

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία
του
ΑΝΔΡΕΑ Ε. ΑΝΤΩΝΙΟΥ

**«Η υδρογραφική ανάπτυξη του δικτύου της Ν.
Άνδρου με την χρήση Γ.Σ.Π.»**

Επιβλέπων καθηγητής: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2005

***Η υδρογραφική ανάπτυξη του δικτύου της Ν. Άνδρου
με την χρήση Γ.Σ.Π.***

1. Εισαγωγή	Σελ 3
2. Γεωγραφικά στοιχεία	Σελ 4
2.1. Γενικά στοιχεία	
2.2. Διοικητικά όρια	
3. Γεωλογικά στοιχεία	Σελ 5
4. Τεκτονική γεωλογία	Σελ 12
5. Ανάλυση υδρογραφικού δικτύου της Ν. Άνδρου	Σελ 13
5.1. Η χρήση των Γ.Σ.Π. στην ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου	Σελ 13
5.2. Μορφή και ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου – ανάλυση λεκανών	Σελ 15
5.3. Νόμοι υδρογραφικής σύνθεσης	Σελ 18
5.3.1. 1 ^{ος} Νόμος του Horton – Νόμος του αριθμού των κλάδων	Σελ 18
5.3.2. 2 ^{ος} Νόμος του Horton	Σελ 26
5.4. Υδρογραφική Πυκνότητα και Συχνότητα	Σελ 31
6. Συμπεράσματα	Σελ 35
7. Βιβλιογραφία	

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη του υδρογραφικού δικτύου της Ν. Άνδρου με τη βοήθεια Γ.Σ.Π. και η κατανόηση της ιδιόμορφης ανάπτυξής του. Η εργασία συνίσταται αρχικά από ένα θεωρητικό μέρος όπου γίνεται μια αναφορά στη γεωγραφία και τη γεωλογία της νήσου καθώς και στις σημαντικότερες μορφολογικές δομές της. Στη συνέχεια, περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος εργασίας και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα στα οποία αυτός μας διεξάγει. Η ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου περιλαμβάνει τον υπολογισμό υδρολογικών στοιχείων των λεκανών και των κλάδων, την εφαρμογή κάποιων νόμων υδρογραφικής σύνθεσης (Νόμοι του Horton) και τον υπολογισμό κάποιων παραμέτρων για τις σημαντικότερες υδρολογικές λεκάνες του νησιού. Η εφαρμογή Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών πάνω στον τοπογραφικό χάρτη της Άνδρου (με κλίμακα 1:50000) της Γεωλογικής Υπηρεσίας Στρατού έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα και οδήγησε σε κάποια συμπεράσματα που θα αναλυθούν παρακάτω. Στην εργασία αυτή πιθανόν να υπάρχουν ατέλειες και ελλείψεις, παρ'όλα αυτά ευελπιστώ ότι θα αποβεί χρήσιμη σε όσους απευθύνεται.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1. Γενικά στοιχεία

Η Άνδρος είναι το βορειότερο και το δεύτερο σε μέγεθος νησί των Κυκλάδων (374 km²). Χωρίζεται από την Τήνο με τον πορθμό Στενό, και από την Εύβοια με το Στενό του Καφηρέα, το γνωστό ως Κανάλι του Κάβο Ντόρο. Ορεινό κυρίως νησί, με υψηλότερη κορυφή το Πέταλο (1007 μ.), η Άνδρος έχει πολλούς χειμάρρους, από τους οποίους αναφέρουμε τον Αρνηπόταμο, τον Σελινίτη, τον Άχλα και τα Διποτάματα. Έχει επίσης άφθονες πηγές, οι οποίες είναι μεταλλικές, όπως η περίφημη Σάριζα, που έχει νερό ειδικό εναντίον των νεφρικών παθήσεων. Πεδιάδες η Άνδρος δεν έχει, μερικές όμως από τις κοιλάδες της είναι πολύ εύφορες. Σημαντική είναι η κτηνοτροφία της νήσου, ιδιαίτερα σε βοοειδή, ενώ η γεωργία είναι ανεπτυγμένη κυρίως στις εύφορες κοιλάδες όπου ευδοκιμούν τα οπωροκηπευτικά. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η Χώρα ή Άνδρος (2200 κάτοικοι), ενώ το Γαύριο αποτελεί το κύριο λιμάνι και εμπορικό κέντρο. Άλλες σπουδαίες κωμοπόλεις-λιμάνια αποτελούν το Μπάτσι και ο όρμος Κορθίου. Ο συνολικός πληθυσμός του νησιού ανέρχεται σε 11000 κατοίκους.

2.2. Διοικητικά όρια

Το νησί ανήκει στην περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου στο νομό Κυκλάδων. Οι γεωγραφικές του συντεταγμένες είναι Φ 37° 42' - 38° 00' και Μ 24° 41' - 25° 00'. Στην έκτασή του περιλαμβάνονται 7 δημοτικά διαμερίσματα (Άνδρου, Πιτροφού, Μεσαριάς, Λαμύρων, Στενιών, Αποικιών, Βουρκωτής)

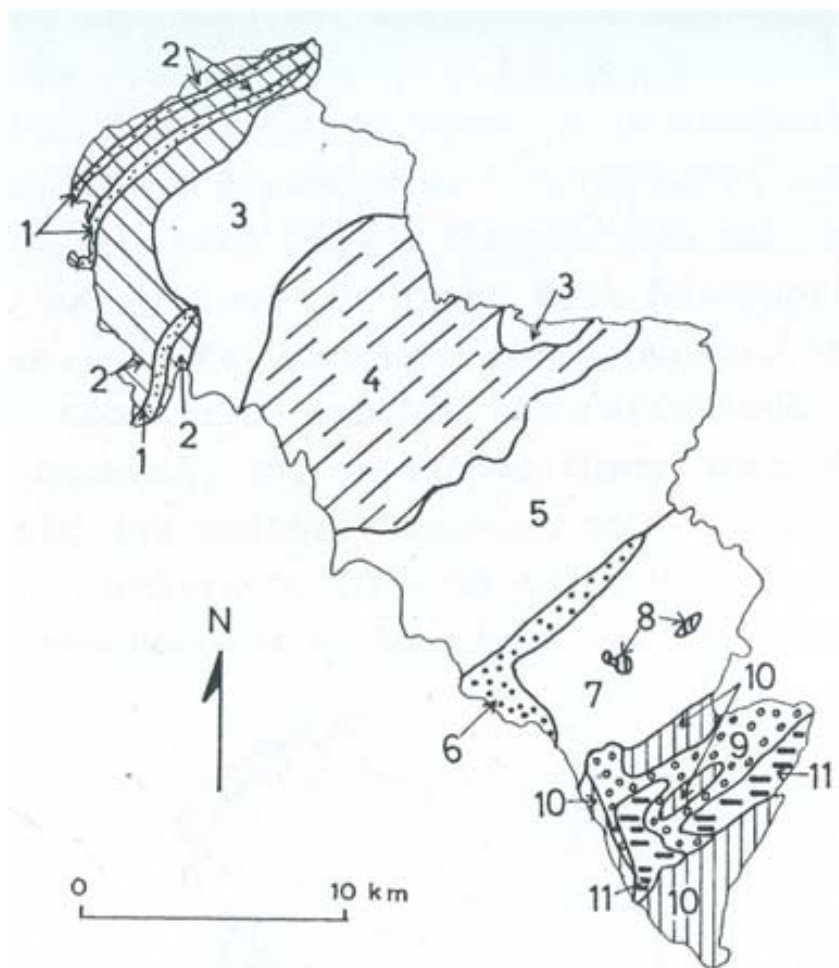
3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Γεωτεκτονικά η νήσος Άνδρος ανήκει στην «Αττικοκυκλαδική Κρυσταλλοσχιστώδη Μάζα» και αποτελεί συνδετικό κρίκο μεταξύ του Κρυσταλλοσχιστώδους της Νότιας Εύβοιας και εκείνου των νοτιότερων Κυκλάδων. Όσον αφορά την Αττικοκυκλαδική Μάζα, αυτή έχει καθιερωθεί ως όρος, λόγω της όμοιας λιθολογίας και τεκτονικής, αλλά κυρίως λόγω της μεταμόρφωσης την οποία παρουσιάζει ολόκληρη η γεωγραφική περιοχή. Κατά την έρευνα του Δ. Παπανικολάου (1976) στην Άνδρο, κατέστη δυνατό να προσδιοριστεί ανωπαλαιοζωική ηλικία για το Κρυσταλλοσχιστώδες, βάσει των ανευρεθέντων απολιθωμάτων εντός του σχηματισμού των Μαρμάρων Μακροταντάλου στο βόρειο τμήμα της νήσου. Τα πρώτα απολιθώματα βρέθηκαν κατά το 1974 από τον Δρ. F. RÖGL (Βιέννη) ο οποίος προσδιόρισε το τρηματοφόρο *Pseudoschwagerina* sp. Τον Ιούλιο του 1975 ο Δρ. H. W. FLÜGEL προσδιόρισε το χαρακτηριστικό κοράλλι του κατωτέρου Περμίου *Carinthiaphyllum* Suessi. Αργότερα βρέθηκαν από τον Δρ. G. KAUFFMANN χαρακτηριστικά ασβεστοφύκη του μέσου-ανωτέρου Περμίου προερχόμενα από άλλο ορίζοντα των Μαρμάρων Μακροταντάλου.

Τόσο από τις παραπάνω μελέτες των απολιθωμάτων όσο και από χαρτογραφήσεις στο ύπαιθρο διαπιστώθηκε ότι το Κρυσταλλοσχιστώδες αποτελείται από δύο διαφορετικούς στρωματογραφικούς ορίζοντες εκ των οποίων ο ένας είναι ηλικίας κατωτέρου Περμίου και ο άλλος μέσου-ανωτέρου Περμίου.

Η νήσος Άνδρος αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα με παντελή έλλειψη ιζηματογενών πετρωμάτων, εκτός βέβαια των συμπαγών ή χαλαρών ως επί το πλείστον σχηματισμών του Τεταρτογενούς.

Στη σύνθεση του Κρυσταλλοσχιστώδους συμμετέχουν κυρίως σχιστόλιθοι διαφόρων ποικιλιών με λίγα μάρμαρα και ορισμένα βασικά εκρηξιγενή, ενώ ορισμένες εμφανίσεις όξινων πετρωμάτων αποτελούν νεότερες μετατεκτονικές αποφύσεις. Παρακάτω βλέπουμε ένα σκαρίφημα της επιφανειακής εξάπλωσης του κρυσταλλοσχιστώδους της Άνδρου (Παπανικολάου, 1976)

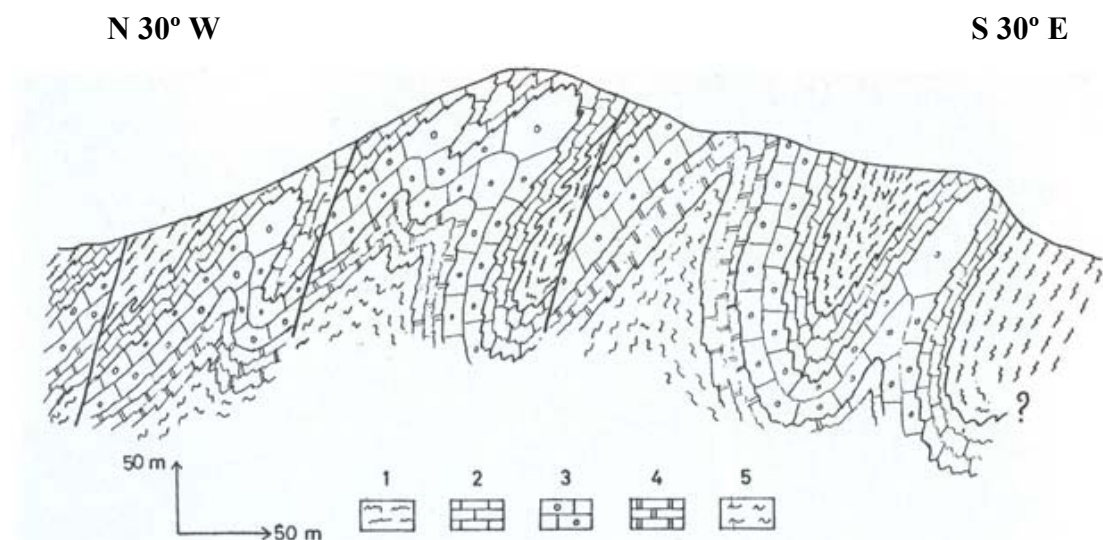


Σχήμα 3.1. Γεωλογικός χάρτης της Νήσου Άνδρου (Παπανικολάου 1976).

1: Μάρμαρα Μακροταντάλου, 2: Σχιστόλιθοι Μακροταντάλου, 3: Σχιστόλιθοι Αγίων Σαράντα, 4: Σιπολίνες Αγίου Πέτρου, 5: Σχιστόλιθοι Πετάλου, 6: Μάρμαρα Μεσαριάς, 7: Σχιστόλιθοι Γερακώνας, 8: Μάρμαρα Παλαιοκάστρου, 9: Εναλλαγές μαρμάρων-σχιστολίθων Ράχης, 10: Σχιστόλιθοι Ράχης, 11: Μάρμαρα Ράχης

Στη συνέχεια θα δοθεί μια συνοπτική περιγραφή του κάθε σχηματισμού:

Μάρμαρα Μακροτάνταλου: Χαρακτηρίζονται όλα τα μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα που συναντιούνται στη βόρεια Άνδρο και κυρίως στην περιοχή Μακροταντάλου. Οι κυριότερες εμφανίσεις δημιουργούν δύο επιμήκεις ζώνες διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται μια χαρακτηριστική τομή του σχηματισμού στον αυχένα μεταξύ Αγίων Σαράντα και Χάρακα, όπου διακρίνονται οι δύο ορίζοντές του.



Σχήμα 3.2. Γεωλογική τομή των Μαρμάρων Μακροταντάλου (Παπανικολάου 1976).

1: Ανώτερος ορίζοντας Σχιστολίθων Μακροταντάλου, 2: Τεφρόλευκα λεπτοπλακώδη μάρμαρα των Μαρμάρων Μακροταντάλου, 3: Κιτρινόλευκα υφαλώδη μάρμαρα των Μαρμάρων Μακροταντάλου, 4: Κυανότεφρα - λευκά έως ροδόχροα μάρμαρα των Μαρμάρων Μακροταντάλου, 5: Κατώτερος ορίζοντας Σχιστολίθων Μακροταντάλου

Σχιστόλιθοι Μακροταντάλου: Αποτελούν στο σύνολό τους μια σειρά ορατού πάχους 200-600 m, η οποία επίκειται τεκτονικά τους σχηματισμούς Κεντρικής-Νοτίου Άνδρου και κυρίως τους σχιστόλιθους Αγίων Σαράντα μέσω μιας ζώνης υπερβασικών πετρωμάτων διεύθυνσεως ΒΑ-ΝΔ. Η τεκτονική αυτή ζώνη εμφανίζεται με ένα αρκετά σημαντικό

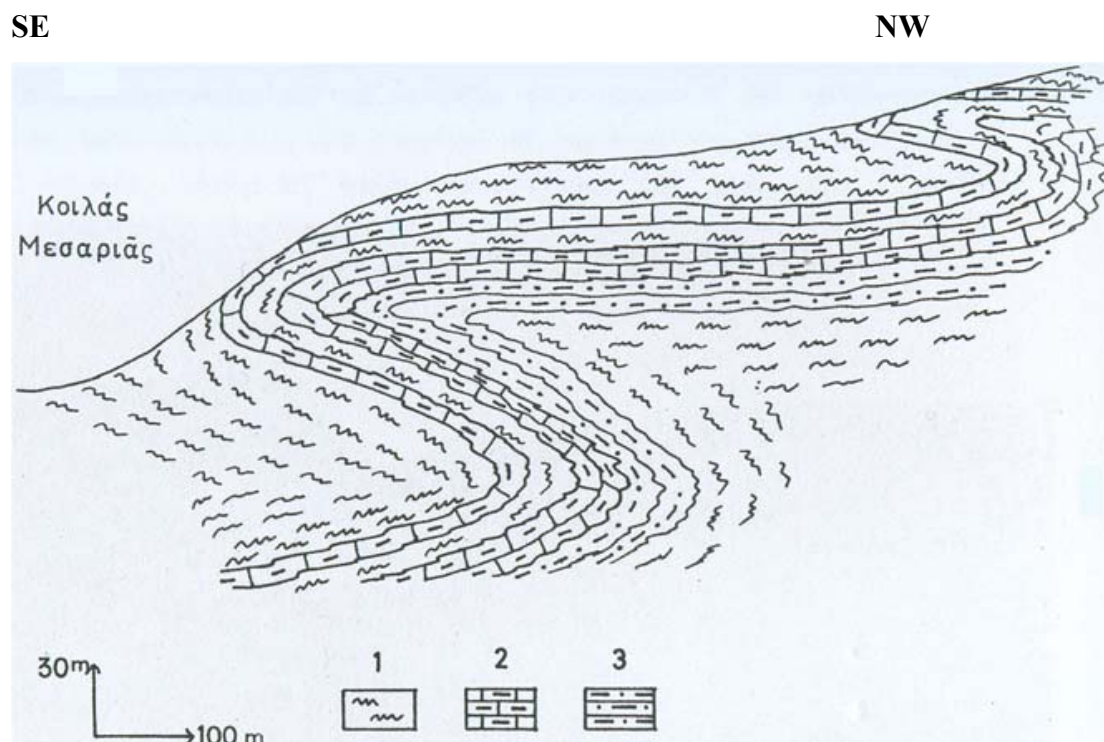
πάχος που οφείλεται κυρίως στην εντονότατη πτύχωσή της. Μέσα στους σχιστόλιθους είναι δυνατό να διακριθούν δύο μεγάλοι ορίζοντες εκ των οποίων ο κατώτερος αποτελείται από μαρμαρυγιακούς χαλαζιακούς σχιστολίθους με αρκετές διαστρώσεις χαλαζιτών και λίγες εμφανίσεις χλωριτικών σχιστολίθων. Ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται κυρίως από χλωριτικούς επιδοτικούς και από μοσχοβιτικούς ασβεστιτικούς σχιστολίθους.

Σχιστόλιθοι Αγίων Σαράντα: Αναπτύσσονται κατά μήκος της κορυφογραμμής του ομώνυμου όρους και σε όλη την βόρεια πλευρά του μέχρι τα νότια υψώματα της περιοχής Μακροταντάλου, όπου διέρχεται η τεκτονική ζώνη των υπερβασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων. Πετρογραφικά παρατηρείται μεγάλη ποικιλία σχιστολίθων με επικράτηση κυρίως μοσχοβιτικών ασβεστιτικών σχιστολίθων και χλωριτικών επιδοτικών αμφιβολιτών.

Σιπολίνες Αγίου Πέτρου: Η διάκριση των ορίων του σχηματισμού με τους σχιστολίθους Αγίων Σαράντα δεν είναι ξεκάθαρη. Το συνολικό πάχος τους δεν είναι εύκολο να υπολογισθεί με ακρίβεια, αλλά πρέπει να κυμαίνεται στα 300 m. Κύριο χαρακτηριστικό του σχηματισμού είναι η παρουσία σε πολλές θέσεις οριζόντων σιπολινικού μαρμάρου σε τράπεζες, πάχους κυμαινόμενου από λίγα cm έως και 2 m με εναλλαγές λεπτών σχιστολιθικών ενδιαστρώσεων, οι οποίες δημιουργούν χαρακτηριστικό μέλος που χαρακτηρίστηκε ως «σχιστώδη μάρμαρα». Εντός του σχηματισμού παρατηρούνται και περιοχές όπου το σχιστολιθικό υλικό εξαφανίζεται τελείως και μεταπίπτει σε μάρμαρα.

Σχιστόλιθοι Πετάλου: Ο μεγαλύτερος σχηματισμός του Κρυσταλλοσχιστώδους της Άνδρου, τόσο από άποψη επιφανειακής εξάπλωσης όσο και πάχους, το οποίο φτάνει τα 600 m περίπου στην περιοχή του δυτικού Πετάλου. Τα όρια προς βορρά είναι εντελώς ασαφή σε αντίθεση με τα νότια. Εντός του σχηματισμού διακρίνονται

διαστρώσεις και φακοί μαρμάρων που ανήκουν σε δύο στρωματογραφικούς ορίζοντες, τα Ενδιάμεσα Μάρμαρα Πετάλου και τα Ενδιάμεσα Μάρμαρα Άχλας. Παρακάτω φαίνεται μια γεωλογική τομή στα Ενδιάμεσα Μάρμαρα Πετάλου μεταξύ των οικισμών Μαΐνητες και Λαμύρα.

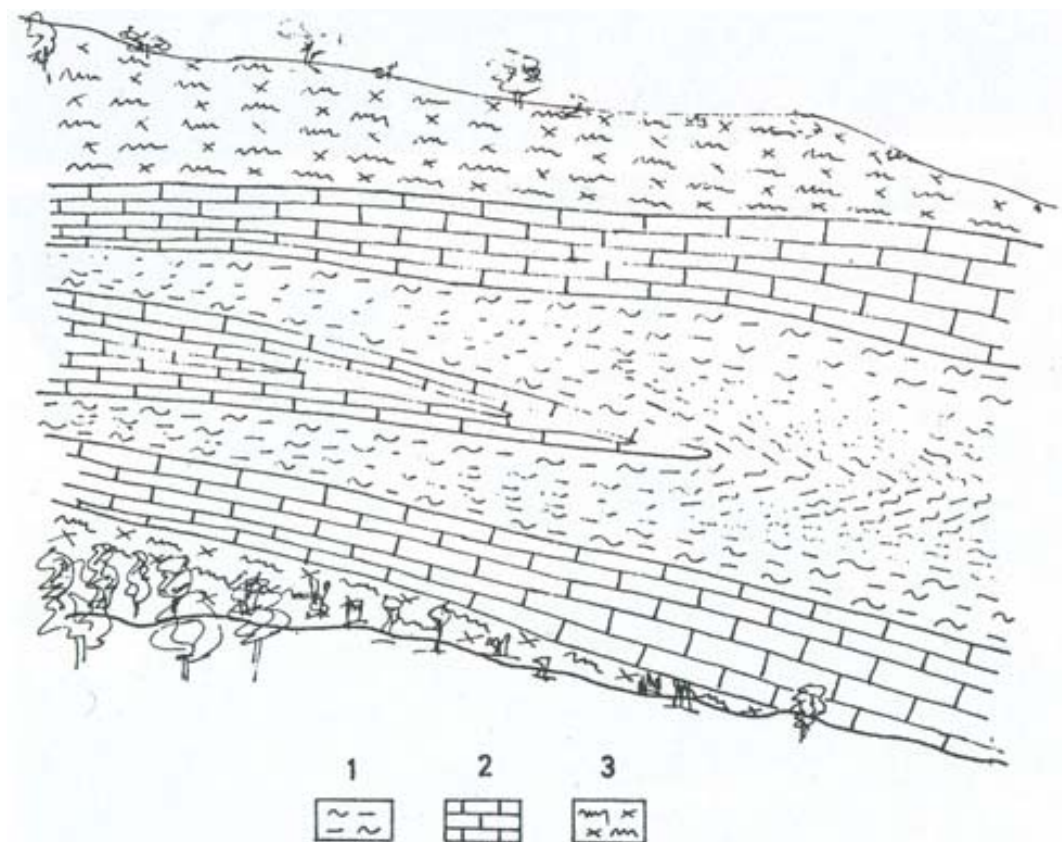


Σχήμα 3.3. Γεωλογική τομή των Ενδιάμεσων Μαρμάρων Πετάλου (Παπανικολάου 1976).

1: Μοσχοβιτικοί χλωριτικοί σχιστόλιθοι των Σχιστολίθων Πετάλου, **2:** Ενδιάμεσα μάρμαρα Πετάλου, **3:** Ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι των Σχιστολίθων Πετάλου

Μάρμαρα Μεσαριάς: Αποτελούν τον κατώτερο σχηματισμό του κρυσταλλοσχιστώδους, η εμφάνιση του οποίου περιορίζεται στη στενή ζώνη ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσεως κατά μήκος της κοιλάδας της Μεσαριάς. Το πάχος υπερβαίνει τα 80 m και η μετάβαση προς τους υπερκείμενους Σχιστολίθους του Πετάλου και της Γερακώνας γίνεται με παρεμβολή οριζόντων φαιού σχιστολίθου και στη συνέχεια αμφιβολίτη. Στο σχήμα απεικονίζεται τμήμα διαδοχικών ισοκλινών πτυχών των Μαρμάρων

Μεσαριάς κοντά στον όρμο Πλάκα με φαινομενική εικόνα αποσφήνωσης της ενδιάμεσης εμφάνισης των μαρμάρων.



Σχήμα 3.4. Γεωλογική τομή των Μαρμάρων Μεσαριάς (Παπανικολάου 1976).

1: Ενδιάμεσοι φαιοί ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι Μαρμάρων Μεσαριάς, **2:** Μάρμαρα Μεσαριάς, **3:** Μοσχοβιτικοί χλωριτικοί σχιστόλιθοι Σχιστολίθων Γερακώνας

Σχιστόλιθοι Γερακώνας: Ο σχηματισμός αυτός είναι σχεδόν ομόλογος των Σχιστολίθων Πετάλου με ορισμένες διαφορές, οι οποίες οφείλονται σε φασικές πλευρικές μεταβολές. Τα κατώτερα όρια του σχηματισμού είναι σαφή, τα δε ανώτερα προσδιορίζονται από τα υπολείμματα των Μαρμάρων Παλαιοκάστρου. Μια άλλη διαφορά στους σχιστολιθικούς ορίζοντες της Γερακώνας είναι η εμφάνιση χαρακτηριστικών ασβεστιτικών σχιστολίθων μετά γλαυκοφανούς, πάχους περίπου 40 m.

Μάρμαρα Παλαιοκάστρου: Η εμφάνισή τους περιορίζεται σε τρεις μεμονωμένους όγκους στο οροπέδιο της Γερακώνας. Το σύνολο του σχηματισμού πάχους έως και 200 m είναι εναλλαγές οριζόντων μαρμάρου ή σιπολινών και σχιστολίθων. Οι σχιστολιθικοί ορίζοντες εντός των οποίων παρεμβάλλονται τα στρωματίδια μαρμάρου, είναι ποικίλης σύστασης με διάκριση 3 οριζόντων:

- 1) Μοσχοβιτικού - γλαυκοφανιτικού σχιστολίθου
- 2) Επιδοτοαμφιβολιτικού σχιστολίθου
- 3) Επιδοτο-χλωριτο-μοσχοβιτικού σχιστολίθου

Σχιστόλιθοι Ράχης: Ο σχηματισμός αυτός περιβάλλει εξωτερικά τη σύνθετη πτυχή, της οποίας τον πυρήνα συνιστούν τα Μάρμαρα Ράχης, ενώ ενδιάμεσα αναπτύσσονται οι Εναλλαγές Μαρμάρων Σχιστολίθων Ράχης. Πετρογραφικά συνίστανται κυρίως από αμφιβολίτες, οι οποίοι καταλαμβάνουν και την κορυφή Προφήτης Ηλίας (683 m). Στο νότιο μισό της Ράχης, πάνω απ'τους αμφιβολίτες αναπτύσσονται μοσχοβιτικοί - γλαυκοφανιτικοί σχιστόλιθοι με ενδιάμεσες τράπεζες μαρμάρου ή σιπολινών πάχους 1 - 6 m. Το σύνολο του σχηματισμού πρέπει να αντιστοιχεί σε τμήμα των Σχιστολίθων Γερακώνας και κατ' επέκταση και των Σχιστολίθων Πετάλου. Σε όλη τη νότια πλευρά της Ράχης εμφανίζονται πάνω απ'τις Εναλλαγές και τους Σχιστολίθους Ράχης σιπολίνες και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι μετά γλαυκοφανούς.

Μάρμαρα Ράχης: Συνίστανται από λεπτοταϊνιώδη μάρμαρα κυανότεφρα έως λευκά, αλλά παρατηρούνται και ορίζοντες παχυστρωματώδεις έως και ασαφούς στρώσης κιτρινόχρου μαρμάρου με κυψελώδη όψη. Η προς τα πάνω εξέλιξή τους χαρακτηρίζεται από την παρεμβολή σχιστολιθικών διαστρώσεων με μετάβαση προς τον σχηματισμό των Εναλλαγών Μαρμάρων Σχιστολίθων Ράχης, ο οποίος στους κατώτερους ορίζοντες σχεδόν ταυτίζεται με ακάθαρμο μάρμαρο με

σχιστολιθικές παρεμβολές, για να μεταπέσει σταδιακά σε σχιστόλιθο με σπάνια συμμετοχή λεπτών στρωματιδίων μαρμάρου.

4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η Άνδρος παρουσιάζει σειρά επάλληλων πτυχών, ομαλότερες στο κέντρο, με γενική διεύθυνση προς ΒΑ (Μαρίνος, 1954). Στον δυτικό τομέα της νήσου σχηματίζεται διακοπτόμενη οροσειρά ΒΔ κατεύθυνσης, από την οποία αναχωρούν οι κύριες ορεινές ράχεις προς τα ΒΑ, με τον άξονα αυτών βυθιζόμενο προς τη θάλασσα της ανατολικής πλευράς, ενώ προς τη δυτική, οι κατερχόμενες επίσης πτυχές διακόπτονται στην αρχή τους από τις παράκτιες μεταπτώσεις.

Η Άνδρος είναι σαν ένα μεγάλο σύνθετο αντίκλινο, με αξονες ΒΑ (κυρίως) και ΒΔ, των οποίων οι επιμέρους πτυχώσεις είναι εντονότερες στα δύο άκρα της νήσου. Οι πτυχές του κέντρου είναι αρκετά ανοιχτές και σχεδόν συμμετρικές όρθιες, ενώ προς το βόρειο και το νότιο άκρο της νήσου γίνονται περισσότερο κλειστές, κεκλιμένες ή και ανεστραμμένες ή ακόμη λεπιοειδώς διατεταγμένες. Αυτό καθίσταται ιδιαίτερα αντιληπτό από τη θέση των κοιτών των μαρμάρων. Μια χαρακτηριστική κεκλιμένη πτυχή υπάρχει κατα μήκος της κοιλάδας της Μεσαριάς, στους πρόποδες της Γερακώνας, διακρινόμενη από τη θέση δύο παράλληλων κοιτών μαρμάρου.

Τα ρήγματα είναι συχνά και με ισχυρότατη κλίση. Είναι κυρίως σε δύο συστήματα με γενικές κατευθύνσεις ΔΒΔ και ΒΒΑ περίπου. Για την τεκτονική και τη μεταλλογένεση φαίνονται περισσότερο ενδιαφέροντα τα ΒΔ έως ΔΒΔ.

Ως προς την απόλυτη ηλικία των πτυχών, λόγω έλλειψης στρωματογραφικών δεδομένων δεν είναι δυνατό να καθορισθεί από την Άνδρο, πέρα βεβαίως από την παρατήρηση ότι, εφ'όσον ένα τμήμα του

κρυσταλλωσχιστώδους αποδείχθηκε ότι ανήκει στο Πέρμιο, οι πτυχές της Άνδρου είναι οπωσδήποτε μετα-Περμικές.

Σύμφωνα με τον Παπανικολάου (1976) το σύστημα πτυχών της Άνδρου αποτελείται από τρεις παραμορφωτικές φάσεις. Η Α' (BA-NA πτυχές) αποτελεί μια παλαιοαλπική φάση η οποία εκδηλώθηκε κατά το ανώτερο Ιουρασικό-Κρητιδικό, η Β' παραμορφωτική φάση (πτυχές Α-Δ και ΑΝΑ-ΔΒΔ) μία άνω-κρητιδική – ηωκαινική φάση και η Γ' παραμορφωτική φάση (πτυχές ΒΔ-ΝΑ και Β-Ν) μία μετα-ηωκαινική φάση, η οποία και εναρμονίζεται από δυναμικής απόψεως λίαν ικανοποιητικά προς τις αλπικές πτυχώσεις του Ολιγοκαίνου / Μειοκαίνου της Δυτικής Ελλάδας.

Η απόλυτη χρονολόγηση των παραμορφωτικών φάσεων γενικά είναι πολύ δυσχερής, ακόμη και στις περιπτώσεις όπου υφίστανται αρκετά στρωματογραφικά δεδομένα, γι' αυτό και στο θέμα της ηλικίας επιβάλλεται να είμαστε επιφυλακτικοί.

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΗΣ Ν. ΑΝΔΡΟΥ

5.1. Η χρήση των Γ.Σ.Π. στην ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου

Για τη διαδικασία της ψηφιοποίησης του υδρογραφικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε ο τοπογραφικός χάρτης της Γεωλογικής Υπηρεσίας Στρατού με κλίμακα 1:50000. Ο χάρτης αυτός, αρχικά σαρώθηκε και περάστηκε σε υπολογιστή με τη μορφή εικόνας “.tif”. Στη συνέχεια εισήχθηκε σε πρόγραμμα Γ.Σ.Π. (Map Info v6.0) προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο για την δημιουργία των επιπέδων πληροφοριών (layers). Όλα τα επίπεδα πληροφοριών που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιούν ως προβολικό σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ '87. Το

σύστημα αυτό χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS80, με αρχή το κεντρικό βάθρο του Διονύσου. Η Ελλάδα είναι χωρισμένη σε μία ζώνη, με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda_0=24^\circ$ και συντελεστή κλίμακας 0.9996. Ο κεντρικός μεσημβρινός απεικονίζεται στο επίπεδο σαν άξονας των Y, ενώ ο ισημερινός σαν άξονας των X. Για να μην υπάρχουν αρνητικές συντεταγμένες στον άξονα των X, θεωρήθηκε ότι ο κεντρικός μεσημβρινός έχει τιμή $X_0=500.000$ μέτρα. Η προβολή είναι εγκάρσια μερκατορική. Έχοντας τον τοπογραφικό χάρτη ως υπόβαθρο δημιουργήθηκαν 3 επίπεδα πληροφοριών τα οποία είναι α) Η ακτογραμμή β) Το υδρογραφικό δίκτυο και γ) Οι υδρογραφικές λεκάνες της Νήσου Άνδρου.

Η ακτογραμμή ψηφιοποιήθηκε με βάση τα όρια του τοπογραφικού χάρτη και αποτελεί το όριο του μορφολογικού αναγλύφου του νησιού με την θάλασσα. Στο επίπεδο αυτό πληροφορίας δεν έγινε ταξινόμηση των ακτών με βάση την μορφολογία τους.

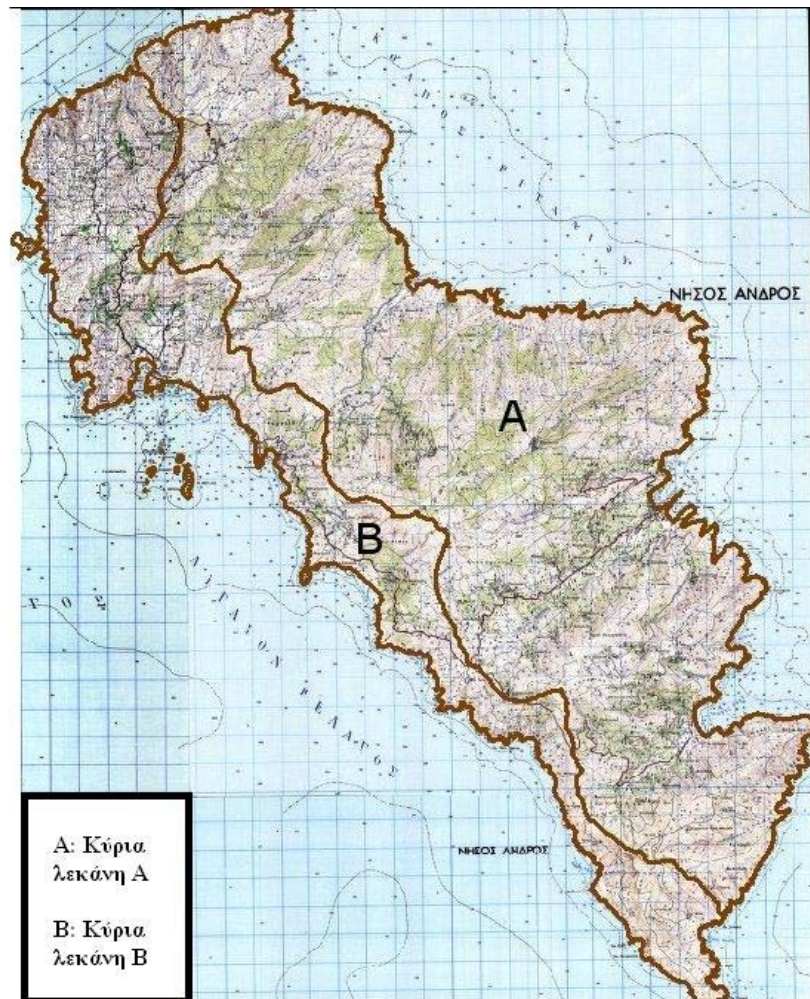
Το υδρογραφικό δίκτυο ψηφιοποιήθηκε από τους χάρτες 1:50.000 ακολουθώντας τα ίχνη των μπλε γραμμών ενώ η ταξινόμηση έγινε με βάση τα χαρακτηριστικά ροής της κοίτης. Η αρίθμηση έγινε κατά Strahler. Σύμφωνα με αυτή, ρεύματα τα οποία δεν δέχονται τα ύδατα μικρότερων κλάδων ρευμάτων ονομάζονται 1^{ης} τάξης. Σύνδεση δύο κλάδων 1^{ης} τάξης δημιουργεί ένα ρεύμα 2^{ης} τάξης. Σύνδεση δύο κλάδων 2^{ης} τάξης δημιουργεί ένα ρεύμα 3^{ης} τάξης κ.ο.κ. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ο τοπογραφικός χάρτης που χρησιμοποιήσαμε δεν συμπληρώθηκε ή διορθώθηκε από χάρτες μεγαλύτερης κλίμακας ή αεροφωτογραφίες.

Οι υδρογραφικές λεκάνες που μελετήθηκαν είναι όλες οι λεκάνες τρίτης (3^{ης}) ή μεγαλύτερης τάξης του νησιού που ο κύριος κλάδος τους εκβάλλει στην θάλασσα. Δεν έγινε ανάλυση λεκανών ίδιας τάξης όταν

αυτές αποτελούν υπολεκάνες κάποιων υδρολογικών λεκανών μεγαλύτερης τάξης.

5.2. Μορφή και ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου – ανάλυση λεκανών

Από την παρατήρηση του υδρογραφικού δικτύου γίνονται εύκολα αντιληπτές κάποιες ιδιαιτερότητες που αυτό παρουσιάζει. Η σημαντικότερη ίσως παρατήρηση που μπορούμε να κάνουμε είναι η μεγάλη διαφορά στο μήκος των κλάδων που εκβάλουν στην ανατολική ακτή του νησιού σε σχέση με αυτούς που εκβάλουν στη δυτική. Στο ανατολικό τμήμα το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει κυρίως δενδριτική μορφή (υπάρχουν και εξαιρέσεις όπως θα δούμε παρακάτω) με κάποια στοιχεία ρηξιγενούς κλιμακωτής μορφής σε ορισμένες περιπτώσεις λόγω τοπικών ρηγμάτων. Η γεωλογία του νησιού δηλαδή ευνοεί την επιφανειακή απορροή με αποτέλεσμα την ανάπτυξη του δικτύου. Στη δυτική πλευρά αντίθετα, τα ρέματα παρουσιάζουν παράλληλη μορφή. Το υδρογραφικό δίκτυο της Άνδρου λοιπόν επηρεάζεται έντονα από την γεωλογία και την τεκτονική. Η ασύμμετρη αυτή ανάπτυξη του δικτύου φαίνεται στο σχήμα 5.2 στο οποίο γίνεται ο διαχωρισμός της νήσου σε δύο κύριες λεκάνες Α και Β με βάση την παραπάνω παρατήρηση. Μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι η ιδιόμορφη ανάπτυξη ορισμένων κλάδων (πχ λεκάνες 8,9). Γίνεται αμέσως φανερό ότι στις λεκάνες αυτές οι κλάδοι δεν αναπτύσσονται συμμετρικά στις δυο πλευρές του κεντρικού κλάδου αλλά συγκεντρώνονται μόνο στη μια πλευρά σε όλο το μήκος της λεκάνης.



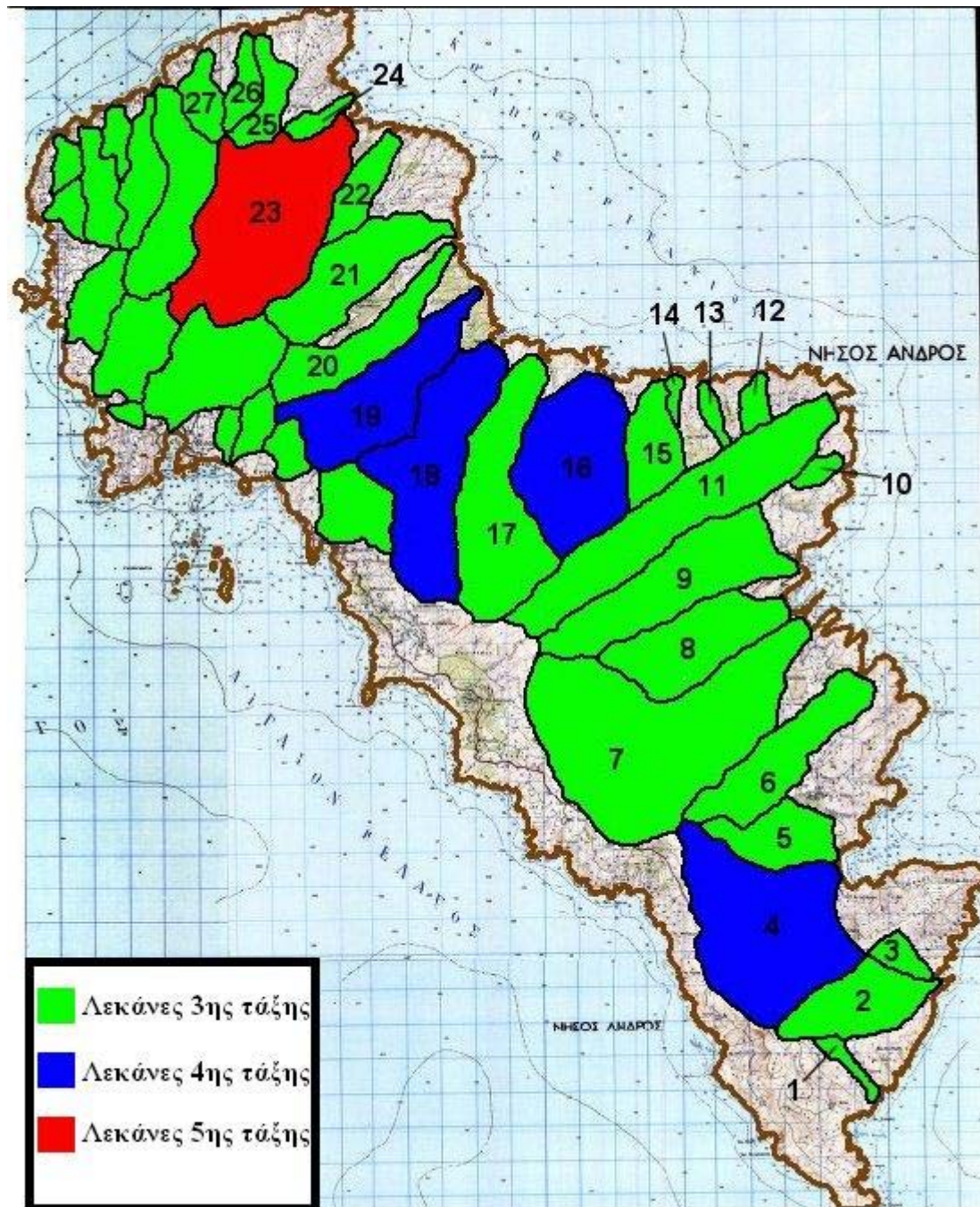
Σχήμα 5.2. Διαχωρισμός της Ν. Ανδρου σε δύο κύριες λεκάνες

Παρακάτω φαίνονται τα στοιχεία κάθε λεκάνης:

Πίνακας 1

ΛΕΚΑΝΗ	ΤΑΞΗ	ΕΜΒΑΔΟ (km ²)	ΛΕΚΑΝΗ	ΤΑΞΗ	ΕΜΒΑΔΟ (km ²)	ΛΕΚΑΝΗ	ΤΑΞΗ	ΕΜΒΑΔΟ (km ²)
1	3	0,9715	11	3	16,53	21	3	8,832
2	3	6,583	12	3	1,179	22	3	3,012
3	3	1,4	13	3	0,8747	23	5	19,48
4	4	18,88	14	3	0,5433	24	3	1,131
5	3	5,07	15	3	4,439	25	3	2,827
6	3	8,534	16	4	13,2	26	3	1,929
7	3	28,32	17	3	13,74	27	3	2,331
8	3	9,037	18	4	14,9			
9	3	12,79	19	4	11,06	A		107
10	3	0,9218	20	3	6,742	B		274,3

Στο σχήμα που ακολουθεί γίνεται μια κατάταξη των λεκανών με βάση την τάξη τους. Το κόκκινο χρώμα αντιστοιχεί στη λεκάνη 5^{ης} τάξης, το μπλε στις λεκάνες 4^{ης} τάξης και το πράσινο στις 3^{ης}.



Σχήμα 5.3. Ταξινόμηση των υδρογραφικών λεκανών με βάση την τάξη τους

5.3. Νόμοι υδρογραφικής σύνθεσης

Παρακάτω εφαρμόστηκαν οι δύο νόμοι του Horton για το σύνολο των κλάδων όλου του νησιού αλλά και ξεχωριστά για τις λεκάνες 5^{ης} και 4^{ης} τάξης (λεκάνες 23, 4, 16, 18, 19).

5.3.1. 1^{ος} Νόμος του Horton – Νόμος του αριθμού των κλάδων

Το 1945 ο Horton διατύπωσε τον πρώτο νόμο του. Σύμφωνα με αυτόν ο αριθμός των διαδοχικά μικρότερων τάξεων κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, τείνει να σχηματίσει μια αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας πρώτος όρος είναι η μονάδα (ο απλός κλάδος της μέγιστης τάξης) και λόγος, ο λόγος διακλάδωσης R_b . Η μαθηματική έκφραση του νόμου έχει ως εξής:

$$N_u = R_b^{(k-u)}$$

όπου: N_u = αριθμός ρευμάτων τάξης u

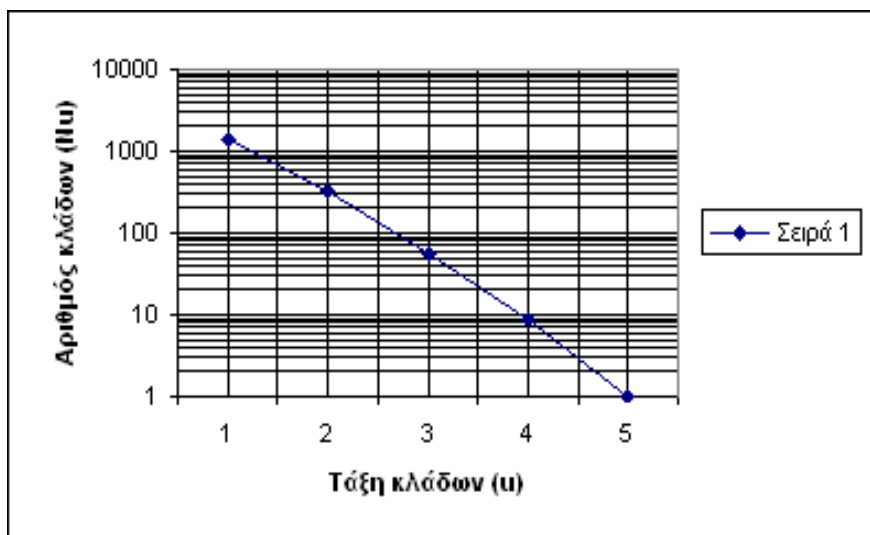
K = μέγιστη τάξη

u = ζητούμενη τάξη

$$R_b = \text{λόγος διακλάδωσης} = \frac{N_u}{N(u+1)}$$

Αρχικά εφαρμόζουμε τους νόμους για το σύνολο των υδρογραφικών λεκανών του νησιού και στη συνέχεια για τις 5 σημαντικότερες λεκάνες. Για το σύνολο των λεκανών έχουμε:

u	N_u	R_b
1	1390	4.357367
2	319	5.8
3	55	6.111112
4	9	9
5	1	
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ		6.3171



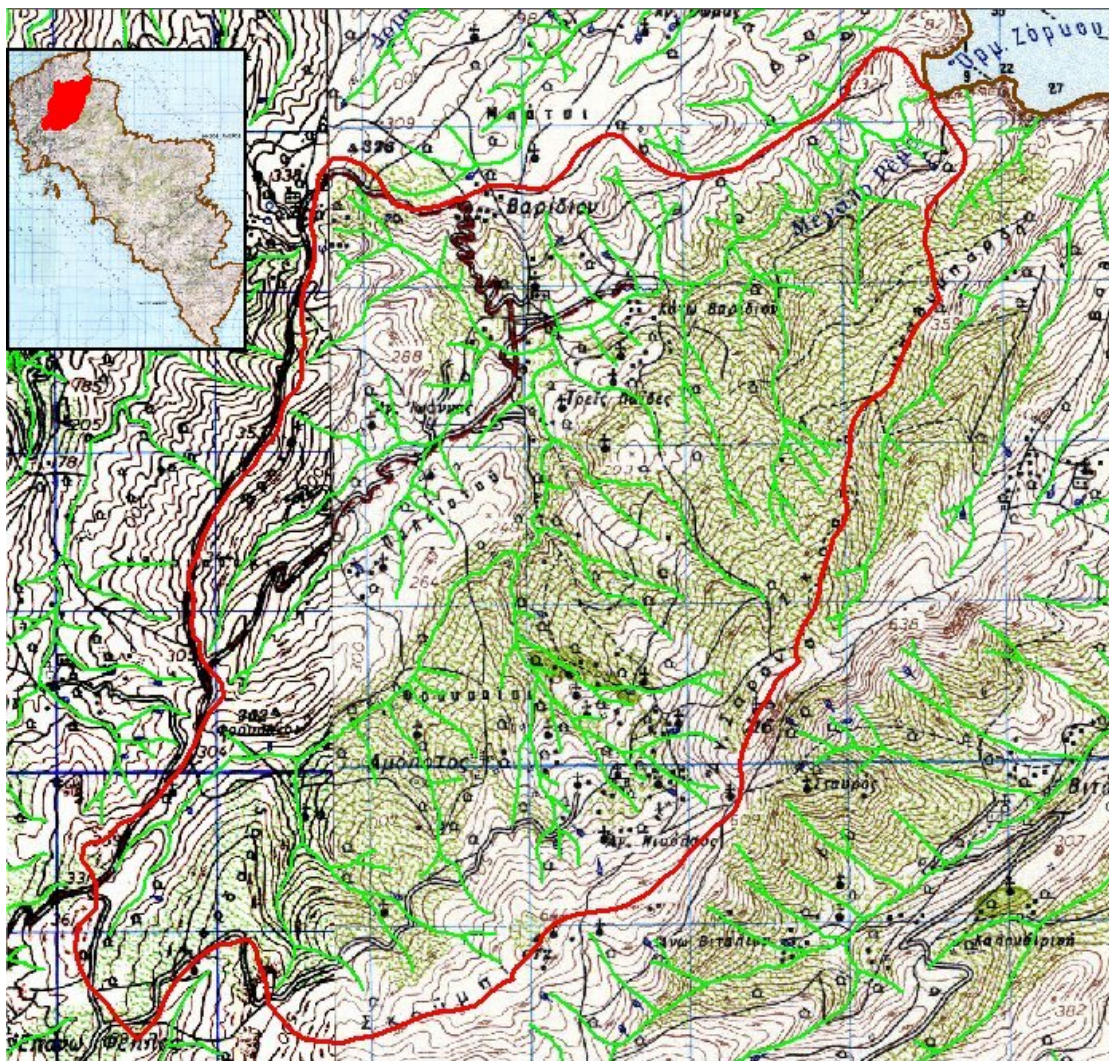
Για τις λεκάνες 5^{ης} τάξης έχουμε:

ΛΕΚΑΝΗ 23

Βρίσκεται στο ΒΔ άκρο του νησιού και περικλύει το “Μεγάλο Ρέμα”.

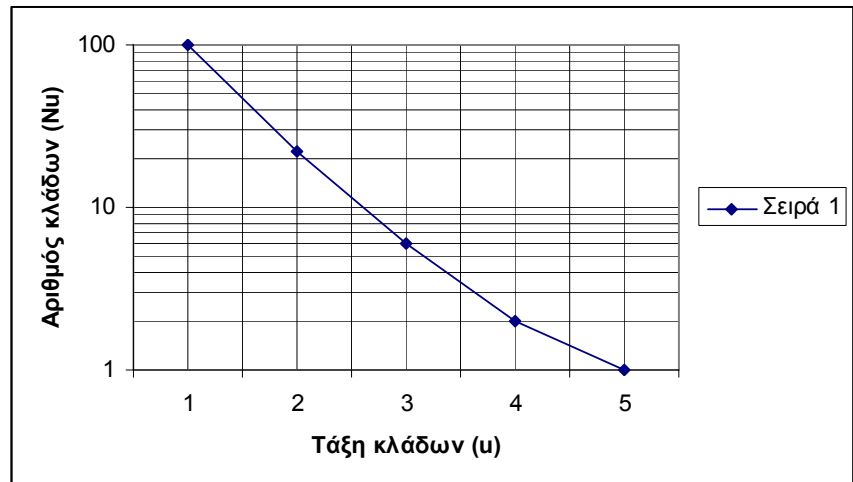
Στην έκτασή της περιλαμβάνονται τα χωριά Αμόλοχος και Βαρίδιον.

Η λεκάνη καταλήγει στον Όρμο Ζόρκου. Το υδρογραφικό της δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής ενώ αποτελεί την μεγαλύτερης τάξης λεκάνη (5^{ης}) σε όλο το νησί καθώς και την δεύτερη σε εμβαδό.



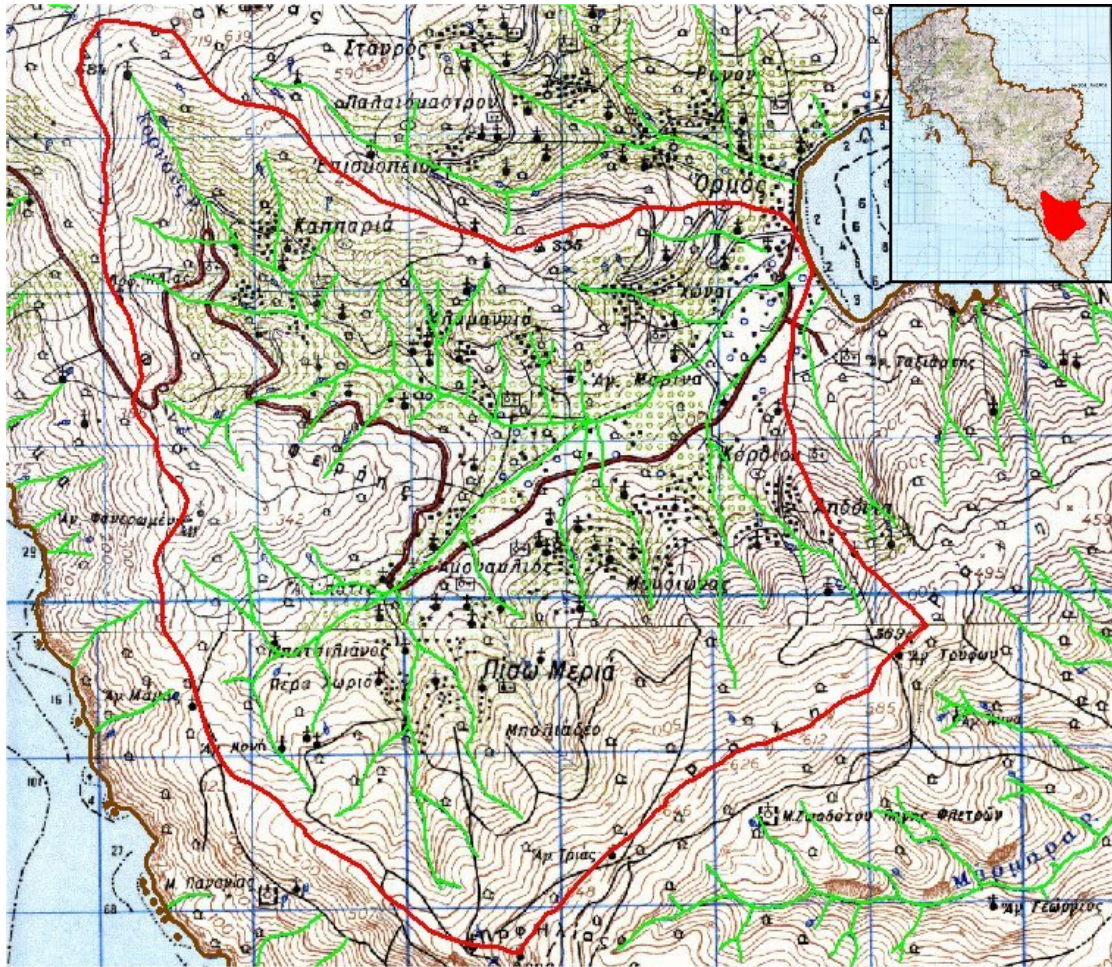
Σχήμα 5.4. Απόσπασμα της λεκάνης 23 από τον τοπογραφικό χάρτη της Άνδρου

u	Nu	Rb
1	99	4,5
2	22	3,666667
3	6	3
4	2	2
5	1	



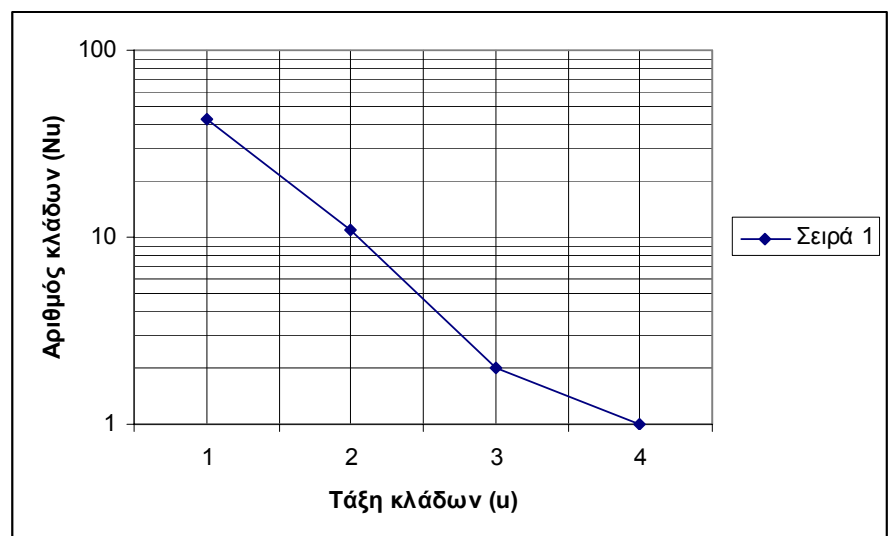
ΛΕΚΑΝΗ 4

Βρίσκεται στο ΝΑ άκρο του νησιού και περικλύει το Ρέμα Κορνούς. Στην έκτασή της συναντάμε τα χωριά Πίσω Μεριά, Καππαριά, Κόρθι, Αλαμαννιά ενώ η λεκάνη καταλήγει στον Όρμο Κορθίου. Το υδρογραφικό της δίκτυο χαρακτηρίζεται δενδριτικής μορφής ενώ η τάξη της είναι 4^{ου} βαθμού.



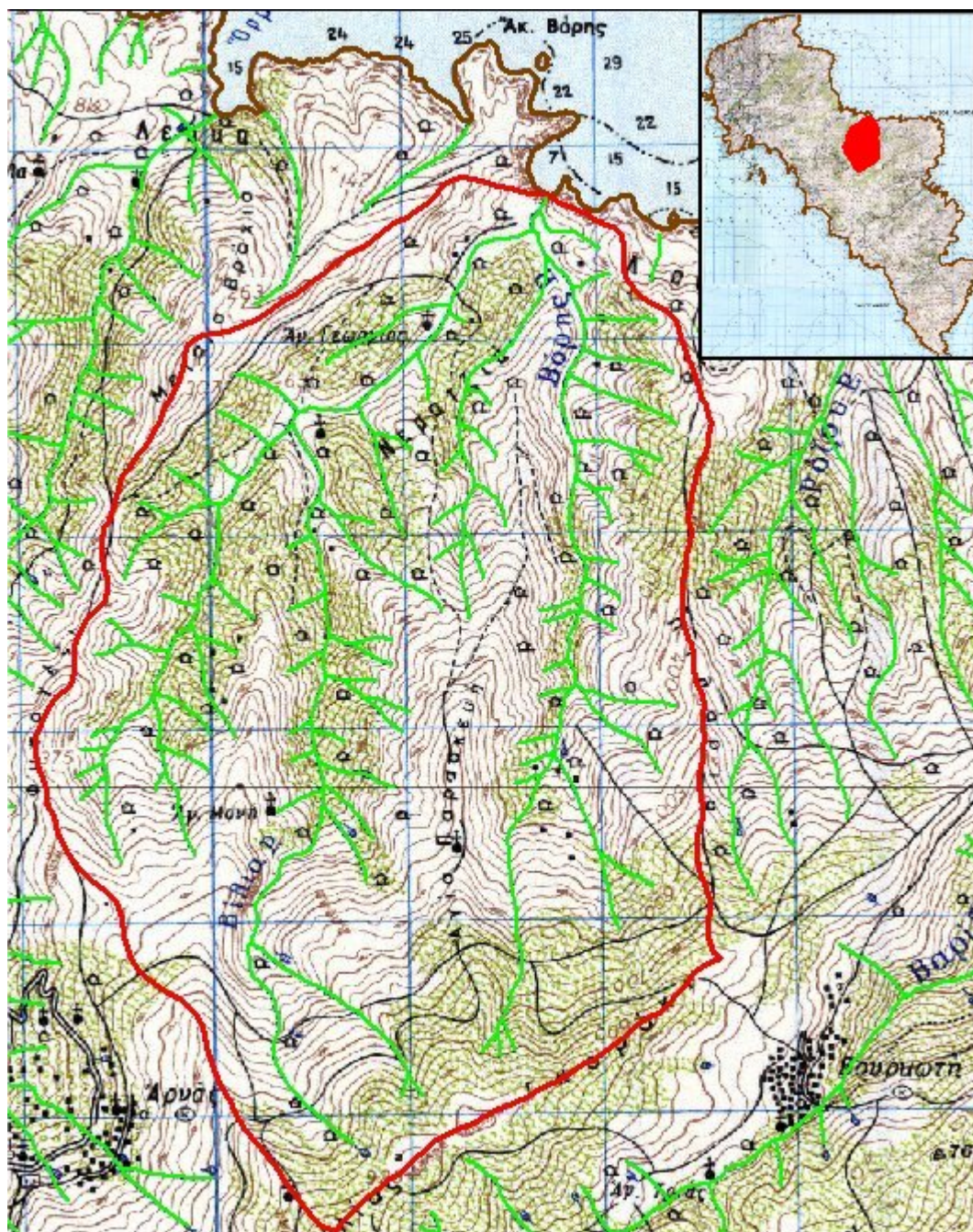
Σχήμα 5.5. Απόσπασμα της λεκάνης 4 από τον τοπογραφικό χάρτη της Άνδρου

u	Nu	Rb
1	43	3,90909
2	11	5,5
3	2	2
4	1	



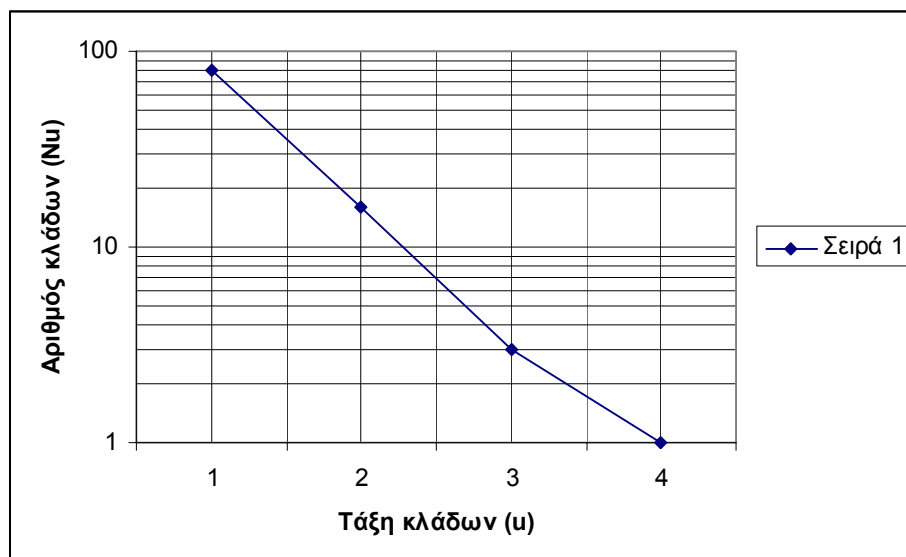
ΛΕΚΑΝΗ 16

Βρίσκεται στο κέντρο του νησιού και περικλύει το Ρέμα της Βίλιας και το Ρέμα Βόρης. Καταλήγει κοντά στο ακροτήριο Βόρης και το υδρογραφικό δίκτυο χαρακτηρίζεται σαν δενδριτικής έως ρηξιγενούς κλιμακωτής μορφής. Η τάξη της είναι 4^{ου} βαθμού.



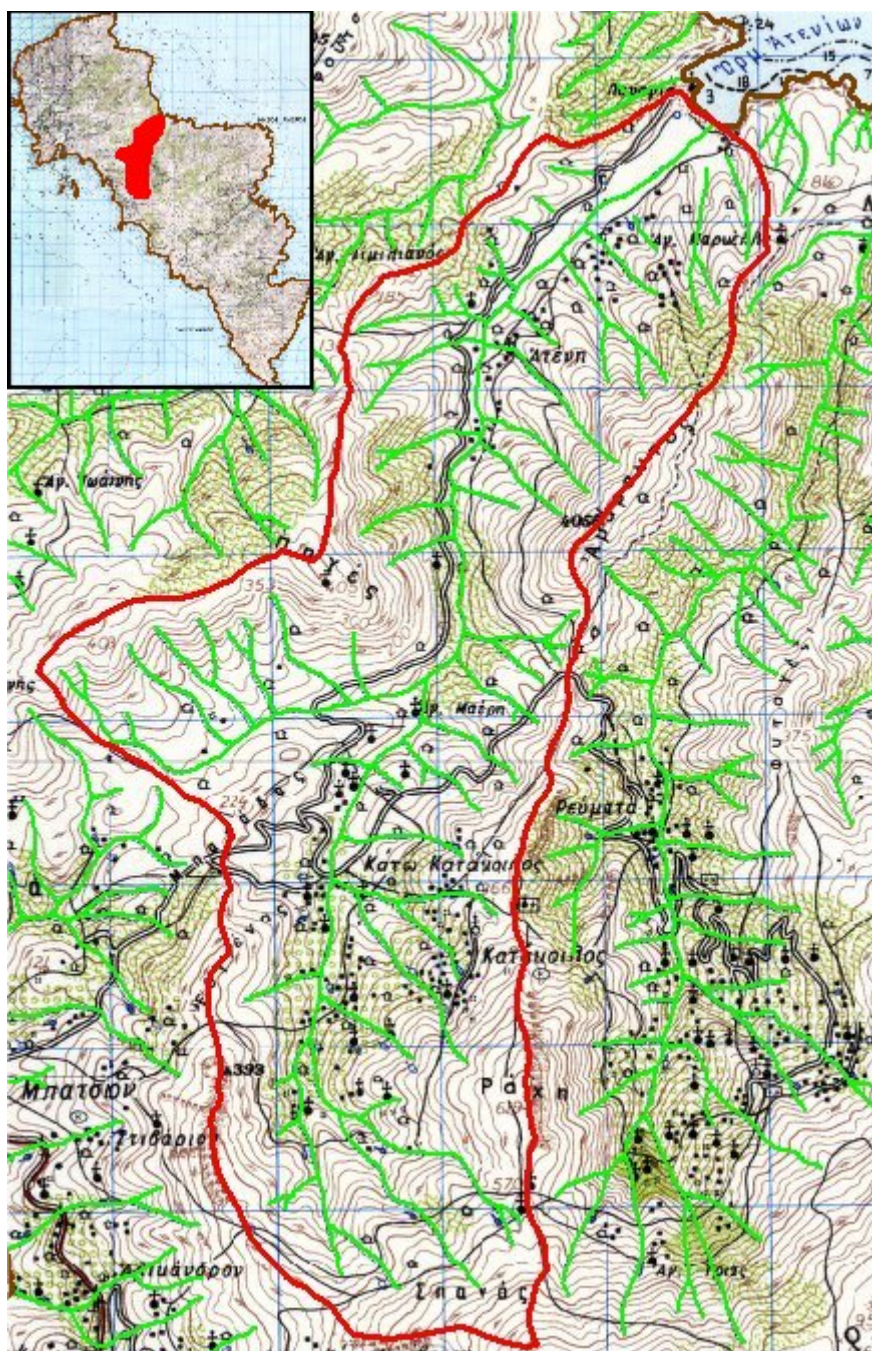
Σχήμα 5.6. Απόσπασμα της λεκάνης 16 από τον τοπογραφικό χάρτη της Άνδρου

U	Nu	Rb
1	80	5
2	16	5,333333
3	3	3
4	1	



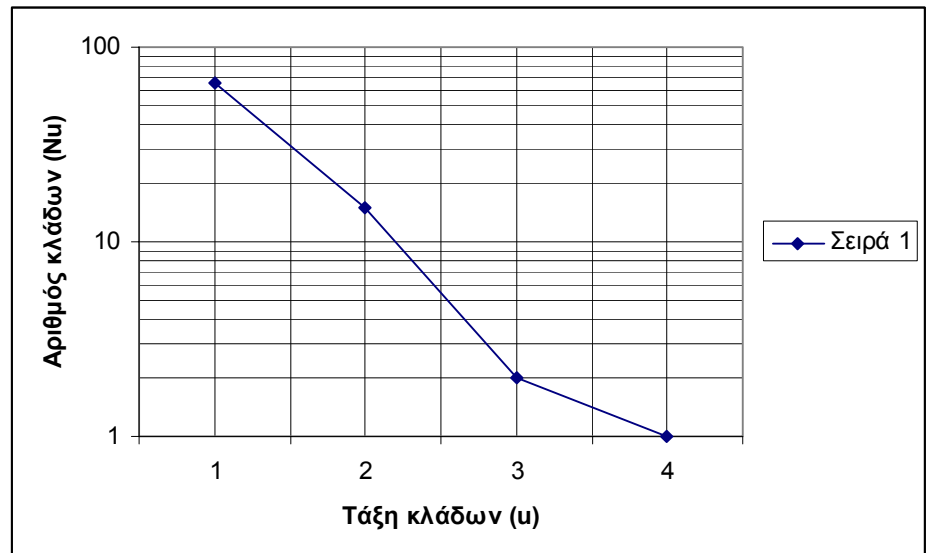
ΛΕΚΑΝΗ 18

Βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του νησιού και περιλαμβάνει τα χωριά Κατάκοιλος και Ατένη. Καταλήγει στον Όρμο Ατενίων και το υδρογραφικό της δίκτυο είναι ρηξιγενούς κλιμακωτής μορφής. Η τάξη της είναι 4^ο βαθμού.



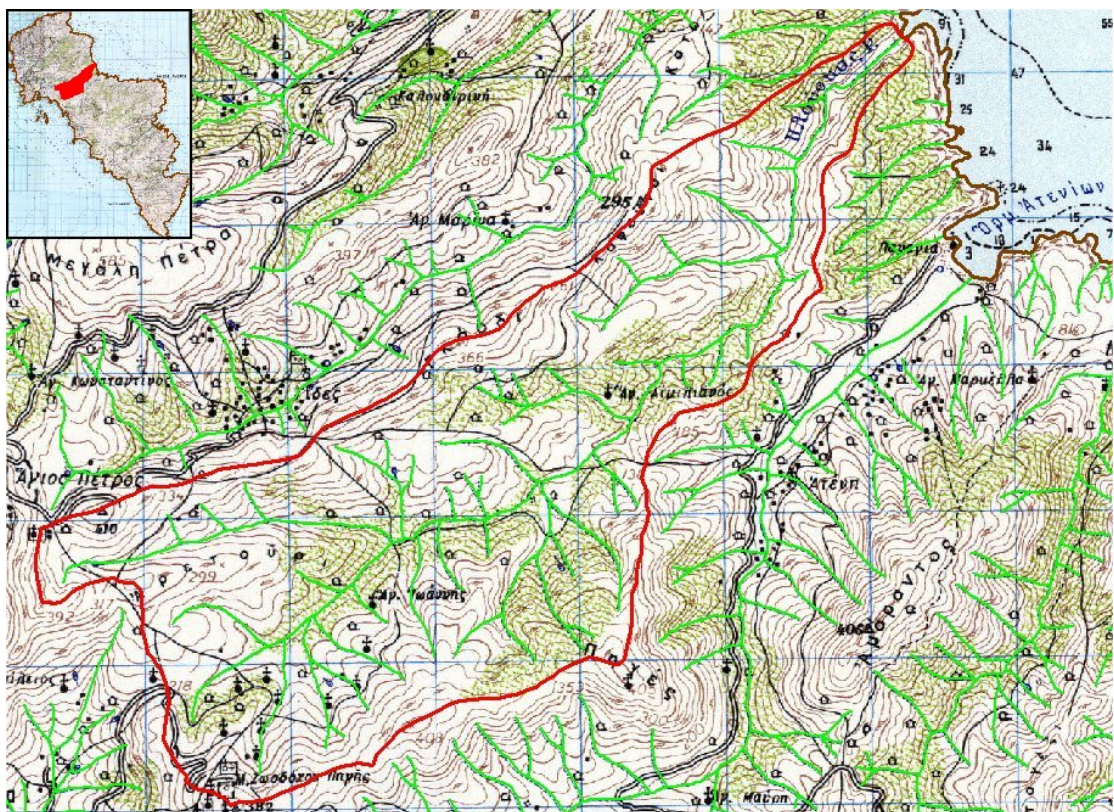
Σχήμα 5.7. Απόσπασμα της λεκάνης 18 από τον τοπογραφικό χάρτη της Άνδρου

u	Nu	Rb
1	66	4,4
2	15	7,5
3	2	2
4	1	



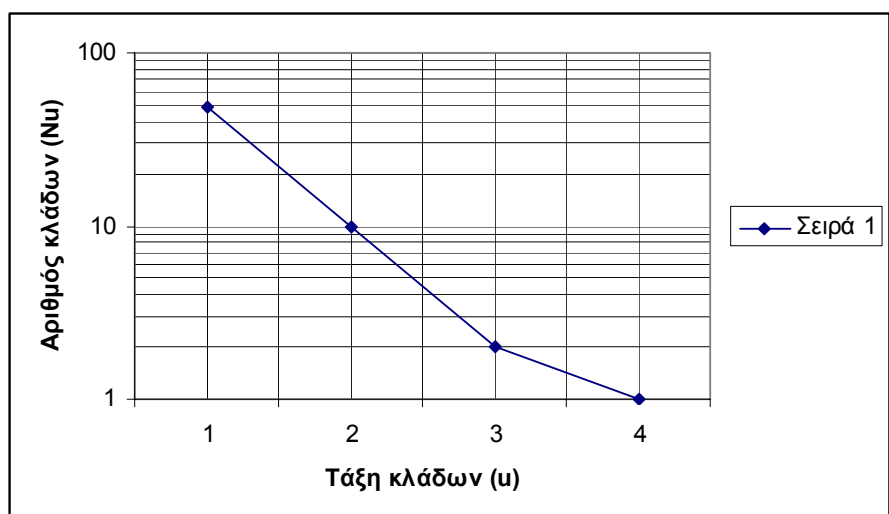
ΛΕΚΑΝΗ 19

Τοποθετείται στο βόρειο τμήμα του νησιού και περικλύει το Ρέμα Πλούσμας. Στην έκταση της λεκάνης δε συναντιούνται οικισμοί παρά μόνο μερικές μονές, όπως η Ζωοδόχου Πηγής και ο Αγ. Ιωάννης. Το ρέμα καταλήγει στην περιοχή ανάμεσα στους Όρμους Βιταλίου και Ατενίων ενώ και εδώ το δενδριτικής μορφής υδρογραφικό δίκτυο έχει στοιχεία ρηξιγενούς κλιμακωτής μορφής. Η τάξη της λεκάνης και εδώ είναι 4^{ου} βαθμού.



Σχήμα 5.8. Απόσπασμα της λεκάνης 19 από τον τοπογραφικό χάρτη της Άνδρου

u	Nu	Rb
1	49	4,9
2	10	5
3	2	2
4	1	



5.3.2. 2^{ος} Νόμος του Horton

Σύμφωνα με αυτόν, τα αθροιστικά μέσα μήκη των διαδοχικά μεγαλύτερης τάξης κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, τείνουν να σχηματίσουν μια αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας πρώτος

όρος είναι το μέσο μήκος των κλάδων 1^{ης} τάξης και λόγος, ο λόγος του μήκους RL. Η μαθηματική έκφραση του νόμου έχει ως εξής:

$$\sum \bar{L}_u = \bar{L}_1 R_L^{(u-1)}$$

όπου: $\bar{L}_u$ = το μέσο μήκος των κλάδων τάξης u

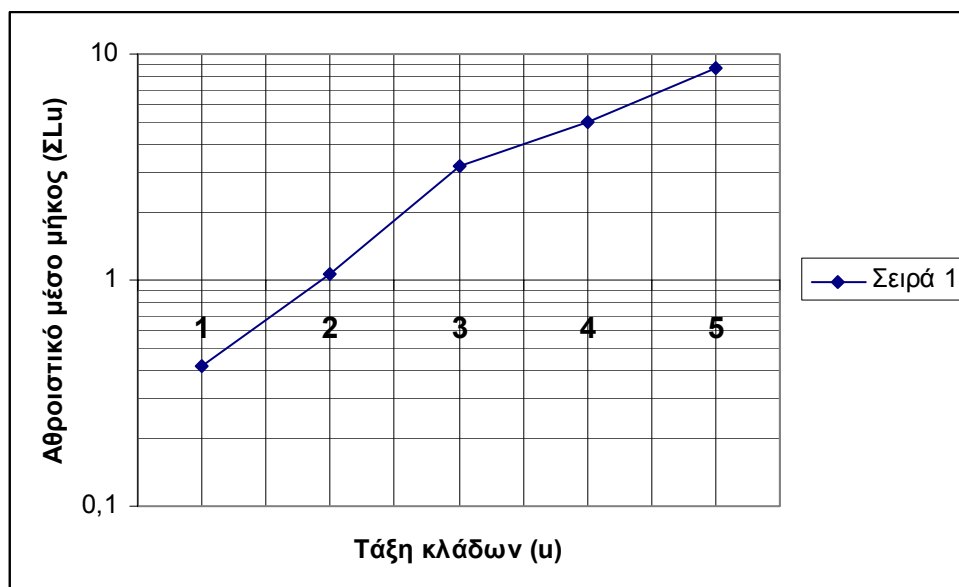
$\bar{L}_1$ = το μέσο μήκος του κλάδου 1^{ης} τάξης

u = ζητούμενη τάξη

$$R_L = \text{λόγος του μήκους} = \frac{\sum \bar{L}_u}{\sum [\bar{L}_1 (u-1)]}$$

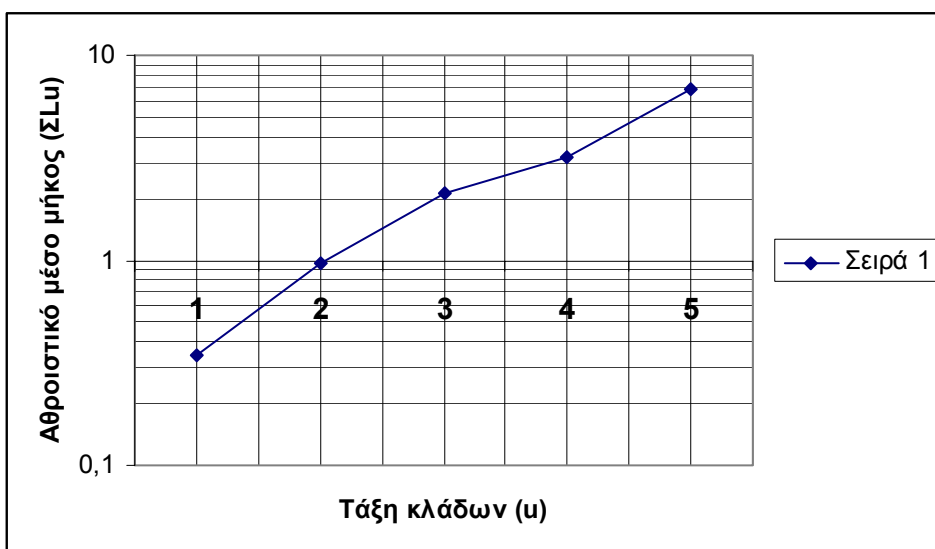
Για το σύνολο των λεκανών έχουμε:

u	Nu	Lu (km)	Lu	Σ Lu	RL
1	1390	581,5	0,418345	0,418345	
2	319	207,5	0,65047	1,068816	2,554866
3	55	115,8	2,105455	3,17427	2,969895
4	9	16,42	1,824444	4,998715	1,57476
5	1	3,713	3,713	8,711715	1,742791
Σ Nu		Σ Lu			
1774		924,933			



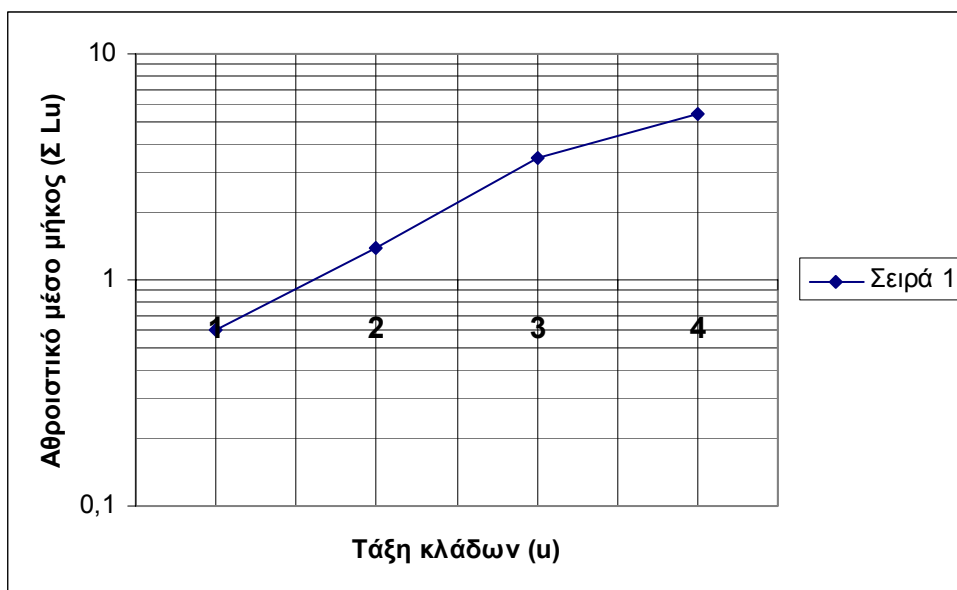
ΛΕΚΑΝΗ 23

u	Nu	Lu (km)	Lu	Σ Lu	RL
1	99	34,19	0,345354	0,345354	
2	22	13,91	0,632273	0,977627	2,830796
3	6	6,958	1,159667	2,137293	2,186206
4	2	2,027	1,0135	3,150793	1,474198
5	1	3,713	3,713	6,863793	2,178433
Σ Nu		Σ Lu			
130		60,798			



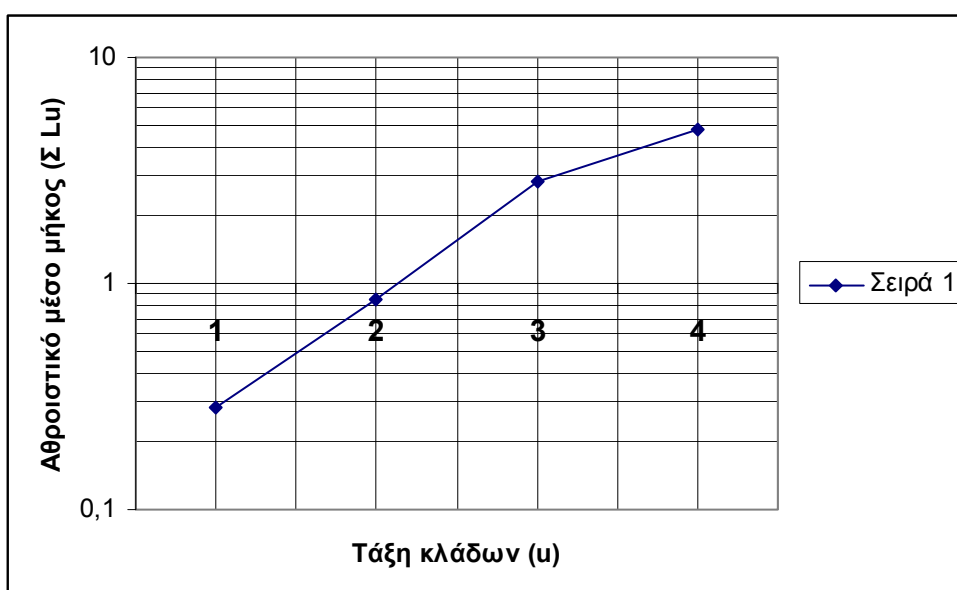
ΛΕΚΑΝΗ 4

u	Nu	Lu (km)	Lu	Σ Lu	RL
1	43	25,71	0,597907	0,597907	
2	11	8,791	0,799182	1,397089	2,336632
3	2	4,174	2,087	3,484089	2,493821
4	1	1,906	1,906	5,390089	1,547058
Σ Nu		Σ Lu			
57		40,581			



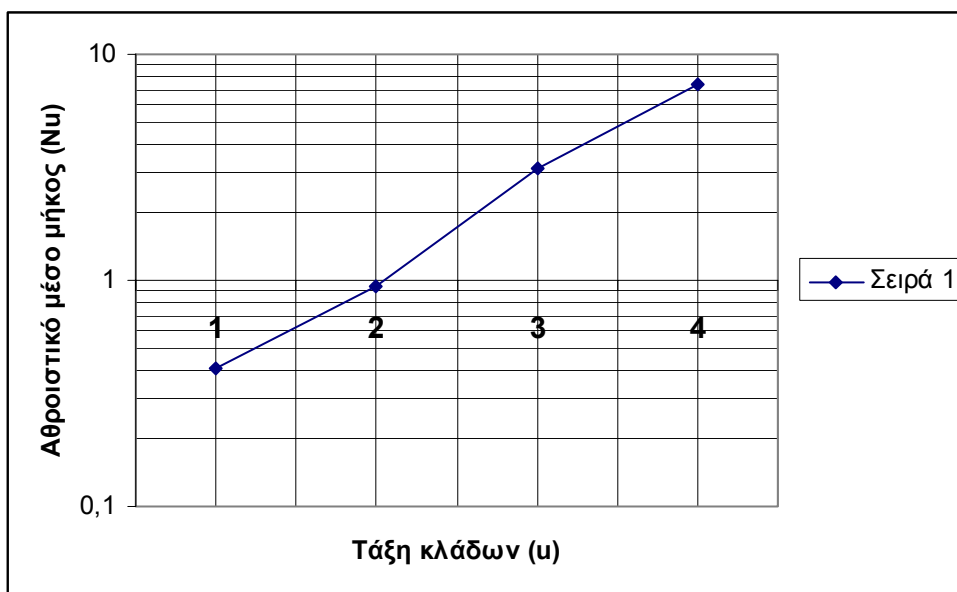
ΛΕΚΑΝΗ 16

u	N _u	L _u (km)	L _u	Σ L _u	RL
1	80	22,71	0,283875	0,283875	
2	16	8,991	0,561938	0,845813	2,979524
3	3	6,009	2,003	2,848813	3,368137
4	1	1,96	1,96	4,808813	1,688006
Σ N _u		Σ L _u			
100		39,67			



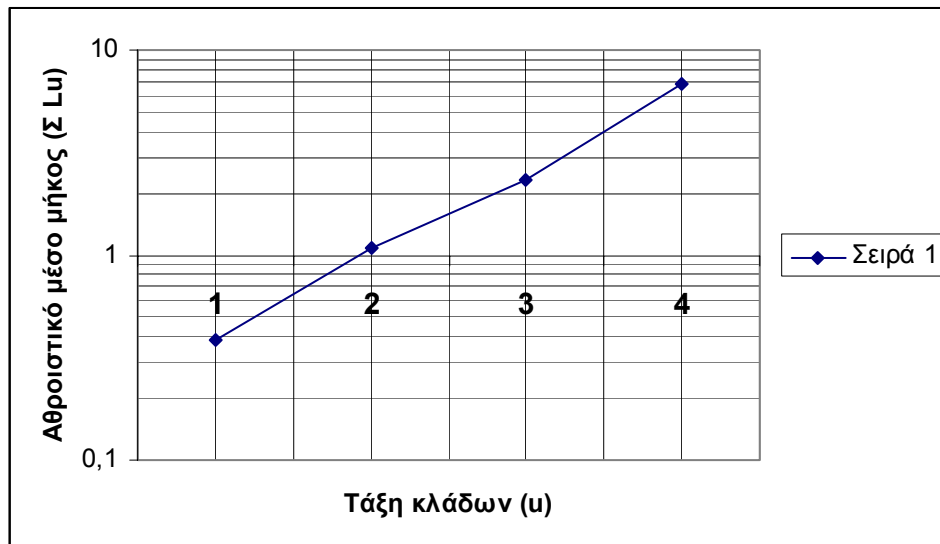
ΛΕΚΑΝΗ 18

u	Nu	Lu (km)	Lu	Σ Lu	RL
1	66	27,14	0,411212	0,411212	
2	15	8,074	0,538267	0,949479	2,308976
3	2	4,410	2,205	3,154479	3,322327
4	1	4,279	4,279	7,433479	2,356484
Σ Nu		Σ Lu			
84		43,903			



ΛΕΚΑΝΗ 19

u	Nu	Lu (km)	Lu	Σ Lu	RL
1	49	18,94	0,386531	0,386531	
2	10	6,86	0,686	1,072531	2,774761
3	2	2,511	1,2555	2,328031	2,170596
4	1	4,428	4,428	6,756031	2,902037
Σ Nu		Σ Lu			
62		32,739			



5.4. Υδρογραφική Πυκνότητα και Συχνότητα

Υδρογραφική πυκνότητα D

Ως υδρογραφική πυκνότητα D ορίζουμε τον λόγο του συνολικού μήκους όλων των κλάδων του δικτύου μιας αυτοτελούς λεκάνης απορροής, διά του εμβαδού της λεκάνης αυτής.

$$D = \frac{(\Sigma L)u}{Au} \text{ (Strahler, 1952)}$$

Υδρογραφική συχνότητα F

Ως υδρογραφική συχνότητα ορίζουμε τον λόγο του συνολικού αριθμού των κλάδων μιας λεκάνης απορροής διά του εμβαδού της λεκάνης αυτής.

$$F = \frac{(\Sigma N)u}{Au} \text{ (Strahler, 1952)}$$

Στη συνέχεια υπολογίσαμε τις δύο αυτές παραμέτρους πρώτα για όλο το νησί και ύστερα ξεχωριστά για τις λεκάνες του:

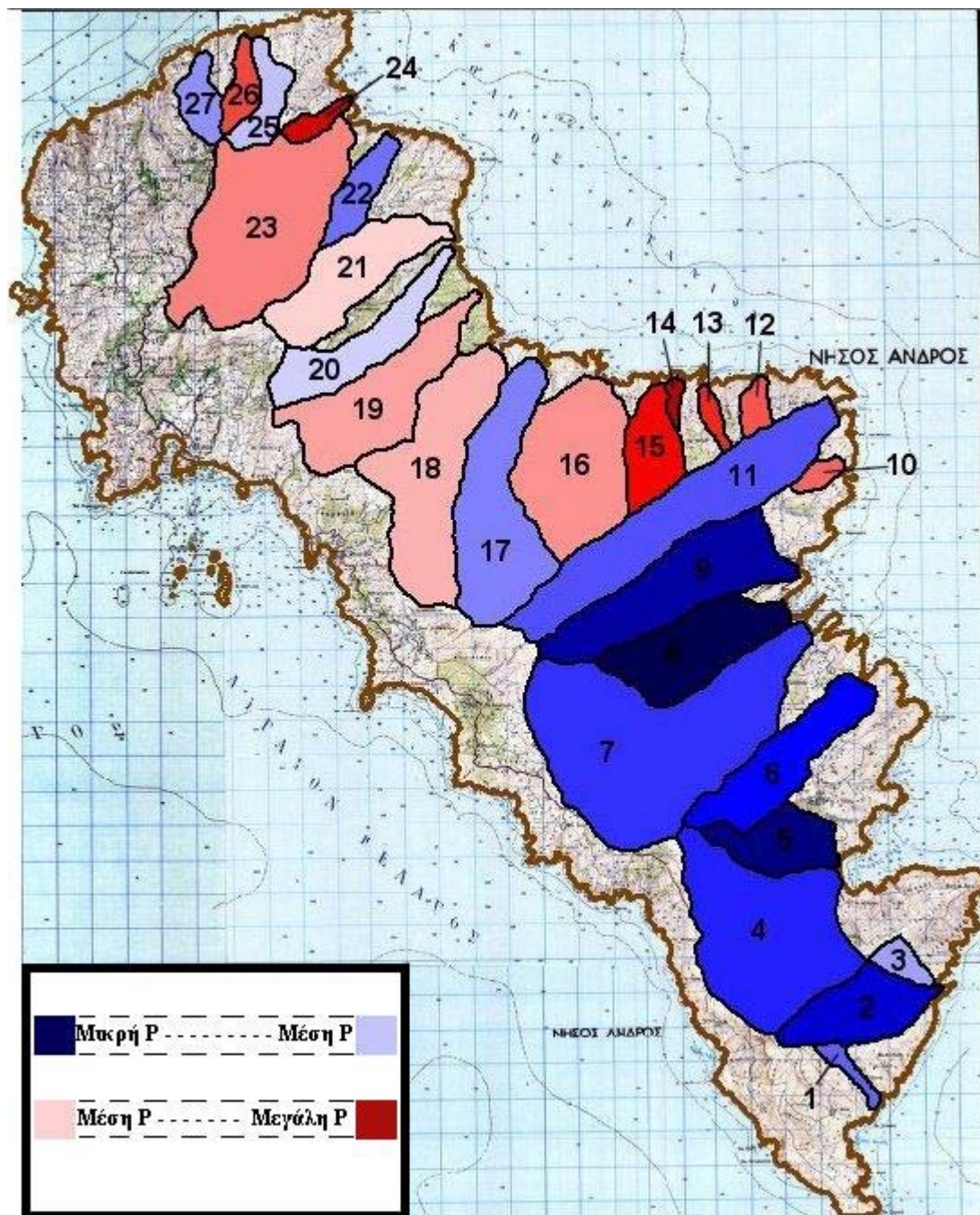
ΣΥΝΟΛΟ ΛΕΚΑΝΩΝ

Au (km ²)	D (=ΣLu/Au)	F (=ΣNu/Au)
381,3	2,425735	4,652504

Πίνακας 2

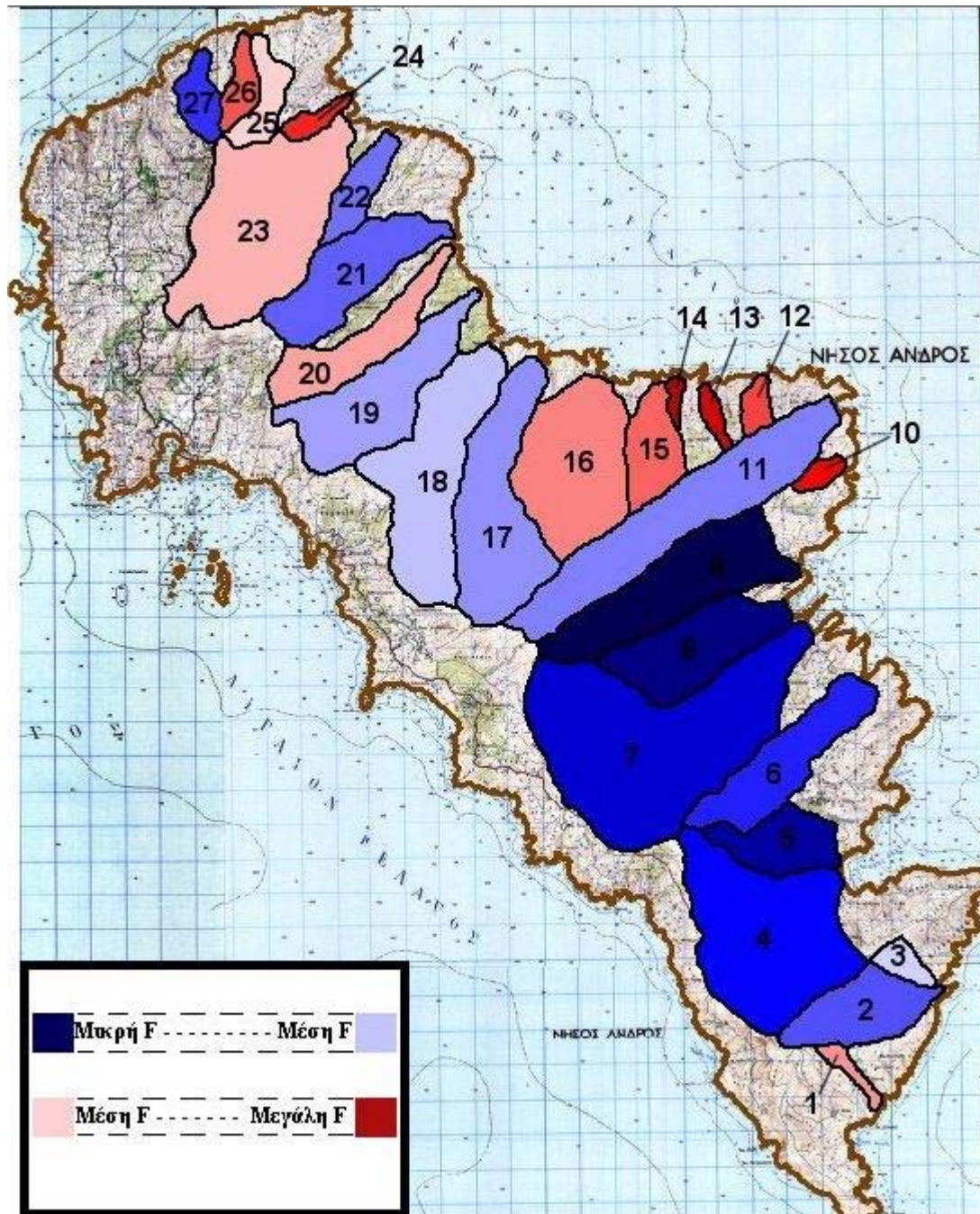
Λεκάνη	ΣNu	ΣLu (km)	Au (km ²)	D (=ΣLu/Au)	F (=ΣNu/Au)
1	7	2.622	0.9715	2.70	7.21
2	30	13.28	6.583	2.02	4.56
3	8	3.933	1.4	2.81	5.71
4	57	40.581	18.88	2.15	3.02
5	12	9.79	5.07	1.93	2.37
6	29	17.85	8.534	2.09	3.40
7	79	62.5	28.32	2.21	2.79
8	20	17.12	9.037	1.89	2.21
9	22	25.28	12.79	1.98	1.72
10	10	2.996	0.9218	3.25	10.85
11	88	39.55	16.53	2.39	5.32
12	12	3.924	1.179	3.33	10.18
13	11	3.124	0.875	3.57	12.58
14	9	2.499	0.543	4.60	16.57
15	34	16.18	4.439	3.64	7.66
16	100	39.67	13.2	3.01	7.58
17	76	38	13.74	2.77	5.53
18	84	43.903	14.9	2.95	5.64
19	62	32.739	11.060	2.96	5.61
20	46	19.33	6.742	2.87	6.82
21	44	25.36	8.832	2.87	4.98
22	16	8.187	3.012	2.72	5.31
23	130	60.798	19.480	3.12	6.67
24	12	4.649	1.131	4.11	10.61
25	18	7.989	2.827	2.83	6.37
26	16	6.485	1.929	3.36	8.29
27	8	6.448	2.331	2.77	3.43

Στον παρακάτω χάρτη έγινε μια κατάταξη των λεκανών με βάση την υδρογραφική τους πυκνότητα. Συγκεκριμένα, ξεκινώντας από μπλε σκούρο που συμβολίζει μικρή D, μεταβαίνουμε σταδιακά σε ανοιχτό μπλε για να περάσουμε σε τόνους του κόκκινου και να καταλήξουμε σε σκούρο κόκκινο, που συμβολίζει μεγάλη D.



Σχήμα 5.9. Κατάταξη των λεκανών με βάση την υδρογραφική τους πυκνότητα

Στη συνέχεια, έγινε κατάταξη με βάση την υδρογραφική συχνότητα των λεκανών του νησιού. Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι τόνοι χρωμάτων για τον συμβολισμό μεγάλης F και μικρής F αντίστοιχα.



Σχήμα 5.10. Κατάταξη των λεκανών με βάση την υδρογραφική τους συχνότητα

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη του υδρογραφικού δικτύου και την ανάπτυξη των υδρογραφικών λεκανών προκύπτουν κάποια συμπεράσματα τα οποία αναλύονται παρακάτω.

Μία απ' τις σημαντικότερες παρατηρήσεις που τονίστηκαν στην εργασία αυτή είναι η ανισοτροπία των υδρολογικών λεκανών η οποία και οδήγησε στον διαχωρισμό της νήσου σε δύο κύριες λεκάνες (Σχ. 5.2.). Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη δράση ενός κανονικού ρήγματος διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ το οποίο βύθισε τμήμα των δυτικών ακτών και δημιούργησε τεκτονικές ακτές με μεγάλη κλίση, ενώ στα ανατολικά υπάρχει ομαλή υψομετρική μεταβολή και σχηματισμός κοιλάδων.

Όσον αφορά το υδρογραφικό δίκτυο της νήσου, συμπεραίνουμε ότι το γεωλογικό υπόβαθρο με τα μεταμορφωμένα πετρώματα δημιούργησε το κατάλληλο υπόστρωμα για την πλήρη ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου. Παρατηρούμε επομένως ότι στην κύρια λεκάνη Α (Σχ.5.2.) η ανάπτυξη του δικτύου παρουσιάζει δενδριτική και κλιμακωτή ρηξιγενή μορφή με ανισοτροπίες και πειρατίες κλάδων. Αντίθετα στο νότιο τμήμα (κύρια λεκάνη Β) η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου γίνεται σε παράλληλη μορφή. Φαίνεται λοιπόν ότι η ανάπτυξη του δικτύου επηρεάστηκε από την τεκτονική.

Οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας είναι χαμηλές (κυμαίνονται μεταξύ 3 και 4) που σημαίνει ότι τα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου έχουν μεγάλη σκληρότητα.

Από τα διαγράμματα που προήλθαν κατά την εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Horton παρατηρούμε ότι το σύνολο των κλάδων του νησιού σχηματίζει μια γεωμετρική ακολουθία με λόγο διακλαδώσεως $R_b = 6,3$. Απόκλιση στους κλάδους 3^{ης} τάξης παρουσιάζεται στις λεκάνες 4 και 18 και ενδεχομένως και στην 19. Η απόκλιση αυτή οφείλεται στην ύπαρξη

ρηγμάτων. Σε ύπαρξη ρηγμάτων οφείλεται και η ιδιόμορφη ανάπτυξη των κλάδων σε ορισμένες λεκάνες (πχ λεκάνες 8,9). Όπως ήδη ειπώθηκε, στις λεκάνες αυτές οι κλάδοι δεν αναπτύσσονται συμμετρικά στις δυο πλευρές του κεντρικού κλάδου αλλά συγκεντρώνονται μόνο στη μια πλευρά σε όλο το μήκος της λεκάνης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Παπανικολάου Δ., 1976, Γεωλογικές Μελέτες στη Νήσο Άνδρο, Αθήνα

Μαρίνος Γ., 1954, Η νήσος Άνδρος (Γεωλογία-Κοιτασματολογία), Αθήνα

Βουβαλίδης Κ., 2002, Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας, Θεσσαλονίκη

Σωτηριάδης Λ. Δ., 1984, Ασκήσεις Γεωμορφολογίας, Θεσσαλονίκη

Αστάρης Θ., 2004, Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Θεσσαλονίκη