

Δεδομένα: Πρόκειται για το σύνολο της πληροφορίας για την περιοχή ενδιαφέροντος.

Στο πεδίο μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας, δηλαδή στις γεωεπιστήμες η συλλογή των δεδομένων γίνεται με ποικίλους τρόπους. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται χάρτες της υπηρεσίας στρατού, του ΙΓΜΕ αλλά και του υπουργείου περιβάλλοντος, επίσης χρησιμοποιούνται αεροφωτογραφίες, δορυφορικές φωτογραφίες και συστήματα εντοπισμού GPS.

1.3.1. ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ-ΔΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα ΓΣΠ αναπαριστούν πραγματικά δεδομένα σε ψηφιακή μορφή. Για να γίνει εφικτή μια τέτοιου είδους απεικόνιση, δηλαδή δρόμων, ποταμών, οικισμών κ.α. δημιουργείται ένα μοντέλο, βάση κανόνων τοπολογίας που επιτρέπει την διαχείριση αυτών των πληροφοριών. Τα αντικείμενα στον πραγματικό χώρο μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες. Τα χωρικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα θέση, μορφή, σχέσεις, κ.λπ. και τα ποιοτικά ή θεματικά ή περιγραφικά δεδομένα που αφορούν τιμές και χαρακτηριστικά.

ΧΩΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ανάλογα με τις διαστάσεις τους στο χώρο, τα χωρικά δεδομένα διακρίνονται σε σημειακά (όπως, τα επίκεντρα σεισμών, οι πόλεις, τα ηφαίστεια, οι γεωτρήσεις κ.α.), γραμμικά (όπως δρόμοι, υδρογραφικό δίκτυο, ρήγματα κ.α.), πολυγωνικά (όπως υδρογραφικές λεκάνες, γεωλογικές ενότητες κ.α.) και ογκομετρικά, (όπως χάρτης κλίσεων εδαφών).

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το είδος του αντικειμένου εξαρτάται και από την κλίμακα που χρησιμοποιείται. Έτσι, ενώ σε μία κλίμακα 1:50.000 η νήσος Σίφνος μπορεί να περιλαμβάνει σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά δεδομένα, σε κλίμακα 1:1.000.000, όλη η νήσος Σίφνος αποτελεί ένα σημειακό αντικείμενο. Τα δεδομένα εξάλλου αντιπροσωπεύονται από τις διαστάσεις τους μέσα στο χώρο. Έτσι, ένα σημείο θεωρείται ότι έχει μηδενικές διαστάσεις. Η ευθεία που ενώνει δύο σημεία έχει μία μόνο διάσταση, το μήκος. Μία επιφάνεια που αποτελείται από ένα σύνολο γραμμών έχει δύο διαστάσεις, το μήκος και την έκταση και τέλος ένα ογκομετρικό μέγεθος (μία επιφάνεια που περιλαμβάνει εκτάσεις με κατακόρυφες συντεταγμένες) έχει τρεις διαστάσεις.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ονομαστικά δεδομένα (nominal): Είναι ποιοτική, μη αριθμητική, μη γραμμική κλίμακα. Τα χαρακτηριστικά διαχωρίζονται με βάση τα ουσιαστικά πραγματικά χαρακτηριστικά τους. Για παράδειγμα, η ιδιότητα "λεκάνη απορροής" μπορεί να πάρει τις τιμές: Κερίτης, Ταυρωνίτης κ.λπ.

Τακτικά δεδομένα (ordinal): Είναι ονομαστική κλίμακα αλλά με σειρά. Δηλαδή τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με κάποια τακτική διάταξη. Ένα παράδειγμα είναι η ιδιότητα "Μέγεθος" που μπορεί να πάρει τις τιμές: μικρή, μεσαία, μεγάλη, κ.λπ.

Κατά διαστήματα δεδομένα (interval): Είναι μία τακτική κλίμακα αλλά με αριθμούς. Τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την απόκλισή τους από ένα αυθαίρετο μέγεθος μέτρησης. Ένα παράδειγμα είναι το "Εμβαδόν" το οποίο παίρνει τιμές που μετριοούνται σε τετραγωνικά μέτρα.

Αναλογικά δεδομένα (ratio): Είναι μία κλίμακα με ένα απόλυτο μηδενικό σημείο έναρξης. Ένα παράδειγμα είναι το "Υψόμετρο" το οποίο μετρείται σε μέτρα και η μέτρηση αρχίζει από την επιφάνεια της θάλασσας.

Ανάλογα με τη φύση τους, τα δεδομένα αυτά διακρίνονται σε διακριτά (όπως ο πληθυσμός, η χρήση γης κ.α.) και συνεχή (όπως το υψόμετρο, η ατμοσφαιρική ρύπανση κ.α.).

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι αναπαράστασης της πραγματικότητας με ψηφιακό τρόπο. Οι δύο κύριες που χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύσουν τα στοιχεία σε ένα GIS και για τις δύο παραπάνω κατηγορίες είναι η διανυσματική μορφή (vector) και η μορφή κανάβου (raster).

Η πρώτη από αυτές μετατρέπει τη μορφή του χάρτη σε μορφή διανύσματος (vector format) ή διανυσματική μορφή πολυγώνου, χρησιμοποιώντας την τεχνική του διανύσματος και η δεύτερη σε μορφή ψηφιδωτού ή κανάβου (raster format), χρησιμοποιώντας την τεχνική του ψηφιδωτού. Και οι δυο μέθοδοι, συγχρόνως με τη μετατροπή αυτή κάθε αυτή του χάρτη σε ψηφιακή μορφή, παρέχουν τοπολογική και ποιοτική πληροφορία για τον ακριβή τρόπο επανασύστασής του.

1.3.2. ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ (VECTOR)

Σε αυτή την περίπτωση οι οντότητες στον χώρο περιγράφονται και επεξεργάζονται με την χρήση διανυσμάτων (Εικ.2). Σημεία, γραμμές ή πολύγωνα χρησιμοποιούνται στην αναπαράσταση των στοιχείων πάντα βάσει περασμένων κανόνων τοπολογίας(Πιν. 1).

Σημεία: Το σημείο είναι η απλούστερη μέθοδος απεικόνισης αντικειμένων και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των αντικειμένων που δεν έχουν καμία διάσταση στο χώρο (σε συγκεκριμένη κλίμακα). Η θέση τους στο χώρο προσδιορίζεται με τη χρήση είτε απόλυτων είτε σχετικών συντεταγμένων.

Γραμμές: Η χρήση γραμμών χρησιμοποιείται ευρέως, αφού με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η απεικόνιση πολλών μορφών, όπως ρήγματα, δρόμοι, ποτάμια, γραμμές κίνησης τεμαχίων ή ακόμη και λιθοσφαιρικών πλακών, δίκτυα ποικίλων μορφών κ.α. Συνήθως, οι γραμμές που εισάγονται σε ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών ενώνονται μεταξύ τους και τα σημεία σύνδεσής λέγονται κόμβοι (nodes). Για δίκτυα, όπου υπάρχουν πολλές συνδέσεις, όπως συμβαίνει στα ποτάμια συστήματα, όπου, για παράδειγμα, κλάδοι 1^{ης} τάξης ενώνονται για να δώσουν 2^{ης}, κλάδοι 2^{ης} τάξης ενώνονται μεταξύ τους για να δώσουν 3^{ης} κ.ο.κ. ,υπάρχουν δύο κύριες δυνατότητες για τη μορφή της κωδικοποίησης. Η επιλογή εξαρτάται από το αν ενδιαφέρουν περισσότερο οι κόμβοι ή οι σύνδεσμοι. Εάν ενδιαφέρουν, κυρίως, οι κόμβοι, τότε μπορεί να δημιουργηθεί ένα αρχείο στο οποίο να καταγράφεται η αρίθμηση των κόμβων, οι συντεταγμένες τους (x,y) και οι αριθμοί των συνδέσμων με τους οποίους καθένας σχετίζεται. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ενδιαφέρον για την κατεύθυνσή τους, τότε καταγράφεται ο αριθμός της γραμμής, του αρχικού και του τελικού της σημείου. Τα δίκτυα στα οποία δύο κόμβοι ενώνονται με μία ευθεία γραμμή, μπορεί να βρεθούν στη βιβλιογραφία και ως "Πλήρως Συνδεδεμένα δίκτυα". Υπάρχει, βέβαια, και η περίπτωση του συνδυασμού των δύο παραπάνω περιπτώσεων, έτσι ώστε το γεωγραφικό μοντέλο να αποτελείται από δύο αρχεία: ένα αρχείο συνδέσμων και ένα αρχείο κόμβων.

Επιφάνειες: Υπάρχουν πολλοί τρόποι απεικόνισης επιφανειών: το μοντέλο Spaghetti, το μοντέλο κωδικών αλυσίδων (Chain code), το τοπολογικό μοντέλο (Topological), το μοντέλο Dime και το μοντέλο Polyvrt.

Μοντέλο Spaghetti: Πρόκειται για τον απλούστερο τρόπο απεικόνισης μιας επιφάνειας, έτσι χρησιμοποιείται στις πιο απλές μορφές αυτοματοποιημένης χαρτογράφησης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό για κάθε πολύγωνο της περιοχής ενδιαφέροντος δημιουργείται ένα αρχείο, όπου καταχωρούνται με τη σειρά οι συντεταγμένες κάθε σημείου που έχει περαστεί για να καθοριστεί η πολυγωνική επιφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο, το δισδιάστατο μοντέλο ενός χάρτη μετατρέπεται σε μονοδιάστατο. Το βασικό μειονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι η καταγραφή παραπάνω από μία φορές των συντεταγμένων των σημείων που ανήκουν σε γραμμές, οι οποίες με τη σειρά τους ανήκουν σε γειτονικά πολύγωνα.

Μοντέλο κωδικών αλυσίδων (Chain code): Εδώ καταγράφεται η θέση ενός αρχικού σημείου, κατόπιν οι θέσεις των επόμενων σημείων καταγράφονται σε σχέση με την απόστασή τους από το αρχικό. Με τον τρόπο αυτόν, κωδικοποιούνται τα γραμμικά στοιχεία με τη χρησιμοποίηση μόνο των συντεταγμένων του αρχικού σημείου της γραμμής. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται ευρέως για την απεικόνιση οδικού δικτύου, δικτύου απορροής, κ.λπ. Εξάλλου, το βασικό πλεονέκτημά του είναι η ευκολία μετατροπής των ήδη εισαγόμενων δεδομένων του, στη μορφή που απαιτούν τα άλλα μοντέλα.

Τοπολογικό μοντέλο (Topological): Αποτελεί το συνηθέστερο τρόπο οργάνωσης των γεωγραφικών στοιχείων και διατηρεί τις χωρικές σχέσεις ανάμεσα στα διαφορετικά αντικείμενα και φαινόμενα που καταχωρούνται στο σύστημα. Η οργάνωση γίνεται με την χρήση κόμβων και περιλαμβάνονται οι συντεταγμένες τους. Κατασκευάζεται ένα αρχείο πολυγώνων, όπου με μονάδα τη γραμμή καταχωρίζεται η αρχή και το τέλος της, καθώς και τα πολύγωνα που βρίσκονται εκατέρωθεν αυτής.

Μοντέλο GBF/Dime (Geographic Base File/Dual IndependentMap): Αποτελεί το γνωστότερο μοντέλο τοπολογικής χρήσης. Η βασική μονάδα του είναι το τμήμα μιας επιφάνειας που περιλαμβάνεται ανάμεσα σε δύο τομές της. Το χαρακτηριστικό του είναι η χρήση τόσο των διευθύνσεων των γραμμών, όσο και των συντεταγμένων του, ενώ για την εύρεση ενός τμήματος γραμμής, το πρόγραμμα ψάχνει σειριακά σε όλο το αρχείο. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε τη δεκαετία του '70 στις ΗΠΑ για την κατασκευή των αστικών χαρακτηριστικών στις διάφορες ανεπτυγμένες περιοχές.

Μοντέλο Polyvrt (POLYgon conVERTer): Το μοντέλο αυτό έχει οργανωμένα τα στοιχεία του με ιεραρχική δομή. Η βασική γραμμική μονάδα είναι μία αλυσίδα, δηλαδή μία σειρά από ευθύγραμμα τμήματα που αρχίζουν και τελειώνουν σε έναν κόμβο. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε και αυτό μέσα στη δεκαετία του '70 από το Harvard Laboratory for Computer Graphics και είναι καλύτερο στο θέμα της ανάκτησης των στοιχείων του μοντέλου.

Πίνακας 1 :Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διανυσματικών μοντέλων(vector)

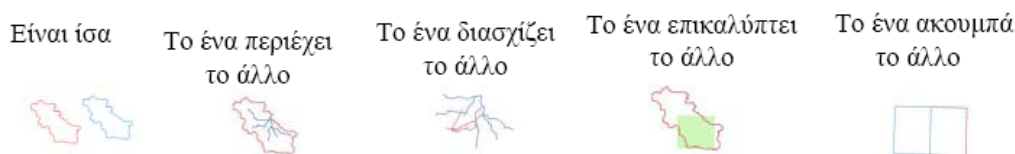
Διανυσματικά μοντέλα (vector)	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Με τη χρήση των δικτύων (κάναβος), γίνεται πλήρης περιγραφή της τοπογραφίας	Σύνθετες δομές λόγω της διαφορετικής τοπογραφικής μορφής κάθε μονάδας.
Περιεκτικές δομές δεδομένων	Δυσκολία επεξεργασίας επικάλυψης επιπέδων πληροφορίας
Καλή παρουσίαση δεδομένων	Δυσκολία μέτρησης εμβαδού και μήκους
Ενιαία δομή δεδομένων	Απαιτείται δαπανηρό λογισμικό και τεχνικός εξοπλισμός.
Μεγάλη ακρίβεια κατά τη γραφική απεικόνιση	Δύσκολη και χρονοβόρα η μετατροπή των Raster δεδομένων σε Vector
Δυνατότητες ενημέρωσης των γραφικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών	
Ευκολία πλευρικής σύνδεσης διαφορετικών περιγραφικών δικτύων πληροφοριών (με τη χρήση των nodes)	

Επεξεργασίες στα διανυσματικά μοντέλα δεδομένων

Γεωμετρικές

Συγκρίνουν τη γεωμετρία δύο οντοτήτων.

Δύο αντικείμενα μπορούν να έχουν τις παρακάτω σχέσεις:



Τοπολογικές

Είναι πράξεις πάνω σε δύο ή περισσότερα επίπεδα πληροφορίας. Παράγουν ένα νέο επίπεδο.



Εικόνα 2: Είδη επεξεργασίας σε διανυσματικά μοντέλα

1.3.3.ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΚΑΝΑΒΟΥ (RASTER)

Σύμφωνα με αυτή την αναπαράσταση, ο χώρος διαιρείται σε ισομεγέθη τετράγωνα (pixels, cells). Σε κάθε ένα από αυτά τα τμήματα αποθηκεύονται τα χαρακτηριστικά του σαν περιγραφικά δεδομένα. Η τιμή του χαρακτηριστικού για κάθε pixel, θεωρείται, κατά σύμβαση, ότι αντιστοιχεί σε όλη τη περιοχή την οποία αυτό καλύπτει.

Το μέγεθος των τετραγώνων ορίζει και την ακρίβεια της αναπαράστασης. Κάθε οντότητα του πραγματικού χώρου, σύμφωνα με το μοντέλο κανάβου, αναπαρίσταται από μία ή περισσότερες ομοιογενείς δομικές μονάδες. Κάθε μία από τις ενότητες, έχει το σύνολο των ιδιοτήτων του αντικειμένου που καθορίζει. Η γενική αρχή των μοντέλων αυτών είναι η δυνατότητα απεριόριστης επέκτασής τους στο χώρο και το αντίστροφο, δηλαδή η δυνατότητα της συνεχούς υποδιαίρεσης του ίδιου σχήματος σε μικρότερες ενότητες που έχουν τις ίδιες ιδιότητες με το αρχικό σχήμα (Πιν.2). Υπάρχουν τα ψηφιδωτά μοντέλα κανονικής και μή κανονικής μορφής. **Το μοντέλο που χρησιμοποιείται περισσότερο από όλα είναι το τετράγωνο-ψηφίδα,**

λόγω της δυνατότητάς του να υποδιαιρείται σε απεριόριστο αριθμό υπο περιοχών που έχουν το ίδιο σχήμα, ιδιότητες και λειτουργία.

Η τιμή της κάθε ψηφίδας (pixel-cell) θεωρείται κατά σύμβαση ότι αντιστοιχεί σε όλη την περιοχή την οποία αυτό καλύπτει. Το μέγεθος των τετραγώνων ορίζει την ακρίβεια της αναπαράστασης (Εικ.3).

Έτσι η θέση ενός σημείου ορίζεται από την γραμμή και την στήλη του κανάβου στην οποία εμπίπτει. Τα συστήματα κανάβου είναι συμβατά με άλλα δεδομένα, όπως τα δορυφορικά.

Στο ψηφιδωτό μοντέλο είναι δυνατό να γίνει η απεικόνιση με τους κωδικούς αλυσίδων, μηκών και κωδικούς τετραγώνων.

Κωδικοί αλυσίδων (Chain codes): Θεωρείται ένα σημείο έναρξης, όπως για παράδειγμα η ψηφίδα με συντεταγμένες σειρά 10 και στήλη 1, καθώς και οι τέσσερις κατευθύνσεις (ανατολικά = 0, βόρεια = 1, δυτικά = 2 και νότια = 3). Η περιγραφή των ορίων μιας περιοχής, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί καθορίζοντας τα όρια σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Το μοντέλο αυτό πλεονεκτεί στην απλότητα και το συμβατικό τρόπο οργάνωσης, χαρακτηριστικά που διευκολύνουν λειτουργίες, όπως η μέτρηση εμβαδών και περιμέτρων. Το μειονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι η δυσκολία στην εκτέλεση υπερθέσεων.

Κωδικοί μηκών (Run-length codes): Σε αυτόν τον τύπο λειτουργίας, για κάθε σειρά δημιουργούνται διαστήματα ψηφίδων της μορφής "από-έως". Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του απαιτούμενου χώρου αποθήκευσης των δεδομένων, είναι όμως χρονοβόρα, λόγω της συμπίεσης των στοιχείων.

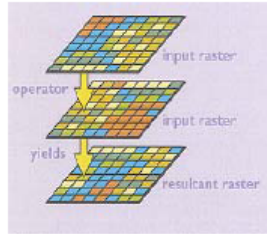
Κωδικοί τετραγώνων (Block codes): Σε αυτό το μοντέλο παρουσιάζεται η περιοχή με τη μορφή τετραγώνων άνισων μεγεθών. Κάθε ένας από τους προαναφερθέντες τύπους έχει τα πλεονεκτήματά του και τα μειονεκτήματά του. Έτσι, η χρησιμοποίηση ενός εκ των δύο μοντέλων καθορίζεται αποκλειστικά και μόνο από την εφαρμογή που πρόκειται να εκτελεστεί.

Πίνακας 2 :Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μοντέλων κανάβου(raster)

Ψηφιδωτά μοντέλα ή μοντέλα κανάβου(raster)	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Απλές δομές δεδομένων.	Μεγάλοι όγκοι γραφικών δεδομένων, που συνεπάγεται μεγάλες απαιτήσεις μνήμης.
Ευκολία απεικόνισης (λόγω ομοιότητας της κάθε μονάδας δεδομένων στο χώρο). Ευκολία υπέρθεσης και συνδυασμού των δεδομένων του χάρτη με δεδομένα που συλλέγονται από διαφορετικές πηγές καθώς τηλεπισκοπικά δεδομένα.	Μειωμένη αναπαράσταση δομών, εξαιτίας της χρήσης μεγάλων κυψελών, με σκοπό τη μείωση της ποσότητας των γραφικών δεδομένων. Οι θεματικοί χάρτες είναι απαραίτητο να τύχουν επιμελούς επεξεργασίας για να είναι ευπαρουσίαστοι
Ακριβής προσομοίωση της πραγματικότητας, λόγω ισοδυναμίας των ψηφιακών δεδομένων με τα φυσικά στοιχεία.	Δυσκολία έως αδυναμία σύνδεσης πληροφοριών που βρίσκονται σε διαφορετικά αντικείμενα.
	Χρονοβόρα διαδικασία μετασχηματισμού συντεταγμένων, λόγω μεγάλου όγκου πληροφοριών

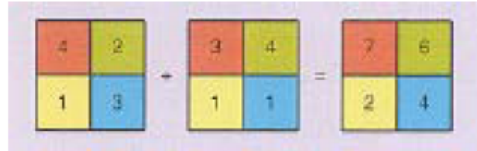
Επεξεργασίες στα μοντέλα ψηφιδωτής διαμέρισης

Σε δύο ή περισσότερα επίπεδα εφαρμόζονται αριθμητικοί ή λογικοί τελεστές. Προκύπτει ένα νέο επίπεδο.



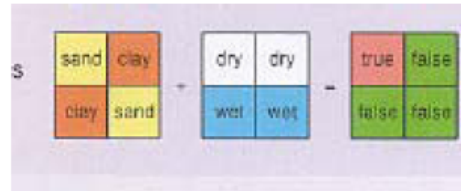
Αριθμητικοί τελεστές

+, -, *, /, cos, sin, sqrt, ...



Λογικοί τελεστές

And, Or, Xor, Not, >, <,
...



Εικόνα 3: Είδη επεξεργασίας σε μοντέλα κανάβου

1.4. ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους θεωρείται κάθε «ψηφιακή αναπαράσταση της συνεχούς μεταβολής του αναγλύφου στο χώρο» (Burrough, 1986). Ο όρος DEM είναι πιο ειδικός και αναφέρεται μόνο στη ψηφιακή αναπαράσταση του αναγλύφου, ενώ ο όρος DTM είναι γενικότερος και χρησιμοποιείται επίσης και για οποιαδήποτε άλλη αναπαράσταση ενός χαρακτηριστικού συνεχούς μεταβολής στο χώρο.

Σε αντίθεση με τους τοπογραφικούς χάρτες στο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους η πληροφορία αποθηκεύεται σε μορφή κανάβου (raster), δηλαδή ο χάρτης διαιρείται κανονικά σε ορθογώνια εικονοστοιχεία και θα αποθηκεύει την ανύψωση κάθε εικονοστοιχείου. Παρότι έχουν χρησιμοποιηθεί ήδη από τη δεκαετία του 50 (*Miller and Laflamme, 1958*), η ανάπτυξη της επιστήμης της Πληροφορικής αναβάθμισε το ρόλο τους στις μέρες μας και τα κατέστησε αξιόπιστα έτσι ώστε να θεωρούνται απαραίτητο στοιχείο στη διαδικασία της Γεωγραφικής ανάλυσης.

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους είναι γκριζες εικόνες κλίμακας όπου οι τιμές του κάθε εικονοστοιχείου(pixel) είναι πραγματικοί αριθμοί υψομέτρου. Τα εικονοστοιχεία συντονίζονται επίσης στο παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων, ή σε άλλα συστήματα συντεταγμένων, όπως αυτό που χρησιμοποιούμε στην Ελλάδα ΕΓΣΑ '87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987) .

Η ανάπτυξη τεχνικών ψηφιακής αναπαράστασης του ανάγλυφου ξεκίνησε λόγω της πρακτικής ακαταλληλότητας των μεθόδων αναπαράστασης που προϋπήρχαν για αριθμητική ανάλυση και μοντελοποίηση. Είναι γεγονός ότι η αναπαράσταση συνεχών οντοτήτων με τις ισοϋψείς καμπύλες, ενώ είναι ιδανική για την παραστατική παρουσίαση του φαινομένου, δεν ενδείκνυται για ποσοτική ανάλυση.

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους ξεφεύγουν από τη λογική της απεικόνισης θεματικών επιπέδων πληροφορίας σε δύο διαστάσεις, η οποία έχει αναπτυχθεί έως τώρα στα πλαίσια της δόμησης ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Παρόλα αυτά οι δυνατότητες που έχουν τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους στην παρουσίαση, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων για το ανάγλυφο τα καθιστούν απαραίτητο συστατικό ενός ενοποιημένου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

Όπως έχει αναφερθεί, τα Ψηφιακά μοντέλα εδάφους απεικονίζουν συνεχή χωρικά φαινόμενα, με πιο συνηθισμένο παράδειγμα το ανάγλυφο. Σε αυτά τα μοντέλα σε κάθε σημείο με συντεταγμένες x, y , αντιστοιχεί μία τιμή της μεταβλητής Z . Πράγματι το υψόμετρο μίας περιοχής έχει μία συνεχή κατά χώρο μεταβολή αυτού του είδους. Άλλο παράδειγμα συνεχών δεδομένων είναι η βαθυμετρία. Επίσης συνεχή θεωρούνται και τα φαινόμενα που αποδίδονται με τη χρήση ισοκαμπυλών (π.χ ισοϋέτιες, ισόσειστες καμπύλες, κλπ) (Burrough, 1986).

Εφαρμογές

- Υπολογισμός ιδιοτήτων επιφάνειας του εδάφους(υψόμετρο, κλίση, προσανατολισμός, φωτοσκίαση)
- Εντοπισμός στοιχείων (λεκάνες απορροής , κορυφογραμμές , δίκτυα επικοινωνιών και υδροδότησης)
- Μοντελοποίηση υδρολογικών λειτουργιών (ενεργειακή ροή, δασικές πυρκαγιές, μετακίνηση πληθυσμού)

Χρησιμεύει σε παραδείγματα όπως:

- Χωροθέτηση και έλεγχος
- Μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Δίκτυο κεραιών κινητής τηλεφωνίας
- Δομικές γεωλογικές μελέτες
- Οργάνωση χερσαίων επιχειρήσεων
- Εξομοίωση αμυντικών σχεδίων
- Γ.Σ.Π.
- Παραγωγή χαρτών σκιασμένου αναγλύφου (shaded relief maps), υψομέτρων, κλίσεων και εκθέσεων
- Κατασκευή ψηφιακών τοπογραφικών χαρτών
- Ομαδοποίηση και καταμέτρηση χαρακτηριστικών αντικειμένων κατά κλάσεις υψομέτρων κλίσεων ή εκθέσεων
- Διευκόλυνση υδρολογικών μελετών (υδρογραφικό δίκτυο, όρια λεκάνης απορροής κλπ.)

Μετά τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους μπορεί να εξαχθεί από αυτό πληθώρα πληροφοριών, τις οποίες δεν θα ήταν δυνατό να τις εξάγουμε από την ανάλυση των παραδοσιακών αναλογικών χαρτών:

- Υπολογισμός τιμών υψομέτρου
- Χάραξη ισοψών καμπυλών
- Υπολογισμός κλίσεων και προσανατολισμού
- Υπολογισμός εμβαδών και αποστάσεων στη περιοχή μελέτης
- Υπολογισμός όγκων
- Καθορισμός συνθηκών ορατότητας από ένα ή περισσότερα σημεία
- Τομές κατά μήκος επιφανειών
- Προσδιορισμός ιδιαίτερων μορφών του αναγλύφου (υδροκρίτες, λεκάνες απορροής, ρέματα κλπ)
- Σκίαση του αναγλύφου με καθορισμό της θέσης της φωτεινής πηγής

1.4.1.ΕΙΔΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ

Από τη δεκαετία του 50 και μετά, έχουν χρησιμοποιηθεί πάρα πολλά είδη ψηφιακών μοντέλων εδάφους. Οι διαφορές τους εντοπίζονται στη δομή αποθήκευσης και στον τρόπο διαχείρισης των δεδομένων τους. Στις μέρες μας χρησιμοποιούνται κυρίως δύο δομές δεδομένων για τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους: τα δίκτυα Τριγώνων (Triangulated Irregular Network - TIN) και τα σημειακά μοντέλα (πίνακες υψομέτρων, rectangular grid, elevation matrices, lattices).

1.4.1.1.ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΓΩΝΩΝ (TIN)

Τα μοντέλα TIN παριστούν τη συνεχή επιφάνεια σαν ένα σύνολο από τρίγωνα τα οποία έχουν για κορυφές σημεία με καθορισμένη τιμή της μεταβλητής Z (συνήθως υψόμετρο) και συντεταγμένες x, y . Η δημιουργία των τριγώνων αυτών πρέπει να ικανοποιεί το κριτήριο Delaunay σύμφωνα με το οποίο ο κύκλος που διέρχεται από τις τρεις κορυφές του τριγώνου δεν θα πρέπει να περιέχει άλλο σημείο. Με αυτόν τον τρόπο όλοι οι κόμβοι συνδέονται με τους δύο πλησιέστερους. Επίσης η ικανοποίηση του κριτηρίου αυτού εξασφαλίζει τη μονοσήμαντη δημιουργία των τριγώνων, η οποία επιπλέον δεν εξαρτάται από τη σειρά επεξεργασίας των δεδομένων.

Από την άλλη πλευρά στα μοντέλα TIN, συνδυάζονται καλύτερα οι δομές της επιφάνειας με τις τριγωνικές μορφές του μοντέλου. Επίσης, παρέχεται πιστή απεικόνιση της τραχύτητας του αναγλύφου. Όμως είναι πιο πολύπλοκα, απαιτούν ακριβή καταγραφή πολλών τοπολογικών σχέσεων και παρουσιάζουν αρκετές δυσκολίες στη διαχείριση. Άξιο αναφοράς είναι επίσης, ότι υπάρχουν αλγόριθμοι ανάλυσης οι οποίοι, ενώ εφαρμόζονται στα σημειακά μοντέλα, παρουσιάζουν τεχνικές δυσκολίες στα μοντέλα TIN (Burrough, 1986).

1.4.1.2.ΜΟΝΤΕΛΑ (LATTICE, GRID)

Στα σημειακά μοντέλα υψομετρικών πινάκων η συνεχής επιφάνεια παρίσταται σαν ένας κানাβος σημείων τα οποία ισαπέχουν και στα οποία αντιστοιχεί κάποια τιμή της μεταβλητής Z . Υπάρχει η δυνατότητα αντιστοίχισης μιας τιμής Z σε ένα σημείο του μοντέλου (**μοντέλο lattice**) ή σε μια στοιχειώδη επιφάνεια (μοντέλο grid).

Γενικά, στα σημειακά μοντέλα πινάκων έχουμε τα παρακάτω στοιχεία:

- Κωδικούς αναγνώρισης των σημείων
- Συντεταγμένες x, y αρχικού σημείου αναφοράς σε πραγματικές μονάδες

- ο απόσταση μεταξύ των σημείων σε πραγματικές μονάδες
- ο Αριθμός σημείων
- ο Πίνακας με τις τιμές της μεταβλητής Z για κάθε σημείο. Σημειώνεται ότι οι συντεταγμένες χ, ψ αποθηκεύονται μόνο για το σημείο αναφοράς.

Πρέπει να τονιστεί ότι η αύξηση της ανάλυσης (διακριτική ικανότητα, resolution) του μοντέλου αυξάνει και την ακρίβεια αναπαράστασης της φυσικής πραγματικότητας, μεγαλώνοντας όμως και τις απαιτήσεις για αποθήκευση των ψηφιακών δεδομένων.

Η δομή των δεδομένων με τη μορφή πινάκων έχει αναλογίες με τις δομές αποθήκευσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για παράδειγμα, κάθε σημείο ενός κανάβου υψομέτρων μπορεί να αποθηκευτεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη χρήση τριών αριθμών, τις καρτεσιανές συντεταγμένες χ, ψ , και την τιμή του υψομέτρου Z . Έτσι, η διαχείριση των πινάκων υψομέτρων με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι εύκολη και γρήγορη. Επίσης, η εφαρμογή ειδικών αλγορίθμων ανάλυσης και επεξεργασίας της πληροφορίας είναι πολύ εύκολη στα σημειακά ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Παρόλα αυτά για την όσο το δυνατό πιο ακριβή προσαρμογή των μοντέλων αυτών στις πραγματικές συνθήκες απαιτείται πυκνό δίκτυο σημείων.

Δεν υπάρχει καθολική υπεροχή κάποιου είδους ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Ο βαθμός καταλληλότητας κάθε δομής δεδομένων εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες (την εφαρμογή, την επιθυμητή ακρίβεια κλπ). Έτσι, αποκτούν ιδιαίτερη σημασία η δυνατότητα μετατροπών από τη μια δομή στην άλλη και η ευελιξία του όλου υπολογιστικού συστήματος δόμησης των ψηφιακών μοντέλων εδάφους.

1.5.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ Γ.Σ.Π.

Γενικά τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν δυναμικά συστήματα πληροφοριών, τα οποία με την τεχνολογία της Πληροφορικής και τις ειδικές μαθηματικές μεθόδους διαχειρίζονται και αξιοποιούν δεδομένα από τις γεω-επιστήμες για την παραγωγή μετα-πληροφορίας, δηλαδή πληροφορίας υψηλότερου επιπέδου. Η εφαρμογή τους είναι εφικτή σε πολλούς τομείς .

Α. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ, ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΓΕΙΑΣ

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι Περιβαλλοντικές μελέτες , ο Αντίκτυπος διαρροών πετρελαίου, η Διαχείριση υγρών αποβλήτων, ο Προγραμματισμός ποιότητας νερού, ο Προγραμματισμός ασφάλειας, οι Εκπομπές αερίων και η Ανάλυση κινδύνου φυσικών καταστροφών.

Β. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Στον σχεδιασμό των φυσικών πόρων υπάγονται η δυναμική των φυσικών πόρων, η διαχείριση δασονομίας, ο προγραμματισμός πληθυσμού, ο χαρακτηρισμός βιότοπων και η διαχείριση άγριας φύσης. Δύο πολύ ενδιαφέροντα παραδείγματα είναι αυτό της επίλυσης του συγκοινωνιακού προβλήματος σε αστικές περιοχές και η μελέτη περιβαλλοντικών διαδικασιών σε ένα δοκιμαστικό μοντέλο, το οποίο μπορεί να κάνει δυνατή την ανάλυση των αποτελεσμάτων των τάσεων ή ακόμη και την μελέτη πιθανών συνεπειών ενός σχεδιασμού. Χρησιμοποιώντας τα GIS είναι δυνατή η εξερεύνηση μίας σειράς πιθανών σεναρίων και η κατανόηση των επιπτώσεων πιθανών ενεργειών.

Γ. ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

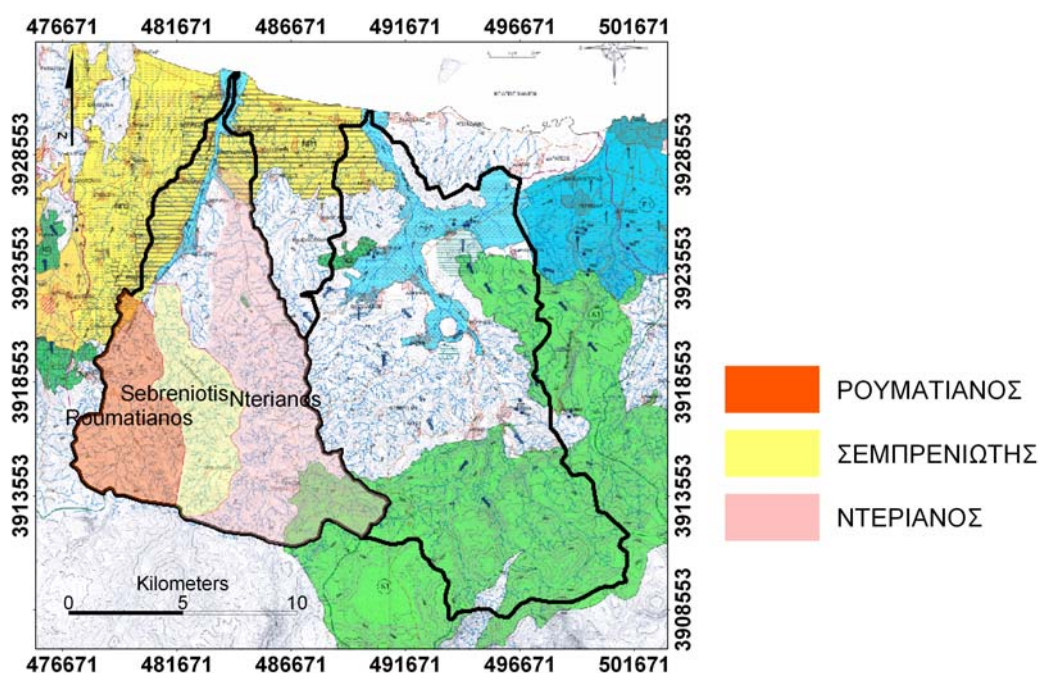
Στις κυβερνητικές εφαρμογές κατατάσσονται οι δημοτικές υποδομές, ο Περιφερειακός προγραμματισμός, η φορολογική διαχείριση, ο προγραμματισμός Ολυμπιακών αγώνων, οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, ο οργανωτικός προγραμματισμός και η κατανομή δαπανών.

Δ. ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ

Στις εμπορικές εφαρμογές ανήκουν ο αστικός προγραμματισμός ανάπτυξης, η έρευνα αγοράς, η τοποθέτηση και ο προγραμματισμός διαδρομών και η ακίνητη περιουσία.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟ-ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στον νομό Χανίων, στην περιφέρεια Κρήτης Δυτικά-Νοτιοδυτικά της πόλης των Χανίων και οριοθετείται με συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους μεταξύ $35^{\circ}19'12''$ και $35^{\circ}32'05''$ και γεωγραφικού μήκους $23^{\circ}44'54''$ και $24^{\circ}01'05''$. Η έκταση της περιοχής είναι 181 km^2 όσον αφορά στη υδρολεκάνη του ποταμού Κερίτη και 131 km^2 για την υδρολεκάνη του ποταμού Ταυρωνίτη. Οι τρεις υπολεκάνες του Ταυρωνίτη καταλαμβάνουν αντίστοιχα χώρο 22 km^2 , 28 km^2 και 57 km^2 για τις λεκάνες απορροής του Σεμπρενιώτη, του Ρουματιανού και του Ντεριανού. (Εικ. 4).



Εικόνα 4: Απεικόνιση των δύο κύριων εξεταζόμενων υδρολεκανών, καθώς επίσης και των τριών υπολεκανών στον χάρτη κυριότερων υδρολογικών ενοτήτων κλίμακας 1:50.000 του Υπουργείου Γεωργίας.

2.1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

Η γεωλογία της Κρήτης ακολουθεί μια αρκετά πολύπλοκη δομή λόγω της γεωτεκτονικής της θέσης σε σχέση με τις συγκλίνουσες λιθοσφαιρικές πλάκες της Αφρικής και της Ευρασίας. Χαρακτηριστικό στοιχείο της δομής της είναι τα αλληπάλλληλα τεκτονικά καλύμματα των διαφόρων ζωνών που αναπτύσσονται πάνω στην ενότητα Ταλέα όρη των πλακωδών ασβεστόλιθων.

Το σχετικά αυτόχθονο σύστημα της Κρήτης αποτελεί η ακολουθία Ταλέα Όρη-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι. Η ηλικία αυτής της ενότητας χρονολογείται από το Πέρμιο μέχρι το Ηώκαινο, η ενότητα είναι ημιμεταμορφωμένη και πιθανότατα ανήκει στην ζώνη της Ανδριατικοϊονίου. Την αποτελούν κατά κύριο λόγο κλαστικά ιζήματα χωρίς ηφαιστειακά πετρώματα στην βάση που εξελίσσονται σε τυπικούς «πλακώδεις ασβεστόλιθους», οι οποίοι περιέχουν σε μεγάλο βαθμό κερατολιθικούς κονδύλους και πυριτικές ενστρώσεις. Επίσης εμφανίζονται σημαντικές μάζες άστρωτων μετα-ασβεστολίθων, δολομιτών, ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών και φυλλιτικών-χαλαζιτικών πετρωμάτων.

Στο Άνω Ολιγόκαινο, η φορά της τοποθέτησης των καλυμμάτων στράφηκε προς τα νότια. Οι παρατηρήσεις υπαίθρου έδειξαν ότι η μεταβολή της φοράς τοποθέτησης των καλυμμάτων δεν είναι σταδιακή (Fassoulas 1999), αλλά αντιθέτως απότομη και πιθανόν σχετίζεται με την αλλαγή που συνέβη στο Ολιγόκαινο στη σχετική θέση ανάμεσα στην Αφρική και στην Ευρασία (Dercourt et al. 1986). Η καλυμματική τεκτονική του Ολιγοκαίνου επηρέασε όλα τα καλύμματα της Κρήτης προκαλώντας την υποβύθιση και μεταμόρφωση των κατωτέρων καλυμμάτων και την επανατοποθέτηση, με ανάστροφα ρήγματα, των ανωτέρων καλυμμάτων.

Στην αρχή του Μειόκαινου, τα πετρώματα της Κρήτης επηρεάστηκαν από μια Β-N ηπειρωτική έκταση, ως αντιστάθμισμα στην προηγούμενη πάχυνση του φλοιού (Kilias et al. 1993, Fassoulas et al. 1994, Φασσουλάς 1995). Η έκταση αυτή δημιούργησε κανονικά, Β-N ρήγματα απόσπασης, και προκάλεσε την κατάρρευση του οικοδομήματος των καλυμμάτων της Κρήτης και τον σχηματισμό των πρώτων συντεκτονικών λεκανών (Σχήμα 9c). Τα ρήγματα απόσπασης διευκόλυναν την απομάκρυνση τουλάχιστον 10 km φλοιού που βρισκόταν ανάμεσα στα ανώτερα και κατώτερα καλύμματα, προκαλώντας ταυτόχρονα την τεκτονική ανύψωση και εκταφή τους.

Η ανύψωση των κατωτέρων καλυμμάτων στην δυτική Κρήτη ήταν πολύ γρήγορη και ολοκληρώθηκε στο χρονικό διάστημα 24 με 15 εκατ. χρόνια από σήμερα (Thompson et al., 1998), ενώ στην κεντρική Κρήτη ήταν πιο αργή, επιτρέποντας έτσι την ανάπτυξη μιας μεταμόρφωσης χαμηλού βαθμού (Kilias et al., 1994, Fassoulas et al., 1994, Φασσουλάς, 1995). Ο εφελκυσμός (extension) του Μειόκαινου οδήγησε στην επανατοποθέτηση όλων των καλυμμάτων της Κρήτης και την απολέπτυνση (boudinage) όλων των πετρωμάτων που βρίσκονται πάνω από το κάλυμμα των Πλακωδών ασβεστόλιθων.

Τα ανώτερα μεταμορφωμένα καλύμματα δεν επηρεάστηκαν ουσιαστικά από την πλαστική παραμόρφωση του Ολιγοκαίνου-Μειοκαίνου, αφού σύμφωνα με παρατηρήσεις πυρηνικών σχάσεων σε απατίτη (Thompson et al. 1998) τα πετρώματα αυτά βρίσκονταν από το Ηώκαινο, σχεδόν σε επιφανειακές συνθήκες.

Μετά- αλπική τεκτονική

Κατά την διάρκεια του Νεογενούς η Κρήτη επηρεάστηκε κυρίως από φαινόμενα εφελκυσμού με πιθανά διαλείμματα συμπιεστικών φάσεων. Η γεωλογική εξέλιξη της Κρήτης από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα από αποτέλεσμα δύο κύριων γεωδυναμικών διεργασιών: της συνεχούς σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών της Αφρικής και Ευρασίας με την ταυτόχρονη οπισθοχώρηση της ζώνης υποβύθισης και της τεκτονικής διαφυγής προς τα νοτιοδυτικά της μικροπλάκας της Ανατολίας.

Πρόσφατες τεκτονικές μελέτες στην περιοχή της κεντρικής Κρήτης (ten Veen & Meijer 1999, Fassoulas, 2000) έδειξαν ότι από το μέσο Μειόκαινο μέχρι σήμερα, η τεκτονική εξέλιξη της Κρήτης ήταν αποτέλεσμα διαδοχικών εφελκυστικών περιόδων που δημιούργησαν τουλάχιστον τρεις γενεές ρηγμάτων. Η πρώτη γενεά αποτελείται από ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη των ρηγμάτων αυτών συνέβη κατά την διάρκεια του Μέσο - Άνω Μειόκαινου με αρχές Μεσηνίου, ως αποτέλεσμα της οπισθοχώρησης προς τα νότια της ζώνης υποβύθισης. Αυτό το Β-Ν εφελκυστικό πεδίο τάσεων δημιούργησε και τις πρώτες λεκάνες της Κρήτης στην διεύθυνση Α-Δ.

Στο τέλος του Μεσηνίου, η έναρξη της ολίσθησης κατά μήκος του ρήγματος της Β. Ανατολίας και η τεκτονική διαφυγή της πλάκας της Ανατολίας (Westaway, 1994) προκάλεσαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο πεδίο των τάσεων στην Κρήτη. Κατά την διάρκεια από Α. Μεσηνίο – Μ. Πλειοκαίνο, δημιουργήθηκαν τα δεύτερης γενεάς ρήγματα με διεύθυνση Β-Ν, τα οποία προκάλεσαν σημαντική ανύψωση ορισμένων περιοχών και ταυτόχρονα την δημιουργία των λεκανών του Ηρακλείου,

της Ιεράπετρας και του Καστελίου Χανίων. Τα ρήγματα αυτά είναι αποτέλεσμα του εφελκυσμού παράλληλα στην διεύθυνση του τόξου, που προκάλεσε η διαφυγή προς τα νοτιοδυτικά της πλάκας της Ανατολίας (Fassoulas, 2000).

Στο τέλος του Πλειόκαινου, η σταθεροποίηση του πεδίου των τάσεων στην Κρήτη που δημιούργησε το σημερινό, ενεργό γεωδυναμικό καθεστώς (δηλαδή η οπισθοχώρηση της ζώνης υποβύθισης και η διαφυγή της Ανατολίας), προκάλεσε τα ρήγματα της τρίτης γενεάς. Αυτά αναπτύχθηκαν κάθετα μεταξύ τους, λόγω του ότι οι εφελκυστικοί άξονες του πεδίου των τάσεων βρίσκονται οριζόντιοι και με το ίδιο μέγεθος (Σχήμα 11c). Εξαιτίας των ρηγμάτων αυτών δημιουργήθηκαν νέες λεκάνες με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ, ενώ ταυτόχρονα συνεχίστηκε με μεγάλους ρυθμούς η τεκτονική ανύψωση ορισμένων περιοχών. Η σημερινή τοπογραφία και το ανάγλυφο της Κρήτης διαμορφώθηκαν από την δράση πολλών, μεγάλης κλίμακας, ρηγμάτων της τρίτης γενεάς, με ορισμένα από αυτά να είναι ακόμα ενεργά.

Από το τέλος του Μειόκαινου, η τεκτονική ανύψωση ολόκληρης σχεδόν της Κρήτης ενίσχυσε την καρστική αποσάθρωση των αθρακικών πετρωμάτων σχηματίζοντας πολλά φαράγγια, σπηλιές και οροπέδια, καθώς επίσης και άλλες εντυπωσιακές καρστικές δομές.

2.2. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η στρωματογραφία της υπο μελέτη περιοχής από τα νεότερα προς τα παλαιότερα γεωλογικά στρώματα, είναι η εξής (Εικ. 5):

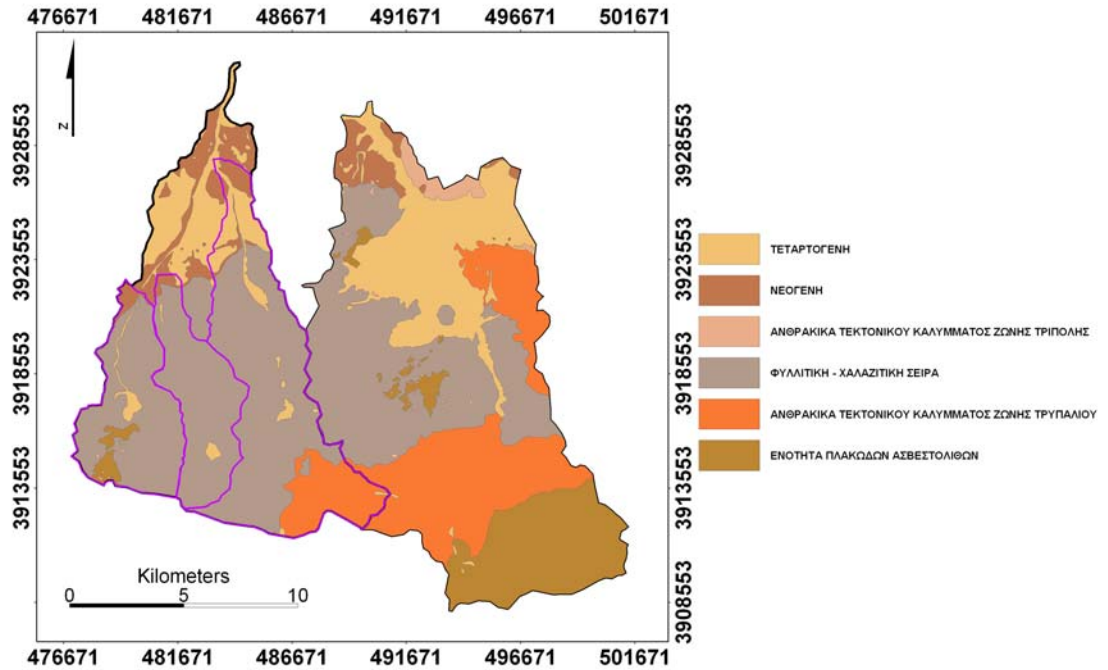
- ο Τεταρτογενή: Αποτελούνται από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, πηλούς, ψαμμίτες, κροκάλες-λατύπες ποικίλης σύστασης αναλόγως της προέλευσης τους, ασύνδετες έως συνεκτικά συνδεδεμένες, καθώς και από υλικά του αλλουβιακού μανδύα. Η εμφάνιση τους γίνεται κυρίως σε απολήξεις λεκανών ανοικτών προς τη θάλασσα, στις μείζονες κοίτες των ποταμών, σε μικρές εσωτερικές λεκάνες καθώς και σε μορφή πλευρικών κορημάτων και αναβαθμίδες χειμάρρων.
- ο Νεογενή: Αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα κίτρινων-κιτρινόλευκων μάργων με κλαστικούς μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, συχνά βιογενείς-υφαλογενείς, ομοιόμορφα στρωμένους, που το πάχος τους κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως ένα-δύο μέτρα. Επίσης, εντός των αποθέσεων αυτών συναντώνται και μαργαϊκοί ψαμμίτες, αμμώδες άργιλοι,

λατύπες και κροκαλοπαγή. Τα κροκαλοπαγή-λατυποπαγή εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή Χοιροσπηλίου νοτιότερα της Αγιάς και στην περιοχή Τοπολίων. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα η έντονη συνεκτικότητα την οποία παρουσιάζουν, κυρίως ανθρακικής προέλευσης, με ανθρακικό συνδετικό υλικό. Οι λατύπες και κροκάλες που συνιστούν τις παραπάνω αποθέσεις, έχουν προέλθει από την διάβρωση και απόθεση των προϊόντων, τόσο του τεκτονικού καλύμματος της ζώνης Τρίπολης όσο σε μικρότερο βαθμό και των άλλων ενοτήτων που αποτελούν υπόβαθρο των νεογενών αποθέσεων. Οι ενότητες που επίσης συμμετέχουν στην παραπάνω διεργασία είναι η Φυλλιτική-Χαλαζιτική, των Πλακωδών ασβεστόλιθων και της Πίνδου.

- Ανθρακικά τεκτονικού καλύμματος ζώνης Τρίπολης: Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλη έκταση στον νομό Χανίων. Είναι συνηθισμένο φαινόμενο να είναι απωθημένοι είτε στην ενότητα Ταλέα Ορη-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι, είτε στην ενότητα των Φυλλιτών-Χαλαζιτών. Αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται οι σχηματισμοί της ζώνης Τρίπολης στην βάση τους έντονα κατακερματισμένοι λόγω τεκτονισμού. Οι σχηματισμοί της ενότητας που βρίσκονται στα χαμηλότερα στρώματα συνίστανται από δολομίτες-δολομιτικούς ασβεστόλιθους παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους, έντονα τεκτονισμένους και καρστικοποιημένους με σπηλαιώδη υφή. Το χρώμα τους κυμαίνεται από τεφρό έως τεφρόλευκο. Στους σχηματισμούς της ενότητας των υψηλότερων στρωμάτων εμφανίζονται ασβεστόλιθοι που το χρώμα τους κυμαίνεται από μαύρο έως τεφρόμαυρο. Το πάχος των σχηματισμών είναι μέσο και συνήθως παρουσιάζουν μικρολατυποπαγή υφή. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι το έντονο ανάγλυφο και το φτωχό υδρογραφικό δίκτυο, που συμπίπτει με τεκτονικές ασυνέχειες. Εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό είναι το φαινόμενο καρστικής διάλυσης που εμφανίζεται με διάφορες μορφές, μεγέθη και σχήματα. Το πάχος της ζώνης φθάνει τις λίγες εκατοντάδες μέτρα και η ηλικία της κυμαίνεται από το Άνω Τριαδικό έως και το Άνω Κρητιδικό.
- Φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά: Η ενότητα αυτή καταλαμβάνει σημαντική έκταση στο δυτικό τμήμα του νομού Χανίων. Οι σχηματισμοί που συναντώνται στο τεκτονικό κάλυμμα είναι κυρίως μαρμαρυγιακοί-ανθρακικοί ασβεστόλιθοι, σερικιτικοί-γλωριτικοί φυλλίτες και χαλαζιακοί μεταψαμμίτες. Στα πετρώματα αυτά παρεμβάλλονται εμφανίσεις χαλαζία σημαντικού πάχους

υπό μορφή φλεβών, καθώς και ενστρώσεις μαύρων κρυσταλλικών κατακερματισμένων ασβεστόλιθων με μικρό πάχος. Η ηλικία της ενότητας εκτείνεται μεταξύ Περμίου και Άνω Τριαδικού, ενώ το πάχος της μπορεί και να ξεπερνάει σε ορισμένες περιπτώσεις τα 1.500 μέτρα στην ευρύτερη περιοχή της δυτικής Κρήτης.

- Ανθρακικά τεκτονικού καλύμματος ζώνης Τρυπαλίου: Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής βρίσκονται απωθημένοι στην ενότητα των Πλακωδών ασβεστόλιθων. Το κάλυμμα Τρυπαλίου αποτελεί το πρώτο τεκτονικό κάλυμμα της Κρήτης. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη του απαντάται στην περιοχή του Ομαλού. Τα πετρώματα που εμφανίζονται σε αυτή την σειρά είναι μάρμαρα, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι. Στην βάση του σχηματισμού εμφανίζεται τεκτονικό λατυποπαγές με σημαντικό πάχος. Στα κατώτερα πετρώματα της ενότητας επικρατούν κυψελώδεις δολομίτες. Συνήθως, αυτό το κάλυμμα περιέχει λεπτές κερατολιθικές ενστρώσεις ή βολβούς κερατολίθων γεγονός που το καθιστά πετρογραφικά όμοιο με την ενότητα Ταλέα Όρη-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι. Το πάχος του καλύμματος φθάνει τα 400 μέτρα, ενώ η ηλικία του σχηματισμού κυμαίνεται μεταξύ Τριαδικού και Κάτω Ιουρασικού.
- Πλακώδεις ασβεστόλιθοι: Πρόκειται κυρίως για ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους που σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν υποστεί μεταμόρφωση και έχουν μετατραπεί σε μάρμαρα. Εμφανίζονται καλοστρωμένοι σε πάγκους, το πάχος των οποίων κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως και ένα μέτρο. Στα κατώτερα μέλη τους εμφανίζονται παχυστρωματώδεις, ενώ προς τα ανώτερα εξελίσσονται σε μεσοστρωματώδεις και στη συνέχεια σε λεπτοστρωματώδεις. Το χρώμα τους μπορεί να είναι από τεφρό έως τεφρόμαυρο. Επίσης σημαντικό γεγονός αποτελεί η εμφάνιση πυριτικού υλικού είτε με την μορφή ενστρώσεων, είτε με την μορφή φακών. Η εμφάνιση του πυριτικού υλικού στα μεσαία μέλη του σχηματισμού είναι μεγάλη, σε αντιδιαστολή με τα υπόλοιπα μέλη όπου οι παρεμβολές αυτές περιορίζονται αισθητά. Η καρστικοποίηση του σχηματισμού είναι περιορισμένη και ανομοιόμορφη. Στο φαινόμενο αυτό συμβάλλουν οι πυριτικές παρεμβολές. Το πάχος της ενότητας φθάνει τα 1200 μέτρα και η ηλικία της προσδιορίζεται στο Μέσο Ιουρασικό-Ηώκαινο.

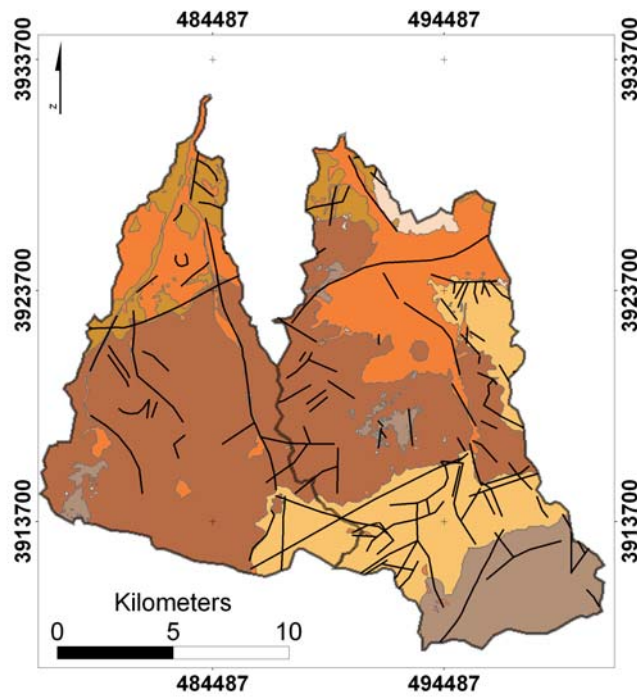


Εικόνα 5: Χάρτης γεωλογικών ενότητων των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη, καθώς επίσης και των υπολεκανών των ποταμών Ρουματιανού, Σεμπρενιώτη και Ντεριανού.

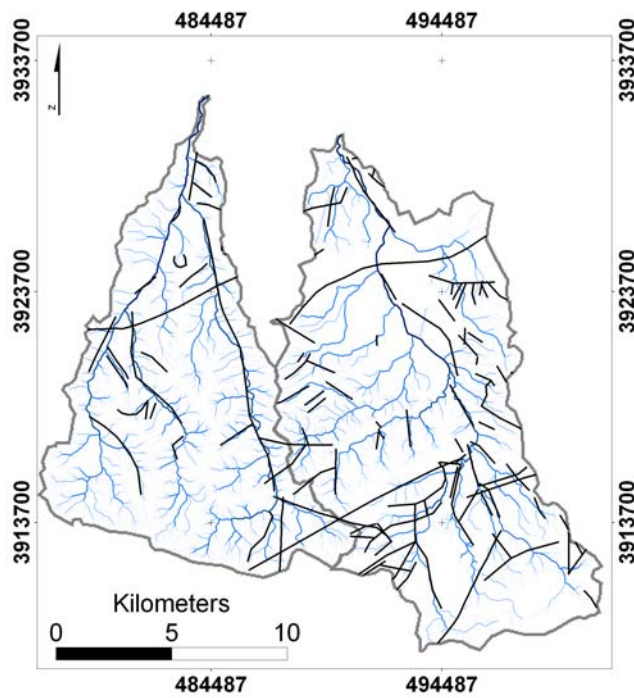
2.3. ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

Οι εξεταζόμενες λεκάνες απορροής χωρίζονται σε τέσσερις υδρολιθολογικές ενότητες βάσει της διαπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών: 1) πετρώματα υψηλής διαπερατότητας, μέσα στα οποία συνίστανται οι καρστικοί ασβεστόλιθοι Τριπόλεως και Τρυπαλίου, 2) μέτριας διαπερατότητας πετρώματα, τα οποία αποτελούνται από τεταρτογενή ιζήματα που ανήκουν στο Μειόκαινο, καθώς επίσης και στο Πλειστόκαινο δηλαδή σύνθετες μάζες και ανθεκτικούς ασβεστόλιθους, 3) πετρώματα χαμηλής διαπερατότητας, κυρίως ασβεστόλιθους Πλειο-Μεικαινικής ηλικίας, 4) μη διαπερατά πετρώματα που αποτελούνται από φυλλίτες-χαλαζίτες.

Το τεκτονικό καθεστώς της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από ρήγματα ΒΔ-ΝΑ και Α-Δ διεύθυνσεως. Αυτές οι τεκτονικές δομές καθορίζουν τα όρια μεταξύ των υπάρχοντων γεωλογικών και υδρολιθολογικών μονάδων (Εικ. 6).



Εικόνα 6: Χάρτης γεωλογικών ενοτήτων και ρηγμάτων των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη (Για το υπόμνημα βλ.Εικόνα 5).



Εικόνα 7: Χάρτης ρηγμάτων και υδρογραφικού δικτύου των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη.

3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ArcGIS- ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ Γ.Σ.Π.

Το λογισμικό ArcGIS, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί το πιο εμπορικό και πιο διαδεδομένο λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στον κόσμο. Είναι αποκλειστικό προϊόν της εταιρείας ESRI Inc.. Το ArcGIS, παρέχει ένα πλαίσιο για την ενασχόληση με τα ΓΣΠ, από έναν απλό χρήστη, από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα σε μεμονωμένους προσωπικούς υπολογιστές, σε τοπικά δίκτυα, στο διαδίκτυο αλλά και στο υπαίθριο πεδίο.

Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα συγκερασμό πολλών λογισμικών μικρότερων εφαρμογών, προκειμένου να οικοδομηθεί ένα πλήρες λογισμικό πακέτο ΓΣΠ. Αποτελείται από πολλά πλαίσια εφαρμογής:

- ArcGIS Desktop
- ArcGIS Engine
- Server GIS-ArcSDE, ArcIMS, ArcGIS Server
- Mobile GIS – ArcPad

Οι προϋποθέσεις εγκατάστασης του ArcGIS 8 είναι οι εξής:

- Λειτουργικά συστήματα Windows XP, 2000 και NT 4 (δεν είναι δυνατή η εγκατάσταση σε Windows ME, 98 και 95).
- Πρέπει να είναι εγκατεστημένη η έκδοση 5 (ή νεότερη) του Internet Explorer.
- Πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον περίπου 1 GB ελεύθερος χώρος στον τοπικό δίσκο.
- Προτεινόμενο σύστημα: Pentium III 450 MHz (ή μεγαλύτερο), 128 MB RAM

3.1.ΤΟ ArcGIS DESKTOP

Το ArcGIS Desktop το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία είναι το βασικό πλαίσιο, εντός του οποίου οι επαγγελματίες και οι ερευνητές μπορούν να διαχειριστούν χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες. Η εργασία επιτελείται σε μια πρότυπη (standard) επιφάνεια εργασίας η οποία προορίζεται ως χώρος παραγωγής, συγγραφής, διαχείρισης και δημοσίευσης των παραπάνω δεδομένων. Είναι διαθέσιμο σε τρεις εκδόσεις και κάθε μια από αυτές καλύπτει τις ανάγκες πολλών διαφορετικών χρηστών. Οι εκδόσεις αυτές είναι:

- **ArcView:** επικεντρώνεται λειτουργία του στην αναλυτική χρήση των δεδομένων, στην χαρτογράφηση και στην ανάλυση τους.
- **ArcEditor:** προσφέρει όλες τις δυνατότητες του ArcView. Επιπλέον επιτρέπει τις χωρικές επεξεργασίες και την δημιουργία δεδομένων.
- **ArcInfo:** αποτελεί ένα ολοκληρωμένο επαγγελματικό πακέτο το οποίο συνδυάζει πλήθος εργαλείων χωρικής επεξεργασίας με λειτουργικότητα του συστήματος.

Κάθε μια από τις εκδόσεις του ArcGIS Desktop περιλαμβάνει ένα σύνολο περιβαλλόντων εργασίας:

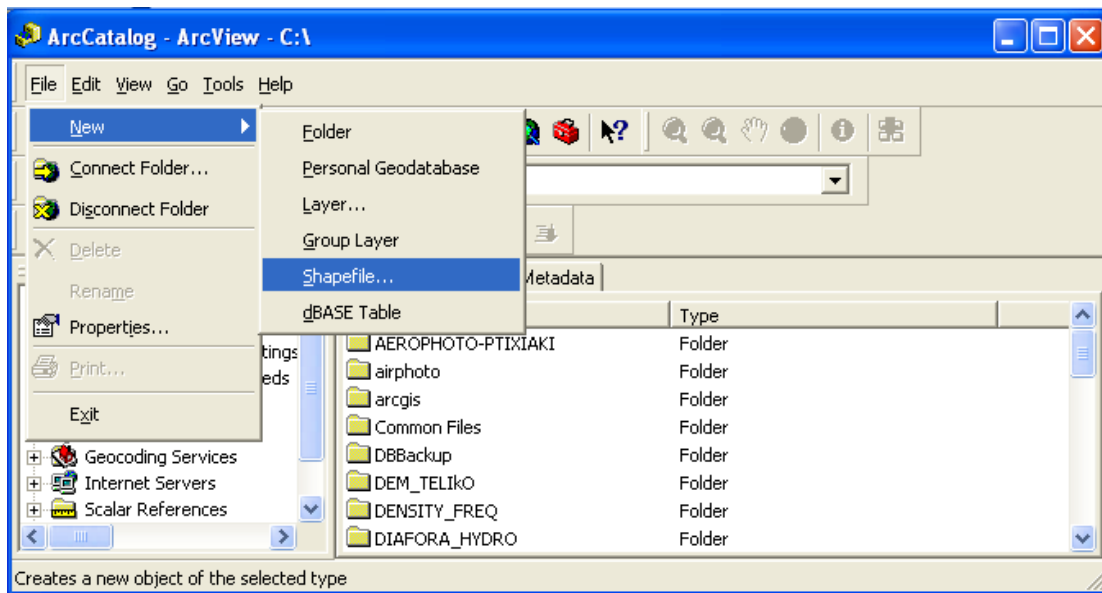
- ArcMap
- ArcCatalog
- ArcToolbox
- ModelBuilder

Κάθε έκδοση του ArcGIS Desktop εκτός από τα βασικά περιβάλλοντα εργασίας περιλαμβάνει και προαιρετικές επεκτάσεις (extensions) με τις οποίες εμπλουτίζονται οι δυνατότητες του λογισμικού. Ορισμένες από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες προεκτάσεις είναι:

- Spatial Analyst
- 3D Analyst
- Geostatistical Analysis
- Survey Analyst,
- ArcPress κλπ.

Παρακάτω ακολουθεί περιγραφή ορισμένων περιβαλλόντων εργασίας του λογισμικού, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία με τη σειρά που χρησιμοποιήθηκαν:

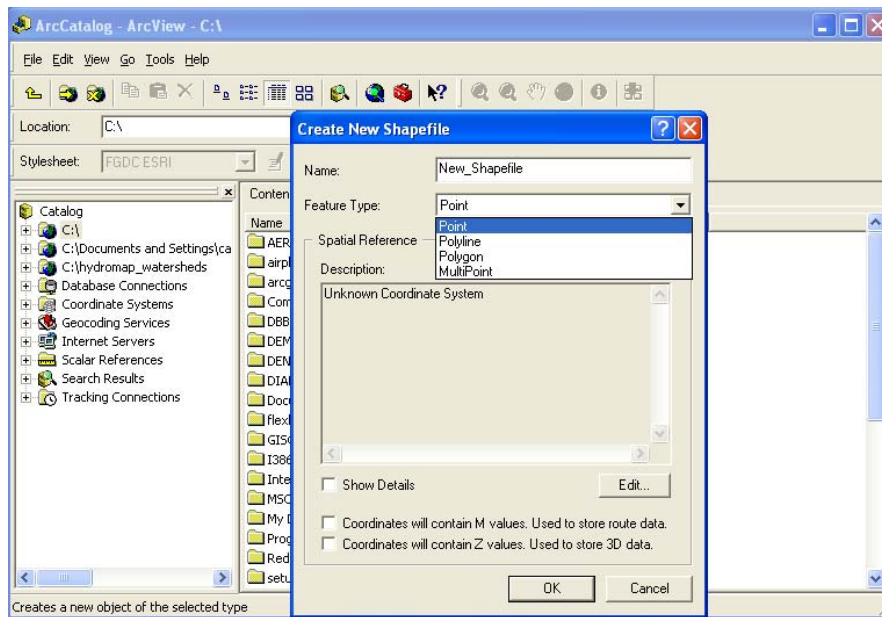
Υποπεριβάλλον εργασίας Arc catalog: Το περιβάλλον εργασίας του ArcCatalog (Εικ. 8) οργανώνει και διαχειρίζεται όλα τα GIS αρχεία (χάρτες, δεδομένα, μοντέλα, μεταδεδομένα).



Εικόνα 8: Το περιβάλλον εργασίας του ArcCatalog.

Το ArcCatalog καθιστά την πρόσβαση και την διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων απλή (Εικ.8). Η εύρεση των αρχείων γίνεται εύκολα. Τα απαραίτητα στοιχεία απεικονίζονται και διαβάζονται γρήγορα και με την ίδια ευκολία δημιουργούνται τα ζητούμενα μεταδεδομένα. Επίσης μπορούν να διαχειριστούν τα χωρικά στοιχεία που αποθηκεύονται στους φακέλους στους τοπικούς δίσκους ή στις σχεσιακές βάσεις δεδομένων που είναι διαθέσιμες στο δίκτυό σας.

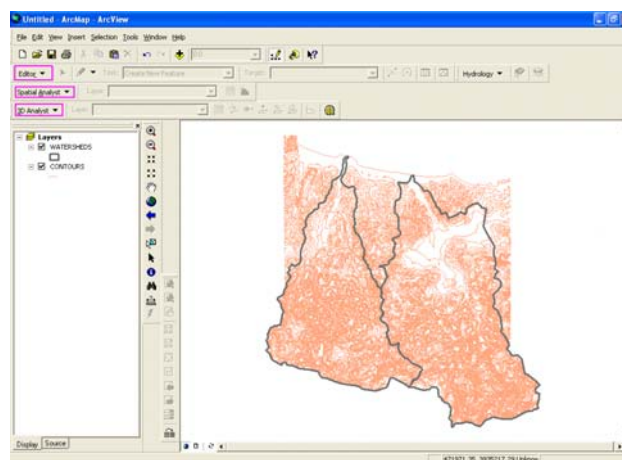
Πιο συγκεκριμένα εδώ δημιουργούνται τα προς επεξεργασία αρχεία και ορίζονται οι αρχικές τους ιδιότητες βάση των πραγματικών τους χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα εάν δημιουργηθεί ένα αρχείο για να αποθηκευτεί η ψηφιοποίηση των ισούψών καμπυλών θα επιλεγεί η μορφή polyline. Εάν επιλέξουμε να ψηφιοποιήσουμε την θέση των γεωτρήσεων πάνω σε έναν χάρτη θα επιλεγεί η μορφή point (Εικ.9). Ένα ακόμη παράδειγμα είναι αυτό των ορίων μιας περιοχής, στην συγκεκριμένη περίπτωση τα όρια των υδρολογικών λεκανών του ποταμού Κερίτη και του ποταμού Ταυρωνίτη.



Εικόνα 9: Δημιουργία νέου σημειακού επιπέδου πληροφορίας (layer).

Υποπεριβάλλον εργασίας Arc map

Το ArcMap χρησιμοποιείται στην απεικόνιση χαρτών, στην δημιουργία αντιγράφων προς δημοσιοποίηση, στην ανάπτυξη συνηθισμένων χαρτογραφικών εφαρμογών και στην εκτέλεση πολλών άλλων έργων βασισμένων σε χάρτες. Το ArcMap παρέχει μια εύκολη και φυσική μετάβαση από την εξέταση ενός χάρτη στην επεξεργασία της γεωγραφίας του. Παρατίθενται δύο απλά παραδείγματα για την κατανόηση των ελαχίστων δυνατοτήτων που προσφέρει αυτό το περιβάλλον εργασίας:

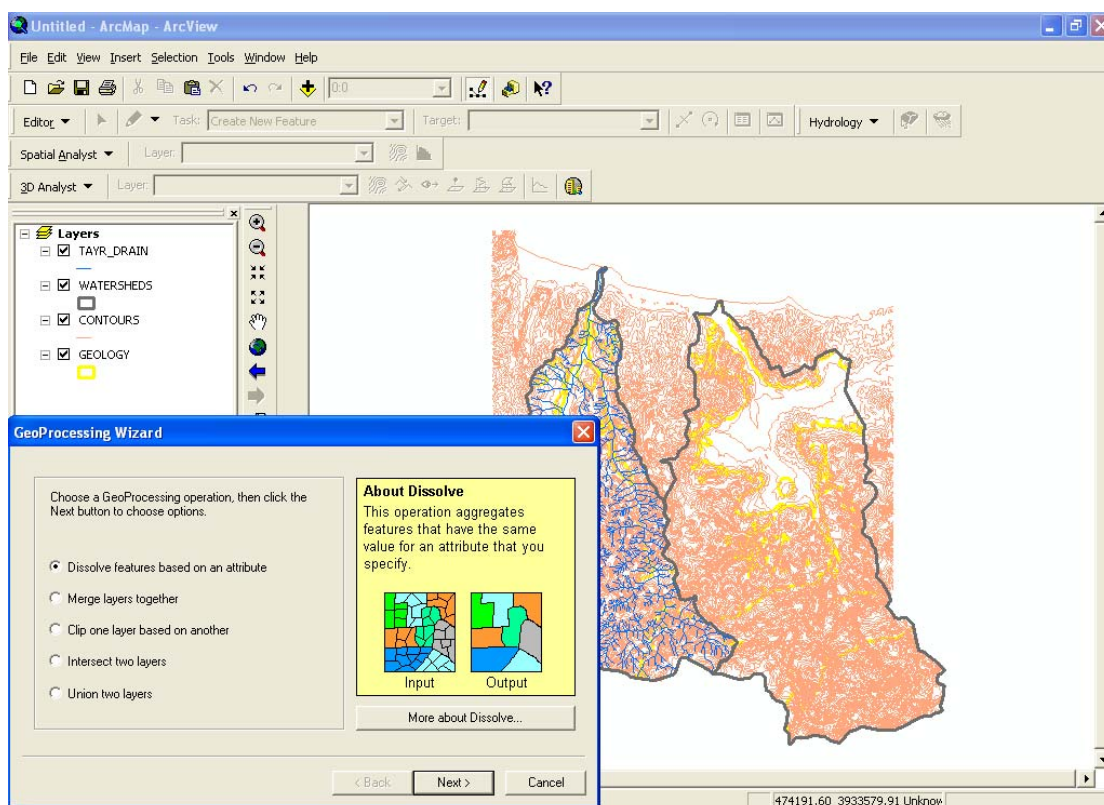


Εικόνα 10: Απεικονίζεται το περιβάλλον εργασίας του ArcMap.

Στη Εικόνα 10, οι τρεις επεκτάσεις που βρίσκονται μέσα στο μωβ περίγραμμα αποτελούν τους κύριους λίθους αυτού του προγράμματος, καθώς με τη βοήθεια της εργαλειοθήκης (editor) πραγματοποιείται η ψηφιοποίηση, δηλαδή η μετατροπή των raster δεδομένων σε vector. Με την επέκταση spatial analyst πραγματοποιείται η χωρική ανάλυση των δεδομένων.

- Η μελέτη των θέσεων και των μορφών των γεωγραφικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και οι σχέσεις μεταξύ τους.
- Όπως επίσης και η διαδικασία της δημιουργίας μοντέλων, της εξέτασης τους και της ερμηνείας των αποτελεσμάτων τους. Η χωρική ανάλυση είναι χρήσιμη για την εκτίμηση της καταλληλότητας και την ικανότητας, για τον υπολογισμό και την πρόβλεψη, για την ερμηνεία και την κατανόηση.

Αντίστοιχα, με την επέκταση 3D analyst επεξεργαζόμαστε κυρίως τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους.



Εικόνα 11: Ο βοηθός Geoprocessing wizard του ArcMap.

Στην Εικόνα 11 φαίνεται το γραφικό περιβάλλον εργασίας του ArcMap. Στο αριστερό τμήμα της οθόνης εμφανίζονται τα τέσσερα επίπεδα πληροφορίας που επιλέξαμε να επεξεργαστούμε. Το πρώτο επίπεδο αφορά στο υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Ταυρωνίτη, το δεύτερο στα όρια των υδρολογικών λεκανών της υπό εξέταση περιοχής, το τρίτο αφορά στις ισοϋψείς καμπύλες της περιοχής, ενώ το τέταρτο στην γεωλογία της περιοχής. Ανοίγοντας το εργαλείο Geoprocessing wizard έχουμε 5 πολύ σημαντικές επιλογές ως προς την διαχείριση των επιπέδων αυτών:

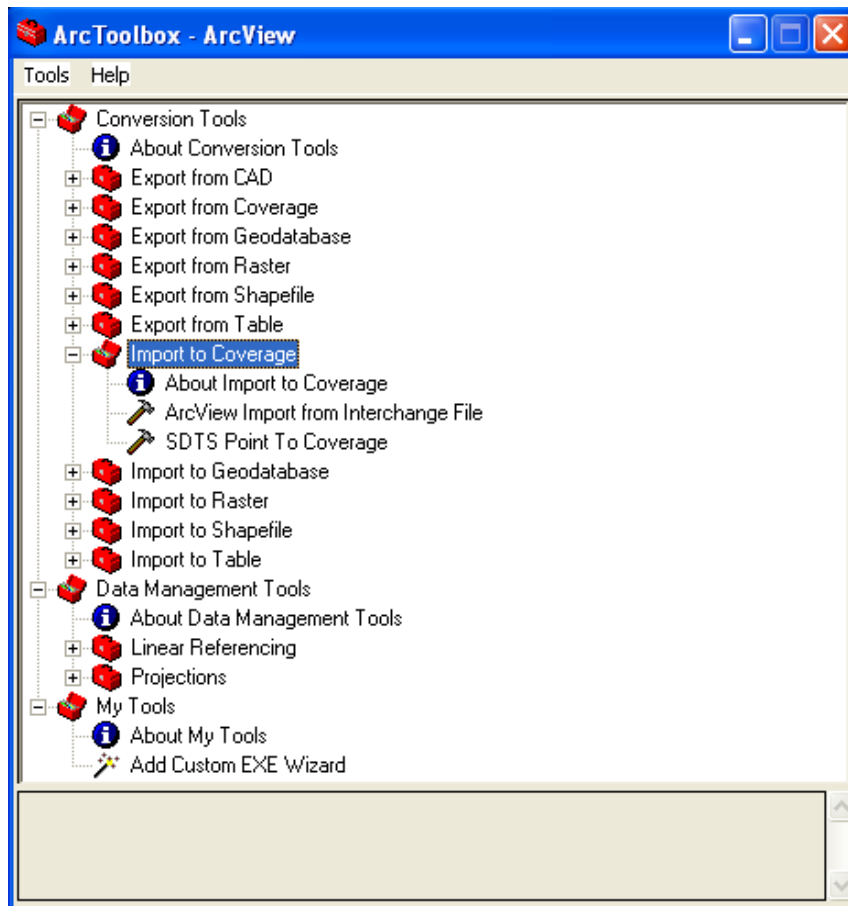
- Dissolve features based on an attribute (συνένωση βάσει συγκεκριμένης ιδιότητας)
- Merge layers together (συγχώνευση επιπέδων)
- Clip one layer based on another (αποκοπή επιπέδων)
- Intersect two layers (τομή δύο επιπέδων)
- Union two layers (ένωση δύο επιπέδων πληροφοριών)

Υποπεριβάλλον εργασίας Arc toolbox

Το περιβάλλον εργασίας ArcToolbox περιέχει μια μεγάλη συλλογή γεωεπεξεργασιών.

- Διαχείριση των δεδομένων
- Μετατροπή των δεδομένων
- Coverage processing (επεξεργασία αρχείων Coverage)
- Διανυσματική Ανάλυση
- Γεωκωδικοποίηση
- Στατιστική Ανάλυση(επεξεργασία δεδομένων)

Πολλές από τις λειτουργίες του ArcToolbox είναι ενσωματωμένες στον ArcCatalog αλλά και στον ArcMap ενώ είναι διαθέσιμος και στις τρεις εκδόσεις του ArcGIS Desktop. Μόνο όμως στην έκδοση ArcInfo δίνονται οι πλήρεις λειτουργίες του (Εικ. 12).



Εικόνα 12:Το περιβάλλον εργασίας του ArcToolbox.

4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ Γ.Σ.Π.

Προηγήθηκε η σάρωση των αναλογικών χαρτών οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές πληροφοριών.

- Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:20.000 από το Ι.Γ.Μ.Ε.
- Υδρολιθολογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000 από το υπουργείο Γεωργίας
- Χάρτες «απογραφής των σημείων ύδατος» και υδρογεωλογικός κλίμακας 1:20.000, τμήμα Υδρογεωλογίας-Γεωτρήσεων & Μαθ/κων Ομοιομάτων του Υπουργείου Γεωργίας.

Στο επόμενο στάδιο πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των σαρωμένων χαρτών στο περιβάλλον εργασίας του ArcGIS και γεωμετρική τους διόρθωση βάσει της ήδη γεωμετρικά διορθωμένης δορυφορικής εικόνας Landsat-ETM στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς '87 (ΕΓΣΑ '87). Ο χάρτης «απογραφής των σημείων ύδατος» διορθώθηκε στο Εργαστήριο Γεωφυσικής-Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης-Αρχαιοπεριβάλλοντος χρησιμοποιώντας περίπου 50 σημεία ελέγχου και μέθοδο επαναδειγματοληψίας την Κυβική Συνέλιξη.

Ακολούθησε ψηφιοποίηση των προαναφερθέντων χαρτών. Συγκεκριμένα ψηφιοποιήθηκε η γεωλογία των υδρολογικών λεκανών του Κερίτη και του Ταυρωνίτη (γεωλογικός χάρτης), οι κύριες τεκτονικές γραμμές (γεωλογικός χάρτης), η υδρογεωλογία (υδρολιθολογικός χάρτης), το υδρογραφικό δίκτυο των ποταμών (χάρτης «απογραφής των σημείων ύδατος»), οι οικισμοί που βρίσκονται εντός των υπό μελέτη λεκανών (χάρτης «απογραφής των σημείων ύδατος»), ο υδροκρίτης τους (χάρτης «απογραφής των σημείων ύδατος») καθώς και οι ισοϋψείς καμπύλες της υπό μελέτη περιοχής με ισοδιάσταση 20 μέτρων (χάρτες «απογραφής των σημείων ύδατος» και υδρογεωλογικός).

Στο επόμενο στάδιο, το ψηφιοποιημένο υδρογραφικό δίκτυο των ποταμών ταξινομήθηκε κατά Strahler. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, τα ρέματα που δεν παρουσιάζουν διακλαδώσεις ορίζονται ως πρώτης τάξης, δύο πρώτης τάξης κλάδοι όταν ενώνονται δημιουργούν έναν δεύτερης τάξης κλάδο, κ.ο.κ. Γενικά, όταν ενώνονται δύο κλάδοι της ίδιας τάξης, σχηματίζουν έναν κλάδο του οποίου η τάξη αυξάνεται κατά ένα (Strahler, 1957, 1964). Βάσει αυτής της μεθόδου ταξινόμησης, οι υδρολογικές λεκάνες των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη είναι έκτης τάξης. Τα ταξινομημένα υδρογραφικά δίκτυα χρησιμοποιήθηκαν για την περαιτέρω εφαρμογή

των νόμων του Horton καθώς και για τον υπολογισμό των γεωμορφολογικών παραμέτρων.

Το γραμμικό σχηματικό αρχείο το οποίο περιείχε τις ψηφιοποιημένες ισούψεις καμπύλες των λεκανών απορροής χρησιμοποιήθηκε ως πηγή για την δημιουργία με παρεμβολή του Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου της υπο-μελέτη περιοχής με μέγεθος εικονοστοιχείου 20 μέτρα. Η παρεμβολή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια της επέκτασης 3D Analyst του λογισμικού ArcGIS. Από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου προέκυψε ο χάρτης κλίσεων (%) και ο χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων της περιοχής καθώς και οι υψομετρικές καμπύλες και τα υψομετρικά ολοκληρώματα των υπό μελέτη υδρολογικών λεκανών.

Τέλος, με τον συνδυασμό όλων των προαναφερθέντων διανυσματικών αρχείων που προέκυψαν από την ψηφιοποίηση των διαθέσιμων χαρτών, δημιουργήθηκαν διάφοροι θεματικοί χάρτες, όπως:

- Ψηφιακός Υδρολογικός Χάρτης των λεκανών απορροής στον οποίο φαίνεται η χωρική σχέση μεταξύ των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των κυρίων τεκτονικών ρηγμάτων.
- Ψηφιακός Γεωλογικός Χάρτης της Λεκάνης του Κερίτη στον οποίο φαίνεται η πιθανή χωρική σχέση μεταξύ των γεωλογικών σχηματισμών και των ρηγμάτων της περιοχής,
- Υδρογεωλογικός χάρτης στον οποίο οι γεωλογικοί σχηματισμοί ταξινομούνται ανάλογα με την διαπερατότητά τους και σε σχέση με τα ρήγματα και το υδρογραφικό δίκτυο των λεκανών,
- Χάρτης % κλίσεων της υδρολογικής λεκάνης σε σχέση με τις κύριες τεκτονικές δομές της περιοχής.
- Χάρτες πυκνότητας και συχνότητας των υδρογραφικών δικτύων.

Οι διαδικασίες προεπεξεργασίας και επεξεργασίας των δεδομένων περιγράφονται αναλυτικά στα πιο κάτω υποκεφάλαια.

4.1.ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΣΑΡΩΣΗ – ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ

Γενικά, προκειμένου μια ψηφιδωτή εικόνα να χρησιμοποιηθεί για ανάλυση μαζί με διανυσματικά δεδομένα, θα πρέπει να έχει πρώτα μετασχηματιστεί από τον χώρο της εικόνας στον χαρτογραφικό χώρο. Τα ψηφιδωτά αρχεία (εικόνες) τα οποία χρησιμοποιούνται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, προέρχονται κατά κύριο λόγο, από την σάρωση αναλογικών χαρτών ή την λήψη αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων. Τα αρχεία αυτά δεν περιέχουν επαρκείς πληροφορίες προκειμένου να συνδυαστούν με διανυσματικά δεδομένα του ίδιου χώρου. Θα πρέπει πριν χρησιμοποιηθούν, να *γεωαναφερθούν* σε ένα σύστημα συντεταγμένων. Θα πρέπει δηλαδή, στον σαρωμένο χάρτη να εισάγετε τις συντεταγμένες του, συνδέοντας κατά αυτόν τον τρόπο τα δεδομένα τα οποία περιέχει, με μια συγκεκριμένη περιοχή της επιφάνειας της γης.

Γεωαναφορά είναι η διαδικασία της αντιστοίχισης των συντεταγμένων μιας εικόνας (ενός δηλαδή ψηφιδωτού αρχείου) και ενός χαρτογραφικού συστήματος. Είναι δηλαδή η αντιστοίχιση στις γραμμές και στήλες μιας εικόνας, των X,Y συντεταγμένων.

Προκειμένου να συνδεθεί ο χάρτης με τα διανυσματικά δεδομένα, πρέπει στον χάρτη να υπάρχουν ορατές χαρακτηριστικές περιοχές των οποίων να είναι γνωστές οι συντεταγμένες. Τέτοιες χαρακτηριστικές περιοχές είναι συνήθως οι διασταυρώσεις των οδικών δικτύων, τα υδρογραφικά δίκτυα, διακριτά σημεία των ακτογραμμών, εκκλησίες ή μεγάλα κτίρια. Η λογική της γεωαναφοράς, είναι η τοποθέτηση του ψηφιδωτού αρχείου (εικόνας) στην ίδια περιοχή με τα χαρακτηριστικά αυτά σημεία τα οποία ονομάζονται σημεία ελέγχου (control points). Τα σημεία ελέγχου έχουν γνωστές συντεταγμένες X, Y οι οποίες έχουν ληφθεί είτε διαβάζοντας προσεκτικά τον αναλογικό χάρτη, είτε μετά από επίσκεψη στις θέσεις αυτές και την λήψη των συντεταγμένων τους με την χρήση ενός GPS (Global Positioning System) χειρός.

Η ακρίβεια του προσδιορισμού ενός σημείου ελέγχου στην εικόνα είναι υψηλής σημασίας για την ακρίβεια της γεωαναφοράς. Ο αριθμός των σημείων ελέγχου που απαιτείται προκειμένου να είναι επιτυχής η γεωαναφορά, είναι τουλάχιστον τέσσερα όταν αυτά είναι κατανεμημένα στις τέσσερις γωνίες του χάρτη. Μεγαλύτερος αριθμός σημείων ελέγχου δεν συνεπάγεται και μεγαλύτερη ακρίβεια της γεωαναφοράς. Ο σημαντικότερος παράγοντας είναι η καλή κατανομή των

σημείων ελέγχου. Εάν τα σημεία σας είναι συγκεντρωμένα σε μια μικρή περιοχή της εικόνας τότε η γεωαναφορά θα είναι ανεπιτυχής αφού στην ουσία θα έχετε γεωαναφέρει όχι την συνολική εικόνα αλλά ένα περιορισμένο τμήμα της.

Ο βέλτιστος αριθμός των σημείων ελέγχου συνήθως είναι τέσσερα στα άκρα της εικόνας και δύο σημεία στο εσωτερικό της. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιείται ένας μαθηματικός μετασχηματισμός που έχει ως βάση ένα πολυώνυμο προκειμένου να δοθούν συντεταγμένες όχι μόνο στα σημεία που επιλέξατε αλλά σε όλα τα εικονοστοιχεία της ψηφιδωτής εικόνας.

Ο μαθηματικός μετασχηματισμός που συνήθως χρησιμοποιείται αφού καλύπτει τις περισσότερες περιπτώσεις είναι ο **αφινικός μετασχηματισμός**. Περιλαμβάνει πρώτης τάξης πολυώνυμα και σας δίνει την δυνατότητα να μετακινήσετε, στρέψετε και αλλάξετε κλίμακα στην εικόνα σας.

Εάν επιθυμούμε να δημιουργήσουμε μια νέα ψηφιδωτή εικόνα με τις ορθές συντεταγμένες, τότε επιλέγουμε από το κουμπί Georeferencing, Rectify και καθορίζουμε την τεχνική επαναδειγματοληψίας. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται Γεωμετρική Διόρθωση.

Υπάρχουν τρεις τεχνικές επαναδειγματοληψίας:

- Εγγύτερου Γείτονα
- Διγραμμική Παρεμβολή
- Κυβική Συνέλιξη

Επαναδειγματοληψία (Resampling)

Είναι η διαδικασία κατά την οποία δίνονται τιμές συντεταγμένων σε κάθε εικονοστοιχείο της ψηφιδωτής εικόνας. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται και μέθοδος αναδόμησης.

Nearest Neighbor (Μέθοδος του Εγγύτερου Γείτονα)

Αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο επαναδειγματοληψίας. Η τιμή κάθε εικονοστοιχείου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη της την τιμή του πιο κοντινού εικονοστοιχείου. Είναι η ταχύτερη των μεθόδων, κατάλληλη για θεματικά δεδομένα.

Bilinear Interpolation (Μέθοδος Διγραμμικής Παρεμβολής)

Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη της τον μέσο όρο των τεσσάρων πιο κοντινών εικονοστοιχείων και αποτελεί το ισοδύναμο της γραμμικής παρεμβολής σε δισδιάστατο χώρο. Είναι κατάλληλη για συνεχή δεδομένα όπως είναι οι κλίσεις, το ανάγλυφο, ο προσανατολισμός, κ.τ.λ.

Cubic Convolution (Μέθοδος Κυβικής Συνέλιξης)

Μια εναλλακτική μέθοδος επαναδειγματοληψίας κατά την οποία η τιμή που θα δοθεί στο εικονοστοιχείο υπολογίζεται από τις 16 πιο κοντινές τιμές. Είναι και αυτή κατάλληλη για συνεχή δεδομένα.

Στην παρούσα εργασία για την γεωαναφορά των χαρτών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της κυβικής συνέλιξης με περίπου 50 σημεία ελέγχου για κάθε χάρτη, ενώ χρησιμοποιήθηκε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς '87(ΕΓΣΑ '87)(Πιν. 3).

ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΣΑ'87

Πίνακας 3 :Χαρακτηριστικά ελληνικού προβολικού συστήματος αναφοράς ΕΓΣΑ'87

Όνομα προβολικού συστήματος:	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 87
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	Ε.Γ.Σ.Α. 87 με αφετηρία το μετατεθημένο γεώκεντρο, βάθρο Διονύσου
Ελλειψοειδές αναφοράς:	GRS'80
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6378137.000m
Επιπλάτυση ελλειψοειδούς (1/f):	1/298.25722101
Συντελεστής κλίμακας Κο:	0.9996

Είναι το πλέον πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, και είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών - Ε.Μ.Π., της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ. Θεωρείται μια ενιαία ζώνη για όλη την χώρα με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda_0=24^0$ και χρησιμοποιείται ενιαίος συντελεστής κλίμακας 0.9996. Οι παραμορφώσεις με αυτόν τον τρόπο μπορούν να φτάσουν μέχρι και 1:1.000 στα άκρα της χώρας (δηλ. 1 μέτρο σε απόσταση 1χλμ.). Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κεντρικός μεσημβρινός έχει ως τετμημένη 500000μ. Αρχή των τεταγμένων θεωρείται ο ισημερινός ($\varphi=0^0$). Το σύστημα χρησιμοποιείται για την σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου καθώς έχει υιοθετηθεί από τον ΟΚΧΕ. Γενικά, τείνει να γίνει το επίσημο προβολικό σύστημα για την Ελλάδα καθώς προσφέρει ενιαία αναφορά για το σύνολο της χώρας. Έχει ήδη υιοθετηθεί από τις περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες και οργανισμούς καθώς και ιδιωτικές εταιρείες. (<http://www.geoapikonisis.gr/projections-greek.htm>).

4.2.ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Την διαδικασία της γεωαναφοράς ακολούθησε η ψηφιοποίηση όλων των απαραίτητων πληροφοριών, πηγή των οποίων αποτέλεσαν κατά κύριο λόγο οι εξής αναλογικοί χάρτες:

- Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:20.000 από το Ι.Γ.Μ.Ε.
- Υδρολιθολογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000 από το υπουργείο Γεωργίας
- Χάρτες «απογραφής των σημείων ύδατος» και υδρογεωλογικός κλίμακας 1:20.000, τμήμα Υδρογεωλογίας-Γεωτρήσεων & Μαθ/κων Ομοιωμάτων του Υπουργείου Γεωργίας.

ΘΕΜΑΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Ισοϋψείς καμπύλες (Επίπεδο γραμμικής πληροφορίας)

Όνομα: CONTOURS.shp

Περιγραφή: Αποτελεί εικονική, αλλά και υπολογιστική έκφραση του επιπέδου πληροφορίας που αναφέρεται στις ισοϋψείς καμπύλες τις περιοχής μελέτης, οι οποίες ψηφιοποιήθηκαν ανά 20 μέτρα.

Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα: elevation

Στο αριθμητικό πεδίο elevation καταχωρήθηκε η πληροφορία υψομέτρου σε μέτρα για κάθε ισοϋψή καμπύλη.

Υδρογραφικό δίκτυο (Επίπεδο γραμμικής πληροφορίας)

Όνομα: KER_DRAIN.shp, TAYR_DRAIN.shp, DRAIN_ROUM.shp, DRAIN_SEBR.shp, DRAIN_NTER.shp

Περιγραφή: Σε αυτά τα επίπεδα πληροφορίας αποτυπώνονται οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου των ποταμών Κερίτη, Ταυρωνίτη, Ρουματιανού, Σεμπρενιώτη και Ντεριανού.

Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα: Id, length

Στο αριθμητικό πεδίο Id καταχωρήθηκε η πληροφορία της τάξης των κλάδων του δικτύου.

Στο αριθμητικό πεδίο length καταχωρήθηκε η πληροφορία μήκους σε μέτρα για κάθε κλάδο του δικτύου.

Υδρογραφικό δίκτυο 1^{ος} Νόμος του Horton (Επίπεδο γραμμικής πληροφορίας)

Όνομα: KER_HORTON1.shp, TAYR_HORTON1.shp, HORTON1_ROUM.shp,
HORTON1_SEBR.shp, HORTON1_NTER.shp

Περιγραφή: Σε αυτά τα πέντε επίπεδα πληροφορίας αποτυπώνονται οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου των δύο κύριων λεκανών και των τριών υπολεκανών ανά τάξη, καθώς επίσης και τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά τους για τον υπολογισμό του 1^{ου} Νόμου του Horton.

Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα: Id, Count_Id, Rb

Στο πεδίο Id καταχωρήθηκε η πληροφορία της τάξης των κλάδων του δικτύου.

Στο πεδίο Count_Id καταχωρήθηκε η πληροφορία του πλήθους των κλάδων κάθε τάξης κλάδων.

Στο πεδίο Rb καταχωρήθηκε η πληροφορία καταχωρήθηκε η πληροφορία του λόγου

διακλάδωσης, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:
$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

Υδρογραφικό δίκτυο 2^{ος} Νόμος του Horton (Επίπεδο γραμμικής πληροφορίας)

Όνομα: KER_HORTON2.shp, TAYR_HORTON2.shp, HORTON2_ROUM.shp,
HORTON2_SEBR.shp, HORTON2_NTER.shp

Περιγραφή: Σε αυτά τα επίπεδα πληροφορίας αποτυπώνονται οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου των ποταμών ανά τάξη, καθώς επίσης και τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά τους για τον υπολογισμό του 2^{ου} Νόμου του Horton.

Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα: Id, Count_Id, Length_Km, Lu, Slu, R_L

Στο πεδίο Id καταχωρήθηκε η πληροφορία της τάξης των κλάδων του δικτύου.

Στο πεδίο Count_Id καταχωρήθηκε η πληροφορία του πλήθους των κλάδων κάθε τάξης κλάδων.

Στο πεδίο Length_Km καταχωρήθηκε η πληροφορία του μήκους των κλάδων του υδρογραφικού συνολικά ανά τάξη σε χιλιόμετρα.

Στο πεδίο Lu καταχωρήθηκε η πληροφορία του μέσου μήκους των κλάδων.

Στο πεδίο Slu καταχωρήθηκε η πληροφορία του αθροίσματος του μέσου μήκους των κλάδων.

Στο πεδίο R_L καταχωρήθηκε η πληροφορία του λόγου διακλάδωσης, ο οποίος

υπολογίζεται από τη σχέση:
$$R_L = \frac{\sum \bar{L}_u}{\sum (\bar{L}_u - 1)}$$

Λεκάνες απορροής (Πολυγωνικό επίπεδο πληροφορίας)

Όνομα: WATERSHEDS.shp, SUB_WATRESHEDS.shp

Περιγραφή: Σε αυτά τα δύο επίπεδα πληροφορίας αποτυπώνονται τα όρια του υδροκρίτη για κάθε λεκάνη και υπολεκάνη απορροής στην περιοχή μελέτης.

Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα: names, area_Km, perimeter

Στο πεδίο names καταχωρήθηκαν τα ονόματα κάθε λεκάνης απορροής.

Στο πεδίο area_Km καταχωρήθηκε το εμβαδον για κάθε λεκάνη απορροής.

Στο πεδίο perimeter καταχωρήθηκε η περίμετρος κάθε λεκάνης απορροής.

Γεωλογία (Πολυγωνικό επίπεδο πληροφορίας)

Όνομα: GEOLOGY.shp

Περιγραφή: Σε αυτό το επίπεδο πληροφορίας καταγράφονται τα είδη των πετρωμάτων που καλύπτουν την υπό μελέτη περιοχή.

Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα: ΕΙΔΟΣ_ΣΧΗΜ.

Στο πεδίο αυτό καταχωρήθηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί των δύο λεκανών απορροής.

Ρήγματα (Γραμμικό επίπεδο πληροφορίας)

Όνομα: FAULTS.shp

Περιγραφή: Σε αυτό το επίπεδο πληροφορίας αποτυπώνονται τα ρήγματα στην περιοχή μελέτης.

Υψομετρικές καμπύλες (Πολυγωνικό επίπεδο πληροφορίας)

Όνομα: KERITIS_ DISSOLVE.shp, TAYR_ DISSOLVE.shp, ROUM_ DISSOLVE.shp, SEBR_ DISSOLVE.shp, NTER_ DISSOLVE.shp

Περιγραφή: Σε αυτά τα επίπεδα πληροφορίας αποτυπώνονται τα τμήματα των λεκανών απορροής ανά εκατό μέτρα υψόμετρο και έως το υψηλότερο σημείο της λεκάνης. Η δημιουργία τους προβλέπει τον υπολογισμό των υψομετρικών ολοκληρωμάτων.

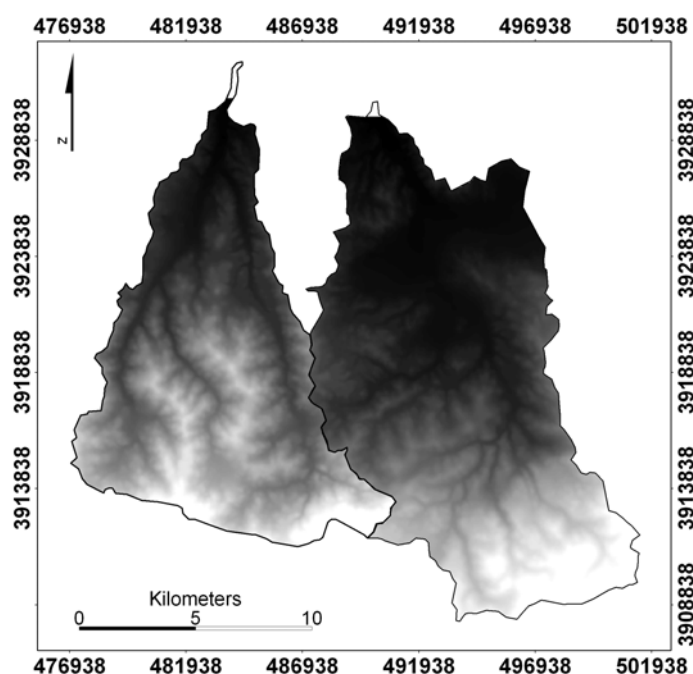
Δεδομένα του αλφαριθμητικού πίνακα: Id, Count_Id, AREA

Στο πεδίο Id καταχωρήθηκαν οι τιμές υψόμετρου ανά εκατό μέτρα

Στο πεδίο Count_Id καταχωρήθηκε το πλήθος των όμοιων πολυγώνων

Στο πεδίο AREA καταχωρήθηκε η συνολική τιμή του εμβαδού για κάθε πολύγωνο ανά εκατό μέτρα.

Αργότερα αριθμήθηκε το υδρογραφικό δίκτυο του Κερίτη, αλλά και του Ταυρωνίτη κατά Strahler, εφαρμόστηκαν οι πρώτοι δύο νόμοι του Horton και υπολογίστηκαν οι μορφομετρικές παράμετροι των υδρολεκάνων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η λεκάνη του ποταμού Ταυρωνίτη περιλαμβάνει τρεις υπολεκάνες πέμπτης τάξεως, αυτές του Ντεριανού, Ρουματιανού και Σεμπρενιώτη, για τις οποίες πραγματοποιήθηκε ξεχωριστός υπολογισμός όλων των παραπάνω παραμέτρων, εκτός του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Για την περαιτέρω ανάλυση των περιοχών χρησιμοποιήθηκαν τα υψομετρικά ολοκληρώματα των λεκανών και των υπολεκανών, τα οποία κατασκευάστηκαν και αυτά με μια ακολουθία εργαλείων του Arc map, χάρη στα οποία κερδίσαμε πολύτιμο χρόνο. Σε αυτό το σημείο φάνηκε ακόμη μια φορά η χρησιμότητα των Γ.Σ.Π. στην διαχείριση πολλαπλών δεδομένων. Χρησιμοποιήθηκε επίσης και το λογισμικό OriginPro 7, με το οποίο κατασκευάστηκαν όλες οι γραφικές παραστάσεις, υπολογίστηκαν τα σφάλματα και τα υψομετρικά ολοκληρώματα(Εικ. 34, 38). Σε αυτό το στάδιο δημιουργήθηκαν τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (Ψ.Μ.Ε.) για τις λεκάνες των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη (Εικ. 13). Συγκεκριμένα μετατράπηκε το αρχείο shapefile raster contours σε coverage με το εργαλείο arctoolbox και την εντολή export from shapefile to coverage. Από τα Ψ.Μ.Ε. εξήχθησαν αργότερα οι χάρτες κλίσεων, καθώς και οι χάρτες σκιασμένου αναγλύφου.



Εικόνα 13: Ψηφιακά μοντέλα εδάφους για τις λεκάνες απορροής των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη.

Δημιουργία Χάρτη Σκιασμένου Ανάγλυφου (Hillshade Map)(Εικ. 43, 44):

Στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους εφαρμόστηκαν χωρικά φίλτρα συνέλιξης, το οποία παρείχαν την αίσθηση «φωτισμού» του τοπογραφικού ανάγλυφου από τον ήλιο, από κάποια συγκεκριμένη διεύθυνση. Οι απεικονίσεις, οι οποίες παρήχθησαν, ήταν τρισδιάστατες (3Δ), και το ηλιακό ύψος και αζιμούθιο κατά μία δεδομένη διεύθυνση φωτισμού καθορίστηκαν από τον αναλυτή.

Δημιουργία χάρτη προσανατολισμού των κλιτύων (Aspect map)(Εικ. 45, 46):

Ο χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων παρουσιάζει τη διεύθυνση, κατά την οποία παρατάσσονται οι διάφορες επιφάνειες σ' ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Σ' αυτή την παράγωγη ψηφιακή απεικόνιση, η ψηφιακή τιμή της κάθε ψηφίδας (pixel) αντιστοιχεί στον προσανατολισμό της αντίστοιχης ψηφίδας του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Ως προσανατολισμός κλιτύος ορίζεται η διεύθυνση εμφάνισης της μέγιστης κλίσης. Μετράται από 0-360°, κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού, με αρχή τον Βορρά.

Δημιουργία χάρτη κλίσεων (Slope map)(Εικ. 47, 48):

Οι χάρτες κλίσεων έχουν ως σκοπό τον υπολογισμό της ανωμαλίας της κλίσης του εδάφους. Περιοχές μεγάλων κλίσεων των πρηνών πιθανώς να συνδέονται και με ύπαρξη ρηγμάτων, αλλά αποτελεί και ένα σημαντικό γεωλογικό παράγοντα, ο οποίος συνδέεται με την κοιτασματολογική έρευνα. Στον παράγωγο χάρτη κλίσεων, η ψηφιακή τιμή της κάθε ψηφίδας (pixel), προσδιορίζεται από τη μέγιστη κλίση της αντίστοιχης ψηφίδας του ψηφιακού μοντέλου εδάφους σε σχέση με τις γειτονικές. Οι κλίσεις μετρούνται είτε σε μοίρες, ή με ποσοστό επί τοις 100. Στη δεύτερη περίπτωση, η κλίση υπολογίζεται ως η εφαπτομένη της γωνίας σε ποσοστό επί τοις εκατό, δηλαδή μία γωνία με κλίση 45° αντιστοιχεί σε κλίση 100%.

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Υπάρχουν οι ακόλουθες μορφές υδρογραφικών δικτύων, οι οποίες διαχωρίζονται σύμφωνα με το σχηματισμό τους και την εξέλιξη τους.

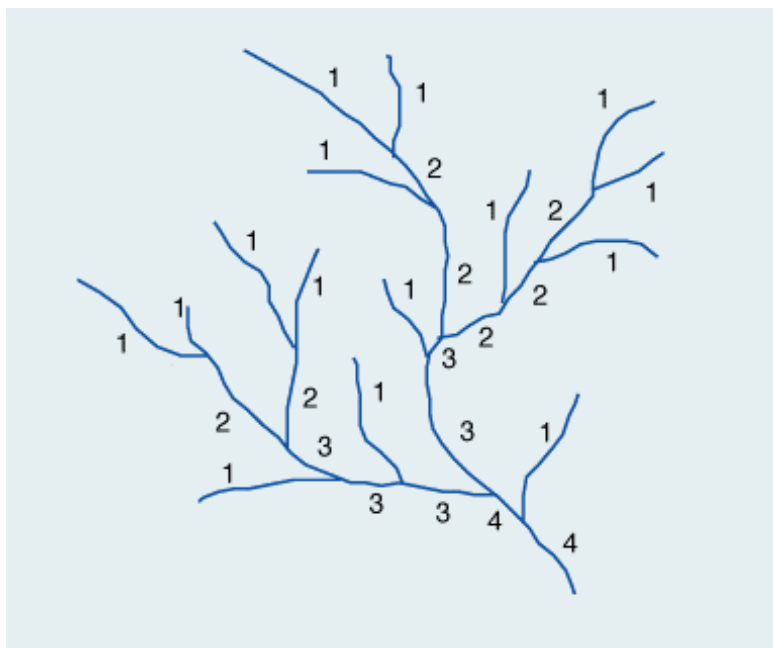
- ο Δενδριτική μορφή
- ο Παράλληλος
- ο Ορθογώνιος
- ο Κλιμακωτή

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία τα υδρογραφικά δίκτυα του ποταμού Κερίτη και του ποταμού Ταυρωνίτη κατατάσσονται στην δενδριτική μορφή.

5.1. ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Προκειμένου να γίνει η ποσοτική ανάλυση κάποιου υδρογραφικού δικτύου θα πρέπει να καθοριστεί μια σχέση μεταξύ των κλάδων αυτού, που να περιγράφει την διαφορά μεγέθους και θέσης του κάθε κλάδου ως προς τους υπολοίπους. Έτσι γίνεται η αρίθμηση των κλάδων πάνω στην οποία βασίζονται όλες οι μαθηματικές σχέσεις που ακολουθούν παρακάτω ($1^{0s}, 2^{0s}$ νόμος του Horton, καθώς επίσης και οι τύποι των μορφομετρικών παραμέτρων), γι' αυτό τον λόγο πρέπει η αρίθμηση να γίνει πολύ προσεκτικά, διότι ακόμη και ένα μικρό λάθος μπορεί να επιφέρει μεγάλο σφάλμα στα αποτελέσματα της ανάλυσης. Η αρίθμηση των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων γίνεται κυρίως με τέσσερις μεθόδους: κατά Horton, Sceidegger, Shreve ή Strahler.

Horton: Κατά την μέθοδο αυτή, οι κλάδοι οι οποίοι δέχονται μόνο τα επιφανειακά ύδατα της λεκάνης απορροής αποτελούν τους κλάδους 1^{ns} τάξης. Οι μεγαλύτεροι κλάδοι, οι οποίοι δέχονται τα ύδατα των κλάδων 1^{ns} τάξης καλούνται κλάδοι 2^{ns} τάξεως από την αρχή έως το τέλος. Ακολούθως οι κλάδοι ,οι οποίοι δέχονται τα ύδατα των κλάδων 2^{ns} τάξεως καλούνται 3^{ns} τάξεως κ.ο.κ. Αυτό που παρατηρείται σε αυτή την μεθοδολογία είναι ότι οι μεγαλύτεροι σε μήκος κλάδοι είναι και οι μεγαλύτεροι σε τάξη.

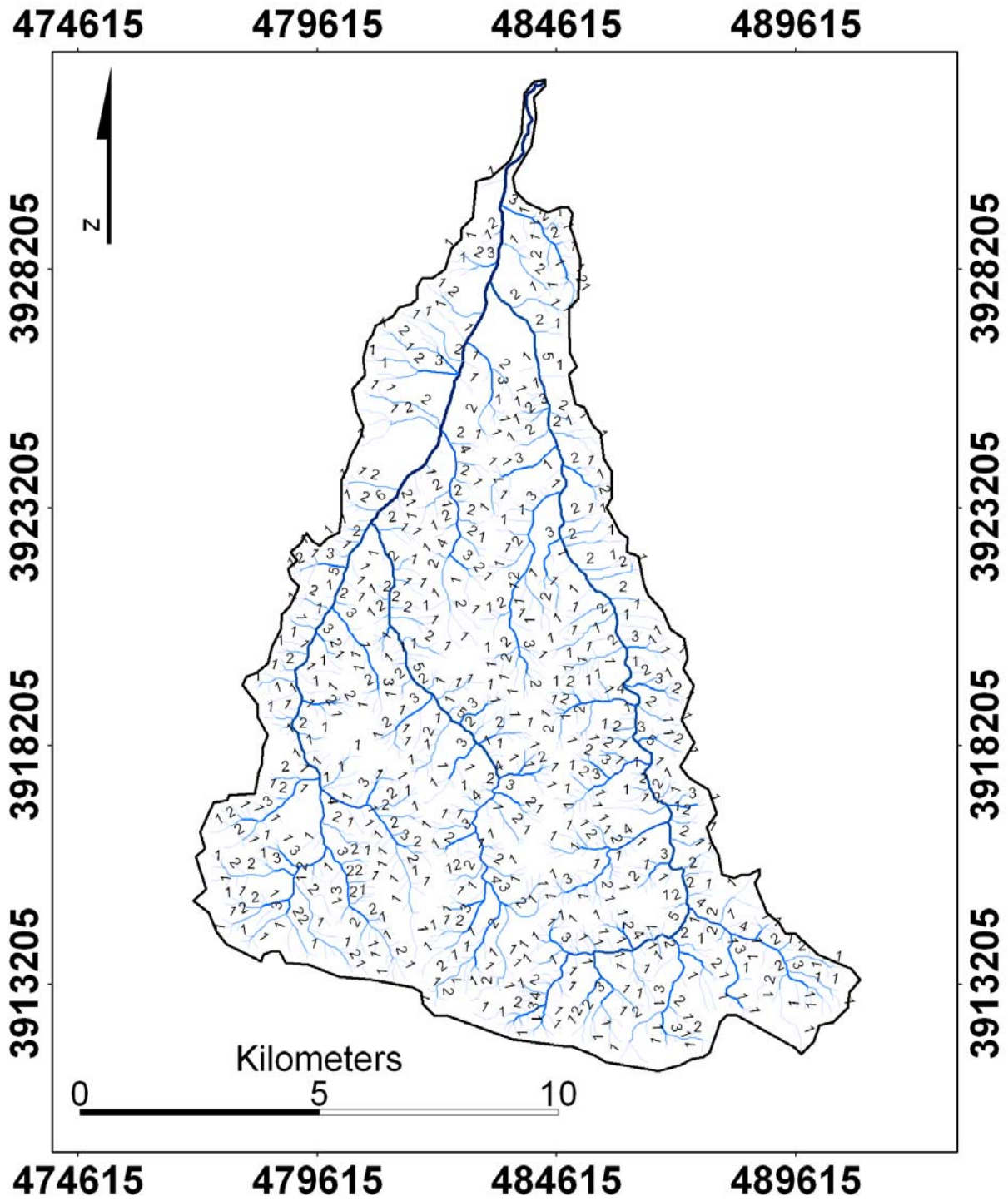


Εικόνα 14 : Παράδειγμα αρίθμησης υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler.

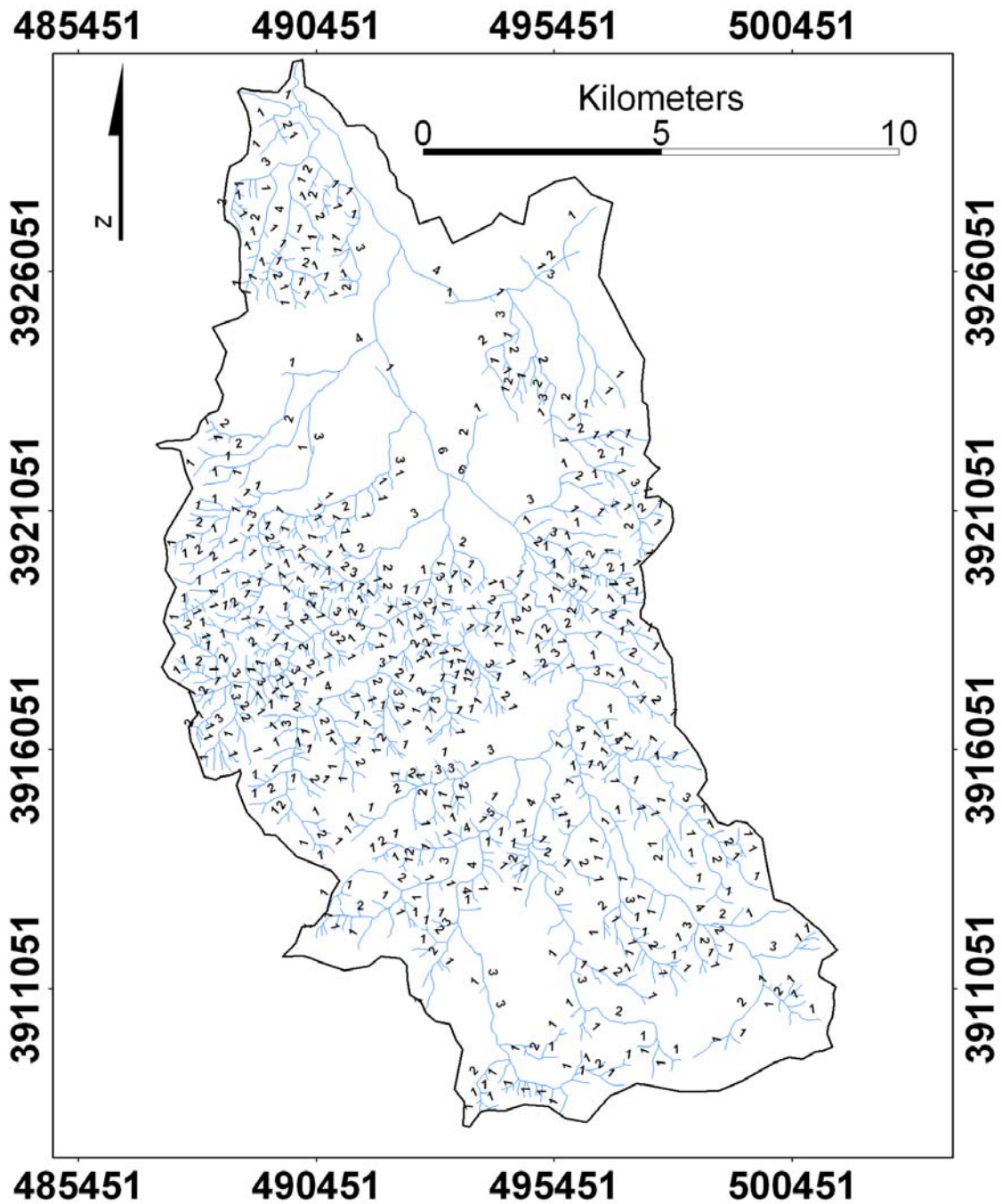
Sceidegger: Κατά αυτήν την μέθοδο, όλοι κλάδοι οι οποίοι δεν δέχονται τα ύδατα άλλων κλάδων να ονομάζονται $2^{η5}$ τάξεως. Η σύνδεση δύο κλάδων ανεξάρτητης τάξης δημιουργεί ένα νέο κλάδο με τάξη ίση με το άθροισμα των δύο συμβαλλόμενων κλάδων.

Shreve: Η μεθοδολογία του Shreve ακολουθεί το πρότυπο του Sceidegger, με την διαφορά ότι η αναφορά στους κλάδους γίνεται βάση του μεγέθους σύνδεσης και όχι της τάξης τους. Επιπλέον οι κλάδοι $2^{η5}$ τάξεως του Sceidegger ισοδυναμούν σε αυτή την αρίθμηση με τους κλάδους $1^{η5}$ τάξεως.

Strahler: Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο αρίθμησης, οι κλάδοι οι οποίοι δεν δέχονται τα ύδατα μικρότερων κλάδων να ονομάζονται $1^{η5}$ τάξης. Η σύνδεση δύο κλάδων $1^{η5}$ τάξης δημιουργεί ένα κλάδο $2^{η5}$ τάξεως. Ομοίως δύο κλάδοι $2^{η5}$ τάξεως δημιουργούν έναν κλάδο $3^{η5}$ τάξης κ.ο.κ. Στην περίπτωση σύνδεσης κλάδων διαφορετικής τάξης διατηρείται η τάξη του μεγαλύτερου (Εικ. 14). Από τους παραπάνω τρόπους ο πλέον αποδεκτός είναι αυτός τους Strahler, ο οποίος μπορεί να ερμηνεύσει στη συνέχεια κατάλληλα τους νόμους της υδρογραφικής σύνθεσης του Horton. Αυτός ο τρόπος αρίθμησης χρησιμοποιήθηκε και στη παρούσα εργασία (Εικ.14, 15, 16).

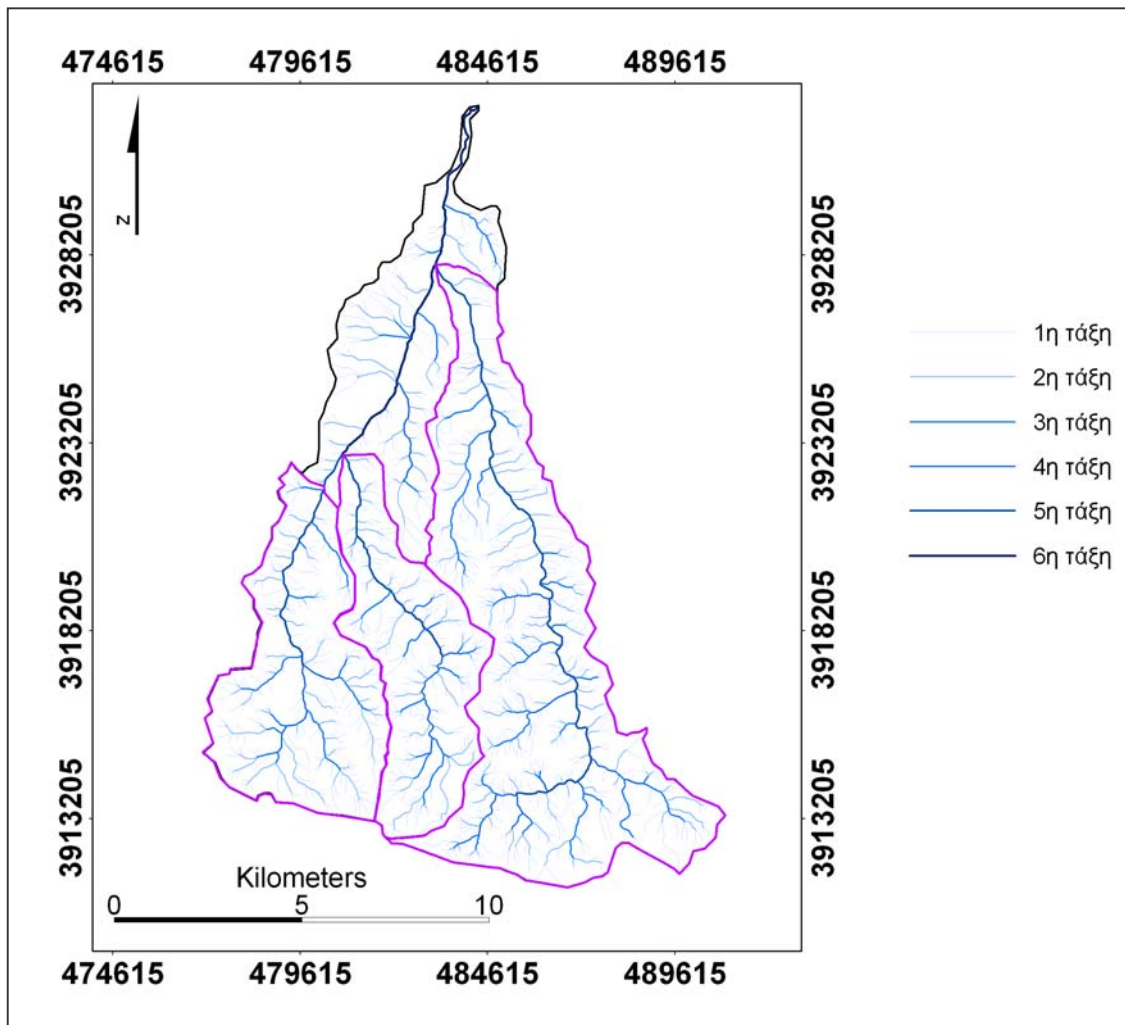


Εικόνα 15:Αρίθμηση κατά Strahler του υδρογραφικού δικτύου της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη.



Εικόνα 16: Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου Κερίτη κατά Strahler.

Μπορούμε να δούμε ότι οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ταυρωνίτη φτάνουν ,μέχρι 6^{ης} τάξης και των υπολεκανών του μέχρι 5^{ης} τάξης. Ο κύριος κλάδος του ποταμού Κερίτη είναι επίσης 6^{ης} τάξης (Εικ. 17).



Εικόνα 17: Ταξινόμηση του υδρογραφικού δικτύου για τις τρεις υπολεκάνες του ποταμού Ταυρωνίτη κατά Strahler (από δυτικά προς ανατολικά: λεκάνη Ρουματιανού, Σεμπρενιώτη και Ντεριανού).

5.2. ΒΑΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ HORTON(1^{0Σ}, 2^{0Σ} ΝΟΜΟΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ)

Η ανάπτυξη των υδρογραφικών δικτύων διακρίνεται από περιοχή σε περιοχή βάση συγκεκριμένων τοπικών παραγόντων, αλλά και άλλων γενικών. Πέρα όμως από αυτούς φαίνεται να ακολουθεί και ορισμένες αρχές, τις οποίες επιχείρησε πρώτος ο Horton να διατυπώσει. Οι δύο νόμοι του Horton που ακολουθούν αναφέρονται σε ένα μοντέλο υδρογραφικού δικτύου, το οποίο έχει αναπτυχθεί τέλεια πάνω σε ένα εντελώς ισότροπο μέσο, χωρίς την επίδραση της τεκτονικής. Η πιθανότερη αιτία για

την οποία μπορεί να εμφανιστεί απόκλιση από τους δύο νόμους του Horton είναι η τεκτονική, η οποία λόγω των ρηγμάτων προκαλεί κατακερματισμό στα πετρώματα με αποτέλεσμα την ανάπτυξη και αύξηση του μέσου μήκους των κλάδων.

1^{ος} νόμος του Horton

Σε αυτό τον νόμο περιγράφεται η παρατήρηση του Horton ότι όσο η τάξη των κλάδων μεγαλώνει, τόσο μικραίνει ο αριθμός τους. Έτσι σε διαδοχικές τάξεις κλάδων υπάρχει η τάση να σχηματιστεί μια αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας ο πρώτος όρος είναι η μονάδα (Εικ. 18-22). Μαθηματικά αυτό το γεγονός εκφράζεται ως εξής:

$$\boxed{Nu = Rb^{K-u}} \quad \text{όπου} \quad Nu = \text{ο αριθμός των κλάδων τάξεως } u$$

$Rb = \text{ο λόγος διακλάδωσης}$

$K = \text{η μέγιστη τάξη κλάδου, η οποία περιλαμβάνεται στα}$

δεδομένα

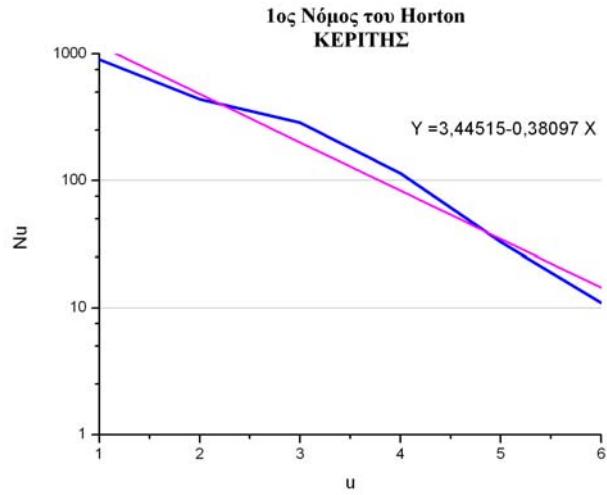
$u = \text{η ζητούμενη τάξη}$

Ο λόγος διακλάδωσης πάντοτε διατηρεί την τάση να παραμένει σταθερός σε ένα υδρογραφικό δίκτυο και δίνεται από τη σχέση:

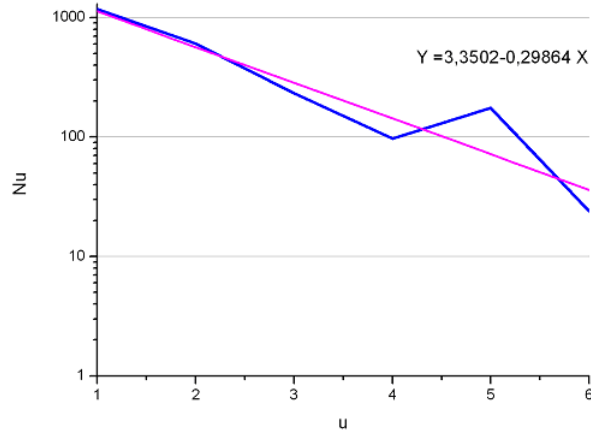
$$\boxed{Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}}$$

Για να βρεθεί το συνολικό Rb της λεκάνης (Πιν. 4) το οποίο ισούται με τον αντιλογάριθμο της κλίσης b της γραμμής παλινδρομήσεως που σύρεται μεταξύ του αριθμού των κοιτών Nu τοποθετημένων σε λογαριθμική κλίμακα και των τάξεων των κοιτών u τοποθετημένων σε αριθμητική κλίμακα (Maxwell, 1955).

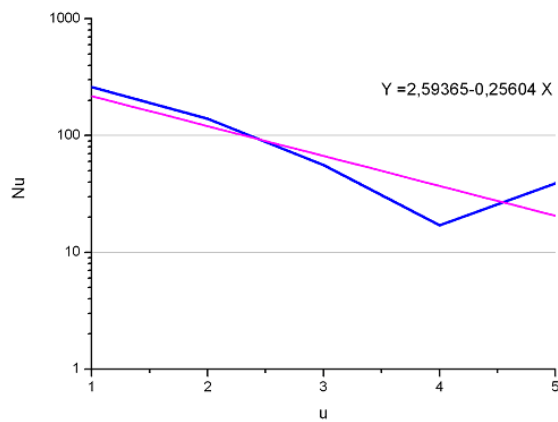
Για φυσικά αναπτυσσόμενα δίκτυα αυτός ο λόγος κυμαίνεται από 3 έως 5. Οι μικρές τιμές του Rb δείχνουν μικρή δομική πολυπλοκότητα της περιοχής. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω σε διαδοχικές τάξεις κλάδων σχηματίζεται μια γεωμετρική ακολουθία για αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται λογαριθμική κλίμακα για την απεικόνιση διαγραμμάτων ανάλογων δεδομένων. Σημειώνεται ότι η αύξηση της τάξεως των κλάδων ακολουθεί κανονική αριθμητική αύξηση, έτσι και για την τοποθέτηση της σε γραφήματα χρησιμοποιείται απλή αριθμητική κλίμακα.



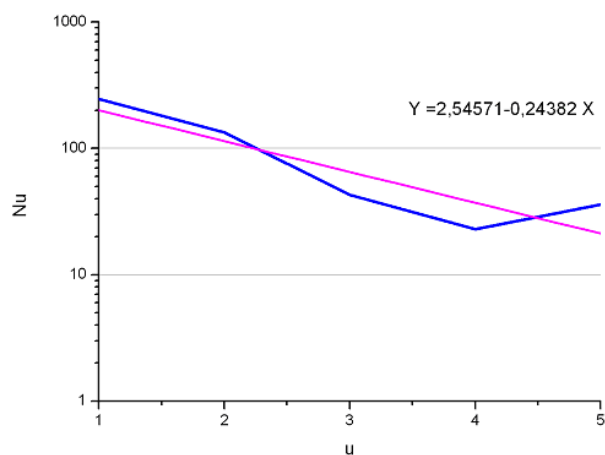
Εικόνα 18: Εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Κερίτη.



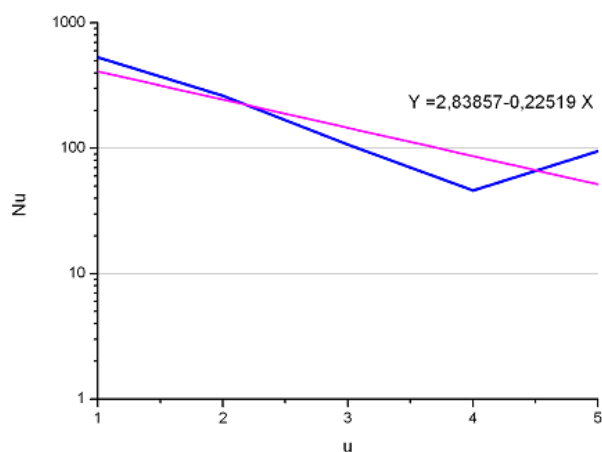
Εικόνα 19: Εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ταυρωνίτη.



Εικόνα 20: Εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ρουματιανού.



Εικόνα 21: Εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Σεμπρενιώτη.



Εικόνα 22: Εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ντεριανού.

Πίνακας 4: Αποτελέσματα υπολογισμού για το Rb των λεκανών και των υπολεκανών.

Τάξη κλάδων	ΚΕΡΙΤΗΣ	ΤΑΥΡΩΝΙΤΗΣ	ΡΟΥΜΑΤΙΑΝΟΣ	ΣΕΜΠΡΕΝΙΩΤΗΣ	ΝΤΕΡΙΑΝΟΣ
1ης	0	0	0	0	0
2ης	2,1	1,9	1,9	1,8	2
3ης	1,6	2,6	2,5	3,1	2,5
4ης	2,4	2,4	3,3	1,9	2,3
5ης	3,5	0,6	0,4	0,6	0,5
6ης	3	7,3	-	-	-
ΛΕΚΑΝΗΣ	2,4	1,99	1,8	1,75	1,68

2^{ος} νόμος του Horton

Εδώ ο Horton αποτυπώνει τη σχέση του μέσου μήκους των κλάδων κάθε τάξης, σε ένα υδρογραφικό δίκτυο. Επίσης υπάρχει η τάση να σχηματιστεί μια αύξουσα γεωμετρική ακολουθία από τα αθροιστικά μέσα μήκη των διαδοχικών μεγαλύτερης τάξεως κλάδων. Ο πρώτος όρος αυτής είναι το μέσο μήκος των κλάδων 1^{ης} τάξης και ο δεύτερος ο λόγος του μήκους (Εικ. 23-27).

$$\Sigma \bar{L}_u = \bar{L}_1 R_L^{u-1} \quad \text{όπου } \Sigma \bar{L}_u = \text{το άθροισμα του μέσου μήκους των κλάδων}$$

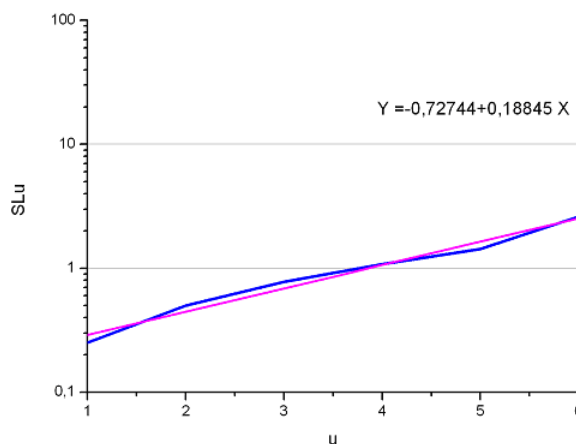
$u = \text{η ζητούμενη τάξη}$

$\bar{L}_1 = \text{το μέσο μήκος του κλάδου 1^{ης} τάξης}$

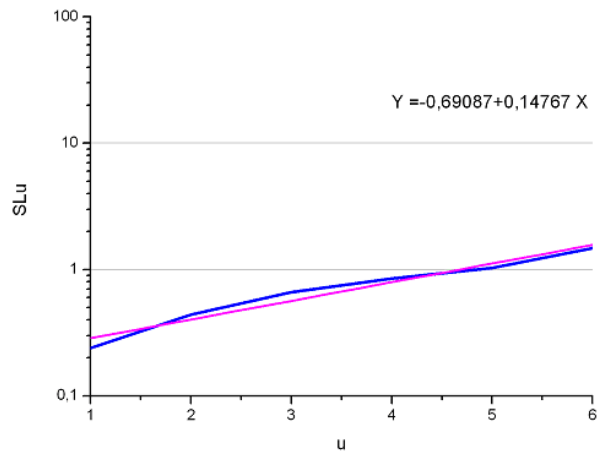
$R_L = \text{ο λόγος του μήκους}$

Ο λόγος του μήκους δίδεται από τη σχέση: $R_L = \frac{\Sigma \bar{L}_u}{\Sigma (\bar{L}_u - 1)}$

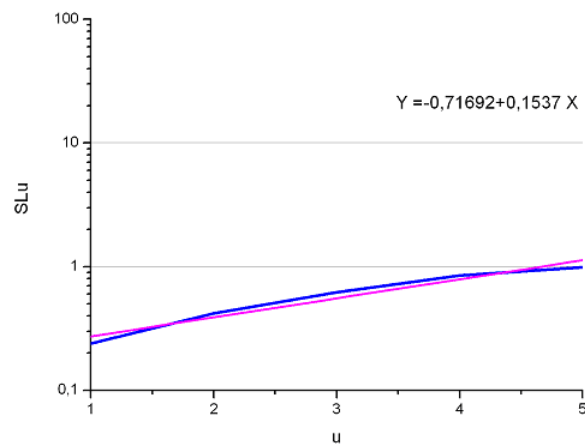
Για το συνολικό RL της λεκάνης (Πιν. 5) υπολογίζεται ο αντιλογάριθμος της κλίσης b της γραμμής παλινδρόμησης που σύρεται μεταξύ των αθροιστικών μέσων μηκών τοποθετημένων σε λογαριθμική κλίμακα και των τάξεων των τμημάτων των κοιτών τοποθετημένων σε αριθμητική κλίμακα (Morisawa, 1962). Οι μικρές τιμές του RL δείχνουν ομαλό ανάγλυφο της περιοχής.



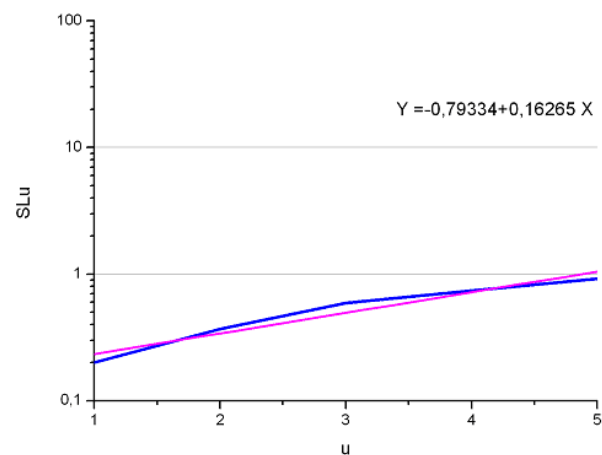
Εικόνα 23: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Κερίτη.



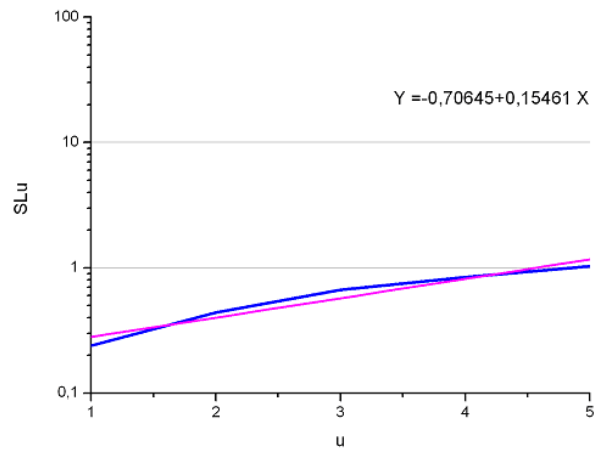
Εικόνα 24: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ταυρωνίτη.



Εικόνα 25: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ρουματιανού.



Εικόνα 26: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Σεμπρενιώτη.



Εικόνα 27: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ντεριανού.

Πίνακας 5: Αποτελέσματα υπολογισμού για το RL των λεκανών και των υπολεκανών.

Τάξη κλάδων	ΚΕΡΙΤΗΣ	ΤΑΥΡΩΝΙΤΗΣ	ΡΟΥΜΑΤΙΑΝΟΣ	ΣΕΜΠΡΕΝΙΩΤΗΣ	ΝΤΕΡΙΑΝΟΣ
1ης	0	0	0	0	0
2ης	2	1,8	1,8	1,9	1,8
3ης	1,6	1,5	1,5	1,6	1,5
4ης	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3
5ης	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
6ης	1,8	1,4	-	-	-
ΛΕΚΑΝΗΣ	1,54	1,4	1,42	1,45	1,43

5.3. ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Προκειμένου να γίνει η ανάλυση και ερμηνεία της υπό μελέτη περιοχής υπολογίσθηκαν οι παρακάτω μορφομετρικές παράμετροι, οι οποίες βασίζονται σε μαθηματικές σχέσεις καθώς αναπαριστούν τη γεωμετρία του ανάγλυφου της περιοχής.

Μορφομετρία είναι η ποσοτική μέτρηση του σχήματος του ανάγλυφου. Οι γεωμορφές μπορούν να χαρακτηρισθούν ανάλογα με το μέγεθος τους, π.χ. το υψόμετρο μπορεί να χαρακτηριστεί μέγιστο, ελάχιστο ή μέσο, όπως επίσης και η κλίση. Οι ποσοτικές μετρήσεις-καταγραφές επιτρέπουν τη σύγκριση διαφορετικών γεωμορφών, καθώς επίσης και τον υπολογισμό έμμεσα μετρούμενων παραμέτρων

,όπως η σύγκριση της τεκτονικής δραστηριότητας ή της επιφανειακής απορροής σε δύο περιοχές που γειτνιάζουν. Οι γεωμορφικοί δείκτες είναι απολύτως χρήσιμοι σε γεωλογικές μελέτες, αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ταχεία εκτίμηση παραγόντων που αφορούν μια περιοχή (π.χ. τεκτονική δραστηριότητα), όπως επίσης και σε μια ευσταθή πρόβλεψη της πορείας παρόμοιων παραμέτρων στα επερχόμενα έτη σε κανονικές συνθήκες.

Οι γεωμορφικοί δείκτες οι οποίοι υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη είναι οι εξής:

- **Μήκος της λεκάνης σε Km (Basin Length, Lb)**

Υπολογίστηκε ως το μήκος του κύριου κλάδου της λεκάνης συν το μήκος που μετριέται από το σημείο, όπου βρίσκεται το τέλος του κύριου κλάδου έως το νοτιότερο σημείο της λεκάνης. Παρατηρείται ότι ο Κερίτης διανύει μεγαλύτερη απόσταση από τον Ταυρωνίτη, αλλά και ότι η υπολεκάνη του Ντεριανού καλύπτει σε μήκος το μεγαλύτερο κομμάτι του Ταυρωνίτη, ενώ ο Ρουματιανός το μικρότερο (Πιν. 6).

Πίνακας 6: Μήκος λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης

ΥΔΡΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρωνίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Basin Length, Lb (Km)	23,7	24,87	11,55	9,95	20,99

- **Συνολικός αριθμός των κλάδων (ΣNu) (Streams Total Number, N)**

Είναι ο συνολικός πληθυσμός των κλάδων εντός της λεκάνης απορροής (Πιν. 7). Στον ποταμό Ταυρωνίτη έχουν αναπτυχθεί οι περισσότεροι κλάδοι, γεγονός που αποκαλύπτει τη μεγάλη δομική πολυπλοκότητα της περιοχής (Πιν. 8).

Πίνακας 7: Συνολικός αριθμός των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης

ΥΔΡΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρωνίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Streams Total Number, N	2312	1783	483	511	1042

Πίνακας 8: Συνολικός αριθμός κάθε κλάδου του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης

Κλάδοι	ΤΑΥΡΩΝΙΤΗΣ	ΚΕΡΙΤΗΣ	ΣΕΜΠΡΕΝΙΩΤΗΣ	ΡΟΥΜΑΤΙΑΝΟΣ	ΝΤΕΡΙΑΝΟΣ
1ης τάξης	1176	900	247	260	531
2ης τάξης	608	438	134	139	263
3ης τάξης	232	287	43	56	107
4ης τάξης	97	114	23	17	46
5ης τάξης	175	33	36	39	95
6ης τάξης	24	11			
Συνολικός αριθμός κλάδων	2312	1783	483	511	1042

- **Εμβαδόν της λεκάνης (Area, A (km²))**

Είναι απλός υπολογισμός του εμβαδού της επιφανείας της λεκάνης απορροής. Παρατηρείται ότι η υδρολεκάνη του Κερίτη είναι η μεγαλύτερη σε έκταση (Πιν. 9).

Πίνακας 9: Εμβαδόν των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης

ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρωνίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Area, A (km ²)	130,87	180,62	22,44	27,78	56,64

- **Υδρογραφική συχνότητα του συνολικού αριθμού των κλάδων (Stream Frequency, Fu)**

Είναι ο λόγος του συνολικού αριθμού των κλάδων όλων των τάξεων που απαντώνται στην λεκάνη απορροής δια του εμβαδού της λεκάνης αυτής (Πιν. 10).

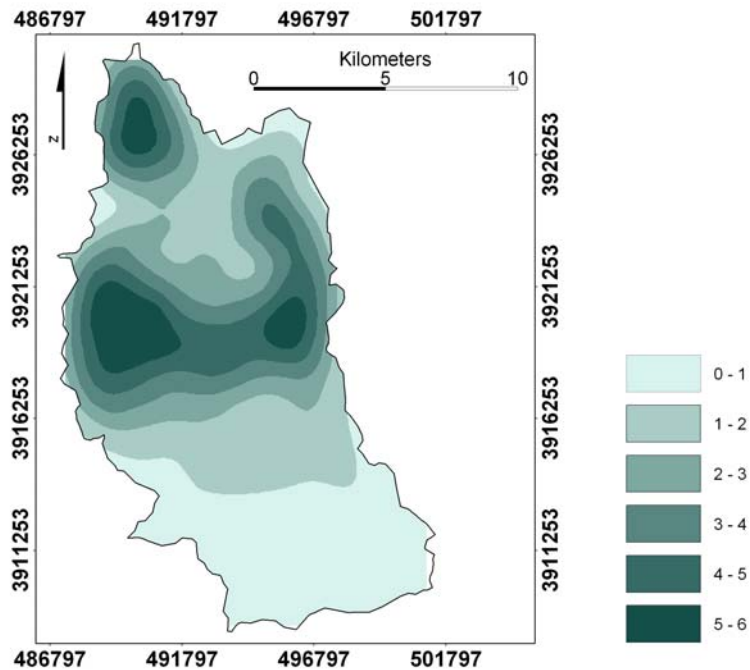
$$F_u = \Sigma N_u / A$$

Αυτή είναι μια συμπληρωματική μέτρηση της υφής του αναγλύφου, αλλά είναι ανεξάρτητη της υδρογραφικής πυκνότητας γιατί εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των κλάδων και όχι από το μήκος αυτών.

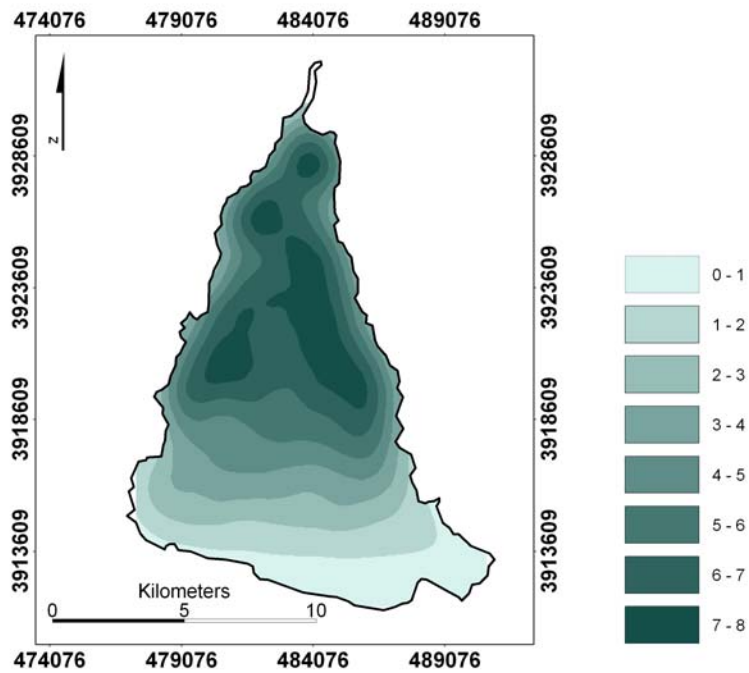
Ο Κερίτης παρουσιάζει μικρότερη υδρογραφική συχνότητα, υποδηλώνοντας έτσι στεγανά υποεπιφανειακά υλικά, σποραδική βλάστηση και επικράτηση συνθηκών υψηλού ανάγλυφου (Εικ. 28, 29).

Πίνακας 10: Υδρογραφική συχνότητα του συνολικού αριθμού των κλάδων των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης

ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρωνίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Stream Frequency, F_u	17,67	9,87	21,52	18,394	18,396



Εικόνα 28: Χάρτης συχνότητας της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη



Εικόνα 29: Χάρτης συχνότητας της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη

- **Υδρογραφική πυκνότητα (Drainage Density, D_d)**

Μετρήθηκε ως το συνολικό μήκος των κλάδων σε μια λεκάνη απορροής, δια του εμβαδού της επιφάνειας αυτής της λεκάνης (Πιν. 11).

$$Dd = \Sigma Lu / A$$

Εκφράζει τον αριθμό των km μέσα σε μια κοίτη ρέματος, η οποία διατηρείται από επιφάνεια αποστραγγίσεως 1 km².

Η μέτρηση αυτής της παραμέτρου αποτελεί αριθμητική μέτρηση του τεμαχισμού του ανάγλυφου και των πιθανοτήτων απορροής.

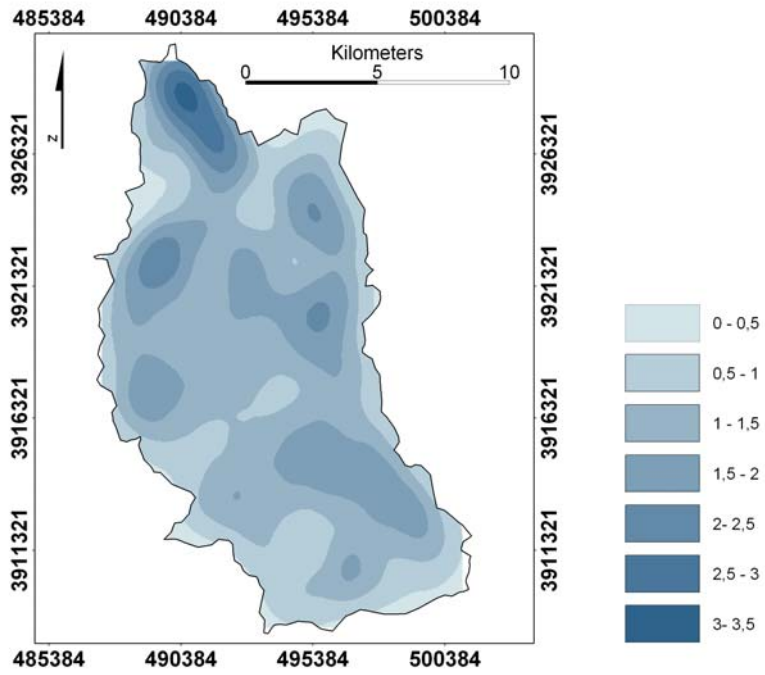
Οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας ποικίλουν από τα γνωρίσματα της περιοχής, όμως είθισται να θεωρούνται χαμηλές όταν κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 3-4, μεσαίες όταν βρίσκονται στην περιοχή των τιμών 8-16 και υψηλές για τιμές από 30 έως 50.

Για χαμηλές τιμές υδρογραφικής πυκνότητας η συνήθης εξήγηση είναι να αποτελούνται από σκληρά πετρώματα, που καλύπτονται από πυκνή βλάστηση (Εικ. 30). Στις μεσαίες τιμές παρατηρείται η ύπαρξη μαλακών πετρωμάτων και πυκνής βλάστησης (Εικ. 31), ενώ τέλος στις περιοχές υψηλών τιμών οι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι ιζηματογενείς, υπάρχει έλλειψη βλάστησης και το ανάγλυφο είναι υψηλό.

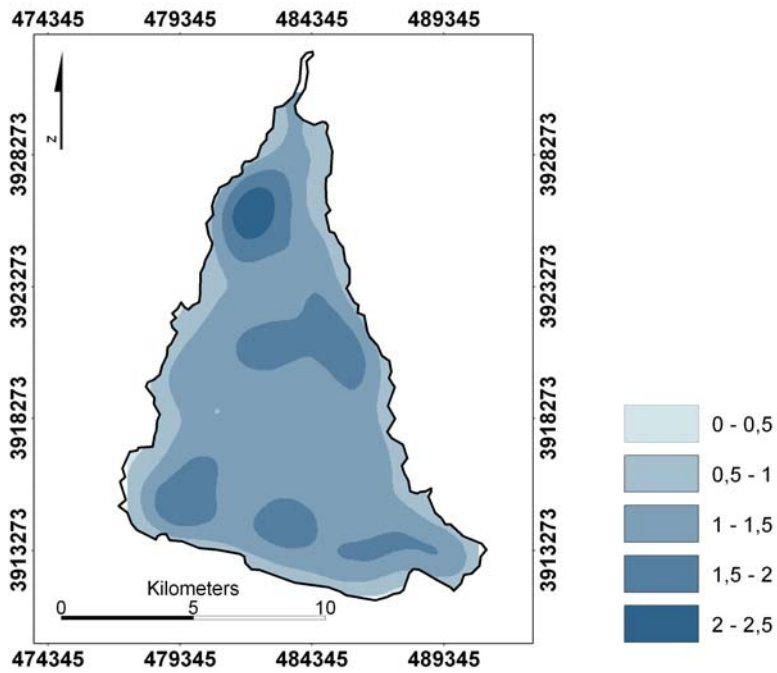
Εδώ τιμές μεταξύ 3-4 δείχνουν υψηλή διαπερατότητα, πυκνή βλάστηση και χαμηλό ανάγλυφο.

Πίνακας 11: Υδρογραφική πυκνότητα των λεκανών απορροής των ποταμών της περιοχής μελέτης

ΥΔΡΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρωνίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Drainage Density, D_d	3,91	2,65	4,13	3,93	4,05



Εικόνα 30: Χάρτης πυκνότητας της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη



Εικόνα 31: Χάρτης πυκνότητας της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη

- **Texture Ratio, T**

Είναι ο λόγος των κλάδων 1^{ης} τάξεως προς την περίμετρο της λεκάνης απορροής (Πιν. 12):

$$T = Nu1/P$$

Η μέτρηση αυτής της παραμέτρου εξαρτάται από τη γεωλογία της περιοχής, τη δυνατότητα κατείσδυσης των πετρωμάτων και τον προσανατολισμό του ανάγλυφου. Ιδιαίτερα μεγάλη τιμή παρατηρείται στην περίπτωση του Ταυρωνίτη.

Πίνακας 12: Λόγος των κλάδων 1^{ης} τάξεως προς την περίμετρο της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης

ΥΔΡΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρωνίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Texture Ratio, T	18,51	12,36	9,4	9,76	10,63

- **Form Factor, Rf**

Είναι ο λόγος του εμβαδού της λεκάνης απορροής προς το τετράγωνο του μήκους της λεκάνης (Πιν. 13).

$$Rf = A/Lb^2$$

Οι παραπάνω τιμές είναι μικρές, κριτήριο που δηλώνει ότι υπάρχει μικρότερη πλαϊνή-περιφερειακή ροή για μικρότερη διάρκεια και μεγαλύτερη κύρια ροή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι υψηλότερες τιμές δείχνουν το αντίθετο μικρή κύρια ροή και μεγάλη περιφερειακή, έτσι προκαλούνται μέγιστες ροές (peaks) σε μικρό χρόνο.

Πίνακας 13: Λόγος του εμβαδού της λεκάνης απορροής προς το τετράγωνο του μήκους της λεκάνης της περιοχής μελέτης

ΥΔΡΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρωνίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Form Factor, Rf	0,23	0,29	0,17	0,28	0,12

- **Λόγος επιμηκύνσεως της λεκάνης (Elongation Ratio, Re)**

Είναι η έκφραση του σχήματος της λεκάνης και ορίζεται ως ο λόγος της διαμέτρου του κύκλου, ο οποίος έχει εμβαδόν ίσο με αυτό της λεκάνης απορροής δια τη μέγιστη διάσταση της λεκάνης όπως αυτή μετρήθηκε παραπάνω ως μήκος της λεκάνης (Πιν. 14).

$$Re = d/Lb$$

Η τιμή 0,4 θεωρείται χαμηλή σε σύγκριση με τις τιμές των υπολοίπων λεκανών, αυτό δείχνει ότι η περιοχή είναι ευπαθείς στη διάβρωση.

Πίνακας 14: Λόγος επιμηκύνσεως των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης

ΥΔΡΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρονίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Elongation Ratio, Re	0,54	0,61	0,46	0,6	0,4

- **Σταθερά διατηρήσεως κοίτης ρέματος (Constant of channel maintenance, C)**

Είναι η έκταση σε m^2 , η οποία απαιτείται για να διατηρηθεί μήκος κοίτης 1m (Πιν. 15). Εκφράζεται ως η αντίστροφη ποσότητα της υδρογραφικής πυκνότητας

$$C=1/Dd$$

Εξαρτάται από το είδος του πετρώματος από την διαπερατότητα και από το κλιματικό καθεστώς, από την κάλυψη βλάστησης, από το ανάγλυφο και από τη διάρκεια της διάβρωσης (Schumm, 1956).

Είναι χαμηλή η τιμή 0,24 και σημαίνει ότι υπάρχουν υψηλές δομικές εξάρσεις, μικρή διαπερατότητα, απόκρημνες έως πολύ απόκρημνες πλαγιές και υψηλή επιφανειακή απορροή.

Πίνακας 15: Σταθερά διατηρήσεως κοίτης ρέματος των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης

ΥΔΡΟΛΕΚΑΝΕΣ	Ταυρονίτη	Κερίτη	Σεμπρενιώτη	Ρουματιανού	Ντεριανού
Constant of channel maintenance, C	0,26	0,38	0,24	0,25	0,25

5.4 ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ-ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΑΤΑ

Ορίζουν το στάδιο απογυμνώσεως μιας λεκάνης. Δείχνουν με απλό τρόπο την κατανομή μάζας του ανάγλυφου μέσα στην λεκάνη, μια λεκάνη που ορίζεται από την περίμετρο της και από δύο επίπεδα: ένα βασικό επίπεδο διερχόμενο από το στόμιο της λεκάνης και ένα επίπεδο κορυφής διερχόμενο από το υψηλότερο σημείο του υδροκρίτη της λεκάνης. Με τον παραπάνω τρόπο η υψομετρική καμπύλη περιγράφει την λεκάνη απορροής σε μια κατά μήκος τομή (Αστάρας, 1980).

Η υψομετρική καμπύλη συσχετίζεται με τον όγκο του πετρώματος στη λεκάνη και το ποσό διάβρωσης που έχει εμφανιστεί σε μια λεκάνη σε σχέση με το ποσοστό του εναπομείναντα πετρώματος (Hurtrez et al., 1999).

Οι υψομετρικές καμπύλες ερμηνεύονται συνήθως ως νεανικές (κυρτές ανοδικές καμπύλες), ώριμες (για καμπύλες σε μορφή s) και γηραιές (κοίλες ανοδικές καμπύλες). Αυτά είναι τα στάδια της εξέλιξης των τοπίων. Οι κυρτές υψομετρικές καμπύλες είναι πιθανότερα χαρακτηριστικές του οροπεδίου με λίγη διάβρωση, η οποία μπορεί να εξελιχθεί στη μορφή του s, ενώ οι κοίλες υψομετρικές καμπύλες δείχνουν τη μεγαλύτερη διάβρωση (Hurtrez et al., 1999).

Η υψομετρική καμπύλη αντιπροσωπεύει τα σχετικά ποσοστά μιας περιοχής υδροκρίτη που βρίσκεται κάτω από ένα δεδομένο ύψος. Για κάθε λεκάνη, το εύρος της διαιρέθηκε σε τόσα διαστήματα όσα και το πλήθος των ισοϋψών καμπυλών της ανά 100 μέτρα (Εικ. 32, 33). Για κάθε διάστημα υπολογίστηκε το εμβαδόν της περιοχής των λεκανών και οι τιμές του υψομέτρου και διαιρέθηκαν με το ανάγλυφο ώστε το συνολικό εμβαδόν της περιοχής υδροκρίτη να κυμανθεί από 0 έως 1.

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα (HI) αντιπροσωπεύει την περιοχή κάτω από την υψομετρική καμπύλη και αντιστοιχεί στα τοις εκατό της αρχικής μάζας πετρώματος που παραμένει στους υδροκρίτες (Bishop et al., 2002; Awasthi et al., 2002). Το υψομετρικό ολοκλήρωμα ίσο με 60% απεικονίζει τη μετάβαση από το νεανικό στο ώριμο στάδιο, ενώ για το ίσο σε 30% απεικονίζει τη μετάβαση από το ώριμο στο στάδιο γηρατειών (Strahler, 1952, 1957, 1964).

Για τον υπολογισμό τους ισχύει η σχέση (Πιν. 16-20):
$$Y = \frac{h - h_0}{H}$$

όπου h = υψόμετρο για x ισοϋψή

h_0 = σχετικό υψόμετρο (επίπεδο στομίου της λεκάνης)

H = μέγιστο υψόμετρο

$X = a/A$, όπου a = το εμβαδόν της λεκάνης από την x ισοϋψή και πάνω

A = το εμβαδόν της λεκάνης (Km^2)

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα βοηθά στο να καθοριστεί η διάβρωση που έχει πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου (Bishop et al., 2002). Για διαφορετικές λεκάνες κάτω από τις ίδιες κλιματολογικές συνθήκες και περίπου ίσων εμβαδών, η μορφή των υψομετρικών καμπυλών δίνει στοιχεία για τον όγκο που έχει διαβρωθεί και μεταφερθεί στην λεκάνη (Awasthi et al., 2002). Τα υψομετρικά

ολοκληρώματα χαρακτηρίζουν τις λεκάνες ως προς το ηλικιακό στάδιο στο οποίο βρίσκονται (στάδιο νεότητας, ωριμότητας, γήρατος)(Εικ. 34-38).

Η μετάβαση από το στάδιο της νεότητας στο στάδιο της ωριμότητας ανταποκρίνεται κατά προσέγγιση στο υψομετρικό ολοκλήρωμα 60% και από το στάδιο της ωριμότητας στο στάδιο του γήρατος στο 35%.

Πίνακας 16: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του Κερίτη

Υψόμετρο (m)	ΚΕΡΙΤΗΣ						
	X			Y			
	ΚΜ ²	ΚΜ ²		Μ	Μ	Μ	
100	144,27	180,62	0,798749	100	0	2100	0,047619
200	117,37	180,62	0,649817	200	0	2100	0,095238
300	98,14	180,62	0,543351	300	0	2100	0,142857
400	82,1	180,62	0,454545	400	0	2100	0,190476
500	69,8	180,62	0,386447	500	0	2100	0,238095
600	60,2	180,62	0,333296	600	0	2100	0,285714
700	53,1	180,62	0,293987	700	0	2100	0,333333
800	48,2	180,62	0,266859	800	0	2100	0,380952
900	44,1	180,62	0,244159	900	0	2100	0,428571
1000	40,7	180,62	0,225335	1000	0	2100	0,47619
1100	35,5	180,62	0,196545	1100	0	2100	0,52381
1200	30,1	180,62	0,166648	1200	0	2100	0,571429
1300	25,1	180,62	0,138966	1300	0	2100	0,619048
1400	19,9	180,62	0,110176	1400	0	2100	0,666667
1500	14,8	180,62	0,08194	1500	0	2100	0,714286
1600	10	180,62	0,055365	1600	0	2100	0,761905
1700	6,4	180,62	0,035434	1700	0	2100	0,809524
1800	3	180,62	0,016609	1800	0	2100	0,857143
1900	1,2	180,62	0,006644	1900	0	2100	0,904762
2000	0,2	180,62	0,001107	2000	0	2100	0,952381
2100	0,01	180,62	5,54E-05	2100	0	2100	1

Πίνακας 17: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του
Ταυρωνίτη

Υψόμετρο (m)	ΤΑΥΡΩΝΙΤΗΣ						
	X			Y			
	ΚΜ ²	ΚΜ ²		Μ	Μ	Μ	
100	123,2	130,86	0,941464	100	0	1280	0,078125
200	105,9	130,86	0,809262	200	0	1280	0,15625
300	89,6	130,86	0,684701	300	0	1280	0,234375
400	75,1	130,86	0,573896	400	0	1280	0,3125
500	60,4	130,86	0,461562	500	0	1280	0,390625
600	43,9	130,86	0,335473	600	0	1280	0,46875
700	27,6	130,86	0,210912	700	0	1280	0,546875
800	15,3	130,86	0,116919	800	0	1280	0,625
900	8,8	130,86	0,067247	900	0	1280	0,703125
1000	4,9	130,86	0,037445	1000	0	1280	0,78125
1100	1,9	130,86	0,014519	1100	0	1280	0,859375
1200	0,4	130,86	0,003057	1200	0	1280	0,9375

Πίνακας 18: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του
Ρουματιανό

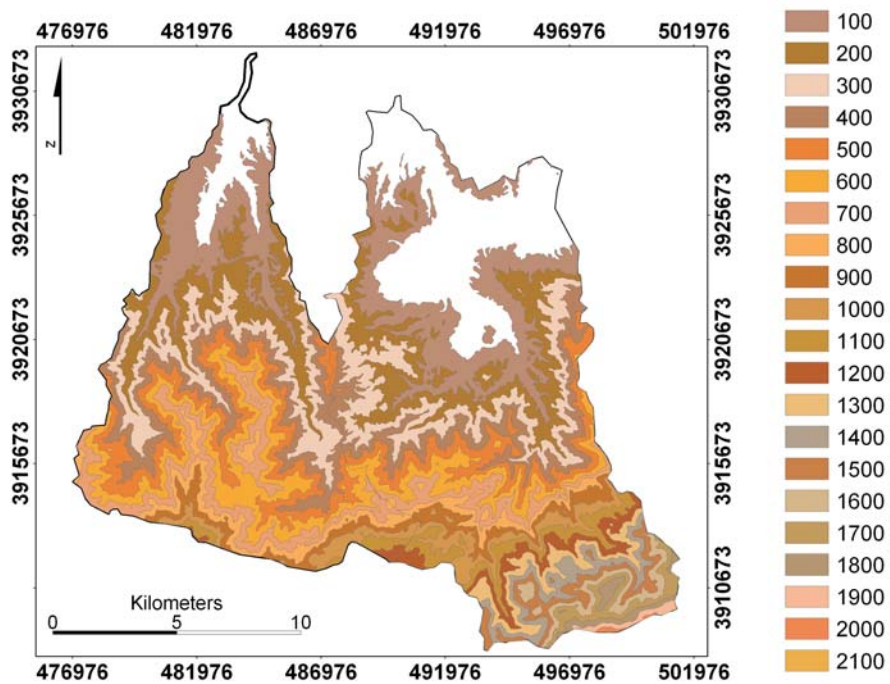
Υψόμετρο (m)	ΡΟΥΜΑΤΙΑΝΟΣ						
	X			Y			
	ΚΜ ²	ΚΜ ²		Μ	Μ	Μ	
100	27,7	27,78	0,99712	100	300	1160	-0,17241
200	27,4	27,78	0,986321	200	300	1160	-0,08621
300	25,1	27,78	0,903528	300	300	1160	0
400	21,1	27,78	0,759539	400	300	1160	0,086207
500	16,4	27,78	0,590353	500	300	1160	0,172414
600	11,1	27,78	0,399568	600	300	1160	0,258621
700	6,9	27,78	0,24838	700	300	1160	0,344828
800	3,1	27,78	0,111591	800	300	1160	0,431034
900	1,4	27,78	0,050396	900	300	1160	0,517241
1000	0,4	27,78	0,014399	1000	300	1160	0,603448
1100	0,05	27,78	0,0018	1100	300	1160	0,689655

Πίνακας 19: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του
Σεμπρενιώτη

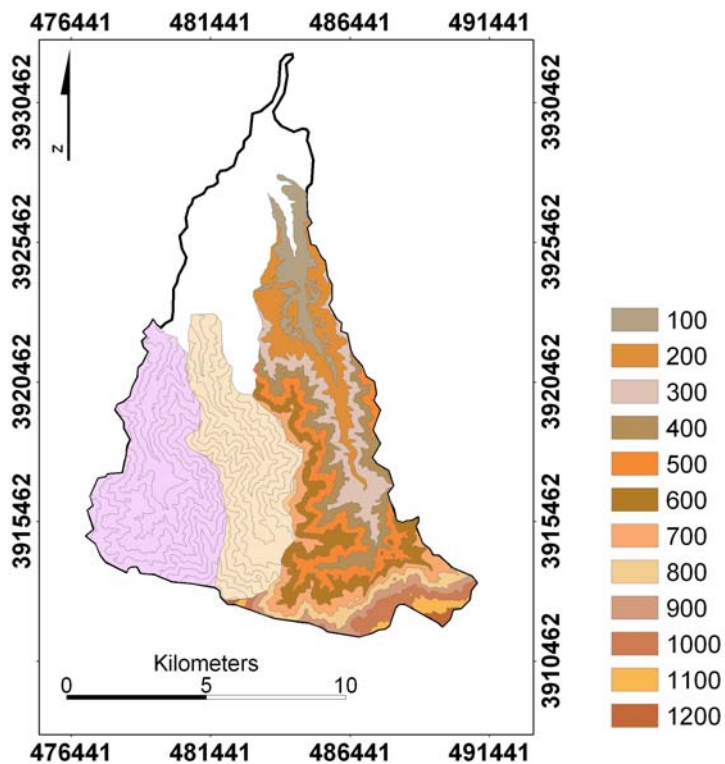
Υψόμετρο (m)	ΣΕΜΠΡΕΝΙΩΤΗΣ						
	X			Y			
	ΚΜ ²	ΚΜ ²		Μ	Μ	Μ	
100	22,4	22,44	0,998217	100	160	1220	-0,04918
200	21,2	22,44	0,944742	200	160	1220	0,032787
300	20,3	22,44	0,904635	300	160	1220	0,114754
400	18,1	22,44	0,806595	400	160	1220	0,196721
500	15,6	22,44	0,695187	500	160	1220	0,278689
600	12,1	22,44	0,539216	600	160	1220	0,360656
700	7,3	22,44	0,325312	700	160	1220	0,442623
800	3,6	22,44	0,160428	800	160	1220	0,52459
900	1,7	22,44	0,075758	900	160	1220	0,606557
1000	0,9	22,44	0,040107	1000	160	1220	0,688525
1100	0,5	22,44	0,022282	1100	160	1220	0,770492
1200	0,05	22,44	0,002228	1200	160	1220	0,852459

Πίνακας 20: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του
Ντεριανού

Υψόμετρο (m)	ΝΤΕΡΙΑΝΟΣ						
	X			Y			
	ΚΜ ²	ΚΜ ²		Μ	Μ	Μ	
100	55,4	56,64	0,978107	100	60	1280	0,03125
200	49,9	56,64	0,881003	200	60	1280	0,109375
300	41,8	56,64	0,737994	300	60	1280	0,1875
400	34,9	56,64	0,616172	400	60	1280	0,265625
500	27,9	56,64	0,492585	500	60	1280	0,34375
600	20,5	56,64	0,361935	600	60	1280	0,421875
700	13,4	56,64	0,236582	700	60	1280	0,5
800	8,6	56,64	0,151836	800	60	1280	0,578125
900	5,7	56,64	0,100636	900	60	1280	0,65625
1000	3,6	56,64	0,063559	1000	60	1280	0,734375
1100	1,4	56,64	0,024718	1100	60	1280	0,8125
1200	0,4	56,64	0,007062	1200	60	1280	0,890625



Εικόνα 32: Υψομετρικές καμπύλες για τις υδρολογικές λεκάνες των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη



Εικόνα 33: Υψομετρικές καμπύλες για τις υδρολογικές υπολεκάνες του ποταμού Ταυρωνίτη

Στάδιο της νεότητας:

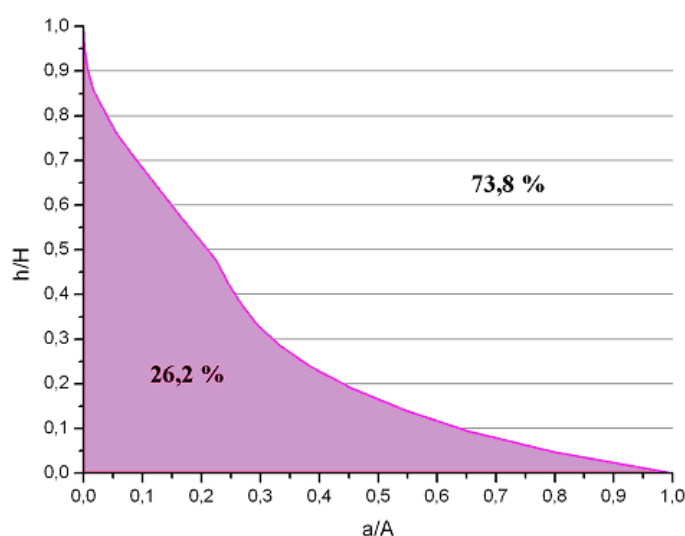
Ξεκινά με την δημιουργία ενός ποταμού σε μια χερσαία περιοχή, η οποία μπορεί να είναι παλιά ή νέα. Σε αυτό το στάδιο η δράση του ποταμού είναι κατά κύριο λόγο κατακόρυφη, με αποτέλεσμα την εκβάθυνση του, αλλά και την δημιουργία κοιλάδων. Απότομες πλαγιές, χαράδρες, φαράγγια, λίμνες και καταρράκτες είναι οι κύριες μορφές που συναντώνται σε ένα νέο ποταμό. Σε αυτό το στάδιο ευνοείται η δημιουργία υδροηλεκτρικών σταθμών με κατασκευή φραγμάτων, όμως χρονικά η περιβάλλουσα περιοχή είναι ακατάλληλη για δημιουργία έργων και εποικισμό.

Στάδιο της ωριμότητας:

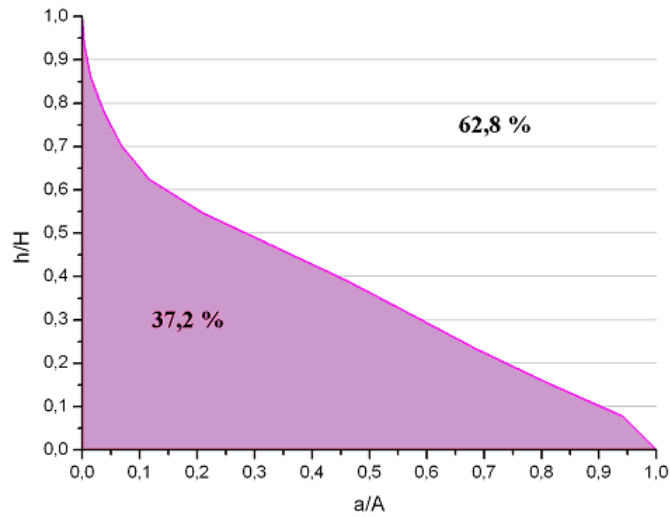
Στο στάδιο αυτό ο ποταμός προσπαθεί να αποκτήσει το προφίλ ισορροπίας, κατά το οποίο η μεταφορική ικανότητα του ποταμού ικανοποιείται από την προμηθευόμενη ποσότητα υλικών. Επίσης το προφίλ της όχθης του ποταμού από τις πηγές μέχρι τις εκβολές τείνει να προσλάβει την μορφή ισορροπίας. Κατά το στάδιο αυτό η διαπλάτυνση διαδέχεται την εκβάθυνση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία αναβαθμίδων, την απόθεση υλικών και την δημιουργία αλλουβιακών πεδίων. Τέλος παρατηρείται τάση σταθεροποίησης της ροής του υδάτινου όγκου.

Στάδιο του γήρατος:

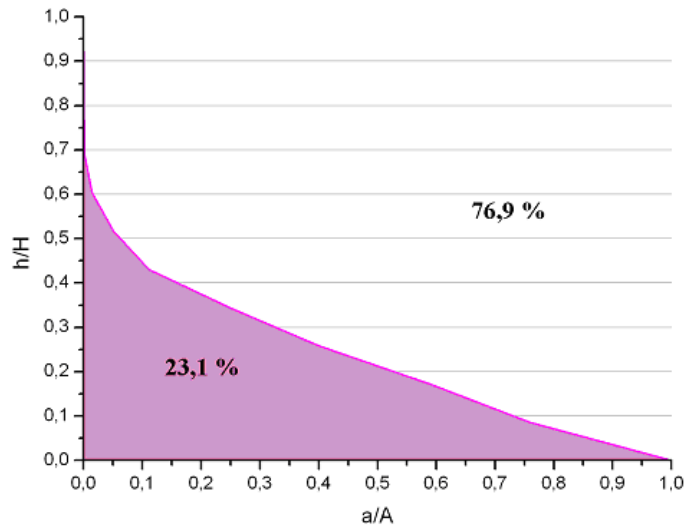
Κατά το στάδιο του γήρατος, το κύριο χαρακτηριστικό είναι η ελεύθερη κίνηση των μαιάνδρων και η δημιουργία ενός εκτεταμένου αλλουβιακού πεδίου, συνήθως 5πλάσιου πλάτους από το πλάτος της μαιανδρικής ζώνης. Η κλίση του ποταμού είναι ανεπαίσθητη και τείνει να προσεγγίσει την επιφάνεια της θάλασσας. Η διαπλάτυνση των αλλουβιακών πεδίων προσφέρει μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις.



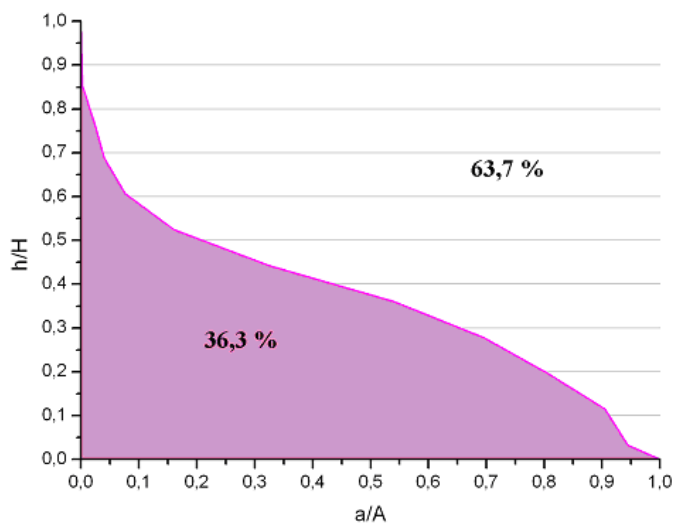
Εικόνα 34: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Κερίτη



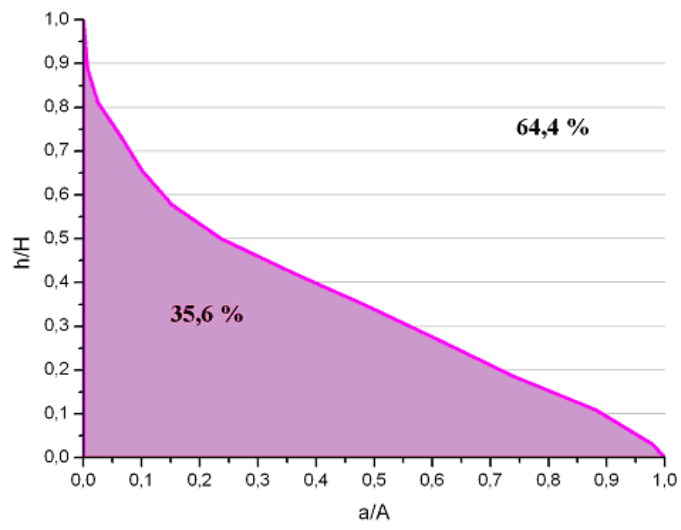
Εικόνα 35: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Ταυρωνίτη



Εικόνα 36: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Ρουματιανού



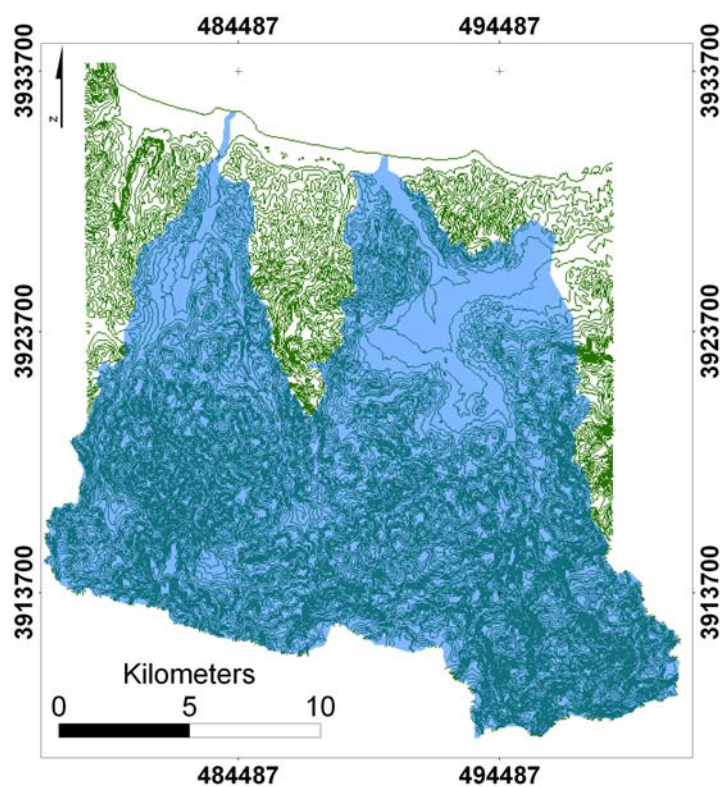
Εικόνα 37: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Σεμπρενιώτη



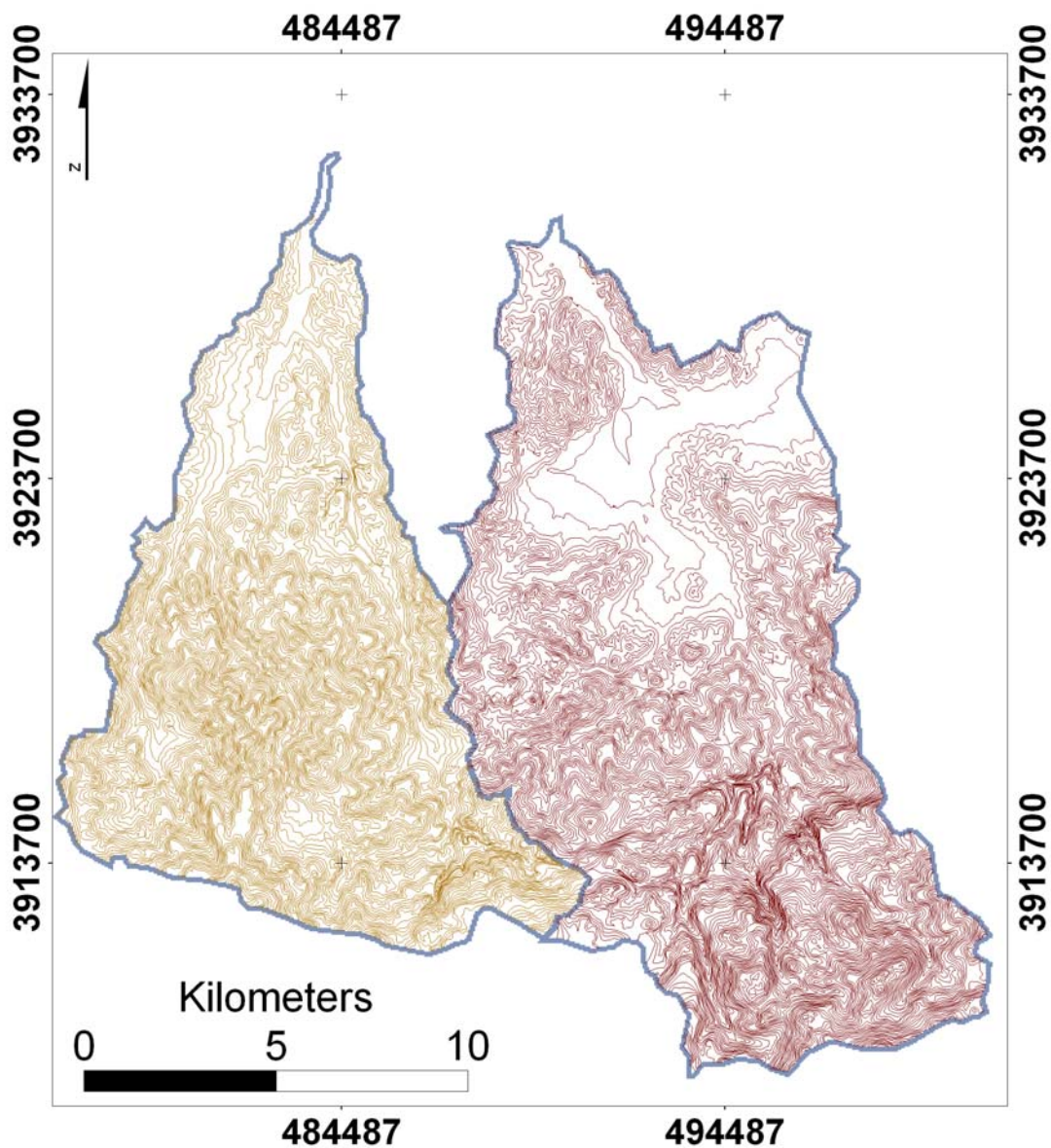
Εικόνα 38: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Ντεριανού

5.5. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Στο επίπεδο πληροφορίας που αφορά στις αρχικές ισοϋψείς καμπύλες της περιοχής μελέτης (Εικ. 39) παρατίθενται τα όρια των υπό μελέτη λεκανών. Για να απομονώσουμε το απαραίτητο κομμάτι πληροφορίας από τις ισοϋψείς καμπύλες ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία.

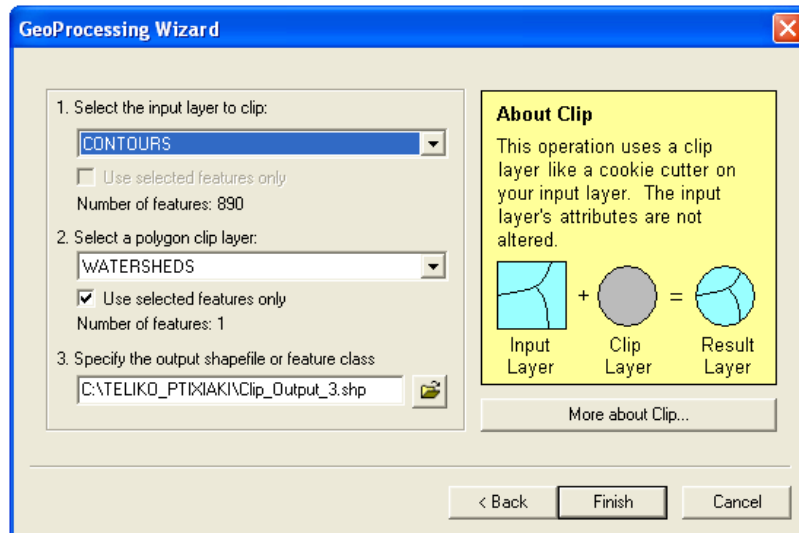


Εικόνα 39:Υπέρθωση των πολυγώνων των λεκανών απορροής στις αρχικές ψηφιοποιημένες ισοϋψείς καμπύλες



Εικόνα 40: Χάρτης ψηφιοποιημένων ισούψών καμπύλων στα όρια της περιοχής μελέτης.

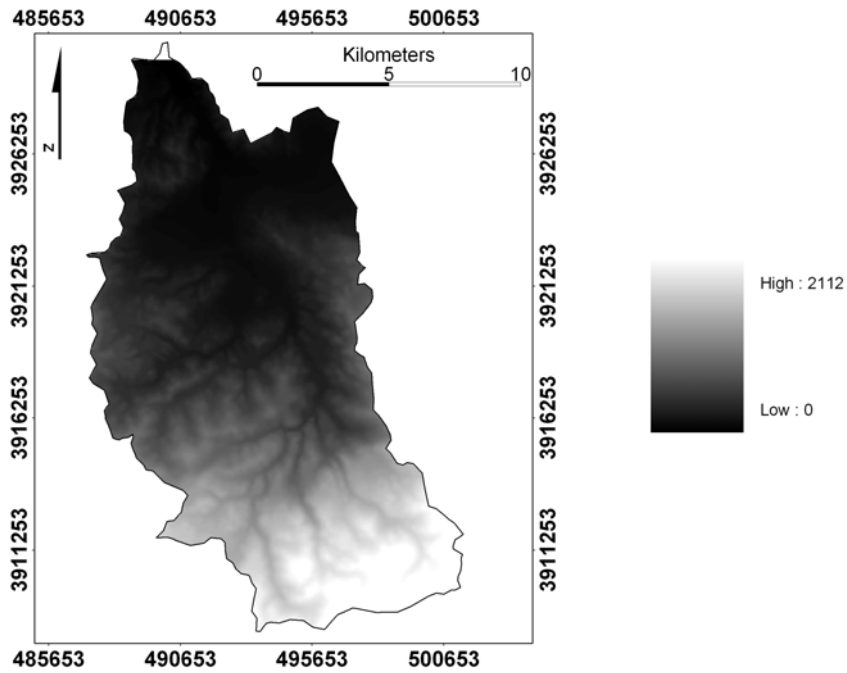
Προκειμένου να λάβουμε το επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο Geoprocessing wizard και την εντολή Clip one layer based on another (Εικ. 41).



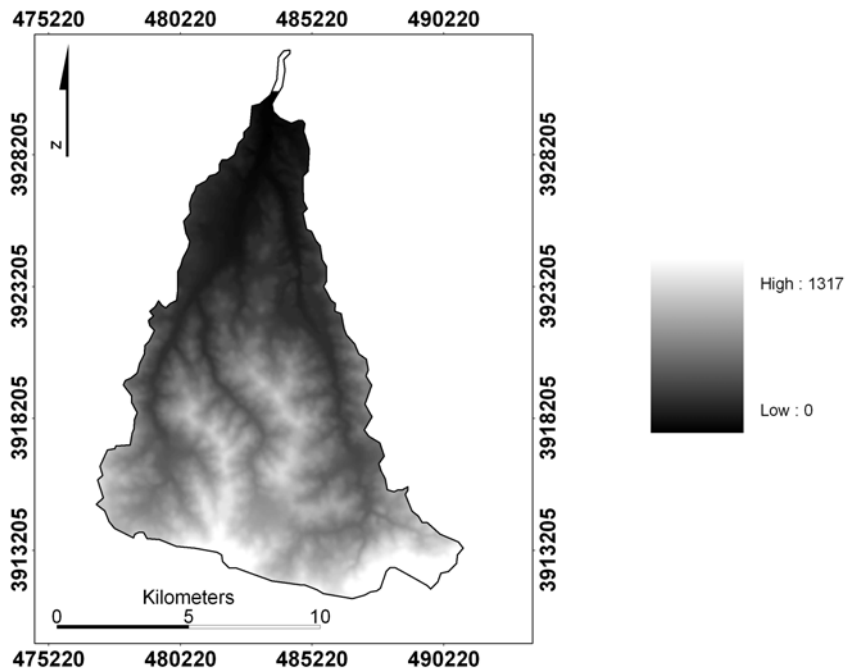
Εικόνα 41: Δημιουργία νέου layer μέσω του Geoprocessing Wizard

Με αυτή την διαδικασία δημιουργείται ένα νέο επίπεδο πληροφορίας που αφορά στις ισοϋψείς καμπύλες, μόνο όμως αυτές που περικλείονται στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη. Επαναλάβαμε τη διαδικασία για τη λεκάνη του Ταυρωνίτη και τα δύο νέα επίπεδα φαίνονται στον θεματικό χάρτη παραπάνω, οριοθετημένα από τους υδροκρίτες των δύο ποταμών (Εικ. 40).

Εκτός από τους χάρτες που έχουν παρουσιαστεί μέχρι τώρα δημιουργήθηκαν και αυτοί, οι οποίοι παρατίθενται εδώ (χάρτης Ψ.Μ.Ε., χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου, χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων).



Εικόνα 42: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη

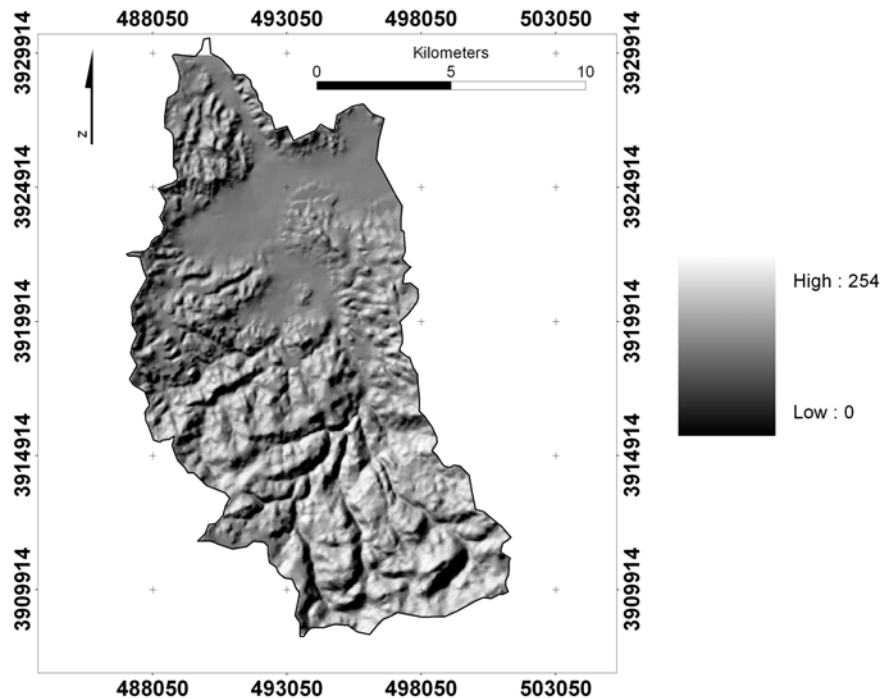


Εικόνα 42: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη

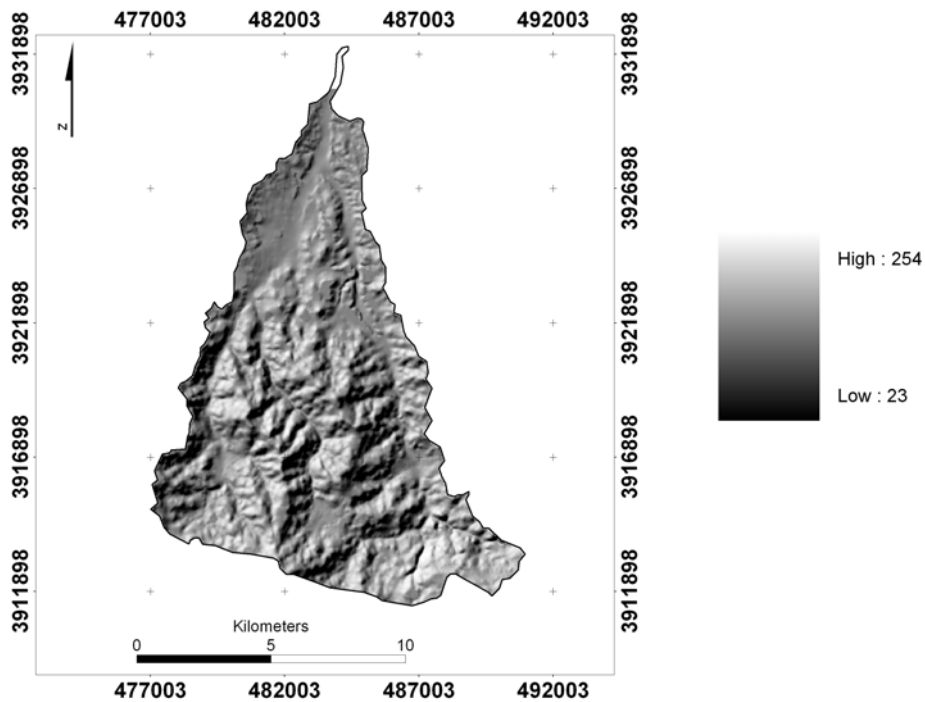
Οι τιμές υψομέτρου του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους της λεκάνης απορροής του Κερίτη (Εικ. 41) κυμαίνονται από 0 έως 2112 μέτρα, ενώ οι τιμές υψομέτρου του

Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους της λεκάνης απορροής του Ταυρωνίτη (Εικ. 42) κυμαίνονται από 0 έως 1317 μέτρα.

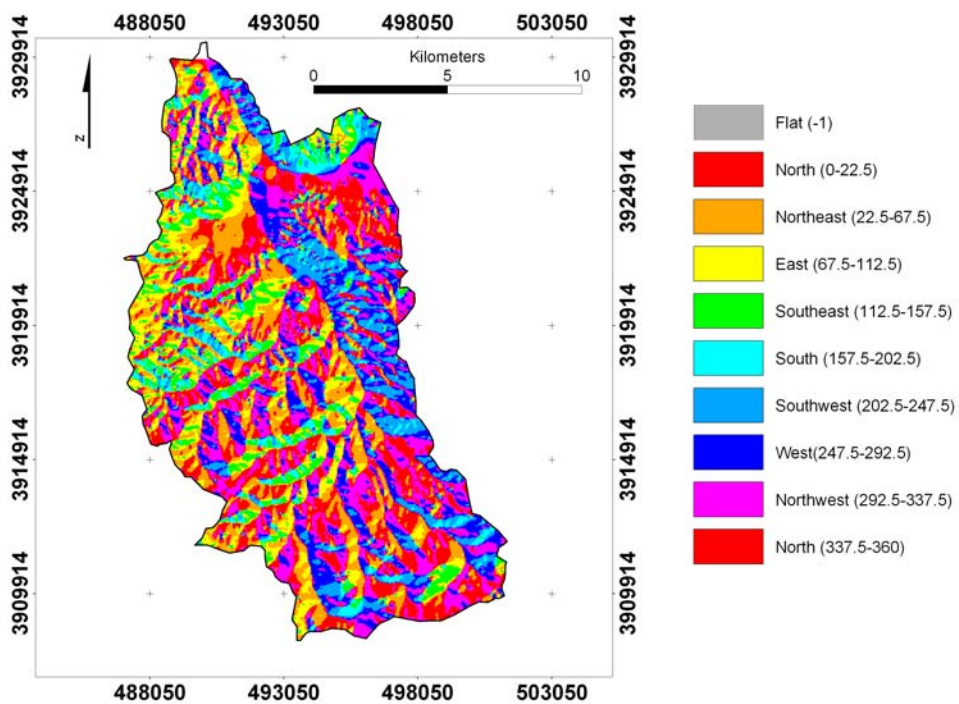
Από τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους δημιουργήθηκαν επίσης οι ακόλουθοι χάρτες. Με προσομοίωση ηλιακού φωτισμού στα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους των υδρολογικών λεκανών των ποταμών εξήχθησαν οι χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου (Εικ. 43, 44) . Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι χάρτες προσανατολισμού των κλιτύων (Εικ. 45, 46) και οι χάρτες κλίσης .



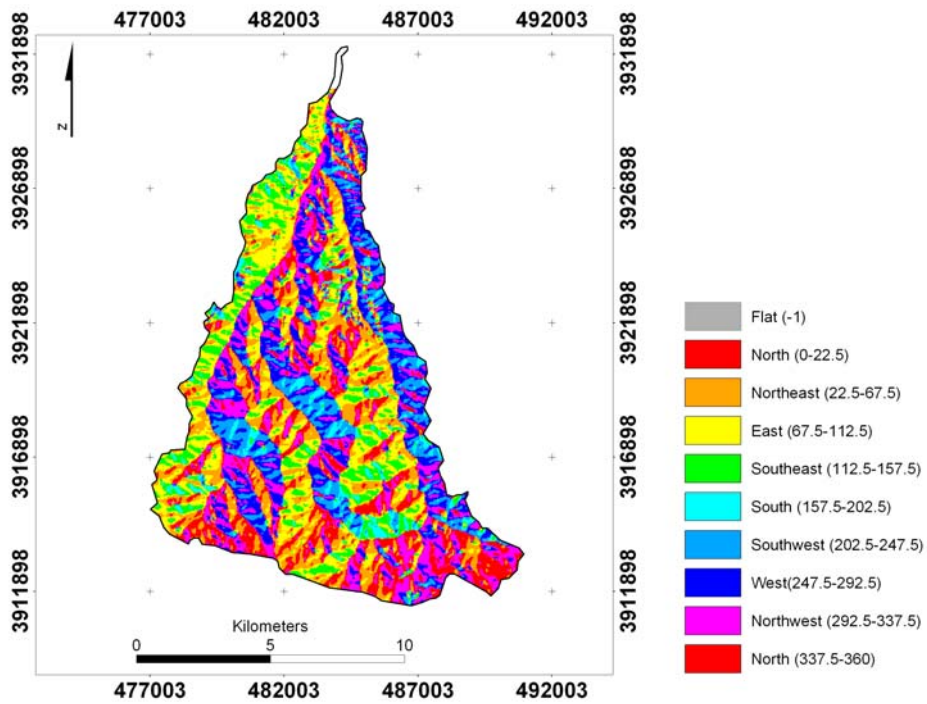
Εικόνα 43: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη.



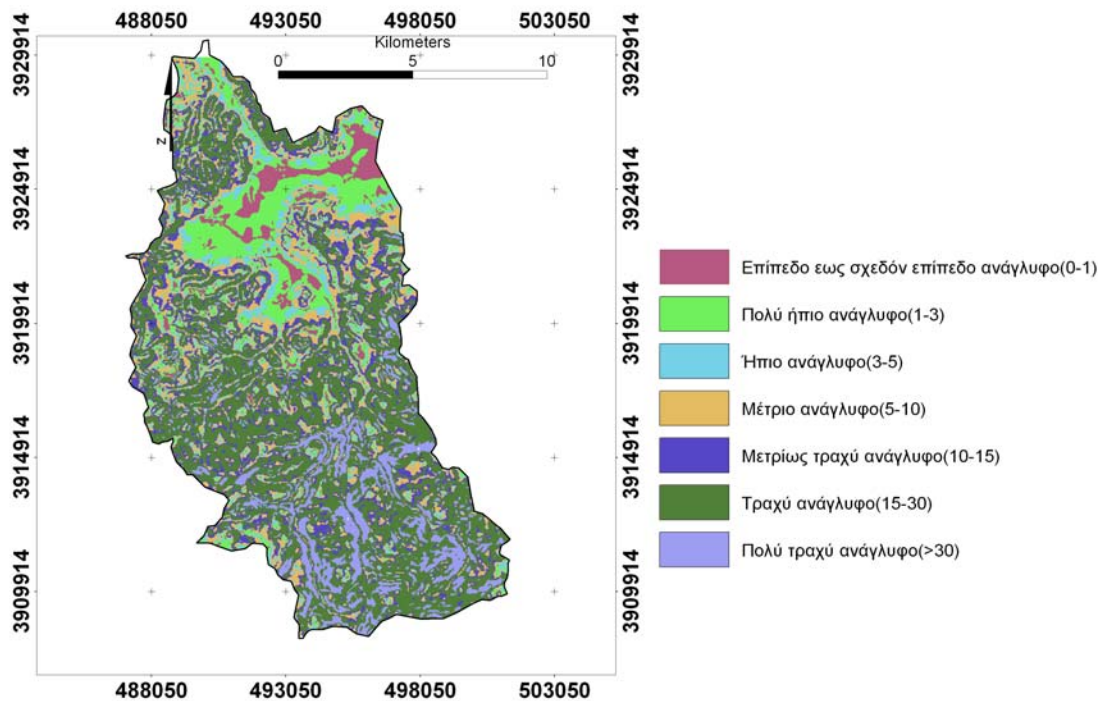
Εικόνα 44: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη.



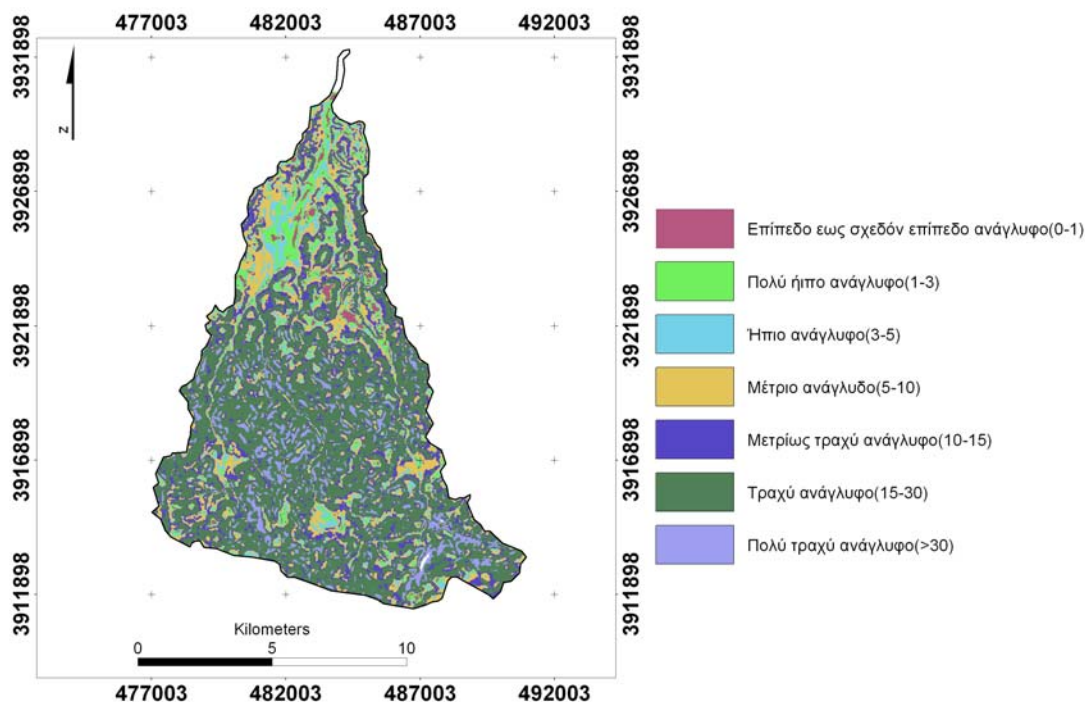
Εικόνα 45: Χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη.



Εικόνα 46: Χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη.



Εικόνα 47: Χάρτης κλίσεων της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη.



Εικόνα 48: Χάρτης κλίσεων της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη.

Στους παράγωγους χάρτες κλίσεων, η ψηφιακή τιμή της κάθε ψηφίδας (pixel), προσδιορίζεται από τη μέγιστη κλίση της αντίστοιχης ψηφίδας του ψηφιακού μοντέλου εδάφους σε σχέση με τις γειτονικές. Για τους ποταμούς Κερίτη και Ταυρωνίτη χρησιμοποιήθηκε μέγεθος ψηφίδας 20 μέτρων (Εικ. 47, 48)

Έπειτα δημιουργήθηκαν οι χάρτες διεύθυνσης ροής και συσσώρευσης ροής των υδρολογικών λεκανών.

- Δημιουργία Χάρτη Διεύθυνσης Ροής (Flow Direction Map)(Εικ. 49, 50):

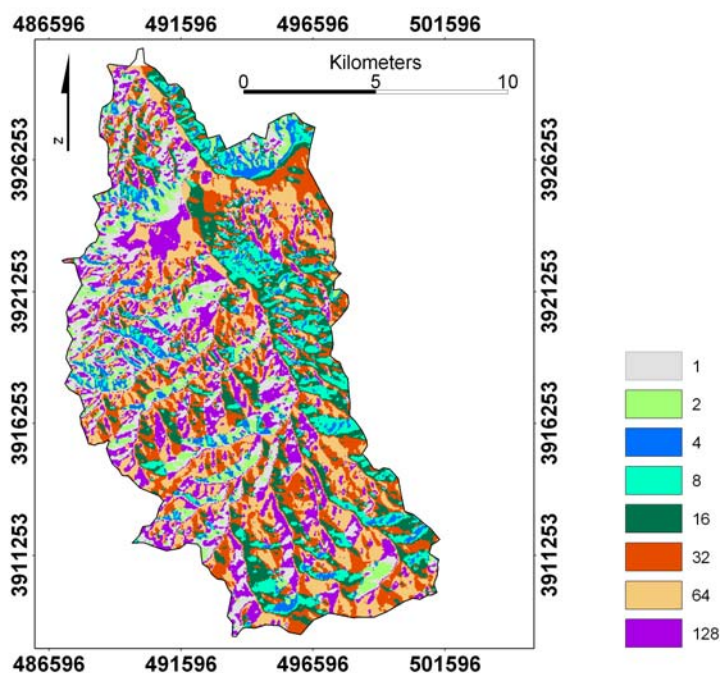
Η διεύθυνση της ροής καθορίζεται από την εύρεση της πιο απότομης κλίσης κάθε ψηφίδας. Αυτό υπολογίζεται: $\text{change in } z \text{ value} / \text{distance} * 100$

Η απόσταση καθορίζεται μεταξύ των κέντρων των κυττάρων. Επομένως, εάν το μέγεθος των κυττάρων είναι 1, η απόσταση μεταξύ δύο ορθογώνιων κυττάρων είναι 1, και η απόσταση μεταξύ δύο διαγώνιων κυττάρων είναι 1.414. Εάν η κλίση σε όλες τις παρακείμενες ψηφίδες είναι η ίδια, τότε ο υπολογισμός περιλαμβάνει περισσότερες έως ότου βρίσκεται μια με πιο απότομη κλίση. Στην περίπτωση που όλες οι γειτονικές ψηφίδες έχουν υψηλότερες τιμές από αυτή στην οποία παρακωλύεται η διαδικασία, τότε το σύστημα αναγνωρίζει αυτή την κατάσταση ως παράσιτα και δίνει στην εν λόγω ψηφίδα την μικρότερη τιμή από αυτές που γειτνιάζουν μαζί της. Έτσι δημιουργείται κλίση προς αυτή την

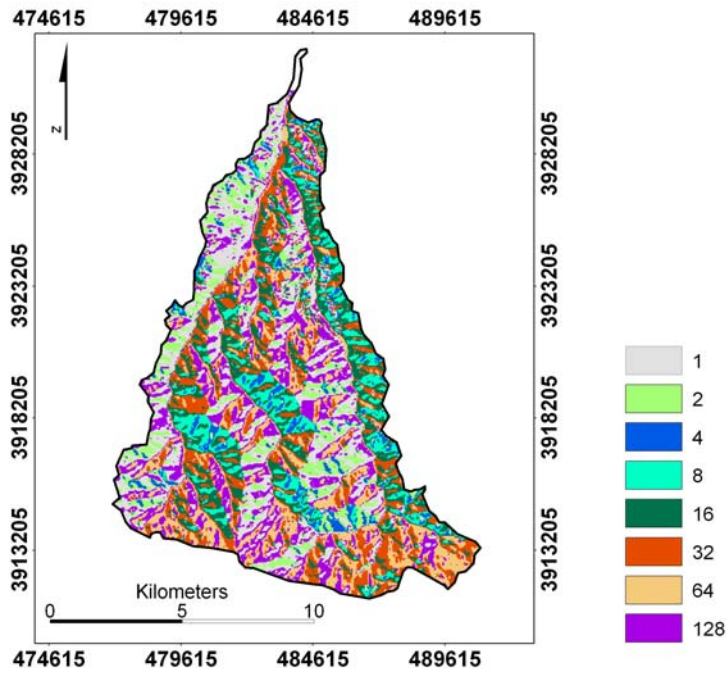
ψηφίδα(εικονοστοιχείο).Εάν δύο ψηφίδες βρεθεί να έχουν διεύθυνση ροής η μια προς την άλλη, τότε αναγνωρίζονται ως λεκάνη και έχουν αδιευκρίνιστη διεύθυνση ροής (Jenson , Domingue, 1988).

- Δημιουργία Χάρτη Συσσώρευσης Ροής (Flow Accumulation Map)(Εικ. 51, 52):

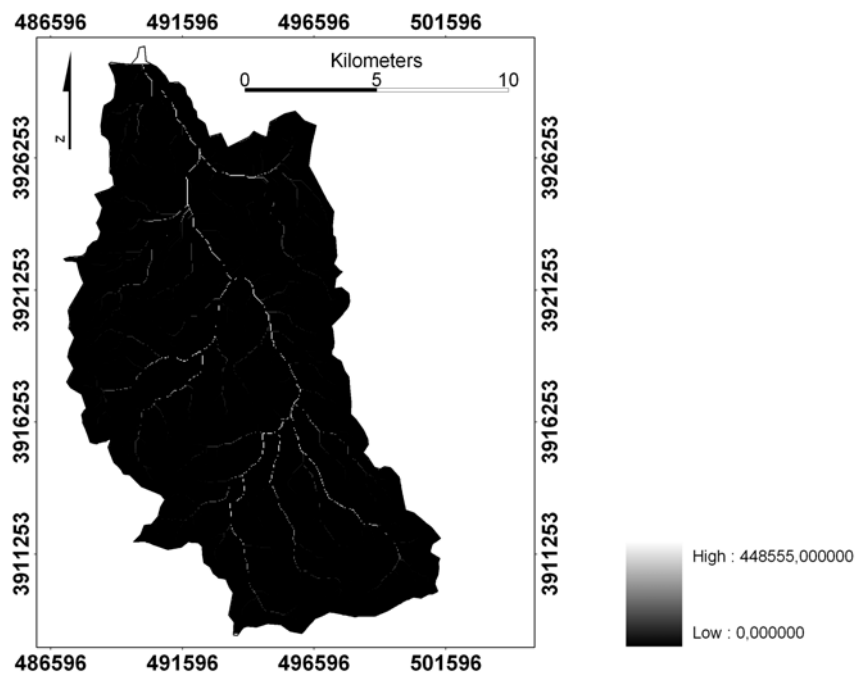
Ο παράγωγος χάρτης απεικονίζει το ποσό βροχοπτώσης που ρέει σε κάθε ψηφίδα με την προϋπόθεση ότι όλος ο υδάτινος όγκος ρέει επιφανειακά, δίχως απώλειες λόγω κατεΐσδυσης και εξατμισοδιαπνοής .



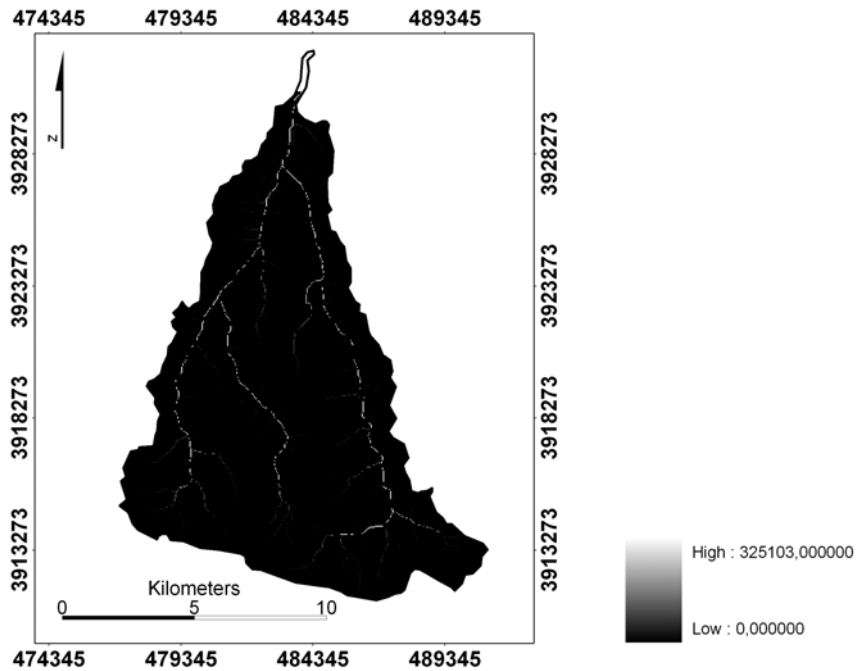
Εικόνα 49: Χάρτης διεύθυνσης ροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη



Εικόνα 50: Χάρτης διεύθυνσης ροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη



Εικόνα 51: Χάρτης συσσώρευσης ροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη



Εικόνα 52: Χάρτης συσσώρευσης ροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη

Εκτός από τους παραπάνω θεματικούς χάρτες υλοποιήθηκαν και διάφορες βοηθητικές συνθέσεις για την επεξήγηση των αποτελεσμάτων της εργασίας.

5.6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι γεωμορφικές παράμετροι (Πιν. 21) όπως η υδρογραφική πυκνότητα, η υδρογραφική συχνότητα, τα υψομετρικά ολοκληρώματα και οι υψομετρικές καμπύλες ιδιαίτερα σε επίπεδο υπολεκανών αποκαλύπτουν τη σχέση μεταξύ διαφόρων χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου και την επιρροή τους στις διαδικασίες των γεωλογικών σχηματισμών, υδρογραφικού δικτύου και εμφάνισης διάβρωσης.

Πίνακας 21: Αποτελέσματα υπολογισμού γεωμορφικών παραμέτρων για τις κύριες υδρολογικές λεκάνες των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη, αλλά και για τις υπολεκάνες του Σεμπρενιώτη, Ρουματιανού και Ντεριανού

ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Κερίτη	Ταυρωνίτη	Ρουματιανού	Σεμπρενιώτη	Ντεριανού
Basin Length, Lb	24,87	23,7	9,95	11,55	20,99
Streams Total Number, N	1783	2312	511	483	1042
Area, A (km²)	180,62	130,87	27,78	22,44	56,64
Stream Frequency, Fu	9,87	17,67	18,394	21,52	18,396
Drainage Density, Dd	2,65	3,91	3,93	4,13	4,05
Texture Ratio, T	12,36	18,51	9,76	9,4	10,63
Form Factor, Rf	0,29	0,23	0,28	0,17	0,12
Elongation Ratio, Re	0,61	0,54	0,6	0,46	0,4
Constant of channel maintenance, C	0,38	0,26	0,25	0,24	0,25

Η υδρογραφική πυκνότητα (Dd) εμφανίζεται σημαντικά υψηλότερη στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ταυρωνίτη υποδηλώνοντας την ύπαρξη στεγανών πετρωμάτων και υψηλού ανάγλυφου (Ritter, 1986, Awasthi et al., 2002, Reddy et al., 2004). Οι υψηλές τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας αντιστοιχούν σε ήπιο ανάγλυφο, ενώ οι χαμηλές τιμές σε μεγάλες κλίσεις (Berger and Entekhabi, 2001, Awasthi et al., 2002). Η τιμή της υδρογραφικής συχνότητας (Fu) είναι επίσης υψηλή για την λεκάνη απορροής του Ταυρωνίτη (17.67) και τις υπολεκάνες του (18.39-21.52). Αντιθέτως, η λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη παρουσιάζει χαμηλή τιμή υδρογραφικής συχνότητας (9.87), γεγονός που υποδηλώνει σχετικά διαπερατούς γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής και χαμηλό ανάγλυφο. Η υπέρθεση των χαρτών πυκνότητας (Εικ. 53) και συχνότητας (Εικ. 54) στον λιθολογικό-τεκτονικό χάρτη, στο περιβάλλον του GIS, δείχνει ότι οι περιοχές όπου συναντούμε υψηλή υδρογραφική πυκνότητα και υψηλή υδρογραφική συχνότητα αντιστοιχούν κατά κύριο λόγο σε μη διαπερατά πετρώματα. Τυπικά, περιοχές με διαπερατά πετρώματα παρουσιάζουν χαμηλές τιμές υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας. Οι υψηλές τιμές υδρογραφικής συχνότητας συνδέονται χωρικά με τις τεκτονικές δομές των

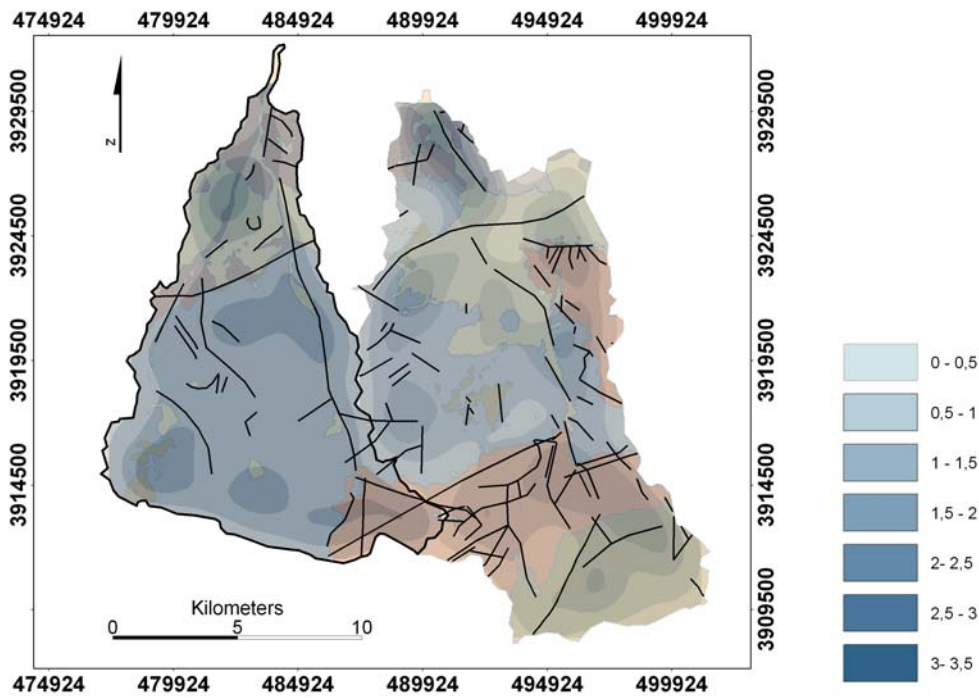
λεκανών απορροής του Κερίτη και του Ταυρωνίτη(Εικ. 54). Οι υψηλές τιμές υδρογραφικής συχνότητας εμφανίζονται παράλληλα ή σχεδόν παράλληλα στις κύριες τεκτονικές γραμμώσεις, τόσο στην λεκάνη του Ταυρωνίτη όσο και σε αυτήν του Κερίτη. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι η ανάπτυξη των υδρογραφικών δικτύων ελέγχθηκε από το τοπικό τεκτονικό καθεστώς. Υψηλή υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα παρουσιάζεται επίσης σε περιοχές πετρωμάτων μέσης διαπερατότητας. Αυτά τα πετρώματα είναι κατά κανόνα Νεογενή ιζήματα στα οποία παρατηρούνται μεγάλα ρήγματα (Εικ. 6).

Οι περιοχές της υψηλότερης υδρογραφικής πυκνότητας είναι συσχετισμένες με πολύ μικρές κλίσεις (1-3%). Οι χαμηλότερες τιμές αφορούν σε πετρώματα υψηλής διαπερατότητας. Ακόμη και σε περιοχές με μικρή εμφάνιση τέτοιων πετρωμάτων η ελάττωση της υδρογραφικής πυκνότητας είναι σημαντική (κεντρικό κομμάτι του Κερίτη).

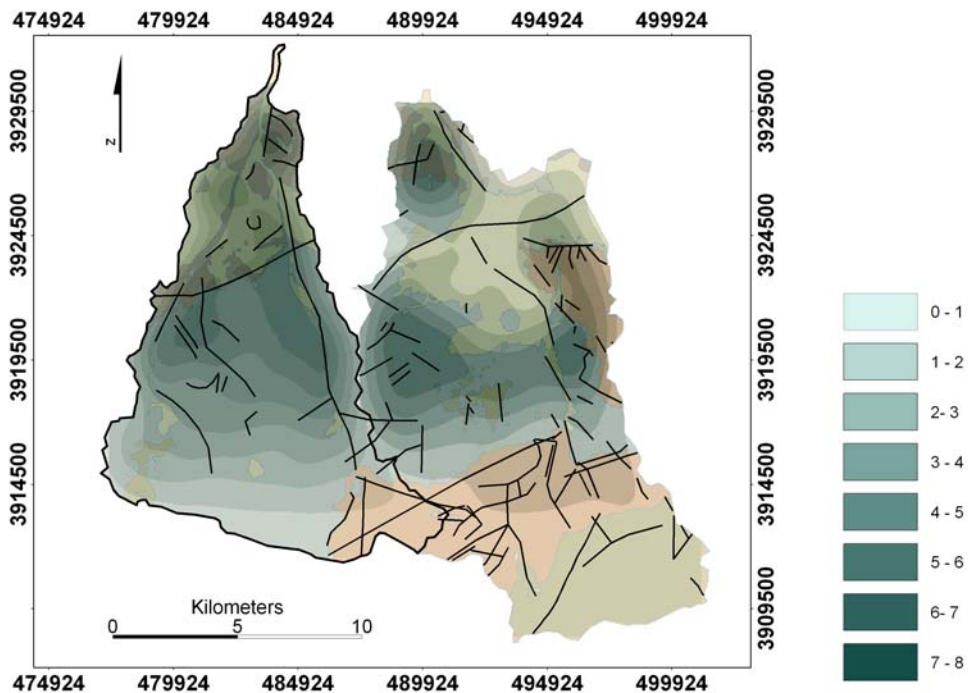
Οι λεκάνες απορροής με χαμηλό λόγο διακλάδωσης (R_b), υψηλή υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα παρουσιάζουν την υψηλότερη πιθανότητα επιφανειακής απορροής και την μικρότερη πιθανότητα ύπαρξης υπόγειων υδροφόρων (Reddy et al., 2004).

Ο λόγος των κλάδων 1^{ns} τάξεως προς την περίμετρο της λεκάνης απορροής (T) βρέθηκε να είναι κατά πολύ υψηλότερος στον Ταυρωνίτη (18.51) από ότι στον Κερίτη (12.36), συνηγορώντας στο γεγονός ότι ο Ταυρωνίτης βρίσκεται σε στάδιο υψηλής διαβρώσεως (Reddy et al., 2004).

Το γεγονός ότι η παράμετρος του λόγου του εμβαδού της λεκάνης απορροής προς το τετράγωνο του μήκους της λεκάνης (R_f) είναι χαμηλότερη στον Ταυρωνίτη από ότι στον Κερίτη υποδηλώνει ότι ο Ταυρωνίτης εμφανίζει μικρότερη περιφερειακή ροή για μικρό διάστημα και μεγαλύτερη κύρια ροή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ανάμεσα στις τρεις υπολεκάνες του Ταυρωνίτη, αυτή του Ντεριανού δείχνει τη μικρότερη τιμή R_f , ενώ του Ντεριανού τη μεγαλύτερη (0.28).



Εικόνα 53: Υπέρθεση του χάρτη πυκνότητας στην γεωλογία της περιοχής.



Εικόνα 54: Υπέρθεση του χάρτη συχνότητας στην γεωλογία της περιοχής.

Ο υπολογισμένος λόγος επιμήκυνσης (R_e) του Κερίτη (0.61) όσο και του Ρουματιανού (0.6) υποδηλώνουν υψηλά ποσά κατείδυσης και μικρή επιφανειακή απορροή σε σύγκριση με τις άλλες λεκάνες. Αντιθέτως η υπολεκάνη του Ντεριανού παρουσιάζει το μικρότερο λόγο επιμηκύνσεως, και συνεπώς την μικρότερη

κατεΐσδυση, αλλά και την μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή. Αυτή η παρατήρηση πιθανώς υποδεικνύει ότι ο Ντεριανός είναι περισσότερο ευπαθής στην διάβρωση και την ιζηματογένεση από τις άλλες λεκάνες.

Τέλος η σταθερά διατηρήσεως κοίτης ρέματος (C) για την λεκάνη απορροής του Ταυρωνίτη δείχνει ότι αυτή εξελίσσεται υπό το καθεστώς υψηλής τεκτονικής επίδρασης, απότομων έως πολύ απότομων κλίσεων και υψηλής επιφανειακής απορροής, ενώ καλύπτεται από πετρώματα χαμηλής διαπερατότητας (Shumm, 1956). Οι παραπάνω ισχυρισμοί ενισχύονται από το γεγονός ότι το 47% της συνολικής έκτασης της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη παρουσιάζει τραχύ ανάγλυφο (15-30%), το 32% μέτριο έως μετρίως τραχύ ανάγλυφο (5-15) και μόνο το 1,5% επίπεδο έως σχεδόν επίπεδο ανάγλυφο (0-1). Αντίστοιχα το 38,5% της λεκάνης απορροής του ποταμού Κερίτη εμφανίζει τραχύ ανάγλυφο, 30% μέτριο έως μετρίως τραχύ ανάγλυφο και το 5% επίπεδο έως σχεδόν επίπεδο ανάγλυφο (Εικ. 47).

Η μεγάλη διαφοροποίηση των λεκανών η οποία εμφανίζεται κατά την σύγκριση των υψομετρικών ολοκληρωμάτων μπορεί πιθανώς να εξηγηθεί από το ότι η λεκάνη του Κερίτη αναπτύσσεται σε συγκριτικά πιο πεδινή περιοχή με ηπιότερο ανάγλυφο και συνεπώς χρειάζεται λιγότερος χρόνος για να προχωρήσει η διάβρωση και η υψομετρική καμπύλη να φτάσει στο όριο ισοροπίας.

Συνοψίζοντας, οι δύο κύριες υδρολογικές λεκάνες του Νομού Χανίων φαίνεται να έχουν ισχυρά επηρεαστεί από γεωμορφολογικούς και λιθολογικούς παράγοντες και κατά κύριο λόγο από τα υπάρχοντα ρήγματα, το ανάγλυφο και την διαπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών βοήθησαν ουσιαστικά στον συσχετισμό και την αξιολόγηση αυτών των παραγόντων, αποκαλύπτοντας την μεταξύ τους χωρική σχέση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Awasthi, K. D., Sitaula, B. K., Singh, R. B. R., Bajacharaya M., 2002. Land-use change in two Nepalese watersheds: GIS and geomorphometric analysis. *Land Degrad. Develop.* 13, pp. 495–513.

Berger, K.P., and Entekhabi, D. 2001. Basin hydrologic response in relation to distributed physiographic descriptors and climate. *Journal of Hydrology* 247, pp. 169-182.

Breunig Martin, On the way to component-based 3d/4d Geoinformation Systems, springer lecture notes in Earth Sciences

Greenlee D. D. 1987. Raster and Vector Processing for Scanned Linework, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 53, No. 10, October 1987, pp. 1383–1387.

Jenson S. K. and J. O. Domingue. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 54, No. 11, November 1988, pp. 1593–1600.

Johnston, C. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών στην Οικολογία, επιμέλεια: Ιωάννης Ν.Βογιατζάκης-Αλέξανδρος Μαλούνης εκδόσεις Ιων

Reddy, G. P.O., Maji, A.K., Gajbhiye, K.S, 2004. Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India – a remote sensing and GIS approach *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6, pp. 1–16.

Ritter DF. 1986. *Process Geomorphology*. Brown: Dubuque, IA.

Schumm, S.A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in bad lands at Perth Amboy, New Jersey. *Bull. Geol. Soc. Am.* 67, pp. 597-646.

Strahler, A.N., 1952. Dynamic basis of geomorphology. *Bull. Geol. Soc. Am.* 63, pp. 923–938.

Strahler, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Union* 38, pp. 913–920.

Strahler, A.N., 1964. Quantitative geomorphology of basins and channel networks. In: Chow, V.T. (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology*. Mcgraw Hill Book Company, New York.

William J. Douglas, *Environmental Gis Applications to Industrial Facilities*, Lewis Pub.

Αναγνωστοπούλου Ιωάννα, Διπλωματική Εργασία για το μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στις περιβαλλοντικές επιστήμες, Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για τον προσδιορισμό της επίπτωσης της ενεργού τεκτονικής στο

υδρογραφικό δίκτυο, Ζέμενο Κορινθίας, Κορινθιακός κόλπος, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2000

Ασάρα Θεόδωρου , Βουβαλίδη Κωνσταντίνου , Οικονομίδη Δημητρίου, Ψηφιακές Διδακτικές Σημειώσεις στη Ψηφιακή χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.), Α.Π.Θ.

Ασάρας Θεόδωρος Α., Ποσοτική Γεωμορφολογική Μελέτη τμήματος των Δ. πλευρών του όρους Βέρτισκον (κ.Μακεδονία), Διδακτορική διατριβή 1980, Θεσσαλονίκη.

Βρουχάκης Ι, Βουβαλίδης Κ, Σφέικος Α, Μαργώνης, Η ανάπτυξη του Πορταϊκού ποταμού της Θεσσαλίας, 10^ο διεθνές συνέδριο Γεωλογικής Εταιρίας, Θεσσαλονίκη Απρίλιος 2004

Ζαφειριάδου Ευστρατία, Καζάκης Μιχαήλ, Ανασύνθεση του πακέτου “WEB G.I.S. – Αθηνών” του εργαστηρίου relab με χρήση oracle 8.0, ΤΕΙ Πειραιά. τμήμα Η/Υ Συστημάτων, 2001

Κούλη Μαρία, Αλεξάκης Δημήτρης, Σημειώσεις Εργαστηρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χανιά 2005.

Ν. Μαμάσης , Α. Κουκουβίνος, Εισαγωγή στην χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας, Αθήνα 2006

Σωτηριάδου Α.Δ., Ψιλοβίκου Α.Α., Ασκήσεις Γεωμορφολογίας, εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, 1984

ΠΗΓΕΣ ΑΠ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<http://www.msjc.edu/gis/whatisgis.htm>

<http://www.hellasgi.gr/>

<http://www.sciencedirect.com>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/gis>

<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10ab.html>

<http://www.answers.com>

<http://www.geoapikonisis.gr/gis-greek.htm>

<http://www.geoapikonisis.gr/projections-greek.htm>

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1: Η αρχή της υπέρθεσης των Πληροφοριακών Επιπέδων στα ΓΣΠ. Σελ.12
- Εικόνα 2: Είδη επεξεργασίας σε διανυσματικά μοντέλα Σελ.18
- Εικόνα 3: Είδη επεξεργασίας σε μοντέλα κανάβου Σελ.21
- Εικόνα 4: Απεικόνιση των δύο κύριων εξεταζόμενων υδρολεκανών, καθώς επίσης και των τριών υπολεκανών στον χάρτη κυριότερων υδρολογικών ενοτήτων κλίμακας 1:50.000 του Υπουργείου Γεωργίας Σελ.27
- Εικόνα 5: Χάρτης γεωλογικών ενοτήτων των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη, καθώς επίσης και των υπολεκανών των ποταμών Ρουματιανού, Σεμπρενιώτη και Ντεριανού. Σελ.33
- Εικόνα 6: Χάρτης γεωλογικών ενοτήτων και ρηγμάτων των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη Σελ.34
- Εικόνα 7: Χάρτης ρηγμάτων και υδρογραφικού δικτύου των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη. Σελ.34
- Εικόνα 8: Το περιβάλλον εργασίας του ArcCatalog.Σελ.37
- Εικόνα 9: Δημιουργία νέου σημειακού επιπέδου πληροφορίας (layer). Σελ.38
- Εικόνα 10: Απεικονίζεται το περιβάλλον εργασίας του ArcMap. Σελ.38
- Εικόνα 11: Ο βοηθός Geoprocessing wizard του ArcMap. 39
- Εικόνα 12: Το περιβάλλον εργασίας του ArcToolbox. Σελ.41
- Εικόνα 13: Ψηφιακά μοντέλα εδάφους για τις λεκάνες απορροής των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη.50
- Εικόνα 14 : Παράδειγμα αρίθμησης υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler. Σελ. 53
- Εικόνα 15:Αρίθμηση κατά Strahler του υδρογραφικού δικτύου της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη. Σελ. 54
- Εικόνα 16: Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου Κερίτη κατά Strahler. Σελ.55
- Εικόνα 17: Ταξινόμηση του υδρογραφικού δικτύου για τις τρεις υπολεκάνες του ποταμού Ταυρωνίτη κατά Strahler (από δυτικά προς ανατολικά: λεκάνη Ρουματιανού, Σεμπρενιώτη και Ντεριανού). Σελ.56
- Εικόνα 18: Εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Κερίτη Σελ.58
- Εικόνα 19: Εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ταυρωνίτη. Σελ.58
- Εικόνα 20: Εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ρουματιανού. Σελ. 58
- Εικόνα 21: Εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Σεμπρενιώτη. Σελ. 59
- Εικόνα 22: Εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ντεριανού. Σελ.59

Εικόνα 23: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Κερίτη. Σελ.60

Εικόνα 24: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ταυρωνίτη. Σελ.61

Εικόνα 25: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ρουματιανού. Σελ. 61

Εικόνα 26: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Σεμπρενιώτη. Σελ. 61

Εικόνα 27: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Ντεριανού. Σελ.62

Εικόνα 28: Χάρτης συχνότητας της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη Σελ.65

Εικόνα 29: Χάρτης συχνότητας της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη Σελ. 65

Εικόνα 30: Χάρτης πυκνότητας της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη Σελ.67

Εικόνα 31: Χάρτης πυκνότητας της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη Σελ.67

Εικόνα 32: Υψομετρικές καμπύλες για τις υδρολογικές λεκάνες των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη Σελ.74

Εικόνα 33: Υψομετρικές καμπύλες για τις υδρολογικές υπολεκάνες του ποταμού Ταυρωνίτη Σελ.74

Εικόνα 34: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Κερίτη Σελ.75

Εικόνα 35: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Ταυρωνίτη Σελ. 76

Εικόνα 36: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Ρουματιανού Σελ. 76

Εικόνα 37: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Σεμπρενιώτη Σελ. 76

Εικόνα 38: Υψομετρικό ολοκλήρωμα για την λεκάνη του ποταμού Ντεριανού Σελ 77

Εικόνα 39:Υπέρθωση των πολυγώνων των λεκανών απορροής στις αρχικές ψηφιοποιημένες ισοϋψείς καμπύλες Σελ. 78

Εικόνα 40: Χάρτης ψηφιοποιημένων ισοϋψών καμπύλων στα όρια της περιοχής μελέτης. Σελ.79

Εικόνα 41: Δημιουργία νέου layer μέσω του Geoprocessing Wizard Σελ. 80

Εικόνα 42: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη Σελ. 81

Εικόνα 42: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη Σελ. 82

Εικόνα 43: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη. Σελ.82

Εικόνα 44: Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη. Σελ. 83

Εικόνα 45: Χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη. Σελ.83

Εικόνα 46: Χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη. Σελ.84

Εικόνα 47: Χάρτης κλίσεων της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη. Σελ.84

Εικόνα 48: Χάρτης κλίσεων της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη. Σελ.85

Εικόνα 49: Χάρτης διεύθυνσης ροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη Σελ.86

Εικόνα 50: Χάρτης διεύθυνσης ροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη Σελ.87

Εικόνα 51: Χάρτης συσσώρευσης ροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη Σελ. 87

Εικόνα 52: Χάρτης συσσώρευσης ροής της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη Σελ.88

Εικόνα 53: Υπέρθωση του χάρτη πυκνότητας στην γεωλογία της περιοχής. Σελ. 91

Εικόνα 54: Υπέρθωση του χάρτη συχνότητας στην γεωλογία της περιοχής. Σελ.91

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 :Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διανυσματικών μοντέλων(vector) Σελ. 17

Πίνακας 2 :Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μοντέλων κανάβου(raster)σελ.20

Πίνακας 3 :Χαρακτηριστικά ελληνικού προβολικού συστήματος αναφοράς ΕΓΣΑ'8Σελ.46

Πίνακας 4: Αποτελέσματα υπολογισμού για το Rb των λεκανών και των υπολεκανών. Σελ.59

Πίνακας 5: Αποτελέσματα υπολογισμού για το RL των λεκανών και των υπολεκανών. Σελ.62

Πίνακας 6: Μήκος λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης Σελ. 63

Πίνακας 7: Συνολικός αριθμός των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης Σελ. 63

Πίνακας 8: Συνολικός αριθμός κάθε κλάδου του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης Σελ.64

Πίνακας 9: Εμβαδόν των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης Σελ.64

Πίνακας 10: Υδρογραφική συχνότητα του συνολικού αριθμού των κλάδων των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης Σελ. 65

Πίνακας 11: Υδρογραφική πυκνότητα των λεκανών απορροής των ποταμών της περιοχής μελέτης Σελ.66

Πίνακας 12: Λόγος των κλάδων 1ης τάξεως προς την περίμετρο της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης Σελ.68

Πίνακας 13: Λόγος του εμβαδού της λεκάνης απορροής προς το τετράγωνο του μήκους της λεκάνης της περιοχής μελέτης Σελ. 68

Πίνακας 14: Λόγος επιμηκύνσεως των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης 69

Πίνακας 15: Σταθερά διατηρήσεως κοίτης ρέματος των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης Σελ.69

Πίνακας 16: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του Κερίτη Σελ.71

Πίνακας 17: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του Ταυρωνίτη Σελ.72

Πίνακας 18: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του Ρουματιανό Σελ.72

Πίνακας 19: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του Σεμπρενιώτη Σελ.73

Πίνακας 20: Παράμετροι υπολογισμού υψομετρικών καμπυλών για την λεκάνη απορροής του Ντεριανού Σελ.73

Πίνακας 21: Αποτελέσματα υπολογισμού γεωμορφικών παραμέτρων για τις κύριες υδρολογικές λεκάνες των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη, αλλά και για τις υπολεκάνες του Σεμπρενιώτη, Ρουματιανού και Ντεριανού Σελ.89

