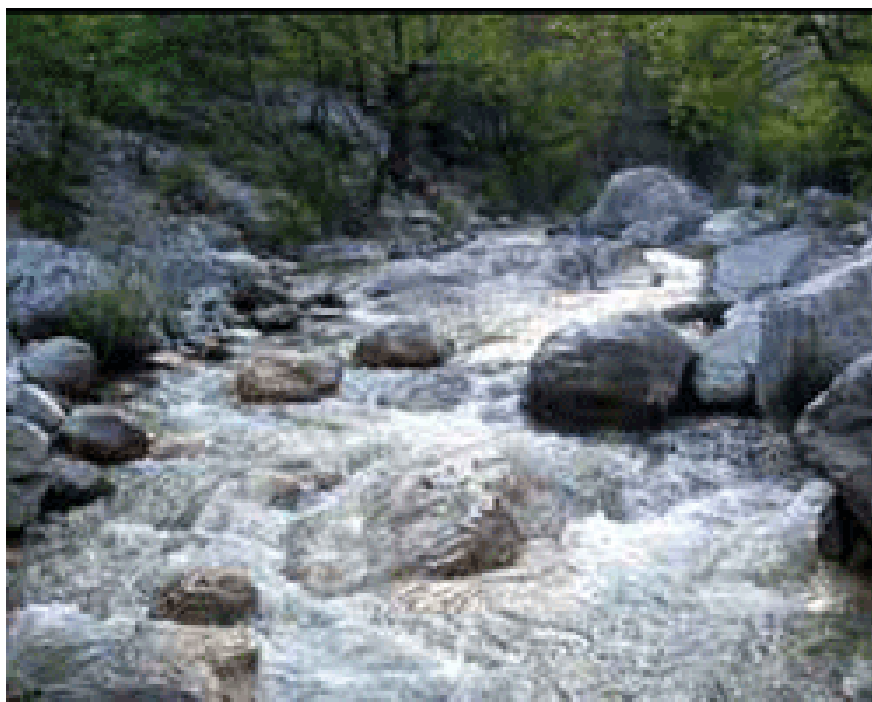


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΚΟΥΔΟΥΝΑ Μ. ΠΑΝΤΕΛΙΤΣΑ Α.Ε.Μ.3806

**ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΕΑ-ΟΛΥΜΠΟΥ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΩΝ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΣΤΑΡΑΣ, Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

• Ευχαριστίες.....	σελ.2
• Περίληψη.....	σελ.3
• Εισαγωγή.....	σελ.4
• Φυσική Γεωγραφία της περιοχής μελέτης.....	σελ.5
• Γεωγραφικά και Γεωλογικά στοιχεία του Ολύμπου.....	σελ.6-7
• Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης και περιχώρων όπως αυτά φαίνονται στα φύλλα "Κονταριώτισσα" και "Λιτόχωρο" της ΓΥΣ.....	σελ.8
• Γεωμορφολογία του Ολύμπου.....	σελ.9-10
• Γεωλογία-Τεκτονική του Ολύμπου.....	σελ.11-12
• Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.....	σελ.12-13
• Επεξεργασία των δεδομένων της περιοχής μελέτης.....	σελ.14-16
• Αρίθμηση Υδρογραφικού Δικτύου του Ποταμού Ενιπέα κατά Strahler.....	σελ.17-18
• Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους-Digital elevation models (D.E.M).....	σελ.19-23
• Πίνακας Προσανατολισμού (Αζιμουθίων των Ρεμάτων 1 ^{ης} Τάξης; Του Υδρογραφικού Δικτύου του Ποταμού Ενιπέα.....	σελ.24
• Ροδοδιάγραμμα προσανατολισμών (Αζιμουθίων) των ρεμάτων 1 ^{ης} τάξης του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ενιπέα.....	σελ.25
• Δοκιμασία χ^2 ως δοκιμασία ανεξαρτησίας-Στατιστικά προσανατολισμού των ρεμάτων.....	σελ.26-28
• Συζήτηση-Συμπεράσματα.....	σελ.29-30
• Βιβλιογραφία.....	σελ.31



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Θεόδωρο Αστάρα, καθηγητή του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, που μου ανέθεσε το θέμα και με ενδιαφέρον παρακολούθησε την εργασία μου σε όλα τα στάδια δίνοντας μου συμβουλές και υποδείξεις.

Ευχαριστώ επίσης τον κ. Δημήτρη Οικονομίδη ο οποίος μου δίδαξε το χρήσιμο πρόγραμμα ArcGIS και ήταν πρόθυμος να μου λύσει οποιαδήποτε απορία και να με βοηθήσει σε κάθε δυσκολία.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω των κ. Αλέξανδρο Καλαθά, ο οποίος με βοήθησε, ως εκπρόσωπος της εταιρίας MARATHON DATA SYSTEMS, να χρησιμοποιήσω το λογισμικό ArcGIS ούτως ώστε να μπορέσω να φέρω εις πέρας την παρούσα εργασία.

Η μελέτη της γεωμετρίας των λεκανών είναι αναγκαία , γιατί οι μορφομετρικές παράμετροι που τις εκφράζουν και που συνδέονται στενά με τις γεωμορφολογικές διεργασίες που απαντούν σ' αυτές, μας βοηθούν να βγάλουμε συμπεράσματα για την εξέλιξη του αναγλύφου της

Στη παρούσα μελέτη εξετάζεται γεωμορφολογικά η λεκάνη απορροής του ποταμού Ενιπέα-Ολύμπου με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π).

Η λειτουργία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για την κάλυψη πληροφοριακών αναγκών. Ο αντικειμενικός σκοπός της συλλογής και αποθήκευσης των δεδομένων σε μια βάση είναι η συσχέτιση γεγονότων και καταστάσεων τα οποία ήταν χωριστά.

Σκοπός της εργασίας είναι η ποσοτική γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής του ποταμού Ενιπέα-Ολύμπου με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Πιο συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή επιδιώκεται η ποσοτική ανάλυση με την επιλογή συγκεκριμένων μορφομετρικών παραμέτρων, που εκφράζουν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των υδρογραφικών δικτύων και λεκανών, τη σύνθεση του αναγλύφου που προέρχεται από τη δράση του ρέοντος ύδατος. Επίσης στοχεύετε η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Όλυμπος αποτελεί το σχετικά νεότερο ορεινό όγκο της Ελλάδας, αφού η ηλικία των κυρίως πετρωμάτων του υπολογίζεται στα 200.000.000 χρόνια.

Είναι ένας σχετικά μικρός σε έκταση, συμπαγής αδιάσπαστος και σχεδόν κυκλικού σχήματος ορεινός όγκος. Από τα ρέματα του Ολύμπου μόνο ένα είναι σχεδόν διαρκούς ροής, ο Ενιπέας ποταμός.

Στην παρούσα εργασία γίνεται αναφορά μόνο στην κοιλάδα του Ενιπέα ποταμού, το τοπικό ανάγλυφο της οποίας είναι 2912 μ. Ο ποταμός Ενιπέας εκβάλλει στην παράκτια περιοχή μεταξύ Λιτόχωρου και Κονταριώτισας.

Σημαντικότατο ρόλο στην μορφολογία του Ολύμπου έχει διαδραματίσει η τεκτονική. Από γεωτεκτονική άποψη η περιοχή του Ολύμπου τοποθετείται αποκλειστικά στις εσωτερικές Ελληνίδες (Μουντράκης 1985) και πιο συγκεκριμένα στην Πελαγονική ζώνη. Εξαίρεση αποτελεί το ανατολικότερο τμήμα της περιοχής μελέτης το οποίο ανήκει στη ζώνη Αλμωπίας.

Το υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται κατά κύριο λόγο πάνω στα ανθρακικά πετρώματα του Ολύμπου και μόνο στα περιθώρια του ορεινού όγκου διέρχεται από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Πελαγονικής.

Στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια να δοθεί η ποσοτική γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής του ποταμού Ενιπέα–Ολύμπου με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και δημιουργήθηκαν οι χάρτες:

- Χάρτης ισοϋψών καμπυλών (Σχ.4)
- Υδρογραφικό Δίκτυο. Διάκριση μόνιμης – περιοδικής ροής (Σχ.5)
- Υδρογραφικό Δίκτυο αρίθμηση κλάδων κατά Strahler (Σχ.6)
- Χάρτης ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM) ποταμού Ενιπέως (Σχ.7)
- Χάρτης κλίσεων κλιτύων ποταμού Ενιπέως (Σχ.8)
- Χάρτης προσανατολισμού Κλιτύων ποταμού Ενιπέως (Σχ.9)
- Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου ποταμού Ενιπέως (Σχ.10)

Τέλος δημιουργήθηκε πίνακας των προσανατολισμών (αζιμουθίων) των ρεμάτων 1^{ης} τάξης του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ενιπέα καθώς και το αντίστοιχο ροδοδιάγραμμα.

Επίσης Χρησιμοποιώντας αυτούς τους προσανατολισμούς των ρεμάτων 1^{ης} τάξης πραγματοποιήθηκε δοκιμασία χ^2 ως δοκιμασία ανεξαρτησίας.

ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο Όλυμπος, το ψηλότερο όρος της Ελλάδος και το δεύτερο σε ύψος της Βαλκανικής χερσονήσου, είναι ένας σχετικά μικρός σε έκταση, συμπαγής αδιάσπαστος και σχεδόν κυκλικού σχήματος ορεινός όγκος, αρκετά βραχώδης, με οξείες κορυφές, εκτεταμένες ράχες - κορυφογραμμές και μεγάλες απότομες πλαγιές που κατακερματίζονται από βαθιές χαράδρες.

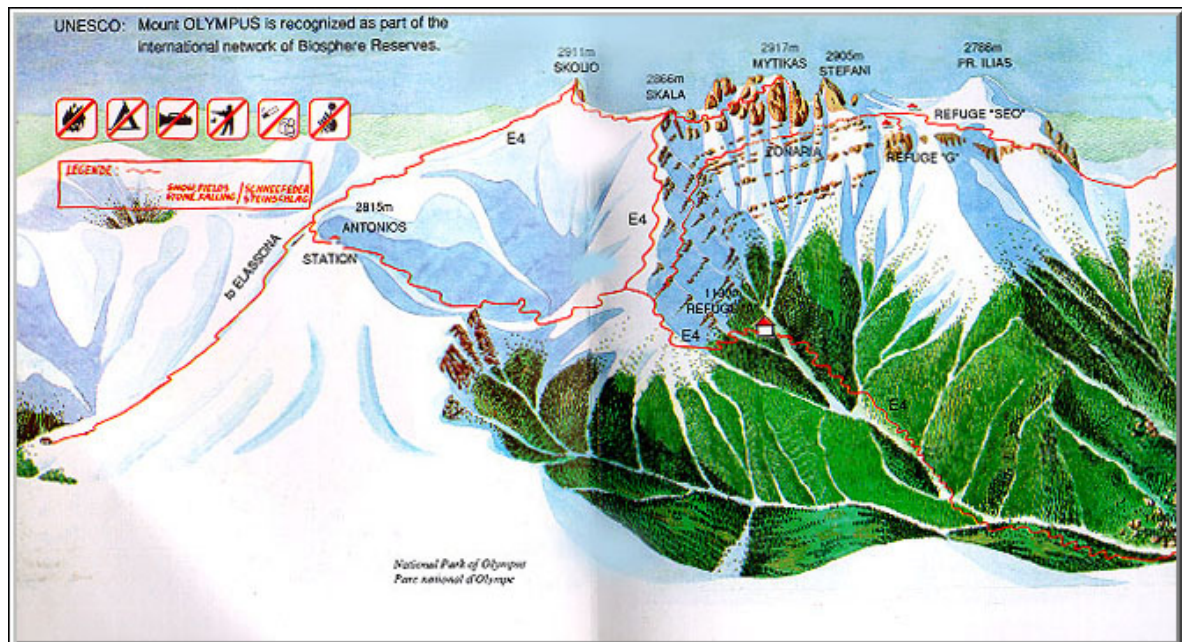
Δύο μεγάλες ρεματιές - χαράδρες, του Μαυρόλογγου - Αγίου Διονυσίου (Ενιπέας ποταμός) μήκους 13 χιλ. και του Μαυρατζά - Σπαρμού μήκους 10 χιλ. που ενώνονται σχεδόν στο οροπέδιο Μπάρα, σε ύψος 2350 μ., χωρίζουν όλη την ψηλή περιοχή του Ολύμπου σε δύο μεγάλα ελλειψοειδή τμήματα, το Β - ΒΔ όπου και η ψηλότερη κορυφή Μύτικας υψόμετρο 2917 και το Ν - ΝΑ με ψηλότερη κορυφή τον Καλόγερο υψόμετρο. 2701 (Σουλακέλλης 1994).

Από τα ρέματα του Ολύμπου μόνο ένα είναι σχεδόν διαρκούς ροής, ο Ενιπέας ποταμός. Τα υπόλοιπα σχηματίζουν περιοδικούς χείμαρρους, μετά από βροχές και από το λιώσιμο του χιονιού, κατά το τέλος του χειμώνα και την άνοιξη.



Σχήμα 1 Φωτογραφία από δορυφόρο του ορεινού όγκου του Ολύμπου
(<http://el.wikipedia.org>)

Από τους σχετικά νεώτερους ορεινούς όγκους μας, αφού η ηλικία των κυρίως πετρωμάτων του υπολογίζεται ότι δεν ξεπερνά τα 200.000.000 χρόνια, ο Όλυμπος είναι ένας σχετικά μικρός σε έκταση και σχεδόν στρογγυλός ορεινός όγκος. Πριν 200.000.000 χρόνια περίπου το μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας -και της Μεσογείου- βρισκόταν στον πυθμένα μιας ρηχής θάλασσας, άπου αποτέθηκαν τα κύρια υλικά, από τα οποία αργότερα σχηματίστηκαν τα σημερινά πετρώματα. Τα διάφορα γεωλογικά γεγονότα που ακολούθησαν, προκάλεσαν την ανάδυση όλης της περιοχής και τον βυθό της Θάλασσας (<http://7gym-kater.pie.sch.gr>).



Σχήμα 2 (<http://7gym-kater.pre.sch.gr>)

Πριν από 1.000.000 χρόνια οι παγετώνες κάλυψαν τον Όλυμπο και δημιούργησαν τα πλατώματα και τα κοιλάματα του βουνού. Με την άνοδο της θερμοκρασίας που ακολούθησε οι πάγοι έλιωσαν, και οι χείμαρροι που δημιουργήθηκαν παρέσυραν μεγάλες ποσότητες θρυμματισμένων πετρωμάτων στα χαμηλότερα σημεία σχηματίζοντας τα αλλουβιακά ριπίδια που απλώνονται σ' ολόκληρη την περιοχή από τους πρόποδες του βουνού μέχρι την θάλασσα.

Η επίδραση της βροχής και του ανέμου σε συνδυασμό με τις συχνά βίαιες δυνάμεις της φύσης σμίλευαν τη σημερινή μορφή του Ολύμπου που υψώνεται σαν γιγάντιος πύργος στην Βόρεια Θεσσαλία.

Η πολύπλοκη γεωλογική ιστορία της περιοχής καταφαίνεται και από την γεωμορφολογία του Εθνικού Δρυμού και όλου του Ολύμπου: 52 κορυφές υψώνονται από τα 760 μ. (Παλαιάκαστρο) μέχρι τα 2.917 του Μύτικα, μεγάλες ρεματιές και βαθιές χαράδρες (Μαυράλογγος, Μακρύρρεμα, Ξεροβάκκι κ.ά.) βαθιές αμφιθεατρικές κοιλότητες (Μικρά και Μεγάλα Καζάνια, Μικρή και Μεγάλη Γούρνα, Ντρίστελα), σπήλαια και βάραθρα που πολλά ακόμα μένουν ανεξερεύνητα.

Η φύση και η διάταξη των πετρωμάτων σε συνδυασμό με το κλίμα ευνοούν την εμφάνιση πολλών πηγών, κυρίως κάτω από τα 2.000 μ., μικρών εποχιακών λιμνών και χειμάρρων, και ενός μικρού ποταμού, του Ενιπέα, που οι πηγές του βρίσκονται στη θέση Πριόνια και οι εκβολές του στο Αιγαίο.

Σύμφωνα με το Σουλακέλλη (1994) το κεντρικό τμήμα του όρους του Ολύμπου χαρακτηρίζεται από περίπου κυκλικό σχήμα με κέντρο την κορυφή 'Κάστρο' (2817μ.), από την οποία με ακτινωτή μορφή αναπτύσσονται εναλλαγές βαθιών κοιλάδων και ράχων.

Οι κυριότερες κοιλάδες που αναπτύσσονται είναι : η κοιλάδα του ρεύματος Ξερολάκι στο βόρειο τμήμα, η κοιλάδα το Ενιπέα που διαρρέεται από το ρέμα του Αγίου Διονυσίου στο ανατολικό τμήμα, και η κοιλάδα του Σπαρμού στο νοτιοδυτικό τμήμα που διαρρέεται από το ρέμα του Μαυρατζά.

Στην παρούσα εργασία θα αναφερθούμε μόνο στην κοιλάδα του Ενιπέα ποταμού το τοπικό ανάγλυφο της οποίας είναι 2912 μ. Ο ποταμός Ενιπέας εκβάλει στις περιοχές του Λιτόχωρου και Κονταριώτισας όπως φαίνεται στους πιο κάτω χάρτες (σχήμα 3) .

Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης και περιγύρων όπως αυτά φαίνονται στα φύλλα "Κονταριώτισσα" και "Λιτόχωρο" της ΓΥΣ.



Σχήμα 3

Τοπογραφικοί χάρτες με κλίμακα 1:50 000, φύλλα Κονταριώτισσα και Λιτόχωρο.

Η σημερινή γεωμορφολογική κατάσταση του Ολύμπου είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης ενδογενών και εξωγενών παραγόντων, οι οποίοι προκάλεσαν την απομάκρυνση του Πελαγονικού καλύμματος και τη διάνοιξη του τεκτονικού παραθύρου (Μουντράκης 1985).

Είναι γνωστό στην γεωμορφολογική έρευνα ότι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επιδρούν στην διαμόρφωση του αναγλύφου, είναι η τεκτονική. Είναι λοιπόν προφανές ότι σημαντικότερο ρόλο στην μορφολογία του Ολύμπου έχει διαδραματίσει η τεκτονική.

Ο Όλυμπος από μορφολογική άποψη διακρίνεται σε δύο τμήματα:

A) Το βορειοανατολικό / ανατολικό τμήμα, το οποίο παρουσιάζει μεγάλες υψομετρικές διαφορές και κλίσεις και δεσπόζουσα θέση κατέχουν διαδοχικές βαθιές κοιλάδες (ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης) και οξύληκτες ράχες. Το τραχύ ανάγλυφο του τμήματος αυτού σε συνδυασμό με τα έντονα φαινόμενα διάβρωσης προσδίδουν στην περιοχή χαρακτήρες νεότητας.

Το τμήμα αυτό του Ολύμπου έχει έντονα τα σημάδια τόσο της ποτάμιας όσο και της παγετώδους δράσης. Τα μεγάλα αμφιθεατρικά κοιλώματα που εντοπίζονται μεταξύ των κορυφών Φλάμπουρο (2.473 μ.)-Σκολιόν (2.911 μ.) και Πάγος (2.682 μ.) γνωστά με τις ονομασίες Γούρνες, Τρύπες, Καζανιές, αποτελούν αδιάψευστες μαρτυρίες για την ύπαρξη τοπικών παγετώνων στο Α/ΒΑ τμήμα του Ολύμπου (Σουλακέλλης 1994).

B) Το νοτιοδυτικό/νότιο τμήμα, το οποίο παρουσιάζει σαφέστατα ομαλότερο ανάγλυφο και μικρότερες κλίσεις καθώς και σημαντικά μικρότερο αριθμό κοιλάδων σε σύγκριση με το βορειοανατολικό/ανατολικό τμήμα. Τα στοιχεία αυτά προσδίδουν στο τμήμα αυτό χαρακτήρες ωριμότητας (Σουλακέλλης 1994).

Σύμφωνα με τον Ψιλοβίκο (1981), τα μορφογενετικά στοιχεία δείχνουν ότι στον Όλυμπο σχηματίστηκαν τρεις επιφάνειες επιπέδωσης με σημερινό υψόμετρο 2.300μ.-2.700μ., 1.400μ.-1.700μ. και 900μ.-1.300μ. και μια επιφάνεια μερικής επιπέδωσης (πετροπρόποδες) με σημερινό υψόμετρο 350μ.-700μ., από το Κάτω Μειόκαινο μέχρι το Τεταρτογενές. Επίσης τα τεκτονικά στοιχεία δείχνουν ότι μετά από κάθε περίοδο επιπέδωσης ακολούθησαν ανυψωτικές κινήσεις, που υπολογίστηκαν σε

900-100μ, κατά το Μειόκαινο, 400-500μ. κατά το Μειο/Πλειόκαινο, 400-600μ, κατά το Βιλαφράγκιο και 150-300μ. κατά το Τεταρτογενές.

Το υδρογραφικό δίκτυο στην ανατολική πλευρά του Ολύμπου διακρίνεται μορφολογικά σε δύο κατηγορίες :

A)το πρωτογενές υδρογραφικό και

B) το δευτερογενές υδρογραφικό δίκτυο (Ψιλοβίκος 1981)

Το πρωτογενές υδρογραφικό δίκτυο από μορφολογική άποψη παρουσιάζει σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα τμήματα που αυλακώνουν το υπόβαθρο του Ολύμπου και στα τμήματα που διασχίζουν τα ριπίδια.

Συγκεκριμένα στο χώρο του υποβάθρου οι κύριοι κλάδοι του δικτύου παρουσιάζουν παράλληλη διάταξη σε δύο ομάδες με όριο τον Ενιπέα ποταμό, τον οποίο μελετάμε στην παρούσα εργασία. Στην νότια ομάδα έχουν προσανατολισμό 65° - 75° Α, ενώ στη Βόρεια ομάδα έχουν προσανατολισμό 25° - 45° . Οι λεκάνες απορροής του είναι στενόμακρες, με στενό στόμα και πλατύτερη κεφαλή, που χωρίζονται μεταξύ τους από στενόμακρες απότομες ράχεις. Οι μικρότεροι κλάδοι έχουν περιορισμένη ανάπτυξη μέσα στις λεκάνες απορροής με εξαίρεση τον Ενιπέα, τον Πόρο και το Ξερολάκκι. Οι λεκάνες απορροής τελειώνουν απότομα στην περιθωριακή ζώνη υποβάθρου- ριπιδίων.

Το υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται κατά κύριο λόγο πάνω στα ανθρακικά πετρώματα του Ολύμπου και μόνο στα περιθώρια του ορεινού όγκου διέρχεται από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Πελαγονικής.

Δύο είναι τα βασικά επίπεδα στα οποία καταλήγουν οι κύριοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου του Ολύμπου :

- I. Το βασικό επίπεδο Θερμαϊκού-Κατερίνης (υψόμετρο ομ.-300μ.) στο βόρειο –βορειοανατολικό τμήμα και
- II. Το βασικό επίπεδο Ελασσόνας (υψόμετρο 500μ.-1200μ.) στο νότιο-νοτιοδυτικό τμήμα.

Ο Όλυμπος καλύπτεται στις ΑΒΑ παρυφές του από δάση μαύρης Πεύκης, δάση λευκοδέρμου πεύκης, δάση οξιάς, ενώ αντίθετα το μεγαλύτερο μέρος του κεντρικού τμήματος του είναι άγονο ή βοσκότοπος. Τέλος το ΔΝΔ τμήμα του καλύπτεται από δάση δρυός, δάση διαφόρων πλατύφυλλων, μικτά δάση και δάση μαύρης πεύκης (Δασικός χάρτης του Ολύμπου, κλίμακα 1:50.000).

ΓΕΩΛΟΓΙΑ- ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΟΛΥΜΠΟΥ

Από γεωτεκτονική άποψη η περιοχή του Ολύμπου τοποθετείται αποκλειστικά στις εσωτερικές Ελληνίδες (Μουντράκης 1985) και πιο συγκεκριμένα στην Πελαγονική ζώνη. Εξαίρεση αποτελεί το ανατολικότερο τμήμα της περιοχής μελέτης το οποίο ανήκει στη ζώνη Αλμωπίας.

Πελαγονική ζώνη

Η Πελαγονική ζώνη καθιερώθηκε από τους Brunn 1956 και Aubouin 1957, έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και εκτείνεται από τη Γιουγκοσλαβία προς τους Ελληνικούς ορεινούς όγκους του Βόρα, του Βερμίου, των Πιερίων, του Ολύμπου, του Πηλίου και της Β.Ευβοίας και συνίσταται από:

- I. Τρεις κρυσταλλοσχιστώδεις. Πολυμεταμορφωμένες μάζες, παλαιοζωικής ηλικίας, οι οποίες ενώ είναι λιθολογικά ανάλογες εντούτοις διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την τεκτονική μεγαδομή και κινηματική τους.
- II. Εκτεταμένα πλουτωνικά σώματα διαφορετικής ηλικίας.
- III. Περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες, κυρίως κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου.
- IV. Ελαφρά ανακρυσταλλωμένο, τριαδικοιουρασικής ηλικίας, δυτικό ανθρακικό κάλυμμα.
- V. Ίδιας ηλικίας έντονα μεταμορφωμένο, ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα και
- VI. Επικλυσιογενείς κρητιδικούς ασβεστόλιθους και τον άνω κρητιδικής-παλαιοκαινικής ηλικίας φλύσχη (Κοΐλιας και Μουντράκης 1989)

Σημαντικές αλλόχθονες οφειολιθικές μάζες μαζί με τα συνοδεύοντα ιζήματα βαθιάς θάλασσας, παρατηρούνται στην Πελαγονική, επωθημένες κυρίως πάνω στα δύο Τριαδικοιουρασικά ανθρακικά καλύμματα στα περιθώρια της ζώνης.

Στην Πελαγονική ζώνη σύμφωνα με τους Μουντράκη 1985 και Κοΐλια και Μουντράκη 1989, η τελική διαμόρφωση της θέσης και διάταξης των προαλπικών και αλπικών σχηματισμών της έγινε με τις τρεις φάσεις πτυχώσεων του Τριτογενούς (από το τέλος Κρητιδικού-Κάτω μέσο Μειόκαινο

Μετά τις συμπιεστικές τάσεις που προκάλεσαν τις πτυχώσεις αυτές, το πεδίο των τεκτονικών τάσεων άλλαξε σημαντικά στον ευρύτερο Ελληνικό χώρο με κύριο χαρακτηριστικό τις τάσεις εφελκυσμού και τη δημιουργία κανονικών ρηγμάτων.

Σύμφωνα με τον Παυλίδη 1985, έλαβαν χώρα δύο φάσεις εφελκυσμού :

- α) μια Ανώτερου Μειόκαινου- Πλειόκαινου με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ η οποία συνδέεται με τη δράση μιας σειράς κανονικών ρηγμάτων ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης και
- β) μια φάση εφελκυσμού κατά το Τεταρτογενές με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ που προκάλεσε κανονικά ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

Σημαντικότερες πληροφορίες σχετικά με την τεκτονική της περιοχής μελέτης προέρχονται από τις εργασίες των Κοίλιας & Μουντράκης 1989, Κίλιας κ.α. 1992.

Το σημαντικότερο γεωλογικό χαρακτηριστικό της Πελαγονικής ζώνης είναι η εμφάνιση των αυτόχθονων ανθρακικών πετρωμάτων της σειράς Ολύμπου υπό μορφή τεκτονικού παραθύρου κάτω από τα πετρώματα της Πελαγονικής (Μουντράκης 1985).

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Γ.Σ.Π- G.I.S)

Επειδή η ποσοτική γεωμορφολογία του ποταμού Ενιπέα έγινε με τη βοήθεια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών Γ.Σ.Π, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούμε περιληπτικά σε αυτά.

Η λειτουργία των Γ.Σ.Π στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για την κάλυψη πληροφοριακών αναγκών. Ο αντικειμενικός σκοπός της συλλογής και αποθήκευσης των δεδομένων σε μια βάση είναι η συσχέτιση γεγονότων και καταστάσεων τα οποία ήταν χωριστά. (Αστάρας 2007)

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ Γ.Σ.Π (Αστάρας 2007)

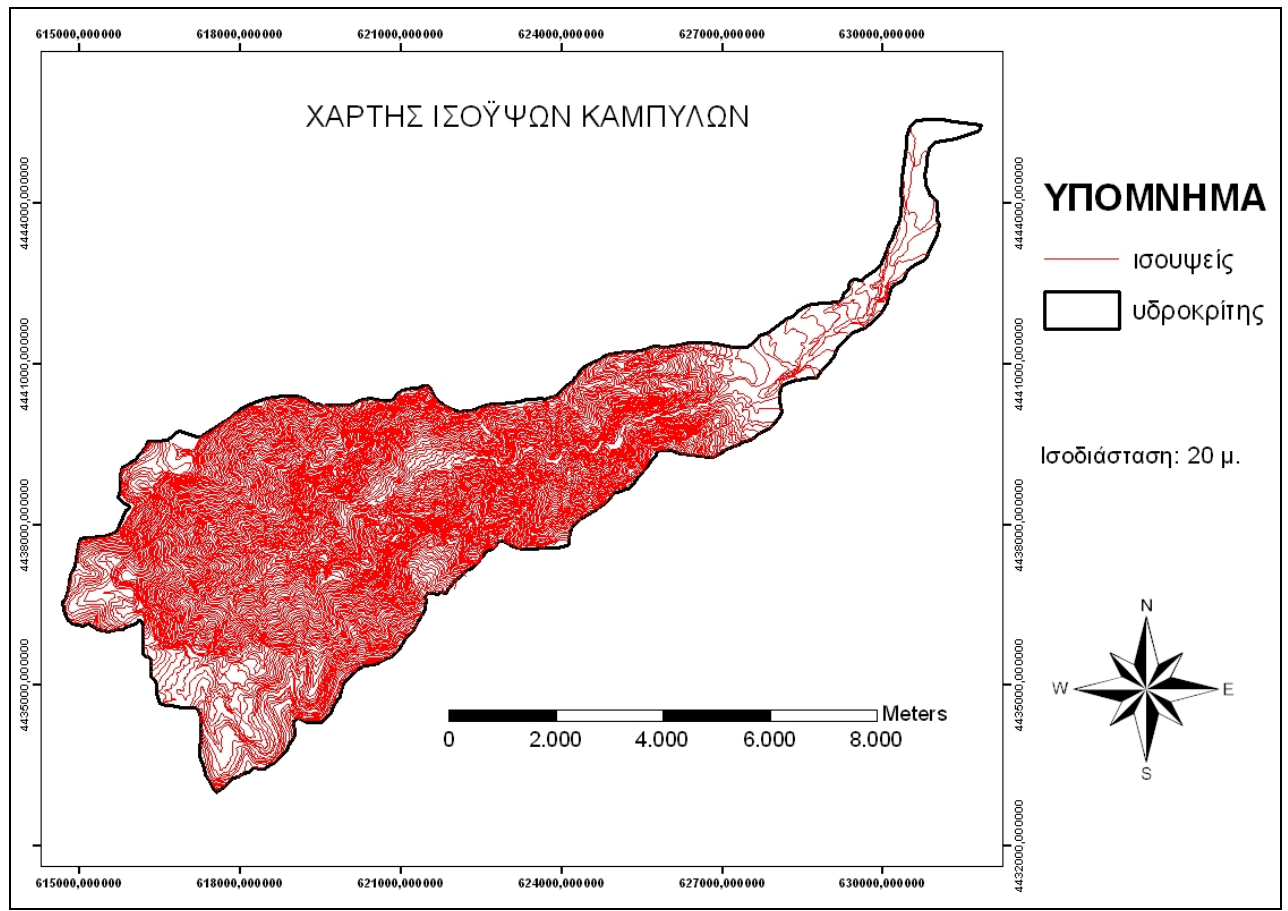
- Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή με αποτέλεσμα να καταλαμβάνουν μικρό χώρο και να είναι εύχρηστα.
- Οι γεωγραφικές φάσεις δεδομένων είναι ποσοτικές πληροφορίες οι οποίες είναι δυνατόν να καταχωρούνται κατά οποιαδήποτε γεωγραφικά μονάδα ή διάταξη.
- Οι γεωγραφικές φάσεις δεδομένων είναι δυνατόν να δημιουργηθούν για οποιοδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα ή συνδυασμό αυτών.
- Υπάρχουν τα δεδομένα ή είναι να δυνατό να ενσωματωθούν, με ή χωρίς αλλαγές και επεξεργασία, στη βάση δεδομένων, εφόσον είναι κατά χώρο προσανατολισμένα.
- Τα υπάρχοντα τηλεοπτικά όργανα και λογισμικά επιτρέπουν διάφορες μορφές επεξεργασίας.
- Γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος ή εξέταση θεωρητικών μοντέλων για την εκτίμηση επιστημονικών κριτηρίων.
- Οι διάφορες μορφές εξαγόμενων αποτελεσμάτων παράγονται πολύ γρήγορα, αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα , για οποιαδήποτε γεωγραφική θέση της βάσης δεδομένων και σε οποιαδήποτε κλίμακα.
- Εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων η οποία επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και ανάλυση των αλλαγών που έγιναν σε δυο ή περισσότερες περιόδους.
- Πολλές μορφές ανάλυσης πραγματοποιούνται με πολύ μικρότερο κόστος από ότι με τις κλασσικές μεθόδους.
- Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο και τα αποτελέσματα παράγονται αυτόματα.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ Γ.Σ.Π(Αστάρης 2007)

- Το αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος καθώς και της τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης αυτού είναι αρκετά υψηλό .
- Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος προϋποθέτει άρτια εκπαίδευση του κατάλληλου προσωπικού.
- Υπάρχουν προβλήματα κατά την μετατροπή και καταχώρηση ορισμένων προϋπαρχόντων δεδομένων σε συγκεκριμένη βάση δεδομένων.

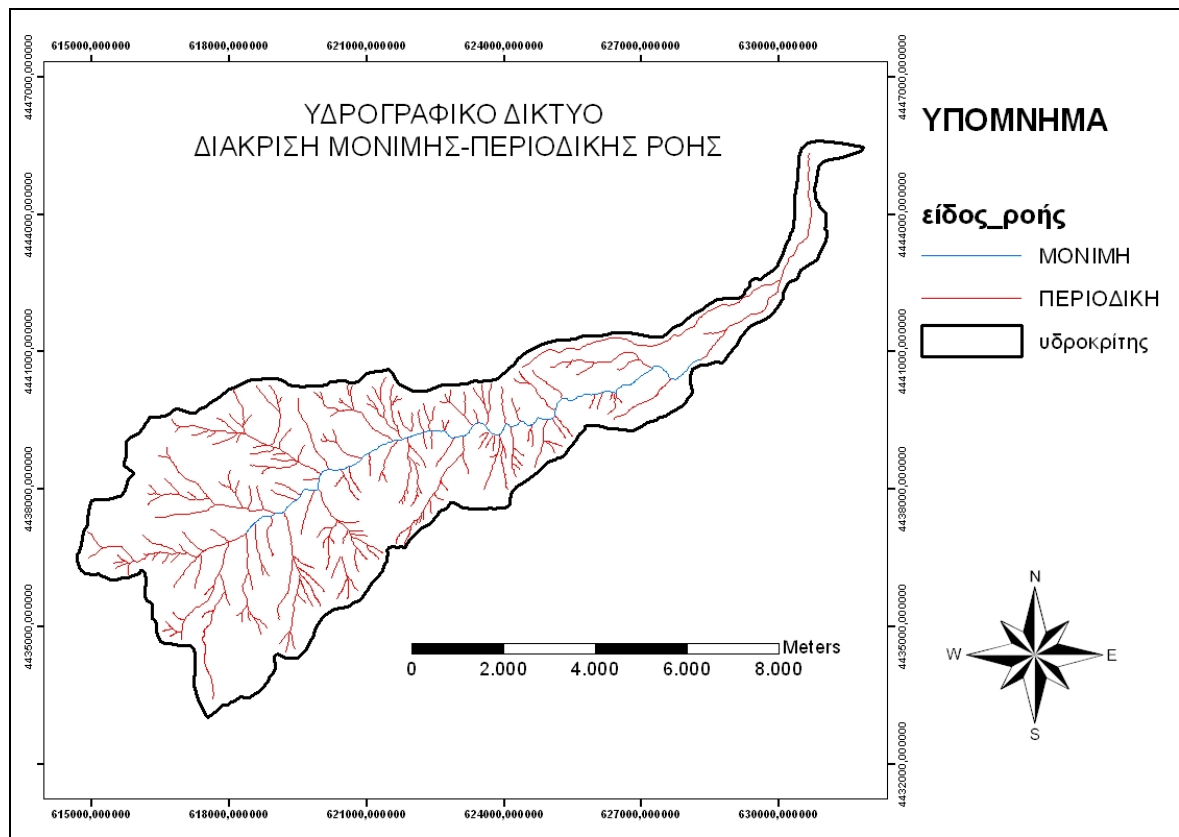
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ **ΜΕΛΕΤΗΣ**

- Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS (της εταιρίας Marathon Data System).Συγκεκριμένα με τη βοήθεια του ArcGIS πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω εργασίες:
Για τη δημιουργία των GIS επιπέδων (επίπεδα πληροφοριών), ψηφιοποιήθηκαν δεδομένα από τους τοπογραφικούς χάρτες της περιοχής μελέτης (φύλλα :Λιτόχωρο-Κονταριώτισσα) .
Τα επίπεδα πληροφοριών που δημιουργήθηκαν είναι τα ακόλουθα:
-Ισοϋψείς καμπύλες, ισοδιάστασης 20μ.
-Υδρογραφικό δίκτυο.
-Υδροκρίτης.
- Στη συνέχεια από τα παραπάνω επίπεδα πληροφοριών δημιουργήθηκαν οι παρακάτω χάρτες :
-Χάρτης ισοϋψών καμπυλών (Σχ.4)
-Υδρογραφικό Δίκτυο. Διάκριση μόνιμης – περιοδικής ροής (Σχ.5)
-Υδρογραφικό Δίκτυο αρίθμηση κλάδων κατά Strahler (Σχ.6)
-Χάρτης ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM) ποταμού Ενιπέως (Σχ.7)
-Χάρτης κλίσεων κλιτύων ποταμού Ενιπέως(Σχ.8)
-Χάρτης προσανατολισμού Κλιτύων ποταμού Ενιπέως (Σχ.9)
-Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου ποταμού Ενιπέως (Σχ.10)



Σχήμα 4: Χάρτης ισοϋψών καμπυλών

Μελετώντας τον πιο πάνω χάρτη των ισοϋψών καμπύλων (σχήμα 4) το μέγιστο υψόμετρο των ισοϋψών καμπυλών του ποταμού Ενιπέα φθάνει τα 2900 μ. και το ελάχιστο το 20 μ.



Σχήμα 5:Χάρτης υδρογραφικού δικτύου. Στον οποίο φαίνονται τα ρέματα Μόνιμης και περιοδικής ροής

Σύμφωνα με τον πιο πάνω χάρτη του υδρογραφικού δικτύου της περιοδικής και μόνιμης ροής του ποταμού Ενιπέα (σχήμα 5), υπολογίστηκαν τα μήκη των κλάδων της μόνιμης και περιοδικής ροής ξεχωριστά. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι:

- Το μήκος των κλάδων της μόνιμης ροής είναι : 12450.81 μ.
- Το μήκος των κλάδων της περιοδικής ροής : 135633.87

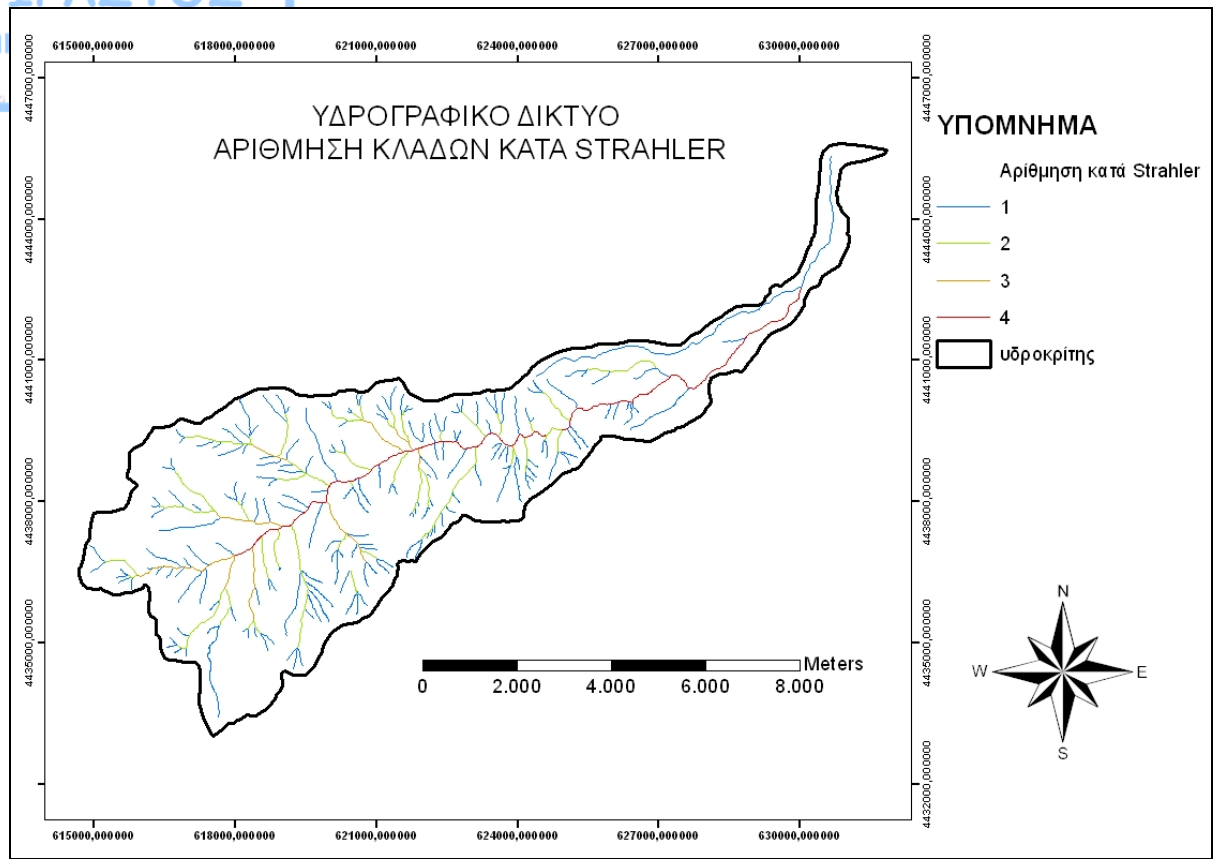
ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΕΑ ΚΑΤΑ STRAHLER

Σύμφωνα με τον Αστάρα (2006), η υιοθέτηση μιας ιεραρχίας (ταξινομήσεως) των κοιτών των ρευμάτων είναι αναγκαία, γιατί διάφοροι μορφομετρικοί και υδρολογικοί χαρακτήρες συνδέονται με κάθε μια από αυτές.

Το περισσότερο διαδεδομένο σύστημα υιοθετήθηκε από τον STRAHLER (1952) και είναι τροποποίηση από ένα προϋπάρχον σύστημα ταξινομήσεως του HORTON (1945).

Σ' αυτό οι μικρότερες μη διακλαδιζόμενες κοίτες ρευμάτων ορίζονται ως πρώτης τάξης. Όπου συναντιούνται δύο κοίτες πρώτης τάξης σχηματίζεται ένα τμήμα κοίτης δεύτερης τάξης. Αντίστοιχα όπου συναντιούνται δύο κοίτες δεύτερης τάξης σχηματίζεται ένα τμήμα κοίτης τρίτης τάξης και ούτω καθεξής. Κατ' αυτό τον τρόπο υπάρχει μόνο ένα τμήμα κοίτης μεγαλύτερης τάξης και πάντοτε τουλάχιστον δύο τμήματα κοίτης κάτω από τη μεγαλύτερη τάξη.

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε η αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ArcGIS με τη μέθοδο STRAHLER (Σχ.6).



Σχήμα 6:Χάρτης υδρογραφικού δικτύου. Αρίθμηση κλάδων κατά Strahler(1952) .

Σύμφωνα το χάρτη του υδρογραφικού δικτύου από τον οποίο έγινε αρίθμηση των κλάδων κατά STRAHLER (1952) του ποταμού Ενιπέα υπολογίστηκαν :

- κλάδοι 1^{ης} τάξης με συνολικό μήκος 85610.2 μ.
- κλάδοι 2^{ης} τάξης με συνολικό μήκος 33472.9 μ.
- κλάδοι 3^{ης} τάξης με συνολικό μήκος 11052,68 μ.
- κλάδοι 4^{ης} τάξης με συνολικό μήκος 19568,9 μ.

Επίσης υπολογίστηκε το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης του ποταμού Ενιπέα σε 51644717,4725 m²

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του αναγλύφου στο χώρο, οπότε χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση-ανάλυση της τοπογραφίας στην περιοχή (Αστάρας 2006).

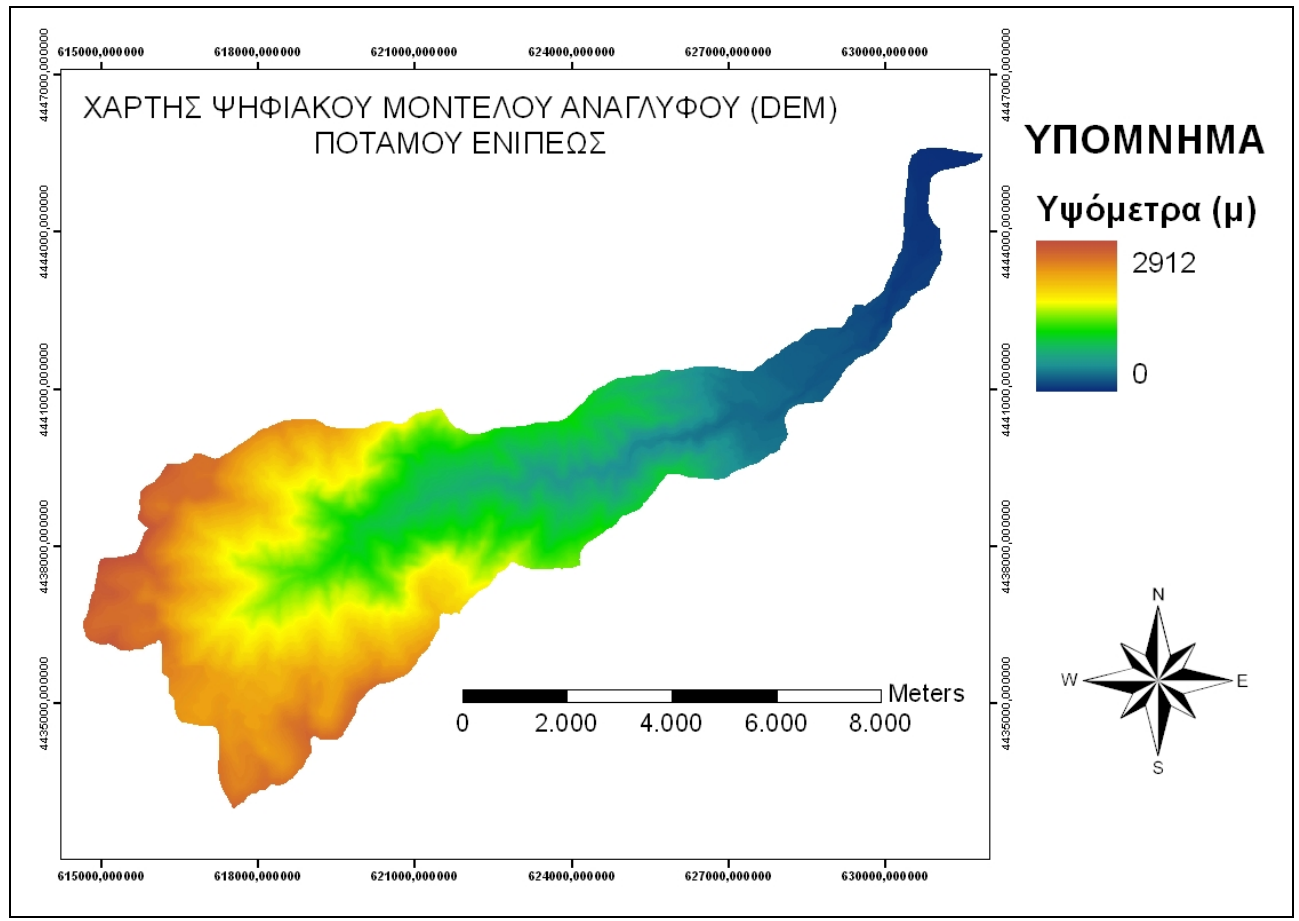
Χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις εφαρμογών όπως:

- 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.
- Για διευκόλυνση υδρολογικών μελετών (Αστάρας 2006)

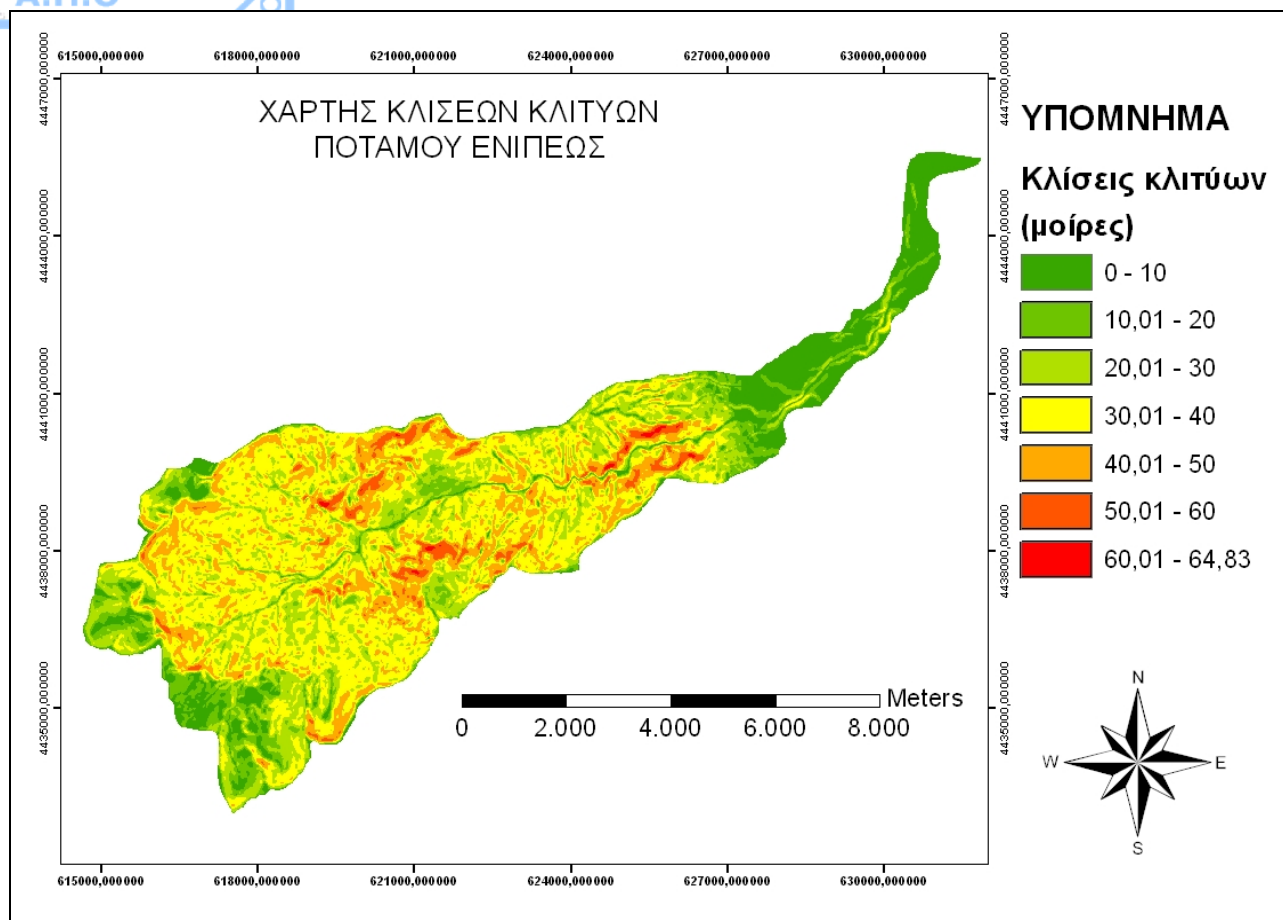
Στην περιοχή μελέτης:

Μετά την ψηφιοποίηση των ισοϋψών καμπυλών, του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής (υδροκρίτης), δημιουργήθηκε υδρολογικά διορθωμένο ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου (DEM), με διάσταση ψηφίδας (pixel) 20 m, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο <<topogridtool>> του λογισμικού ArcGIS. Από το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου που προέκυψε δημιουργήθηκαν, με τη χρήση του υποπρογράμματος Spatial Analyst του λογισμικού ArcGIS, οι εξής χάρτες :

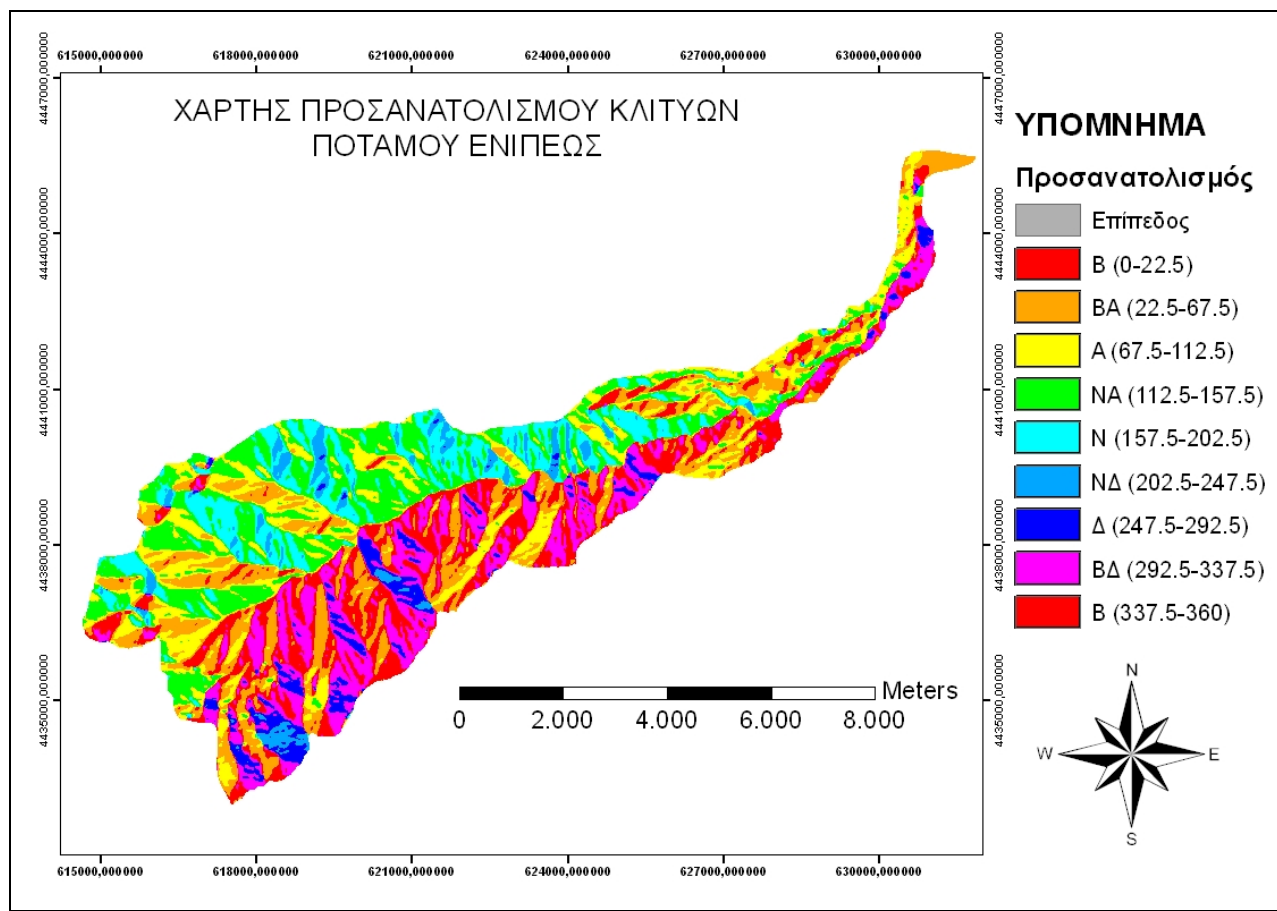
- Εδαφική κλίση (Χάρτης κλίσεων)- Slope map (Σχ.8)
- Χάρτης προσανατολισμού κλιτύων-Slope Aspect map (Σχ.9)
- Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου (Σχ.10)



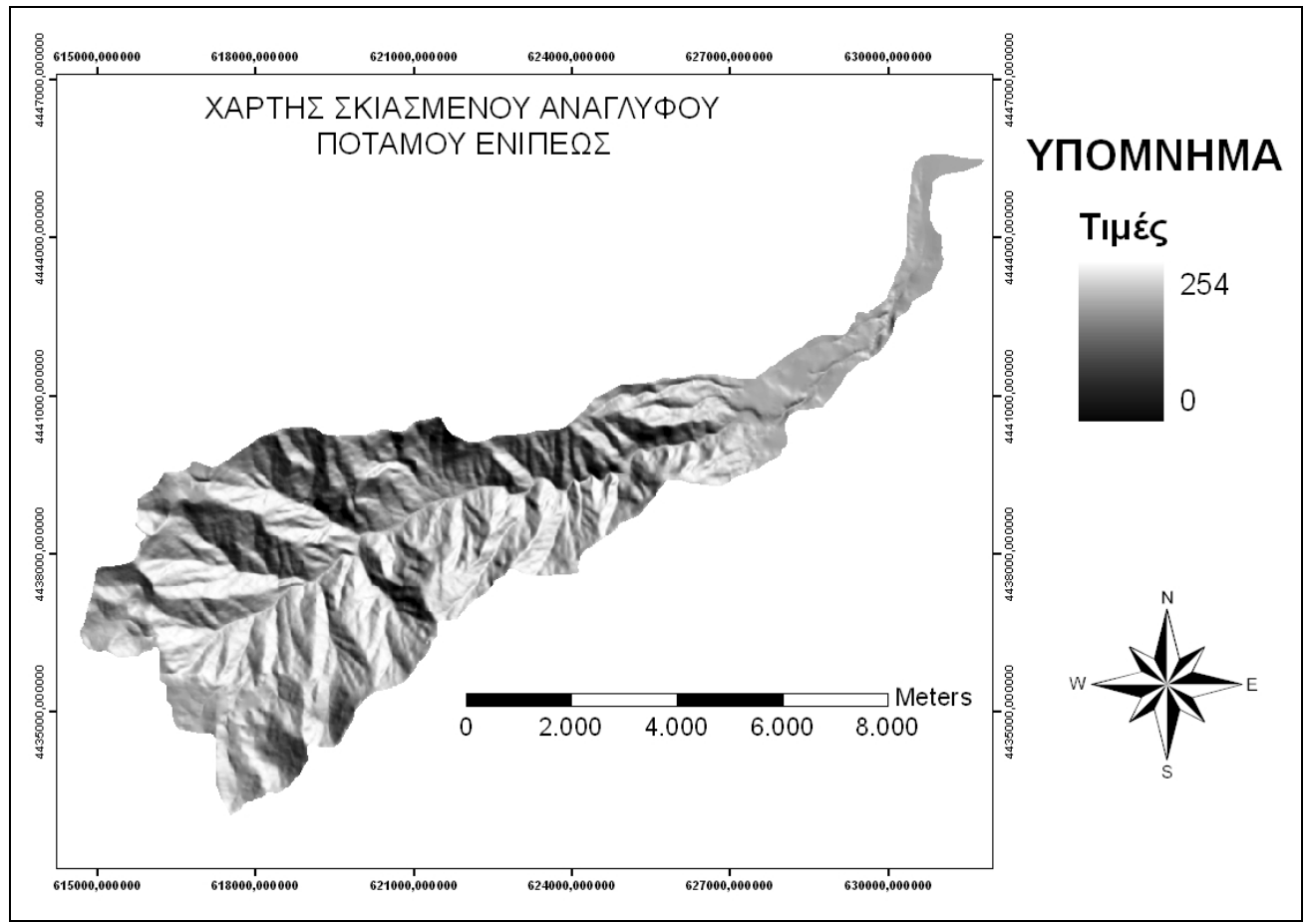
Σχήμα 7: Χάρτης ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM) της λεκάνης απορροής του ποταμού Ενιπέως.



Σχήμα8: Χάρτης κλίσεων κλιτύων της λεκάνης απορροής του ποταμού Ενιπέως



Σχήμα 9: Χάρτης προσανατολισμού κλιτύων της λεκάνης απορροής του ποταμού Ενιπέως

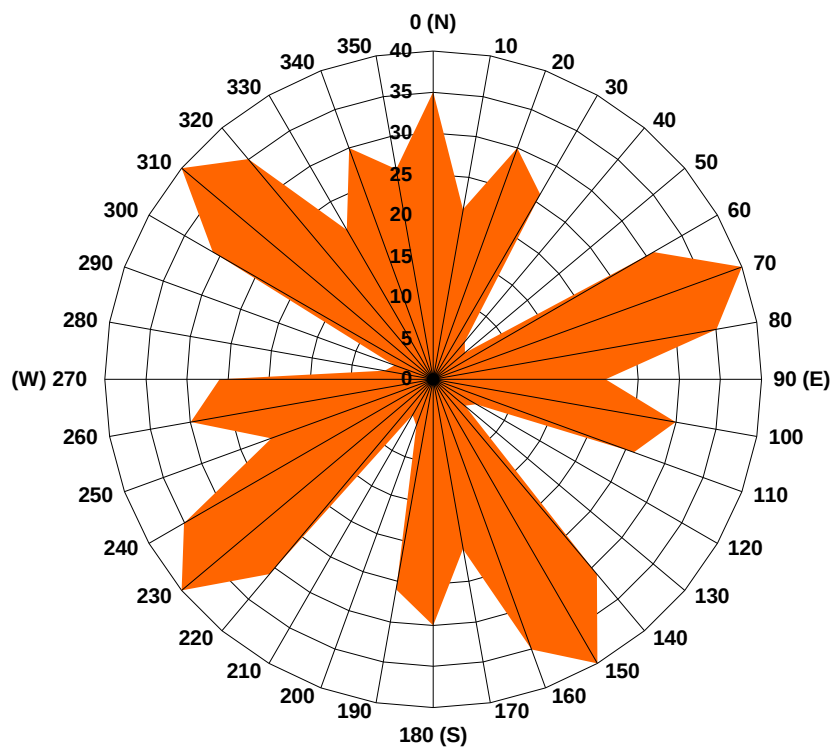


Σχήμα 10: Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου της λεκάνης απορροής του ποταμού Ενιπέως

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΩΝ (ΑΖΙΜΟΥΘΙΩΝ) ΤΩΝ
ΡΕΜΑΤΩΝ 1^{ης} ΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ
ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΕΑ (κατά STRAHLER 1952)**

Εύρος Τιμών σε μοίρες	Κέντρο των κλάσεων 45 μοιρών	Μετρήσεις
23-68	BA-NA	35
69-113	A-Δ	21
114-158	BΔ-NA	30
159-203	B-N	26
204-248	BA-NA	6
249-293	A-Δ	5
294-338	BΔ-NA	31
339-23	B-N	40

ΡΟΔΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΩΝ (ΑΖΙΜΟΥΘΙΩΝ)
ΤΩΝ ΡΕΜΑΤΩΝ 1^{ης} ΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΝΙΠΕΑ



ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ χ^2 Ως ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΣΙΑΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΡΕΜΑΤΩΝ

Σύμφωνα με τον Αστέρα με τη δοκιμασία χ^2 πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των παρατηρούμενων διευθύνσεων ροής (αζιμουθίων) των κοιτών των ρευμάτων 1^{ης} τάξης των δυο γεωμορφολογικών ενοτήτων και των διευθύνσεων ροής ενός ιδανικού υδρογραφικού δικτύου 1^{ης} τάξης, δηλαδή ενός δικτύου που δεν επηρεάζεται από τη γεωλογική δομή της περιοχής αναπτύξεώς του.

Αρχικά υπολογίσαμε τις συχνότητες κάθε κατηγορίας διευθύνσεως ροής των ρευμάτων 1^{ης} τάξης, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΡΟΗΣ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ 1 ^{ης} ΤΑΞΗΣ	B-N	A-Δ	BA-NΔ	BΔ-NA
ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (Πi)	66	26	41	61
ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (Θi)	48	49	48	49
Πi-Θi	22	23	7	12

Στην συνέχεια υπολογίσαμε την τιμή χ^2 από τον τύπο :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n (\Pi_i - \Theta_i)^2 / \Theta_i \quad (\text{SIEGEL 1956, ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ 1976, ΚΟΥΝΙΑΣ})$$

Όπου : **Πi**= παρατηρούμενες συχνότητες κάθε κατηγορίας διευθύνσεως ροής των ρευμάτων.

Θi=αναμενόμενες (θεωρητικές συχνότητες κάθε κατηγορίας διευθύνσεως ροής των ρευμάτων του ιδανικού δενδριτικού υδρογραφικού δικτύου

n= 4 (οι τέσσερις διευθύνσεις ροής)

Μετά δημιουργήθηκε η υπόθεση H_0 , "περί μη υπάρξεως σημαντικών διαφορών, στη Σ.Σ, 0,05 μεταξύ των παρατηρούμενων συχνοτήτων (Π_i) του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ενιπέα και των αναμενόμενων συχνοτήτων Θ_i του ιδανικού, δένδριτικού τύπου, υδρογραφικού δικτύου". Αυτή δοκιμάστηκε συγκρίνοντας την υπολογιζόμενη τιμή χ^2 του εξεταζόμενου δικτύου με τη θεωρητική χ^2 τιμή του πίνακα της χ^2 κατανομής για $p=0,05$ και $n-1$ βαθμούς ελευθερίας. (LINDLEY and MILLER, 1996).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n (\Pi_i - \Theta_i)^2 / \Theta_i = 22^2 + 23^2 + 7^2 + 12^2 / 48,5 = 24,8$$

$$\text{Βαθμοί ελευθερίας} = n-1 = 4-1 = 3 \quad \text{Συνεπώς } \chi^2_{\theta} = \chi^2_{n-1} / 0,05 = 24,8 / 0,05 = 496$$

Επειδή $\chi^2 = 24,8$ μεγαλύτερο από $\chi^2_{\theta} / 0,05 = 496$ απορρίψαμε την υπόθεση H_0 (Null Hypothesis) και συμπεράναμε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των παρατηρούμενων συχνοτήτων του εξεταζόμενου δικτύου και των θεωρητικών συχνοτήτων του ιδανικού, δένδριτικού τύπου, υδρογραφικού δικτύου. Δηλαδή δεχθήκαμε ότι τα δύο αναφερόμενα δίκτυα είναι ανεξάρτητα.*

Άρα η ανάπτυξη των ρεμάτων 1^{ης} τάξης δεν αναπτύσσονται όπως στη δέντριτική μορφή αλλά ελέγχονται από την τεκτονική της περιοχής.

Συγκεκριμένα, αναπτύσσονται ρέματα περισσότερα (127) κατά τη διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και λιγότερα (67) κατά την ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση. Αυτό το αποτέλεσμα δικαιολογείται και μάλιστα υποστηρίζει την άποψη του Παυλίδη .

Σύμφωνα με τον Παυλίδη 1985, έλαβαν χώρα δύο φάσεις εφελκυσμού :
α) μια Ανώτερου Μειόκαινου- Πλειόκαινου με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ η οποία συνδέεται με τη δράση μιας σειράς κανονικών ρηγμάτων ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης και
β) μια φάση εφελκυσμού κατά το Τεταρτογενές με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ που προκάλεσε κανονικά ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

*Σε άλλες περιπτώσεις της δοκιμασίας χ^2 σαν "δοκιμασία ανεξαρτησίας", που χ^2 μικρότερο από $\chi^2_{n-1} / 0,05$, αποδεχόμασταν την υπόθεση H_0 .



Μάλιστα το αποτέλεσμα μας οδηγεί στο εξής συμπέρασμα, ότι τα ρέματα 1^{ης} τάξης της λεκάνης απορροής με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ τα οποία είναι και τα περισσότερα (127) αναπτύχθηκαν κατά την περίοδο Μειόκαινο-Πλειόκαινο όπου δημιουργήθηκαν τα ρήγματα ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης. Τα υπόλοιπα 67 ρέματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης αναπτύχθηκαν κατά την περίοδο Τεταρτογενούς, όπου δημιουργήθηκαν τα ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης (Παυλίδης 1985).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία αρχικά έγινε μια εκτεταμένη αναφορά στη φυσική γεωγραφία της περιοχής μελέτης αναφέροντας την τοποθεσία του Ενιπέα ποταμού.

Παρατέθηκε επίσης η γεωλογία της περιοχής του Ολύμπου οι κορυφές του οποίου κατέχονται από μια συνεχή ανθρακική ιζηματογενή σειρά ηλικίας Τριαδικού-Ηωκαίνου, η οποία περιβάλλεται τελείως από το κρυσταλλοσχιστώδες και τα Τριαδικά μάρμαρα της Πελαγονικής ζώνης.

Αναφέροντας στη γεωμορφολογία της περιοχής του Ολύμπου στην οποία και ανήκε ο ποταμός Ενιπέας βρήκαμε ότι η σημερινή γεωμορφολογική κατάσταση του Ολύμπου είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης ενδογενών και εξωγενών παραγόντων, οι οποίοι προκάλεσαν την απομάκρυνση του Πελαγονικού καλύμματος και τη διάνοιξη του τεκτονικού παραθύρου.

Από γεωτεκτονική άποψη η περιοχή του Ολύμπου τοποθετείται αποκλειστικά στις εσωτερικές Ελληνίδες (Μουντράκης 1985) και πιο συγκεκριμένα στην Πελαγονική ζώνη. Εξαίρεση αποτελεί το ανατολικότερο τμήμα της περιοχής μελέτης το οποίο ανήκει στη ζώνη Αλμωπίας.

Με τη χρήση της εφαρμογής του Arc Map, του λογισμικού προγράμματος ArcGIS Desktop, ψηφιοποιήθηκαν δεδομένα του Ενιπέα ποταμού και δημιουργήθηκαν διάφορα επίπεδα πληροφοριών (ισοϋψείς καμπύλες / ανά 20 μέτρα, υδρογραφικό δίκτυο, υδροκρίτης). Με αλληλοεπικάλυψη των επιπέδων πληροφοριών που δημιουργήθηκαν, παράχθηκαν χάρτες δεδομένων ανάλογα με τα εκάστοτε επίπεδα που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης δημιουργήθηκε υδρολογικά διορθωμένο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (Digital Elevation model) και επιπλέον με τη χρήση του υποπρογράμματος Spatial Analyst οι χάρτες :

- Χάρτης κλίσεων
- Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου
- Χάρτης προσανατολισμού κλιτύων

Σύμφωνα με τους χάρτες του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ενιπέα η μορφή του υδρογραφικού δικτύου μπορεί να χαρακτηριστεί ως υποδεντритικής μορφής που αυτό οφείλεται στην επίδραση της τεκτονικής.

Επίσης με τη χρήση του προγράμματος ArcGIS Desktop υπολογίστηκαν τα μήκη των κλάδων μόνιμης και περιοδικής ροής καθώς και τα μήκη

των κλάδων 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης αντίστοιχα καθώς και το εμβαδόν της λεκάνης του ποταμού Ενιπέα.

Ακολούθως πραγματοποιήθηκε πίνακας των προσανατολισμών (αζιμουθίων) των ρεμάτων 1^{ης} τάξης του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ενιπέα καθώς και το αντίστοιχο ροδοδιάγραμμα.

Χρησιμοποιώντας αυτούς τους προσανατολισμούς των ρεμάτων 1^{ης} τάξης πραγματοποιήθηκε δοκιμασία x^2 ως δοκιμασία ανεξαρτησίας κατά τη οποία έγινε σύγκριση μεταξύ των παρατηρούμενων τεσσάρων κυρίων διευθύνσεων ροής (B-N, A-Δ, BBD-NNA, και BBA-NNΔ) των κοιτών των ρευμάτων 1^{ης} τάξης, ενός ιδανικού υδρογραφικού δικτύου 1^{ης} τάξης, δηλαδή ενός δικτύου που δεν επηρεάζεται από τη γεωλογική δομή της περιοχής αναπτύξεώς του.

Σύμφωνα με τον Παυλίδη 1985, έλαβαν χώρα δύο φάσεις εφελκυσμού :
α) μια Ανώτερου Μειόκαινου- Πλειόκαινου με διεύθυνση BA-NΔ η οποία συνδέεται με τη δράση μιας σειράς κανονικών ρηγμάτων BBD-NNA διεύθυνσης και
β) μια φάση εφελκυσμού κατά το Τεταρτογενές με διεύθυνση BΔ-NA που προκάλεσε κανονικά ρήγματα BA-NΔ διεύθυνσης.

Συμπεράναμε ότι τα ρέματα 1^{ης} τάξης της λεκάνης απορροής με διεύθυνση BBD-NNA τα οποία είναι και τα περισσότερα (127) αναπτύχθηκαν κατά την περίοδο Μειόκαινο-Πλειόκαινο όπου δημιουργήθηκαν τα ρήγματα BBD-NNA διεύθυνσης. Τα υπόλοιπα 67 ρέματα BA-NΔ διεύθυνσης αναπτύχθηκαν κατά την περίοδο Τεταρτογενούς, όπου δημιουργήθηκαν τα ρήγματα BA-NΔ διεύθυνσης (Παυλίδης 1985).

Από τη x^2 δοκιμασία προκύπτει το συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη των ρεμάτων 1^{ης} τάξης επηρεάζεται από την τεκτονική και συγκεκριμένα περισσότερο από τη παρουσία ρηγμάτων BBD-NNA διεύθυνσης που δημιουργήθηκαν κατά την περίοδο Μειοκαίνου- Πλειοκαίνου και λιγότερο από την παρουσία των ρηγμάτων BA-NΔ διεύθυνσης που αναπτύχθηκαν αργότερα κατά την περίοδο του Πλειστοκαίνου,

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Θεόδωρος Αστάρας(1980): Ποσοτική Γεωμορφολογική Μελέτη τμήματος των Δ. Πλευρών του όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία), Θεσσαλονίκη.
- Α. Σουλακέλλη (1994): Συμβολή της ανάλυσης δορυφορικών εικόνων Landsat TM και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στην τεκτονική-γεωμορφολογία περιοχών του Βορειοελλαδικού χώρου, Θεσσαλονίκη.
- Δημοσθένης Μ. Μουντράκης (1985): Γεωλογία της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη.
- Θεόδωρος Άστάρας (2007): Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών, Θεσσαλονίκη.
- Θεόδωρος Άστάρας (2006): Τηλεπισκόπηση – Φωτοερμηνεία στις Γεωεπιστήμες, Θεσσαλονίκη.
- Βιβλιογραφία από το διαδίκτυο :
 - [http : //el. Wikipedia.org](http://el.Wikipedia.org)
 - [http : www.oreivatein. Com](http://www.oreivatein.Com)
 - [http : // www.olympus-marathon](http://www.olympus-marathon)
 - [http : // lyk-aigin.att.sch.gr](http://lyk-aigin.att.sch.gr)
 - [http :// 7gym-kater.pie.sch.gr](http://7gym-kater.pie.sch.gr)