



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



**ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΕΖΙΟΒΗ
ΠΟΤΑΜΟΥ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ) ΜΕ ΤΗ
ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (G.I.S)**



Διπλωματική Εργασία

Όλγα Μασλαρινού

ΑΕΜ 4173

Επιβλέπων Καθηγητής: Δημήτριος Οικονομίδης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	3
1. 0 Εισαγωγή.....	4
2.1 Υλικά και μέθοδοι έρευνας.....	5
2.2 Μεθοδολογία.....	6
3. 0 Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης.....	7
4.1 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής.....	10
4.2 Γεωλογία της λεκάνης απορροής του Εξιόβη ποταμού.....	15
5.0 Τεκτονική.....	18
6.0 Κλίμα της περιοχής μελέτης.....	21
7.0 Γεωμορφολογία περιοχής μελέτης.....	23
7. 1 Κατασκευή ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM).....	23
7. 2 Κλίση αναγλύφου	25
8.1 Υδρογραφικό δίκτυο.....	32
8.2 Υδρογραφική πυκνότητα.....	35
Παράρτημα.....	52
Βιβλιογραφία.....	57

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

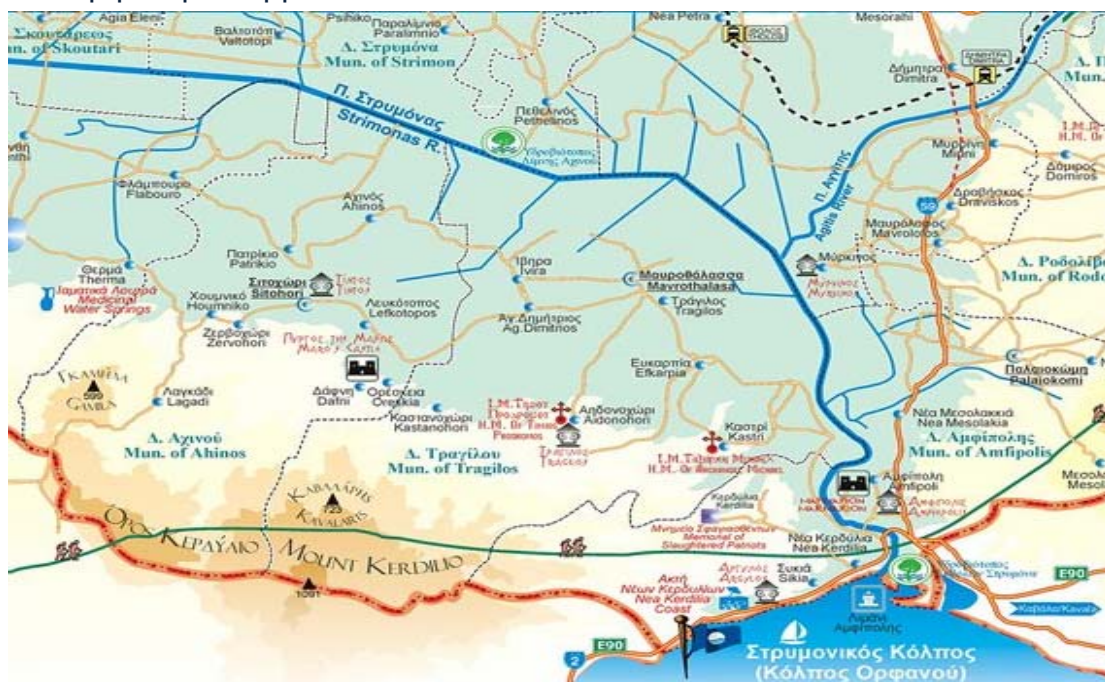
Για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα κ. *Δημήτριο Οικονομίδη*, Λέκτορα του τμήματος Γεωλογίας, για την ουσιαστική βοήθειά του και τη συνεχή καθοδήγησή του σε όλες τις φάσεις της εργασίας. Του είμαι κυρίως ευγνώμων για τη φιλική διάθεση, γεγονός που ωθεί σε μια αποτελεσματική συνεργασία. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και τον κ. *Θεόδωρο Αστάρα*, καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας για την αρχική ανάθεση του θέματος και το συμβουλευτικό του έργο. Το μεγαλύτερο ευχαριστώ όμως το οφείλω στους γονείς μου, για την ηθική και οικονομική τους υποστήριξη καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η γεωμορφολογική – γεωλογική μελέτη της λεκάνης απορροής, την οποία διαρρέει ο παραπόταμος Εξιόβης με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S). Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο Νομό Σερρών, στη Β. Ελλάδα. Ο Εξιόβης πηγάζει από το βορειοανατολικό τμήμα του όρους Κερδύλλια και εκβάλλει στον ποταμό Στρυμόνα.

Ο παραπόταμος Εξιόβης καταλαμβάνει μέρος της νότιας περιοχής της λεκάνης των Σερρών. Πηγάζει από το όρος Κερδύλλια στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, αποστραγγίζοντας την περιοχή νότια της Νιγρίτας και καθώς διέρχεται δυτικά της Μαυροθάλασσας, εκβάλλει στο νοτιοδυτικό τμήμα του Στρυμόνα. Η έκταση της λεκάνης απορροής του υπολογίζεται στα 70.10 km².

Κύριο χαρακτηριστικό της ευρύτερης περιοχής έρευνας είναι η λεκάνη των Σερρών. Πρόκειται για τεκτονική λεκάνη – κοιλάδα διεύθυνσης ΒΒΔ – ΝΝΑ συνδεδεμένη με τη γνωστή «τεκτονική γραμμή Στρυμόνα». Το πάχος των ιζημάτων της υπολογίζεται στα 3000 m. Εμφανίζει λιγνιτικά κοιτάσματα και ενδιαφέρον γεωθερμικό πεδίο.



Σχήμα 1 : Χάρτης προσανατολισμού περιοχής μελέτης
(http://www.teiser.gr/images/map_nomos.jpg)

2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα εξής διαθέσιμα δεδομένα:

1. Τοπογραφικός χάρτης της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ) κλίμακας 1:50.000, φύλλο ΣΙΤΟΧΩΡΙΟΝ (1969).
2. Γεωλογικός χάρτης του Ιδρύματος Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε) κλίμακας 1:50.000, φύλλο ΣΙΤΟΧΩΡΙΟΝ (1970).
3. Υπολογιστής Intel Pentium T4300 στα 2.10 GHz.
4. Λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) ArcGIS 9.3.

Το λογισμικό ArcGIS περιλαμβάνει τις παρακάτω εφαρμογές:

- ArcMap
- ArcCatalog
- ArcToolbox
- 3DAnalyst
- Spatial Analyst
- ASTER GDEM (με χωρική ανάλυση 30m και κατακόρυφη ακρίβεια 20m).

2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ψηφιοποιήθηκαν στοιχεία από τοπογραφικό και γεωλογικό χάρτη για τη δημιουργία των G.I.S επιπέδων. Πιο συγκεκριμένα, τα επίπεδα πληροφοριών που αξιοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Ισοϋψείς καμπύλες, ισοδιάστασης 20m
- Όρια λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης
- Υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής
- Λιθολογία της περιοχής μελέτης
- Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής μελέτης (ρήγματα)

Τα συγκεκριμένα επίπεδα πληροφοριών συνδυάστηκαν κατάλληλα μεταξύ τους, έτσι ώστε να δημιουργηθούν διάφοροι θεματικοί χάρτες.

3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται νοτιοανατολικά της πόλης των Σερρών και περικλείεται μεταξύ των χωριών Ορέσκεια, Δάφνη, Αγ. Δημήτριος και Μαυροθάλασσα. Στη λεκάνη αυτή καθοριστική είναι η παρουσία του παραπόταμου Εζιόβη, ο οποίος ξεκινάει από το βορειοδυτικό μέρος του όρους Κερδύλλια, κατευθύνεται ανατολικά και εκβάλλει στον ποταμό Στρυμόνα.

Η λεκάνη απορροής καταλαμβάνει έκταση 70.10 km² και περικλείεται εντός των ακόλουθων γεωγραφικών συντεταγμένων:

Γεωγραφικό μήκος	23° 36' 35'' - 23° 46' 38''
Γεωγραφικό πλάτος	40° 47' 00'' - 40° 54' 30''

Ο Εζιόβης διατρέχει κυρίως τον δήμο Τραγίλου.

Για τον τοπογραφικό χάρτη που αφορά την περιοχή μελέτης έγιναν μετατροπές των συντεταγμένων στο αντίστοιχο προβολικό σύστημα **ΕΓΣΑ 87**.



Σχήμα 2: Λεκάνη απορροής του ποταμού Εζιόβη

ΣΙΤΟΧΩΡΙΟΝ



ED50			UTM/WGS84	
	X	Y	X	Y
1	23° 30' □	41° 00' □	710212,8774	4541662,4927
2	23° 45' □	41° 00' □	731242,1779	4542295,0108
3	23° 45' □	40° 45' □	732114,6683	4514537,9932
4	23° 30' □	40° 45' □	711005,9210	4513906,2786

RMS ERROR: 0,75882 m



Σχήμα 3: Τοπογραφικός χάρτης: φύλλο ΣΙΤΟΧΩΡΙΟΝ (ΓΥΣ-1969)

4.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Γεωτεκτονικά, η περιοχή έρευνας τοποθετείται στη Σερβομακεδονική μάζα, στο νότιο περιθώριο της λεκάνης των Σερρών.

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ

Η Σερβομακεδονική μάζα τοποθετείται στην περιοχή δυτικά του Στρυμόνα από τα σύνορα μέχρι και τη Χαλκιδική σύμφωνα με έρευνες των Kockel & Walter (1965, 1968) και Mercier. Σύμφωνα με τα μοντέλα λιθοσφαιρικών πλακών που έχουν προταθεί μέχρι τώρα, η Σερβομακεδονική θεωρείται ηπειρωτική μάζα, τμήμα της Λαυρασίας μαζί με τη μάζα της Ρίλα – Ροδόπης.

Το κρυσταλλοσχιστώδες της Σερβομακεδονικής διαιρείται σε δύο μεγάλες ενότητες πετρωμάτων: την κατώτερη και αρχαιότερη ενότητα των **Κερδυλλίων** και την ανώτερη ενότητα του **Βερτίσκου**. Μεταξύ των δύο σειρών σύμφωνα με τους Kockel & Walter (1968) υπάρχει συμφωνία και ομαλή μετάβαση της κατώτερης προς την ανώτερη. Φαίνεται όμως πιο πιθανό ότι ανάμεσα στις δύο σειρές – ενότητες υπάρχει τεκτονική επαφή, η φύση και η σημασία της οποίας δεν έχει ακόμα διευκρινιστεί.

Ενότητα Κερδυλλίων :

Καταλαμβάνει την ανατολική Χαλκιδική μεταξύ των εκβολών του Στρυμόνα και του Στρατωνίου, έχει συνολικό πάχος περίπου 3.000 μέτρα και τα πετρώματά της συνιστούν τους βαθύτερους ορίζοντες της Σερβομακεδονικής μάζας και ίσως τους βαθύτερους ορίζοντες πετρωμάτων σε όλη την Ελλάδα. Αποτελείται κυρίως από μιγματικούς βιοιτικούς γνέυσιους, γρανατούχους διμαρμαρυγιακούς γνέυσιους, αμφιβολίτες, αμφιβολιτωμένους εκλογίτες και μάρμαρα.

Οι λιθολογικές εναλλαγές της ενότητας από τους ανώτερους ορίζοντες προς τους κατώτερους διατάσσονται ως εξής:

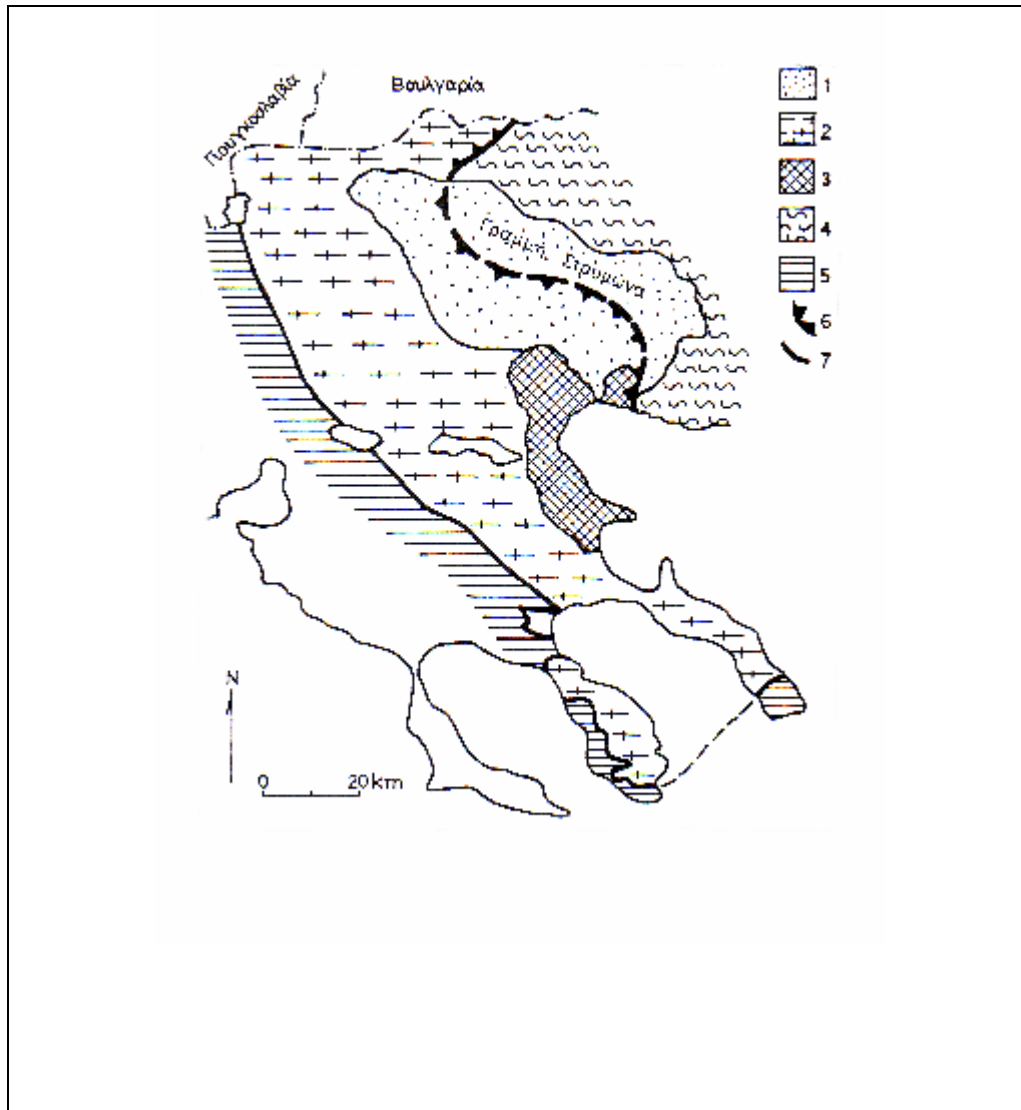
1. Ορίζοντας Ανώτερου μαρμάρου, πάχους 30 – 300 m με παρεμβολές βιοτιτικών γνευσίων, βιοτιτικών – κεροστιλβικών γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και ανφιβολιτών.
2. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων, πάχους 700 – 1000 m με παρεμβολές αμφιβολιτών και λεπτων ενστρώσεων μαρμάρων.
3. Ορίζοντας Ενδιάμεσου μαρμάρου, πάχους 10 – 200 m με παρεμβολές αμφιβολιτών και γνευσίων.
4. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων, πάχους περίπου 1000 m με παρεμβολές αμφιβολιτών και ασβεστοπυριτικών πετρωμάτων.
5. Ορίζοντας Κατώτερου μαρμάρου, πάχους μέχρι 150 m.
6. Ορίζοντας Βιοτιτικών γνευσίων, πάχους περίπου 700 m αποτελούμενος από μιγματικούς γνεύσιους και ορθοαμφιβολίτες.

Ενότητα Βερτίσκου :

Βρίσκεται δυτικά της σειράς των Κερδυλλίων, κατέχει τον κορμό της Χαλκιδικής και εκτείνεται προς Βορρά μέχρι των συνόρων. Συνίσταται από μία ακολουθία γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και λεπτών στρωμάτων μαρμάρων, ενώ στους ανώτερους ιδίως ορίζοντές της συμμετέχουν μεταγάββροι – μεταδιαβάσες και ορθοαμφιβολίτες, που προήλθαν από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών. Συχνά επίσης παρεμβάλλονται με τεκτονικές επαφές μέσα στα άλλα πετρώματα σερπεντινικά σώματα.

Επίσης, στην περιοχή του Λαγκαδά έχει εντοπιστεί μία μικρή εμφάνιση ιζημάτων μολασσικού τύπου ηλικίας Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου.

Η ηλικία των πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας προσδιορίζεται στο Παλαιοζωικό.



Σχήμα 4: Τεκτονικό σκαρίφημα της Σερβομακεδονικής μάζας. 1: Μεταλτικά ιζήματα της κοιλάδας του Στρυμών, 2: Σειρά του Βερτίσκου, 3: Σειρά των Κερδυλλίων, 4: Μάζα της Ροδόπης, 5: Περιοδοτική ζώνη, 6: Ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής (Γραμμή Στρυμών), 7: Δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής (Μουντράκης 1985)

4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΕΖΙΟΒΗ

Περίληπτικά οι σχηματισμοί της περιοχής μελέτης αναλύονται ως εξής:

Σχηματισμοί υποβάθρου

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

Σχηματισμός Βερτίσκου: (πάχος > 2000 μ). Αποτελείται από διμαρμαρυγικούς γνεύσιους, σκοτεινότεφρους ή καστανούς, λεπτόκοκκους έως μεσόκοκκους, με γνευσιακό ή σχιστώδη ιστό, Παλαιοζωικής ηλικίας.

Σχηματισμός Κερδυλλίων: (πάχος > 2800 μ) .Αποτελείται από ορίζοντες μαρμάρων και βιοιτικούς γνεύσιους.

Εκρηξιγενή πετρώματα: Περιλαμβάνουν πηγματοειδή υλικά, γρανίτες, χαλαζιακούς διορίτες, γάββρους, υπερβασικά πετρώματα και σχιστολίθους.

Σχηματισμοί Καινοζωικού

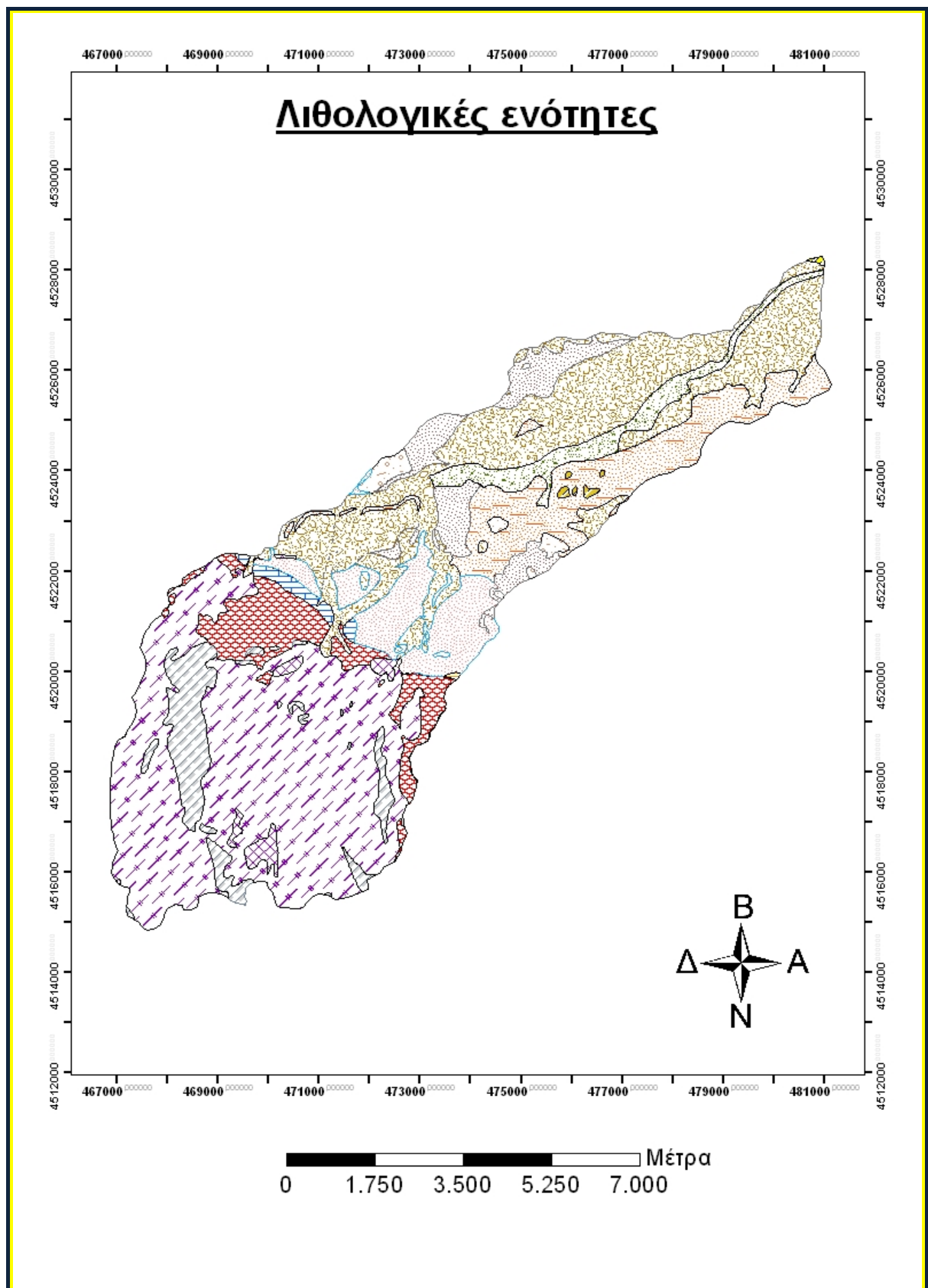
Νεογενείς αποθέσεις

Περιλαμβάνουν τα στρώματα Τερπνής (κροκαλοπαγή, άμμοι, αμμούχοι άργιλοι πάχους 70μ), άμμους, στρώματα Αηδονοχωρίου (πρασινόφαια κροκαλοπαγή, αμμούχες άργιλοι πάχους 35μ), λεπτοστρωματώδης ιλύς, αργιλικοί σχιστόλιθοι, μάργες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, στρώματα Δαφνίου (ασβεστόλιθοι, ασβεστιτική άμμος και ψαμμίτης πάχους 4 – 60 μ), πετρώματα βασικής σειράς και ψαμμιτο-ασβεστολιθικής φάσης. Στα παραπάνω βρέθηκαν απολιθώματα ασπονδύλων, όπως : Dreisenidae, Limnocardiidae, Pentionella acuminate, Gaspiolla balcanica, Ostreidae, Borelis melo, τρηματοφόρα και κοράλλια.

Τεταρτογενείς αποθέσεις

Πλειστοκαινικές αποθέσεις: Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται από το κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων με χάλικες και αμμούχες αργίλους. Στη συνέχεια αποτίθεται το ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων με άμμους ή χάλικες. Ακόμη, οι αποθέσεις περιλαμβάνουν κάλυμμα πηλού και άμμο με *Ostreidae*.

Ολοκαινικές αποθέσεις: Οι αποθέσεις αυτές αντιπροσωπεύονται από τα ιζήματα Βρωμολίμνης (λιμναίες αμμούχοι άργιλοι, ιλύς και άμμοι), προσχώσεις κοιλάδων (αμμούχες άργιλοι και χάλικες), ιζήματα λιμνοθάλασσας, πλευρικά κορήματα, αιολικές άμμους, κατολισθέντες βράχους και ριπίδια προσχώσεων.

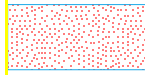


Σχήμα 5 : Λιθολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής

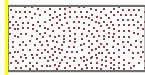
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

lithoCopy

περιγραφή



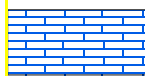
Άμμοι και ψαμμίτες



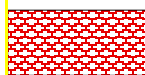
Άμμος



Ανώτερος ορίζοντας μαρμάρου



Ασβεστολιθική φάση



Βασική σειρά



Βιοτιτικός γνεύσιος



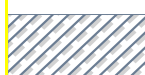
Σύγχρονα λιμναία ιζήματα Αχινού(ιλύς,αμμούχες άργιλοι και άμμοι)



Ψαμμιτο-ασβεστολιθική σειρά (άμμος,ψαμμίτης,ασβεστόλιθος)



κάλυμμα πηλού



κατώτερος ορίζοντας μαρμάρου



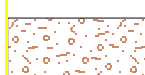
λεπτοστρωματώδης ιλύς,αργιλικοί σχιστόλιθοι



πλαγιοκλαστικός - μικροκλινικός γνεύσιος



προσχώσεις κοιλάδων (κυρίως χάλικες)



στρώματα Αηδονοχωρίου (κροκαλοπαγή και άμμοι)



χάλικες

Εμβαδά των γεωλογικών σχηματισμών που περιέχονται στη λεκάνη απορροής του Εζιόβη:

Πετρώματα	Εμβαδόν (km ²)
Άμμοι και Ψαμμίτες	4.82
Άμμοι	3.77
Ανώτερος ορίζοντας μαρμάρου	0.02
Στρώματα Αηδονοχωρίου	0.75
Σύγχρονα λιμναία ιζήματα λίμνης Αχινού	0.03

Προσχώσεις κοιλάδων	2.55
Χάλικες	16.88
Ψαμμιτο-ασβεστολιθική φάση	0.03
Πλαγιокλαστικός – Μικροκλινικός Γνεύσιος	0.76
Λεπτοστρωματώδης Ιλύς, αργιλικοί σχιστόλιθοι	7.22
Κατώτερος ορίζοντας μαρμάρου	3.70
Κάλυμμα πηλού	0.13
Βιοτιτικός Γνεύσιος	24.50
Βασική σειρά	4.50
Ασβεστολιθική φάση	0.58
Συνολικό Εμβαδόν Πετρωμάτων	70.10

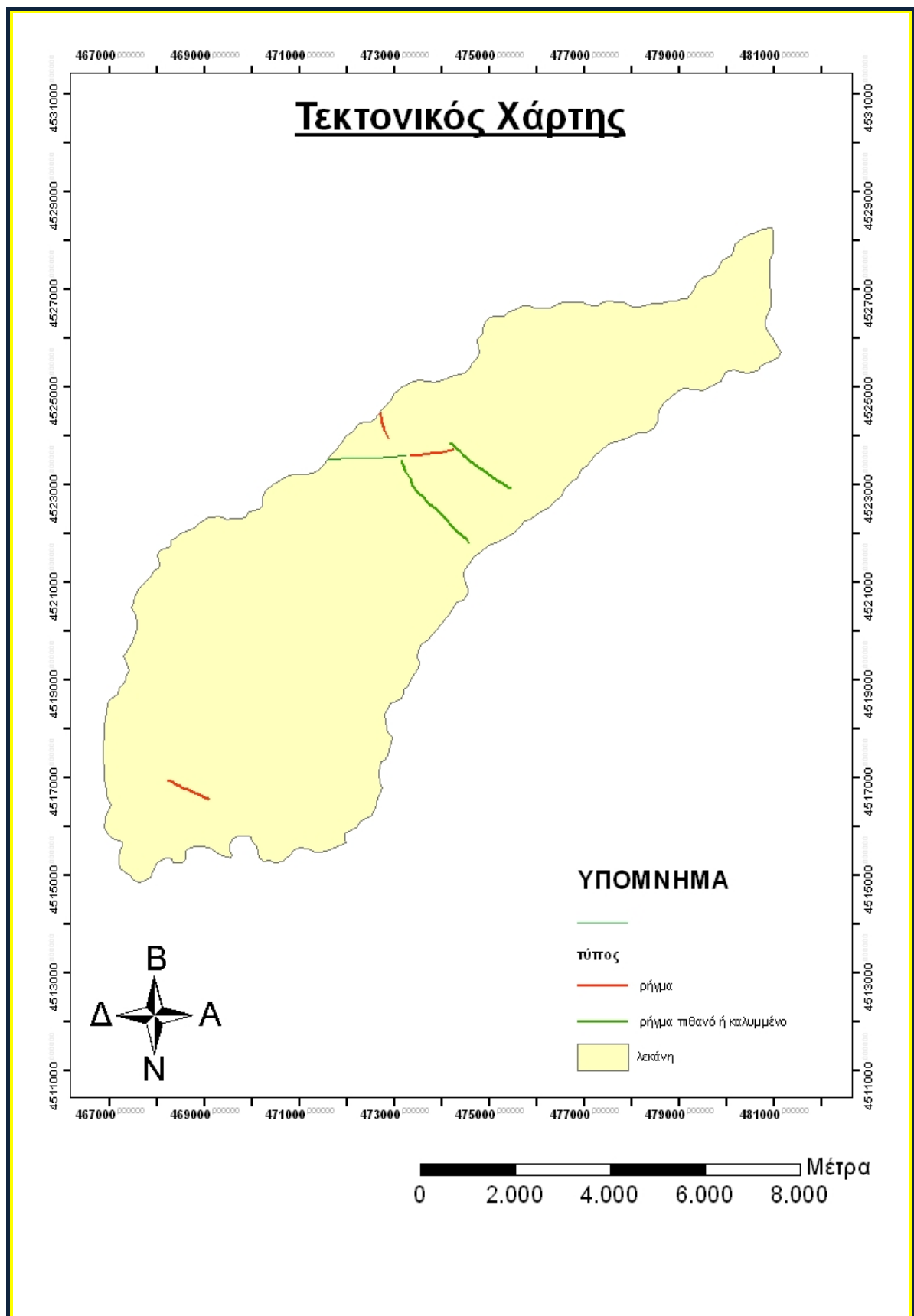
5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Μεταξύ των μαζών Ροδόπης και Σερβομακεδονικής παρεμβάλλεται η μεγάλη λεκάνη του ποταμού Στρυμόνα, πλάτους πολλών χιλιομέτρων, η οποία πληρούται από μεγάλου πάχους (περίπου 2 Km) Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων. Οι αποθέσεις αυτές καλύπτουν την επαφή των δύο κρυσταλλοσχιστωδών μαζών και δεν επιτρέπουν τη σωστή μελέτη της σχέσης μεταξύ αυτών.

Έτσι η επαφή των μαζών σε λίγες μόνο θέσεις είναι προσιτή στην παρατήρηση και από τη μελέτη των θέσεων αυτών είχε για πολλά χρόνια επικρατήσει η άποψη ότι η Σερβομακεδονική εφίππευει τη Ροδόπη από ΒΔ προς ΝΑ. Συγκεκριμένα στον ελληνικό χώρο άμεση επαφή μεταξύ των δύο μαζών αποκαλύπτεται σε δύο σημεία. Η πρώτη επαφή, η βορειότερη, βρίσκεται κοντά στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα στο όρος Άγγιστρο (χωριό Προμαχών) και η δεύτερη, η νοτιότερη, στην περιοχή ανατολικά των εκβολών του Στρυμόνα μεταξύ των χωριών Κάτω Λακοβίκια και Παλαιοκώμη.

Οι δύο αυτές θέσεις επαφής των δύο μαζών εντάχτηκαν σε μία μεγάλη τεκτονική γραμμή μήκους πολλών χιλιομέτρων που ονομάστηκε « Γραμμή του Στρυμόνα» διότι γενικά ακολουθεί την κοιλάδα του ποταμού Στρυμόνα από τις νεογενείς – τεταρτογενείς αποθέσεις της οποίας καλύπτεται.

Σήμερα, η γενικότερα αποδεκτή άποψη δέχεται ότι η τεκτονική γραμμή του Στρυμόνα και η εξαιτίας αυτής δημιουργία της ομώνυμης λεκάνης, είναι αποτέλεσμα της εφελκυστικής τεκτονικής του Τριτογενούς διεύθυνσης προς τα ΝΔ. Η λεκάνη έχει σπουδαιότητα για τον ελληνικό γεωλογικό χώρο, γιατί σε αυτή έχει εντοπιστεί σημαντικό γεωθερμικό πεδίο που ενισχύει την άποψη ότι πρόκειται για μία πρόσφατα ενεργή τεκτονική γραμμή.



Σχήμα 6 : Τεκτονικός χάρτης της λεκάνης απορροής

Παρακάτω παραθέτονται τα μήκη των ρηγμάτων στα πετρώματα:

Πετρώματα	Μήκος Ρηγμάτων (km)
Άμμοι και Ψαμμίτες	0.00
Άμμοι	2.54
Ανώτερος ορίζοντας μαρμάρου	0.00
Στρώματα Αηδονοχωρίου	0.00
Σύγχρονα λιμναία ιζήματα λίμνης Αχινού	0.00
Προσχώσεις κοιλάδων	0.21
Χάλικες	1.61
Ψαμμιτο-ασβεστολιθική φάση	0.00
Πλαγιοκλαστικός – Μικροκλινικός Γνεύσιος	0.00
Λεπτοστρωματώδης Ιλύς, αργιλικοί σχιστόλιθοι	2.11
Κατώτερος ορίζοντας μαρμάρου	0.00
Κάλυμμα πηλού	0.00
Βιοτιτικός Γνεύσιος	0.98
Βασική σειρά	0.00
Ασβεστολιθική φάση	0.00
Συνολικό Άθροισμα Μήκους Ρηγμάτων	7.45

6. ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο κλιματικός τύπος της ευρύτερης περιοχής μελέτης, με βάση την ταξινόμηση Köppen χαρακτηρίζεται ως τύπος κλίματος Csa, δηλαδή μεσογειακός τύπος κλίματος ή μεσόθερμος τύπος κλίματος με ξηρό και θερμό θέρος καθώς και ήπιους και υγρούς χειμώνες.

Το κλίμα της περιοχής αποτελεί μία μετάβαση από το μεσογειακό προς το ηπειρωτικό, ενώ οι οροσειρές που εκτείνονται από Δύση προς Ανατολή δρουν σαν ασπίδες στους ψυχρούς βόρειους ανέμους. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15,2° C, η μέση ανώτερη θερμοκρασία είναι 24,7° C και η μέση κατώτερη 5,6° C. Το μήνα Αύγουστο παρατηρείται η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία και το μικρότερο ύψος βροχής, ενώ το μήνα Ιανουάριο η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία.

Κλιματική κατάταξη κατά Köppen

Το κλιματικό σύστημα του Köppen βασίζεται κατά στο ποσό της βροχής σε ετήσια βάση και στην κατανομή αυτού μέσα στον χρόνο και στα μεγέθη της θερμοκρασίας σε ετήσια και μηνιαία βάση. Τα δύο αυτά κλιματικά στοιχεία εξεταζόμενα χωριστά και μαζί αποτελούν το πλαίσιο για τις διάφορες υποδιαιρέσεις του κλίματος.

Χρησιμοποιούνται πέντε κύριες και βασικές κατηγορίες κλιμάτων με τα εξής χαρακτηριστικά θερμοκρασίας.

A: Τροπικά κλίματα, θερμές όλες οι εποχές, μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα 18°C και μεγαλύτερη.

B: Ξηρά κλίματα, δεν υπάρχουν θερμοκρασιακοί περιορισμοί.

C: Μεσόθερμα ή θερμά εύκρατα βροχερά κλίματα με ήπιους χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη των 10°C και του ψυχρότερου μήνα είναι μεταξύ 18°C και 0°C.

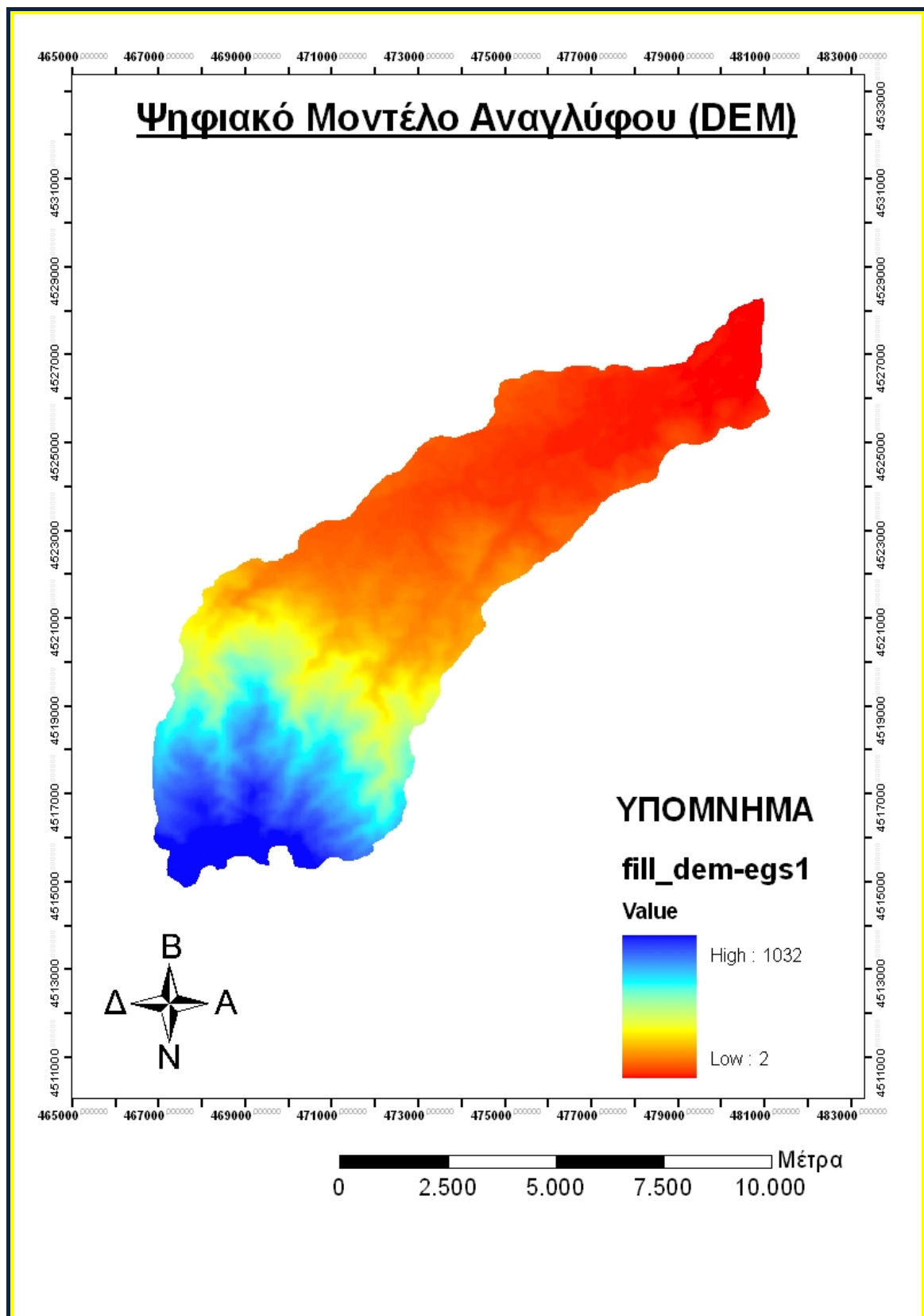
D: Μικρόθερμα ή κλίματα ψυχρού βροχερού δάσους με δριμείς χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη των 10°C και του ψυχρότερου είναι 0°C και μικρότερη.

E: Αρκτικά ή πολικά κλίματα. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μικρότερη των 10°C. (Μπαλαφούτης, Χ., Μαχαίρας, Π. 1985)

7. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

7.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ (DEM)

Τα Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου (Digital Elevation Model – DEM) αποτελούν τον πιο διαδεδομένο και συνηθέστερο τρόπο απεικόνισης του αναγλύφου της γήινης επιφάνειας. Το DEM είναι μια αναπαράσταση μορφής καννάβου (raster) μιας συνεχούς επιφάνειας, η οποία στις Γεωεπιστήμες συνήθως αναφέρεται στην επιφάνεια της Γης. Στη συγκεκριμένη εργασία το DEM αναφέρεται στο ανάγλυφο της περιοχής μελέτης και έχει ως βάση δημιουργίας του τις ισοϋψείς καμπύλες.



Σχήμα 7 : Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM)

7.2 ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

Η κλίση του αναγλύφου είναι το πιο ευρέως διαδεδομένο τοπογραφικό μέγεθος και πολύ μεγάλης σημασίας για κάθε γεωμορφολογική έρευνα. Η κλίση επηρεάζει το ρυθμό ροής του νερού και των φερτών υλικών που αυτό μεταφέρει, ελέγχοντας την ενέργεια του νερού κατά την κίνηση του στα κατάντη (Zevenbergen και Thorne 1987).

Η ενέργεια της ροής ελέγχεται από την κλίση της επιφάνειας. Ως κλίση, ορίζεται η μέγιστη μεταβολή του υψομέτρου σε κάθε σημείο μιας επιφάνειας. Η αύξηση της κλίσης μιας επιφάνειας οδηγεί σε μεγαλύτερη ενέργεια για την κίνηση του νερού. Με την αύξηση της ενέργειας ενός ρέματος όμως, μεγαλώνει και η μεταφορική του ικανότητα, αναφορικά με τον αριθμό και το μέγεθος των σωματιδίων που αυτό μπορεί να μεταφέρει. Έτσι, οι πιο απότομες κλιτύς παρουσιάζουν και ένα μεγαλύτερο δυναμικό για διάβρωση. (Demek 1972)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, λαμβάνοντας υπόψη την ταξινόμηση των κλίσεων του αναγλύφου σε έξι (6) κύριες κατηγορίες από την Επιτροπή Γεωμορφολογικής Έρευνας και Χαρτογράφησης (Commision on Geomorphological survey and Mapping) της Διεθνούς Γεωγραφικής Ένωσης (IGU-International Geographical Union) (Demek 1972) υπολογίσθηκε το ποσοστό επί τοις εκατό της κλίσης των κλιτύων της λεκάνης απορροής του παραπόταμου Εζιόβη και σχεδιάστηκε ο χάρτης κλίσεων του αναγλύφου.

Κλίση 0 – 2° (0 – 3,5%)

Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (πλημμυρικά πεδία, επιφάνειες επιπέδωσης, αναβαθμίδες).

Έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος.

Απουσία προβλημάτων στις ανθρώπινες δραστηριότητες (μεταφορές, οικοδόμηση, γεωργία, υλοτομία).

Κλίση 2 – 5° (3,5 – 8,7%)

Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (πρόποδες κοιλάδων, περιοχές τελικών μοραίων, κλιτύες θινών).

Διάβρωση καλύμματος και έναρξη αυλακωτής διάβρωσης. Σε περιοχές φυτοκάλυψης παρατηρείται έναρξη ερπυσμού εδαφών. Μέτρα προστασίας του εδάφους στις καλλιεργούμενες περιοχές.

Ελαφριά δυσκολία στη μετακίνηση των οχημάτων, δυνατότητα εποίκισμού και λειτουργίας βιομηχανιών. Καλλιέργεια δυνατή με τη χρήση μηχανημάτων. Προτεινόμενη η καλλιέργεια κατά τις ισουψείς.

Κλίση 5 – 15° (8,7 – 26,8%)

Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων, τεκτονικές αναβαθμίδες).

Κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή, έντονες διαβρωτικές διεργασίες σε περιοχές μειωμένης φυτοκάλυψης αλλά έναρξη τους και σε περιοχές έντονης φυτοκάλυψης. Πιθανές ολισθήσεις εδαφους και ερπυσμός. Στις 15° (26,8%) βρίσκεται η κρίσιμη γωνία για το σχηματισμό πλήρους εδαφικού ορίζοντα.

Σημαντικές δυσκολίες στην κατασκευή δρόμων και στη μετακίνηση οχημάτων. Αδύνατη η καλλιέργεια δίχως τη χρήση αναβαθμίδων. Δυσκολίες στη χρήση γεωργικών μηχανημάτων.

Κλίση 15 – 35° (26,8 – 70%)

Απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων μεσαίων όρεων).

Έντονες διεργασίες απογύμνωσης πάσης φύσεως, ερπυσμοί εδαφών, λασπορροές, πολύ έντονη αυλακωτή και γραμμική διάβρωση τόσο σε γυμνές όσο και σε καλυμμένες (δάση) περιοχές.

Δυνατή η μετακίνηση μόνο με ερπυστριοφόρα μηχανήματα. Αδύνατη η καλλιέργεια, δυσχερής η υλοτομία. Περιοχή δασών και βοσκοτόπων.

Κλίση 35 – 55° (70 – 135%)

Απόκρημνο ανάγλυφο (απότομες κλιτύες κοιλάδων υψηλών όρεων, κλιτύες σχηματισμών hogbacks, κλιτύες ασβεστολιθικών φαραγγιών).

Πολύ λεπτό, ασυνεχές στρώμα εδάφους, έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος, ισχυρότατη έκθεση στους παράγοντες διάβρωσης και της βαρύτητας. Αδύνατη η προσπέλαση. Περιοχή δασών, όριο εκμετάλλευσης της υλοτομίας.

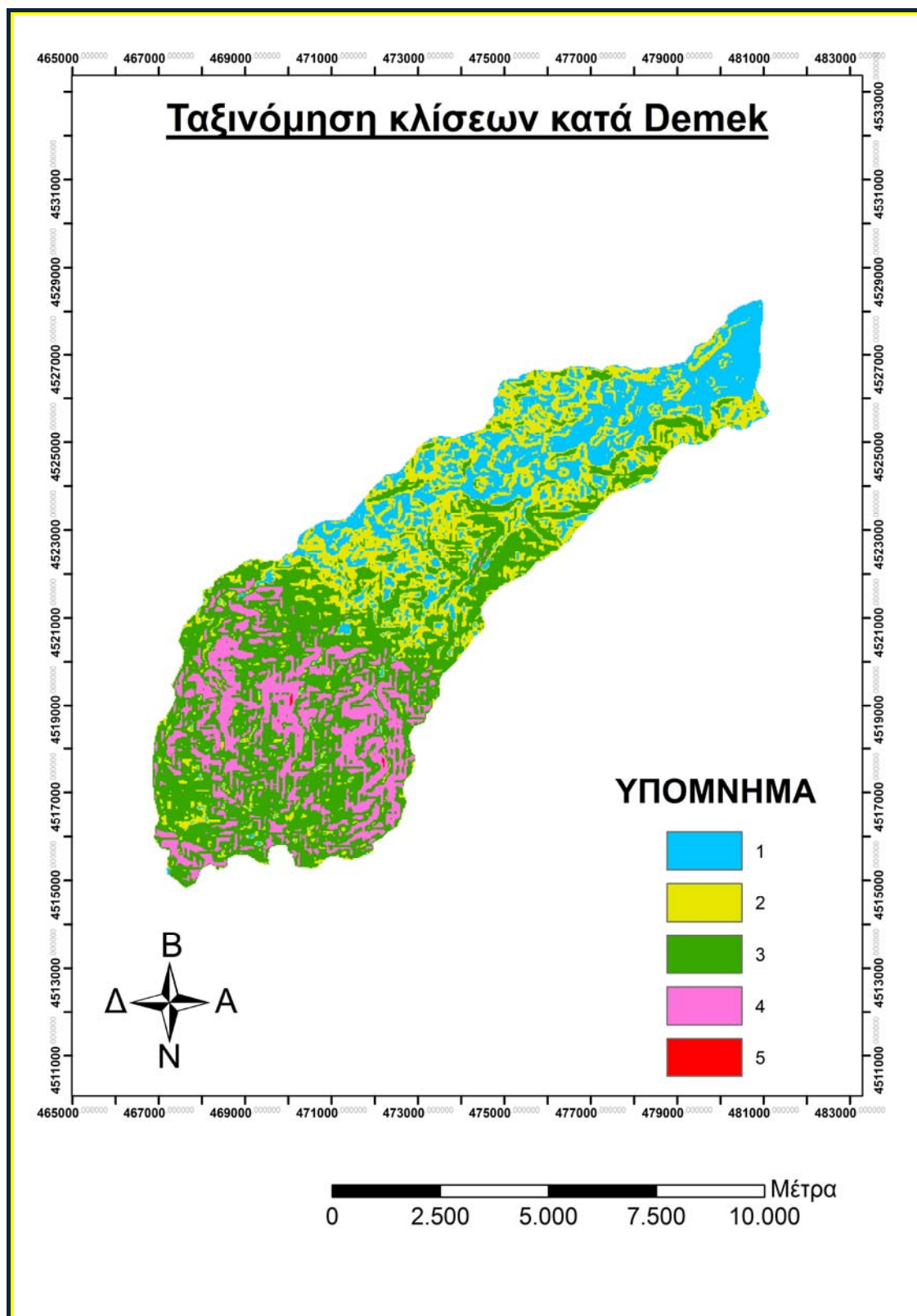
Κλίση > 55° (> 135%)

Κάθετο ανάγλυφο (κάθετες κλιτύες σε περιοχές ψαμμιτικών και ασβεστολιθικών όρεων).

Απουσία εδάφους. Απογύμνωση των εκτεθειμένων πετρωμάτων, κατάρρευση βράχων. Αδύνατη η οικονομική εκμετάλλευση. Αναρρίχηση. Κίνδυνος πτώσης βράχων στα κατόντη.

Παρακάτω παραθέεται η ταξινόμηση των κλιτύων κατά Demek και η έκταση που καταλαμβάνουν:

Κλίσεις	Εμβαδόν (km ²)
0 – 2°	13.16
2 – 5°	17.01
5 – 15°	29.33
15 – 35°	10.58
35 – 55°	0.02
Συνολικό Εμβαδόν	70.10



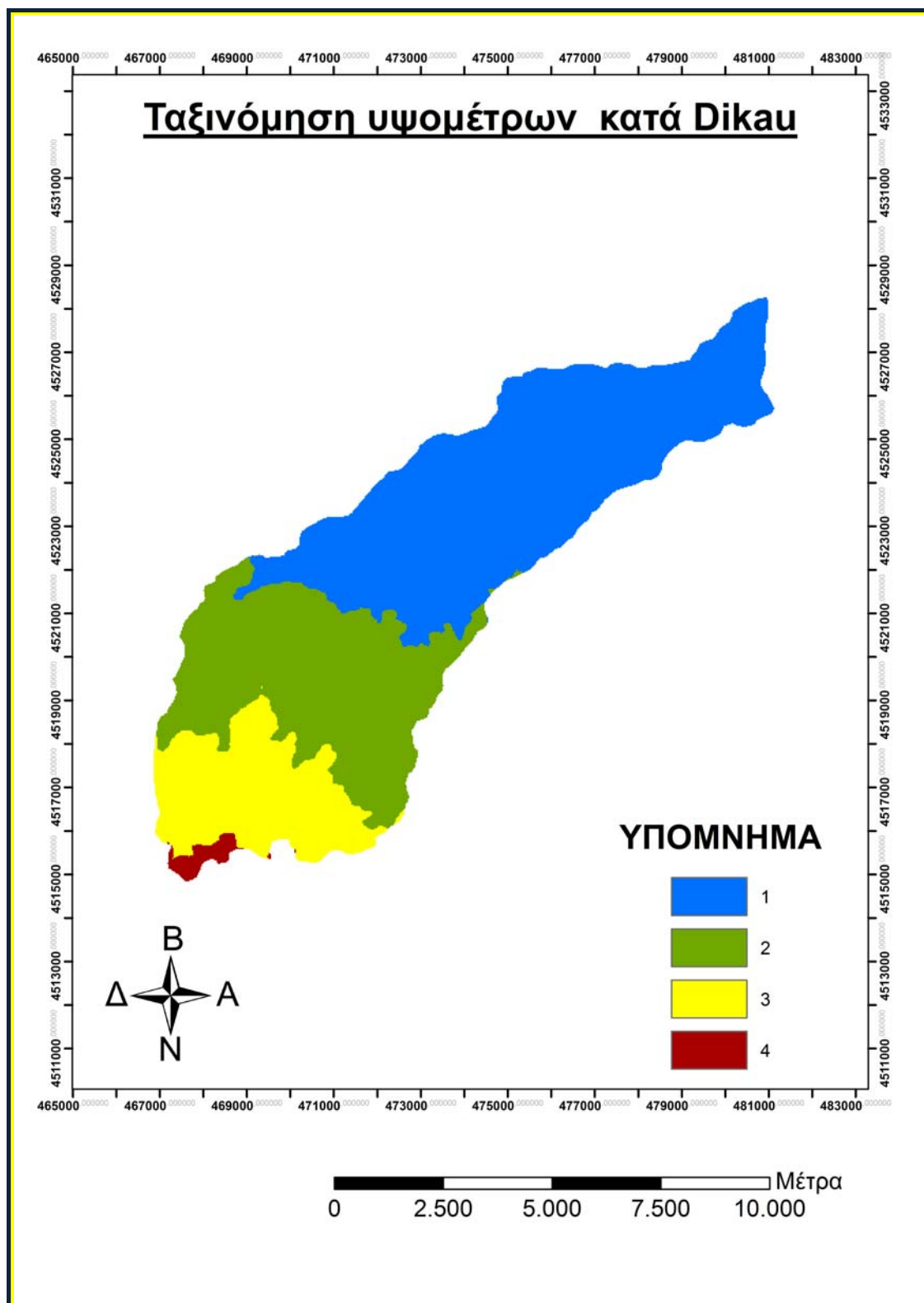
Σχήμα 8 : Ταξινόμηση κλίσεων κατά Demek

Ταξινόμηση κατά Δίκαι

0 – 150 m	Πεδινή
150 – 600 m	Λοφώδης
600 – 900 m	Ημιορεινή
> 900 m	Ορεινή

Ο πίνακας περιλαμβάνει τα ταξινομημένα υψόμετρα κατά Δίκαι και την έκταση που καταλαμβάνουν:

Κλάσεις	Εμβαδόν (km ²)
1 ^η 0 – 150 m	22.11
2 ^η 150 – 600 m	35.30
3 ^η 600 – 900 m	11.88
4 ^η > 900 m	0.81
Συνολικό Εμβαδόν Κλάσεων	70.10



Σχήμα 9 : Ταξινόμηση υψομέτρων κατά Dikai

8.1 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελεί θεμελιώδη γεωμορφολογικό παράγοντα και η ανάπτυξη, μορφή και λειτουργία του έχουν μελετηθεί από διάφορους ερευνητές.

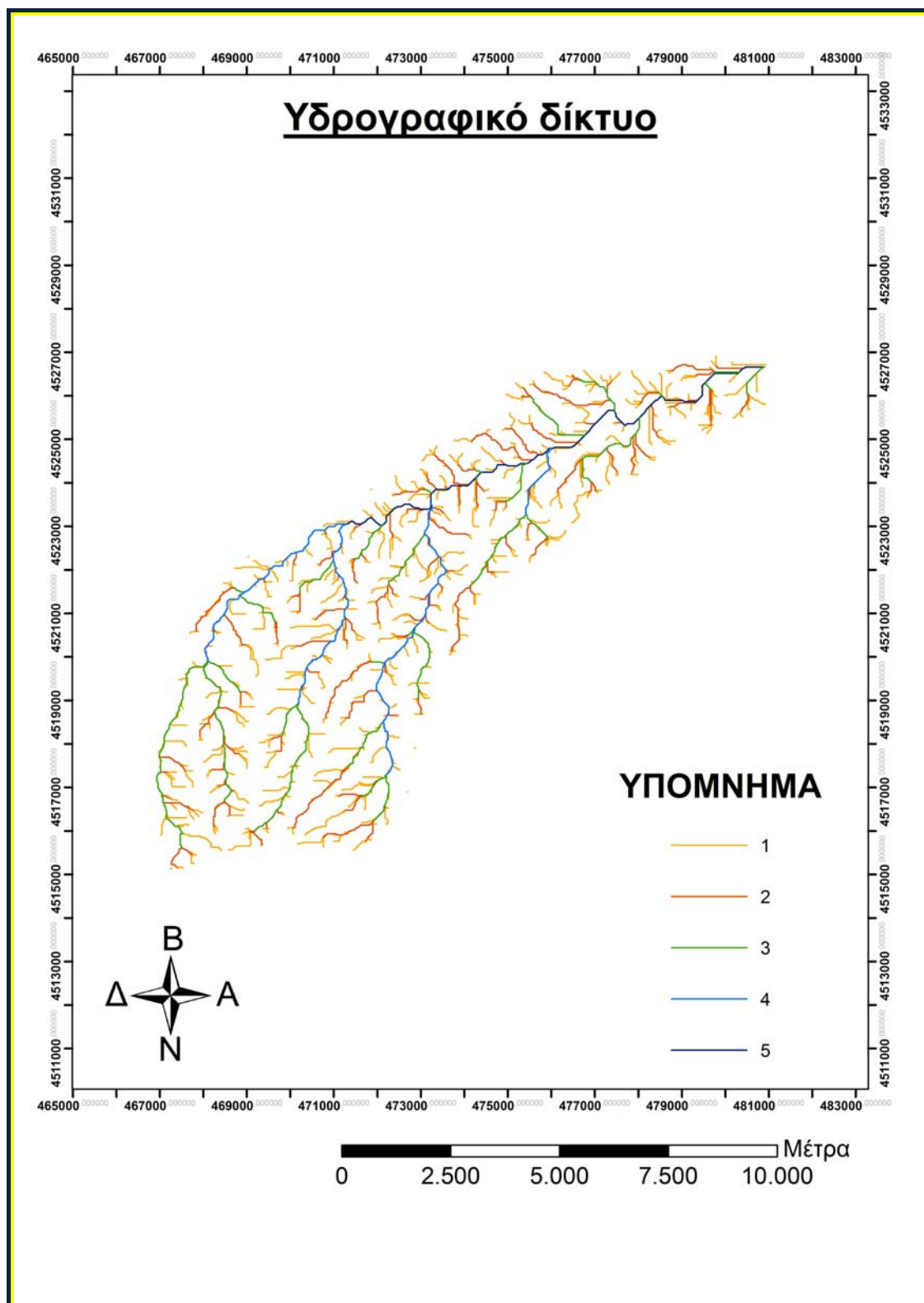
Ως **υδρογραφικό δίκτυο** χαρακτηρίζεται το σύνολο των ρεμάτων τα οποία αποστραγγίζουν μια λεκάνη απορροής.

Στην παρούσα εργασία η ταξινόμηση των κλάδων του δικτύου έγινε με τη μέθοδο του Strahler. Μετρήθηκαν υδρογραφικοί κλάδοι, 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης. Το συνολικό άθροισμα του μήκους των κλάδων βρέθηκε ότι ισούται με 266.38 km.

Στην περιοχή μελέτης, το υδρογραφικό δίκτυο ψηφιοποιήθηκε από τον τοπογραφικό χάρτη της Γ.Υ.Σ., φύλλο ΣΙΤΟΧΩΡΙΟΝ (1970), κλίμακας 1:50.000.

Μήκος υδρογραφικών κλάδων ανάλογα με την τάξη τους:

Κλάδοι	Μήκος (km)
1 ^{ης} τάξης	134.60
2 ^{ης} τάξης	61.51
3 ^{ης} τάξης	12.26
4 ^{ης} τάξης	38.17
5 ^{ης} τάξης	19.84
Συνολικό Άθροισμα Μήκους Κλάδων	266.38



Σχήμα 10 : Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης απορροής

Συσχέτιση λιθολογικών σχηματισμών και μήκους υδρογραφικού δικτύου:

Πετρώματα	Μήκος Υδρογραφικού δικτύου (km)
Άμμοι και ψαμμίτες	14.96
Άμμος	10.05
Ανώτερος ορίζοντας μαρμάρου	0.03
Στρώματα Αηδονοχωρίου	1.16
Σύγχρονα λιμναία ιζήματα Αχινού	0.00
Προσχώσεις κοιλάδων	14.16
Χάλικες	86.25
Ψαμμιτοασβεστολιθική φάση	0.00
Πλαγιοκλαστικός – μικροκλινικός γνεύσιος	1.72
Λεπτοστρωματώδης ιλύς, αργιλικοί σχιστόλιθοι	24.09
Κατώτερος ορίζοντας μαρμάρου	16.87
Κάλυμμα πηλού	0.10
Βιοτιτικός γνεύσιος	84.02
Βασική σειρά	10.92
Ασβεστολιθική φάση	2.05
Συνολικό Άθροισμα Υδρογραφικού Δικτύου	266.38

8.2 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η υδρογραφική πυκνότητα χαρακτηρίζεται ως ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό του αναγλύφου. Η ανάπτυξη και η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου αντανακλούν τη λιθολογία, την τοπογραφία, την εδαφολογία, την επικρατούσα βλάστηση και τις κλιματολογικές συνθήκες μιας περιοχής αποτελώντας έναν πολύτιμο δείκτη (Gregory και Walling 1973, Αστάρας 1980).

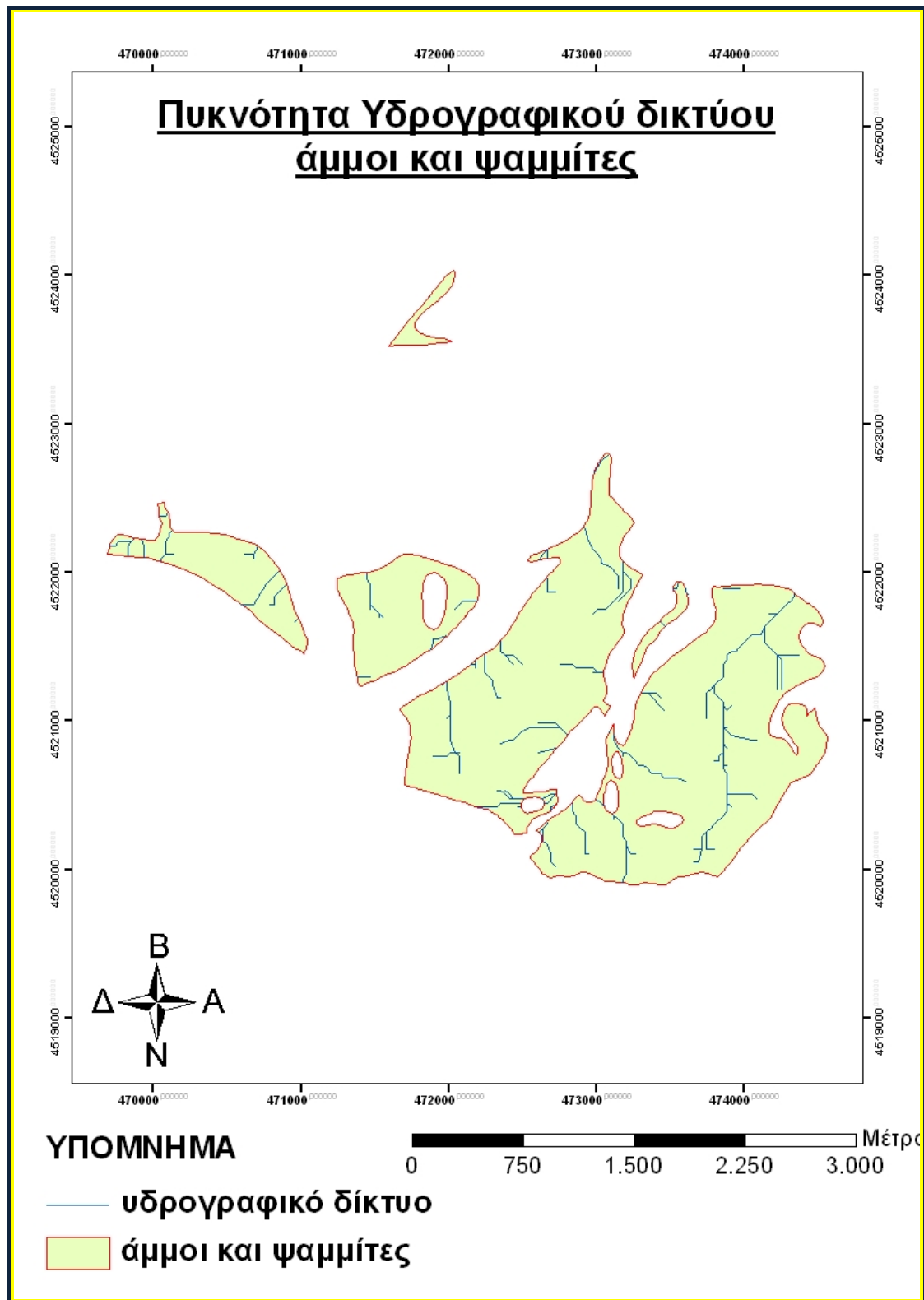
Σύμφωνα με τον Horton (1945), η υδρογραφική πυκνότητα ορίζεται ως το μήκος των ρεμάτων ανά μονάδα επιφάνειας της λεκάνης απορροής και παραμένει ανεξάρτητη της συνολικής τάξης του υδρογραφικού δικτύου.

Η υδρογραφική πυκνότητα χαρακτηρίζει σε μεγάλο βαθμό την περιοχή για την οποία υπολογίζεται. Έχει παρατηρηθεί πως περιοχές υδατοπερατών πετρωμάτων, ήπιου αναγλύφου, έντονης φυτοκάλυψης και χαμηλής έντασης βροχοπτώσεων χαρακτηρίζονται από χαμηλές τιμές υδρογραφικής πυκνότητας (μέχρι 5 km/km²). Αντίθετα, σε περιοχές αδιαπέρατων πετρωμάτων, απότομου αναγλύφου και μεγάλης έντασης βροχοπτώσεων, υπολογίζονται μεγάλες τιμές υδρογραφικής πυκνότητας (πάνω από 20 km/km²). Τέλος, εξαιρετικά μεγάλες τιμές υδρογραφικής πυκνότητας παρατηρούνται σε περιοχές που παρουσιάζουν έντονη χαραδρωτική διάβρωση τύπου Badlands (έως και 800 km/km²), όπου βέβαια υπάρχουν τέτοιες περιοχές. (Φουρνιάδης 2002)

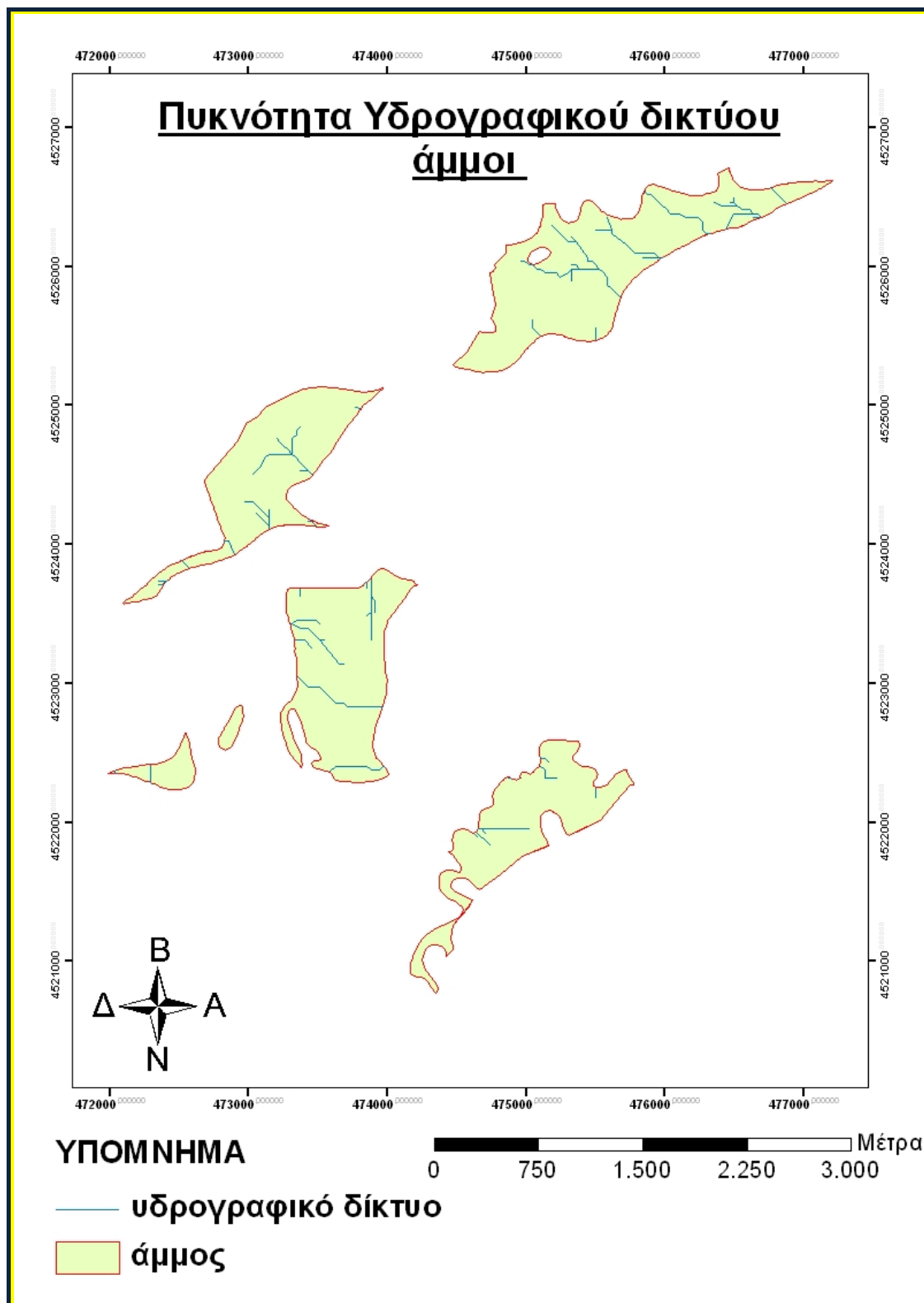
Στην παρούσα εργασία, το συνολικό άθροισμα της υδρογραφικής πυκνότητας είναι 40.13 km/km².

Υδρογραφική πυκνότητα λιθολογικών σχηματισμών:

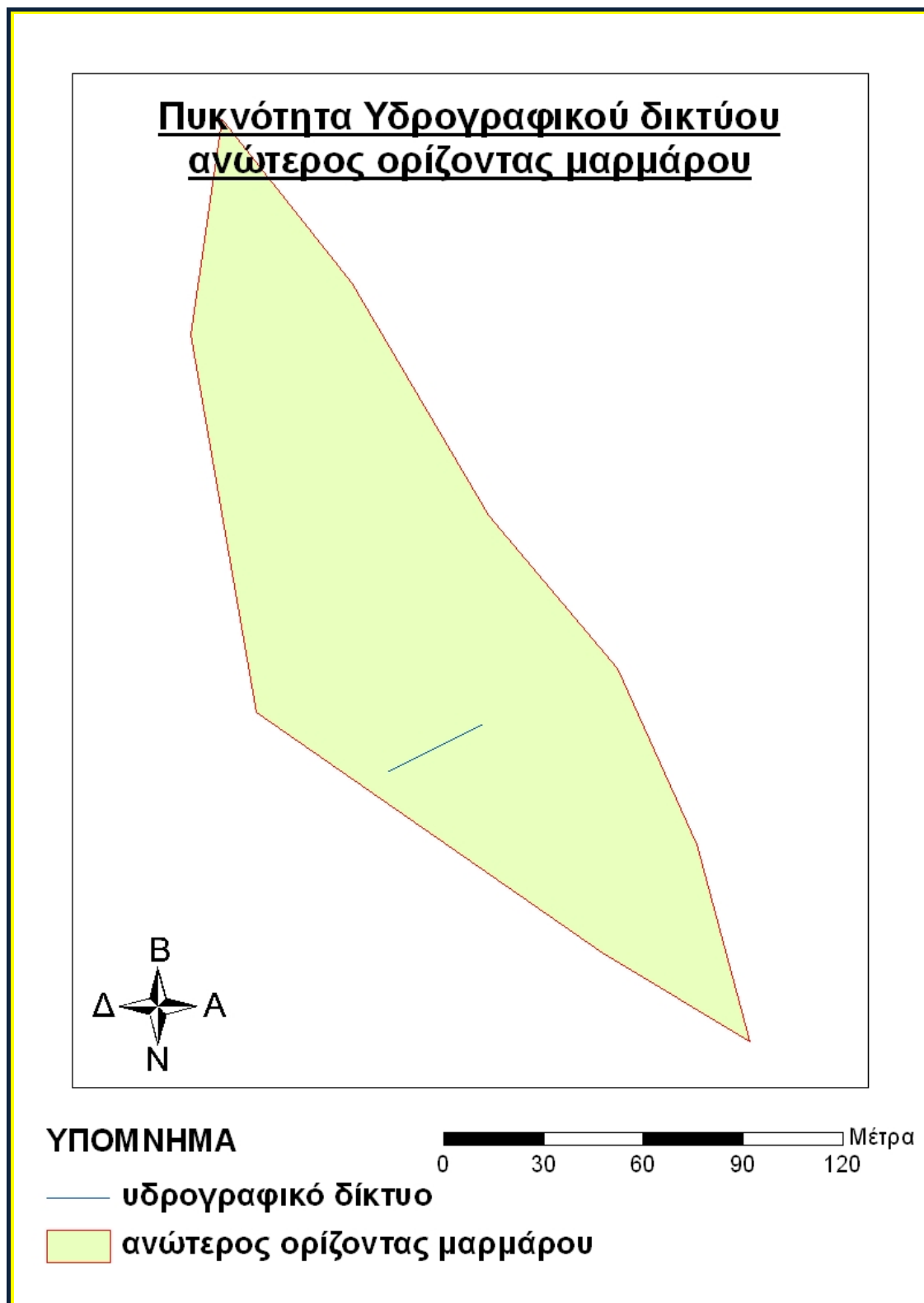
Πετρώματα	Υδρογραφική Πυκνότητα (km/km ²)
Άμμοι και ψαμμίτες	3.10
Άμμος	2.66
Ανώτερος ορίζοντας μαρμάρου	1.78
Στρώματα Αηδονοχωρίου	1.55
Σύγχρονα λιμναία ιζήματα Αχινού	0.00
Προσχώσεις κοιλάδων	5.55
Χάλικες	5.11
Ψαμμιτοασβεστολιθική φάση	0.00
Πλαγιокλαστικός – μικροκλινικός γνεύσιος	2.27
Λεπτοστρωματώδης ιλύς, αργιλικοί σχιστόλιθοι	3.34
Κατώτερος ορίζοντας μαρμάρου	4.56
Κάλυμμα πηλού	0.80
Βιοτιτικός γνεύσιος	3.43
Βασική σειρά	2.43
Ασβεστολιθική φάση	3.55
Συνολικό Άθροισμα Υδρογραφικής Πυκνότητας	40.13



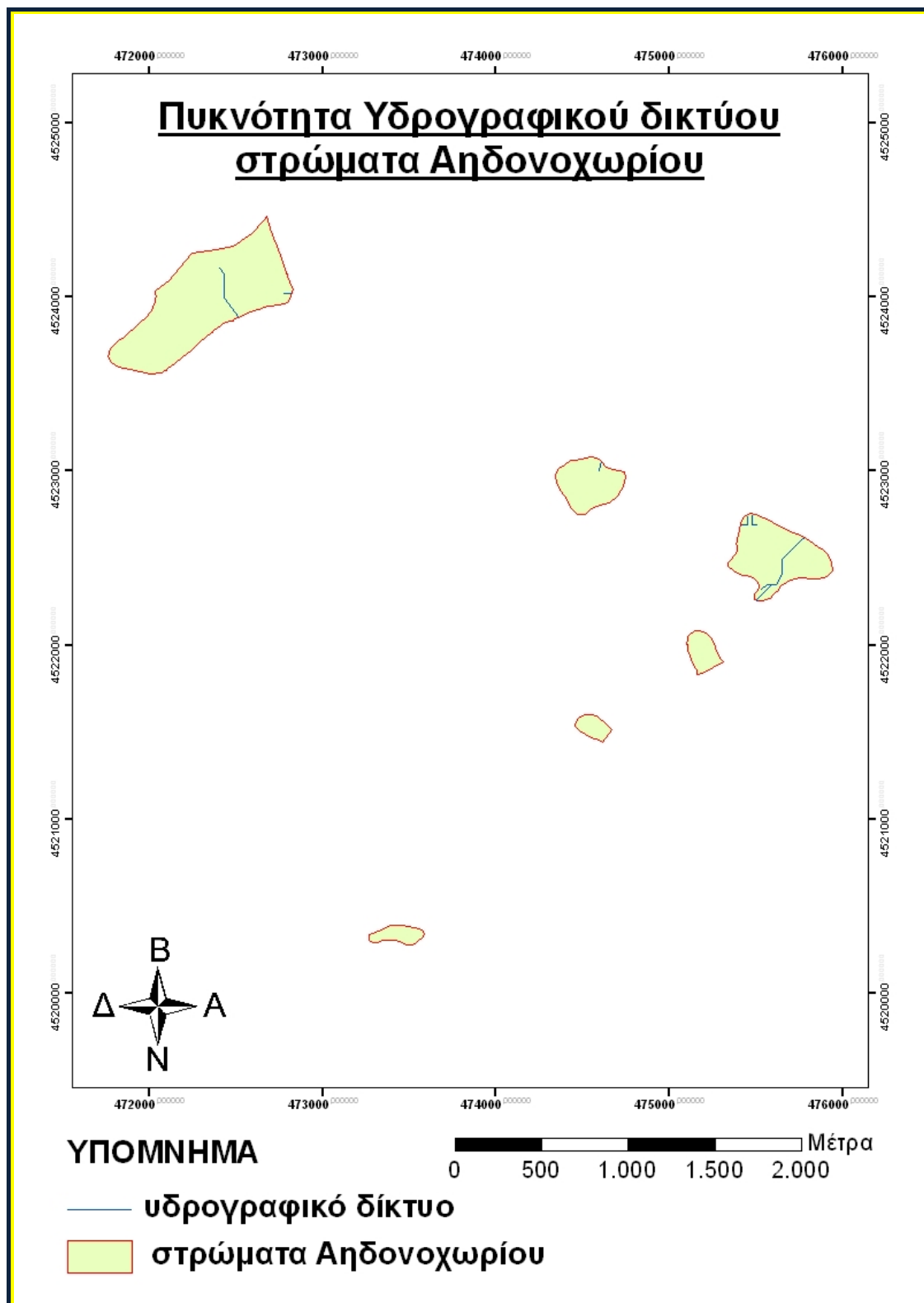
Σχήμα 11 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – άμμοι και ψαμμίτες



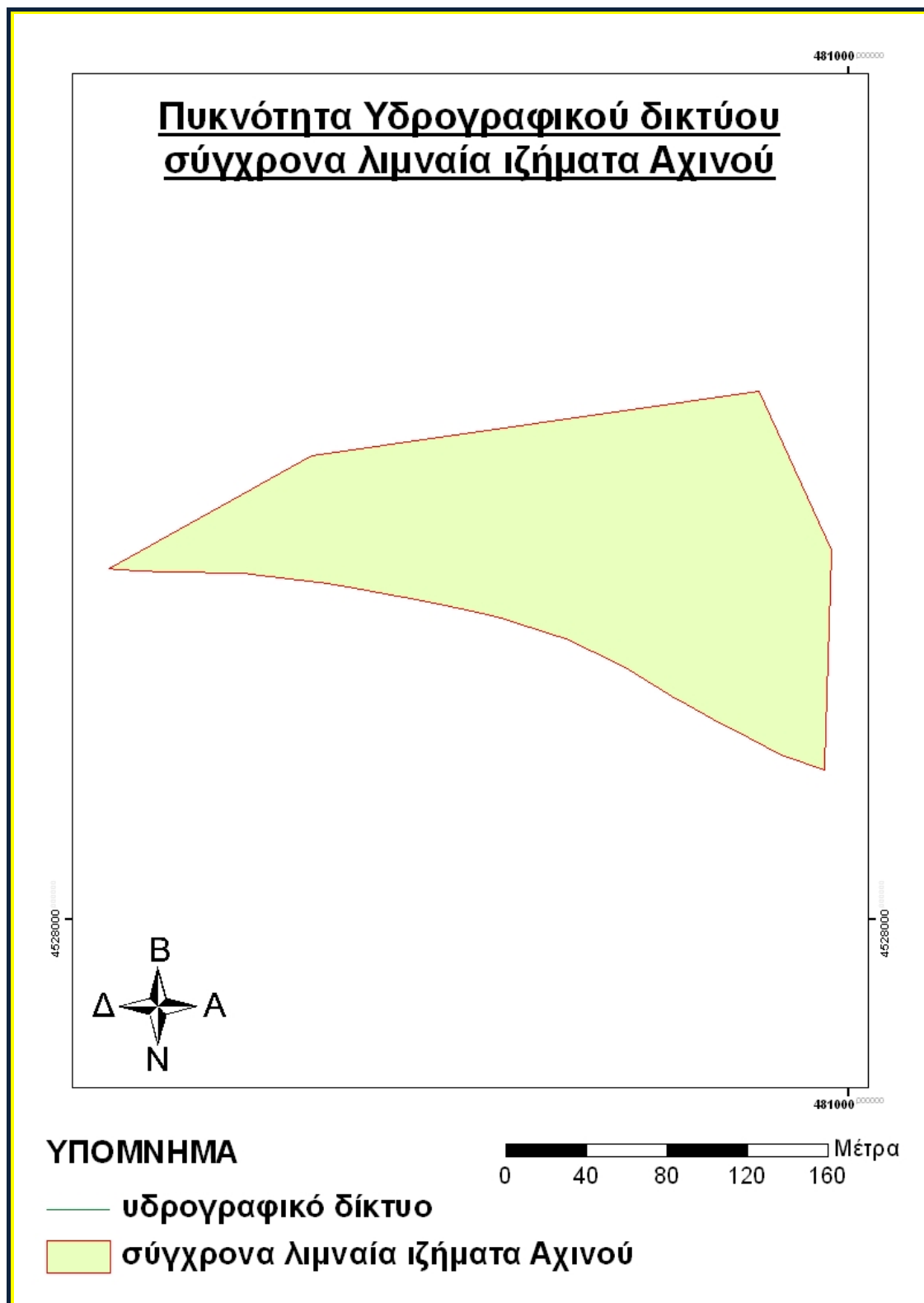
Σχήμα 12 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου - άμμος



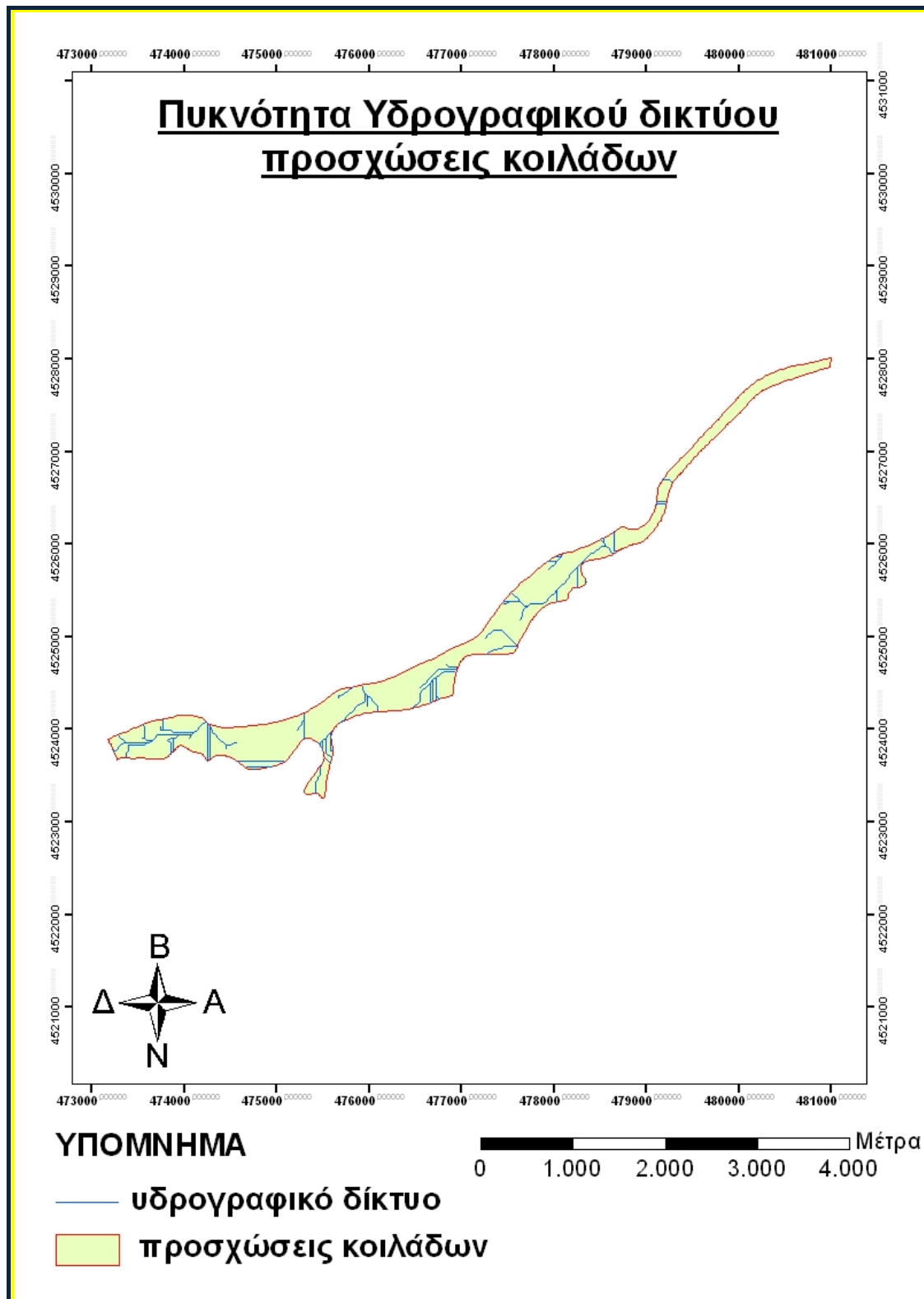
Σχήμα 13 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – ανώτερος ορίζοντας μαρμάρου



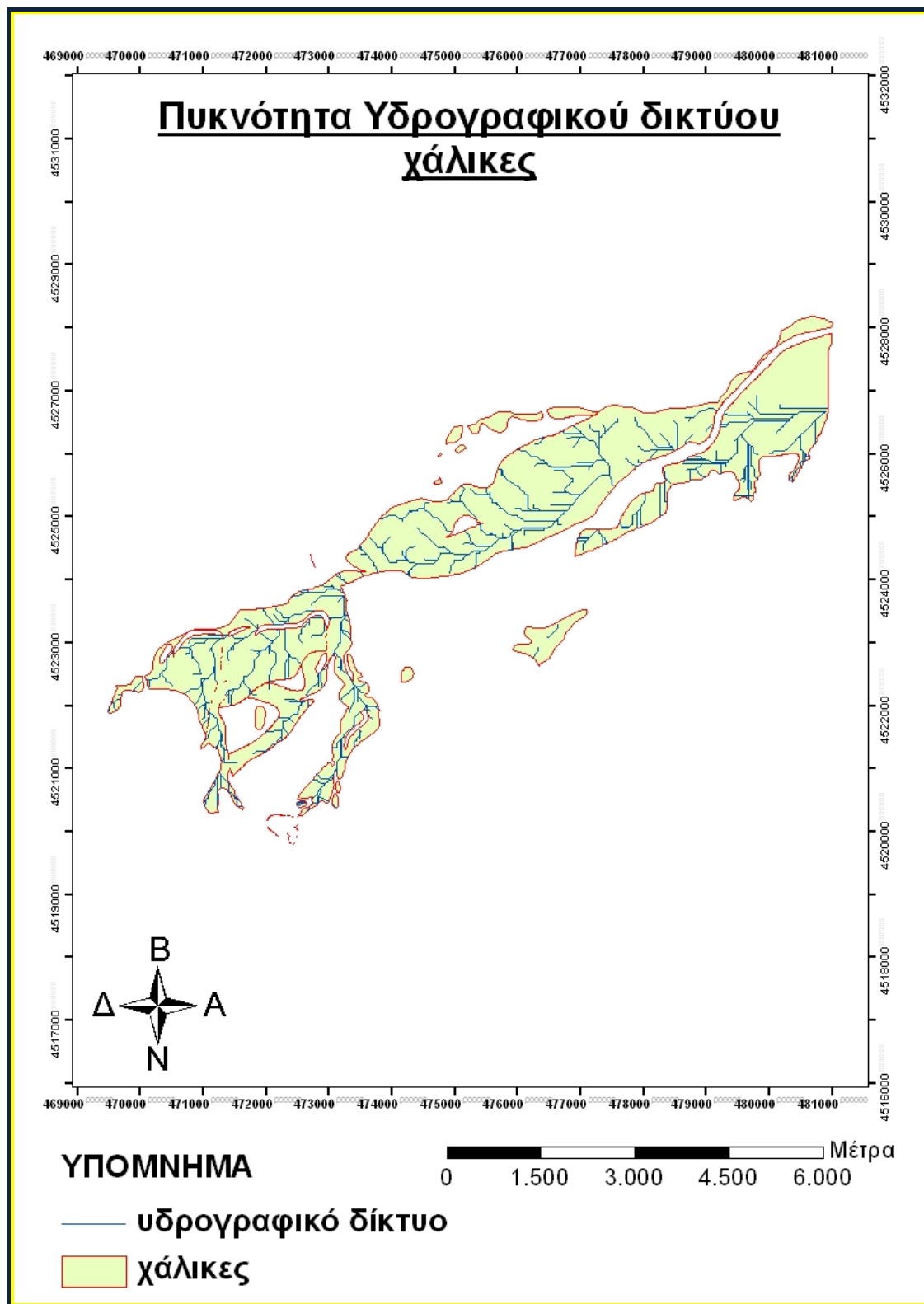
Σχήμα 14 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – στρώματα Αηδονοχωρίου



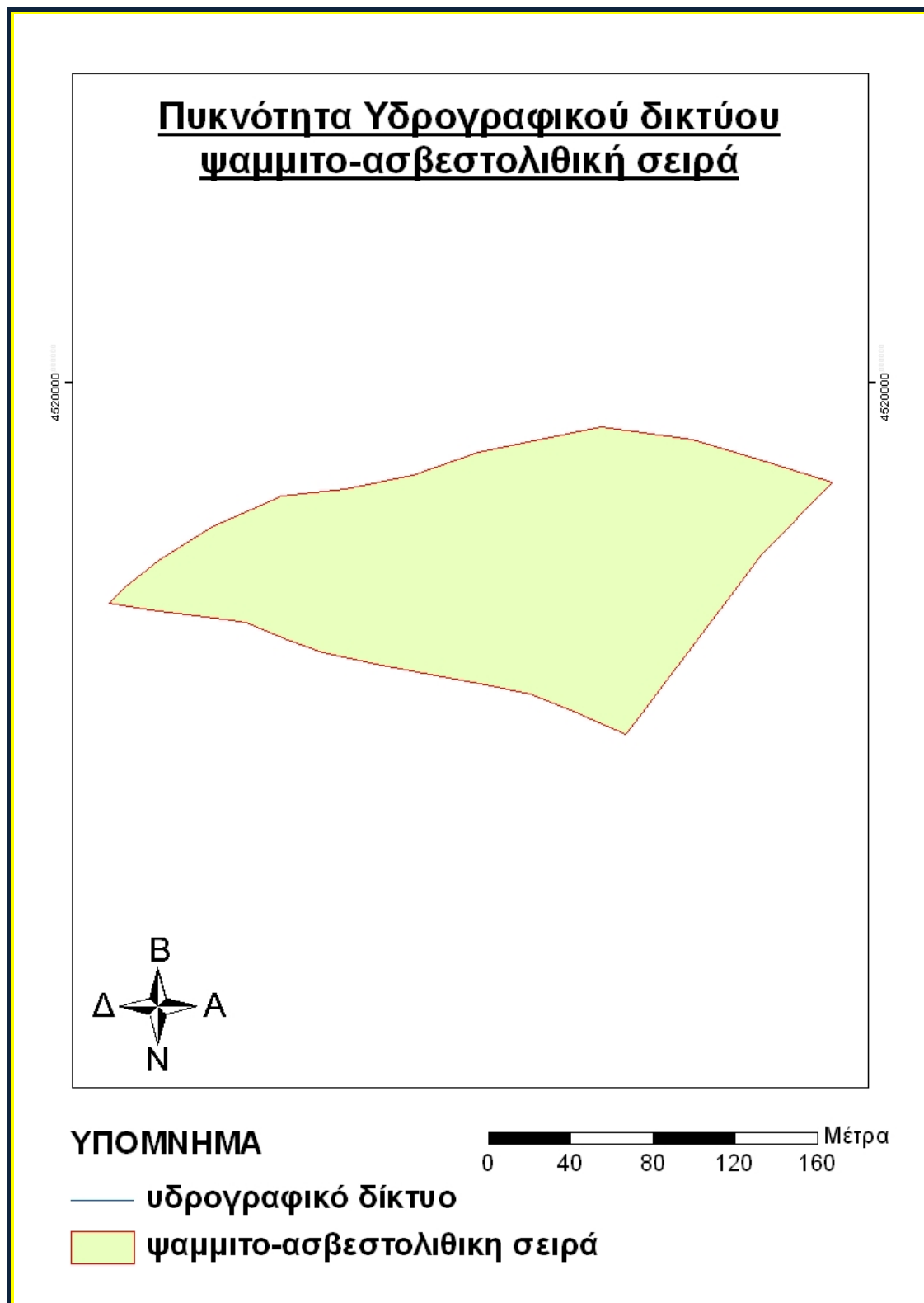
Σχήμα 15 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – σύγχρονα λιμναία ιζήματα Αχινού



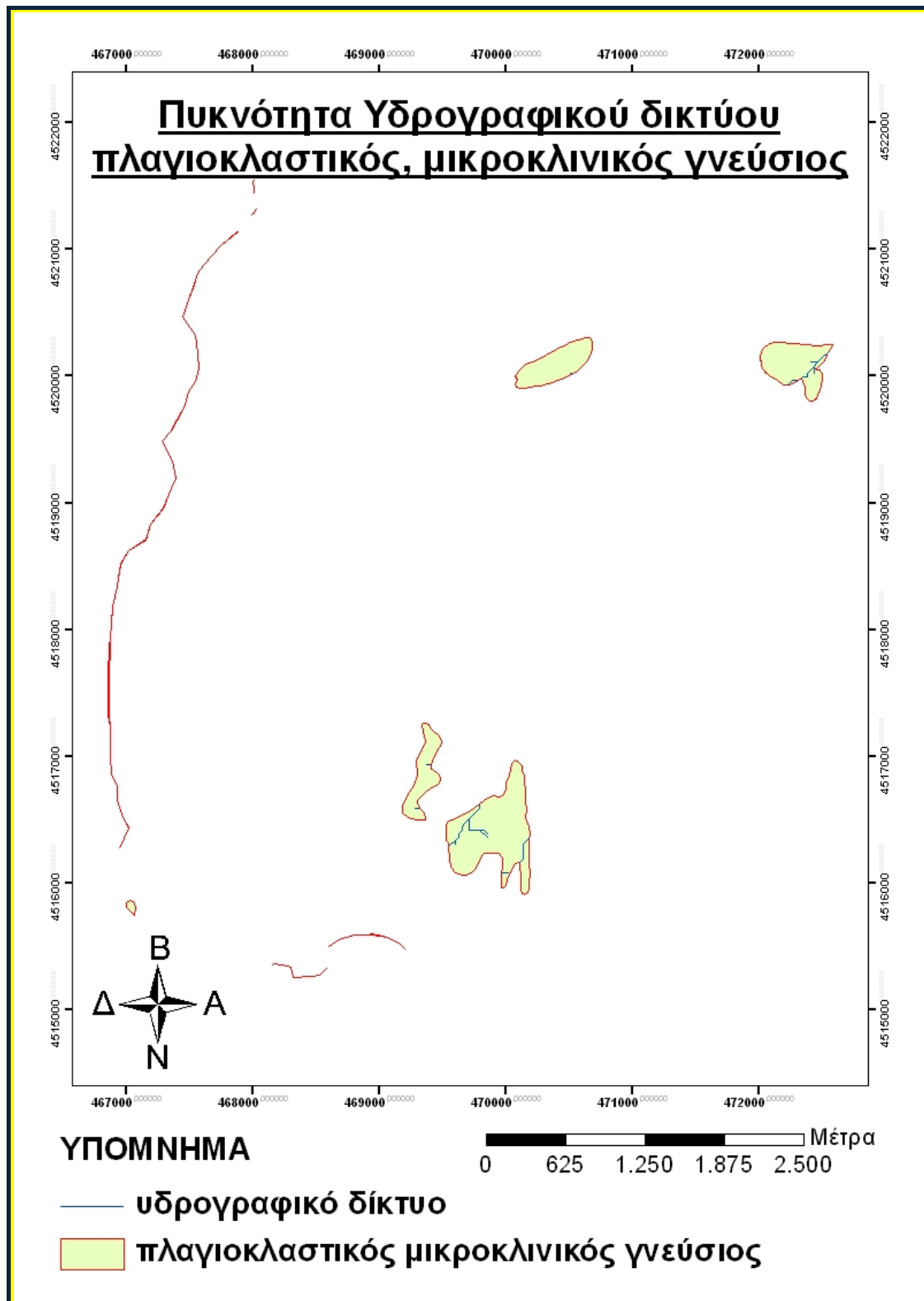
Σχήμα 16 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – προσχώσεις κοιλάδων



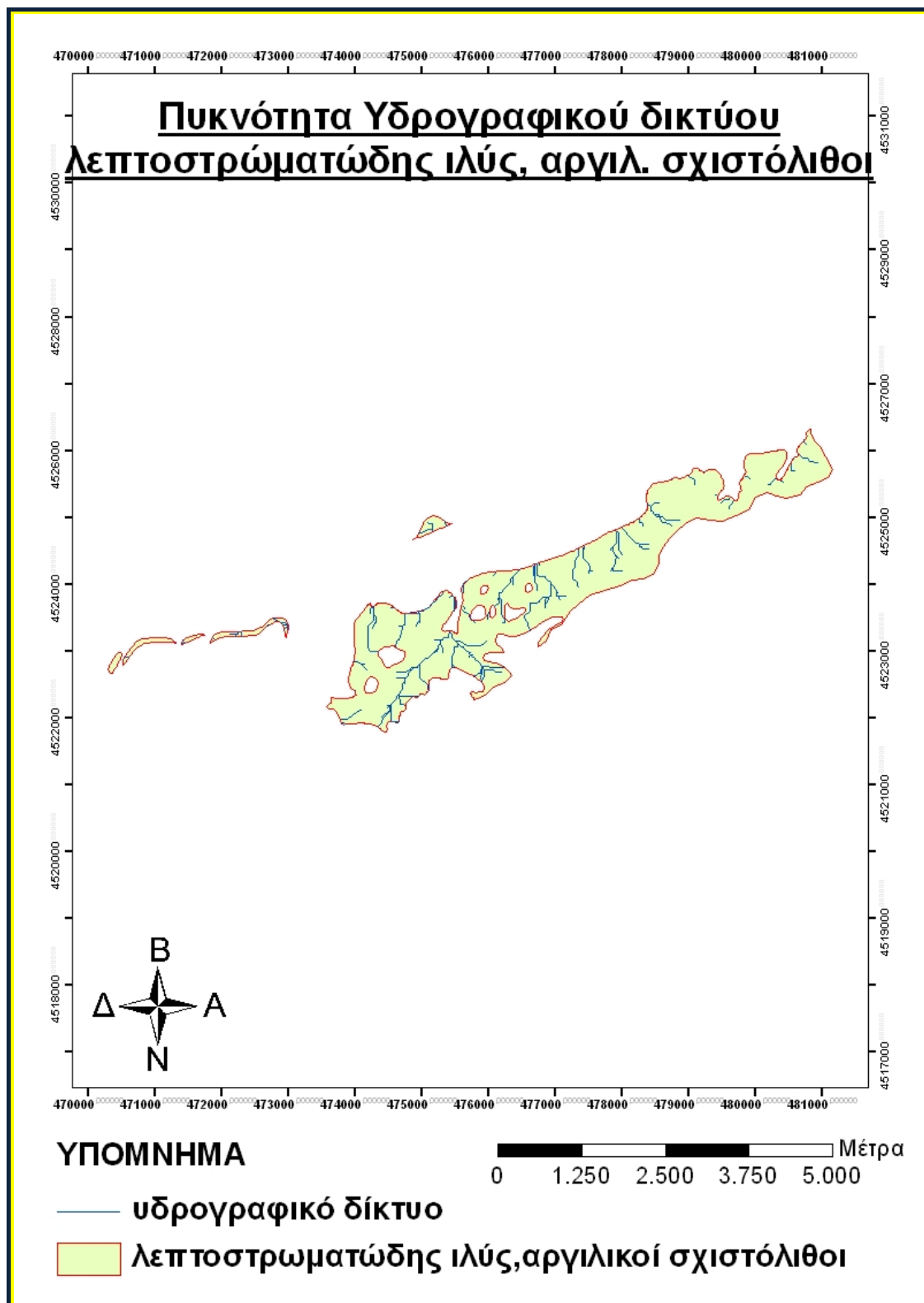
Σχήμα 17 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου - χάλικες



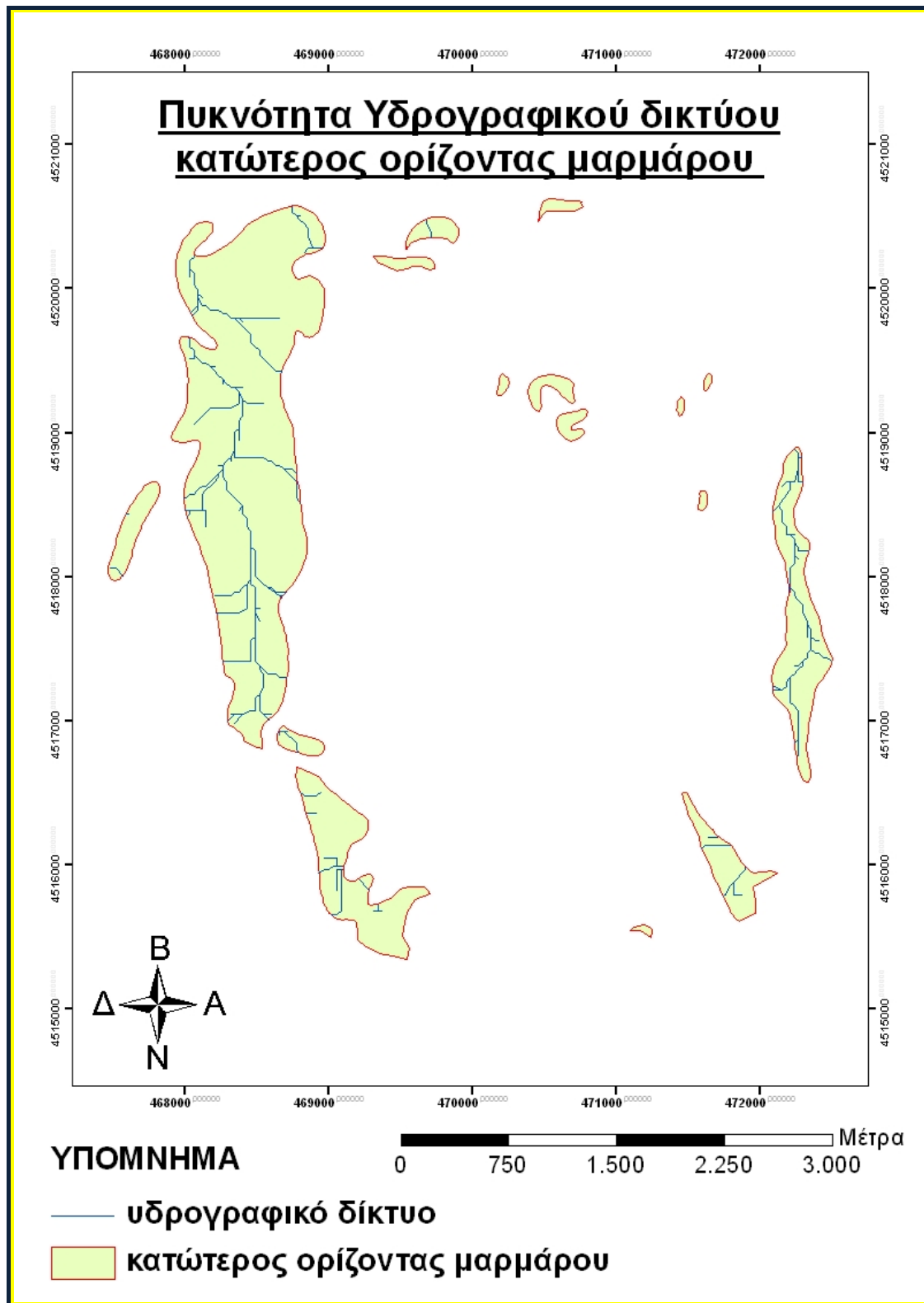
Σχήμα 18 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – ψαμμιτο-ασβεστολιθική σειρά



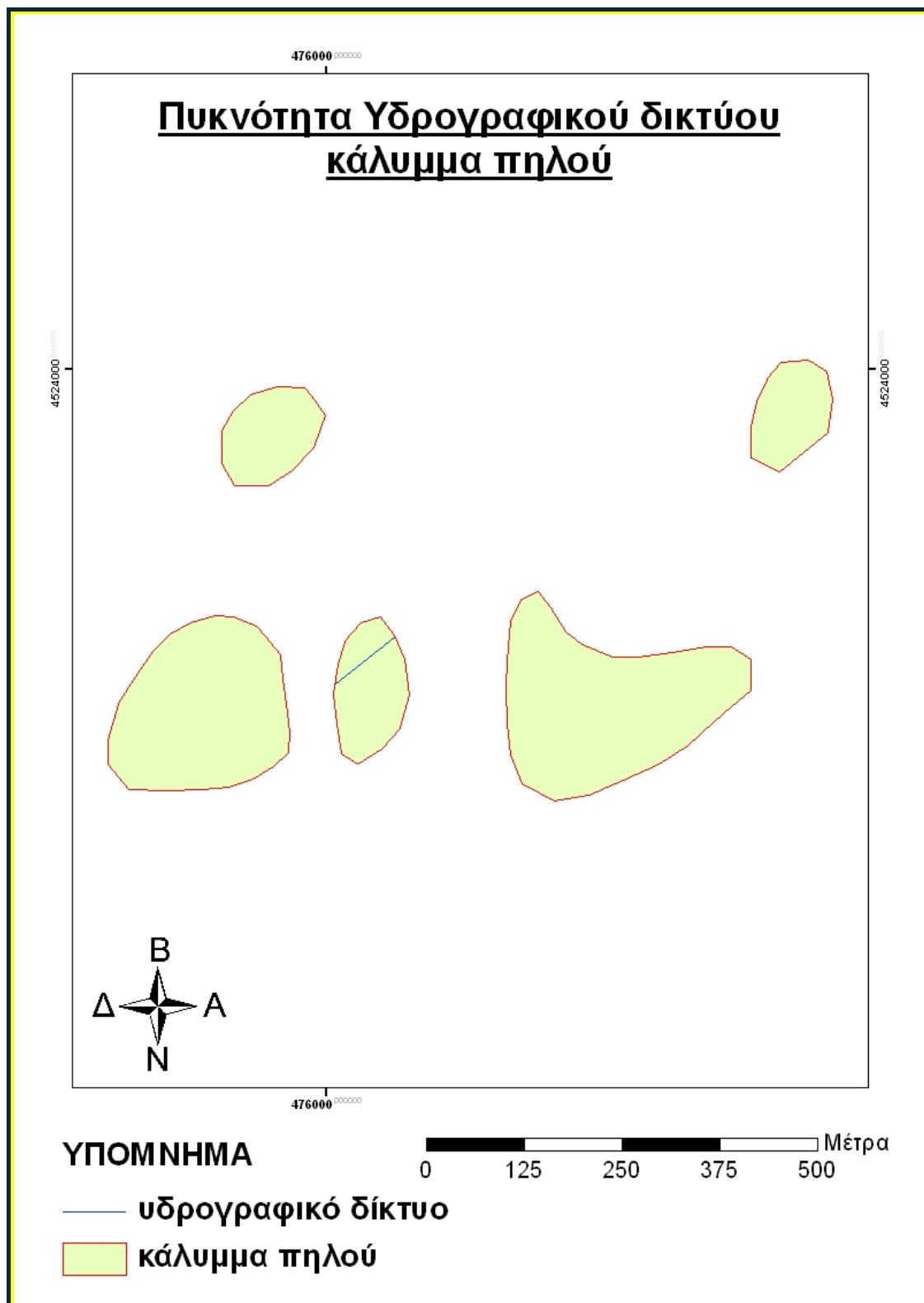
Σχήμα 19 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – πλαγιοκλαστικός μικροκλινικός γνεύσιος



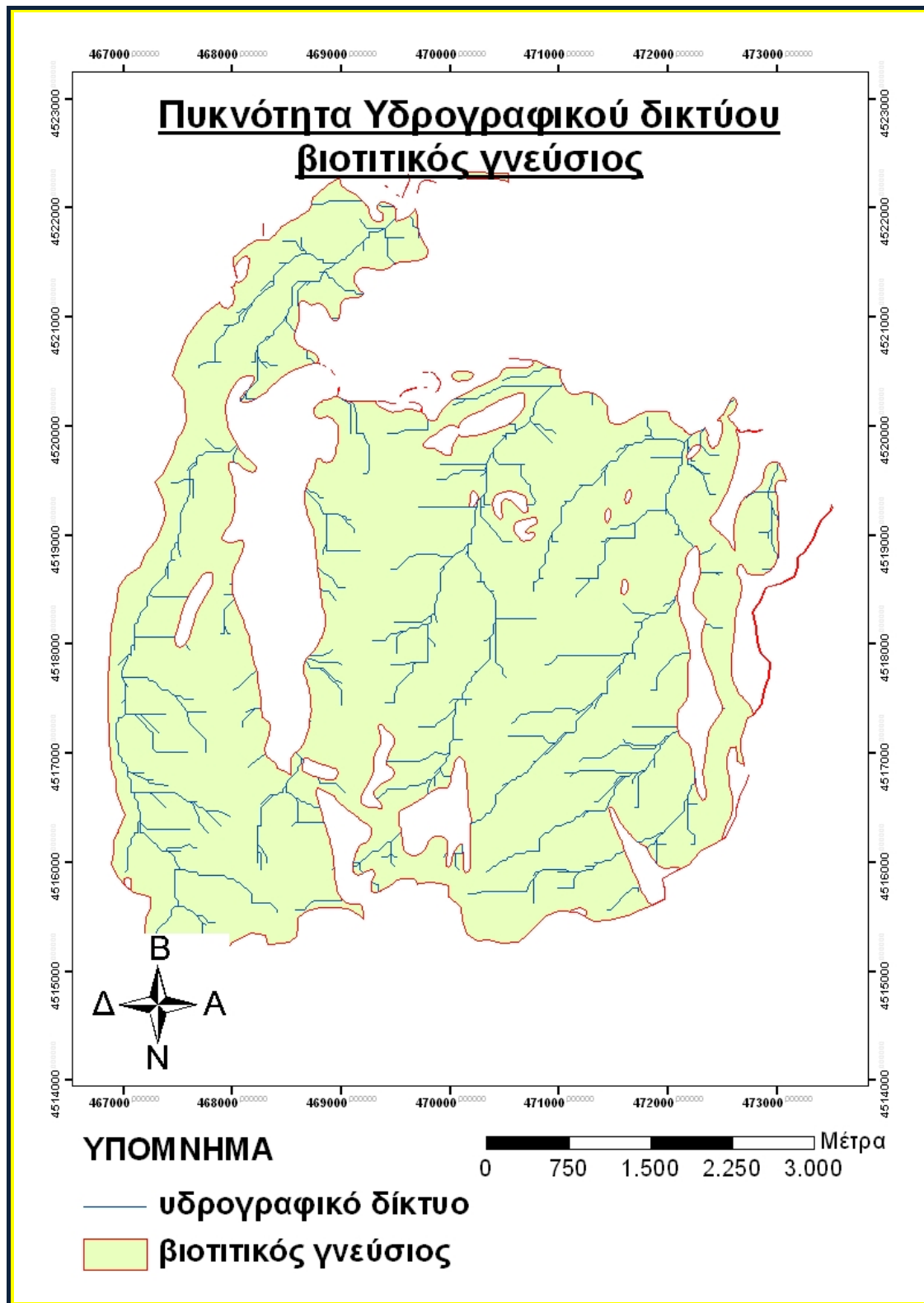
Σχήμα 20 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – ιλύς, αργιλικόι σχιστόλιθοι



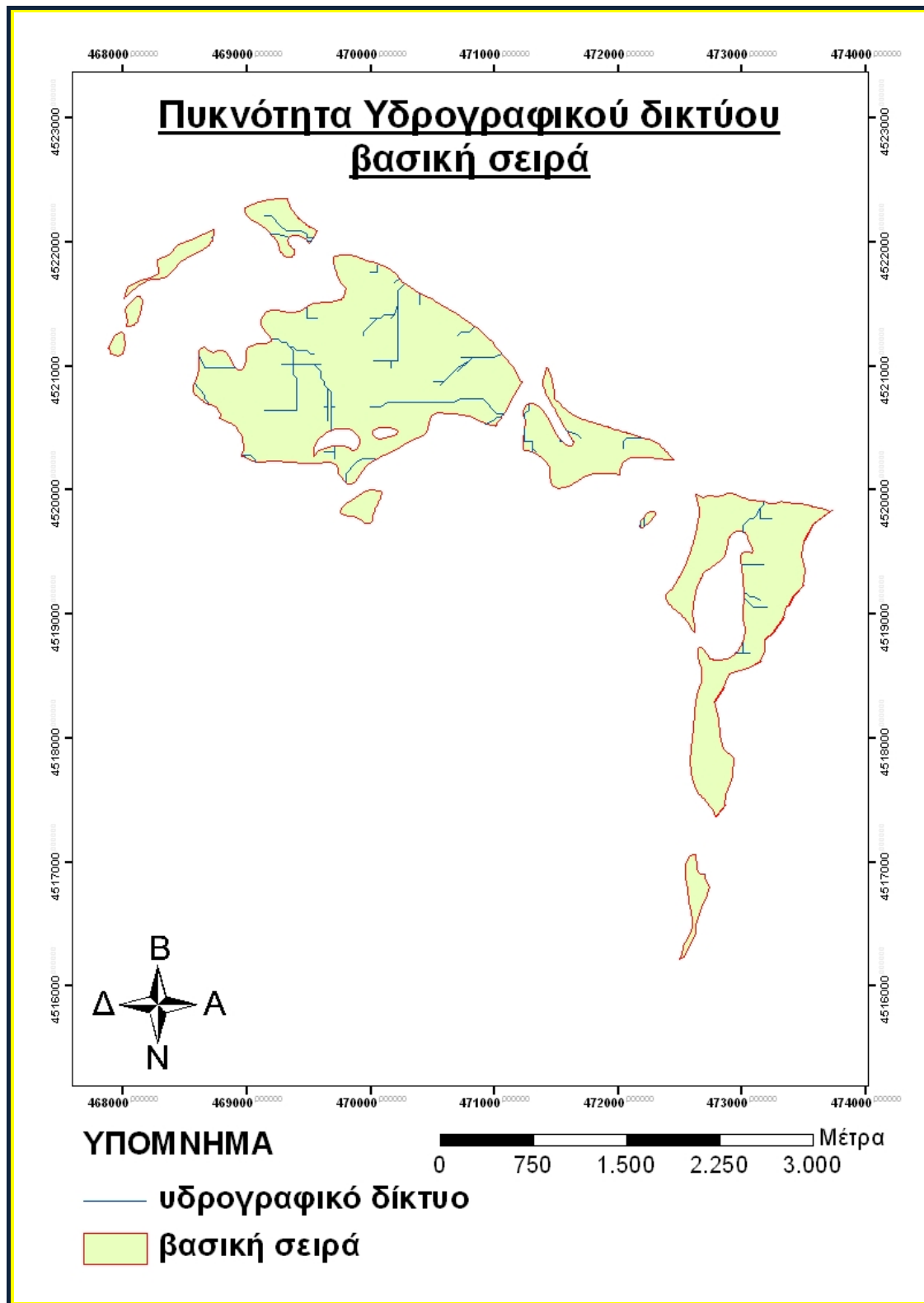
Σχήμα 21 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – κατώτερος ορίζοντας μαρμάρου



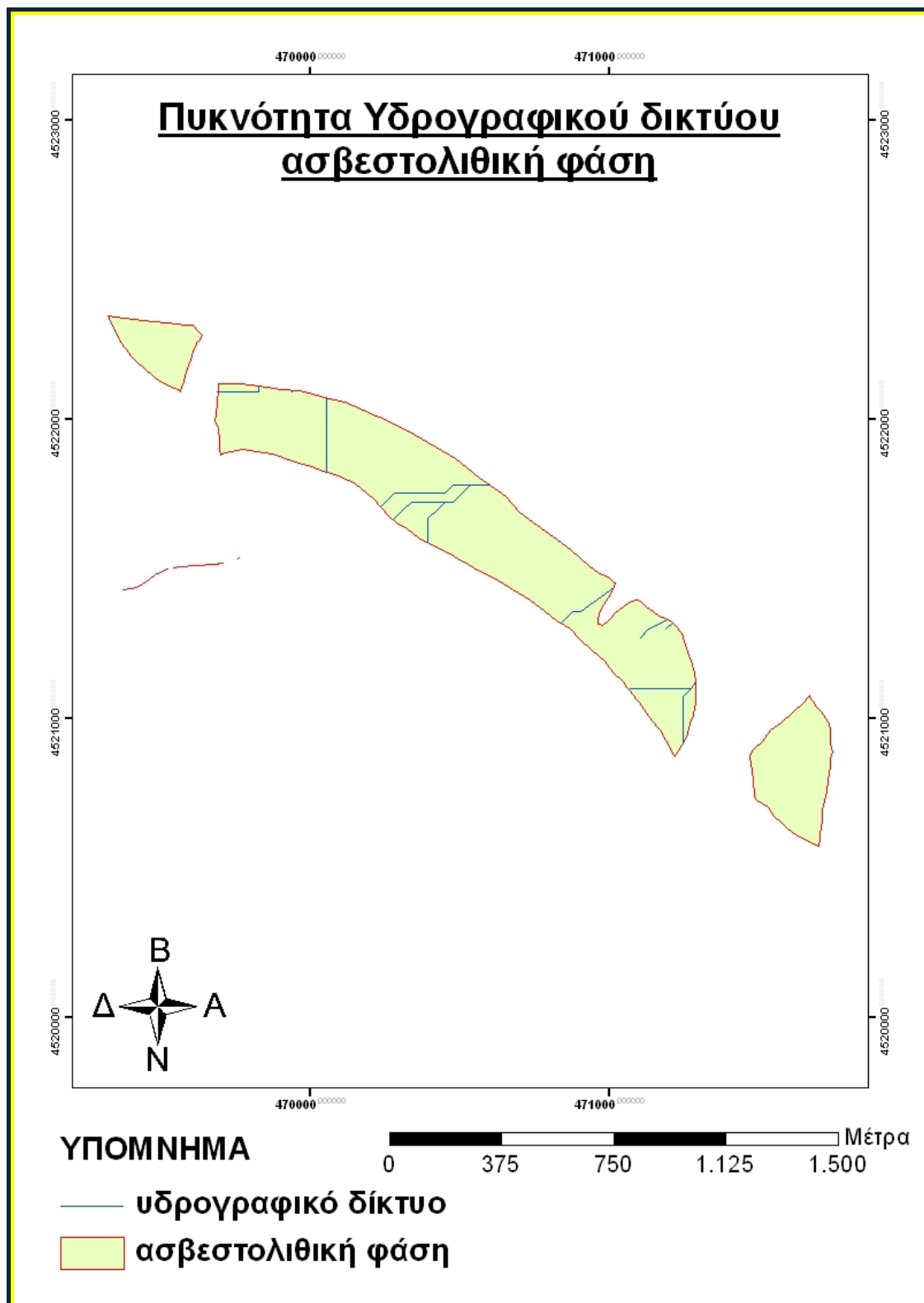
Σχήμα 22 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – κάλυμμα πηλού



Σχήμα 23 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – βιοτιτικός γνεύσιος



Σχήμα 24 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – βασική σειρά



Σχήμα 25 : Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου – ασβεστολιθική φάση

ΕΚΤΑΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Βήματα για να βρούμε την έκταση που καταλαμβάνει η υδρογραφική λεκάνη:

1. Επιλέγουμε το **Open Attribute Table**.
2. Στη συνέχεια επιλέγουμε το **Add field** για να προσθέσουμε μία καινούρια στήλη, την οποία ονομάζουμε «Εμβαδό».
3. Πάνω στο καινούριο **Field** πατάμε δεξί κλικ.
4. Επιλέγουμε το **Calculate Geometry**.
5. Στο **Area** βάζουμε την μονάδα που επιθυμούμε να έχει το αποτέλεσμα, στην περίπτωση μας επιλέγουμε km².
6. Τέλος μας εμφανίζεται το εμβαδό της υδρογραφικής λεκάνης.

ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ (DEM)

Για να δημιουργήσουμε ένα ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. Επιλέγουμε το εικονίδιο **Arctoolbox** που βρίσκεται στη γραμμή εργαλείων.
2. Διαλέγουμε το **3D Analyst tools**.
3. Έπειτα επιλέγουμε το **Raster**.
4. Και κάνουμε κλικ στην επιλογή **Topo to Raster**.
5. Στο παράθυρο που ανοίγει συμπληρώνουμε τις αντίστοιχες επιλογές στις ισοϋψείς, στη λεκάνη και στο υδρογραφικό δίκτυο. Στο **iso** βάζουμε **contour**, στη **lekani** βάζουμε **boundary** και στο **ydro** βάζουμε **stream**.
6. Τέλος πατάμε OK.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Για να υπολογίσουμε την υδρογραφική πυκνότητα:

1. Επιλέγουμε το εικονίδιο **Arcttoolbox** από την γραμμή εργαλείων.
2. Διαλέγουμε το **3D Analysis tools**.
3. Έπειτα επιλέγουμε το **Extract** και μετά το **Clip**.
4. Ανοίγοντας το **Clip** στην επιλογή **Input Features** βάζουμε το υδρογραφικό δίκτυο, στην επιλογή **Clip Features** βάζουμε το λιθολογικό σχηματισμό και στο **Output Features** βάζουμε το υδρογραφικό δίκτυο που είναι «κομμένο» στα όρια του λιθολογικού σχηματισμού.
5. Επιλέγουμε το **Select by attributes**.
6. Στο πλαίσιο της περιγραφής γράφουμε κάθε φορά το όνομα του σχηματισμού που μας ενδιαφέρει. Κάνουμε διπλό κλικ και πατάμε OK.
7. Στη συνέχεια επιλέγουμε το **Editor** και έπειτα το **Start editing**.
8. Επιλέγουμε το selection, κάνουμε δεξί κλικ στο **Lithocopy** και στη συνέχεια πατάμε **Create Layer**.
9. Στο Lithocopy selection κάνουμε δεξί κλικ και το αποθηκεύουμε, **Save as layer file** στον φάκελο **geo**.
10. Κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγουμε το **Remove**.
11. Κάνουμε κλικ στο κενό για να αφήσει το επιλεγμένο αντικείμενο.
12. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία και για τους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς.

ΜΗΚΟΣ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

Για να υπολογίσουμε το μήκος των ρηγμάτων:

1. Ανοίγουμε το **Add Data** και φορτώνουμε τα αρχεία της λεκάνης και των ρηγμάτων.
2. Στη συνέχεια δημιουργούμε ένα αντίγραφο του αρχείου των ρηγμάτων, **copy rigmata**.
3. Από το **Arc Catalog** ανοίγουμε το **geo** και έπειτα το **copy rigmata** και κάνουμε επικόλληση στον ίδιο φάκελο, τον οποίο ονομάζουμε **rigmata copy**.
4. Ανοίγουμε το **Arc Map** και στην συνέχεια το **rigmata copy**. Για να ξεκινήσουμε πατάμε **Editor** και την συνέχεια **Start editing**.
5. Επιλέγουμε το **Selection** και μετά το **select by attributes**. Στην περιγραφή βάζουμε το ρήγμα, ανοίγουμε το **Editor**, επιλέγουμε το **Merge** για να ομαδοποιήσουμε τα στοιχεία μας και τέλος πατάμε OK. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για την άλλη κατηγορία των πιθανών ρηγμάτων.
6. Στο **Attribute Table** κάνουμε δεξί κλικ για έλεγχο και για να δημιουργήσουμε μια καινούρια στήλη για το μήκος των ρηγμάτων. Πατάμε το **Options** και μετά το **Add Field**, δημιουργούμε τη στήλη με το όνομα Μήκος και στην επιλογή **Sort** βάζουμε **Double**.
7. Στην στήλη μήκος κάνουμε δεξί κλικ, διαλέγουμε το **Calculate Geometry**. Στο **Area** βάζουμε την μονάδα που επιθυμούμε να έχει το αποτέλεσμα, στην περίπτωση μας επιλέγουμε km.
8. Τέλος μας εμφανίζεται το μήκος των ρηγμάτων των δύο κατηγοριών.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

Για να βρούμε το μήκος των ρηγμάτων που υπάρχουν σε κάθε γεωλογικό σχηματισμό:

1. Επιλέγουμε το εικονίδιο **Arctoolbox** που βρίσκεται στη γραμμή εργαλείων.
2. Διαλέγουμε το **3D Analysis tools**.
3. Έπειτα επιλέγουμε το **Extract** και μετά το **Clip**.
4. Ανοίγοντας το **Clip** στην επιλογή **Input Features** βάζουμε τα ρήγματα, στην επιλογή **Clip Features** βάζουμε το αντίγραφο της λιθολογίας (litho copy) και στο **Output Features** βάζουμε το όνομα του γεωλογικού σχηματισμού που μας ενδιαφέρει.
5. Αφαιρούμε από τα Layers τα αντίγραφα litho copy και rigmata copy.
6. Κάνουμε ομαδοποίηση των δεδομένων. Επιλέγουμε **Editor, Start Editing, Merge**.
7. Και στη συνέχεια τα αποθηκεύουμε. Επιλέγουμε **Editor, Save Edits, Stop Editing**.
8. Επιλέγουμε το **Attribute Table** και στη συνέχεια το **Options**. Πατάμε το **Add Field** για να δημιουργήσουμε μια στήλη με το όνομα μήκος 2 και στην επιλογή **Sort** βάζουμε **Double**.
9. Για να δούμε ποιο είναι το μήκος των ρηγμάτων στο αντίστοιχο πέτρωμα που μελετάμε, στη στήλη μήκος 2 κάνουμε δεξί κλικ και διαλέγουμε το **Calculate Geometry**. Στο **Area** βάζουμε την μονάδα που επιθυμούμε να έχει το αποτέλεσμα, στην περίπτωση μας επιλέγουμε km.
10. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία και για τους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς.

ΜΗΚΟΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Για να υπολογίσουμε το μήκος του υδρογραφικού δικτύου που υπάρχει σε κάθε γεωλογικό σχηματισμό:

1. Φορτώνουμε με το **Add Data** ένα αρχείο της μορφής **ydro-amfivolites** που περιέχει τα υδρογραφικά δίκτυα στον αντίστοιχο γεωλογικό σχηματισμό που μας ενδιαφέρει.
2. Πατάμε **Editor, Start Editing, Editing tool** με το οποίο επιλέγουμε όλο το υδρογραφικό δίκτυο.
3. Για να ομαδοποιήσουμε το υδρογραφικό δίκτυο από το **Editor** επιλέγουμε την εντολή **Merge** και πατάμε OK.
4. Κάνουμε δεξί κλικ στο αρχείο που έχουμε φορτώσει και επιλέγουμε το **Open Attribute Table**.
5. Ανοίγουμε το **Options** και επιλέγουμε το **Add Field** για να δημιουργήσουμε μια καινούρια στήλη με το όνομα μήκος. Στην επιλογή **type** βάζουμε **double**.
6. Κάνουμε δεξί κλικ στην στήλη μήκος και επιλέγουμε το **Calculate Geometry** βάζοντας στη θέση των μονάδων km, για να υπολογίσει το μήκος του υδρογραφικού δικτύου στο πέτρωμα που έχουμε επιλέξει.
7. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία και για τους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς.

ΠΙΝΑΚΕΣ

Σελ. 6, 15, 18, 26, 28, 30, 32, 34.

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σελ. 2, 5, 7, 10, 13, 17, 22, 27, 39, 31, 35 – 49.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Μουντράκης Δημοσθένης (1985). *Η Γεωλογία της Ελλάδας*, σελ. 36-47 .

Μουντράκης Δημοσθένης (2010). *Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας*, σελ. 238 – 240.

Μπαλαφούτης, Χ. (1977). *Συμβολή εις την μελέτην του κλίματος της Μακεδονίας και Δυτικής Θράκης* (Διδακτορική διατριβή σελ. 121).

Μπαλαφούτης, Χ., Μαχαίρας, Π. (1985). *Μαθήματα γενικής κλιματολογίας με στοιχεία βιοκλιματολογίας*, σελ. 196-200.

Dikau, R. (1989). *The application of a digital relief model to landform analysis*. In: Raper, J. F. (ed.) 1989. *Three dimensional applications in Geographical Information Systems*. Taylor and Francis, London, pp 51-77.

Demek, J. (1972). *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Academia, Prague, 334p.

http://www.teiser.gr/images/map_nomos.jpg