

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Προσομοίωση του κινδύνου διάβρωσης σε μικρές λεκάνες απορροής με
χρήση GIS»**

Μιλτιάδης Δάλαρης

ΒΟΛΟΣ 2011

«Προσομοίωση του κινδύνου διάβρωσης σε μικρές λεκάνες απορροής με χρήση GIS»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Άρης Ψιλοβίκος**, Επίκουρος Καθηγητής, Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων , Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**,
- 2) **Ιφιγένεια Κάγκαλου**, Επίκουρη Καθηγήτρια, Υδρολογία, Λιμνολογία και Ποταμολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας , **Μέλος**,
- 3) **Μάριος Σαπουντζής**, Λέκτορας, Διευθέτηση Ορεινών Υδάτων, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, **Μέλος**.

Στους γονείς μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Άρη Ψιλοβίκο για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του τόσο κατά τη διεξαγωγή της μελέτης όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου αποτελούμενη από τους κα Ιφιγένεια Κάγκαλου και κ. Μάριο Σαπουντζή, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Άδωνι Κοντό, για την χορήγηση 4 δίμηνων αδειών λογισμικού ARC – GIS 9.3, την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) για την παροχή πολύτιμων δεδομένων της εργασίας, το Δασαρχείο Σκοπέλου και το Δασολόγο κ. Χατζηιωάννου Στέφανο για την παραχώρηση πολύτιμου υλικού και πληροφοριών, τους υποψήφιους διδάκτορες κ. Παναγιώτη Μούρτζιο, την κα Άννα Μπλάντα για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά τους κατά την επεξεργασία των στοιχείων στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, πραγματεύεται την εφαρμογή γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) στην προσομοίωση διάβρωσης μικρών λεκανών απορροής. Η περιοχή μελέτης είναι το νησί των Βορείων Σποράδων η Σκιάθος, που ανήκει διοικητικά στο Περιφερειακό Διαμέρισμα Θεσσαλίας. Σκοπός της διατριβής είναι η εφαρμογή της μεθόδου Gavrilovic και η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων και προτάσεων στα πλαίσια της αειφορικής διαχείρισης υδατικών πόρων και γενικότερα της προστασίας του φυσικού του περιβάλλοντος.

Για την ολοκλήρωση της διατριβής αυτής όσον αφορά το τμήμα της γεωμορφολογίας, ερευνήθηκαν οι λεκάνες απορροής 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} οι οποίες και ψηφιοποιήθηκαν έχοντας ως βάση τοπογραφικούς χάρτες της περιοχής, προκειμένου να εξεταστούν οι παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου, των λεκανών απορροής των ρεμάτων.

Εξετάστηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί μέσα από χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών Ερευνών (IGME) και ψηφιοποιήθηκαν με κατάλληλο λογισμικό. Μελετήθηκαν τα βροχομετρικά στοιχεία και κυρίως τα κατακρημνίσματα σε mm από το Μετεωρολογικό σταθμό της Σκιάθου και οι μέσες θερμοκρασίες ανά μήνα και έτος που συλλέχτηκαν από τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς Σκοπιάς, Αγκιάλου, Σκιάθου και Σκοπέλου. Βρέθηκαν οι χρήσεις γης για τη Σκιάθο με τη βοήθεια της Ευρωπαϊκής βάσης δεδομένων Corine (2010). Η οποία έλαβε χώρα για όλο το νησί της Σκιάθου και είχε ως βάση τη μέθοδο Gavrilović. Η συγκεκριμένη μέθοδος εφαρμόστηκε με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων πληροφοριών (Geographic Information Systems) και το λογισμικό ArcGIS 9.3. Οι χρήσεις γης, εισήχθησαν ως επίπεδο (layer) στην ψηφιακή βάση δεδομένων των GIS.

Στη μέθοδο Gavrilović λήφθηκαν υπόψη η γεωλογία της περιοχής, ο βαθμός

διάβρωσης των εδαφών της επιφάνειας, η τοπογραφία, η γεωμορφολογία, οι κλιματολογικοί παράγοντες (συμπεριλαμβανομένων των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων και μέσων ετήσιων θερμοκρασιών) καθώς και οι χρήσεις γης. Για να καταλήξουμε σε πιο ασφαλή συμπεράσματα για τα χιλιοστά βροχόπτωσης και τη θερμοκρασία που επικρατεί σε κάθε υδρολογική λεκάνη του νησιού, χρησιμοποιήσαμε την εξίσωση της βροχοβαθμίδας και της θερμοβαθμίδας ώστε να συνάγουμε το μέγεθος αύξησης των κατακρημνισμάτων και της μείωσης της θερμοκρασίας με την αύξηση του υψομέτρου στην περιοχή μελέτης.

Για τις χρήσεις γης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την ευρωπαϊκή βάση δεδομένων Corine (COoRdination of Information on the Environment-Συντονισμός πληροφορίας για το περιβάλλον). Επιπρόσθετα εξήχθηκαν συμπεράσματα ως προς τη σχέση εδαφικής απώλειας και τις χρήσεις γης έχοντας επεξεργαστεί τη βάση Corine.

Τέλος με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, συσχετίστηκαν σε ενιαίο επίπεδο βάσης οι λεκάνες απορροής που ήδη είχαν ψηφιοποιηθεί από τον χάρτη Γενικής Χρήσης α) με τις χρήσεις γης κατά Corine, β) το γεωλογικό χάρτη που ψηφιοποιήσαμε, γ) το χάρτη θερμοκρασιών της περιοχής και δ) το βροχομετρικό χάρτη. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων σε φύλλα εργασίας Excel και την εφαρμογή τους στις εξισώσεις του Gavrilovic δημιουργήθηκε ο τελικός χάρτης διάβρωσης ανά λεκάνη απορροής σε όλο το νησί.

Λέξεις κλειδιά: Νήσος Σκιάθος, Διάβρωση, Αειφορική διαχείριση, Γεωγραφικά

Συστήματα Πληροφοριών, Χρήσεις γης, Corine, Μέθοδος Gavrilovic.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Προβλήματα διάβρωσης στην Ελλάδα και τον κόσμο.....	1
1.1.1. Διάβρωση και γεωυπόθεμα.....	5
1.1.2. Διάβρωση και ανάγλυφο.....	5
1.1.3. Διάβρωση και βλάστηση.....	5
1.1.4. Διαδικασίες διάβρωσης.....	6
1.1.5. Μορφές διάβρωσης	7
1.2. Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν από διάφορους ερευνητές.....	13
1.3. Σκοπός της εργασίας.....	22
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	22
2.1. Περιοχή μελέτης.....	23
2.2. Γεωγραφία.....	24
2.3. Μετεωρολογικά – Κλιματικά στοιχεία.....	28
2.3.1. Εκτίμηση ελλειπουσών παρατηρήσεων.....	37
2.4. Υπολογισμός του μέσου ύψους βροχής που δέχεται μια περιοχή	38
2.4.1. Μέθοδος Thiessen.....	39
2.4.2. Μέθοδος Ισοϋετών καμπυλών.....	39
2.4.3. Εξίσωση της Βροχοβαθμίδας.....	40
2.5. Υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας με τη μέθοδο της Θερμοβαθμίδας.....	41
2.6. Βιότοποι και φυτικός κόσμος.....	42
2.7. Χρήσεις Γης.....	46
2.8. Γεωλογικά στοιχεία περιοχής μελέτης.....	50
2.8.1. Γενικά.....	50

2.8.2.	Ψηφιοποίηση γεωλογικού χάρτη.....	54
2.9.	Ψηφιοποίηση εδαφολογικού χάρτη.....	56
2.10.	Υδρογραφικά στοιχεία.....	58
2.10.1.	Επιφανειακά ύδατα.....	58
2.11.	Μορφομετρικά στοιχεία.....	62
2.11.1.	Θεμελιώδεις έννοιες μορφομετρικών στοιχείων.....	62
2.11.2.	Μορφομετρικές παράμετροι λεκανών απορροής.....	63
2.11.3.	Μετρούμενες μορφομετρικοί παράμετροι υδρογραφικών δικτύων.....	63
2.11.4.	Υπολογιζόμενοι παράμετροι λεκανών απορροής.....	65
2.12.	Η βάση δεδομένων CORINE.....	71
2.13.	Διάβρωση κατά Gavrilovic.....	73
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	79
3.1.	Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων περιοχής μελέτης.....	79
3.2.	Διαδικασία ανάλυσης μορφομετρικών στοιχείων.....	82
3.3.	Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων.....	83
3.3.1.	Υδρογραφική πυκνότητα.....	90
3.3.2.	Υδρογραφική συχνότητα.....	92
3.3.3.	Λόγος αναγλύφου.....	95
3.3.4.	Κυκλικότητα.....	97
3.3.5.	Λόγος επιμηκύνσεως.....	99
3.3.6.	Υψομετρικό ολοκλήρωμα.....	101
3.3.7.	Τραχύτητα.....	104
3.4.	Ταξινόμηση αναγλύφου Σκιάθου.....	107

3.5.	Κλίση αναγλύφου.....	108
3.6.	Μέσο υψόμετρο H_m λεκανών απορροής και Μέση κλίση λεκάνης J.....	109
3.6.1.	Αποτελέσματα μέσου υψομέτρου ανά λεκάνη και μέσης κλίσης ανά λεκάνη.....	111
3.7.	Αποτελέσματα μεθόδου Gavrilovic στη Σκιάθο.....	112
3.7.1.	Αποτελέσματα συντελεστή είδους φυτοκάλυψης X της μεθόδου Gavrilovic.....	112
3.7.2.	Αποτελέσματα συντελεστή γεωλογικού υποθέματος Y της μεθόδου Gavrilovic.....	118
3.7.3.	Αποτελέσματα συντελεστή ϕ είδους και βαθμού διάβρωσης Gavrilovic.....	123
3.7.4.	Αποτελέσματα συντελεστή z διάβρωσης Gavrilovic.....	127
3.7.5.	Θερμοβαθμίδα περιοχής και συντελεστής θερμοκρασίας T Gavrilovic.....	133
3.7.6.	Βροχοβαθμίδα περιοχής και συντελεστής βροχόπτωσης h Gavrilovic.....	135
3.7.7.	Αποτελέσματα εκτίμησης φερτών υλών (W) ανά λεκάνη απορροής ανά έτος απορροής.....	136
3.7.8.	Αναγωγή εκτίμησης φερτών υλών (W) ανά λεκάνη απορροής ανά έτος στο km^2	137
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	144
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	150
6.	ABSTRACT.....	158

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Προβλήματα διάβρωσης στην Ελλάδα και τον κόσμο

Ο όρος διάβρωση εδαφών είναι γενικός. Αναφέρεται είτε στη γεωλογική διάβρωση (erosion) είτε στη χημική διάβρωση (corrosion). Οι μηχανισμοί διάβρωσης και στις δύο περιπτώσεις είναι αρκετά πολύπλοκοι, ωστόσο η γεωλογική διάβρωση αφορά κυρίως σε μηχανική απομάκρυνση υλικού, ενώ στη χημική διάβρωση ο κυρίαρχος μηχανισμός που προκαλεί απομάκρυνση υλικού είναι κάποια χημική αντίδραση.

Με τον όρο γεωλογική διάβρωση (erosion) εννοούμε την προοδευτική αποσύνθεση των υλικών των εδαφών, των πετρωμάτων, της λάσπης αλλά και τεχνητών υλικών με την πάροδο του χρόνου υπό την επίδραση παραγόντων του περιβάλλοντος, όπως του ανέμου, του νερού, του πάγου ή ακόμη και των ζωντανών οργανισμών (βιοδιάβρωση), αλλά και χημικών αντιδράσεων. Η ένταση της διάβρωσης είναι άμεσα εξαρτώμενη από τους φυσικούς παράγοντες, αλλά και από εκείνους που είναι κάτω από άμεση ανθρώπινη επιρροή.

Παράγοντες διάβρωσης είναι η διαβρωσιμότητα εδάφους, τα μεταβαλλόμενα κλιματικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας, οι βροχοπτώσεις, ο αέρας, οι κλίσεις, το ανάγλυφο, η χρήση γης και η γεωλογία της περιοχής. Στην παρούσα διατριβή θα πραγματευθούμε την διάβρωση εδάφους.

Η έκταση της χέρσου παγκοσμίως ανέρχεται σε 149.000.000 km². Τα 14.000.000 από αυτά καταλαμβάνονται από την Ανταρκτική δηλαδή το 9,4 %, ενώ το 34.000.000 km², δηλαδή το 22,8 % αποτελείται από κλειστές λεκάνες απορροής και

ερήμους. Η υπόλοιπη έκταση των 101.000.000 km², δηλαδή το 67,8 % στραγγίζεται στις θάλασσες και τους ωκεανούς. Έχει εκτιμηθεί ότι οι ποταμοί μεταφέρουν ετησίως 20–30 × 10⁹ τόνους φερτών υλικών. Η αποψίλωση των εδαφών σε δασικές περιοχές και ο λανθασμένος τρόπος διαχείρισης των καλλιεργούμενων εδαφών ευθύνονται σύμφωνα με τον Zarata (2003) για το 30% της παγκόσμιας υποβάθμισης των εδαφών. Το 90% της καλλιεργούμενης έκτασης του πλανήτη είναι ήδη διαβρωμένο (Pimentel et al. 1996, Lal 1999, Τερζούδη, 2006). Το 70% αυτής βρίσκεται στην Ασία την Αφρική και τη Νότια Αμερική (FAO 1994, Τερδούδη 2006). Το υπόλοιπο 30% βρίσκεται στις ΗΠΑ και την Ευρώπη. Η Ασία αποτελεί την ήπειρο με τη μεγαλύτερη παραγωγή φερτών υλών. Το 80% των αιωρημάτων που εμφανίζονται στους ωκεανούς προέρχονται από ασιατικούς ποταμούς.

Στην Ελλάδα που είναι μία από τις χώρες της Ευρώπης που πλήττονται περισσότερο από τη διάβρωση. Κατά το Corine (1992) το 43% της έκτασής της ταξινομείται ως υψηλού δυνητικού κινδύνου διάβρωσης (Τερζούδη 2006). Επιπλέον οι φυσικές, εδαφικές, γεωλογικές, τοπογραφικές και κλιματολογικές συνθήκες ευνοούν την ανάπτυξη όλων των μορφών διάβρωσης (Μήτσιος και συν 1995). Τα ελληνικά εδάφη είναι ευαίσθητα επίσης για τους εξής λόγους:

1. Περιέχουν οργανική ουσία σε χαμηλό ποσοστό, το οποίο δεν ευνοεί την δημιουργία ανθεκτικών εδαφικών συσσωμάτων στις σταγόνες της βροχής. Επίσης δεν βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες (διηθητικότητα, υδατοχωρητικότητα).
2. Τα περισσότερα γεωλογικά υλικά στα ελληνικά εδάφη είναι ψαθυρά δηλαδή έχουν σκληρά και εύθραυστα τα υλικά που θραύονται και ρωγματόνονται εύκολα.
3. Παρατηρείται έντονο ανάγλυφο στον ορεινό όγκο των ελληνικών εδαφών με τις πυκνές και μεγάλες κλίσεις που υπάρχουν.

4. Η ξηρότητα του κλίματος σε συνδυασμό με τις ραγδαίες και καταρρακτώδεις βροχές (Μήτσιος και συν 1995).

Σύμφωνα με τον Κωτούλα (2001) τα σημαντικότερα προβλήματα που προκλήθηκαν και συνεχίζουν να προκαλούνται στον ελλαδικό χώρο από τη διάβρωση στα ανάντη και τη στερεομεταφορά στα κατόντη παρατίθενται παρακάτω:

1. Αποπλύνονται και υποβαθμίζονται τα εδάφη στις ορεινές λεκάνες απορροής με αποτέλεσμα να αποκαλύπτεται το υπεδάφιο πέτρωμα σαν "νοσήσαντος σώματος οστά" κατά τον Πλάτωνα. Τα ορεινά εδάφη γίνονται άγονα και ακατάλληλα για καλλιέργεια. Εκτεταμένες, ορεινές περιοχές μεταβάλλονται σε γυμνή, αποσκελετωμένη γη.

2. Προσχώνονται οι πεδινές κοίτες των φυσικών ρευμάτων, με αποτέλεσμα να υπερχειλίζουν τα ρέοντα ύδατα και να προκαλούνται πλημμυρικές καταστροφές σε εκτεταμένες περιοχές.

3. Καταστρέφονται τα αντιπλημμυρικά και τα αρδευτικά έργα, που κατασκευάζονται στις πεδινές περιοχές, από τις αποθέσεις φερτών υλών στα οποία στηρίζεται η προστασία και η ευφορία των περιοχών.

4. Διακόπτονται οι συγκοινωνίες από την κατάρρευση των γεφυρών και την καταστροφή των καταστρωμάτων των οδών και των σιδηροδρομικών γραμμών.

5. Μετατοπίζονται οι κοίτες των ποταμών και των χειμαρροποτάμων προκαλώντας σοβαρά προβλήματα στη ροή τους.

6. Προσχώνονται λίμνες, λιμάνια, παραλίες και χώροι σε μεγάλη έκταση και με έντονο ρυθμό και ρυπαίνονται τα θαλάσσια νερά.

7. Προωθούνται ταχύτατα προς το εσωτερικό των θαλασσών τα δέλτα των ποταμών και των χειμάρρων.

8. Μεταφέρεται ρύπανση η οποία προκαλείται από τα ύδατα των χειμαρρικών

ρευμάτων στις πεδινές περιοχές, στους υπόγειους υδροφορείς και τους μεγαλύτερους αποδέκτες τους για τους εξής λόγους:

α.) Η έντονη καλλιέργεια των εδαφών στις λεκάνες απορροής των ρευμάτων συνεπάγεται με χρήση (συνήθως υπερβολική) λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, τα οποία στη συνέχεια εκπλένονται από τα απορρέοντα ύδατα και μεταφέρονται προς τα κατάντη.

β.) Η δημιουργία χώρων απόθεσης των στερεών απορριμμάτων (σκουπιδότοπων), εντός των λεκανών απορροής έχει ως αποτέλεσμα να τροφοδοτούνται τα χειμαρρικά ρεύματα με άφθονα ανθρωπογενή (ετερόχθονα) φερτά υλικά, τα οποία ρυπαίνουν και μολύνουν τα ύδατά τους. Επιπλέον, η λειτουργία βιομηχανικών μονάδων χωρίς επαρκή βιολογικό καθαρισμό οδηγεί σε έκχυση των υγρών λυμάτων στα υδατορεύματα της περιοχής χρησιμοποιώντας το φυσικό υδρογραφικό δίκτυο της χώρας μας ως αποχετευτικό, χωρίς να υπολογίζουμε τις συνέπειες.

1.1.1. Διάβρωση και γεωυπόθεμα

Το γεωυπόθεμα αποτελείται από συμπαγείς σχηματισμούς, τα πετρώματα και από λυτούς σχηματισμούς, τα εδάφη.

Η διαβρωσιμότητα του γεωυποθέματος, δηλαδή ο βαθμός ευπάθειας στη διάβρωση, εξαρτάται από τις ιδιότητες του δηλαδή το είδος, την υφή, τη δομή των συστατικών, το πορώδες, την υδατοδιαπερατότητα, τη στρώση του καθώς και την συγκρότηση κολλοειδών συστατικών των εδαφών.

Τα εδάφη της χώρας μας, ιδίως τα γεωργικά καλλιεργούμενα, είναι γενικά ευπαθή στη διάβρωση. Περιέχουν μικρό ποσοστό οργανικής ουσίας με αποτέλεσμα να μην

ευνοείται ο σχηματισμός ανθεκτικών εδαφικών συσσωμάτων και να μην βελτιώνονται οι φυσικές ιδιότητες των εδαφών (υδατοπερατότητα, υδατοχωρητικότητα). Τα γεωλογικά υλικά που περιέχουν είναι συνήθως ψαθυρά, χρησιμοποιούνται βαρέα μηχανήματα για την καλλιέργεια τους. Η κάλυψη του εδάφους είναι ανεπαρκής. Και τέλος γίνεται περιορισμένη χρήση κοπριάς και άλλων οργανικών λιπασμάτων, όπως χρήση φυτικών υπολειμμάτων και αξιοποίηση αστικών λυμάτων (http://wasserbau-duth.gr/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1).

1.1.2. Διάβρωση και ανάγλυφο

Η διαβρωτική επίδραση του αναγλύφου καθορίζεται κυρίως από το μήκος και την κλίση των κλιτύων. Διαφαίνεται με ακρίβεια κυρίως στις μικρότερες λεκάνες απορροής των ρευμάτων. Στην περιοχή μελέτης οι λεκάνες απορροής είναι γενικά μικρές στην έκτασή του και είναι 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης.

Όριο για την έναρξη της διαβρωτικής επίδρασης του αναγλύφου θεωρείται η κλίση των 2% του εδάφους περίπου (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος 1984). Στην περίπτωση των γεωργικών εκτάσεων η εκμετάλλευση της των κλιτύων με κλίση μεγαλύτερη από 10% δεν είναι δυνατή χωρίς βαθμίδωση της επιφάνειάς τους.

1.1.3. Διάβρωση και βλάστηση

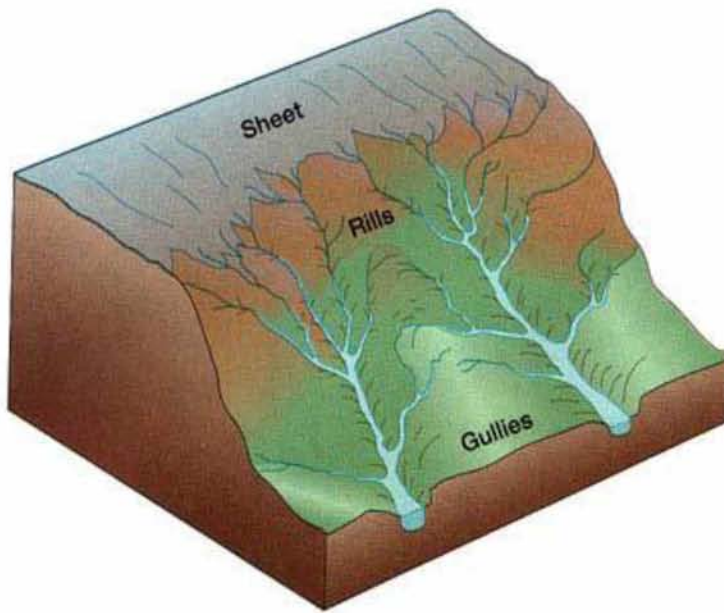
Το πυκνό φυσικό φυτοκάλυμα και ιδίως του δάσους όταν μπορεί να διατηρείται προστατεύει αποτελεσματικά το γεωπόθεμα από τη διάβρωση. Στην περίπτωση του δάσους το γεωπόθεμα δέχεται πρόσθετη στερέωση με το εκτεταμένο και βαθύ ριζικό σύστημα των φυτών. Σε κάθε περίπτωση η προστασία από τη διάβρωση εξαρτάται και

από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Αντιθέτως όταν εκδηλώνονται πυρκαγιές σε μία περιοχή η διάβρωση διευκολύνεται σημαντικά. Για παράδειγμα αναφέρει ότι σε συγκριμένη βροχόπτωση εδάφη με κλίση 15%-24% υφίστανται επί οκτώ μήνες μετά την πυρκαγιά διάβρωση, ενώ για κλίση έως 40% η διάβρωση ανέρχεται σε δεκαπλάσια (Κωτούλας 2001).

1.1.4. Διαδικασίες διάβρωσης

Ο σπουδαιότερος παράγοντας μεταφοράς του εδάφους είναι το νερό της απορροής. Η απορροή στα αρχικά στάδια μεταφέρει εδαφικά σωματίδια και έχει τη μορφή ομοιόμορφης ρηχής ροής ακαθόριστου πλάτους που μεταφέρει αποσπώμενα από την εδαφική μάζα υλικά και ονομάζεται ροή κατά στρώσεις (sheet flow) ή επιφανειακή ροή (overland flow) (Morgan 1995, Τερζούδη 2006). Εξαιτίας όμως της επιφανειακής τάσης του νερού, η επιφανειακή ροή που ρέει κατηφορικά και συγκεντρώνεται σε μια ορισμένη περιοχή ονομάζεται απορροή (runoff) (Mutchler et al. 1994, Τερζούδη 2006). Αυτή η συγκέντρωση της απορροής έχει επίδραση στην διάβρωση του εδάφους και προκαλεί το σχηματισμό μικρών και μετέπειτα μεγαλύτερων αυλακίων (rills), που μπορούν και εξαλείφονται με την άρωση του εδάφους. Οι μεταξύ των αυλακίων περιοχές (interill areas) παίρνουν κλίση προς τα αυλάκια (rills) που τα τροφοδοτούν μέσω της απορροής με τα διαβρωθέντα φερτά υλικά.



Εικόνα 1.1.: Διάγραμμα διάβρωσης (http://wakefieldsoil.blogspot.com/2009_12_01_archive.html)

1.1.5.Μορφές διάβρωσης

Η διαδικασίες της διάβρωσης διακρίνονται σε τρεις κύριες μορφές (Εικόνα 1.1):

1.Επιφανειακή διάβρωση (Sheet erosion)

Δημιουργείται στα ανώτερα τμήματα της πλαγιάς, όπου δεν έχουν σχηματιστεί αυλάκια, καθώς και μεταξύ των αυλακιών περιοχές με την επίδραση της σύγκρουσης των σταγόνων στο έδαφος και της επιφανειακής ροής (overland flow). Και στις δύο περιπτώσεις αναφερόμαστε στην φυλλοειδή διάβρωση (sheet or interrill erosion)(Εικόνα 1.2). Η φυλλοειδής διάβρωση είναι το πρώτο στάδιο της επιφανειακής διάβρωσης που προκαλεί μετακίνηση των λεπτόκοκκων εδαφικών συστατικών από τον επιφανειακό ορίζοντα και προκαλεί επιλεκτική μεταφορά υλικών, δηλαδή μεταφέρει άργιλο, ίλυ και λεπτή άμμο (Τερζούδη 2006).



Εικόνα 1.2.:Επιφανειακή διάβρωση (http://wn.com/soil_erosion)

2.Αυλακωτή διάβρωση (Rill erosion)

Δημιουργείται στα αυλάκια με την επίδραση της απορροής (runoff), οπότε σ' αυτή την περίπτωση αναφερόμαστε στην αυλακοειδή διάβρωση (rill erosion)(Εικόνα 1.3). Στην αυλακοειδή διάβρωση συνεχίζεται η επιλεκτική μεταφορά υλικών μέχρι να μεταφερθούν όλα τα λεπτόκοκκα υλικά του επιφανειακού στρώματος του εδάφους, οπότε συνεχίζουν να συσσωρεύονται στην επιφάνεια του εδάφους χαλίκια και πέτρες και αναπτύσσεται αυλάκωση στην επιφάνεια του εδάφους (Τερζούδη 2006).



Εικόνα 1.3: Εκτεταμένη αυλακωτή διάβρωση (http://ei.tamu.edu/erosion_in_beds.htm)

3.Χαραδρωτική διάβρωση (Gully erosion)

Λαμβάνει χώρα όταν στη διάβρωση δεν ληφθεί κανένα μέτρο για την προστασία του εδάφους, τότε η αυλάκωση εξελίσσεται σε εκβάθυνση και δημιουργείται η χαράδρα (gully). Κυμνείται μεταξύ 5 – 15 m και σπάνια φτάνει τα 30m (Εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.4: Διάβρωση κατάντη πετυχημένης αναδάσωσης (Gavrilovic 2006)

Επιπρόσθετα σύμφωνα με τον Κωτούλα (2001) διακρίνουμε άλλες πέντε μορφές διάβρωσης:

4.Φαραγγωτή διάβρωση (Gully erosion)

Αποτελεί χαραδρωτική (αξονική) διάβρωση (Εικόνα 1.5) με μεγάλες διαστάσεις. Σχηματίζεται συνήθως στην κεντρική κοίτη των χειμαρρικών ρευμάτων και ιδίως στο κατώτερο μέρος της. Χαρακτηρίζεται από μεγάλο βάθος, το οποίο κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 40 και 100 m, ενίοτε όμως υπερβαίνει και τα 150 m.

Διαφέρει από τη χαραδρωτική, αν και αποτελεί προέκτασή της, σ' αυτό

ωφείλεται και η κοινή ονομασία της (gully erosion), ως προς το μέγεθος των διαστάσεών της και προπαντός ως προς τη μορφή της διατομής της. Έχει σημαντικό πλάτος, τα πρανή της είναι απότομα, και συχνά είναι σχεδόν κατακόρυφα. Αναπτύσσεται κατά τον άξονα της κοίτης, προς την κατεύθυνση ροής του νερού. (Κωτούλας 2001)



Εικόνα 1.5: Φαραγγωτή διάβρωση στην κοιλάδα του θανάτου Καλιφόρνια ΗΠΑ(<http://eu.art.com/products/p13049350-sa-i2291083/postershtm?ui=95EB2BF3AEC64BD68E847850F1B1C2C3>)

5.Πρανή διάβρωση (slope erosion)

Εξαιτίας της προσβολής των πρανών της κοίτης στην βάση τους από τα ρέοντα ύδατα των χειμαρρικών ρευμάτων αποσπώνται υλικά, που παρασύρονται και μεταφέρονται κατάντη (Εικόνα 1.6). Τα πρανή υποσκαπτόμενα καταρρέουν και τα υλικά τους απάγονται από τα νερά, έχοντας ως αποτέλεσμα την διεύρυνση της αρχικής διατομής του ρεύματος (Κωτούλας 2001).



Εικόνα 1.6: Πραγική διάβρωση (<http://geografia.Fcsh.unl.pt/Lucinda/booklets/B1BookletFinalGR.pdf>)

6.Υποσκαπτική διάβρωση (undermining erosion)

Η υποσκαπτική διάβρωση ή απλώς υποσκαφή (Εικόνα 1.7) είναι το βύθισμα, που δημιουργείται στις φυσικές κοίτες των ρευμάτων, όταν ο υδάτινος κορμός του ρέοντος ύδατος προσπίπτει υπό γωνία στο κινητό πυθμένα . Σχηματίζεται στη θέση πρόσπτωσης του υδάτινου κορμού στην κοίτη, δηλαδή έχει τοπικό χαρακτήρα και αναπτύσσεται σε βάθος και κάθετα προς τον άξονα ροής. Το είδος αυτό της διάβρωσης δημιουργείται στη βάση των φυσικών καταρρακτών, στο κάτω άκρο των βραχωδών κοιτών, στον πόδα των εγκάρσιων τεχνικών έργων, καθώς και στα κατάντη επενδυμένων κοιτών, όταν ο εκεί πυθμένας της κοίτης είναι κινητός (Κωτούλας 2001).



Εικόνα 1.7: Υποσκαφή φράγματος δεξιά στην εικόνα (Μάρης Φ.)

7.Γεωφραγματική διάβρωση (stream and chanel erosion)

Η κεντρική κοίτη των χειμαρρικών ρευμάτων ή των μεγαλύτερων αποδεκτών τους αποφράσσεται συχνά από σωρούς αδρομερών φερτών υλών που εκχύνουν στη θέση εισροής τους οι διάφοροι συμβάλλοντες όπως παραχειμαρροι και κλάδοι. Ως γεωφραγματική χαρακτηρίζεται η διάβρωση που προκαλούν τα ρέοντα ύδατα στα φυσικά γεωφράγματα (Κωτούλας 2001).

8.Αναποδιστική διάβρωση ή οπισθοδρομούσα (uphill gully)

Η ανάπτυξη των χαραδρώσεων και των αυλακώσεων στα απότατα πέρατα των ορεινών λεκανών γίνεται με προοδευτική βάθυνση και διεύρυνσή τους προς τα ανάντη, δηλαδή, με διάβρωση που εξελίσσεται αντίθετα προς την κατεύθυνση του νερού, γι αυτό το λόγο χαρακτηρίζεται ως αναποδιστική (Κωτούλας 2001).

Η αυλακωτή, η χαραδρωτική, η φαραγγωτή και η γεωφραγματική διάβρωση εξελίσσονται πάντοτε προς την κατεύθυνση ροής του νερού, δηλαδή προς τη διεύθυνση της μεγίστης κλίσης. Γι αυτό, οι τρεις αυτές μορφές διάβρωσης χαρακτηρίζονται ως αξονικές προς τα κατόντη. Αντίθετα, η αναποδιστική διάβρωση χαρακτηρίζεται ως αξονική προς τα ανάντη. Η επιφανειακή διάβρωση, παρόλο που εξελίσσεται κατά την κατεύθυνση ροής του νερού, εξαπλώνεται σε ευρείες επιφάνειες, γι αυτό και δεν έχει αξονικό χαρακτήρα. Αντίθετα, η πρηνική διάβρωση εξελίσσεται πάντοτε κάθετα προς τη διεύθυνση ροής του νερού, γι αυτό χαρακτηρίζεται και ως κατά πλάτος διάβρωση.

Η μορφή διάβρωσης διευκολύνει το μελετητή στον τρόπο διευθέτησής της. Συνήθως όμως στη φύση οι μορφές διάβρωσης σπάνια εμφανίζονται αυτοτελείς αλλά παρουσιάζονται ως σύνθετες με διάφορους συνδυασμούς (Κωτούλας 2001).

1.2. Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν από διάφορους ερευνητές

Η ανάγκη πρόβλεψης και εκτίμησης φερτών υλών σε υδρολογικές λεκάνες οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων μοντέλων διάβρωσης, διαφορετικού βαθμού ακριβείας και πολυπλοκότητας. Η ανάγκη αυτή δημιουργήθηκε τόσο εξαιτίας των σοβαρών συνεπειών σε τεχνικά έργα υδρονομίας κυρίως προσχώσεις φραγμάτων, όσο και για τον εντοπισμό περιοχών που πλήττονται συχνά από τη διάβρωση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων από αυτή (Τσακίρης 1995).

Ανάλογα με το ζητούμενο αποτέλεσμα όπως και την επιθυμητή ακρίβεια τα μοντέλα διαβρώσεως χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

A. Στα εμπειρικά (empirical) και τα γενικής συνθέσεως (conceptual). Στα εμπειρικά εκτιμάται η μέση εδαφική απώλεια εδάφους ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους,

ανά μονάδα χρόνου πχ. $t/km^2/yr$ ή $t/ha/yr$, τα οποία είναι γενικότερα χαμηλής ακρίβειας. Τα σπουδαιότερα εμπειρικά μοντέλα είναι: USLE, Fournier, Kronfeller–Kraus, Corbel, Gavrilovic.

B. Στα μοντέλα γενικής συνθέσεως ή προσδιοριστικές μεθόδους, παρατηρείται κατά κανόνα μεγαλύτερη ακρίβεια γιατί στηρίζονται στην περιγραφή του συνόλου των συνιστωσών του φυσικού προβλήματος όπως η αποκόλληση και μεταφορά στερεών σωματιδίων από τη βροχή και την επιφανειακή απορροή. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση των συνεπειών μεμονωμένου γεγονότος βροχής στην επιφάνεια μιας περιοχής (αγρόκτημα, λεκάνη απορροής). Τα αποτελέσματά τους συνήθως περιλαμβάνουν υδρογραφήματα συνολικής απορροής και στερεοπαροχής του μεμονωμένου επεισοδίου βροχής. Τα πιο γνωστά μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί και κυκλοφορούν στη βιβλιογραφία και στο διαδίκτυο είναι τα EPIC, ANSWERS, CREAMS, WEPP, που έχουν αναπτυχθεί στις ΗΠΑ και το EUROSEM που έχει αναπτυχθεί στην Ευρώπη

Αναλυτικά οι πιο αντιπροσωπευτικές **εμπειρικές μέθοδοι** δίνονται παρακάτω:

1.USLE Παγκόσμια εξίσωση εδαφικής απώλειας

Η Universal Soil Loss Equation (Weischmeier & Smith 1978) αποτελεί μία από τις συνηθέστερες μεθόδους για τον προσδιορισμό της υποβάθμισης που οφείλεται στην **επιφανειακή** και **αυλακωτή διάβρωση** που δημιουργείται σε γεωργικά εδάφη ή μη γεωργικά εδάφη και παρέχει ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα. Με τον όρο εδαφική απώλεια εκφράζεται η διαφορά της ποσότητας του εδαφικού υλικού που διαβρώθηκε μείον την ποσότητα που αποτέθηκε ξανά στην ίδια εδαφική έκταση σε δεδομένο χρόνο.

Επιπρόσθετα με τη μέθοδο αυτή **δεν μπορεί** να υπολογιστεί η **διάβρωση κοίτης και οχθών υδατορευμάτων** με σημαντική διατομή χαντακιών, χειμάρρων και ποταμών (Τσακίρης 1995).

2.Fournier

Η μέθοδος σε γενικές γραμμές προσδιορίζει την **γενική ετήσια διάβρωση** ή την υποβάθμιση σε ευρείες λεκάνες απορροής με ήπιο ανάγλυφο (**επιφανειακή διάβρωση**). Επομένως αναφέρεται σε φορτία που προέρχονται κυρίως από αιωρομεταφορά. Σύμφωνα με έρευνες που διεξήγαγε ο Fournier (1960) διαπίστωσε ότι σε λεκάνες απορροής με έκταση μεγαλύτερη των 2000 km² υπάρχει στενή συσχέτιση μεταξύ της **γενικής διάβρωσης και του παράγοντα βροχόπτωσης** ή του **κλιματικού παράγοντα**. Επιπλέον διαπίστωσε ότι οι περιοχές του κόσμου με ημιορεινό κλίμα και ορεινή διαμόρφωση παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη διάβρωση ανεξάρτητα από την κλιματική ζώνη που ανήκουν, κάτι που γίνεται ακόμη εντονότερο σε μικρές λεκάνες απορροής. Συμπερασματικά η εξίσωση του Fournier αφορά κυρίως μεγάλες-ποτάμιες λεκάνες απορροής (Κωτούλας 2001).

3. Kronfellner – Kraus

Η μέθοδος Kronfellner – Kraus (1974) προσδιορίζει το **μέγιστο δυνατό φορτίο** **φερτών υλών, ιδιαίτερα μικρών χειμαρρικών ρευμάτων των ορεινών περιοχών,** που μπορεί να αποτεθεί στον κώνο πρόσχωσής τους λόγω έντονης **στερεομεταφοράς μετά από έκτακτο πλημμυρικό γεγονός.** Αυτό αποτελείται από

αδρομερή υλικά (χοντρόκοκκα υλικά) ο όγκος των οποίων προσεγγίζει το συνολικό φορτίο φερτών υλικών. Ο όγκος όμως των λεπτόκοκκων υλικών (αιωροφορτίο) που διοχετεύεται στον κώνο πρόσχωσης δεν προσμετράται στην εξίσωση. Επιπλέον υπολογίζει το μέγιστο δυνατό βάθος της κοίτης που έχει εκσκαφθεί από τα απορρέοντα ύδατα στους κώνους πρόσχωσης ή στις κοίτες των χειμαρρικών ρευμάτων με κλίση έως 25%. Υπολογίζει ακόμη το μέγεθος του μέγιστου δυνατού φορτίου φερτών υλών στις ορεινές λεκάνες απορροής με έκταση έως 80km², το περισσότερο έως 120 km².

4. Corbel

Το 1959 που υπήρχε έλλειψη εξισώσεων για τη μαθηματική έκφραση των διεργασιών της γεωμορφολογίας και της γεωγραφίας, ο Corbel δημιούργησε μία εξίσωση με σκοπό να εκφράσει τη σχέση ρυθμών διάβρωσης με τους κλιματικούς και τους λιθολογικούς παράγοντες. Σύμφωνα με τον Corbel (1959), υπολογίζεται ο **όγκος του ετήσιου φορτίου φερτών υλικών** λόγω γενικής διάβρωσης, που παράγεται σε λεκάνες απορροής, κυρίως των λοφωδών περιοχών με σημαντική έκταση και ελάχιστη στερεομεταφορά (λεπτόκοκκα που κινούνται κυρίως ως αιωρομεταφορά) (Corbel 1959, Κωτούλας 2001).

5. Gavrilovic

Η μέθοδος Gavrilović είναι ένα παραμετρικά κατανεμημένο μοντέλο για την περιγραφή της δριμύτητας διάβρωσης και τον υπολογισμό της **συνολικής ετήσιας παραγωγής ιζημάτων** της λεκάνης απορροής. Αναπτύχθηκε αρχικά από τον Gavrilović

(1962). Χρησιμοποιήθηκε ευρέως στην περιοχή της πρώην Γιουγκοσλαβίας και χρησιμοποιείται ακόμη εδώ και 40 χρόνια. Με βάση μελέτη του ο Gavrilovic (1972) δημιούργησε μία σειρά συντελεστών για την προετοιμασία των δεδομένων και την μοντελοποίηση μέσω γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (Globenik 2003). Επιπλέον ο Gavrilovic και συν (2006) παρουσίασαν μια μεθοδολογία εύρεσης πιθανότητας διάβρωσης στηριζόμενοι στο συντελεστή διάβρωσης z . Με το συντελεστή z **κατηγοριοποιείται η διάβρωση στις λεκάνες απορροής** και αναγνωρίζονται οι λεκάνες με υψηλό κίνδυνο διάβρωσης. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε σε δήμους της πρώην Γιουγκοσλαβίας και αφού αναγνωρίστηκαν οι περιοχές υψηλού κινδύνου διάβρωσης προτάθηκαν τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης (Μυρωνίδης 2006). Στη συνέχεια δίνονται παρακάτω οι πιο γνωστές **προσδιοριστικές μέθοδοι**:

1. EPIC

Η μέθοδος υπολογισμού των επιπτώσεων παραγωγικότητας της διάβρωσης- Erosion Productivity Impact Calculator (Williams et al. 1984) λαμβάνει υπόψη την αιολική διάβρωση όσο και την υδατική. Χρησιμοποιείται για την **πρόγνωση απωλειών συγκομιδής σε διαβρωμένες επιφάνειες** και υπολογίζει τις ημέρες που η βλάστηση υποφέρει από έλλειψη νερού καθώς και της συνέπειες αυτού του φαινομένου στο εισόδημα. Περιγράφει τις δαπάνες λίπανσης καθώς και τη μετακίνηση θρεπτικών συστατικών από το έδαφος. Επιπλέον περιγράφει την αύξηση των φυτών με τη βοήθεια ενός μοντέλου και είναι δυνατή η παροχή οικονομικών πληροφοριών. Παρέχει αποτελέσματα τόσο σε ημερήσια βάση όσο και σε μεγάλα διαστήματα, αλλά απαιτεί πολύ μεγάλο αριθμό δεδομένων (Κωτούλας 2001).

2.ANSWERS

Η μέθοδος Areal Nonpoint Source Water head and Environment Response Simulation (Beasley & Huggins 1981) αναπτύχθηκε κυρίως για λεκάνες απορροής. Διαφέρει από την προηγούμενη κατά το ότι, **η διαδικασία της υποβάθμισης** δεν παίρνεται υπόψη μόνο κατά επιφάνειες, αλλά **εκφράζεται και για ολόκληρες λεκάνες απορροής με μέγιστη έκταση 10.000 ha**. Για το σκοπό αυτό κατανέμεται μια λεκάνη απορροής σε 1700 τετραγωνικές επιφάνειες με έκταση 14 ha και με μέγιστο αριθμό επιφανειών τις 1700, ώστε να είναι δυνατό να επικρατούν σε κάθε επιφάνεια οι ίδιες παράμετροι διάβρωσης. Σε κάθε λεκάνη απορροής μπορούν να χρησιμοποιούνται έως 20 τυπικές κατηγορίες εδαφών, για τις οποίες θα είναι απαραίτητο να παρέχονται δεδομένα σε ότι αφορά τις φυσικές ιδιότητες τους (πορώδες, υδατοϊκανότητα, διήθηση), τη διαβρωσιμότητα, την αρχική περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους κλπ. Επίσης, μπορούν να δοθούν έως είκοσι παράμετροι, που περιγράφουν το είδος χρήσης των υπό έρευνα επιφανειών και παρέχουν πληροφορίες για την υδατοσυγκράτηση, την τραχύτητα εδάφους τον παράγοντα κάλυψης και κατεργασίας C και τον παράγοντα P στη μέθοδο USLE. Για κάθε τετράγωνη μοναδιαία επιφάνεια, δίνονται επίσης στοιχεία για την έκθεση, το μήκος και την κλίση της. Η μέθοδος παρέχει ως τελικό αποτέλεσμα τη χρονική πορεία της απορροής στο κατώτατο στο σημείο εκβολής της λεκάνης και το καθαρό φορτίο της (εξαγόμενη μείον εισαγόμενη ποσότητα) για όλα τα τετράγωνα. Πλεονέκτημα της μεθόδου θεωρείται η δυνατότητα εφαρμογής της σε τοπία με έντονη διάβρωση (Κωτούλας 2001).

3.CREAMS

Η μέθοδος Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems (Knissel 1980) **παίρνει υπόψη της τη ροή του νερού, θρεπτικών υλικών και λυμάτων**. Αυτό διότι δέχεται ότι παράλληλα με την απώλεια εδάφους συμβαίνουν και άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως για παράδειγμα είναι ο ευτροφισμός των υδάτων λόγω μετατόπισης χημικών υλών. Αποτελείται από τρία επιμέρους μοντέλα: α) το μοντέλο των υδρολογικών διεργασιών, β) το μοντέλο των διαβρωτικών διεργασιών, που απαιτεί υδρολογικά δεδομένα, όπως τιμές που εκφράζουν τη μετατόπιση των χημικών υλών, δεδομένα για την τραχύτητα εδάφους, την κοκκομετρία των εδαφών, την ταχύτητα καθίζησης των κόκκων καθώς και τα μεγέθη των παραγόντων της μεθόδου USLE, γ) τέλος αποτελείται από το μοντέλο, που περιγράφει τη μετατόπιση των θρεπτικών συστατικών των φυτών και από εκείνο, που παρέχει τη μετατόπιση των λυμάτων. Η μέθοδος χρησιμοποιείται μόνο για εκτιμήσεις σε μεμονωμένες επιφάνειες, όπου ως έννοια της επιφάνειας περιέχεται η περιοχή της απαγωγής υλικών καθώς και εκείνη της απόθεσης των υλικών στο κάτω πέρας της επιφάνειας. Η σημαντικότερη διαφορά της μεθόδου ως προς την μέθοδο USLE είναι ότι παίρνει υπόψη της μεμονωμένα γεγονότα ή μεμονωμένα έτη. Ακόμη ότι εκτός από την επιφανειακή και αυλακωτή διάβρωση, θεωρείται πως υπολογίζει και τη μικρή χαραδρωτική διάβρωση μαζί με τις αποθέσεις υλικών, που συμβαίνουν στο χώρο των χαραδρώσεων. Η βάση δεδομένων για τη χρήση της μεθόδου στις ΗΠΑ βρίσκεται στο Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (Κωτούλας 2001).

4.WEPP

Η μέθοδος Water Erosion Prediction Project (Auerwald & Schwertmann 1988) έχει τον πλέον προσδιοριστικό χαρακτήρα σε σχέση με τις τρεις προηγούμενες. Υπολογίζει την εδαφική διάβρωση στις χωροσταθμικές και τη στεροαπορροή στις βάσεις των χωροσταθμικών σε συνεχή χρόνο και δεν διαθέτει υπολογιστικές διαδικασίες για τη στερομεταφορά στα υδατορεύματα. Οι επιφανειακές διαδικασίες διαχωρίζονται στην επιφανειακή απορροή πολύ μεγάλου πλάτους και μικρού ύψους (sheet flow) και στη συγκεντρωμένη απορροή στα ρυάκια (rill flow). Η επιφανειακή διάβρωση διακρίνεται στη διάβρωση λόγω βροχόπτωσης και επιφανειακής απορροής. Το ποσοστό των φερτών υλικών που τελικά κατευθύνονται στα ρυάκια είναι ανάλογο του γινομένου της έντασης της βροχόπτωσης και του ύψους της επιφανειακής απορροής. Η διάβρωση στα ρυάκια περιγράφεται μαθηματικά ως συνάρτηση της ικανότητας της ροής να αποκολλάει φερτά υλικά από τα ρυάκια, τη στερομεταφορική ικανότητα της ροής και το υπάρχον φορτίο φερτών υλικών από την επιφανειακή διάβρωση. Η στερομεταφορική ικανότητα της ροής υπολογίζεται από μια απλοποιημένη μορφή της εξίσωσης του Yalin (1963).

Το WEPP μπορεί να υπολογίσει τις χρονικές και χωρικές μεταβολές της στεροαπορροής σε διάφορα χρονικά βήματα, αφού διαθέτει και μοντέλο στοχαστικής προσομοίωσης της βροχόπτωσης καθώς και μοντέλο επιμερισμού του ημερήσιου ύψους βροχόπτωσης. Το μοντέλο μπορεί να υπολογίσει τη στεροαπορροή σε μικρές χωροσταθμικές (μήκους έως 100 m) και επομένως η σχηματοποίηση μιας σύνθετης λεκάνης απορροής γίνεται μια εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία. Επίσης, επειδή το μοντέλο αυτό λειτουργεί σε συνεχή χρόνο απαιτεί πληθώρα δεδομένων (όπως η

εδαφική υγρασία πριν από την έναρξη του πλημμυρικού επεισοδίου), τα οποία κατά κανόνα δεν είναι διαθέσιμα.

5.EUROSEM

Το Ευρωπαϊκό Μοντέλο Διάβρωσης εδάφους - European Soil Erosion Model αποτελεί την Ευρωπαϊκή απάντηση στο μοντέλο WEPP. Στηρίζεται στην υδρολογική πλατφόρμα του μοντέλου KINEROS της USDA (Woolhiser et al. 1990). Αναπτύσσεται ως ένα μοντέλο που εκτός από την πρόβλεψη της συνολικής απορροής και την απώλεια του εδάφους, παράγει υδρογραφήματα και γραφήματα στερεομεταφοράς ιζημάτων για κάθε εκδήλωση. Οι απαιτήσεις και οι στόχοι του ευρωπαϊκού μοντέλου διάβρωσης καθορίστηκαν από τους Chisci & Morgan (1988) και είναι οι εξής: 1.Χρησιμοποιείται για γήπεδα, χωράφια και τις μικρές λεκάνες απορροής (10 - 100 ha). 2.Διαχειρίζεται με βάση ένα μεμονωμένο γεγονός καταιγίδας. 3.Αποτελεί εργαλείο για την επιλογή μέτρων προστασίας του εδάφους από την μελέτη περιπτώσεων. 4.Αξιολογεί τον κίνδυνο διάβρωσης.

Αναλυτικότερα το μοντέλο ασχολείται με την **παρακολούθηση των βροχοπτώσεων σε σχέση με την βλάστηση**, την ένταση της κινητικής ενέργειας της βροχής που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους μέσα από την αποστράγγιση των φύλλων, την **ένταση της κορμοαπορροής**, την αποσύνδεση των σωματιδίων εδάφους από την επίδραση των σταγόνων της βροχής και την απορροή, τη **στερεομεταφορά** και τη **μεταφορική ικανότητα της επιφανειακής απορροής**. (http://www.soilsworldwide.net/images/f/f2/User_v2.pdf, <http://www.eurosem-soil-erosion.org/ HOW-TO20EUROSEM.pdf>)

1.3 Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της διατριβής είναι η διερεύνηση των μεθόδων για τον προσδιορισμό του φαινομένου της διάβρωσης σε μικρές λεκάνες απορροής και ειδικότερα της μεθόδου του Gavrilovic. Ως περίπτωση μελέτης επιλέγεται το νησί της Σκιάθου. Είναι ιδιαίτερης σημασίας ότι η Σκιάθος θεωρείται τουριστική περιοχή και είναι αναγκαίο να προστατευτεί από το φαινόμενο αυτό, το οποίο αποτελεί σοβαρό περιβαλλοντικό κίνδυνο. Η μέθοδος Gavrilovic μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες περιοχές όπου υφίστανται διαβρωτικά φαινόμενα προκειμένου να καταπολεμηθούν. Σημαντικά αποτελούν και τα μέτρα τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν τόσο για την πρόληψη όσο και για τη θεραπεία των φαινομένων διάβρωσης και των επιπτώσεών τους. Στην περίπτωση της Σκιάθου, είναι δυνατό να αποτελέσει χρήσιμο εγχειρίδιο από τις τοπικές αρχές στα πλαίσια της ορθολογικής διαχείρισης και της αποφυγής της υποβάθμισης τόσο των εδαφικών όσο και των υδατικών πόρων. Με τη λογική αυτή, η διατριβή εντάσσεται στα πλαίσια του Π.Μ.Σ. "Αειφορική Διαχείριση Υδατικού Περιβάλλοντος".

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την περάτωση της παρούσας μελέτης ως υλικά μέσα χρησιμοποιήθηκαν δύο τοπογραφικοί χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:50.000 και συγκεκριμένα τα φύλλα χάρτη Σκιάθος και Σκόπελος. Επίσης ένας γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ και συγκεκριμένα το Φ.Χ. Σκιάθος κλίμακας 1:50.000. Λογισμικό που κρίθηκε απαραίτητο για την ψηφιακή επεξεργασία των χαρτών και την επεξεργασία των δεδομένων τους το οποίο αποτελείται από το πρόγραμμα ArcGIS 9.3. Επιπλέον κρίθηκε αναγκαία η διερεύνηση

στο διαδίκτυο για την περαιτέρω συλλογή πληροφοριών. Τα μετεωρολογικά στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που χρησιμοποιήθηκαν ήταν από τον μετεωρολογικό σταθμό του αερολιμένα Σκιάθου. Τέλος χρησιμοποιήθηκαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Σκοπέλου, της Αγκιάλου και της Σκοπιάς για την εύρεση περαιτέρω στοιχείων που αφορούσαν την μέθοδο διάβρωσης Gavrilovic. Η βροχοβαθμίδα για την περιοχή της Μαγνησίας προέκυψε από προηγούμενες ερευνητικές εργασίες (Τζαμπύρας 2005).

2.1. Περιοχή μελέτης

Η Σκιάθος, γενέτειρα του μεγάλου συγγραφέα Αλέξανδρου Παπαδιαμάντη (1851-1911), είναι ένα μικρό νησί στο Αιγαίο Πέλαγος. Είναι το δυτικότερο νησί στις βόρειες Σποράδες. Δυτικά του νησιού βρίσκεται η Μαγνησία και η Κεντρική Ελλάδα ενώ ανατολικά βρίσκεται ένα άλλο νησί η Σκόπελος. Το όνομα του νησιού υπάρχει από την αρχαιότητα.

Ο Δήμος της Σκιάθου περιλαμβάνει τα νησιά Τσουγριά, Τσουγριάκι, και τα νησάκια Μάραγκος, Άρκος, Τρουλονήσι και Ασπρονήσι. Η συνολική του έκταση υπολογίζεται σε 50 km². Η πλειοψηφία των κατοίκων του νησιού βρίσκεται στην πόλη της Σκιάθου (πληθ. 4988 το 2001), ενώ υπάρχουν και οι οικισμοί Χάνεμος (195 κατ.), Καλύβια (179 κατ.), Τρούλος (159 κατ.) και Κουκουναριές (126 κατ.).

Παρά το μικρό της μέγεθος (50 km²), η Σκιάθος αναδεικνύεται ως ένας πολύ δημοφιλής τουριστικός προορισμός. Έχει πάνω από 60 αμμώδεις παραλίες που διασκορπίζονται κατά μήκος της ακτής για 44 χιλιόμετρα (<http://www.skiathos.gov.gr/>).

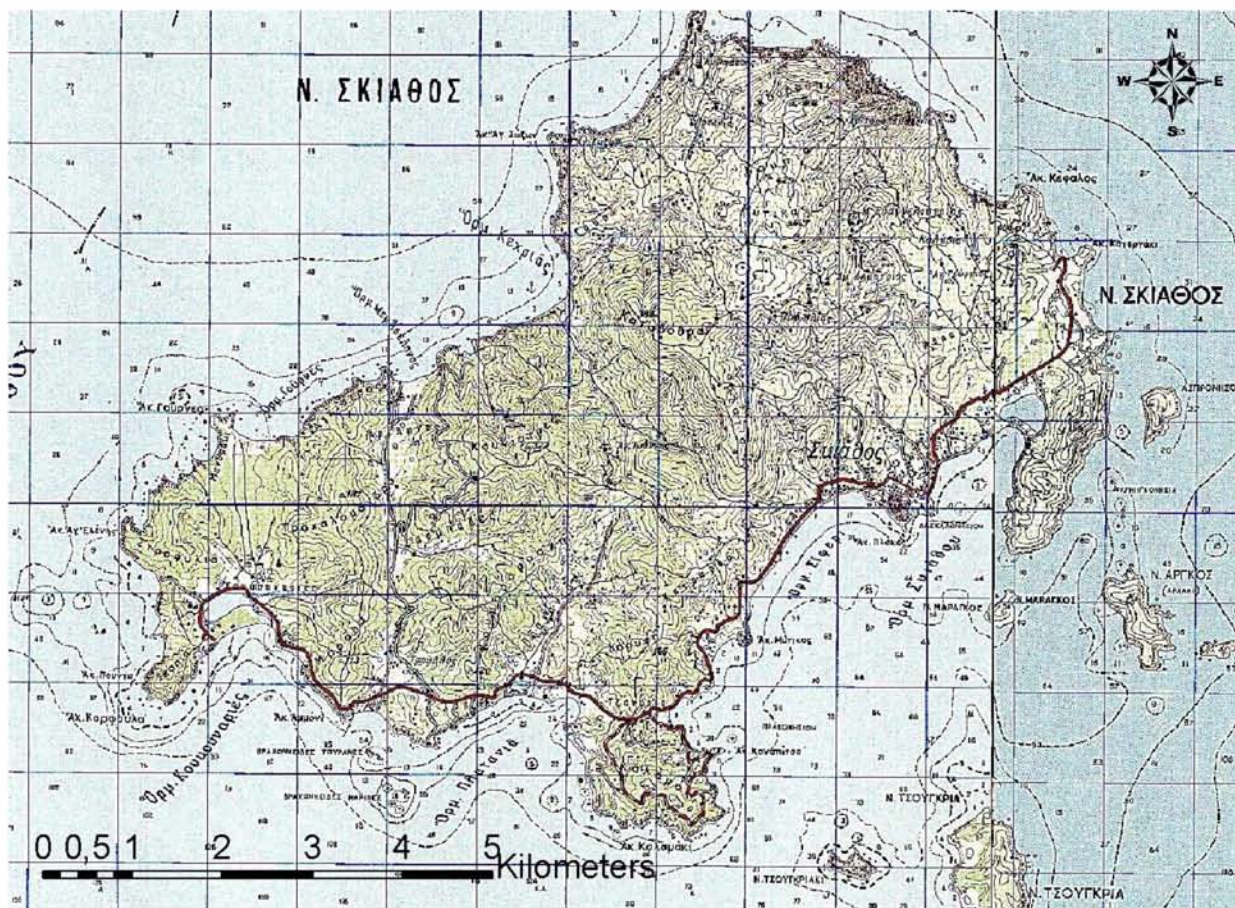
2.2. Γεωγραφία

Το νησί είναι σε σχήμα επιμηκυμένου ρόμβου, με διεύθυνση από νοτιοδυτικά προς βορειοανατολικά. Η μεγαλύτερη διαγώνιος του νησιού είναι 12 km μήκος, ενώ ο μέσος όρος κυμαίνεται στα 6 km, ενώ κατά μήκος της ακτής αριθμούνται πολυάριθμοι κολπίσκοι, ακρωτήρια και χερσονήσοι. Η επιφάνεια του νησιού είναι γενικά λοφώδης, κυρίως προς τα βόρεια, με μέγιστο ύψος τα 429 m. Νότια και νοτιοανατολικά, το έδαφος είναι ομαλότερο και αυτός είναι και ο λόγος που εκεί βρίσκονται οι περισσότερες κατοικίες. Το οδικό δίκτυο του νησιού, εκτείνεται κατά μήκος της νότιας και ανατολικής πλευράς του νησιού, ενώ εκτείνονται και άλλοι δρόμοι μέτριας ποιότητας, προς το εσωτερικό του νησιού. Η πόλη της Σκιάθου και ο αερολιμένας, βρίσκονται στην βορειότερη πλευρά του ανατολικού μέρους του νησιού. Η Τσουγκριά καθώς και όλα τα κύρια νησάκια, απέχουν μόλις μερικά χιλιόμετρα από την ανατολική ακτή και είναι ορατά από την πόλη.

Μεγάλο μέρος του νησιού χαρακτηρίζεται από μεγάλες δασικές εκτάσεις. Τα περισσότερα δάση του νησιού, αποτελούνται από πεύκα και συγκεντρώνονται στο νοτιοανατολικό μέρος του νησιού. Η Σκόπελος, καθώς και πιο απόμακρα νησιά όπως η Εύβοια και η Σκύρος είναι ορατά από την πόλη της Σκιάθου, ειδικότερα όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν. Αξίζει να σημειωθεί πως στην κορυφή του βουνού Κομπιά (429 m) (Εικόνα 2.2) που βρίσκεται στα δυτικά του νησιού ορθώνεται και ένας πύργος τηλεπικοινωνιών, που εξυπηρετεί τις ανάγκες επικοινωνίας του νησιού (<http://www.skiathos.gov.gr/>).







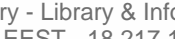


Εικόνα 2.1: Η Σκιάθος στον Ελλαδικό χώρο



Εικόνα 2.2: Χάρτης Γενικής Χρήσεως Ν. Σκιάθου

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

	Άμαξιτη όδός διπλή ασφαλτόστρωτος τεσσάρων ρευμάτων κυκλοφορίας. Dual highway four lanes wide.
	Άμαξιται όδοι ασφαλτόστρωτοι: Δύο ρευμάτων κυκλοφορίας (1), Ένός ρεύματος (2). All weather hard surface road: two lanes wide (1), one lane wide (2).
	Άμαξιται όδοι ακυρόστρωτοι: Δύο ρευμάτων κυκλοφορίας (1), Ένός ρεύματος (2). All weather loose surface road: two lanes wide (1), one lane wide (2).
	Άμαξιτη όδός μη σκληρής επιφανείας βαθή με καλόν ή ξηρόν καιρόν (1), Έγκαταλειμμένη (2). Fair or dry weather, loose surface road (1), Abandoned road (2).
	Όδοι υπό κατασκευήν (1), Καρροποιήτοι όδοι (2). Roads under construction (1), Cart track (2).
	Ήμιονική όδός εύβατος (1), Δύσβατος (2), Άτραπός (3). Trail: passable (1), passable with difficulty (2), Foot path (3).
	Σιδηροδρομική γραμμή κανονικού πλάτους: Άπλη (1), Διπλή (2). Normal gauge railroad: single track (1), double track (2).
	Σιδηροδρομική γραμμή στενά: Άπλη (1), Διπλή (2). Narrow gauge railroad: single track (1), double track (2).
	Σιδηροδρομικός σταθμός (1), Σιδηροδρομική στάσις (2). Railroad station (1), Railroad halt (2).
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	

Εικόνα 2.3: Υπόμνημα χάρτη γενικής χρήσεως

2.3. Μετεωρολογικά – Κλιματικά στοιχεία

Η Σκιάθος σε γενικές γραμμές έχει ήπιο χειμώνα αλλά πολύ ευχάριστο κλίμα το καλοκαίρι. Με τη θερμοκρασία μόλις να ξεπερνά τους 30°C καθημερινά κυρίως τους μήνες του Ιουλίου και Αυγούστου, και να είναι πιο δροσερό το κλίμα στην αρχή της τουριστικής περιόδου. Τους καλοκαιρινούς μήνες το φαινόμενο των βροχοπτώσεων είναι σχετικά σπάνιο με εξαίρεση κυρίως κατά τους μήνες Ιουνίου έως Σεπτεμβρίου. Οι ώρες της ηλιοφάνειας ξεπερνάνε τις 10 καθημερινά για όλη τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY) για το μετεωρολογικό σταθμό της Σκιάθου (πίνακας 2.1, πίνακας 2.2) που βρίσκεται κοντά στην περιοχή του αερολιμένα της είναι:

Πίνακας 2.1: Στοιχεία βροχομετρικού σταθμού Σκιάθου

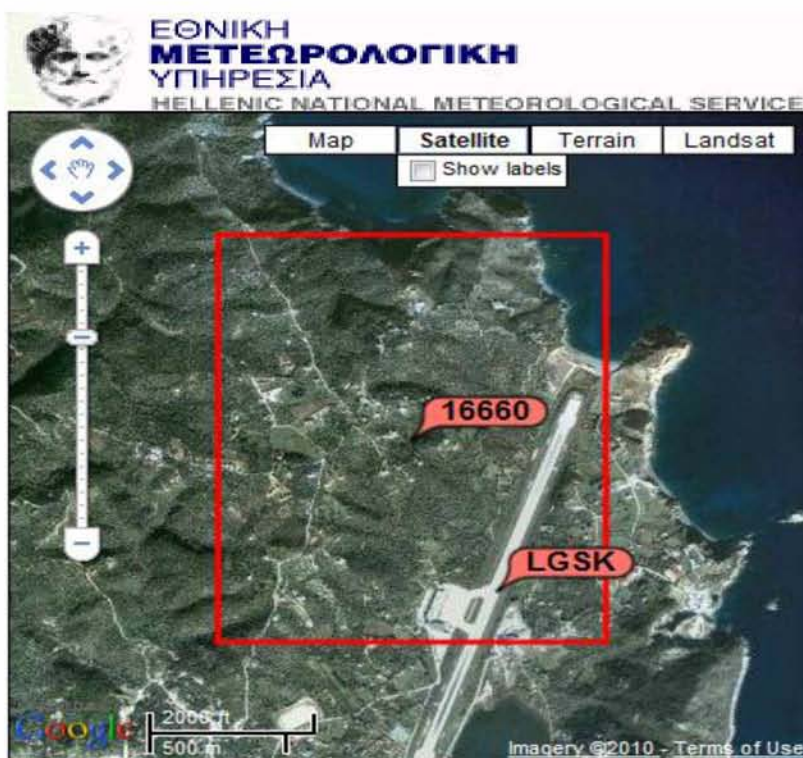
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ					
Όνομα Σταθμού	Κωδικός Σταθμού	Γεωγ. Μήκος Σταθμού	Γεωγ. Πλάτος Σταθμού	Ύψος Σταθμού(m)	Περίοδος
ΣΚΙΑΘΟΣ	16660	23,30	39,11	8	1/1/1987 έως 31/12/2003 Δεδομένα θερμοκρασίας
ΣΚΙΑΘΟΣ	16660	23,30	39,11	8	1/1/1988 έως 31/12/2005 Δεδομένα βροχοπτώσεων

Πίνακας 2.2: Οι θερμοκρασίες της Ν.Σκιάθου κατά τα έτη 1986-2003 σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Μέση Θερμοκρασία (°C)

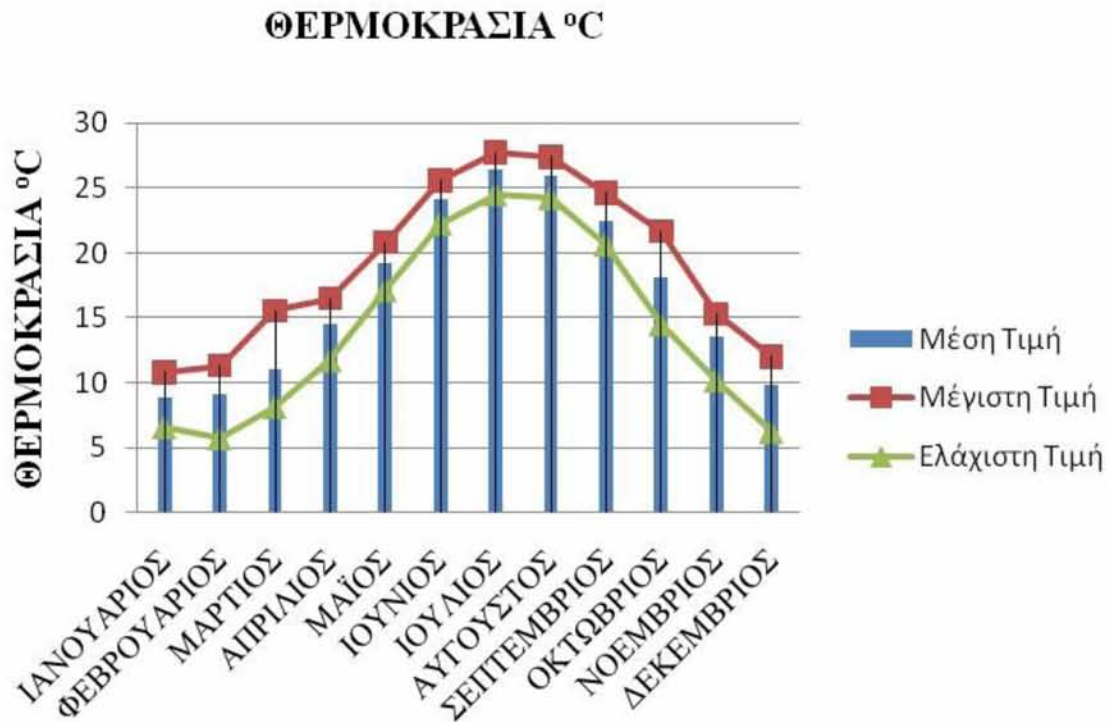
ΕΤΟΣ	ΜΗΝΕΣ												ΕΤΗΣΙΑ
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	
1987	8,65	9,22	11,07	14,52	18,81	23,61	26,84	24,22	23,5	14,5	13,72	10,04	16,56
1988	8,65	9,22	11,07	13,67	18,85	24,15	27,74	26,04	22,82	17,43	10,21	8,57	16,54
1989	7,4	9,6	11,61	16,5	17,91	22,26	24,86	25,82	22,47	16,06	13,66	10,04	16,52
1990	10,41	10,46	12,52	15,84	19,2	23,83	26,51	24,81	21,7	17,96	15,25	10,71	17,43
1991	7,9	8,96	11,07	14,24	17,59	23,81	25,44	24,78	21,66	18,08	13,43	6,26	16,1
1992	7,96	7,57	10,85	14,79	17,14	23,17	24,51	26,5	21,6	20,82	14,17	9,28	16,53
1993	7,94	6,89	10,18	14,02	18,89	24,16	25,03	25,47	22,27	19,7	12,42	11,75	16,56
1994	10,53	9,22	11,68	15,72	20,02	23,58	26,38	26,7	24,63	19,24	13,12	10,04	17,57
1995	8,99	11,31	11,39	14,03	19,33	24,94	26,28	25,5	22,76	16,8	11,41	12,01	17,06
1996	8,65	8,5	8,17	12,95	20,82	23,77	25,66	25,67	22,36	16,11	14,36	11,99	16,59
1997	9,5	9,09	10,2	11,74	20,25	24,05	26,8	24,95	20,64	16,3	12,88	9,5	16,33
1998	8,43	9,74	8,54	15,8	18,71	24,74	27,5	27,26	22,6	18,72	14,01	8,69	17,06
1999	9,4	8,57	11,07	16,01	20,01	25,41	26,98	27,3	23,14	19,61	13,77	11,38	17,72
2000	6,62	9,29	10,59	16,08	20,06	23,79	27,25	26,25	22,77	17,39	15,32	11,3	17,23
2001	9,89	9,9	15,55	15,22	19,13	23,97	27,69	27,03	24,39	19,71	13,36	6,9	17,73
2002	8,22	11,33	12,26	13,88	19,51	25,3	27,41	26,35	21,7	18,48	14,86	10,19	17,46
2003	10,81	5,77	9,08	12,44	20,28	25,59	27	27,39	21,52	21,66	14,3	9,4	17,1
Μέση Τιμή	8,84	9,08	10,98	14,56	19,21	24,13	26,46	26	22,5	18,15	13,53	9,86	17,03
Μέγιστη Τιμή	10,81	11,33	15,55	16,5	20,82	25,59	27,74	27,39	24,63	21,66	15,32	12,01	17,73
Ελάχιστη Τιμή	6,62	5,77	8,17	11,74	17,14	22,26	24,51	24,22	20,64	14,5	10,21	6,26	16,1

Επεξηγήσεις:

- Κανονική γραφή: Στα δεδομένα ενός μήνα η χρονοσειρά των ημερησίων τιμών είναι πλήρης.
- Έντονη γραφή: Στα δεδομένα ενός μήνα στην χρονοσειρά των ημερησίων τιμών μπορούν να λείπουν μέχρι 3 συνεχόμενες ή 5 διάσπαρτες τιμές.
- Πλάγια γραφή: Στα δεδομένα ενός μήνα στην χρονοσειρά των ημερησίων τιμών μπορούν να λείπουν μέχρι 5 συνεχόμενες ή 10 διάσπαρτες τιμές.
- Υπογραμμισμένη γραφή: Στα δεδομένα ενός μήνα στην χρονοσειρά των ημερησίων τιμών λείπουν περισσότερες από 5 συνεχόμενες ή 10 διάσπαρτες τιμές.
- **Κίτρινη επισήμανση**: συμπληρώσεις με χρήση διαμέσου (Median).



Εικόνα 2.4: Περιοχή αερολιμένα Σκιάθου και Μετεωρολογικού Σταθμού στο σημείο 16660 (Google Earth)



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα της Μέσης Τιμής Θερμοκρασίας, και της Μέσης Μέγιστης Τιμής Θερμοκρασίας καθώς και της Μέσης Ελάχιστης Τιμής Θερμοκρασίας, ανά μήνα για την περίοδο 1986 - 2003.

Όσον αφορά τις **βροχοπτώσεις** της νήσου Σκιάθου σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ίδιου μετεωρολογικού σταθμού κατά την ΕΜΥ είναι τα εξής (Πίνακας 2.3):

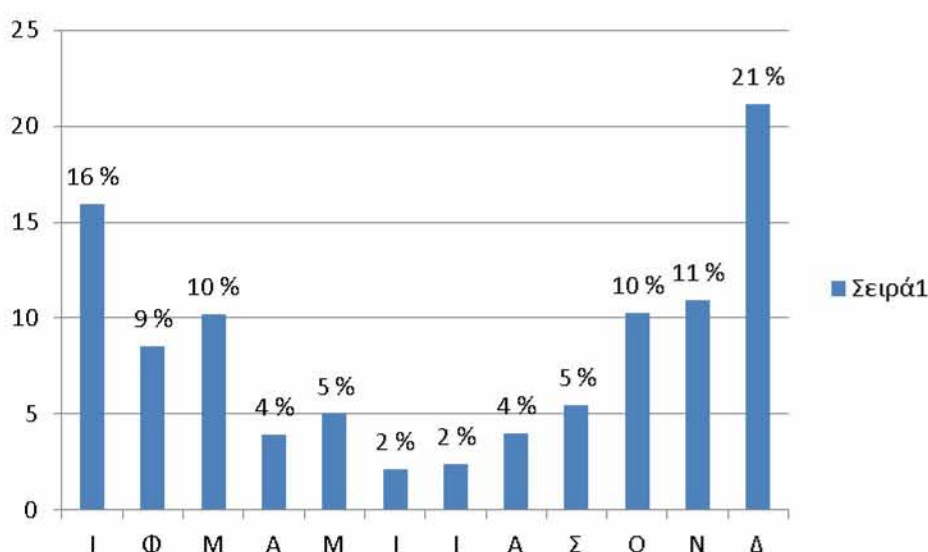
Πίνακας 2.3: Βροχόπτωση στο μετεωρολογικό σταθμό Σκιάθου για τα έτη 1988-2005

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΜΗΝΙΑΙΟ ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ σε χιλιοστά (mm)													
	ΜΗΝΕΣ												
ΕΤΟΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΟΛΙΚΟ
1988	77,5	49,2	63,5	19	15,2	3,6	17,75	11,95	2,2	33	171,9	307,8	772,6
1989	1,4	9,7	71,8	19	48,1	6,7	19,6	11,95	34,1	128,2	61,45	128,8	540,8
1990	77,5	8,6	12,3	9,4	1,3	12,8	17,75	12	14	67,2	29,7	196,6	459,15
1991	84,5		25,7	72,1	46,3	0,1	8	160,3	55,4	58,9	87,8	200,9	800
1992	31,7	49,7	36,9	19,3	21,3	13,3	17,2	11,95	34,1	32,7	53	74,8	395,95
1993	86,8	37,3	70,5	37,1	62,8	13,3	17,75	10,5	0,7	54,25	183,5	18,1	592,6
1994	213,9	128,9	56,5	18,2	60,7	16,2	17,75	1,3	34,1	313,2	76,9	98,5	1036,15
1995	499,1	0	118,5	29,1	0	41,3	1	18	9	48,9	55,9	157,6	978,4
1996	63,1	140,5	29,1	16,2	69,3	16,5	17,75	17,1	49,1	54,25	3,2	64,4	540,5
1997	70,5	49,2	63,5	19	34,8	40,3	7,1	24,5	34,1	129,7	17,3	130,3	551,4
1998	34,9	49	120,1	3,6	109,8	15,8	2	11,95	34,1	54,25	61,45	162,5	659,45
1999	66	45,4	133,1	14,8	1,4	2,5	4,7	2,9	107,6	49,6	146,1	127,3	701,4
2000	58,4	111,7	50,6	13,1	12,7	30,1	27,3	8	34,1	84,5	39,4	18,5	488,4
2001	175	49,2	14,9	55,5	34,8	7,6	20,1	54,6	6,2	2,4	235,5	480,5	1136,3
2002	38,9	11,1	179,9	44,5	6,8	13,3	42,6	134,4	110,3	85	76,3	234,8	977,9
2003	102,1	141,1	33,1	73,7	25,4	15,9	18,3	0,5	48,4	37,6	12	115,1	623,2
2004	221,8	50,1	134,5	18,7	52,9	13,3	17,75	11,9	33,3	54,25	11,1	43,5	663,1
2005	123,3	104,3	81,4	19	36	6,7	30,2	3	57	20,9	67	128,8	677,6
M.O.	112,6	60,23	71,99	27,85	35,53	14,96	16,92	28,16	38,77	72,71	77,19	149,38	706,28

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: 2005-Τον 12ο σταθμός κλειστός για 4 ημέρες

Σημείωση: Υετός γενικά ονομάζεται κάθε πτώση ή εναπόθεση στο έδαφος προϊόντων του ύδατος (σε υγρή ή στερεά μορφή, επιμερισμένη) τα οποία προέρχονται από συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας (κατακρημνίσματα). Επιπλέον η ομίχλη η πάχνη και η δρόσος δεν ανήκουν στις μορφές του υετού. Ετυμολογικά η λέξη υετός παράγεται από το αρχαίο ελληνικό ρήμα ὕω, και σημαίνει βροχή.

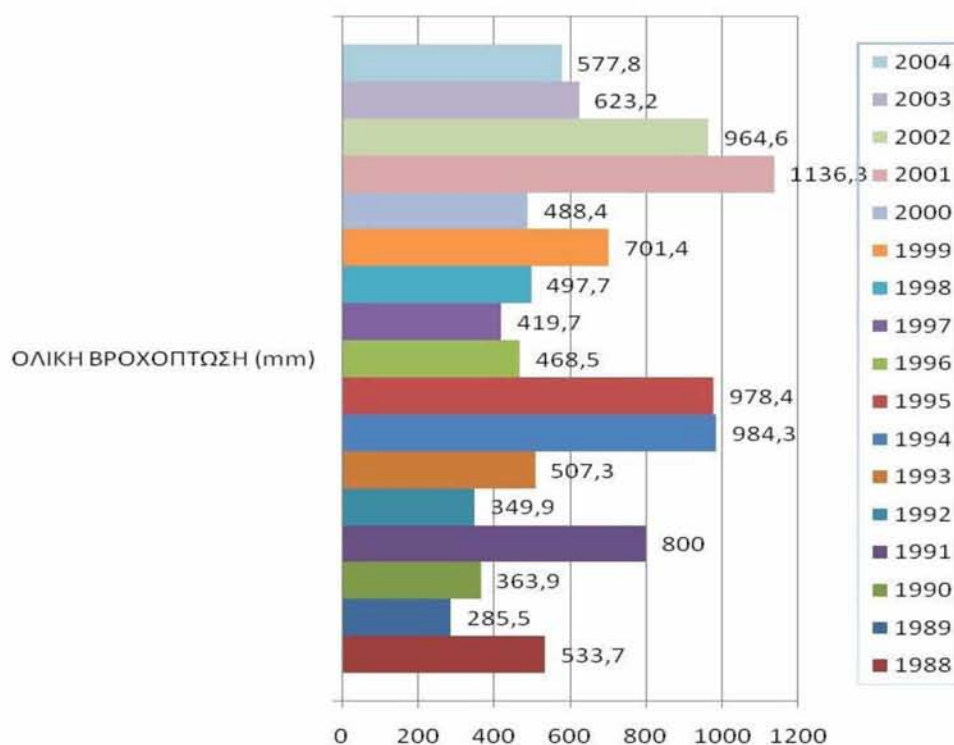
- **Κίτρινη επισήμανση:** συμπληρώσεις με χρήση διαμέσου (Median).



Διάγραμμα 2.1: Η ποσοστιαία τιμή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης Ν. Σκιάθου κατά τα έτη 1988-2008.

Από το παραπάνω γράφημα (Διάγραμμα 2.1) της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης συμπεραίνουμε ότι οι χειμερινοί μήνες Δεκέμβριος, Ιανουάριος και Φεβρουάριος είναι οι μήνες με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση με ποσοστό συνολικά 45% της ετήσιας βροχόπτωσης, έπονται οι ανοιξιάτικοι μήνες Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος και ποσοστό 19% του έτους, οι φθινοπωρινοί μήνες Σεπτέμβριος, Οκτώβριος, Νοέμβριος με ποσοστό 27% της ετήσιας βροχόπτωσης. Τέλος οι Καλοκαιρινοί μήνες Ιούνιος Ιούλιος και Αύγουστος που περιέχουν το μόλις 7% της ετήσιας βροχόπτωσης. Αξίζει να σημειωθεί η μεγάλη χρονική ανομοιογένεια στις τιμές της βροχόπτωσης κατά το μήνα

Δεκέμβριο με το μεγαλύτερο ποσοστό της τάξης του 21% και τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο με ποσοστά μόλις 2% της ετήσιας βροχόπτωσης αντίστοιχα.



Διάγραμμα 2.2: Ολική βροχόπτωση σε mm ανά έτος

Από το ανωτέρω γράφημα (Διάγραμμα 2.2) συμπεραίνουμε ότι το έτος 2001 ήταν το έτος με τη μεγαλύτερη συνολική βροχόπτωση της τάξης των 1136,3 mm, ενώ το έτος 1989 με τη μικρότερη συνολική ετήσια βροχόπτωση των 285,5 mm. Για τα έτη 2005, 2006, 2007, 2008 δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα ώστε να βρεθεί η ολική τους βροχόπτωση.

Έχοντας ως βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και τη μέση βροχόπτωση της λεκάνης για την παραπάνω χρονική περίοδο γίνεται η κλιματική ταξινόμηση της περιοχής σύμφωνα με τη σχέση του **De Martonne's** (Φλόκας 1990, Μούρτζιος et al. 2008), με βάση τα στοιχεία του πίνακα 2.6:

$$I = \frac{12P}{t + 10}$$

όπου

- I= δείκτης που χαρακτηρίζει το κλίμα της περιοχής και οι χαρακτηριστικές του τιμές δίνονται στον Πίνακα 2.5
- P=η μέση μηνιαία βροχόπτωση
- t= μέση μηνιαία θερμοκρασία

Πίνακας 2.5: Χαρακτηρισμός του κλίματος από τα όρια τιμών του I

ΟΡΙΑ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ I	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ
I<5	Πολύ ξηρό
5<I<15	Ξηρό
15<I<20	Ημίξηρο
20<I<30	Ύφυγρο
30<I<60	Υγρό
I>60	Πολύ υγρό

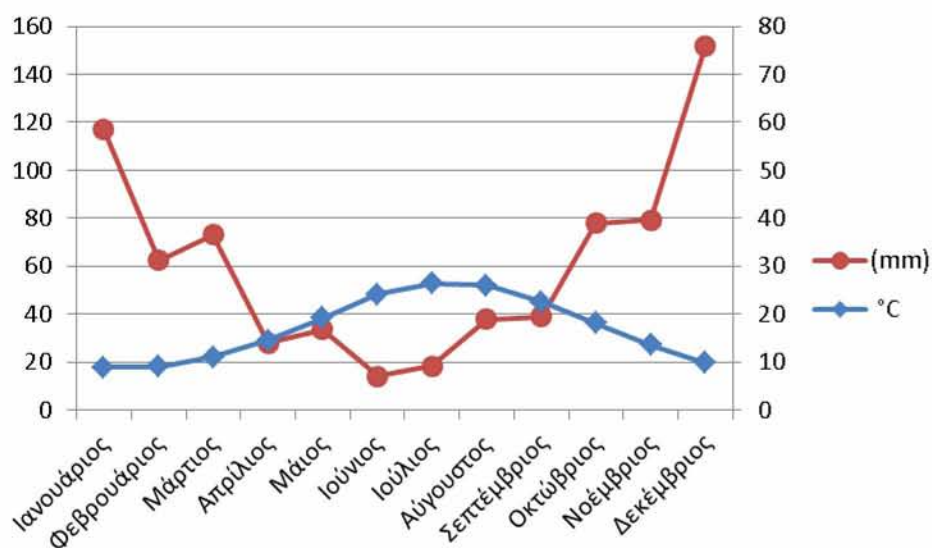
Πίνακας 2.6: Χαρακτηρισμός του κλίματος με βάση τη μέση θερμοκρασία και τη μέση βροχόπτωση κατά τα έτη 1988 - 2003 με βάση το δείκτη I (De Martonne's).

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΜΕΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΔΕΙΚΤΗΣ I	ΕΙΔΟΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ
Ιανουάριος	8,84	116,96	74,49	Πολύ υγρό
Φεβρουάριος	9,08	62,44	39,27	Υγρό
Μάρτιος	10,98	73,06	41,78	Υγρό
Απρίλιος	14,56	27,91	22,99	Υψυγρο
Μάιος	19,21	33,68	13,83	Ξηρό
Ιούνιος	24,13	14,15	4,98	Πολύ ξηρό
Ιούλιος	26,46	18,25	6,00	Ξηρό
Αύγουστος	26,00	37,93	12,64	Ξηρό
Σεπτέμβριος	22,50	38,81	14,33	Ξηρό
Οκτώβριος	18,15	77,99	33,20	Υγρό
Νοέμβριος	13,53	79,16	40,37	Υγρό
Δεκέμβριος	9,86	151,95	91,81	Πολύ υγρό

Πίνακας 2.7: Πίνακας μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και βροχόπτωσης

Μήνες	Μέση μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	Μέση μηνιαία Βροχόπτωση (mm)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8,84	116,96
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	9,08	62,44
ΜΑΡΤΙΟΣ	10,98	73,06
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	14,56	27,91
ΜΑΪΟΣ	19,21	33,68
ΙΟΥΝΙΟΣ	24,13	14,15
ΙΟΥΛΙΟΣ	26,46	18,25
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	26,00	37,93
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	22,50	38,81
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	18,15	77,99
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13,53	79,16
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9,86	151,95

(Πηγή EMY 2010)



Διάγραμμα 2.3: Ομβροθερμικό διάγραμμα Σκιάθου Bagnous – Gausсен (1957)

Μέσω του Ομβροθερμικού διαγράμματος κατά Bagnous - Gausсен (1957) ανάγουμε το συμπέρασμα πως η ξηροθερμική περίοδος στη νήσο Σκιάθο ξεκινά από μέσα Απριλίου έως τις αρχές Σεπτεμβρίου.

2.3.1. Εκτίμηση ελλειπουσών παρατηρήσεων

Σε ότι αφορά παρατηρήσεις βροχοπτώσεων που δεν έχουν καταγραφεί αποτελεί συχνό φαινόμενο η έλλειψη κάποιων βροχομετρικών παρατηρήσεων σε μία περιοχή που μπορεί να οφείλεται είτε στη βλάβη του οργάνου είτε σε κάποια άλλη αιτία. Οι ελλείπουσες παρατηρήσεις θα πρέπει να συμπληρωθούν κατ' εκτίμηση, έτσι ώστε να καταστεί πλήρης η σειρά των διατιθέμενων παρατηρήσεων του κάθε σταθμού. Για να εκτιμήσουμε τις ελλείπουσες παρατηρήσεις χρησιμοποιούμε δύο μεθόδους, οι οποίες

βασίζονται στις ταυτόχρονες παρατηρήσεις των γειτονικών σταθμών που είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι γύρω από το θεωρούμενο σταθμό που διαθέτει ελλείπουσες παρατηρήσεις.

Όταν το ετήσιο ύψος βροχής τριών γειτονικών σταθμών A, B, Γ διαφέρει λιγότερο από 10% του θεωρούμενου σταθμού X, τότε ο αριθμητικός μέσος των τριών σταθμών αντικαθιστά την ελλείπουσα παρατήρηση του υπ' όψει σταθμού X.

Όταν η διαφορά είναι μεγαλύτερη του 10% έστω και σε έναν από τους γειτονικούς σταθμούς, τότε χρησιμοποιείται ο αριθμητικός μέσος όρος που δίνεται από τη σχέση:

$$P_x = \frac{1}{n} \cdot N_x \left(\frac{P_A}{N_A} + \frac{P_B}{N_B} + \frac{P_\Gamma}{N_\Gamma} + \dots + \frac{P_n}{N_n} \right)$$

Όπου:

- P: το μηνιαίο ύψος της θεωρούμενης περιόδου για κάθε σταθμό
- N: το κανονικό ετήσιο ύψος βροχής κάθε σταθμού
- n: ο αριθμός των γειτονικών σταθμών

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου είναι να υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των διατιθέμενων σταθμών, όσον αφορά τα ύψη βροχής.

2.4. Υπολογισμός του μέσου ύψους βροχής που δέχεται μια περιοχή

Οι πιο γνωστές μέθοδοι υπολογισμού του μέσου ύψους βροχής για μια ορισμένη χρονική περίοδο μιας περιοχής παρατίθενται παρακάτω: α) Μέθοδος Thiessen, β) Μέθοδος Ισοϋετών καμπυλών, γ) Μέθοδος βροχοβαθμίδας.

2.4.1. Μέθοδος Thiessen

Σε αυτή το ύψος βροχής κάθε βροχομετρικού σταθμού θεωρείται εφαρμόσιμο μέχρι το μέσο της απόστασης μεταξύ των γειτονικών σταθμών. Δεχόμαστε ότι για κάθε σταθμό σχηματίζεται ένα πολύγωνο και υποθέτουμε ότι το ύψος βροχής που αντιστοιχεί στην περιοχή αυτή, ταυτίζεται με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής του σταθμού αυτού. Για την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών μιας περιοχής να είναι αρκούντως πυκνό. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου Thiessen είναι:

1. χρειάζεται αλλαγή των πολυγώνων κάθε φορά που εισάγεται ή αφαιρείται ένας σταθμός
2. δε λαμβάνονται υπ' όψη υψομετρικές μεταβολές του ανάγλυφου.

2.4.2. Μέθοδος Ισοϋετών καμπυλών

Επιτρέπει τον προσδιορισμό του μέσου ετήσιου ύψους βροχής μίας περιοχής και προσφέρει οπτική περιγραφή της βροχόπτωσης στο χώρο.

Το τελικό αποτέλεσμα της μεθόδου είναι η κατασκευή του βροχομετρικού χάρτη της περιοχής, ο οποίος αποτελείται από γραμμές ίσου ύψους βροχόπτωσης, που ονομάζονται ισοϋέτιες καμπύλες. Για την εφαρμογή της μεθόδου, απαιτούνται αρκετά εδαφικά σημεία ελέγχου, όπου είναι γνωστό το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα των βροχομετρικών σταθμών, τόσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα και τόσο ακριβείς και ασφαλείς είναι οι ισοϋέτιες καμπύλες.

Η μέθοδος αυτή παρέχει ακριβέστερα αποτελέσματα από τα πολύγωνα Thiessen στην περίπτωση που υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για την κατανομή της

βροχόπτωσης. Αντίθετα όταν γίνεται χρήση της γραμμικής παρεμβολής μεταξύ των σταθμών τότε τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων είναι πρακτικά όμοια.

2.4.3. Η Εξίσωση της Βροχοβαθμίδας

Στην περίπτωση που το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών δεν είναι αρκετά πυκνό σε σχέση με την έκταση της περιοχής, η χάραξη των ισοϋέτιων καμπύλων γίνεται με τη βοήθεια της μεθόδου της βροχοβαθμίδας. Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται το ύψος βροχής που αντιστοιχεί σε κάθε ισοϋψή της υδρολογικής λεκάνης, ώστε να κατασκευαστεί ο βροχομετρικός χάρτης. Για την εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει:

- το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών να είναι καλά κατανεμημένο ως προς την επιφάνεια και το υψόμετρο
- να υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των τιμών x και y , δηλαδή της βροχόπτωσης με το υψόμετρο. Συνήθως τιμές $>70\%$ θεωρούνται ικανοποιητικές
- να υπάρχουν τουλάχιστον πέντε βροχόμετρα.

Με τη μέθοδο αυτή απλουστεύονται οι παράγοντες που επιδρούν στην κατανομή των κατακρημνισμάτων, ενώ δεχόμαστε ότι σ' αυτή επιδρά μόνο το υψόμετρο, δηλαδή ότι μεταξύ των κατακρημνισμάτων y (σε mm) και του υψομέτρου x (σε mm), υπάρχει γραμμική σχέση της μορφής $y = \alpha x + \beta$, όπου:

α : εκφράζει την αύξηση των κατακρημνισμάτων ψ ανά μονάδα αύξησης του υψομέτρου x

β : εκφράζει την τιμή των κατακρημνισμάτων y , για $x=0$, δηλαδή το ύψος βροχόπτωσης που αντιστοιχεί σε υψόμετρο μηδέν.

Κατά τη γραφική απεικόνιση της σχέσης απόλυτου υψομέτρου-ύψους

βροχόπτωσης (βροχοβαθμίδα) στον άξονα x τοποθετούμε τις τιμές του υψομέτρου, ενώ στον άξονα y το ύψος βροχόπτωσης και χρησιμοποιούμε διάγραμμα διασποράς (Ζαρκάδας και Ψιλοβίκος 2006).

Όλα τα σημεία (ζεύγη τιμών) αντιπροσωπεύουν το καθένα ένα βροχομετρικό σταθμό. Επιπλέον δεν βρίσκονται όλα τα σημεία πάνω σε μία ευθεία, αλλά έχουν κάποια διασπορά που εκφράζεται με το συντελεστή συσχέτισης r μεταξύ των χ και ψ . Η εύρεση των τιμών α και β που δίνουν την πιο αντιπροσωπευτική ευθεία πραγματοποιείται με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της βροχόπτωσης για υψόμετρα έως 2500m με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση υψομέτρου των σταθμών με το μέσο ύψος βροχής κάθε σταθμού δηλαδή $r > 0,70$ (Μηλιαρέσης 2006).

2.5. Υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας με τη μέθοδο της Θερμοβαθμίδα

Η τιμή της μεταβολής της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας σε σχέση με την μονάδα του ύψους λέγεται θερμοκρασιακή βαθμίδα ή κατακόρυφη θερμοβαθμίδα, κατ' αντιστοιχία με τη βροχοβαθμίδα και εκφράζεται ως εξής:

Το αρνητικό πρόσημο (-) τοποθετείται για να δηλώσει ότι η αύξηση του υψομέτρου αντιστοιχεί σε ελάττωση της θερμοκρασίας. Ως μονάδα ύψους λαμβάνονται τα 100 μέτρα (100 m) ή το 1 χιλιόμετρο (1 km). Επομένως η θερμοβαθμίδα εκφράζεται σε $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ή σε $^{\circ}\text{C}/1\text{ km}$ και η μέση τιμή της στην Ελλάδα είναι $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\alpha = -0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ή $-6\text{ }^{\circ}\text{C}/1\text{ km}$) (Παπαμιχαήλ 2001).

Η τιμή αυτή μεταβάλλεται κυρίως κοντά στην επιφάνεια του εδάφους που μπορεί να θερμανθεί πολύ κατά τη διάρκεια της ημέρας και να ψυχθεί τη νύχτα, με

αποτέλεσμα η θερμοβαθμίδα να λαμβάνει μεγαλύτερη τιμή την ημέρα και μικρότερη την νύχτα. Για την εύρεση της θερμοβαθμίδας γραφικά, χρησιμοποιούμε το υψόμετρο των μετεωρολογικών σταθμών στον άξονα τιμών x ενώ τις μέσες θερμοκρασίες τους στον άξονα y και δημιουργούμε διάγραμμα διασποράς.

Την μέση θερμοκρασία ανά λεκάνη απορροής τη βρίσκουμε με τον τύπο:

$$T_s = T_\sigma - \alpha(z_s - z_\sigma), \text{ όπου:}$$

- T_s : θερμοκρασία της λεκάνης απορροής,
- T_σ : θερμοκρασία του σταθμού λχ. Μ.Σ. Σκιάθου
- α : θερμοβαθμίδα
- z_s : μέσο υψόμετρο λεκάνης
- z_σ : υψόμετρο σταθμού βάσης (Ψιλοβίκος & Ζαρκάδας 2006).

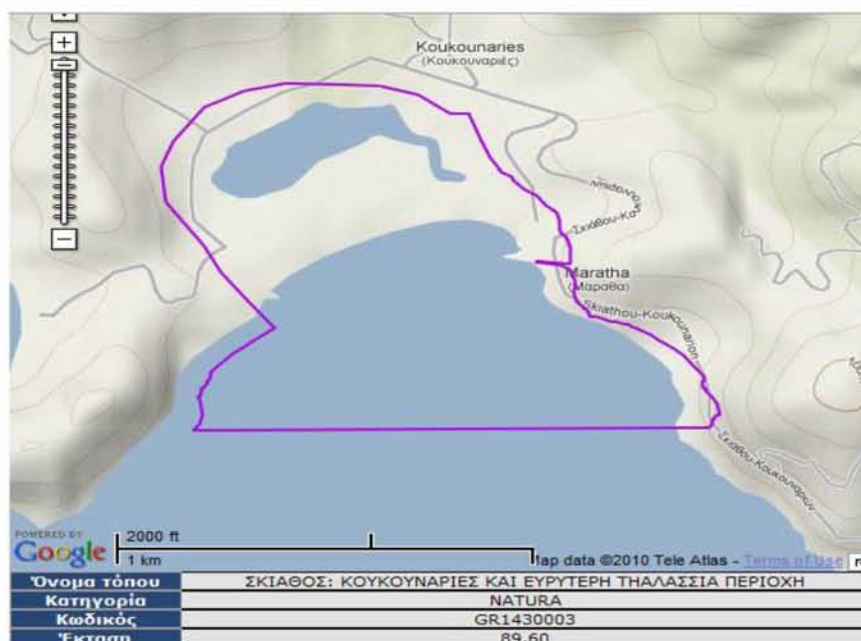
2.6. Βιότοποι και φυτικός κόσμος

Οι Βόρειες Σποράδες, όπως και η Σκιάθος στις οποίες ανήκει, βρίσκονται στην κλιματική ζώνη όπου επικρατεί η μεσογειακή αείφυλλη σκληρόφυλλη βλάστηση. Τα φυτικά είδη που ευδοκιμούν εδώ είναι άριστα προσαρμοσμένα στο μεσογειακό κλίμα, που χαρακτηρίζεται από ξηρά καλοκαίρια και βροχερούς χειμώνες. Η φύση έχει επινοήσει πολλούς μηχανισμούς προσαρμογής και επιβίωσης, που δεν παύουν να μας εντυπωσιάζουν με την ποικιλία τους και την αποτελεσματικότητά τους. Πολλά φυτά προστατεύονται από την ξηρασία με φύλλα αειθαλή, που καλύπτονται με μια φυσική στρώση κεριού. Σε αυτά ανήκουν μεταξύ άλλων, η **Ελιά** (*Olea europaea oleaster*), η **Χαρουπιά** (*Ceratonia siliqua*), η **Λαδανιά** (*Cistus spec.*) και το **Πουρνάρι** (*Quercus coccifera*). Άλλα φυτά έχουν φύλλα τριχωτά που ανακλούν το φως του ήλιου και έτσι

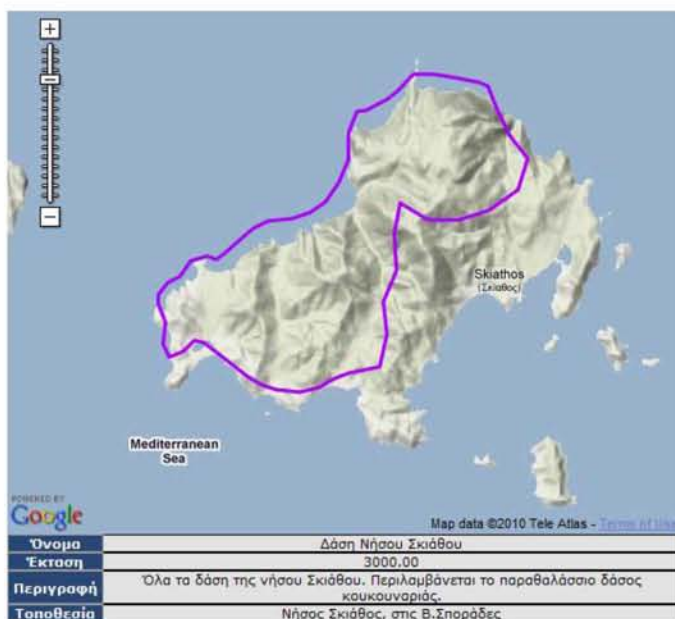
προστατεύονται από τη ζέστη. Παράδειγμα είναι η **πικραγγουριά** (*Ecballium elaterium*). Οι καρποί της μοιάζουν με μικρά αγγουράκια που όταν ωριμάζουν, εκτοξεύουν με δύναμη τους σπόρους τους, σε μια αξιοθαύμαστη προσπάθεια να εξασφαλίσουν την αναπαραγωγή του είδους. Πραγματικοί καλλιτέχνες της επιβίωσης είναι τα **παχύφυτα**, που έχουν προσαρμοστεί σε ακραίες συνθήκες αναπτύσσοντας την ικανότητα να αποθηκεύουν νερό. Παραδείγματα τέτοιων φυτών είναι τα **αμάραντα** (είδη του γένους *Sedum*) και η **αντράκλα** ή **γλυστρίδα** (*Portulaca oleracea*). Σε άλλα φυτά, ολόκληρα τμήματα τους ξυλοποιούνται ή μετατρέπονται σε αγκάθια και προστατεύονται έτσι από τα ζώα που τα τρώνε. Η **αστοιβή** (*Sarcopoterium spinosum*), που συνηθίζει να φυτρώνει στα κράσπεδα των δρόμων και ανάμεσα στις ξερολιθιές, είναι ένα χαρακτηριστικό τέτοιο φυτό, όπως και το **Παλιούρι** (*Paliurus spina-christi*) που φυτρώνει σε θαμνότοπους, φράχτες αλλά και σε σχισμές βράχων. Άλλα φυτά παρακάμπτουν την περίοδο της ξηρασίας και ξεκαλοκαιριάζουν σε μορφή σπόρων ή βολβών μέσα στη γη, για να ξαναζωντανέψουν πάλι με τις πρώτες βροχές. Σε αυτά ανήκουν η **Σκιλλοκρομμύδα** (*Urginea maritima*) και τα διάφορα είδη από τουλίπες και κρόκους.

Τα δάση και οι θαμνότοποι είναι επίσης προσαρμοσμένα στο κλίμα της περιοχής. Στα δάση των Βορείων Σποράδων κυριαρχεί η **Χαλέπιος Πεύκη** (*Pinus halepensis*), που καλύπτει μεγάλο μέρος της Σκοπέλου και ιδιαίτερα το όρος Δελφοί. Ένα άλλο αντιπροσωπευτικό μεσογειακό κωνοφόρο είναι η **Κουκουναριά** (*Pinus pinea*), η οποία στις Βόρειες Σποράδες απαντάται μόνο στη Σκιάθο, κυρίως στην ομώνυμη παραλία Κουκουναριές. Η κουκουναριά προτιμά αμμώδη και υγρά εδάφη χαμηλού υψομέτρου, γι' αυτό ζει σε παραλίες με άμμο. Πιθανολογείται ότι η κουκουναριά δεν είναι αυτοφυής στη Σκιάθο, αλλά ότι την έφεραν στο νησί οι Ρωμαίοι. Η περιοχή που φύονται οι

κουκουναριές και η ευρύτερη θαλάσσια περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως Περιοχή Κοινοτικού Ενδιαφέροντος (Sites of Community Interest) και έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000 κατ εφαρμογή της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ με το κωδικό όνομα **GR1430003** έκτασης 89,60 ha. Επιπρόσθετα όλα τα δάση της νήσου Σκιάθου έκτασης 3.000 ha και το παραθαλάσσιο δάσος κουκουναριάς έχουν χαρακτηριστεί αισθητικό δάσος σύμφωνα με το Ν. 996/71 «Περί Δασικού Κώδικος» (<http://www.biodiversity.gr>). Αισθητικό δάσος που προστατεύεται από την εθνική νομοθεσία ως προστατευόμενη περιοχή, είναι φυσικό ή τεχνητά δημιουργημένο δάσος που έχει ιδιαίτερη αισθητική, υγιεινή και αναψυχική αξία. Επιβάλλεται η προστασία της αισθητικής και οικολογικής του φυσιογνωμίας, για να καλύπτει κυρίως ανάγκες υπαίθριας αναψυχής και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και κατά δεύτερο λόγο για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Στην Ελλάδα έχουν χαρακτηριστεί 19 περιοχές Αισθητικά Δάση, με έκταση 32.506 ha. Η συνολική χερσαία έκταση των Αισθητικών Δασών αντιστοιχεί στο 0,24% της έκτασης της χώρας.



Εικόνα 2.5: Η περιοχή Natura της νήσου Σκιάθου (Πηγή: Google earth, <http://www.biodiversity.gr>)



Εικόνα 2.6: Τα αισθητικά δάση της Σκιάθου Google earth, (<http://www.biodiversity.gr>)

Από τις διάφορες πιθανές μορφές αυτοφυούς βλάστησης, θα περίμενε κανείς να επικρατούν αιθαλείς βελανιδιές όπως τα **Πουρνάρια** (*Quercus coccifera*). Κάποτε υπήρχαν δάση από αιθαλείς βελανιδιές, οι άνθρωποι όμως τα υλοτομούσαν εντατικά ήδη από την αρχαιότητα και αυτά σταδιακά υποχώρησαν. Το πεύκο, από την άλλη μεριά, είναι αυτοφυές παντού στα νησιά των Βορείων Σποράδων, μεγαλώνει γρήγορα και εύκολα κυριαρχεί. Η εξάπλωση του βοηθήθηκε και από τον άνθρωπο, που χρησιμοποιούσε το ξύλο του, και σήμερα είναι πλέον πολύ διαδεδομένο. Το πεύκο φυτρώνει και σε εδάφη που είναι λιγότερο ευνοϊκά για την ευδοκίμηση της βελανιδιάς. Σε τέτοια μέρη σχηματίστηκαν πυκνά δάση από πεύκα που διαρκώς επεκτείνονται. Παρ' όλα αυτά, στα τέλη του 19ου αιώνα, ο γεωγράφος Alfred Phillipson με λύπη του διαπίστωνε μια δραστική μείωση των πευκοδασών και έγραφε σχετικά: " Μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα, η νήσος Σκόπελος θα πρέπει να ήταν σκεπασμένη από άκρη σε άκρη με

μεγαλόπρεπα πευκοδάση, με εξαίρεση μόνο τις κατοικημένες περιοχές. Τα ξύλο των πεύκων οι κάτοικοι του νησιού το χρησιμοποιούσαν για την κατασκευή πλοίων. Όταν όμως σταμάτησαν να ναυπηγούνται ιστιοφόρα καΐκια, οι ντόπιοι στράφηκαν στην κτηνοτροφία, προκαλώντας μεγάλες καταστροφές στα δάση, που μετατράπηκαν σε θαμνότοπους." Όταν το ξύλο έχασε πλέον την οικονομική του αξία για τη ναυπηγική, τα πεύκα άρχισαν να ξεριζώνονται για να δημιουργηθούν βοσκότοποι. Σήμερα όμως υπάρχει ανανεωμένο ενδιαφέρον από τις δασικές αρχές για τα πευκοδάση. Το **ρετσίνι** που βγαίνει από τον κορμό του πεύκου χρησιμοποιείται στην παρασκευή της γνωστής ελληνικής ρετσίνας. Η χαμηλή βλάστηση μέσα στα πευκοδάση αποτελείται από θάμνους και αγριόχορτα που συναντά κανείς και στη μακία (θαμνότοπους). Στα αραιά πευκοδάση ανθίζουν την άνοιξη **ορχεοειδή**, όπως ο **όρχις ο ψυχανθής** (*Orchis papilionacea*) και η **οφρύς η μέλισσα** (*Ophrys apifera*), και τα δύο γνωστά κοινώς ως **σερنيκοβότανο**. Άλλα είδη κωνοφόρων που συναντώνται στα νησιά των Βορείων Σποράδων είναι τα **κυπαρίσσια** (*Cupressus sempervirens*) και τα (*Juniperus phoenicea*). Στη φύση τα κυπαρίσσια τα βρίσκουμε σποραδικά, φυτεύονται όμως συχνά σε συστάδες σε κήπους. Το θαμνοκυπάρισσο, που είναι αυτοφυές σχεδόν σε όλα τα νησιά, πρωτοεμφανίστηκε κυρίως ως μεγάλος θάμνος στη μακία. Συστάδες θαμνοκυπάρισσων υπάρχουν στο νησί Σκάντζουρα, όπου σχηματίζουν μικρά δάση και αναπτύσσονται σε δέντρα ύψους αρκετών μέτρων.

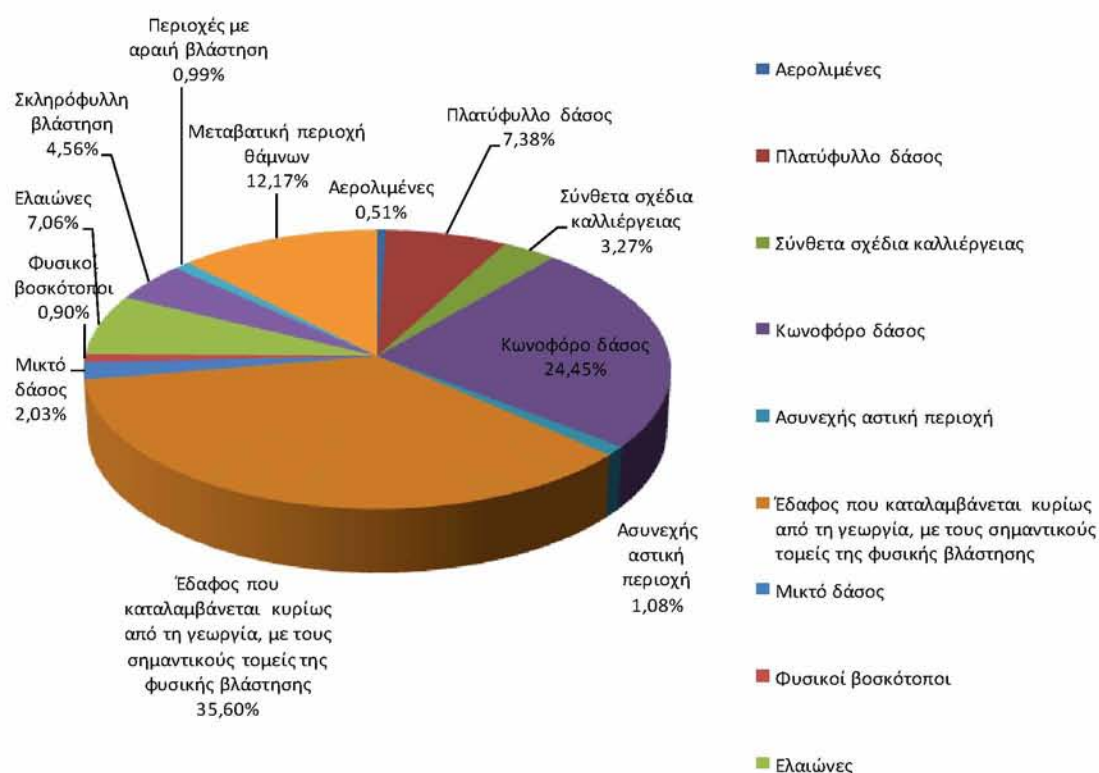
2.7. Χρήσεις Γής

Η Σκιάθος έχει συνολική εμβαδόν 47.129.971 m² και περίμετρο 51.780 m, στοιχεία του βρέθηκαν ύστερα από την ψηφιοποίηση των χαρτών με χρήση του λογισμικού ArcGIS 9.3. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής βάσης δεδομένων

CORINE που επεξεργαστήκαμε με το λογισμικό ArcGIS 9.3 και οι χρήσεις γης του νησιού είναι οι εξής (Πίνακας 2.8, Διάγραμμα 2.4 και Εικόνα 2.7):

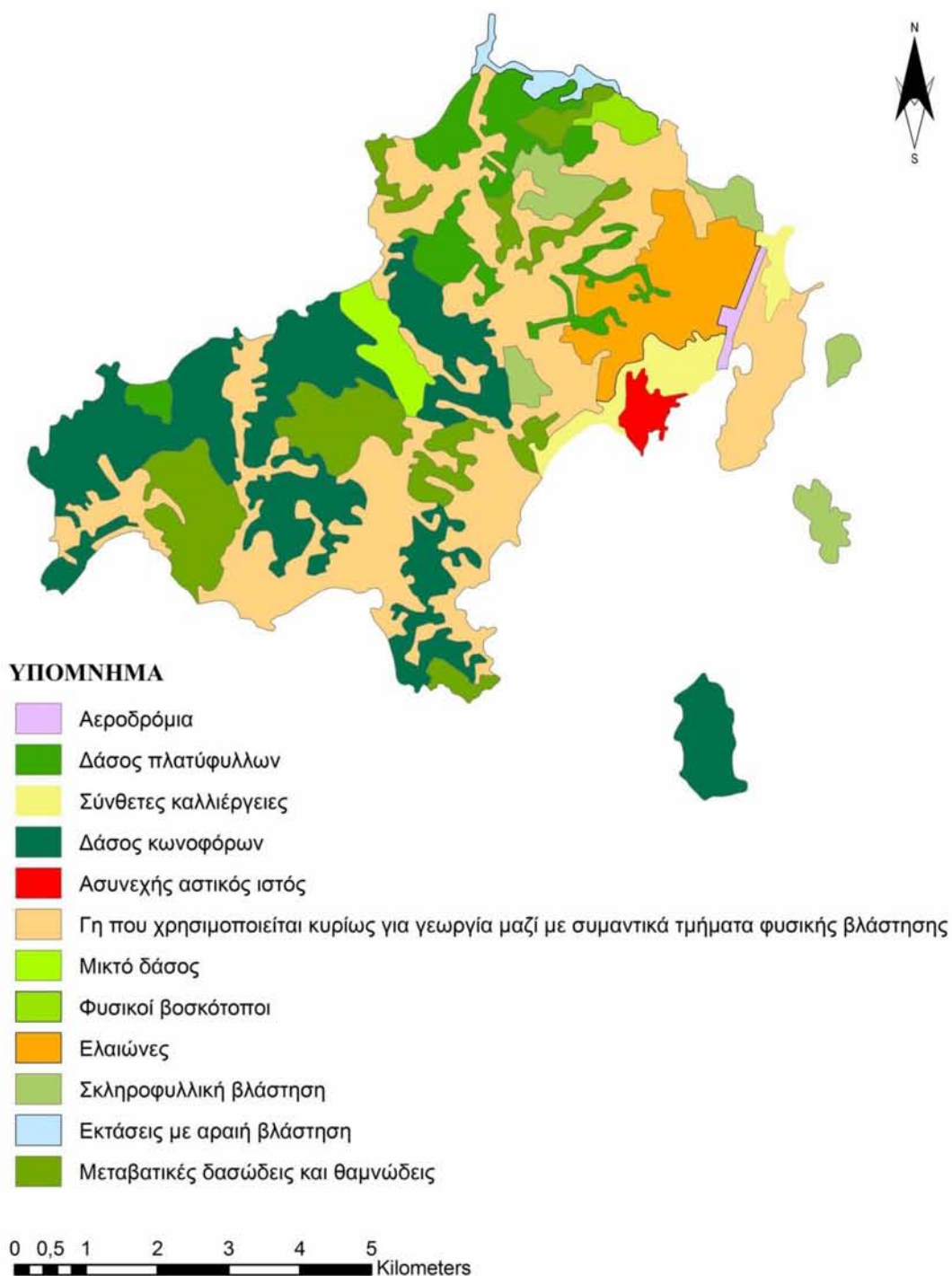
Πίνακας 2.8. Χρήσεις γης Σκιάθου σύμφωνα με τη βάση δεδομένων Corine

Κωδικός Corine	Χρήσεις γης	Έκταση ha
124	Αερολιμένες	25,54
311	Πλατύφυλλο δάσος	365,91
242	Σύνθετα σχέδια καλλιέργειας	162,35
312	Κωνοφόρο δάσος	1212,73
112	Ασυνεχής αστική περιοχή	53,35
243	Έδαφος που καταλαμβάνεται κυρίως από τη γεωργία, με τους σημαντικούς τομείς της φυσικής βλάστησης	1765,53
313	Μικτό δάσος	100,47
321	Φυσικοί βοσκότοποι	44,80
223	Ελαιώνες	350,09
323	Σκληρόφυλλη βλάστηση	226,35
333	Περιοχές με αραιή βλάστηση	49,10
324	Μεταβατική περιοχή θάμνων	603,57



Διάγραμμα 2.4: Διάγραμμα ποσοστιαίας κάλυψης χρήσεων γης της νήσου Σκιάθου

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η Σκιάθος διαθέτει στην έκταση της δασικές εκτάσεις που έχουν χαρακτηριστεί αισθητικό δάσος. Στη χώρα μας υπάρχουν συνολικά 19 μόλις περιοχές που αντιστοιχούν στο 0,24% της έκτασης της χώρας ή 32.506 ha. Αυτές οι εκτάσεις είναι φυσικά ή τεχνητά δημιουργημένα δάση που έχουν ιδιαίτερη αισθητική, υγιεινή και αναψυχική αξία, στα οποία επιβάλλεται η προστασία της αισθητικής και οικολογικής τους φυσιολογίας, ώστε να καλύπτουν ανάγκες κυρίως υπαίθριας αναψυχής όπως και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Αισθητικό δάσος χαρακτηρίζονται από το 1977 όλα τα δάση του νησιού και περιλαμβάνεται και το δάσος της κουκουναριάς (*Pinus pinea*).



Εικόνα 2.7: Χάρτης χρήσεων γης κατά τη βάση Corine land Cover

Για την καλύτερη εκτίμηση των χρήσεων γης χρησιμοποιήθηκε ορθοφωτοχάρτης (Εικόνα 2.8) από τη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου και

παρατίθεται παρακάτω.



Εικόνα 2.8: Ορθοφωτοχάρτης Σκιάθου (<http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>)

2.8. Γεωλογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

2.8.1. Γενικά

Η γεωλογική δομή του νησιού της Σκιάθου μπορεί να ταξινομηθεί ανάλογα με τις ηλικίες και τη στρωματογραφία στις εξής κατηγορίες (ΙΓΜΕ 1988):

- Το Τεταρτογενές (Ολόκαινο)
- Την Πελαγονική ζώνη (Ανώτερο Κρητιδικό, Μέσο Τριαδικό, Παλαιοζωϊκό)
- Το Προανωκρητιδικό Τεκτονικό Κάλυμμα (Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα)

Γεωτεκτονικά το νησί της Σκιάθου εντάσσεται στην Πελαγονική Ζώνη της οποίας

οι σχηματισμοί κυριαρχούν στο δυτικό μέρος του νησιού, ενώ στο ανατολικό τμήμα εμφανίζονται κυρίως οι σχηματισμοί του Ηωελληνικού τεκτονικού καλύμματος. Το Τεταρτογενές εμφανίζεται σε μικρότερο βαθμό σε μεμονωμένα σημεία του νησιού και κυρίως γύρω από τις λίμνες και τα ρέματα.

Τεταρτογενές

Οι σχηματισμοί που συμπεριλαμβάνονται στο Τεταρτογενές ανήκουν στο Ολόκαινο. Το Ολόκαινο περιλαμβάνει τις αλλουβιακές αποθέσεις, αποτελούμενες από αργιλοαμμώδη υλικά με μικρή συμμετοχή χαλίκων και κροκάλων στις κοίτες και τις εκβολές των χειμάρρων. Οι σχηματισμοί του εμφανίζονται περιμετρικά των λιμνών Στροφυλιάς, Βρωμολίμνης και Αγ. Γεωργίου, στους όρμους Γούρνες, Κουκουναριές, Μεγάλος Ασέληνος, στις κοιλάδες Πλατανιά - Αχειλά και Τρούλλου καθώς και κατά μήκος του ρέματος Ασέληνου (Γεωλογικός χάρτης ΙΓΜΕ 1988).

Πελαγονική Ζώνη

Πριν από 140 εκατομμύρια χρόνια, στις αρχές της Κρητιδικής περιόδου, μια γιγάντια ανοδική ορογενετική κίνηση ανύψωσε πάνω από τα κύματα τη λεγόμενη Πελαγονική οροσειρά, μια στενή ζώνη ξηράς που περιλαμβάνει τη βορειότερη Μακεδονία (Πελαγονία), τον Όλυμπο, την Ανατολική Θεσσαλία και τη Βόρεια Εύβοια. Στη Σκιάθο, η Πελαγονική Ζώνη συμπεριλαμβάνει τα ακόλουθα στρώματα:

- Ανώτερο Κρητιδικό (Μαϊστρίχιο)

Οι κυριότεροι σχηματισμοί του Ανώτερου Κρητιδικού είναι οι Ασβεστόλιθοι, οι

οποίοι είναι τεφροί μέχρι τεφρόλευκοι λεπτομεσοστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι, συχνά βιτουμενιούχοι και κατά θέσεις μικρολατυποπαγείς. Είναι ανακρυσταλλωμένοι και μερικές φορές δολομιτιωμένοι. Υπέγκεινται επικλυσιγενώς άλλοτε των τριαδικών – ιουρασικών μαρμάρων, με τη μεσολάβηση ενός ορίζοντα ψηφιτοπαγών και άλλοτε των σχηματισμών του ηωελληνικού τεκτονικού καλύμματος. Εμφανίζονται διάσπαρτοι στο βόρειο και κεντρικό τμήμα του νησιού, στα αντερίσματα Καταβόθρα, Μύτικας, Κουρούπι, Καραφλυκανάτα και Κομπιά, στο Ακρωτήριο Κάστρο, στα Καστρονήσια και βόρεια της πόλης της Σκιάθου. Γενικά το στρώμα αυτό καταλαμβάνει τις πιο ψηλές βουνοράχες του νησιού. Το μέγιστο πάχος του είναι 300 μ. περίπου.

- Μέσο Τριαδικό - Ιουρασικό

Με μέγιστο πάχος περίπου 200 μέτρα, αποτελείται από μάρμαρα παχυστρωματώδη μέχρι άστρωτα, χρώματος τεφρόλευκου μέχρι τεφρού, καρστικά, βιτουμενιούχα. Σε μερικές θέσεις σε διαβρωμένες επιφάνειες περιέχουν επιφλοιώσεις αιματίτη ή μικρού πάχους βωξιτικούς ορίζοντες. Στα κατώτερα μέλη τους παρεμβάλλονται δολομιτικά μάρμαρα και κρυσταλλικοί δολομίτες. Βρίσκονται επιφανειακά σε μικρή έκταση σε διάφορα σημεία στο κέντρο του νησιού και πιο συγκεκριμένα στα υψώματα Καταβόθρα, Κεχριά, Μισόκολο και Κοπάνες, καθώς και στα ανατολικά της πόλης της Σκιάθου, στο ανατολικό τμήμα της χερσονήσου Πούντας και σε ολόκληρη την Ασπρόνησο.

- Παλαιοζωικό

Το Παλαιοζωικό κρυσταλλικό υπόβαθρο, με πάχος που φτάνει τα 350 μέτρα, αποτελείται από διμαρμαρυγιακούς ορθό και παραγνεύσιους, οι οποίοι είναι συχνά οφθαλμώδεις, με οφθαλμούς ποικίλου μεγέθους από άστριους και χαλαζία, καθώς επίσης και από γνευσιοσχιστόλιθους με παρεμβολές αμφιβολιτικών σχιστολίθων και

αμφιβολιτών.

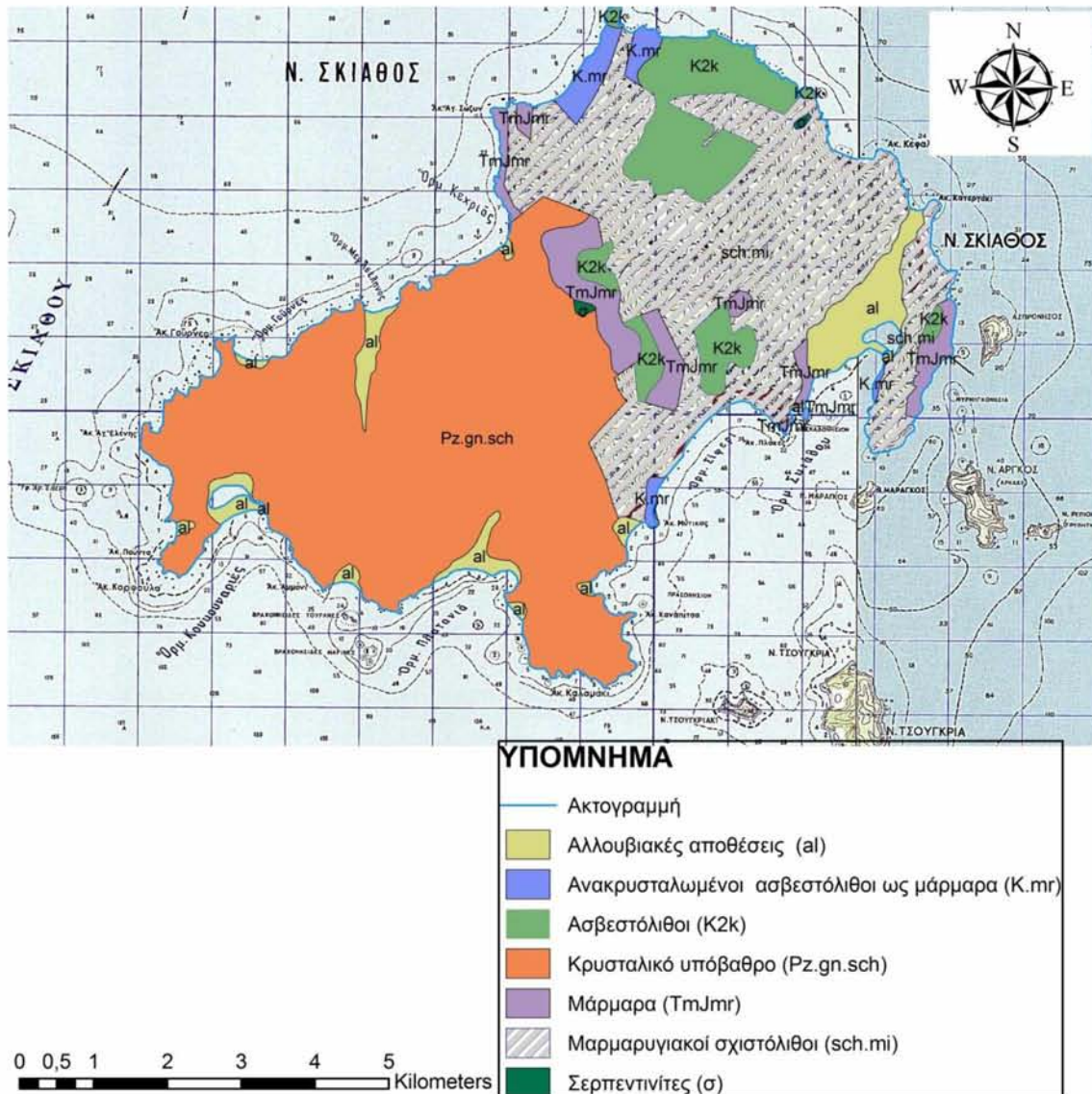
Οι γνεύσιοι/γνευσιοσχιστόλιθοι είναι χρώματος καστανού μέχρι καστανοπράσινου ή πράσινου, με γρανολεπτιδοβλαστικό και υφή προσανατολισμένη. Τα κύρια ορυκτολογικά τους συστατικά είναι άστριοι (καλιούχοι άστριοι, πλαγιόκλαστα), μαρμαρυγίες (μοσχοβίτης, βιοτίτης) και χαλαζίας, ενώ σε μικρότερη αναλογία απαντούν χλωρίτης, σερικήτης, αμφίβολοι (ακτινόλιθος, υπόλοιπα πράσινης κερροστίλβης), επίδοτα και γρανάτες.

Οι αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι – αμφιβολίτες είναι χρώματος πρασινοπού με ιστό αδροκρυσταλλικό, διαβλαστικό και υφή συμπαγή. Τα κύρια ορυκτολογικά τους συστατικά είναι αμφίβολοι (υπόλοιπα πράσινης κερροστίλβης που έχει μετατραπεί σε ακτινόλιθο) και πλαγιόκλαστα.

Κατά θέσεις απαντούν στρωματοειδείς απλιτοπηγματικές φλέβες, ενώ απουσιάζουν εξ ολοκλήρου οι ανθρακικές ενστρώσεις. Οι σχηματισμοί του κρυσταλλικού υποβάθρου είναι πολυφασικά μεταμορφωμένοι και σε αυτούς διαπιστώθηκαν:

1. μια μεταμόρφωση παλαιοζωικής ηλικίας στην αμφιβολιτική φάση
2. μια μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης που έγινε μεταξύ του τέλους του Ανωϊουρασικού και της αρχής του Κατωκρητιδικού.

Οι σχηματισμοί του Παλαιοζωικού στρώματος κυριαρχούν σε όλο το δυτικό τμήμα του νησιού της Σκιάθου, στην Τσουγκριά και το Τσουγκριάκι (χάρτης ΙΓΜΕ 1988).



Εικόνα 2.8: Ψηφιοποιημένος γεωλογικός χάρτης (υπόβαθρο ΙΓΜΕ 1988)

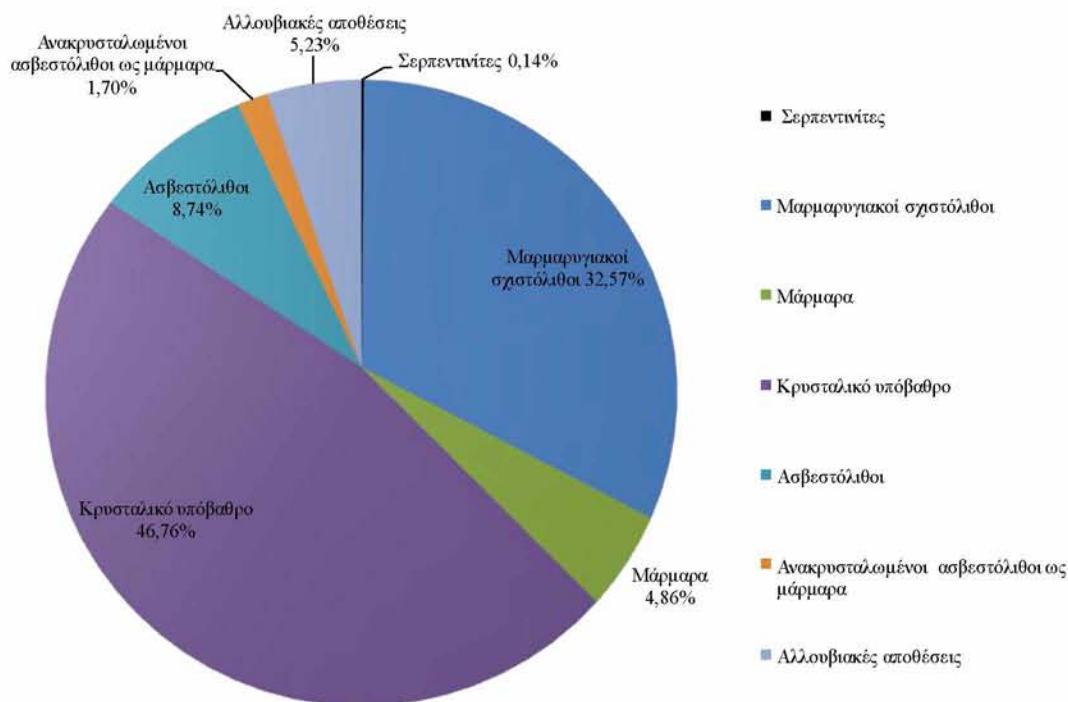
2.8.2. Ψηφιοποίηση γεωλογικού χάρτη

Ψηφιοποιήθηκε ο Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης έπειτα από χρήση του λογισμικού ArcGis 9.3 με σκοπό τον υπολογισμό της έκτασης των γεωλογικών σχηματισμών στην Σκιάθο που είναι (Πίνακας 2.9, Διάγραμμα 2.5):

Πίνακας 2.9: Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Σκιάθου

Πέτρωμα	Εμβαδόν (m²)
Σερπεντινίτες	66759,43
Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι	15352119,20
Μάρμαρα	2288634,93
Κρυσταλλικό υπόβαθρο	22039091,77
Ασβεστόλιθοι	4117536,11
Ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι ως μάρμαρα	800303,28
Αλλουβιακές αποθέσεις	2465526,36
Σύνολο	47129971,08

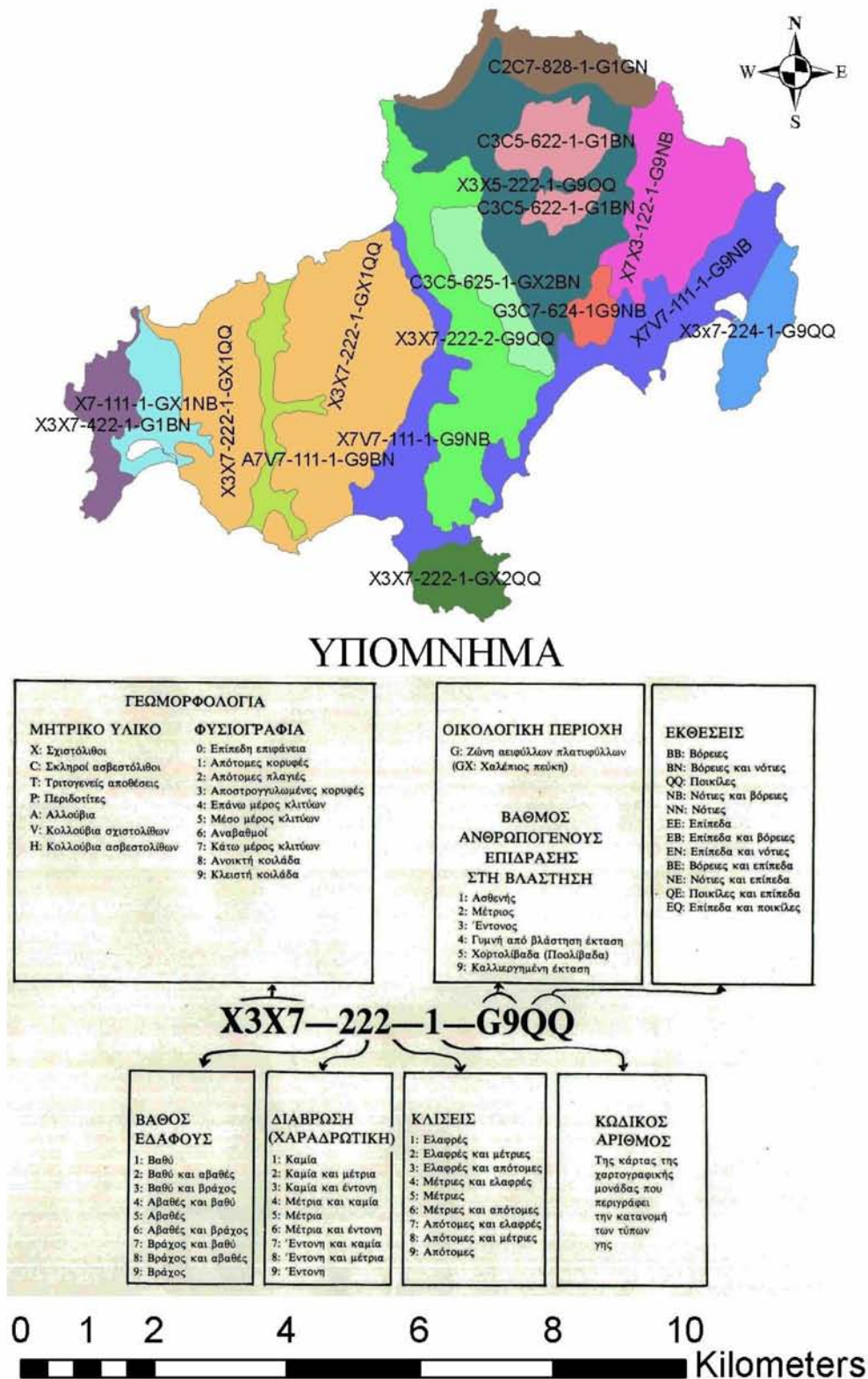
Χάρη στον παραπάνω πίνακα που αναπαριστά πιστά την έκταση των πετρωμάτων στο νησί μπορούμε να κατασκευάσουμε το παρακάτω διάγραμμα που αναπαριστά τον παραπάνω πίνακα τιμών επισυνάπτοντας τα αντίστοιχα ποσοστά των τιμών.



Διάγραμμα 2.5: Γραφική αναπαράσταση ποσοστών γεωλογικού υποθέματος της περιοχής Μελέτης

2.9. Ψηφιοποίηση εδαφολογικού χάρτη

Για την ψηφιοποίηση του εδαφολογικού χάρτη χρησιμοποιήσαμε ως υπόβαθρο τον χάρτη γαιών της Δ/νσης Δασών (1984) κλίμακας 1:50.000 με πρωταρχικό σκοπό να υπολογίσουμε τις παραμέτρους της διάβρωσης, αλλά και να παρατηρήσουμε μεγέθη όπως το βάθος εδάφους και η μείωση της βλάστησης από ανθρώπινες δραστηριότητες. Ο εδαφολογικός χάρτης έχει ως υπόβαθρο τον χάρτη Γενικής Χρήσεως της ΓΥΣ και η ταξινόμησή του βασίστηκε στη βλάστηση, τη γεωλογία και την γεωμορφολογία της περιοχής. Τέλος κάθε «γεωενότητα» του χάρτη, που είναι η χαρτογραφική του μονάδα, περιγράφει τη γεωμορφολογία, το βάθος εδάφους, την κλίση, την έκθεση, το είδος και την κατάσταση της φυσικής βλάστησης.



Εικόνα 2.9: Ψηφιοποιημένος εδαφολογικός χάρτης Σκιάθου (υπόβαθρο Δ/νση Δασών 1984)

2.10. Υδρογραφικά στοιχεία

2.10.1. Επιφανειακά ύδατα

Το υδρογραφικό δίκτυο του νησιού διαμορφώθηκε χάρη στη συμβολή της λιθολογίας, της τεκτονικής, του ανάγλυφου και των κλιματολογικών συνθηκών. Είναι γενικά μικρού μήκους, αλλά με σημαντικές επιφανειακές απορροές σε περιόδους βροχοπτώσεων.

Η Σκιάθος διακρίνεται σε πολλές επί μέρους λεκάνες απορροής. Αυτές οι υδρολογικές λεκάνες παρουσιάζουν διδυμία με αντίθετους άξονες απορροής από τους οποίους ο ένας κατευθύνεται προς το βόρεια και ο άλλος νότια.

Το νησί έχει τρεις λίμνες που αποτελούν σημαντικούς βιότοπους για τη χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής που είναι η Βρωμόλιμνη, η Στροφυλιά και η λίμνη του Αγίου Γεωργίου.

Η Βρωμόλιμνη είναι αβαθής λιμνοθάλασσα όπου το καλοκαίρι χωρίζεται σε δύο τμήματα. Έχει εμβαδόν 5 στρέμματα και βρίσκεται 5 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της πόλης της Σκιάθου.

Η λίμνη του Αγίου Γεωργίου που είναι επίσης αβαθής λιμνοθάλασσα. Τα εδάφη της είναι αμμώδη και σε ορισμένα σημεία αργιλοπηλώδη. Έχει εμβαδόν 30 στρέμματα και βρίσκεται στο χώρο του αεροδρομίου, 2 χιλιόμετρα βορειοανατολικά της πόλης της Σκιάθου.

Η Στροφυλιά η οποία ανήκει στον υγρότοπο των Κουκουναριών (εικόνα 2.10), βρίσκεται 14 χιλιόμετρα δυτικά της πόλης της Σκιάθου και έχει εμβαδόν 350 στρέμματα. Η λίμνη επικοινωνεί μέσω ενός διαύλου με τη θάλασσα, γι αυτό και χαρακτηρίζεται ως λιμνοθάλασσα. Επιπλέον, παρατηρείται περιοδικά το φαινόμενο

κάποια μέρη του υγροτόπου να κατακλύζονται από αλμυρό και υφάλμυρο νερό, ενώ κάποια άλλα μέρη να κατακλύζονται από γλυκό νερό. Η Στροφυλία για τις ιδιαιτερότητές της έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000 κατ'εφαρμογή της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ με το κωδικό όνομα GR1430003.



Εικόνα 2.10: Περιοχή Κουκουναριές (<http://www.panoramio.com>)

Τα σπουδαιότερα ρέματα της Σκιάθου είναι:

Το ρέμα **Γανωτή**, που πηγάζει στη θέση Άγιος Δημήτριος βόρεια της πόλης της Σκιάθου. Ένα άλλο ρέμα που πηγάζει από τον Προφήτη Ηλία και ενώνεται με αυτό στο ύψος του δρόμου Σκιάθος-Ακρωτήριο Κατεργάκι. Το ρέμα Γανωτή που έχει κατεύθυνση από νότια προς νοτιοανατολικά έχει μήκος 3 χιλιόμετρα και εκβάλλει στον όρμο της Σκιάθου περίπου μισό χιλιόμετρο ανατολικά της πόλης.

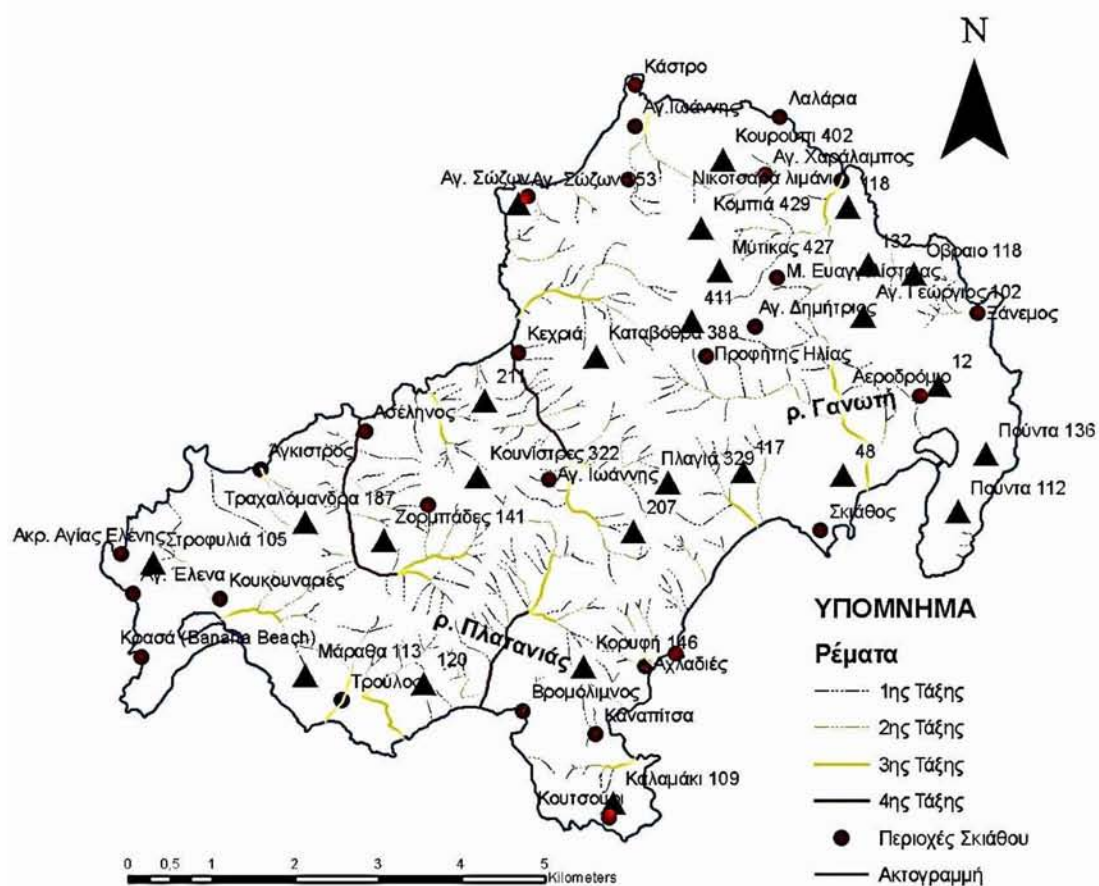
Το ρέμα **Πλατανιάς** πηγάζει από τη θέση Κουνίστρες σε 220 m υψόμετρο περίπου. Δέχεται πολλά μικρά ρέματα στην πορεία του από νότια προς νοτιοανατολικά. Έχει μήκος 3,5 περίπου χιλιόμετρα και εκβάλλει στον όρμο Πλατανιά που βρίσκεται ανατολικά της Βρωμόλιμνης.

Το ρέμα που πηγάζει από τον ορεινό όγκο Κατσάρου που είναι από τα σημαντικότερα ρέματα του νησιού έχει κατεύθυνση βόρεια προς τον όρμο Κεχριάς, (εικόνα 2.11) όπου εκβάλλει μετά από 3,5 χιλιόμετρα διαδρομής στη διάρκεια της οποίας δέχεται πολλά μικρά ρέματα που πηγάζουν από τις θέσεις Καταβόθρα και Κουνίστρες, εκατέρωθεν της λεκάνης απορροής του χειμάρρου. Τα ρεύματα του νησιού φαίνονται στην εικόνα 2.12.

Επιπλέον στο νησί υπάρχουν διάσπαρτες πολυάριθμες πηγές που κυρίως εκφορτίζουν τους φρεάτιους υδροφορείς των σχιστόλιθων και των γνευσίων. Οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται στην περιοχή Προφήτη Ηλία και Αγίου Ιωάννη. Οι ανάγκες του νησιού για ύδρευση και άρδευση καλύπτονται κυρίως από τα πηγάδια και τις γεωτρήσεις. Οι γεωτρήσεις βρίσκονται κυρίως στις ρεματιές της νότιας παραλιακής ζώνης και κατά μήκος της λεκάνης απορροής του ρέματος Πλατανιά όπως και βόρεια της πόλης της Σκιάθου. Οι ανάγκες του νησιού για άρδευση γίνονται επιτακτικές στις περιοχές όπου υπάρχουν πολυάριθμες γεωργικές καλλιέργειες (<http://www.skiathos.gov.gr>).



Εικόνα 2.11: Το ρέμα που καταλήγει στον όρμο Κεχριά (λεκάνη απορροής 3.6)
(<http://www.panoramio.com/photo/36696038>)



Εικόνα 2.12: Χάρτης ρεμάτων και περιοχών Ν. Σκιάθου

2.9.2. Υπόγεια νερά

Οι υδροφόροι ορίζοντες της περιοχής μελέτης σχηματίζονται στους μανδύες

αποσάθρωσης των γνευσίων και σχιστόλιθων, στους όγκους ασβεστόλιθων και μαρμάρων και στις προσχωματικές αποθέσεις. Σύμφωνα με εκπονηθείσα υδρογεωλογική μελέτη από την ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ Α.Ε. για το Δήμο Σκιάθου, οι υδρολογικές λεκάνες του νησιού ταυτίζονται με τις αντίστοιχες υδρογεωλογικές. Συνεπώς εκτός των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που τροφοδοτούν και εμπλουτίζουν τους υδροφόρους οριζόντες συμβάλλουν και τα επιφανειακά νερά αφού υπάρχει διήθηση από τα ρέματα (<http://www.skiathos.gov.gr/>).

2.11. Μορφομετρικά στοιχεία

2.11.1 Θεμελιώδεις έννοιες Μορφομετρικών στοιχείων

- Λεκάνη απορροής: ορίζεται η περιοχή γύρω από ένα υδάτινο οικοσύστημα που οριοθετείται από τις κορυφές των γύρω βουνών ή υψωμάτων και συγκεντρώνει τα νερά των πηγών και κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι) στο υδάτινο οικοσύστημα. Το σημείο εκβολής της είναι το μοναδικό σημείο όπου τέμνεται το δίκτυο υδροκριτών με το υδρογραφικό δίκτυο.
- Κατηγορίες χειμάρρων:

Οι χείμαρροι χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες (Κωτούλας 2001):

A. Ποταμοί που έχουν λεκάνη απορροής μεγαλύτερη από 1500-2000 km²

B. Χείμαρροι που έχουν μικρή έκταση λεκάνης απορροής έως 300 km²

Στην περιοχή μελέτης ποταμοί δεν υπάρχουν παρά μόνο χείμαρροι που μεταφέρουν ποσότητες φερτών υλικών από τα πρανή των λεκανών προς τον πυθμένα τους και προς τη θάλασσα που εκβάλλουν.

2.11.2 Μορφομετρικές παράμετροι λεκανών απορροής

Η μορφομετρία μιας λεκάνης απορροής προσδιορίζει χρήσιμες παραμέτρους που σχετίζονται με την υδρολογική της ανάλυση (προσδιορισμός απορροής, διάβρωσης). Οι παράμετροι οι οποίοι προσδιορίζονται και σχετίζονται τόσο με το διδιάστατο σχήμα της λεκάνης όσο και με το ανάγλυφό της. Επιπρόσθετα μια λεκάνη απορροής μπορεί να μελετηθεί με βάση τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου που περιέχεται σε αυτή (Μηλιαρέσης 2006)

2.11.3 Μετρούμενες μορφομετρικοί παράμετροι υδρογραφικών δικτύων

1. Μέγεθος, το οποίο καθορίζει την ποσότητα νερού που δέχεται μια λεκάνη

α. **Εμβαδόν λεκάνης**: δίνει μια έμμεση εκτίμηση της ποσότητας του νερού που δέχεται η λεκάνη το οποίο απορρέει στο σημείο εκβολής της.

β. **Περίμετρος**: σχετίζεται με το μέγεθος της λεκάνης αλλά προσδιορίζει και το σχήμα της.

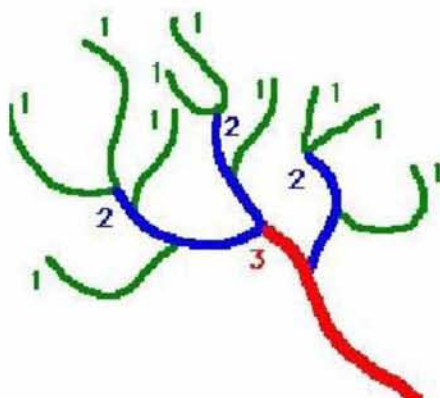
γ. **Μέγιστο μήκος**: από το σημείο εκβολής έως το πιο απομακρυσμένο σημείο της περιφέρειας της λεκάνης.

δ. **Μέγιστο τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης απορροής (H)**: που είναι η διαφοράμεταξύ του υψηλότερου (υδροκρίτης) και χαμηλότερου σημείου (εκβολή κεντρικής κοίτης) της λεκάνης κατά μήκος της μεγαλύτερης διάστασής της και η οποία είναι παράλληλη προς το κύριο υδρογραφικό ρεύμα.

2. Ανάλυση υδρογραφικού δικτύου

α. **Αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου**: Τα μοντέλα αρίθμησης είναι 4 και συγκεκριμένα κατά Horton, Strahler, Shreve, και Scheidegger. Στην παρούσα μελέτη τα ρέματα ταξινομούνται βάσει της μεθόδου **Strahler** (1952) όπου τα ρέματα που δεν

δέχονται το νερό μικρότερων ρεμάτων ονομάζονται πρώτης τάξης (εικόνα 2.13). Η σύνδεση δύο κλάδων πρώτης τάξης δημιουργεί ένα ρέμα δεύτερης τάξης. Σύνδεση δύο κλάδων δεύτερης τάξης δημιουργεί ένα ρέμα τρίτης τάξης. Στην περίπτωση όπου συνδέονται δύο κλάδοι διαφορετικής τάξης ο νέος κλάδος που προκύπτει έχει την τάξη του μεγαλύτερου από τους δύο συμβαλλόμενους κλάδους. Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι στη μέθοδο Strahler όπου η τάξη μεγέθους ενός τμήματος του δικτύου δεν αλλάζει η εάν προστεθεί κλάδος μικρότερης τάξης θεωρείται ότι αποτελεί υδρολογικό μειονέκτημα (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος 1984).



Εικόνα 2.13: Σχηματική απεικόνιση μεθόδου (Strahler 1952)

β. Αριθμός τμημάτων των κοιτών (N_u) τάξης u . Αποτελείται από το σύνολο τμημάτων κοιτών τάξης u .

γ. Συνολικό μήκος τμημάτων κοιτών (L_u) μέσα στις λεκάνες απορροής κάθε τάξης, που είναι το άθροισμα τμημάτων κοιτών ρεμάτων της ίδιας τάξης.

δ. Συνολικό μήκος τμημάτων των κοιτών όλων των τάξεων ($\sum L_u$) μέσα σε μία λεκάνη απορροής τάξης u , που είναι το άθροισμα του συνολικού μήκους των τμημάτων κοιτών ρεμάτων κάθε τάξης ($\sum L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_{u-1} + L_u$) (Μουρτζιος

2008).

2.11.4 Υπολογιζόμενοι παράμετροι λεκανών απορροής

1.Ανάγλυφο το οποίο καθορίζει την ταχύτητα απορροής των φερτών υλικών

α. **Μέσο υψόμετρο της λεκάνης** που σχετίζεται με το ύψος βροχής που δέχεται η λεκάνη επειδή είναι ευθέως ανάλογο το ύψος βροχής με το υψόμετρο και δίνεται από γραμμική σχέση.

β. **Μέγιστο - ελάχιστο υψόμετρο (basin relief)** που σχετίζεται με τη μέση κλίση της λεκάνης η οποία δίνει την εκτίμηση της δυναμικής ενέργειας του νερού που στη συνέχεια μετατρέπεται σε κινητική.

γ. **Στάδιο εξέλιξης της λεκάνης**, το οποίο υπολογίζεται από το **υψομετρικό ολοκλήρωμα (HI)**, που είναι ο δείκτης που συνδέεται με την ταξινόμηση μιας υδρογραφικής λεκάνης σε κάποιο από τα 3 στάδια (νεότητας, ωριμότητας, γήρατος) γεωμορφολογικής εξέλιξης (Davis 1989). Η ταξινόμηση αυτή μας ενδιαφέρει στην υδρολογία γιατί συνδέεται με το είδος και την ένταση της διάβρωσης και τη στερεοπαροχή. και δείχνει το βαθμό απογύμνωσης της λεκάνης (Pike & Wilson 1971, Μηλιαρέσης et al. 2003). Ποσοτικά το υψομετρικό ολοκλήρωμα βρίσκουμε ως εξής:

$$HI = \frac{H_{mean} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}} \text{ (Strahler 1952)}$$

όπου

HI: υψομετρικό ολοκλήρωμα

Hmean: μέσο υψόμετρο λεκάνης

Hmax: μέγιστο υψόμετρο λεκάνης

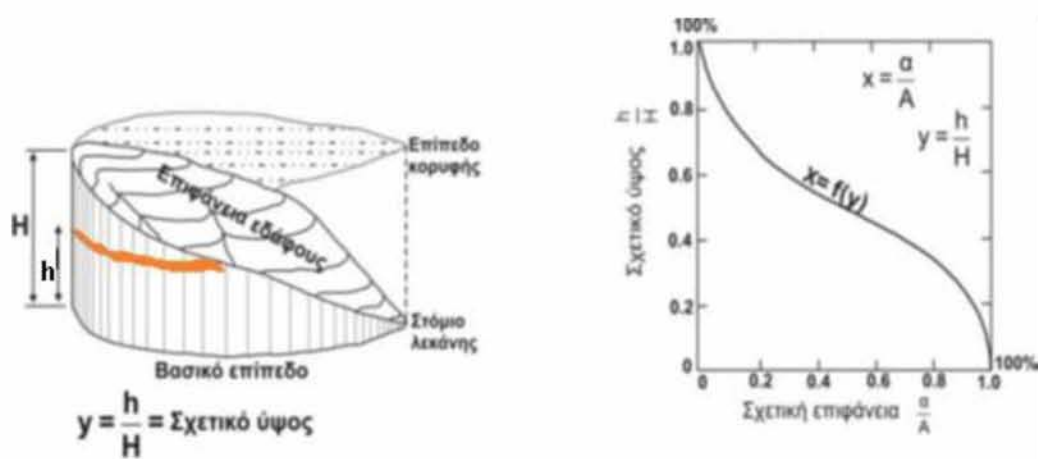
Hmin: ελάχιστο υψόμετρο λεκάνης

Αν $HI < 0.35$ έχουμε στάδιο γήρατος

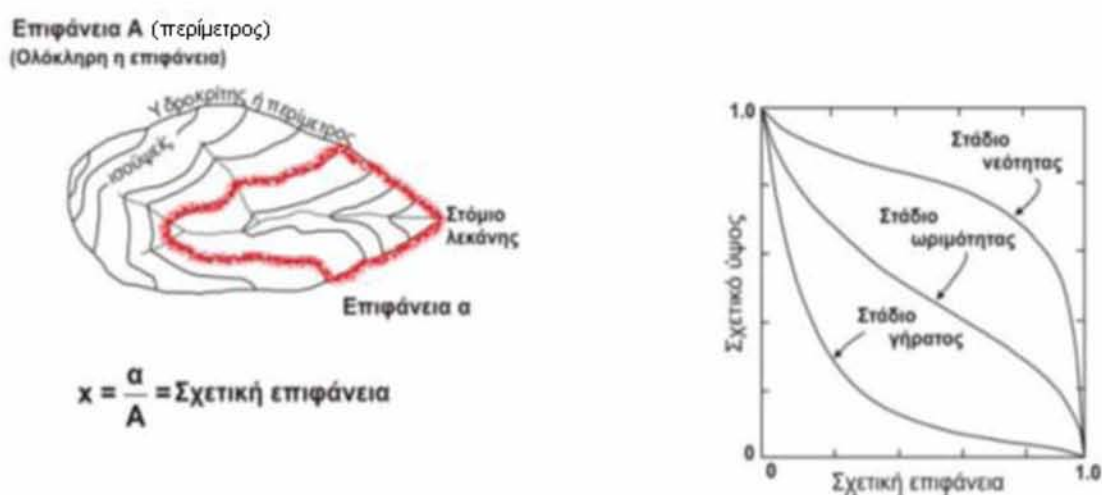
Αν $0.35 < HI < 0.6$ έχουμε στάδιο ωριμότητας

Αν $HI > 0.6$ έχουμε στάδιο νεότητας

Ο Strahler (1952) χρησιμοποίησε δύο παραμέτρους x και y για να εκφράσει τη σχέση μεταξύ της επιφάνειας και του υψομέτρου της λεκάνης απορροής χωρίς διαστάσεις. Οι παράμετροι που χρησιμοποίησε φαίνονται στην εικόνα 9 και 10 (Αστάρας 1980, Μούρτζιος 2008) που ακολουθεί.



Εικόνα 2.14: Σχηματική αναπαράσταση της εξαγωγής των αδιάστατων παραμέτρων x και y για τον υπολογισμό των υψομετρικών καμπύλων και του ολοκληρώματος. (Αστάρας 1980, Μούρτζιος 2008)



Εικόνα 2.15: Σχηματική αναπαράσταση της εξαγωγής των αδιάστατων παραμέτρων x και y για τον υπολογισμό των υψομετρικών καμπύλων και του ολοκληρώματος (Αστάρας 1980, Μούρτζιος 2008)

Το σχετικό ύψος y , είναι ο λόγος του ύψους h , για κάθε ισοϋψή καμπύλη, προς το τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης H . Η σχετική επιφάνεια x , είναι ο λόγος της οριζόντιας προβολής της επιφάνειας a , προς ολόκληρη την οριζόντια προβολή της επιφάνειας (A), της λεκάνης. Οι λόγοι y και x ποικίλουν από 0,0 μέχρι 1 (δηλαδή από 0% μέχρι 100%). Στη συνέχεια κατασκευάζεται η γραφική παράσταση των λόγων a/A και h/H .

δ. **Όγκος λεκάνης προς το εμβαδό**, που είναι το μέτρο της κατάτμησης που υπέστη η λεκάνη απορροής.

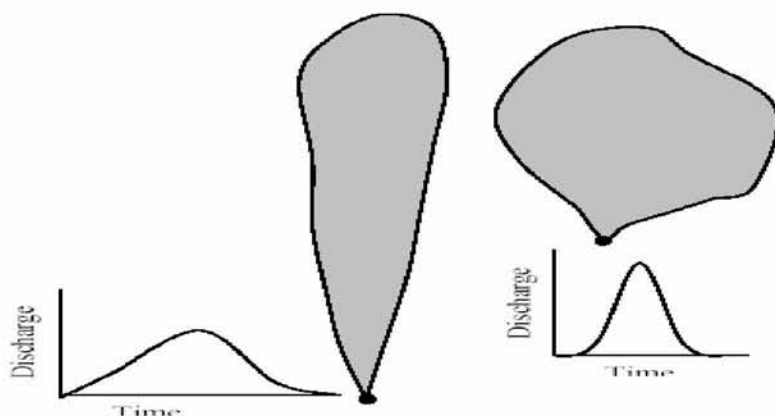
2. Κλίση:

α. Η **Μέση κλίση της λεκάνης**: μας δίνει την εκτίμηση για την ταχύτητα απορροής και την διαβρωτική ικανότητα του νερού να μεταφέρει φερτές ύλες.

β. Ο **Λόγος ανάγλυφου (Relief ratio)**, που είναι ο λόγος του αναγλύφου της λεκάνης προς το μέγιστο μήκος παράλληλα προς το κυρίως ρέμα (basin relief/L), που είναι ένα είδος εκτίμησης της μέσης κλίσης αν η λεκάνη θεωρηθεί ως ένα επίπεδο που κλείνει ομοιόμορφα στο ποτάμι.

3. Δείκτες Σχήματος

(A = εμβαδόν λεκάνης, P = περίμετρος, L = μέγιστο μήκος από το σημείο εκβολής προς το πιο απόμακρο σημείο της περιφέρειας της λεκάνης, όπου $\pi= 3,1415926$).



Εικόνα 2.16: Επίδραση του σχήματος της λεκάνης στην παροχή (Μηλιαρέσης 2006)

α. Επιμήκυνση (elongation ratio): εκφράζει το σχήμα της λεκάνης απορροής. Ισούται με το λόγο του γινομένου 0,797885 επί την τετραγωνική ρίζα του εμβαδού της λεκάνης προς το μέγιστο μήκος της λεκάνης σε οριζόντια προβολή L (Μηλιαρέσης 2006).

$$E_r = \frac{0,797885 \times (\sqrt{A})}{L}$$

β. Δείκτης Κυκλικότητας (circularity):

Η κυκλικότητα μιας λεκάνης απορροής τάξης u (C_u) είναι η παράμετρος, που χαρακτηρίζει τη μορφή και το σχήμα που έχει αποκτήσει μια λεκάνη λόγω της δράσης του νερού και δίνεται από τον τύπο (Schumm 1956):

$$C_u = \frac{4 \times \pi \times A}{P^2}$$

Όπου C_u : κυκλικότητα, π :3,14, A :εμβαδόν, P :περίμετρος

4. Υδρογραφική πυκνότητα (drainage density) (D)

Είναι ο λόγος του συνολικού μήκους των κλάδων προς το εμβαδόν της λεκάνης απορροής και δίνεται από τον παρακάτω τύπο του Horton 1945:

$$D = \frac{\sum Lu}{A} [\text{km}^{-1}]$$

Είναι η πιο σημαντική παράμετρος που ενδιαφέρει την υδρολογία. Όταν η πυκνότητα μιας λεκάνης είναι μεγάλη, τότε δημιουργούνται πολύ μεγάλης ταχύτητας απορροές στο σημείο εκβολής της λεκάνης με συνέπεια να αυξάνεται η παροχή, να δημιουργούνται πλημμυρικές αιχμές και να αυξάνει η μεταφερόμενη ποσότητα φερτών υλικών. Η υδρογραφική πυκνότητα εξαρτάται άμεσα από το κλίμα της περιοχής, τις φυσικές ιδιότητες του πετρώματος και του υπερκείμενου εδαφικού καλύμματος, το ανάγλυφο της περιοχής και τη βλάστηση. Η υδρογραφική πυκνότητα λεκάνης απορροής αυξάνεται όσο πιο νέα είναι η τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής (Han et al. 2003, Μούρτζιος 2008). Σε περιοχές που αποτελούνται από σκληρά πετρώματα και καλύπτονται από πυκνή βλάστηση, η υδρογραφική πυκνότητα έχει μικρές τιμές. Σε περιοχές που αποτελούνται από μαλακά πετρώματα και καλύπτονται από πυκνή βλάστηση, η υδρογραφική πυκνότητα έχει μέσες τιμές. Επιπλέον υψηλή υδρογραφική πυκνότητα παρατηρείται σε περιοχές που αποτελούνται από ιζηματογενείς σχηματισμούς, στις οποίες απουσιάζει η φυτική κάλυψη και έχουν απότομο ανάγλυφο (Κούλας 2004, Μούρτζιος 2008).

5. Υδρογραφική συχνότητα (channel frequency) (F):

Είναι ο λόγος του αριθμού των κλάδων προς το εμβαδόν της λεκάνης απορροής.

Δίνεται από τον τύπο του Horton 1945:

$$F = \frac{Nu}{A} [N \cdot km^{-2}]$$

Όπου Nu: αριθμός κλάδων λεκάνης απορροής

A: εμβαδόν λεκάνης απορροής

Πολλοί την θεωρούν ως μια άλλη έκφραση της πυκνότητας. Η διαμόρφωση του μεγέθους της υδρογραφικής συχνότητας εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που εξαρτάται και η υδρογραφική πυκνότητα. Δηλαδή από το είδος των γεωλογικών δομών, το κλίμα και τη βλάστηση (Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος 1984, Μούρτζιος 2008). Επομένως, η αυξημένη συχνότητα οφείλεται σε έντονες γεωλογικές δομές. Το μειονέκτημα είναι ότι η υδρογραφική συχνότητα εξαρτάται επιπλέον από την τάξη των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου.

6. Βαθμός τραχύτητας (ruggedness number) (Rn) μιας λεκάνης απορροής που είναι το γινόμενο της υδρογραφικής πυκνότητας (D) και του μέγιστου αναγλύφου (Hmax) της λεκάνης απορροής, εκφρασμένων και των δύο με τις ίδιες διαστάσεις (Strahler, 1958). Δίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$Rn = Hmax \cdot D$$

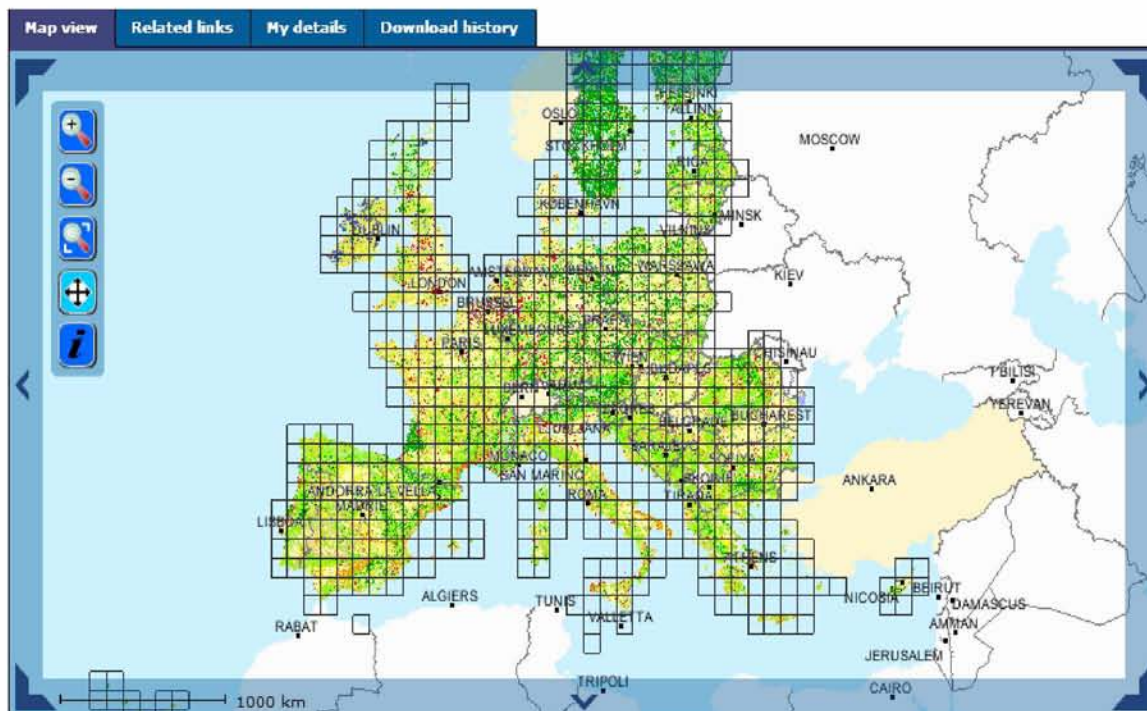
Υψηλές τιμές του Rn εμφανίζονται σε περιοχές, όπου και οι δύο μορφομετρικές παράμετροι Hmax και D είναι μεγάλες, δηλαδή, όταν οι κλιτύες (ετυμ.= βουνοπλαγιές) δεν είναι μόνο απότομες, αλλά έχουν και μεγάλο μήκος. Επίσης σχετίζεται με το υψομετρικό ολοκλήρωμα και αποτελεί δείκτη της κατά βάθος διάβρωσης (Strahler 1958, Αστάρας 1980, Μούρτζιος 2008).

2.12 Η βάση δεδομένων CORINE (2010)

Το 1985 το πρόγραμμα Corine COoRdination of Information on the Environment (Συντονισμός πληροφορίας για το περιβάλλον) άρχισε στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Είναι ένα πρωτότυπο πρόγραμμα που λειτουργεί σε πολλά διαφορετικά περιβαλλοντικά ζητήματα. Το έχει αναλάβει ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος ΕΟΠ (European Environment Agency – EEA). Είναι λειτουργικά διαθέσιμη για τις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης. Έχουν ως υπόβαθρο δορυφορικές εικόνες. Η ευρωπαϊκή βάση δεδομένων αναφοράς ανήκει κύρια στη GISCO, Ευρωπαϊκή Επιτροπή γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών, που είναι ένα μέρος της ευρωπαϊκής αντιπροσωπείας στατιστικής, EUROSTAT. Το European Topic Centre (ETC) διαχειρίζεται την βάση δεδομένων Corine (η βάση δεδομένων παραγωγής) εξ ονόματος ΕΕΑ/ΕΟΠ και παραδίδει την ενημερωμένη βάση δεδομένων σε GISCO κάθε 12 μήνες. Δηλαδή η βάση Corine είναι:

- Πρόγραμμα της ΕΕ για τη συλλογή και το συντονισμό δεδομένων σχετικά με το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους στις χώρες - μέλη (Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Κροατία, Τσεχία, Δανία, Εσθονία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ιρλανδία, Ιταλία, Λετονία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μαυροβούνιο, Κάτω Χώρες, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σερβία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία).
- Ειδική ονοματολογία CORINE Land Cover nomenclature για τη συλλογή γεωγραφικών πληροφοριών κάλυψης γης η οποία έχει διαμορφωθεί με βάση:
- Η κλίμακα βάσης του προγράμματος είναι(1:100.000)
- Το μέγεθος του μικρότερου στοιχείου που μπορεί να απεικονιστεί (25 hectares)

- Ανανεώνεται κάθε 12 μήνες



Εικόνα 2.17: Βάση Corine σε σμικρυνση (<http://www.eea.europa.eu>) Για την καλύτερη επεξήγηση των εκτάσεων σε χάρτες Corine παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας που είναι πιστή μετάφραση των χαρακτηριζόμενων εκτάσεων στα ελληνικά. Κάθε αριθμός μπροστά από την ονομασία έκτασης αποτελεί και τον αντίστοιχο κωδικό της λχ. 2.2.3 Ελαιώνες.

Πίνακας 2.9: Ονοματολογία Corine Land Cover σε ελληνική μετάφραση

Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο
1. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	1.1 ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ-ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια
	1.3 ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ	1.41 Περιοχές αστικού πρασίνου

	ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	1.42 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.1 ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρώσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 ΛΙΒΑΔΙΑ	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές
3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	3.1 ΔΑΣΗ	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ Η ΚΑΙ ΠΟΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλη βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Η ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμονδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και αέναιο χιόνι
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.1 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυρφώνες
	4.2 ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.2.1 Παραθαλάσσιοι Βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΙΕΣ	5.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.1.1 Υδατορρέματα 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.2.1 Παράκτιες Λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολή ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

2.13. Διάβρωση κατά Gavrilovic

Η μέθοδος Gavrilović (1962). προσδιορίζει την μέση ετήσια γενική διάβρωση ή υποβάθμιση στις ορεινές λεκάνες απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων. Η μέθοδος

χρησιμοποιείται ευρέως για την πρόβλεψη της διάβρωσης του εδάφους και της στερεοπαροχής σε επίπεδο λεκάνης απορροής στη Σλοβενία και την Κροατία τα τελευταία 40 χρόνια. Έχει αναπτυχθεί για τις πρακτικές διαχείρισης και για τη προστασία από τη διάβρωση, κυρίως στη διαχείριση των δασών και του ελέγχου χειμάρρων. Περιλαμβάνει ένα κατανεμημένο παραμετρικό μοντέλο, και χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη των ετήσιων ποσοστών διάβρωσης του εδάφους και της ετήσιας στερεοπαροχής. Αυτή η μέθοδος λαμβάνει υπόψη εξής παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η διάβρωση όπως:

- τη γεωλογία
- τα εδάφη της επιφάνειας
- τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα
- τους κλιματολογικοί παράγοντες (συμπεριλαμβανομένων των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων και μέσων ετήσιων θερμοκρασιών)
- τις χρήσεις γης

Για την αξιολόγηση της εφαρμογής, το 1972 αναλύθηκαν διαβρωτικές διεργασίες σε δύο γειτονικές λεκάνες απορροής, στη λεκάνη απορροής του ποταμού Dragonja στη Σλοβενία και την λεκάνη απορροής του ποταμού Botonega στην Κροατία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών μπορούν να ενσωματωθούν επιτυχώς στη μέθοδο της Gavrilovic. Με βάση τα φυσικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής, ο Gavrilovic δημιούργησε μια σειρά συντελεστών για την προετοιμασία των δεδομένων και την μοντελοποίηση μέσω γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Αυτό το μοντέλο εφαρμόστηκε αρχικά για την εφαρμογή στις χειμαρρώδεις λεκάνες της νοτιοανατολικής Γιουγκοσλαβίας αλλά εφαρμόστηκε και σε άλλες περιοχές όπως Ελβετία, Ιταλία και Ελλάδα (Globenik 2003)

Το μοντέλο Γανγιλονιό, βασίζεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$W = T \cdot h \cdot \pi \cdot (\sqrt{z^3}) \cdot F$$

Όπου:

- **W**: Η μέση ετήσια παραγωγή των ιζημάτων (m³/year/ km²)
- **T**: Συντελεστής θερμοκρασίας, που υπολογίζεται:

$$T = \sqrt{\left(\frac{t^{\circ}}{10} + 0.1\right)}$$

- **t^ο**: Μέση ετήσια θερμοκρασία (C^ο)
- **h**: Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm/year)
- **z**: Συντελεστής διάβρωσης που υπολογίζεται: $z = Y \cdot X \cdot (\varphi + \sqrt{J})$
- **X**: Συντελεστής συμβολής του είδους φυτοκάλυψης στη μείωση της αντίστασης της διαβρωτικής δράσης του γεωλογικού υποθέματος (Κονσούλα 2009)
- **Y**: Συντελεστής της αντίστασης πετρώματος και χώματος στη διάβρωση
- **φ**: Αξία συντελεστή για τις παρατηρηθείσες διαδικασίες διάβρωσης
- **J**: Μέση κλίση %
- **F**: επιφάνεια της λεκάνης (km²)(Κωτούλας 2001, Παπαμιχαήλ και συν 2001)

Πίνακας 2.10: Τιμές συντελεστή X της μεθόδου Gavrilovic (Κωτούλας 2001):

Κατάσταση της λεκάνης και είδος φυτοκάλυψης	X
I. Λεκάνες απορροής πριν από την εκτέλεση υδρονομικών έργων	
1. Έδαφος, πλήρως υποβαθμισμένο, μη καλλιεργήσιμο	1,00
2. Αγροί καλλιεργούμενοι σε κλιτείς	0,90
3. Αμπελώνες χωρίς βλάστηση στο έδαφος	0,70
4. Υποβαθμισμένες δασοσυστάδες και θαμνώνες με υποβαθμισμένο έδαφος	0,60
5. Λιβάδια, αγροί με τριφύλλι και άλλες παρόμοιες καλλιέργειες	0,40
6. Εκτεταμένες δασοσυστάδες και θαμνώνες σε καλή κατάσταση	0,05
II. Λεκάνες απορροής μετά την εκτέλεση υδρονομικών έργων	
1. Διευθετημένες κοίτες με φράγματα	0,70
2. Αγροί καλλιεργούμενοι συχνά κατά τις ισοϋψείς	0,63
3. Αγροί καλά καλλιεργούμενοι	0,54
4. Αγροί καλλιεργούμενοι κατά λωρίδες οριζόντιες	0,45
5. Αγροί βαθμιδωμένοι	0,36
6. Αμπελώνες κατά τις ισοϋψείς	0,32
7. Υποβαθμισμένα εδάφη μετά από αναχλόαση, βελτιωμένα λιβάδια	0,30
8. Εδάφη με αγωγούς ανάσχεσης και συγκράτησης του νερού	0,27
9. Επιφάνειες λεκανών με αναδασώσεις συνοδευόμενες και από βαθμίδωση του εδάφους	0,10
III. Μορφή της φυτοκάλυψης	
1. Μικτές δασοσυστάδες και πυκνοί θαμνώνες ή δασοσυστάδες αραιές με υπόροφο	0,05-0,20
2. Δασοσυστάδες κωνοφόρων με υπόροφο ασθενή ή θαμνώνες όχι σύμπυκνοι	0,20-0,60
3. Δασοσυστάδες και θαμνώνες υποβαθμισμένοι, λιβάδια	0,40-0,60
4. Λιβάδια και εδάφη καλλιεργούμενα, υποβαθμισμένα	0,60-0,80
5. Επιφάνεια χωρίς φυτοκάλυψη	0,80-1,00

Οι κατηγορίες I και II ως συντελεστές συγκρίνουν την απορροή σε σχέση με τη μορφή του φυτοκαλύματος πριν και μετά την εκτέλεση υδρονομικών έργων. Η

κατηγορία II προβλέπει την αντίσταση της διαβρωτικής δράσης του γεωλογικού υποθέματος μετά την εκτέλεση υδρονομικών έργων, ώστε έχει ο μελετητής τη δυνατότητα να επιλέξει τον κατάλληλο χειρισμό. Η κατηγορία III μπορεί να συσχετιστεί με τη βάση δεδομένων Corine.

Πίνακας 2.11: Τιμές συντελεστή Y της μεθόδου Gavrilovic (Κωτούλας 2001)

Είδος πετρώματος και υπεδάφους	Y
1. Σκληρά πετρώματα, ανθεκτικά στη διάβρωση	0,2-0,6
2. Πετρώματα μετρίως ανθεκτικά στη διάβρωση	0,6-1,0
3. Εύθρυπτα πετρώματα (σχιστές, συμπαγείς άργιλοι κλπ.)	1,0-1,3
4. Αποθέσεις, μορένες, άργιλοι, ψαμμόλιθοι και άλλα ανθεκτικά πετρώματα	1,3-1,8
5. Πολύ ευαίσθητα στη διάβρωση πετρώματα και εδάφη	1,8-2,0

Πίνακας 2.12: Τιμές συντελεστή φ της μεθόδου Gavrilovic (Gavrilović 1988, Poesen 2005)

Είδος και βαθμός διάβρωσης των λεκανών	φ
1. Ασθενής διάβρωση στις λεκάνες απορροής	0,1-0,2
2. Διάβρωση επιφανειακή στα 25 - 50% της λεκάνης	0,3-0,5
3. Επιφανειακή διάβρωση, ολισθήσεις και αποθέσεις, καρστική διάβρωση	0,6-0,7
4. Τα 50-80% της λεκάνης υποβαθμισμένα από χαραδρώσεις και ολισθήσεις	0,8-0,9
5. Λεκάνες πλήρως υποβαθμισμένες από έντονες διαβρώσεις	0,9-1,0

Πίνακας 2.13: Ποιοτική κατηγοριοποίηση διάβρωσης μέσω του συντελεστή z

Κατηγορία διάβρωσης	Ποιοτική ονομασία των κατηγοριών διάβρωσης	Εύρος τιμών του συντελεστή z	Μέση τιμή του συντελεστή z
I	Υπερβολική διάβρωση - βαθιά διαδικασία της διάβρωσης (ρεματιές, ποταμάκια κατολισθήσεις πετρωμάτων και παρόμοια)	$Z > 1,0$	$Z = 1,25$
II	Βαθιά διάβρωση - ηπιότερες μορφές υπερβολικής διάβρωσης	$0,71 < Z < 1,0$	$Z = 0,85$
III	Μέτρια διάβρωση	$0,41 < Z < 0,7$	$Z = 0,55$
IV	Ελαφρά διάβρωση	$0,2 < 0,4$	$Z = 0,30$
V	Πολύ μικρή διάβρωση	$Z < 0,19$	$Z = 0,10$

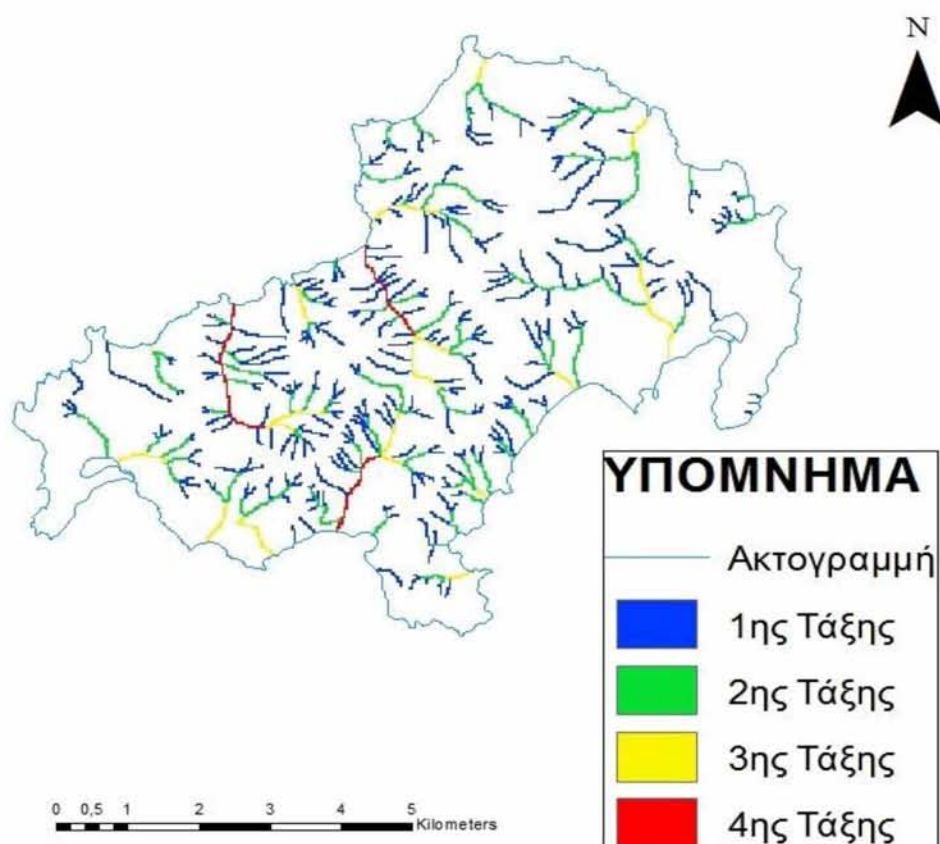
Η μέση τιμή του συντελεστή z χρησιμεύει στους υπολογισμούς της εξίσωσης (Petras et al 2007).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

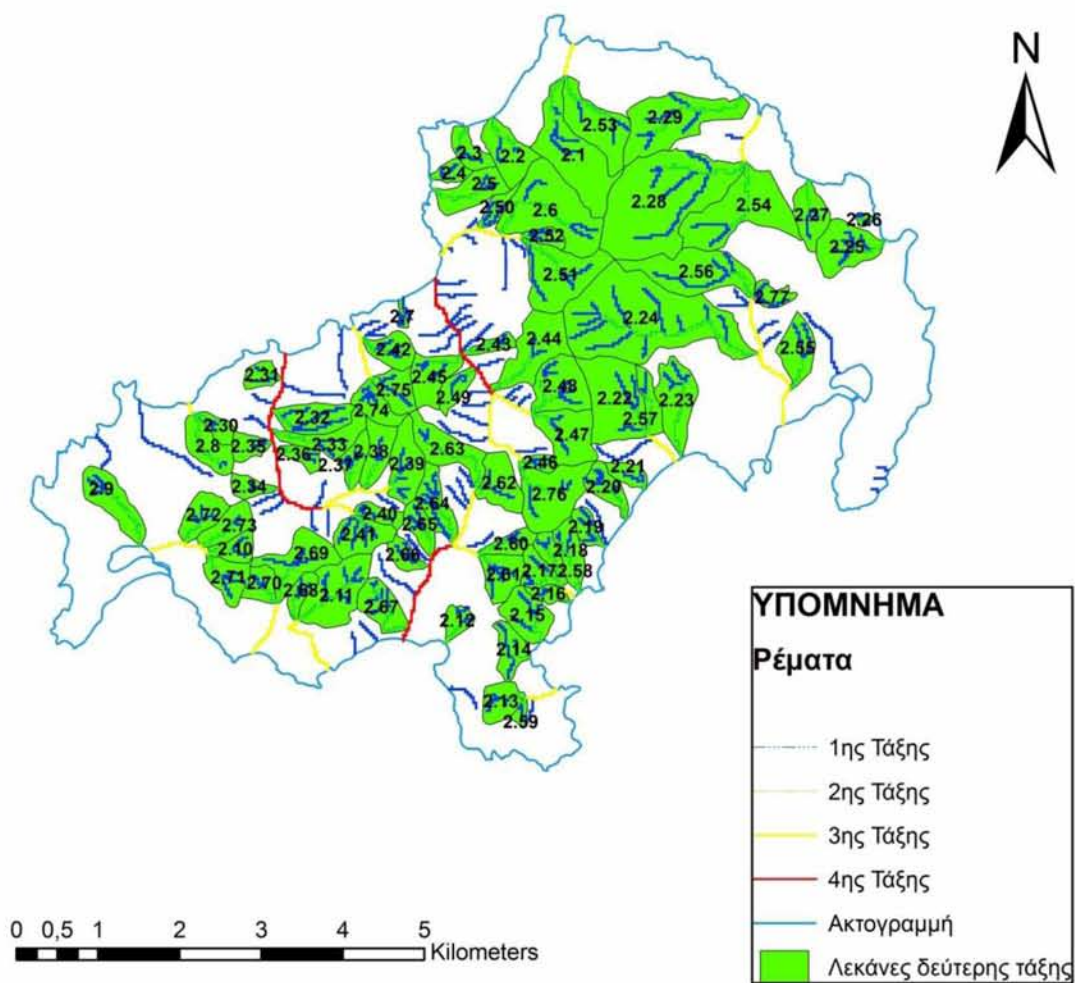
3.1. Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων περιοχής μελέτης

Η ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου καθορίστηκε έχοντας ως βάση τη σχέση μεταξύ των κλάδων των λεκάνων απορροής, βασιζόμενη στην διαφορά του μεγέθους και της θέσης ενός εκάστοτε κλάδου, ως προς τους υπόλοιπους κλάδους.

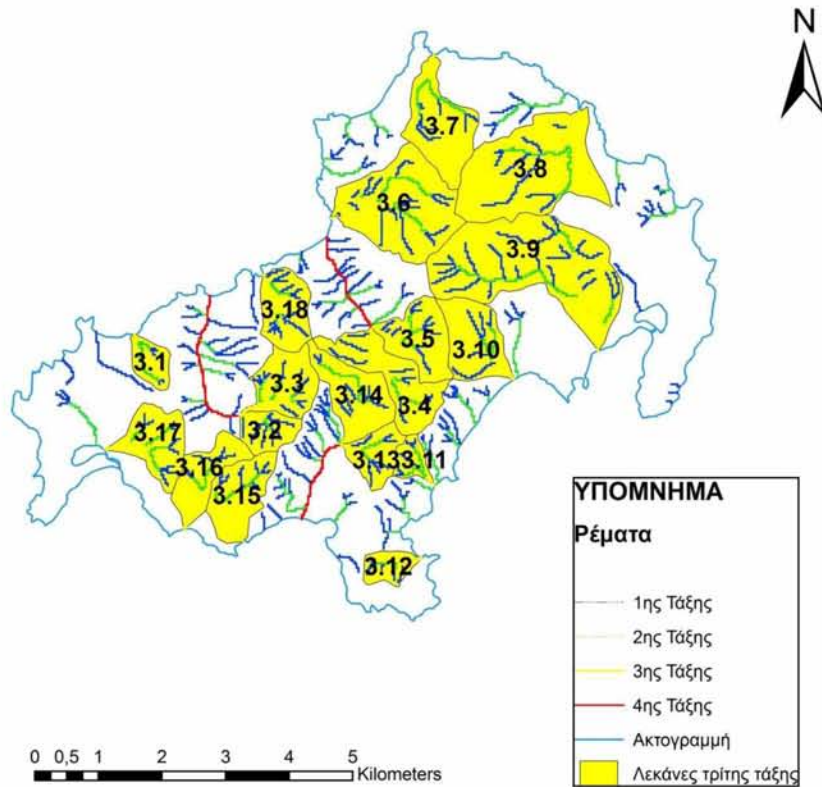
Η αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου στην παρούσα διατριβή έγινε κατά Strahler (1952) όπως ήδη έχει αναφερθεί και οι λεκάνες οριοθετήθηκαν ως 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης. Οι χάρτες ψηφιοποιήθηκαν με χρήση του λογισμικού ArcMap 9.3 έχοντας ως υπόβαθρο τους χάρτες γενικής χρήσεως του ΓΥΣ.



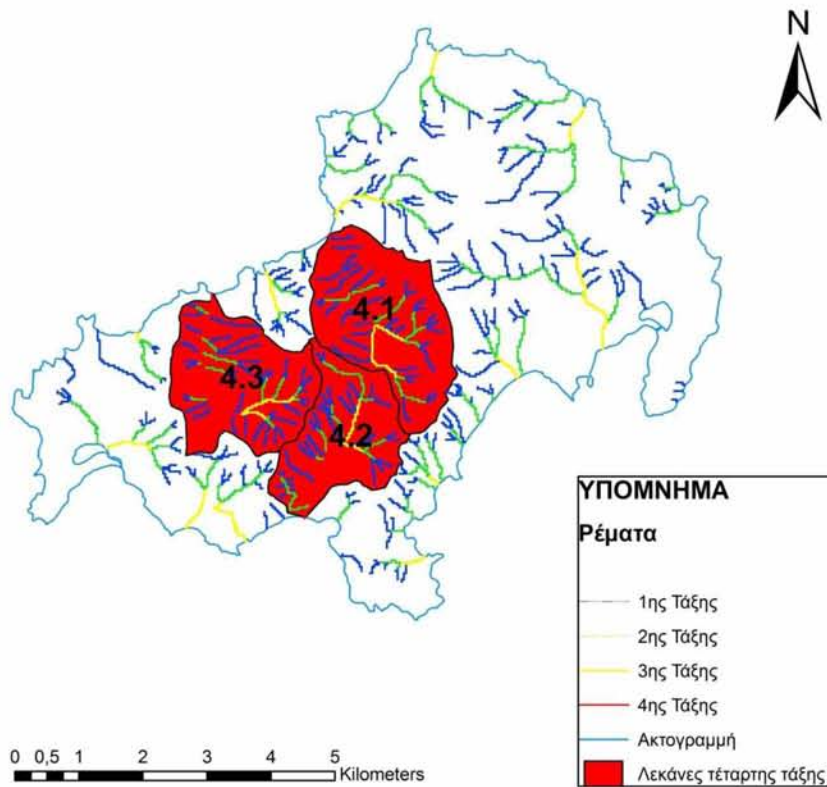
Εικόνα 3.1: Υδρογραφικό δίκτυο της Νήσου Σκιάθου κατά Strahler



Εικόνα 3.2: Λεκάνες απορροής 2^{ης} τάξης κατά Strahler



Εικόνα 3.3: Λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης κατά Strahler



Εικόνα 3.4: Λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης κατά Strahler

3.2 Διαδικασία ανάλυσης μορφομετρικών στοιχείων

Τα μορφομετρικά στοιχεία των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης δημιουργήθηκαν έπειτα από επεξεργασία και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ψηφιοποιημένων χαρτών μέσω του ArcGIS 9.3. Πιο συγκεκριμένα τα εμβαδό των λεκανών απορροής βρέθηκε από την εντολή «Area» του προγράμματος Arc Map αφού προηγουμένως προσθέσαμε τη στήλη Εμβαδό-Area με την εντολή Add field. Επιπρόσθετα η περίμετρος βρέθηκε με τον ίδιο τρόπο με την εντολή «perimeter».

Μέσω του προγράμματος Arc Map βρέθηκαν επίσης το μήκος των κλάδων κάθε λεκάνης απορροής, η περίμετρος των λεκανών, το Lh (μέγιστο μήκος λεκάνης), το μέγιστο (Hmax) και το ελάχιστο υψόμετρο (Hmin). Τα παραπάνω δεδομένα μετά από αντιγραφή τους σε φύλλα εργασίας Excel, τα εισάγαμε σε συναρτήσεις ώστε να βρούμε τα, των επιμέρους λεκανών, μορφομετρικά στοιχεία. Δηλαδή τις τιμές α) της υδρογραφικής συχνότητας, β) της υδρογραφικής πυκνότητας, γ) τον λόγο αναγλύφου, δ) της κυκλικότητας, ε) τον λόγο επιμηκύνσεως, στ) του υψομετρικού ολοκληρώματος και ζ) του βαθμού τραχύτητας. Τέλος τα αποτελέσματα αυτά τα εισάγαμε στην λίστα χαρακτηριστικών-attributes των αντίστοιχων shapefile των λεκανών απορροής δεύτερης, τρίτης και τέταρτης τάξης αντίστοιχα. Τα καταχωρημένα δεδομένα των attributes δημιούργησαν τους τελικούς χάρτες δεδομένων υδρογραφικής συχνότητας, υδρογραφικής πυκνότητας, λόγου αναγλύφου, η κυκλικότητας, λόγου επιμηκύνσεως, υψομετρικού ολοκληρώματος % και ο βαθμού τραχύτητας που παρατίθενται παρακάτω (Πίνακας 3.1, Πίνακας 3.2, Πίνακας 3.3).

3.3 Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 2^{ης} τάξης

ID	Basin Number	ΤΑΞΗ	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km (ΣLu)	Περίμετρος λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D) (km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F) (N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Βαθμός Τραχύτητας (Rn)
1	2.1	2	0,709	4	1,935	4,839	2,197	2,729	5,641	0,195	0,380	0,306	61,62	1,171
2	2.2	2	0,309	4	0,93	2,425	1,005	3,014	12,962	0,261	0,659	0,441	62,96	0,790
3	2.3	2	0,157	4	0,751	1,798	0,79	4,791	25,519	0,229	0,609	0,4	63,44	0,867
4	2.4	2	0,095	4	0,651	1,318	0,441	6,818	41,890	0,354	0,690	0,559	56,28	1,064
5	2.5	2	0,287	3	1,083	2,481	0,997	3,773	10,452	0,220	0,586	0,429	51,89	0,826
6	2.6	2	0,816	4	2,322	4,273	1,825	2,844	4,899	0,225	0,562	0,395	55	1,169
7	2.7	2	0,025	3	0,459	0,839	0,368	18,259	119,341	0,476	0,449	0,344	60,94	3,195
8	2.8	2	0,249	3	0,887	2,162	0,928	3,556	12,028	0,202	0,670	0,429	46,4	0,665
9	2.9	2	0,330	4	1,509	2,688	1,14	4,570	12,115	0,092	0,574	0,402	57,11	0,480
10	2.10	2	0,142	3	0,727	1,64	0,675	5,116	21,110	0,200	0,664	0,446	49,79	0,691
11	2.11	2	0,502	6	1,901	3,124	1,251	3,785	11,946	0,098	0,646	0,452	54,32	0,462
12	2.12	2	0,112	4	0,812	1,427	0,509	7,232	35,625	0,063	0,693	0,525	62,5	0,231
13	2.13	2	0,198	4	0,766	1,756	0,728	3,863	20,173	0,140	0,808	0,488	42,67	0,394
14	2.14	2	0,190	4	1,17	1,987	0,754	6,144	21,005	0,145	0,606	0,462	43,48	0,670
15	2.15	2	0,288	4	1,209	2,11	0,859	4,202	13,903	0,170	0,812	0,498	45,39	0,614

...συνέχεια πίνακα 3.1: Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 2^{ης} τάξης

ID	Basin Number	ΤΑΞΗ	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km (ΣLu)	Περίμετρος λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D) (km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F) (N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Βαθμός Τραχύτητας (Rn)
16	2.16	2	0,083	3	0,542	1,418	0,674	6,496	35,953	0,147	0,521	0,342	40,36	0,643
17	2.17	2	0,153	4	1,09	1,842	0,705	7,118	26,120	0,206	0,567	0,443	47,33	1,032
18	2.18	2	0,209	4	1,188	2,105	1,042	5,686	19,146	0,147	0,592	0,35	48,21	0,870
19	2.19	2	0,115	5	1,077	1,477	0,647	9,385	43,570	0,215	0,661	0,418	57,96	1,304
20	2.20	2	0,181	6	1,297	1,984	0,816	7,165	33,146	0,202	0,578	0,416	55,01	1,182
21	2.21	2	0,111	3	0,483	1,443	0,548	4,346	26,995	0,319	0,670	0,485	41,04	0,761
22	2.22	2	0,659	4	1,612	3,537	1,08	2,448	6,074	0,356	0,661	0,6	51,1	0,942
23	2.23	2	0,388	6	1,727	2,94	1,336	4,450	15,459	0,114	0,564	0,372	50,52	0,676
24	2.24	2	1,703	12	6,468	6,429	2,738	3,797	7,044	0,150	0,518	0,38	52,05	1,561
25	2.25	2	0,371	6	1,605	2,484	0,907	4,321	16,154	0,135	0,756	0,536	55,2	0,527
26	2.26	2	0,027	4	0,449	0,684	0,273	16,467	146,697	0,264	0,732	0,483	68,99	1,186
27	2.27	2	0,247	3	0,885	2,135	0,941	3,586	12,157	0,130	0,680	0,421	68,17	0,438
28	2.28	2	1,500	6	3,811	5,403	2,42	2,540	3,999	0,177	0,646	0,404	63,56	1,090
29	2.29	2	0,703	6	2,775	4,323	1,929	3,947	8,535	0,222	0,472	0,347	62,38	1,693
30	2.30	2	0,104	3	0,447	1,478	0,653	4,282	28,741	0,253	0,600	0,395	53,06	0,707
31	2.31	2	0,111	4	0,74	1,33	0,51	6,662	36,009	0,239	0,789	0,521	45,96	0,813

...: **Συνέχεια πίνακα 3.1:** Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 2^{ης} τάξης

ID	Basin Number	ΤΑΞΗ	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km (ΣLu)	Περίμετρος λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D) (km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F) (N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Βαθμός Τραχύτητας (Rn)
32	2.32	2	0,298	4	2,074	2,406	1,175	6,959	13,421	0,209	0,647	0,371	41,79	1,712
33	2.33	2	0,255	3	1,23	3,014	1,394	4,816	11,747	0,177	0,353	0,289	46,34	1,190
34	2.34	2	0,108	3	0,512	1,523	0,652	4,725	27,685	0,278	0,587	0,403	53,22	0,855
35	2.35	2	0,122	3	0,463	1,487	0,567	3,804	24,650	0,330	0,691	0,491	52,25	0,711
36	2.36	2	0,104	3	0,642	1,508	0,561	6,178	28,870	0,251	0,574	0,458	48,78	0,871
37	2.37	2	0,150	5	1,009	1,9	0,876	6,708	33,240	0,271	0,523	0,353	40,42	1,590
38	2.38	2	0,224	3	0,728	2,298	0,845	3,249	13,390	0,334	0,533	0,447	46,71	0,916
39	2.39	2	0,329	7	1,267	2,624	0,959	3,852	21,281	0,336	0,600	0,477	34,67	1,240
40	2.40	2	0,112	3	0,634	1,568	0,636	5,677	26,863	0,236	0,571	0,419	53,29	0,852
41	2.41	2	0,275	5	1,45	2,123	0,63	5,264	18,152	0,194	0,768	0,665	73,38	0,642
42	2.42	2	0,206	4	0,997	1,956	0,722	4,840	19,417	0,361	0,676	0,502	44,23	1,263
43	2.43	2	0,087	3	0,694	1,544	0,692	7,940	34,323	0,462	0,460	0,341	39,67	2,541
44	2.44	2	0,471	3	1,098	3,568	1,26	2,331	6,370	0,237	0,465	0,435	75,14	0,695
45	2.45	2	0,277	4	1,013	2,414	0,96	3,662	14,461	0,335	0,596	0,437	45,57	1,179
46	2.46	2	0,067	3	0,509	1,096	0,422	7,589	44,730	0,491	0,701	0,49	55,42	1,571
47	2.47	2	0,387	3	0,873	2,692	1,026	2,256	7,753	0,321	0,671	0,484	44,14	0,742
48	2.48	2	0,397	7	1,932	2,577	1,031	4,870	17,644	0,373	0,750	0,487	53,09	1,875

...συνέχεια πίνακα 3.1: Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 2^{ης} τάξης

ID	Basin Number	ΤΑΞΗ	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km (ΣLu)	Περίμετρος λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D) (km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F) (N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Βαθμός Τραχύτητας (Rn)
49	2.49	2	0,135	3	5,53	1,644	0,762	40,881	22,178	0,366	0,629	0,385	46,58	11,406
50	2.50	2	0,103	3	0,788	1,858	0,904	7,671	29,203	0,264	0,374	0,283	46,78	1,833
51	2.51	2	0,576	3	1,385	3,562	1,407	2,405	5,210	0,292	0,570	0,43	64,85	0,989
52	2.52	2	0,087	3	0,74	1,374	0,6	8,503	34,472	0,497	0,579	0,392	60,11	2,534
53	2.53	2	0,467	4	1,599	3,393	1,475	3,427	8,574	0,291	0,509	0,369	58,04	1,470
54	2.54	2	0,765	3	1,748	4,553	1,62	2,285	3,922	0,173	0,464	0,431	39,59	0,642
55	2.55	2	0,265	3	1,368	2,303	0,963	5,167	11,331	0,102	0,627	0,426	39,15	0,506
56	2.56	2	0,610	4	2,003	4,161	2	3,284	6,559	0,206	0,442	0,312	44,05	1,350
57	2.57	2	0,153	3	0,879	2,085	0,836	5,750	19,625	0,288	0,442	0,373	42,5	1,386
58	2.58	2	0,122	3	0,783	1,737	0,748	6,429	24,632	0,207	0,507	0,372	49,6	0,996
59	2.59	2	0,041	3	0,329	0,93	0,068	8,065	73,540	1,500	0,592	2,37	57,7	0,823
60	2.60	2	0,137	3	0,792	1,789	0,81	5,777	21,881	0,225	0,538	0,365	51,45	1,051
61	2.61	2	0,245	4	1,184	2,118	0,68	4,840	16,350	0,215	0,685	0,58	50,99	0,707
62	2.62	2	0,285	4	0,834	2,334	0,644	2,925	14,031	0,256	0,657	0,662	47,26	0,483
63	2.63	2	0,347	3	1,302	3,149	1,475	3,755	8,653	0,218	0,439	0,319	46,37	1,209
64	2.64	2	0,248	5	2,08	2,473	1,158	8,380	20,145	0,187	0,510	0,343	42,85	1,810
65	2.65	2	0,153	4	1,065	1,732	0,753	6,975	26,198	0,215	0,639	0,414	46,93	1,130

... Συνέχεια πίνακα 3.1: Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 2^{ης} τάξης

ID	Basin Number	ΤΑΞΗ	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km (ΣLu)	Περίμετρος λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D) (km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F) (N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Βαθμός Τραχύτητας (Rn)
66	2.66	2	0,118	3	0,772	1,532	0,669	6,530	25,375	0,184	0,633	0,41	47,94	0,803
67	2.67	2	0,261	7	1,754	2,085	1,11	6,714	26,794	0,099	0,755	0,367	39,76	0,739
68	2.68	2	0,117	3	0,801	1,548	0,696	6,875	25,747	0,145	0,611	0,391	41,55	0,694
69	2.69	2	0,398	4	1,484	3,402	1,136	3,729	10,052	0,107	0,432	0,443	50,88	0,455
70	2.70	2	0,144	3	0,569	1,623	0,537	3,958	20,869	0,227	0,685	0,563	38,24	0,483
71	2.71	2	0,228	4	1,154	2,133	0,743	5,062	17,547	0,164	0,629	0,513	43,72	0,618
72	2.72	2	0,222	4	1,154	1,922	0,757	5,197	18,014	0,176	0,755	0,497	46,15	0,691
73	2.73	2	0,205	3	0,677	1,983	0,811	3,308	14,659	0,175	0,654	0,445	51,32	0,470
74	2.74	2	0,187	5	0,828	2,049	0,923	4,419	26,684	0,349	0,561	0,374	49,43	1,423
75	2.75	2	0,205	4	0,916	1,96	0,722	4,478	19,557	0,446	0,669	0,5	50,19	1,442
76	2.76	2	0,528	4	1,49	3,329	1,341	2,821	7,573	0,154	0,599	0,432	50,01	0,584
77	2.77	2	0,114	3	0,704	1,579	0,612	6,180	26,334	0,172	0,574	0,44	69,25	0,649

Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης

ID	Αριθμός λεκάνης	ΤΑΞΗ	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km (ΣLu)	Περίμετρος λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D) (km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F)(N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)=Hmax/Lh	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Βαθμός Τραχύτητας
78	3.1	3	0,376	7	1,482	2,472	1,073	3,938	18,602	0,174	0,773	0,456	49,52	0,736
79	3.2	3	0,502	10	2,855	2,856	0,962	5,685	19,914	0,151	0,773	0,588	57,16	0,824
80	3.3	3	0,894	17	4,287	4,502	1,828	4,797	19,024	0,176	0,554	0,413	39,11	1,545
81	3.4	3	1,267	13	5,325	6,704	2,385	4,204	10,263	0,135	0,354	0,377	34,76	1,354
82	3.5	3	0,992	14	3,907	4,526	1,423	3,937	14,106	0,268	0,609	0,559	46,59	1,500
83	3.6	3	2,308	19	8,467	6,454	2,527	3,669	8,234	0,163	0,696	0,48	55,95	1,508
84	3.7	3	1,295	9	3,925	5,501	2,528	3,031	6,949	0,170	0,538	0,359	62,23	1,300
85	3.8	3	2,783	11	6,428	7,743	3,024	2,309	3,952	0,142	0,583	0,44	49,46	0,991
86	3.9	3	3,604	38	19,966	9,053	3,8	5,540	10,544	0,108	0,552	0,399	46,39	2,277
87	3.10	3	1,058	9	3,751	4,489	1,651	3,547	8,510	0,231	0,659	0,497	45,82	1,355
88	3.11	3	0,290	8	2,066	2,589	0,945	7,126	27,592	0,164	0,543	0,455	53,2	1,104
89	3.12	3	0,358	9	1,816	2,517	1,145	5,071	25,133	0,088	0,710	0,417	51,21	0,512
90	3.13	3	0,575	9	2,713	3,454	1,072	4,721	15,660	0,169	0,605	0,564	41,62	0,854
91	3.14	3	1,087	11	3,969	5,014	2,234	3,652	10,122	0,144	0,543	0,372	30,25	1,176
92	3.15	3	0,969	10	3,663	4,295	2,224	3,780	10,319	0,060	0,660	0,353	47	0,503

...συνέχεια πίνακα 3.2: Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης

ID	Αριθμός λεκάνης	ΤΑΞΗ	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km (ΣLu)	Περίμετρος λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D) (km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F)(N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)=Hmax/Lh	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Βαθμός Τραχύτητας
93	3.16	3	0,800	8	2,737	4,531	1,882	3,420	9,997	0,071	0,490	0,379	46,73	0,455
94	3.17	3	0,928	15	4,17	4,41	1,536	4,492	16,158	0,094	0,600	0,501	47,4	0,651
95	3.18	3	0,858	19	4,431	3,668	1,394	5,164	22,142	0,231	0,801	0,53	47,57	1,663

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 4^{ης} τάξης

ID	Basin Number	ΤΑΞΗ	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km (ΣLu)	Περίμετρος λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D) (km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F)(N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)=Hmax/Lh	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Βαθμός Τραχύτητας
96	4.1	4	4,540	50	17,792	9,211	4,064	3,919	11,012	0,098	0,672	0,418	41,15	1,564
97	4.2	4	3,263	42	14,891	8,66	3,601	4,564	12,872	0,089	0,546	0,4	26,83	1,469
98	4.3	4	4,019	51	16,665	9,034	4,228	4,146	12,690	0,076	0,619	0,378	32,74	1,335

3.3.1 Υδρογραφική πυκνότητα

Η υδρογραφική πυκνότητα είναι η αριθμητική έκφραση της λεπτότητας της υφής του αναγλύφου της λεκάνης, αλλά και η ποιοτική έκφραση όλων εκείνων των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται, που είναι το κλίμα της περιοχής, η βλάστηση οι φυσικές ιδιότητες του πετρώματος και του εδαφικού καλύμματος και το ανάγλυφο σε μια λεκάνη απορροής (Strahler 1952)

Οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

2.4. Χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα για τιμές $3-4 \text{ km}^{-1}$

2.5. Μέση υδρογραφική πυκνότητα για τιμές $8-16 \text{ km}^{-1}$

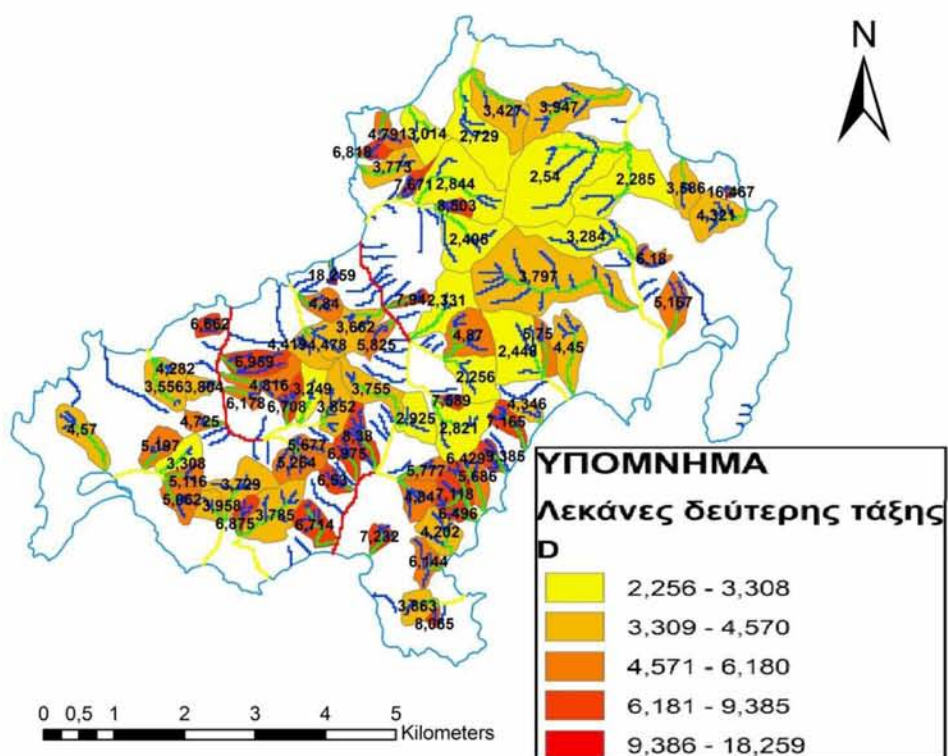
2.6. Υψηλή υδρογραφική πυκνότητα για τιμές $30-50 \text{ km}^{-1}$

(Σωτηριάδης & Ψιλοβίκος 1984, Μούρτζιος 2008)

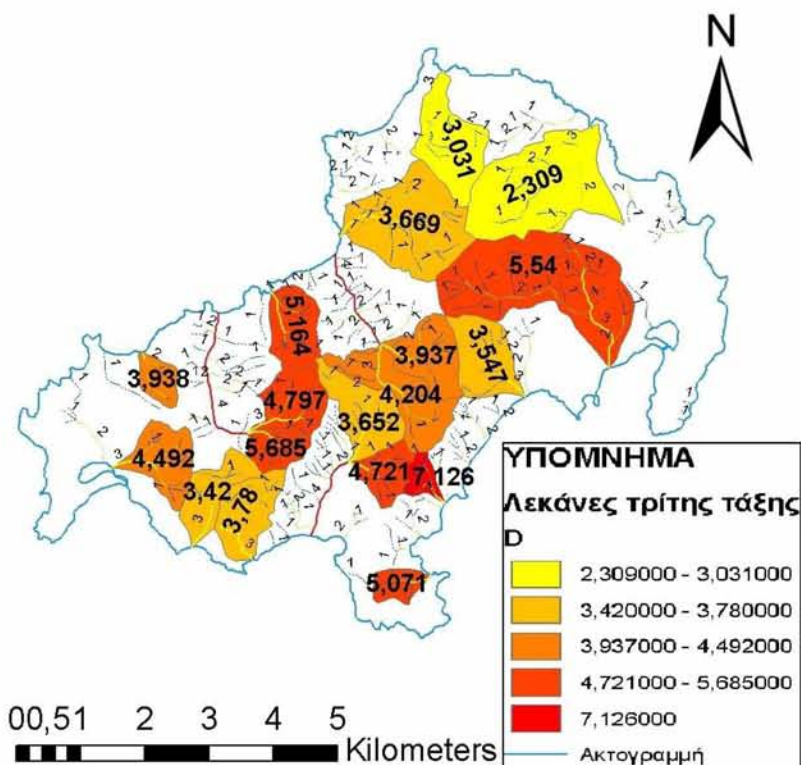
Στις λεκάνες δεύτερης τάξης (Εικόνα 3.5) το εύρος των τιμών είναι από 2,25 – 18,25 και χαρακτηρίζονται από χαμηλής υδρογραφικής πυκνότητας έως υψηλής. Σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού βρίσκονται λεκάνες χαμηλής έως μέτριας υδρογραφικής πυκνότητας ενώ στο νοτιοδυτικό μέτριας έως υψηλής.

Στις λεκάνες τρίτης τάξης (Εικόνα 3.6) οι τιμές είναι από 2,30 – 7,12 και χαρακτηρίζονται ως χαμηλής έως μέσης υδρογραφικής πυκνότητας.

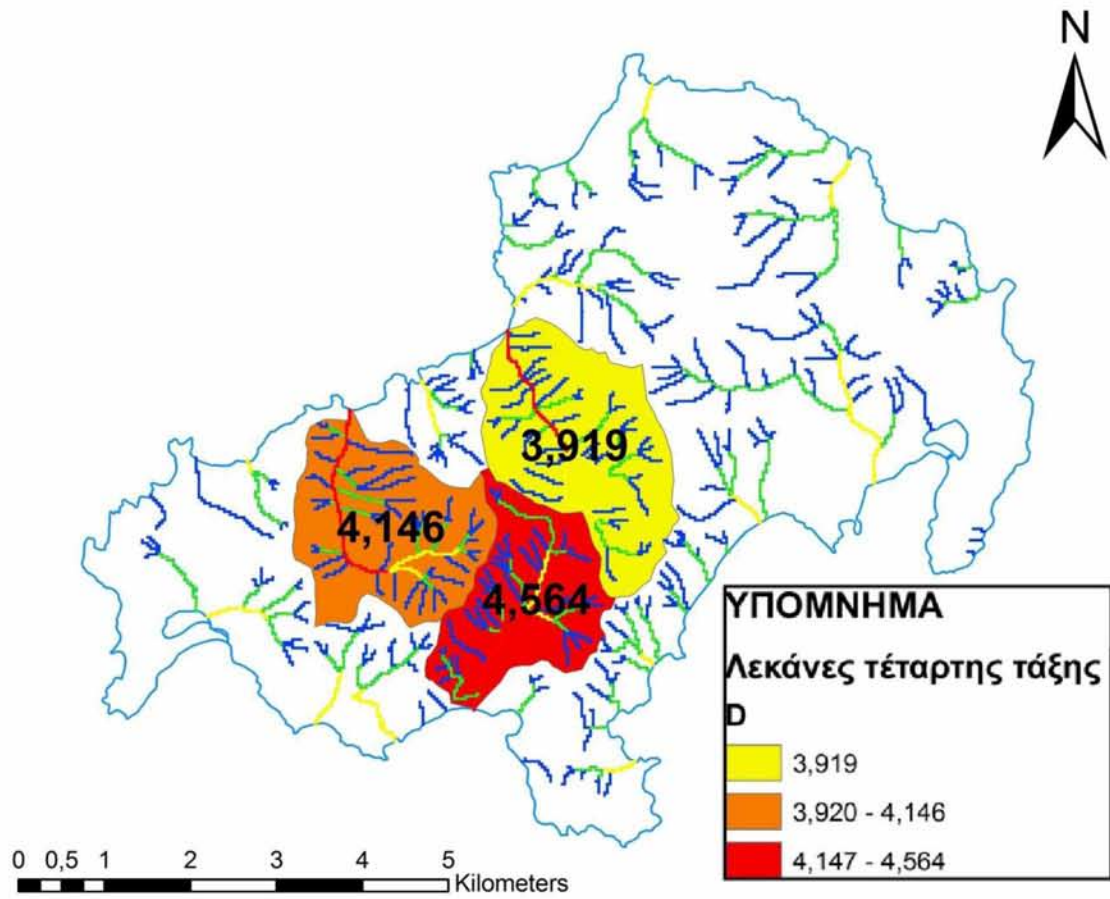
Στις τρεις λεκάνες τέταρτης τάξης (Εικόνα 3.7) του νησιού η 4.1 χαρακτηρίζεται ως χαμηλής υδρογραφικής πυκνότητας ενώ οι 4.2 και 4.3 χαρακτηρίζονται μέσης υδρογραφικής πυκνότητας.



Εικόνα 3.5: Υδρογραφική πυκνότητα σε λεκάνες απορροής 2^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σε km⁻¹



Εικόνα 3.6: Υδρογραφική πυκνότητα σε λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σε km⁻¹



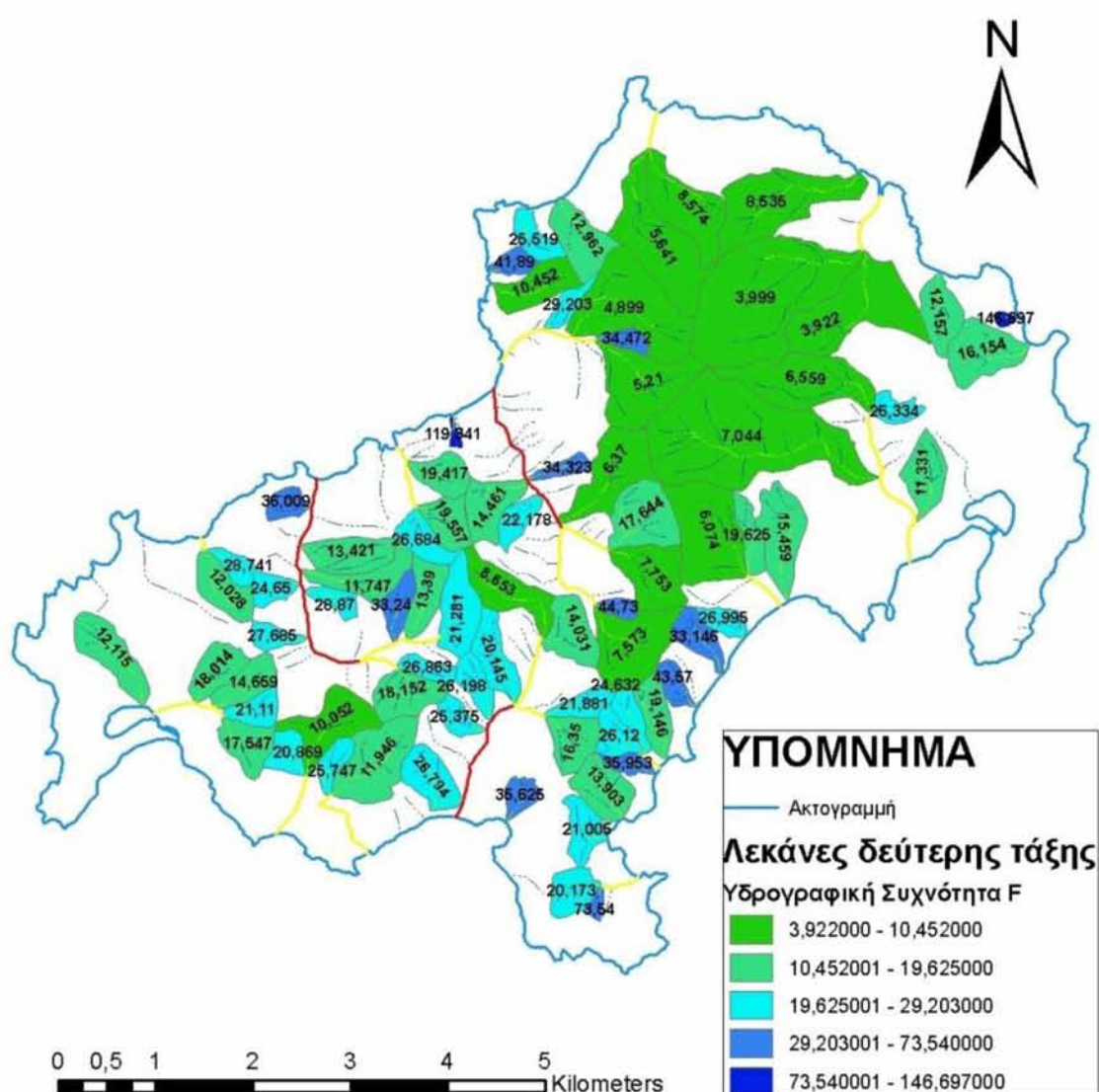
Εικόνα 3.7: Υδρογραφική πυκνότητα σε λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σε km^{-1}

3.3.2 Υδρογραφική συχνότητα

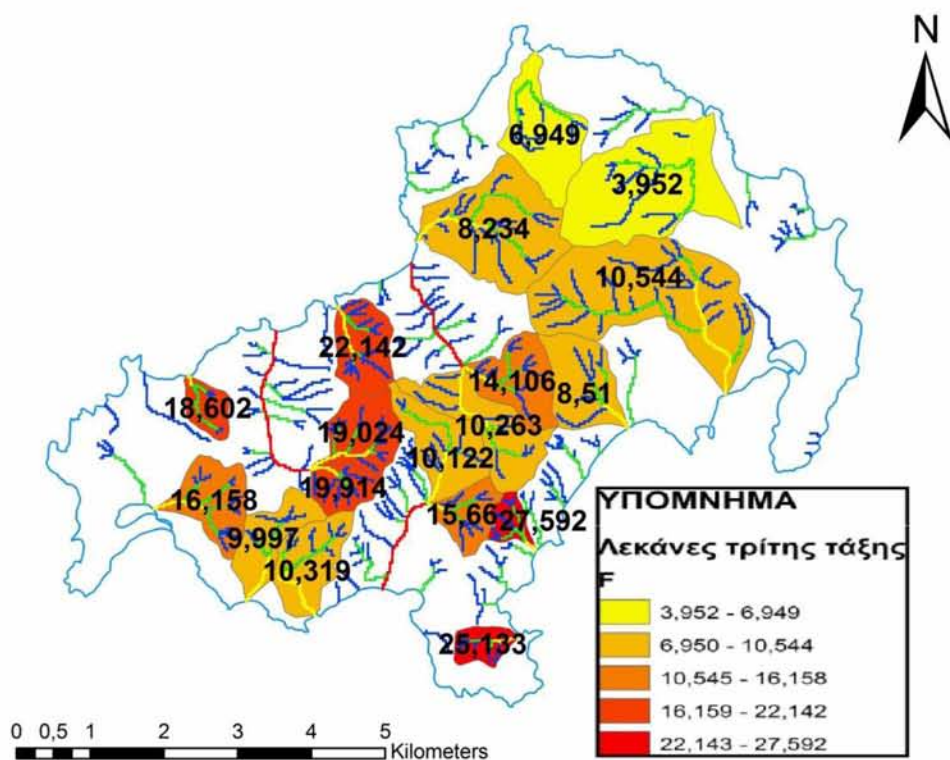
Η υδρογραφική συχνότητα που είναι συμπληρωματική ποιοτική παράμετρος της υψής του αναγλύφου, δείχνει το διαμελισμό του και είναι ανεξάρτητη της υδρογραφικής πυκνότητας, γιατί εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των κοιτών και όχι από το μήκος τους.

Οι τιμές της υδρογραφικής συχνότητας στις λεκάνες απορροής δεύτερης τάξης (Εικόνα 3.8) παρουσιάζουν πολύ μεγάλο εύρος τιμών μεταξύ τους από 3,9 έως 146,69 $\text{N} \cdot \text{km}^{-2}$ λόγω της ύπαρξης πολύ μικρών λεκάνων απορροής. Επειδή σε μικρές λεκάνες απορροής το μήκος των ρεμάτων είναι μεγάλο σε σχέση με το εμβαδό της λεκάνης οι

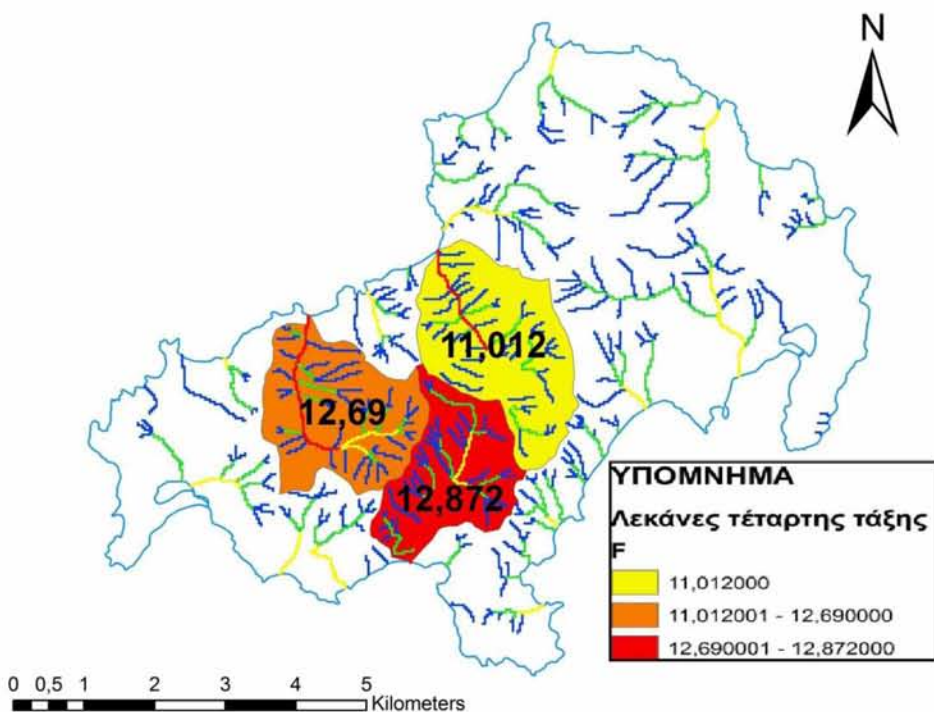
τιμές τους είναι πολύ υψηλότερες κατ' εξαίρεση στις πολύ μικρές λεκάνες. Επίσης οι υψηλές τιμές παρατηρούνται παράκτια του νησιού ενώ βορειοδυτικά του νησιού παρατηρούνται οι χαμηλότερες τιμές υδρογραφικής συχνότητας σε λεκάνες δευτέρας τάξης. Στις λεκάνες τρίτης και τέταρτης τάξης (Εικόνα 3.9, Εικόνα 3.10) το εύρος τιμών μειώνεται και συγκεκριμένα οι λεκάνες τέταρτης τάξης έχουν εύρος 11,01- 12,87 $N \cdot km^{-2}$.



Εικόνα 3.8: Υδρογραφική συχνότητα σε λεκάνες απορροής 2^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σε $N \cdot km^2$.



Εικόνα 3.9: Υδρογραφική συχνότητα σε λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σε $N \cdot km^{-2}$.



Εικόνα 3.10: Υδρογραφική συχνότητα σε λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σε $N \cdot km^{-2}$.

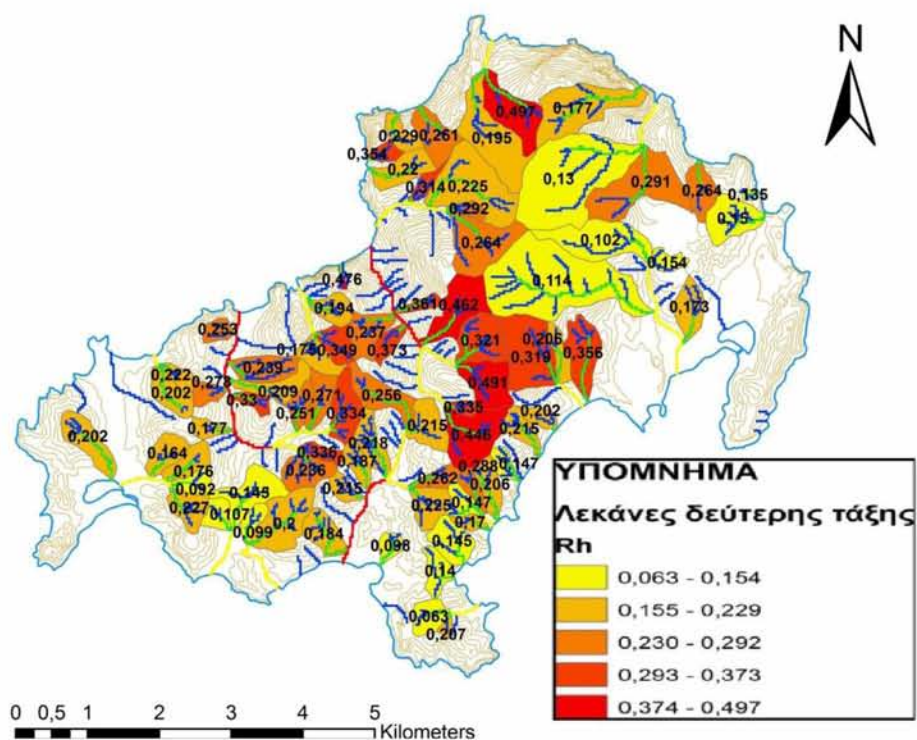
3.3.3 Λόγος αναγλύφου

Ο λόγος αναγλύφου όπως αναφέρεται και παραπάνω αποτελεί και μια εκτίμηση της μέσης κλίσης εάν θεωρηθεί η λεκάνη σαν ένα επίπεδο που κλίνει ομοιόμορφα και παράλληλα προς το κύριο ρέμα στην περιοχή μελέτης. Επιπρόσθετα σύμφωνα με το Schum (1956) διαπιστώθηκε ότι η μέση επιφανειακή κλίση της λεκάνης (ή ο λόγος του αναγλύφου) και η απώλεια των φερτών υλών από το στόμιο αυτής συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό.

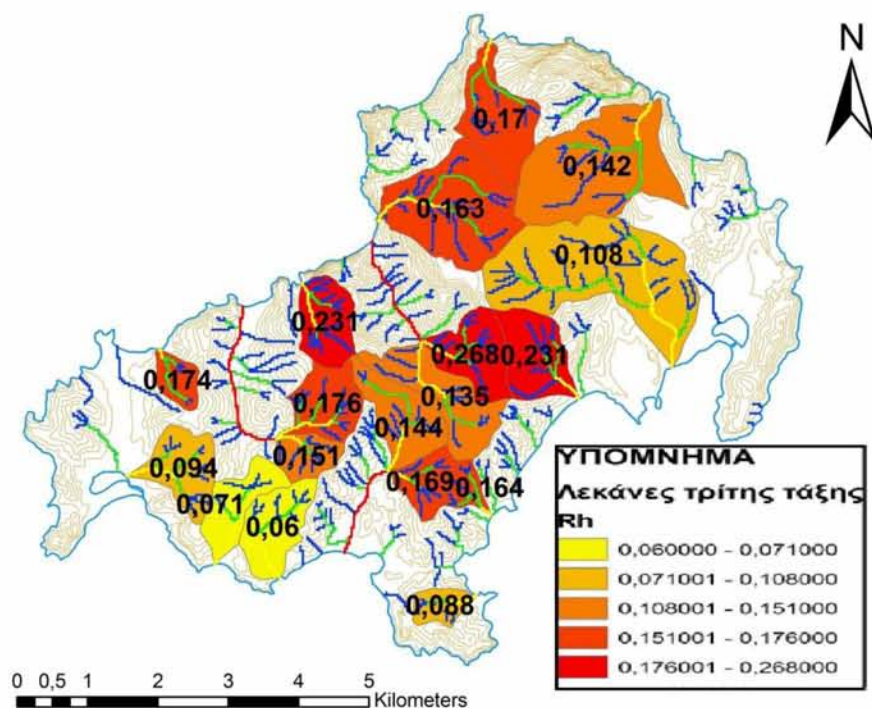
Στις λεκάνες δεύτερης τάξης (Εικόνα 3.11) μας δείχνει ότι οι αυτές που βρίσκονται στο βόρειο μέρος του νησιού έχουν μεγαλύτερες τιμές έως 0,49 ενώ στο δυτικό και νότιο μέρος υπάρχουν οι χαμηλότερες τιμές που αρχίζουν από 0,06. Η μέση κλίση σύμφωνα με την επέκταση εφαρμογής 3D Analyst του προγράμματος ArcMap 9.3 και σύμφωνα με τον υπολογισμό της μέσης κλίσης ανά λεκάνη απορροής, έχει μεγαλύτερες τιμές στις ίδιες λεκάνες όπου οι τιμές του λόγου αναγλύφου είναι υψηλότερες. Ο χάρτης ποσοστιαίων κλίσεων (slope) της επέκτασης εφαρμογής 3D analyst καθώς και τα μέσα υψόμετρα ανά λεκάνη παρατίθενται παρακάτω.

Στις λεκάνες τρίτης τάξης (Εικόνα 3.12) το εύρος τιμών είναι από 0,06 – 0,26. Το εύρος τιμών μειώνεται καθώς αυξάνεται η έκταση της λεκάνων, το μέγιστο μήκος λεκάνης και η μέση κλίση μειώνεται αντίστοιχα.

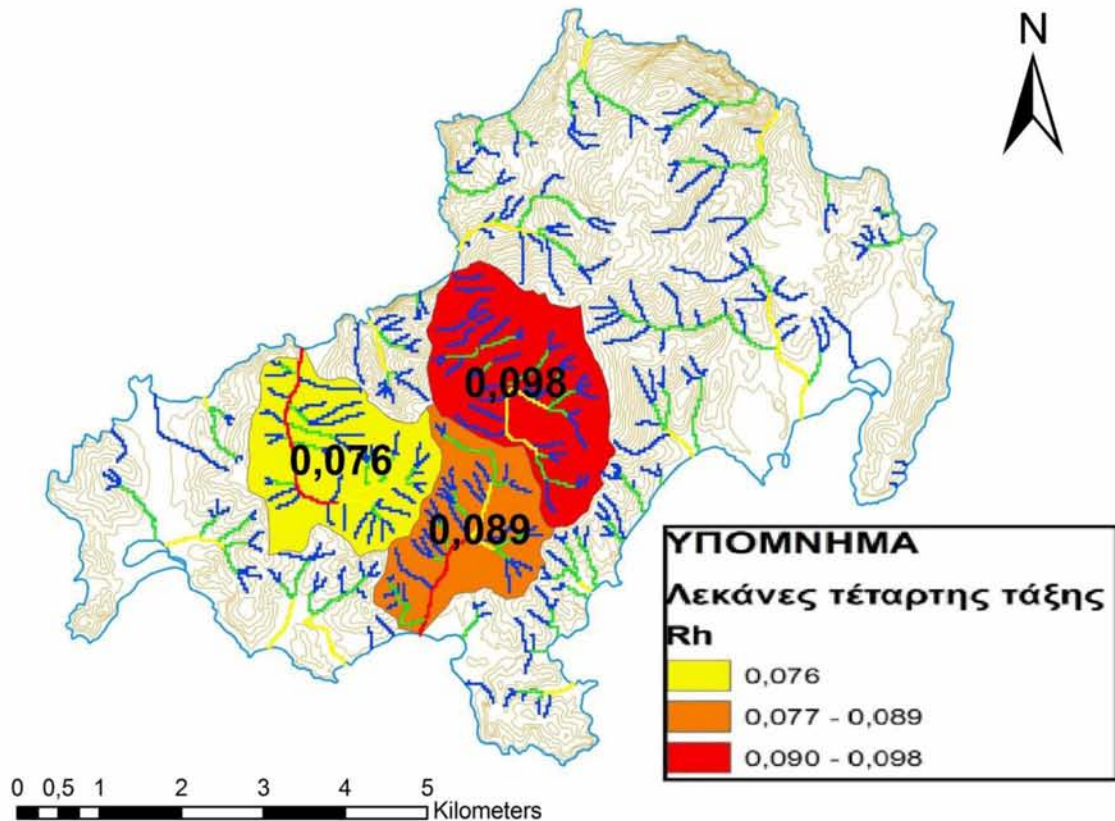
Στις τέταρτης τάξης (Εικόνα 3.13) το εύρος τιμών μειώνεται ακόμη περισσότερο με τιμές από 0,076-0,098. Μεγαλύτερη τιμή έχει η λεκάνη 4.1 (0,098) που βρίσκεται στο κέντρο του νησιού με εκβολή στα βόρεια. Στη λεκάνη 4.1 επίσης παρατηρούμε ότι οι λεκάνες που περιέχονται 2^{ης} και 3^{ης} έχουν επίσης μεγαλύτερες τιμές τις αντίστοιχες 2^{ης} και 3^{ης} στο υπόλοιπο νησί.



Εικόνα 3.11: Λόγος αναγλύφου (Rh) σε λεκάνες απορροής 2^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σε km.



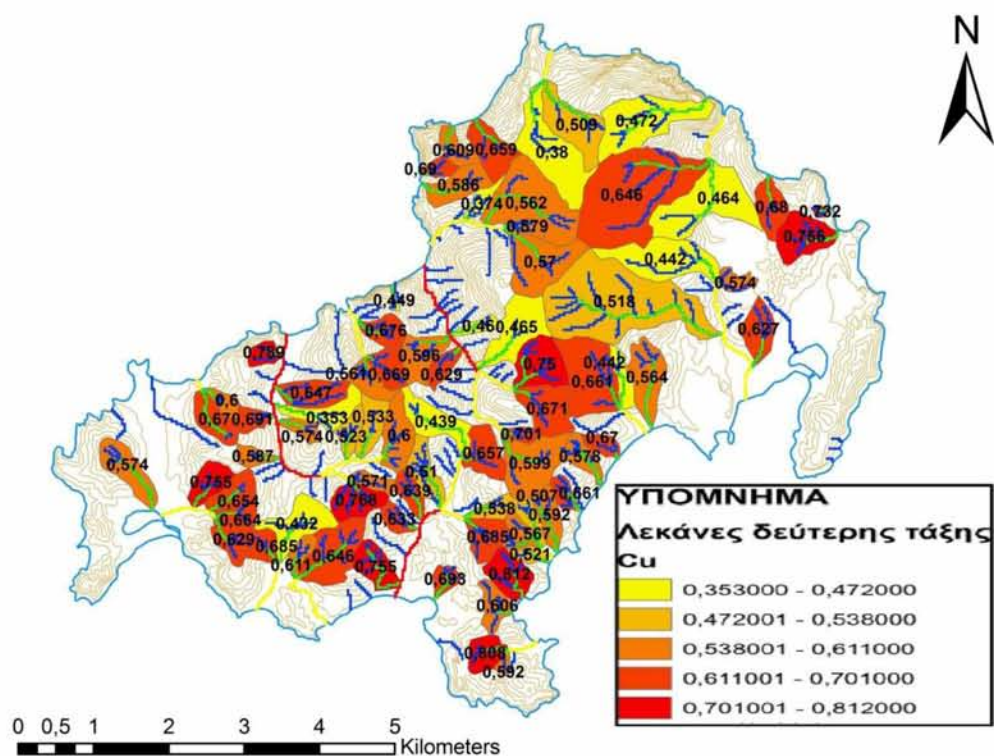
Εικόνα 3.12: Λόγος αναγλύφου (Rh) σε λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σε km.



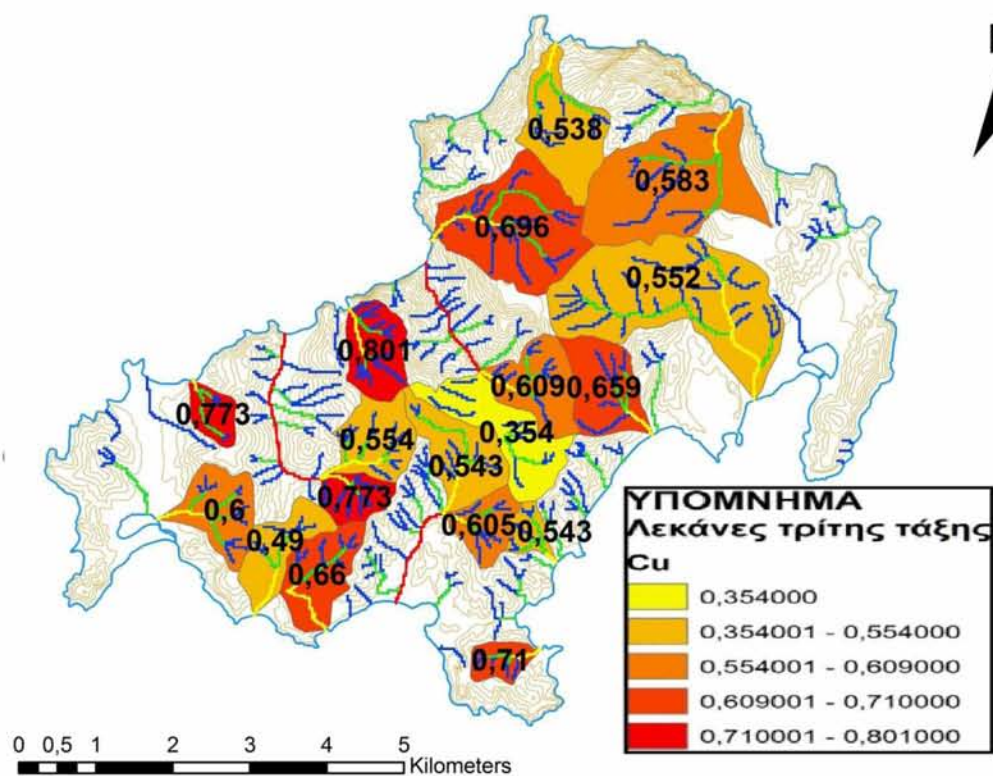
Εικόνα 3.13: Λόγος αναγλύφου (Rh) σε λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης, οι τιμές εκφράζονται σεkm.

3.3.4 Κυκλικότητα

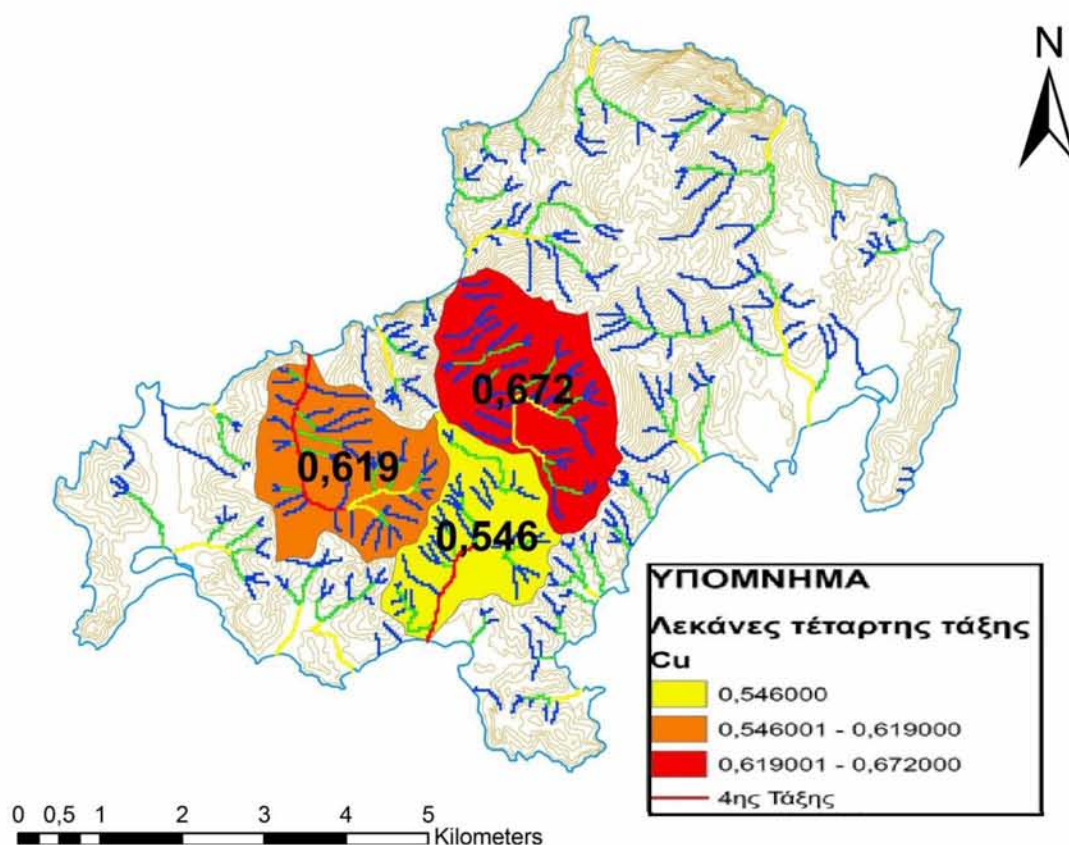
Το εύρος των τιμών κυκλικότητα στις λεκάνες δεύτερης τάξης (Εικόνα 3.14) είναι από 0,35-0,81. Στις λεκάνες τρίτης τάξης (Εικόνα 3.15) το εύρος είναι 0,35-0,80, και τέλος οι τιμές σε λεκάνες τέταρτης τάξης (Εικόνα 3.16) κυμαίνονται από 0,546 έως 0,672. Συνεπώς δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των τιμών κυκλικότητας σε λεκάνες 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης και παρατηρούμε επίσης ότι στις περιοχές που εμφανίζεται έντονο ανάγλυφο οι τιμές της κυκλικότητας είναι χαμηλές.



Εικόνα 3.14: Κυκλικότητα (Cu) σε λεκάνες απορροής 2^{ης} τάξης.



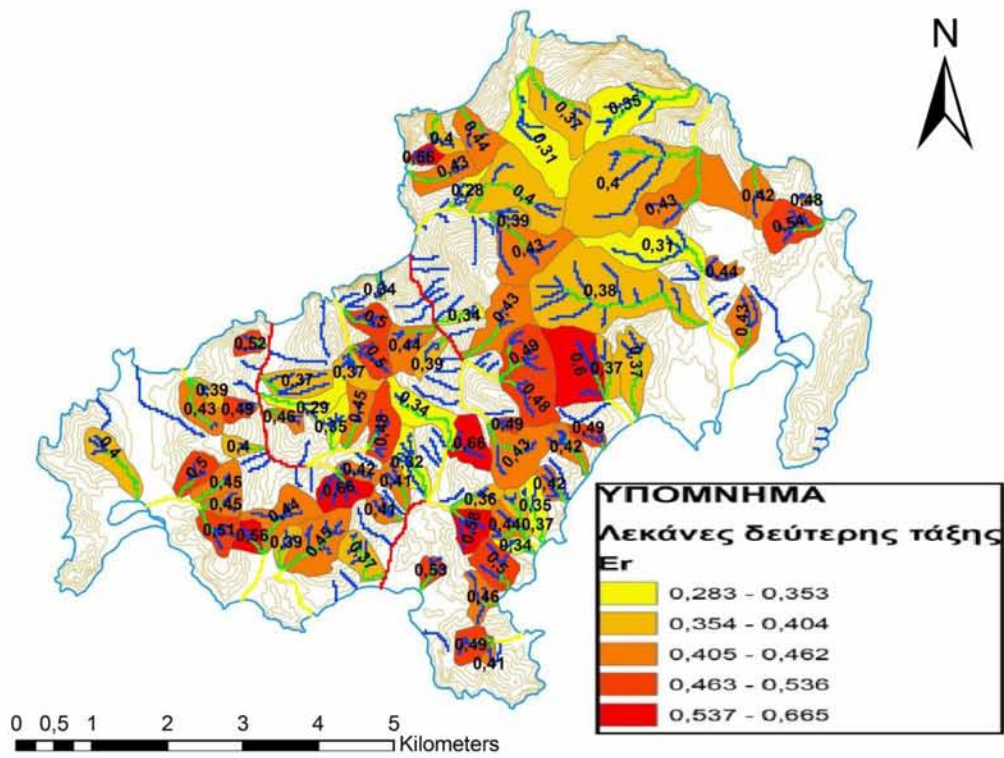
Εικόνα 3.15: Κυκλικότητα (Cu) σε λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης.



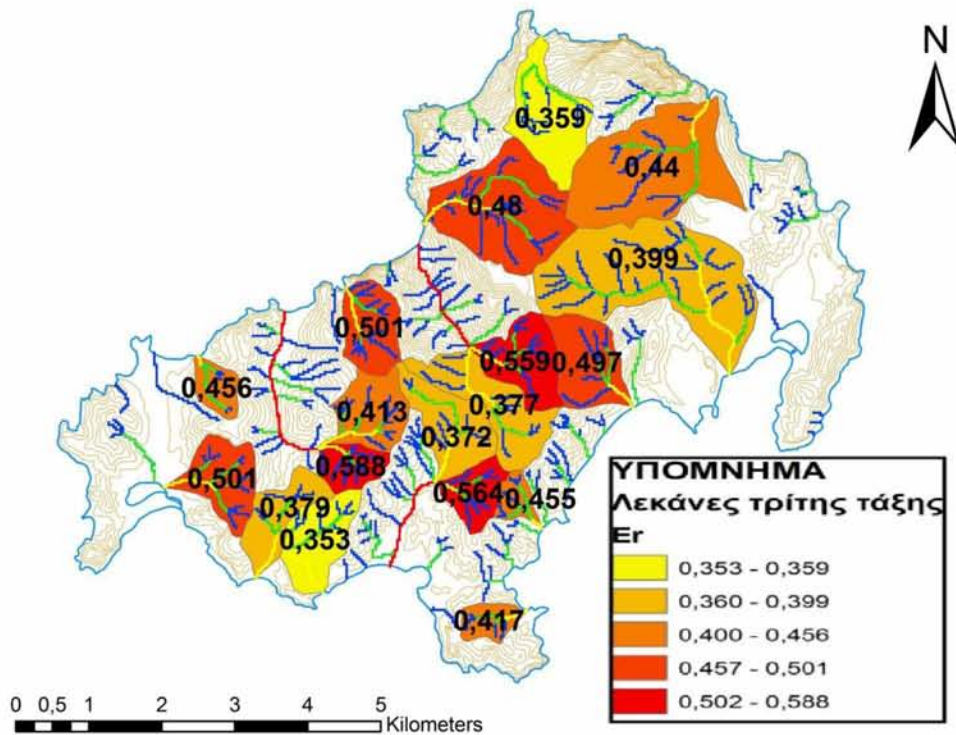
Εικόνα 3.16: Κυκλικότητα (Cu) σε λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης.

3.3.5 Λόγος επιμήκυνσης

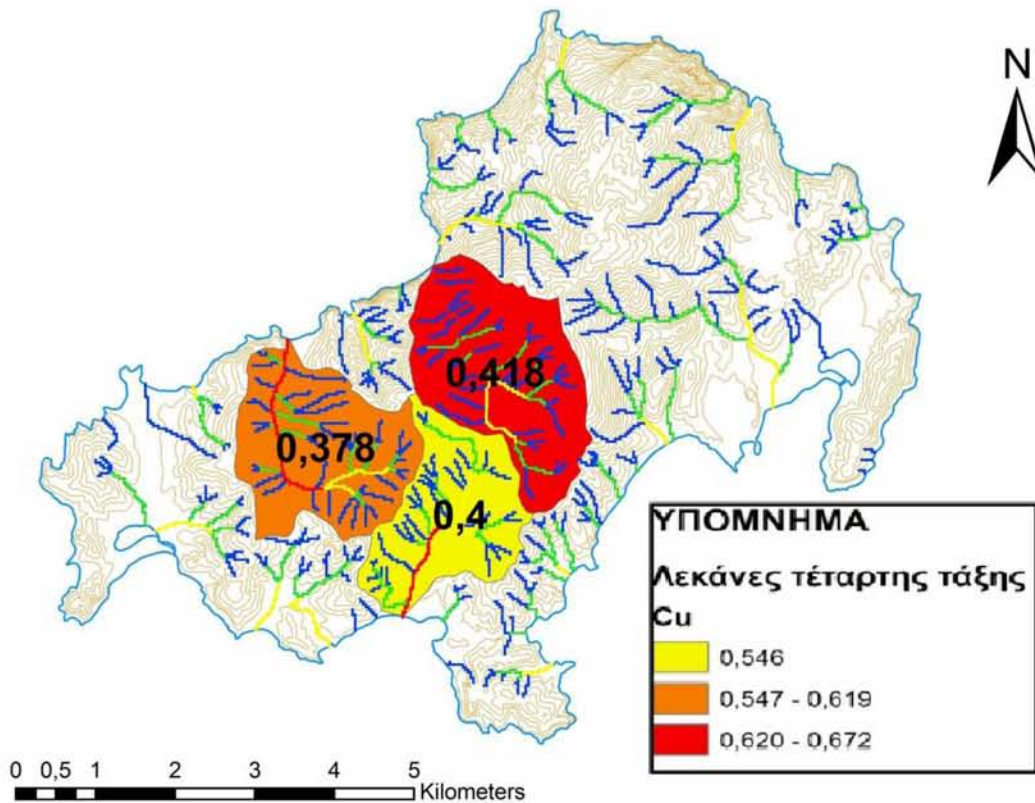
Ο λόγος επιμήκυνσης είναι σημαντική παράμετρος γιατί εκφράζει το σχήμα της λεκάνης, δηλαδή πόσο καλά αυτό προσεγγίζει τον κύκλο. Οι τιμές του λόγου επιμήκυνσης κυμαίνονται από 0 – 1,57 όπου η τιμή 1,57 αντιστοιχεί στην ιδανική τιμή λεκάνης με σχήμα κυκλικό, ενώ το 0 σε μία τελείως επιμηκυνθείσα λεκάνη. Στην περιοχή μελέτης στις λεκάνες 2^{ης} τάξης (Εικόνα 3.17) οι τιμές κυμαίνονται από 0,28 έως 0,66 στις 3^{ης} τάξης από 0,35 έως 0,58 (Εικόνα 3.18) και τέλος στις 4^{ης} τάξης (Εικόνα 3.19) από 0,37 έως 0,41.



Εικόνα 3.17: Λόγος επιμηκύνσεως σε λεκάνες απορροής 2^{ης} τάξης



Εικόνα 3.18: Λόγος επιμηκύνσεως σε λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης.



Εικόνα 3.19: Λόγος επιμηκύνσεως σε λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης.

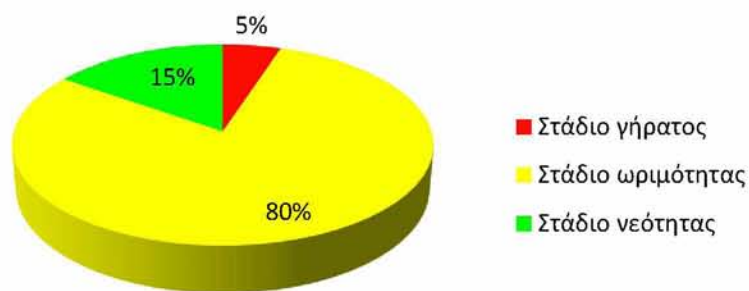
3.3.6.Υψομετρικό ολοκλήρωμα

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα είναι η έκφραση του σταδίου απογύμνωσης μιας λεκάνης απορροής συνοπτικά με μία ποσοστιαία τιμή και μας δείχνει το βαθμό διάβρωσης και την στερεοπαροχή μιας λεκάνης. Στην περιοχή μελέτης μικρότερες τιμές παρατηρούνται στο κεντρικό τμήμα του νησιού και συμβολίζει ότι οι λεκάνες έχουν διαβρωθεί ήδη αρκετά και βρίσκονται σε στάδιο γήρατος. Οι τιμές του υψομετρικού ολοκληρώματος αναφέρονται αναλυτικά στους παραπάνω πίνακες μορφομετρικών (Πίνακες 3.1, 3.2, 3.3), και δίνονται παραστατικά στις εικόνες 3.20, 3.21, 3.22 για τις λεκάνες 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης αντίστοιχα, όπως προαναφέρθηκε κατά τον Strahler (1952):

- Αν $HI < 0,35$ έχουμε στάδιο γήρατος

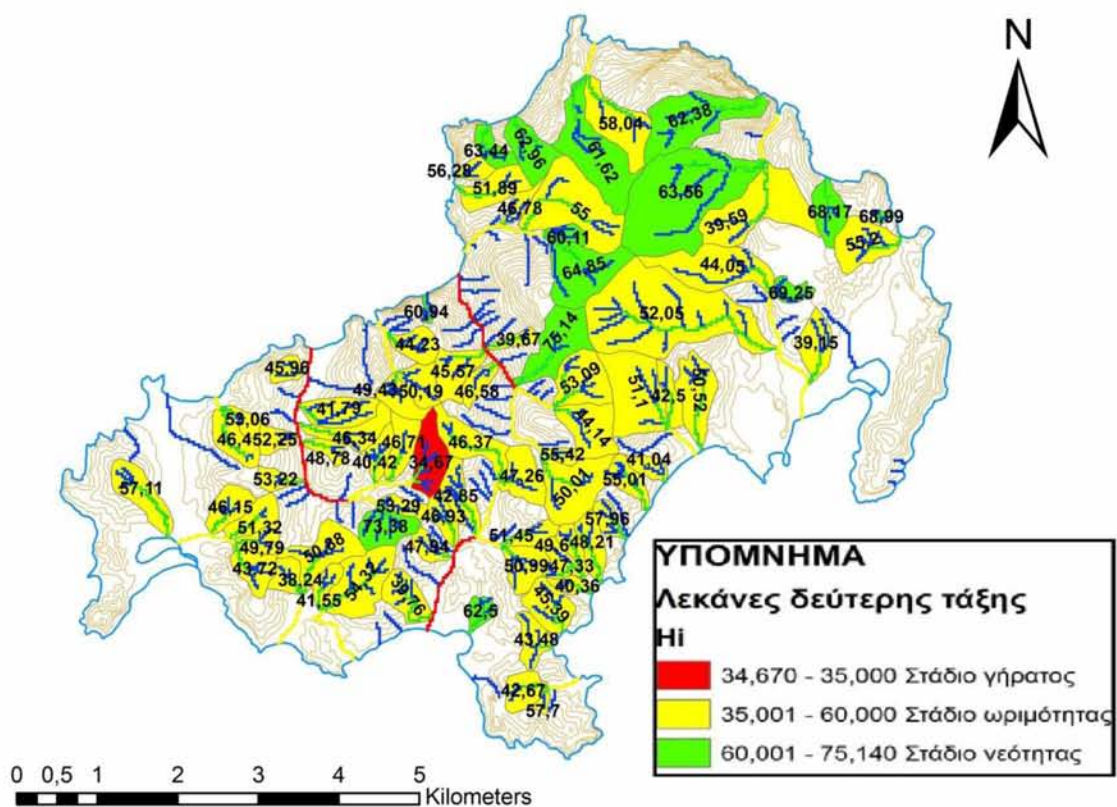
- Αν $0.35 < HI < 0.6$ έχουμε στάδιο ωριμότητας
- Αν $HI > 0.6$ έχουμε στάδιο νεότητας

Συνολικά στην περιοχή μελέτης, από τις 98 λεκάνες, οι 5 (5%) βρίσκονται σε στάδιο γήρατος, οι 78 (80%) σε στάδιο ωριμότητας και οι 15 (15%) σε στάδιο νεότητας. Η συνολική εικόνα του υψομετρικού ολοκληρώματος της περιοχής δίνεται γραφικά ως εξής (Διάγραμμα 3.1, Εικόνα 3.20, Εικόνα 3.21, Εικόνα 3.22):

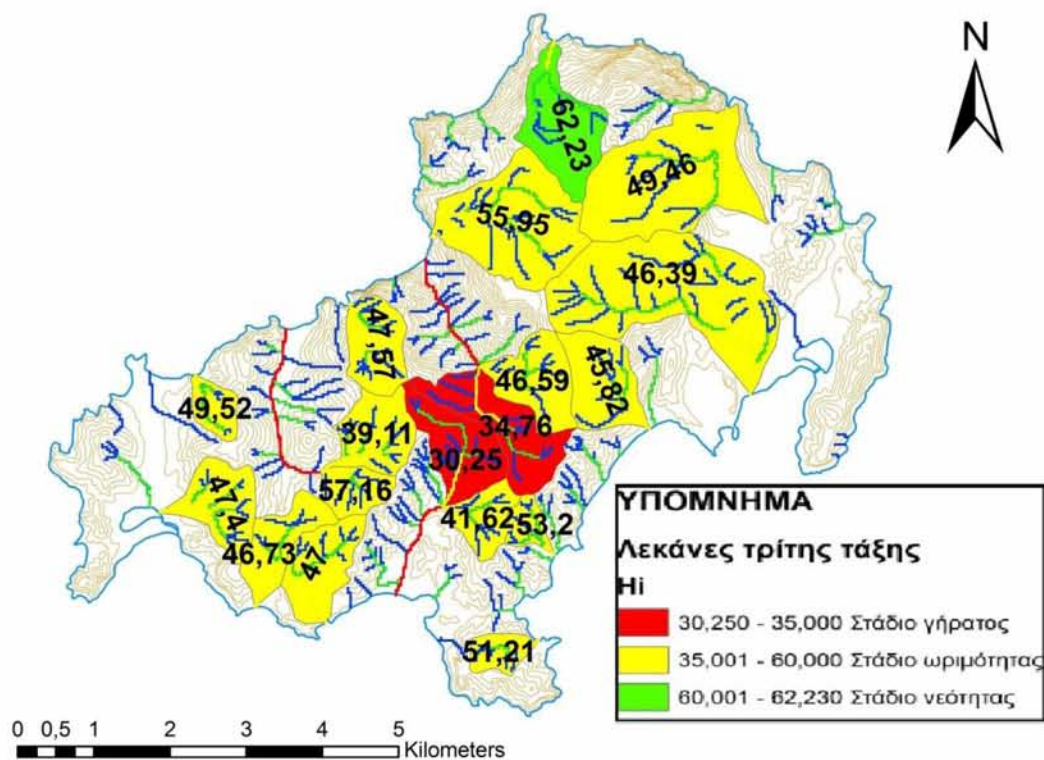


Διάγραμμα 3.1: Το υψομετρικό ολοκλήρωμα σε λεκάνες απορροής 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης της Ν.

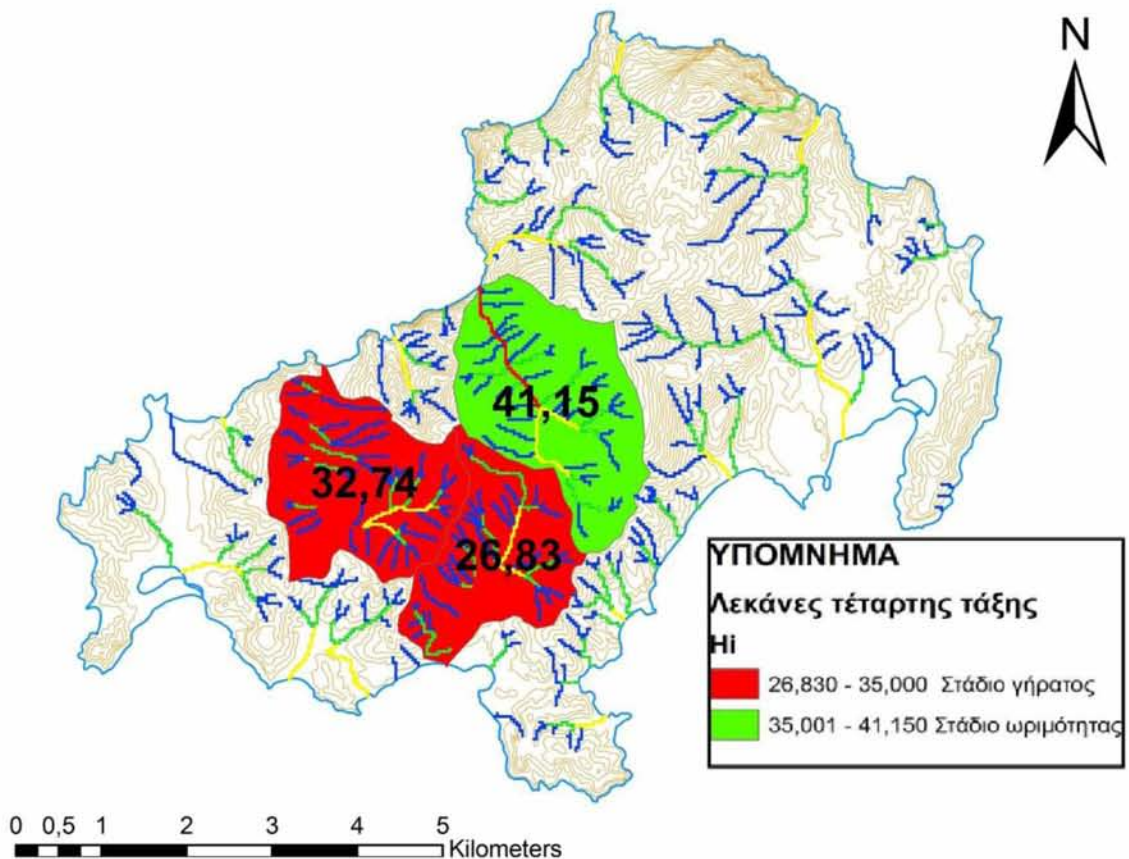
Σκιάθου



Εικόνα 3.20: Το υψομετρικό ολοκλήρωμα σε λεκάνες απορροής 2^{ης} τάξης, εκφρασμένο σε ποσοστό



Εικόνα 3.21: Το υψομετρικό ολοκλήρωμα σε λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης, εκφρασμένο σε ποσοστό.

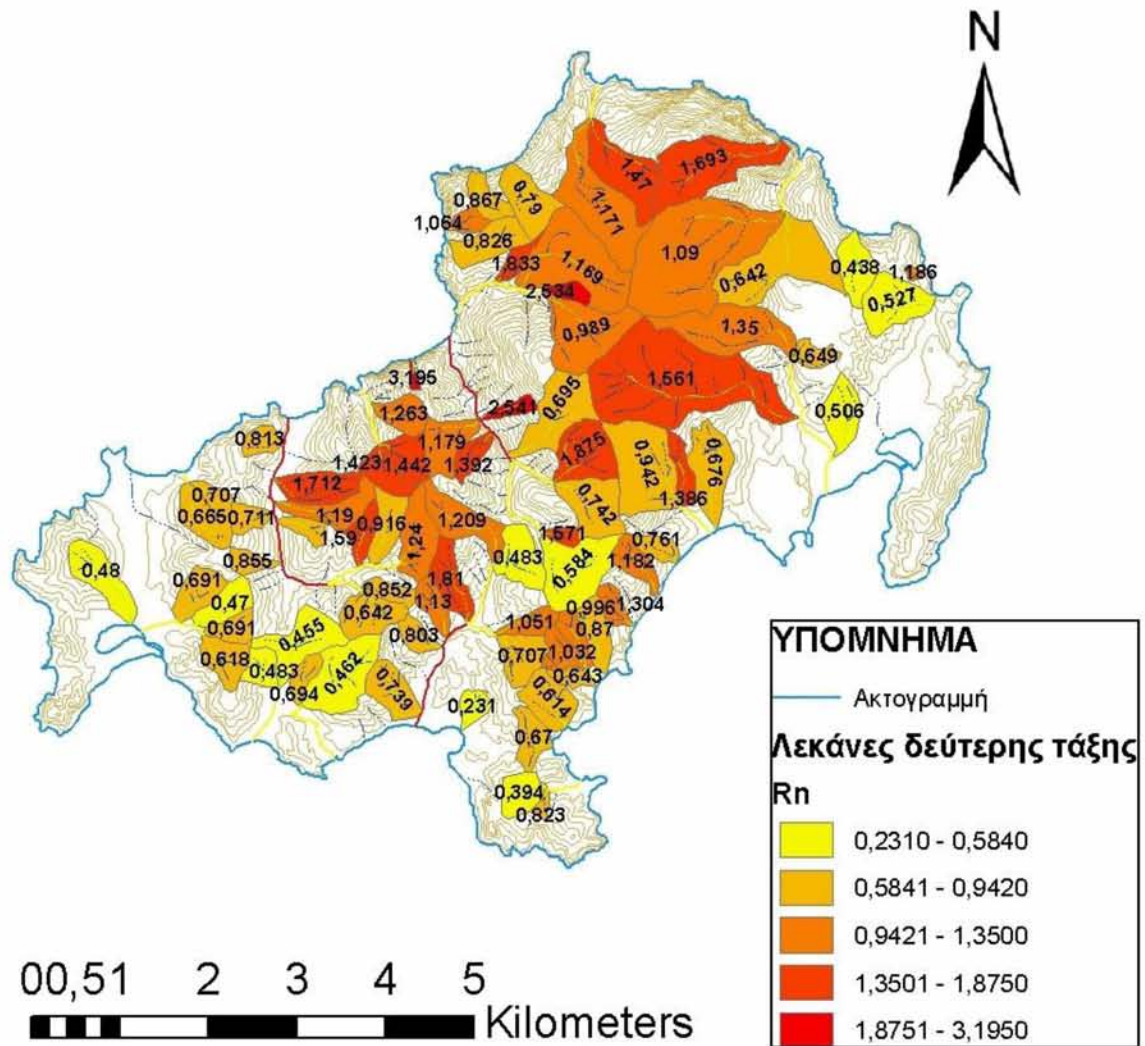


Εικόνα 3.22: Το υψομετρικό ολοκλήρωμα σε λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης εκφρασμένο σε ποσοστό

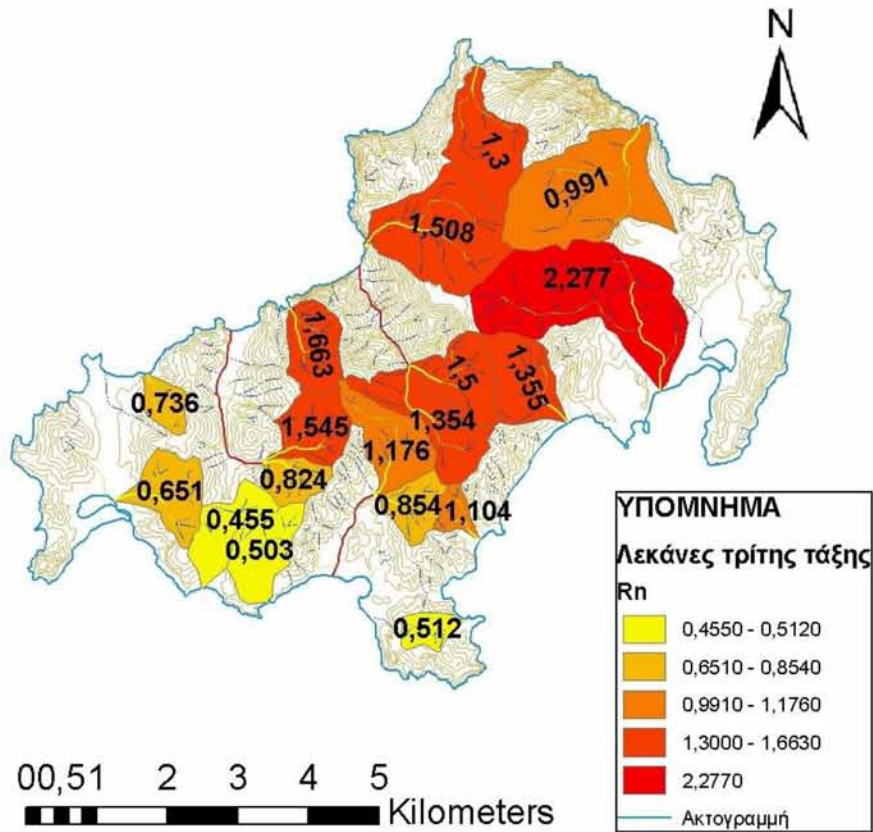
3.3.7 Τραχύτητα

Σύμφωνα με τον Strahler (1958) η τραχύτητα που είναι το γινόμενο της υδρογραφικής πυκνότητας (D) και του μέγιστου τοπικού αναγλύφου (H_{max}) της λεκάνης απορροής, $R_n = H_{max} * D$.

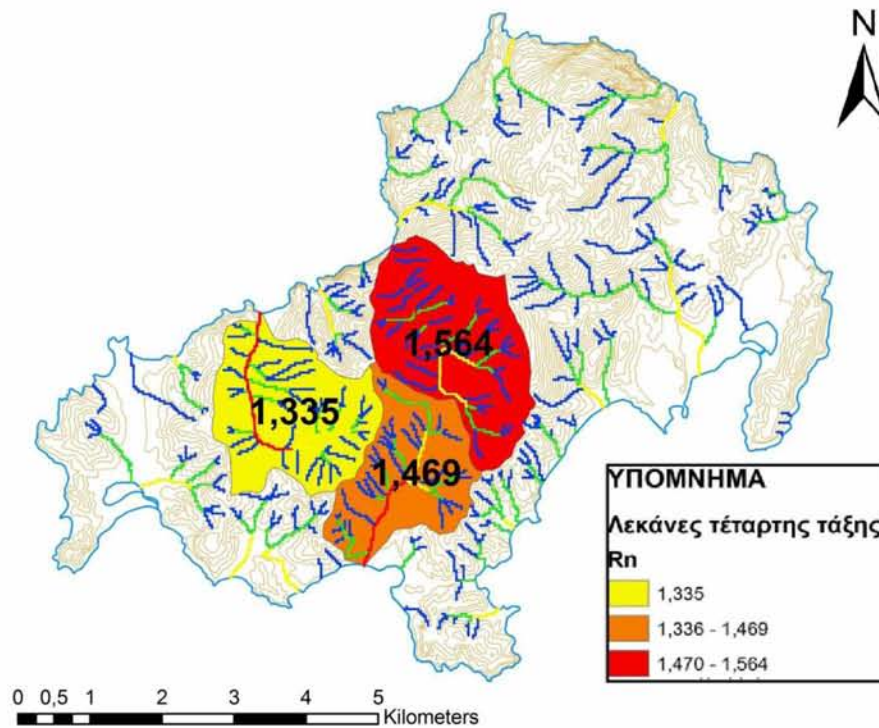
Υψηλές τιμές του R_n παρουσιάζουν οι περιοχές όπου οι τιμές H και D είναι μεγάλες, δηλαδή όταν οι κλιτύες δεν είναι μόνο απότομες, αλλά έχουν και μεγάλο μήκος. Στην περιοχή μελέτης υψηλότερες τιμές παρατηρούνται σε λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης (Εικόνα 3.25) με τιμές 1,33 – 1,56 ενώ χαμηλότερες στις λεκάνες 3^{ης} (Εικόνα 3.24) και 2^{ης} τάξης (Εικόνα 3.23) με τιμές 0,45 – 2,27 και 0,23 – 3,1 αντίστοιχα.



Εικόνα 3.23: Η Τραχύτητα σε λεκάνες απορροής 2^{ης} τάξης.



Εικόνα 3.24: Η Τραχύτητα σε λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης.



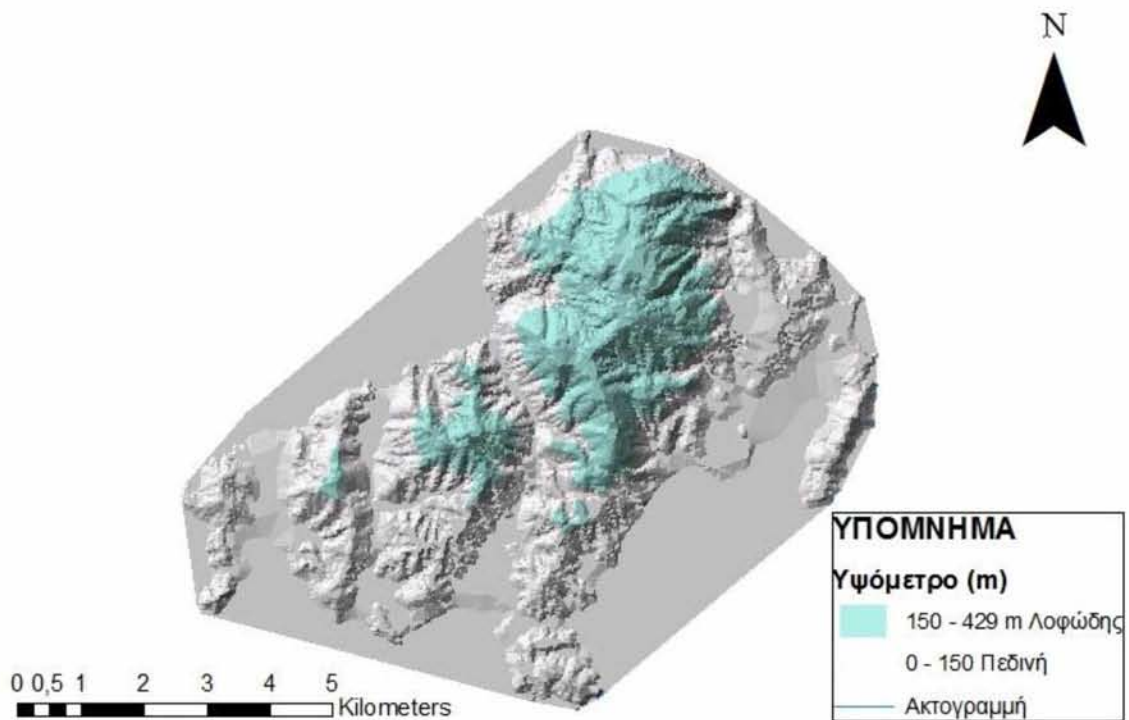
Εικόνα 3.25: Η Τραχύτητα σε λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης.

3.4 Ταξινόμηση αναγλύφου Σκιάθου

Το ανάγλυφο ταξινομείται κατά Dikau (1989) σύμφωνα με το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας ως εξής:

- <150m Πεδινή περιοχή
- 150-600m Λοφώδης περιοχή
- 600-900m Ημιορεινή περιοχή
- >900m Ορεινή

Σε συνδυασμό με τον παραπάνω πίνακα χαρακτηρισμού του αναγλύφου και τα υψομετρικά δεδομένα των ισοϋψών του νησιού, κατασκευάστηκε το TIN της περιοχής, η οποία διακρίνεται μόνο σε πεδινή και λοφώδη, επειδή το μέγιστο υψόμετρο είναι 429 m (Εικόνα 3.26).



Εικόνα 3.26: Το TIN της νήσου Σκιάθου

3.5 Κλίση αναγλύφου

Οι ποσοστιαίες κλίσεις του νησιού κατασκευάστηκαν με την προέκταση εφαρμογής 3D Analyst-slope (Εικόνα 3.28), έχοντας ως βάση δεδομένων το υψόμετρο των ισοϋψών καμπύλων του νησιού.

Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης κλίσεων πρανών της νήσου Σκιάθου, όπου παρατηρούμε μεγαλύτερες κλίσεις στο βορειοανατολικό καθώς και στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Σύμφωνα με το TIN στο βορειοανατολικό τμήμα υπάρχουν μεγάλες κλίσεις έως και 89,3%, με χαρακτηριστική την περιοχή Λαλάρια που βρίσκεται σ' αυτό το σημείο του νησιού (Εικόνα 3.27).

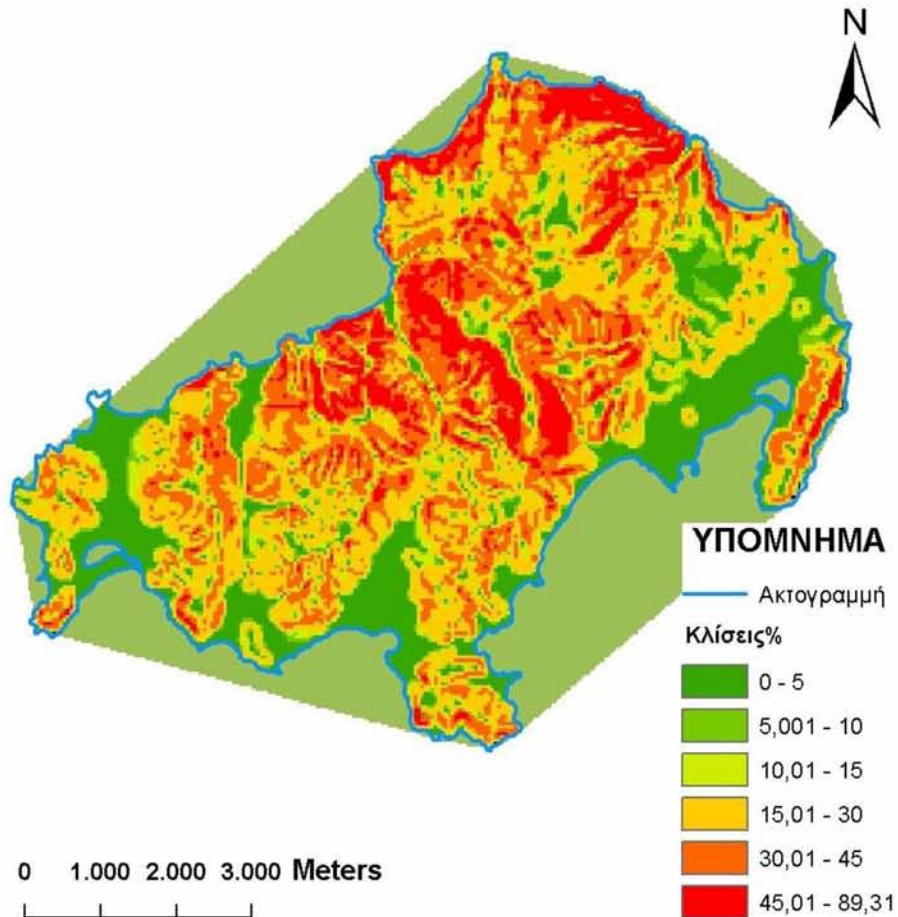


Εικόνα 3.27: Βορειοανατολική πλευρά Σκιάθου, περιοχή Λαλάρια

(<http://www.skiathos.gov.gr>)

Αντίθετα στο δυτικό τμήμα οι κλίσεις είναι μικρότερες. Η κλίση αποτελεί σημαντική παράμετρο στις διεργασίες διάβρωσης του εδάφους. Όσο μεγαλύτερη είναι η

κλίση τόσο μεγαλύτερη και η ταχύτητα που αποκτούν τα φερτά υλικά λόγω της βαρύτητας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η στερεοπαροχή και να παρασύρονται ευκολότερα από τις βροχοπτώσεις (Εικόνα 3.28).



Εικόνα 3.28: Ποσοστιαίες κλίσεις πρηνών Ν.Σκιάθου

3.6 Μέσο υψόμετρο H_m λεκανών απορροής και Μέση κλίση λεκάνης J

Το μέσο υψόμετρο H_m κάθε λεκάνης απορροής βρέθηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$H_m = \frac{\Sigma(I \cdot H)}{\Sigma I}$$

Οπου:

- H_m : μέσο υψόμετρο (km)
- H : υψόμετρο χωροσταθμικών (km)

- I: Μήκος χωροσταθμικών (km)
- ΣΙ: Συνολικό μήκος χωροσταθμικών (km)

Μεθοδολογία:

Το ΣΙ βρέθηκε για κάθε λεκάνη έπειτα από υπολογισμούς σε φύλλο εργασίας excel όπου τα δεδομένα μήκους κάθε χωροσταθμικής προήλθαν από την εφαρμογή του προγράμματος ArcMap, ArcToolbox-Analysis Tools-Clip. Με αυτή την εντολή οι χωροσταθμικές που βρίσκονταν σε κάθε λεκάνη περικόπηκαν σύμφωνα με την επιφάνεια που κάλυπτε η εκάστοτε λεκάνη απορροής ώστε να υπολογιστεί το μήκος της κάθε χωροσταθμικής χωριστά. Στο φύλλο εργασίας excel προστέθηκαν τα μήκη των χωροσταθμικών με τη συνάρτηση SUM και έπειτα εφαρμόστηκε ο παραπάνω τύπος όπου χρησιμοποιήθηκε η ισοδιάσταση 0,02 km αφού οι ισοϋψείς του τοπογραφικού χάρτη ήταν ανά 20 m. Τέλος μετατράπηκαν τα km που δίνει ως αποτέλεσμα ο τύπος σε m.

Μέση κλίση λεκάνης (J%): Οι κλίσεις που επικρατούν σε μία λεκάνη παρουσιάζουν έντονες εναλλαγές σύμφωνα και με το τροποποιημένο ψηφιακό μοντέλο κλίσεων παραπάνω. Γι αυτό υπολογίζουμε μία αντιπροσωπευτική τιμή, τη μέση κλίση, δηλαδή το μέσο όρο των κλίσεων που επικρατούν σε σχέση με την έκταση που αυτές καταλαμβάνουν. Σύμφωνα με τον τύπο:

$$J\% = \frac{\Delta H \cdot \Sigma I}{F}$$

Όπου:

J: μέση κλίση της λεκάνης (%), ΔH: ισοδιάσταση των χωροσταθμικών (km), ΣΙ: συνολικό μήκος χωροσταθμικών (km), F: εμβαδό λεκάνης

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η ίδια του μέσου υψομέτρου με τη διαφορά ότι το εμβαδό βρέθηκε για κάθε ψηφιοποιημένη λεκάνη με την εντολή “Area “.

3.6.1 Αποτελέσματα μέσου υψομέτρου ανά λεκάνη και μέσης κλίσης ανά λεκάνη

Στη συνέχεια παρατίθενται αναλυτικά τα στοιχεία του μέσου υψομέτρου Hm και της μέσης κλίσης J ανά λεκάνη 2^{ης}, 3^{ης}, 4^{ης} τάξης.

Πίνακας 3.9: Μέσο υψόμετρο και-μέση κλίση ανά υδρολογική λεκάνη

Αριθμός Λεκάνης	Μέσο υψόμετρο (m)	Μέση κλίση λεκάνης (%)	Αριθμός Λεκάνης	Μέσο υψόμετρο (m)	Μέση κλίση λεκάνης (%)	Αριθμός Λεκάνης	Μέσο υψόμετρο (m)	Μέση κλίση λεκάνης (%)
2.1	294,68	33,86	2.34	105,21	35,05	2.67	52,77	27,18
2.2	164,96	40,27	2.35	105,35	41,69	2.68	51,32	26,38
2.3	114,83	42,44	2.36	78,00	35,91	2.69	69,44	28,95
2.4	87,80	47,31	2.37	130,35	41,92	2.70	55,92	30,55
2.5	113,65	37,34	2.38	163,17	43,14	2.71	61,78	31,92
2.6	261,60	41,31	2.39	173,69	42,37	2.72	68,38	31,39
2.7	106,64	63,97	2.40	107,03	31,54	2.73	79,69	31,07
2.8	94,80	32,40	2.41	104,97	40,91	2.74	203,67	53,46
2.9	59,97	24,31	2.42	128,82	53,00	2.75	205,44	53,75
2.10	74,74	40,22	2.43	149,26	48,78	2.76	144,01	33,52
2.11	73,57	36,35	2.44	233,61	42,99	2.77	87,47	33,78
2.12	20,00	17,01	2.45	166,87	50,77	3.1	92,61	33,14
2.13	54,41	33,30	2.46	150,82	36,92	3.2	99,59	38,55
2.14	47,39	31,99	2.47	193,26	44,96	3.3	149,69	40,58
2.15	66,26	35,52	2.48	244,74	48,86	3.4	137,38	37,94
2.16	39,96	23,94	2.49	150,25	48,76	3.5	198,33	46,50
2.17	78,90	38,42	2.50	132,56	45,07	3.6	229,96	42,64
2.18	73,76	34,08	2.51	308,36	38,52	3.7	266,96	36,33
2.19	80,57	38,85	2.52	226,60	44,91	3.8	212,18	39,24
2.20	90,77	40,24	2.53	282,15	38,52	3.9	190,66	31,37
2.21	71,82	40,65	2.54	134,19	32,91	3.10	175,05	42,82
2.22	206,27	45,65	2.55	45,67	15,88	3.11	82,45	37,46
2.23	76,79	37,96	2.56	207,91	32,98	3.12	51,72	31,42
2.24	227,35	40,78	2.57	113,64	40,02	3.13	86,43	30,77
2.25	67,34	29,98	2.58	86,71	40,89	3.14	110,64	34,43
2.26	49,67	42,32	2.59	66,89	30,59	3.15	62,51	28,47
2.27	83,17	32,72	2.60	103,11	34,69	3.16	62,15	26,19
2.28	286,51	39,13	2.61	84,01	32,50	3.17	68,73	31,30
2.29	267,60	47,32	2.62	88,00	31,53	3.18	153,18	52,24
2.30	94,59	38,55	2.63	159,51	41,78	4.1	164,17	43,65
2.31	61,48	40,02	2.64	102,85	36,08	4.2	86,38	31,12
2.32	110,95	29,75	2.65	85,57	37,10	4.3	105,43	34,88
2.33	122,52	35,66	2.66	67,82	39,75			

3.7 Αποτελέσματα μεθόδου Gavrilovic στη Σκιάθου

3.7.1 Αποτελέσματα συντελεστή είδους φυτοκάλυψης X της μεθόδου Gavrilovic

Πίνακας 3.10: Σύγκριση χρήσεων γης Corine με το συντελεστή X εδαφικής κάλυψης Gavrilovic

Cod	Ονοματολογία Corine σε χρήσεις γης της Σκιάθου	Μετάφραση	Συντελεστής X Gavrilovic
124	Airports	Αεροδρόμια	1
311	Broad-leaved forest	Δάσος πλατύφυλλων	0,05
242	Complex cultivation patterns	Σύνθετες καλλιέργειες	0,8
312	Coniferous forest	Δάσος κωνοφόρων	0,2
112	Discontinuous urban fabric	Ασυνεχής αστικός ιστός	1
243	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vege	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	0,8
313	Mixed forest	Μικτό δάσος	0,05
321	Natural grassland	Φυσικοί βοσκότοποι	0,6
223	Olive groves	Ελαιώνες	0,8
323	Sclerophyllous vegetation	Σκληροφυλλική βλάστηση	0,3
333	Sparsely vegetated areas	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	0,8
324	Transitional woodland-shrub	Μεταβατικές δασώσεις και θαμνώδεις εκτάσεις	0,5

Για να υπολογιστούν οι τιμές του συντελεστή εδαφικής κάλυψης X κατά Gavrilovic, επεξεργαστήκαμε την περιοχή μελέτης και συσχετίσαμε το shapefiles των λεκανών απορροής με τις χρήσεις γης Corine (Πίνακας 3.10), με την εντολή Clip που βρίσκεται στο Toolbox του λογισμικού Arc Map. Έπειτα υπολογίσαμε την έκταση των

δεδομένων χρήσης γης ανά λεκάνη απορροής και ύστερα από μεταφορά των δεδομένων αυτών σε φύλλο εργασίας excel, συνήγαμε τα ποσοστά χρήσης γης ανά λεκάνη απορροής. Εκτιμήθηκε μια σταθμισμένη τιμή (ανά υδρολογική λεκάνη) του συντελεστή εδαφικής κάλυψης X (Πίνακας 3.11) από την εξίσωση:

$$X = \Pi_1 \times X_1 + \Pi_2 \times X_2 + \Pi_3 \times X_3 + \Pi_4 \times X_4 + \Pi_n \times X_n$$

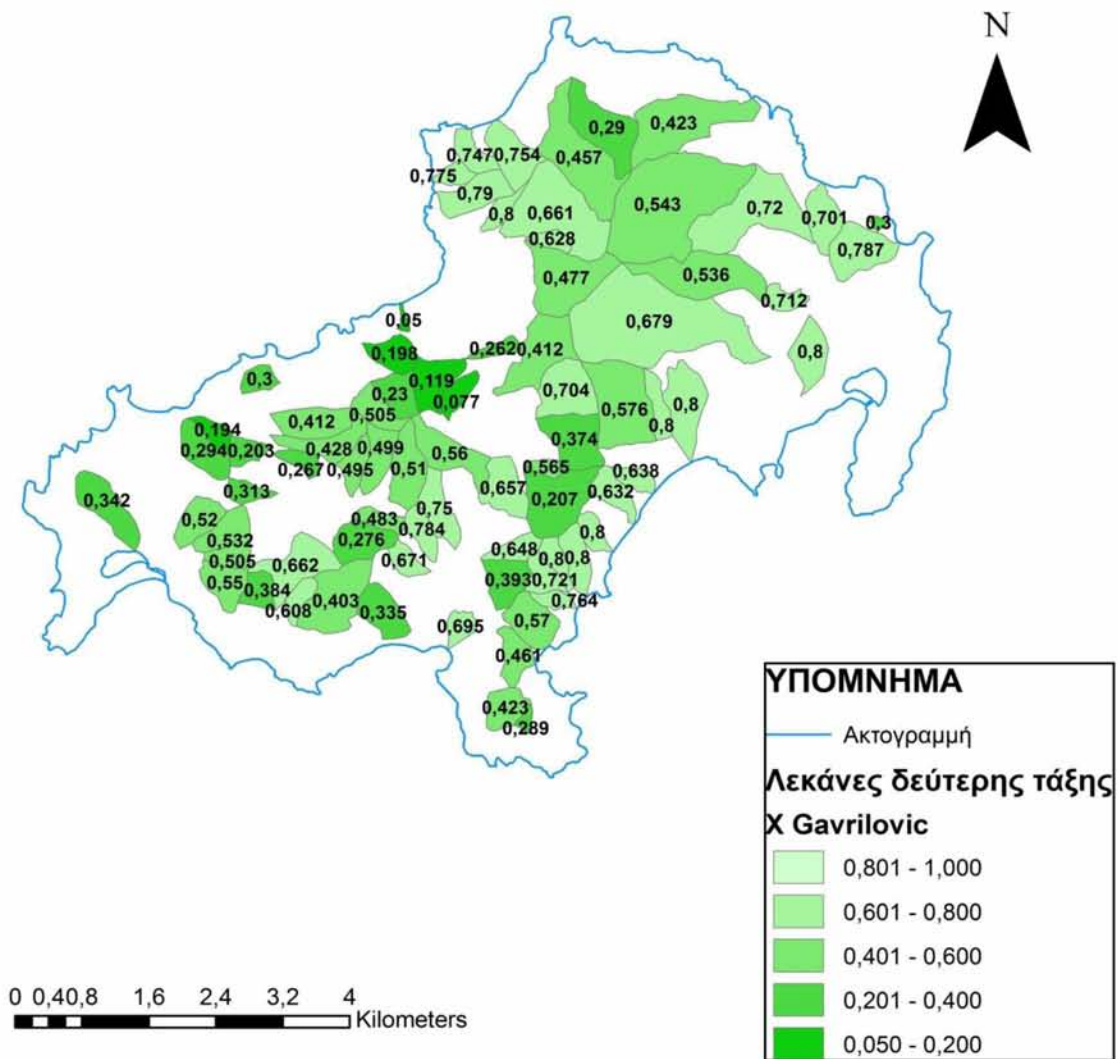
Η ίδια εξίσωση ακολουθείται και στην εύρεση των υπόλοιπων συντελεστών Gavrilovic (Y, φ) σε επίπεδο λεκάνης απορροής (Γιακουμάκης & Γεωργιάδου 2005) όπου:

- $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$, τα ποσοστά εδαφικής κάλυψης
- X_1, X_2, X_3, X_4 , οι επιμέρους συντελεστές X εδαφικής κάλυψης

Πίνακας 3.11: Τιμές συντελεστή X ανά Λεκάνη απορροής

ID	Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής X Gavrilovic	ID	Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής X Gavrilovic	ID	Αριθμός Λεκάνης r	Συντελεστής X Gavrilovic
1	2.1	0,457	34	2.34	0,313	67	2.67	0,608
2	2.2	0,754	35	2.35	0,203	68	2.68	0,662
3	2.3	0,747	36	2.36	0,267	69	2.69	0,384
4	2.4	0,775	37	2.37	0,495	70	2.70	0,550
5	2.5	0,790	38	2.38	0,499	71	2.71	0,520
6	2.6	0,661	39	2.39	0,510	72	2.72	0,532
7	2.7	0,050	40	2.40	0,483	73	2.73	0,505
8	2.8	0,294	41	2.41	0,276	74	2.74	0,230
9	2.9	0,342	42	2.42	0,198	75	2.75	0,207
10	2.10	0,505	43	2.43	0,262	76	2.76	0,712
11	2.11	0,403	44	2.44	0,412	77	2.77	0,750
12	2.12	0,695	45	2.45	0,119	78	3.1	0,159
13	2.13	0,423	46	2.46	0,565	79	3.2	0,360
14	2.14	0,461	47	2.47	0,374	80	3.3	0,491
15	2.15	0,570	48	2.48	0,704	81	3.4	0,601
16	2.16	0,764	49	2.49	0,077	82	3.5	0,405
17	2.17	0,721	50	2.50	0,800	83	3.6	0,477
18	2.18	0,800	51	2.51	0,477	84	3.7	0,371
19	2.19	0,800	52	2.52	0,628	85	3.8	0,612
20	2.20	0,632	53	2.53	0,290	86	3.9	0,683
21	2.21	0,638	54	2.54	0,720	87	3.10	0,641
22	2.22	0,576	55	2.55	0,800	88	3.11	0,758
23	2.23	0,800	56	2.56	0,536	89	3.12	0,480
24	2.24	0,679	57	2.57	0,800	90	3.13	0,532
25	2.25	0,787	58	2.58	0,800	91	3.14	0,481
26	2.26	0,300	59	2.59	0,289	92	3.15	0,573
27	2.27	0,701	60	2.60	0,648	93	3.16	0,506
28	2.28	0,543	61	2.61	0,393	94	3.17	0,540
29	2.29	0,423	62	2.62	0,657	95	3.18	0,208
30	2.30	0,194	63	2.63	0,560	96	4.1	0,357
31	2.31	0,300	64	2.64	0,784	97	4.2	0,622
32	2.32	0,412	65	2.65	0,671	98	4.3	0,423
33	2.33	0,428	66	2.66	0,335			

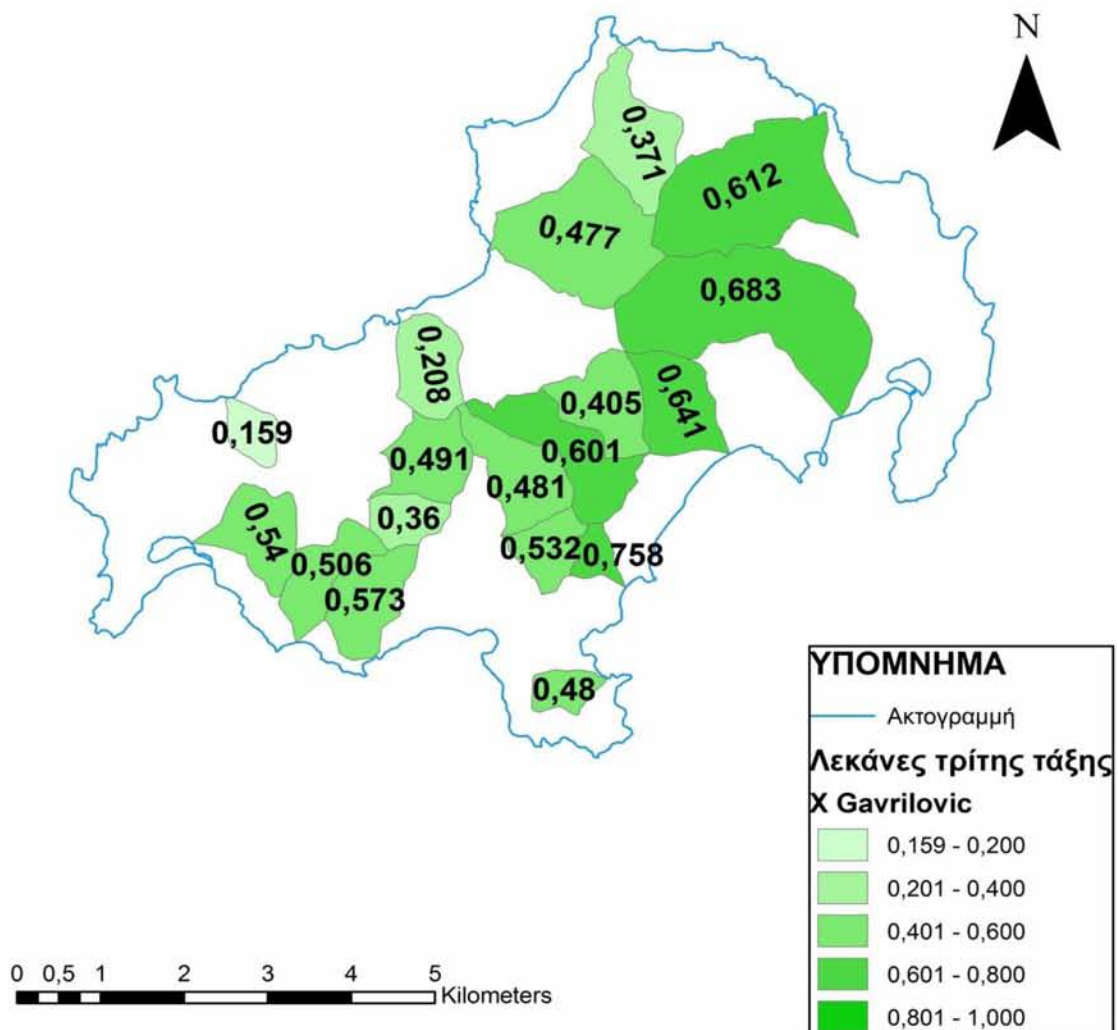
Ακολουθεί η γραφική αναπαράσταση των παραπάνω τιμών σε χάρτες για τις λεκάνες απορροής δεύτερης τρίτης και τέταρτης τάξης.



Εικόνα 3.29. Γραφική αναπαράσταση συντελεστή εδαφικής κάλυψης X Gavrilovic σε λεκάνες απορροής δεύτερης τάξης.

Στις λεκάνες δεύτερης τάξης (εικόνα 3.29) της περιοχής μελέτης διακρίνεται, ανομοιομορφία στη συμβολή της φυτοκάλυψης στην αντίσταση των πετρωμάτων. Επιπρόσθετα διαφαίνεται ότι σε γενικές γραμμές σε χαμηλότερα υψόμετρα η αντίσταση

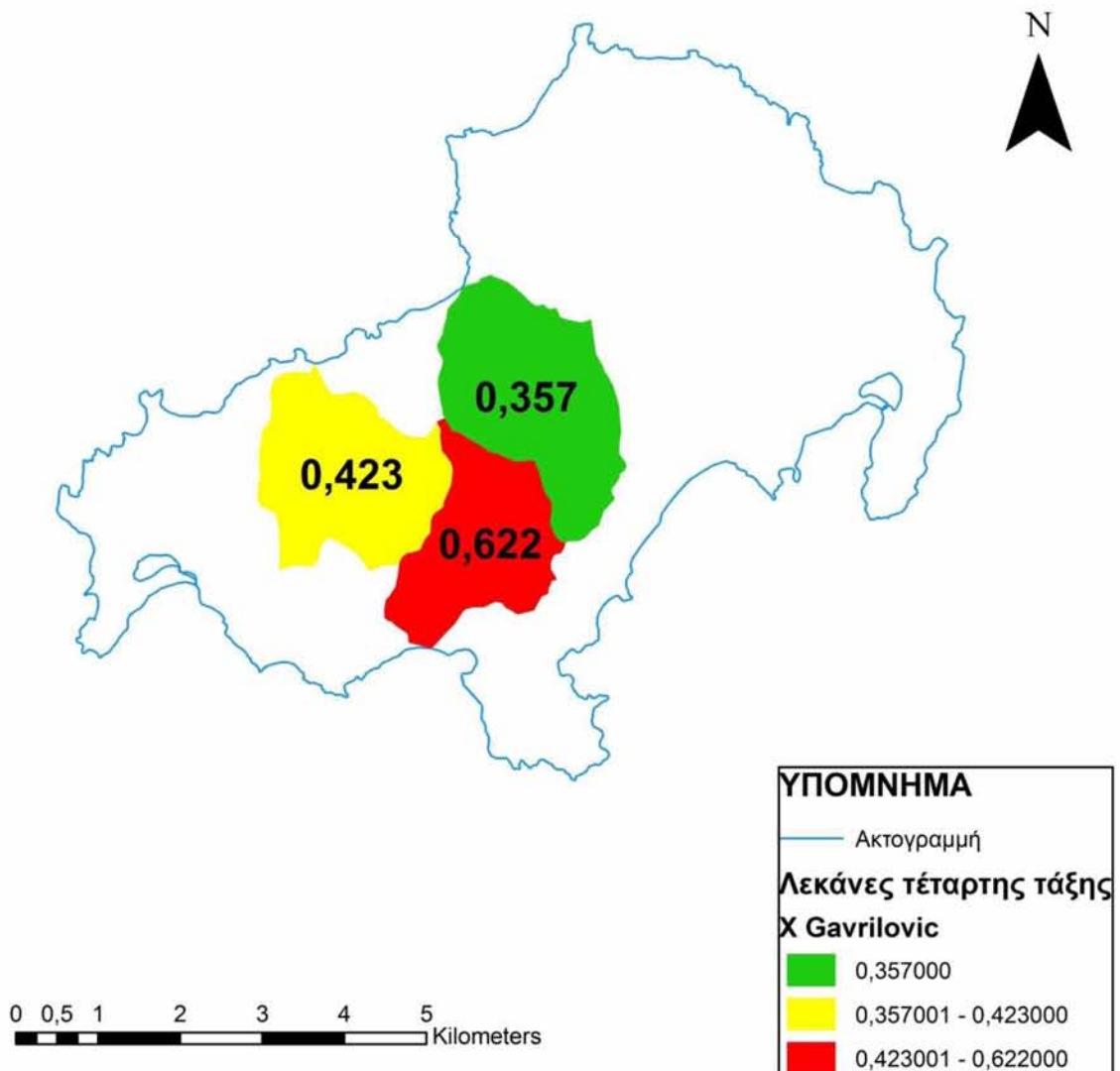
της βλάστησης της περιοχής είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι σε υψηλότερα. Αυτό οφείλεται είτε σε πυκνότερη βλάστηση είτε σε μορφή φυτοκάλυψης με χαμηλότερο συντελεστή, παρόλη την ανομοιομορφία. Στο κεντρικό τμήμα του νησιού είναι εμφανής η έλλειψη λόγω της πυρκαγιάς του Ιουλίου 2007, στις περιοχές Παναγιά Κουνίστρα, Τρούλος, Κολιός και Αγία Παρασκευή.



Εικόνα 3.30. Γραφική αναπαράσταση συντελεστή εδαφικής κάλυψης X Gavriloc σε λεκάνες απορροής τρίτης τάξης.

Στις λεκάνες απορροής τρίτης τάξης (εικόνα 3.30), παρατηρούμε ότι στο νότιο

καθώς και στο ανατολικό τμήμα του νησιού ο συντελεστής αντίστασης είναι μεγαλύτερος απ' ό τι στο βόρειο και δυτικό τμήμα. Συνεπώς το νότιο και ανατολικό τμήμα έχουν μεγαλύτερη αντίσταση κατά της διάβρωσης από τη βλάστηση από το βόρειο και δυτικό.



Εικόνα 3.31: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή εδαφικής κάλυψης X Gavrilovic σε λεκάνες απορροής τέταρτης τάξης.

Στις λεκάνες απορροής τετάρτης τάξης (εικόνα 3.31) οι τιμές των συντελεστών είναι υψηλές. Αυτό σημαίνει ότι η φυτοκάλυψη δεν επαρκεί για την αντίσταση στη διάβρωση. Η λεκάνη απορροής 4,2 με συντελεστή 0,622 και η λεκάνη απορροής 4.3 με συντελεστή 0,423 έχουν υψηλότερες τιμές από την 4.1.

3.7.2 Αποτελέσματα συντελεστής γεωλογικού υποθέματος Y της μεθόδου Gavrilovic

Στον Πίνακα 3.12 δίνονται τα πετρώματα που απαντώνται στην περιοχή μελέτης και οι συντελεστές Y της εξίσωσης Gavrilovic

Πίνακας 3.12: Συσχέτιση πετρωμάτων με συντελεστή Gavrilovic Y

1.Γεωλογικό υπόθεμα Σκιάθου			
Επιστημονική ονομασία	Μετάφραση	Σύμβολο	Συντ. Gavrilovic
Serpentinities	Σερπεντινίτες	σ	1,1
Mica schists	Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι	sch.mi	1,2
Marbles	Μάρμαρα	T _m J _{mr}	0,3
Crystalline basement	Κρυσταλικό υπόβαθρο	Pz.gn.sch	1
Limestones	Ασβεστόλιθοι	K ₂ k	0,3
Recrystalized limestones to marbles	Ανακρυσταλωμένοι ασβεστόλιθοι ως μάρμαρα	K.mr	0,4
Alluvial deposits	Αλλουβιακές αποθέσεις	al	1,7

(Milevski 2005)

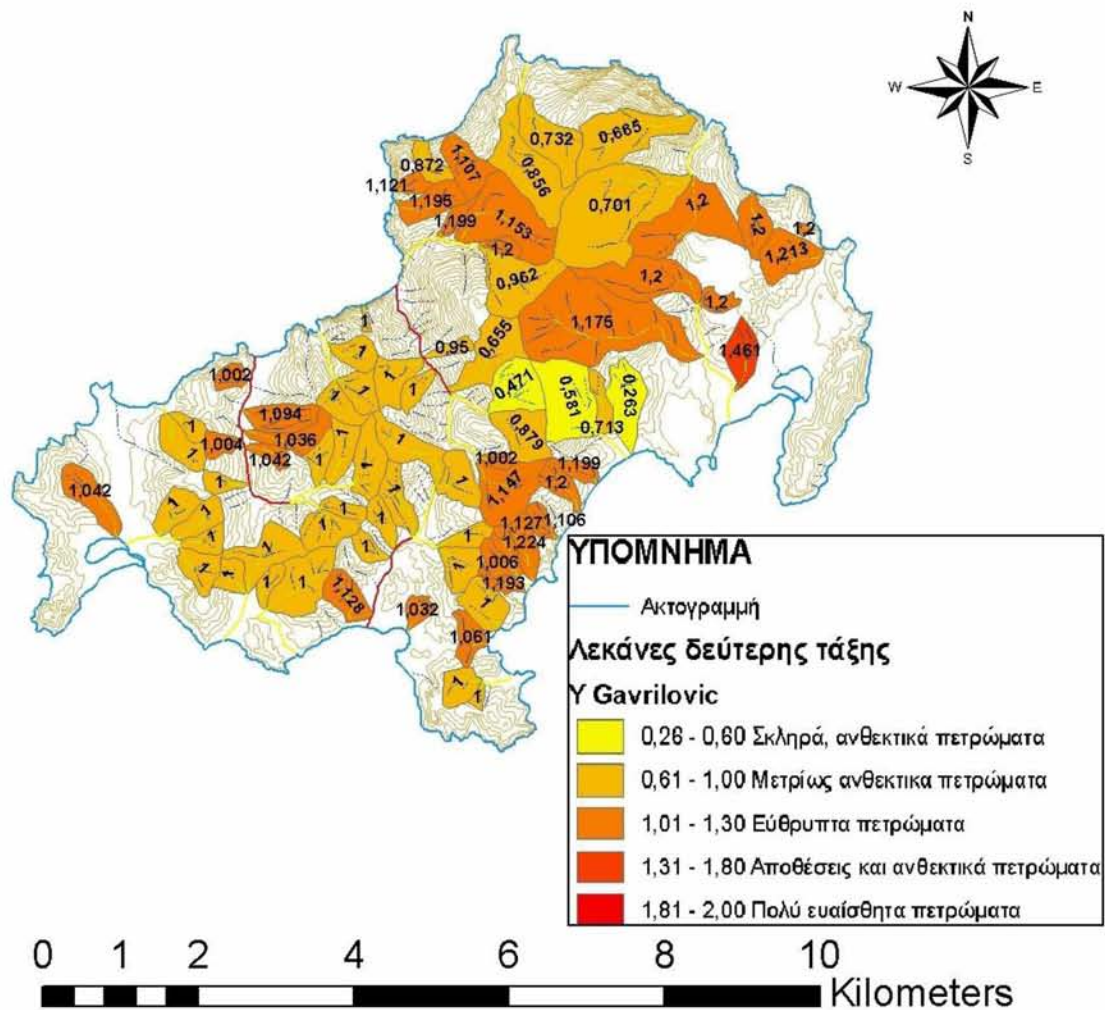
Αιτιολόγηση συσχέτισης πετρωμάτων με συντελεστή Y Gavrilovic:

1. Σερπεντινίτες (1,1): Επειδή είναι πολύ διαβρώσιμα πετρώματα και διαλύονται στην επιφάνεια του εδάφους.

2. **Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι (sch.mi) (1,2):** Χαρακτηρίζονται ως εύθραπτα πετρώματα.
3. **Μάρμαρα (TmJmr) (0,3):** στο πρωτότυπο μοντέλο Δυναμικής Μεθόδου διάβρωσης EPM (Erosion Potential Method), Μάρμαρα και Ασβεστόλιθοι εισάγονται στο μοντέλο με δείκτη περίπου 0,9. Αυτό είναι πολύ ανακριβές, επειδή αυτά τα βράχια είναι πολύ σταθερά σε αντίθεση με Σερπεντινίτες, Σχιστόλιθους, Κρυσταλλικό υπόβαθρο και ιζήματα. Για το λόγο αυτό λαμβάνονται με τιμή ίση με 0,3.
4. **Κρυσταλλικό υπόβαθρο (Pz.gn.sch) (1,0):** Έχει χαρακτηριστικά μέτρια διαβρώσιμου πετρώματος.
5. **Ασβεστόλιθοι (K₂k) (0,3):** Πολύ σκληροί και συμπαγείς βράχοι, αλλά ασθενείς σε μηχανική και χημική διάβρωση (1 mm/500-1000yr).
6. **Ανακρυσταλωμένοι ασβεστόλιθοι ως μάρμαρα (K.mr) (0,4):** έχουν παρόμοια αντίσταση διάβρωσης με μάρμαρα.
7. **Αλλουβιακές αποθέσεις (al) (1,7):** πολύ διαβρώσιμα κλαστικά* πετρώματα (Milevski 2005)

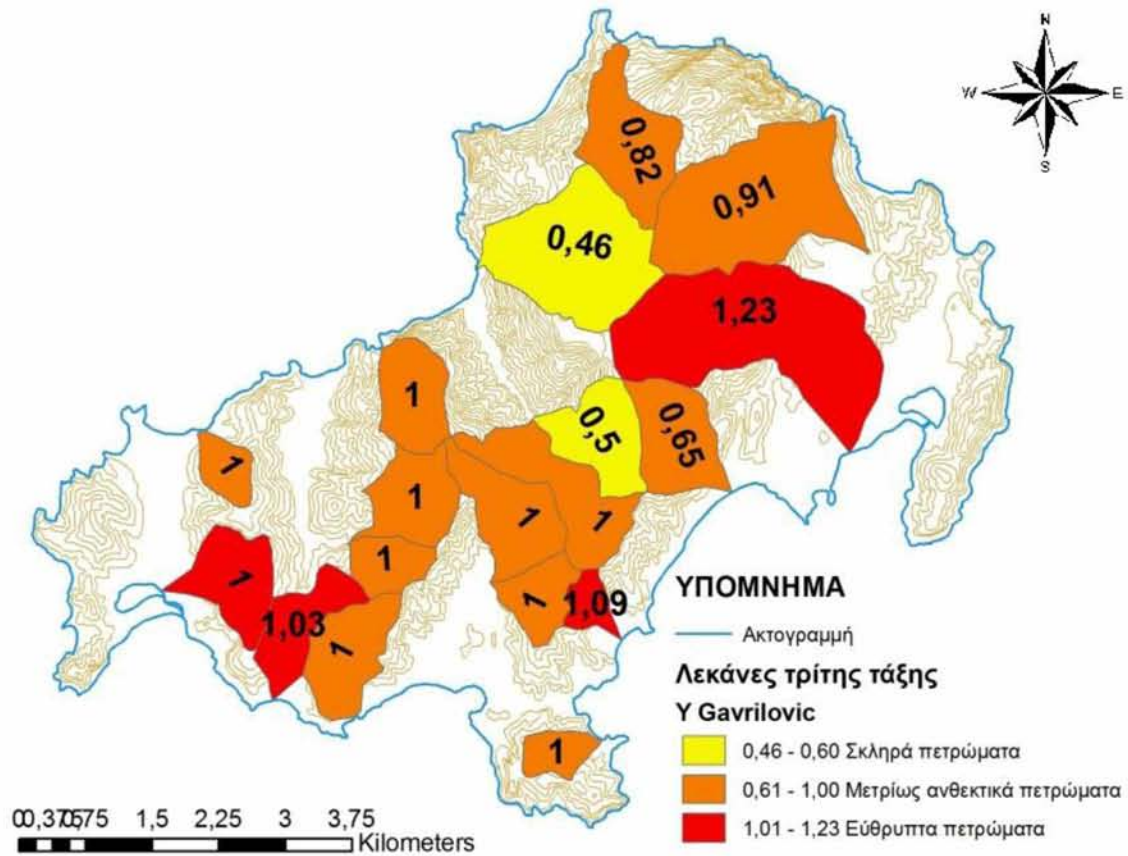
Πίνακας 3.13: Συντελεστής γεωλογικού υποθέματος Υ ανά λεκάνη απορροής

ID	Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής Υ Gavrilovic	ID	Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής Υ Gavrilovic	ID	Αριθμός Λεκάνης r	Συντελεστής Υ Gavrilovic
1	2.1	0,86	34	2.34	1,00	67	2.67	1,13
2	2.2	1,11	35	2.35	1,00	68	2.68	1,00
3	2.3	0,87	36	2.36	1,04	69	2.69	1,00
4	2.4	1,12	37	2.37	1,00	70	2.70	1,00
5	2.5	1,20	38	2.38	1,00	71	2.71	1,00
6	2.6	1,15	39	2.39	1,00	72	2.72	1,00
7	2.7	1,00	40	2.40	1,00	73	2.73	1,00
8	2.8	1,00	41	2.41	1,00	74	2.74	1,00
9	2.9	1,04	42	2.42	1,00	75	2.75	1,00
10	2.10	1,00	43	2.43	0,95	76	2.76	1,15
11	2.11	1,00	44	2.44	0,66	77	2.77	1,20
12	2.12	1,03	45	2.45	1,00	78	3.1	1,00
13	2.13	1,00	46	2.46	1,00	79	3.2	1,00
14	2.14	1,06	47	2.47	0,88	80	3.3	1,00
15	2.15	1,00	48	2.48	0,47	81	3.4	1,00
16	2.16	1,19	49	2.49	1,00	82	3.5	0,50
17	2.17	1,01	50	2.50	1,20	83	3.6	0,46
18	2.18	1,22	51	2.51	0,96	84	3.7	0,82
19	2.19	1,11	52	2.52	1,20	85	3.8	0,91
20	2.20	1,20	53	2.53	0,73	86	3.9	1,23
21	2.21	1,20	54	2.54	1,20	87	3.10	0,65
22	2.22	0,58	55	2.55	1,46	88	3.11	1,09
23	2.23	0,26	56	2.56	1,20	89	3.12	1,00
24	2.24	1,17	57	2.57	0,71	90	3.13	1,00
25	2.25	1,21	58	2.58	1,13	91	3.14	1,00
26	2.26	1,20	59	2.59	1,00	92	3.15	1,00
27	2.27	1,20	60	2.60	1,00	93	3.16	1,03
28	2.28	0,70	61	2.61	1,00	94	3.17	1,00
29	2.29	0,66	62	2.62	1,00	95	3.18	1,00
30	2.30	1,00	63	2.63	1,00	96	4.1	0,89
31	2.31	1,00	64	2.64	1,00	97	4.2	1,03
32	2.32	1,09	65	2.65	1,00	98	4.3	1,04
33	2.33	1,04	66	2.66	1,00			



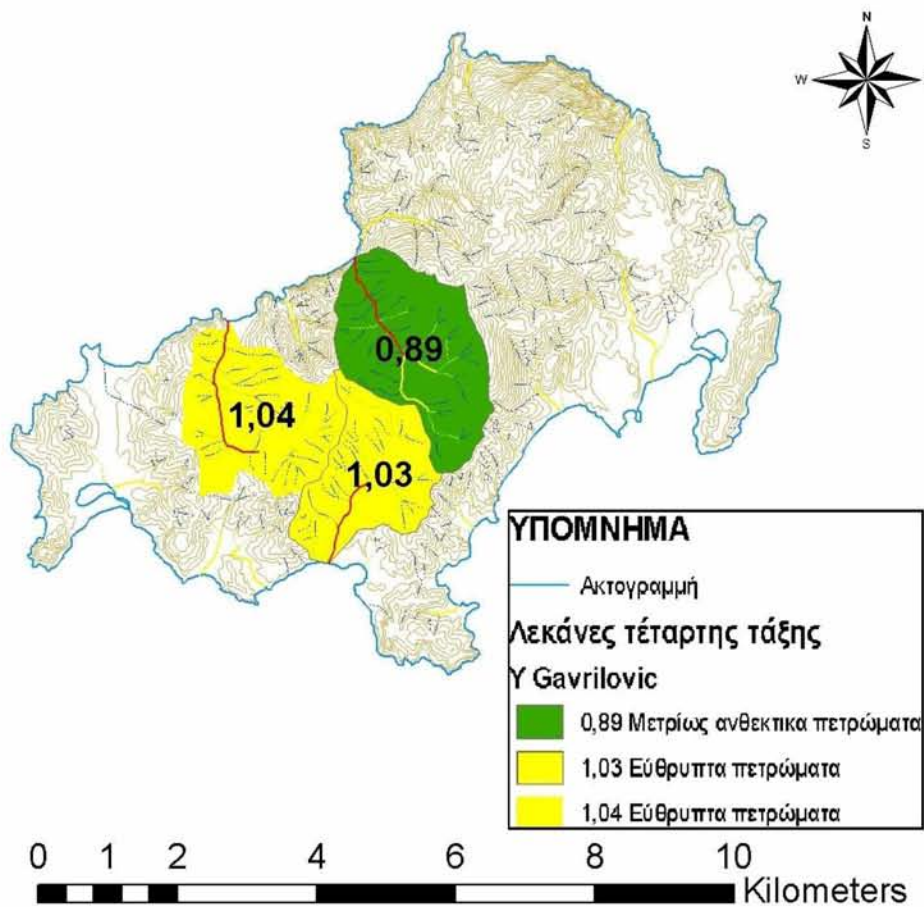
Εικόνα 3.32: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή γεωλογικού υποθέματος Υ σε λεκάνες 2^{ης} τάξης

Από το χάρτη (Εικόνα 3.32) συμπεραίνουμε ότι στα υψηλότερα σημεία του νησιού υψομετρικά επικρατούν σε γενικές γραμμές εύθραπτα πετρώματα. Τα σκληρότερα δε πετρώματα βρίσκονται κοντά στην πόλη της Σκιάθου και καθώς και πιο βόρεια σε περιορισμένες ποσότητες. Στις περισσότερες λεκάνες που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο, τα περισσότερα πετρώματα που επικρατούν είναι εύθραπτα καθώς και αποθέσεις λόγω διάβρωσης προγενέστερων ετών.



Εικόνα 3.33: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή γεωλογικού υποθέματος Υ σε λεκάνες 3^{ης} τάξης

Στο χάρτη γεωλογικού υποθέματος των λεκανών απορροής τρίτης τάξης (Εικόνα 3.33) τα περισσότερα πετρώματα είναι μέτριας αντιδιαβρωτικής αντίστασης και χαρακτηρίζονται εύθρυπτα. Σε αντίθεση με τον προηγούμενο χάρτη ο μέσος όρος των λεκανών με σκληρά πετρώματα βρίσκεται βόρεια του νησιού.



Εικόνα 3.34: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή γεωλογικού υποθέματος Υ σε λεκάνες 4^{ης} τάξης

Στις λεκάνες τετάρτης τάξης (Εικόνα 3.34) τα πετρώματα είναι από μετρίως ανθεκτικά έως εύθρυπτα. Στις λεκάνες απορροής που επλήγησαν από την πυρκαγιά τα πετρώματα έχουν μέτρια αντίσταση με τιμές σχετικά όμοιες 1,04 και 1,03 και χαρακτηρίζονται κατά τη μέθοδο Gavrilovic εύθρυπτα.

3.7.3 Αποτελέσματα συντελεστή φ είδους και βαθμού διάβρωσης Gavrilovic

Ο συντελεστής φ προσδιορίστηκε ύστερα από την ψηφιοποίηση του χάρτη γαιών (εδαφολογικού χάρτη) της Δ/σης Δασών, όπου και συσχετίσαμε τις 9 κατηγορίες διάβρωσής του με τις 10 κατηγορίες παρατηρούμενης διάβρωσης κατά Gavrilovic ως

εξής (Πίνακας 3.14):

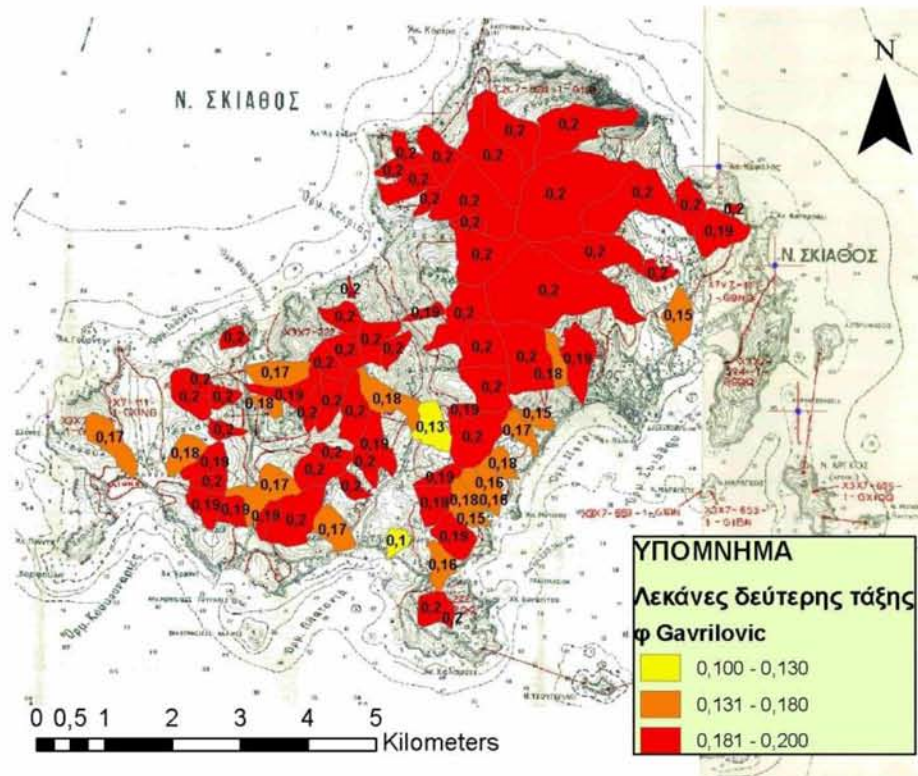
Πίνακας 3.14: Συντελεστής φ ανά λεκάνη απορροής (De Vente J., Poesen J., 2005)

Είδος και βαθμός διάβρωσης των λεκανών (κατά Gavrilovic)	Διάβρωση (εδαφολογικός χάρτης)	Τιμές συντελεστή φ Gavrilovic Z.	Κλίμακα εδαφολογικού χάρτη
1. Ασθενής διάβρωση στις λεκάνες απορροής	A. Καμία	0,1	1
	B. Καμία και μέτρια	0,2	2
2. Διάβρωση επιφανειακή στα 25 - 50% της λεκάνης	Γ. Καμία και έντονη	0,3	3
	Δ. Μέτρια και καμία	0,4	4
3. Επιφανειακή διάβρωση, ολισθήσεις και αποθέσεις, καρστική διάβρωση	E. Μέτρια	0,5	5
	ΣΤ. Μέτρια και έντονη	0,6	6
4. Τα 50-80% της λεκάνης υποβαθμισμένα από χαραδρώσεις και ολισθήσεις	Z. Έντονη και καμία	0,7	7
	H. Έντονη και μέτρια	0,8	8
5. Λεκάνες πλήρως υποβαθμισμένες από έντονες διαβρώσεις	Θ. Έντονη	0,9	9
	Θ. Έντονη	1	9

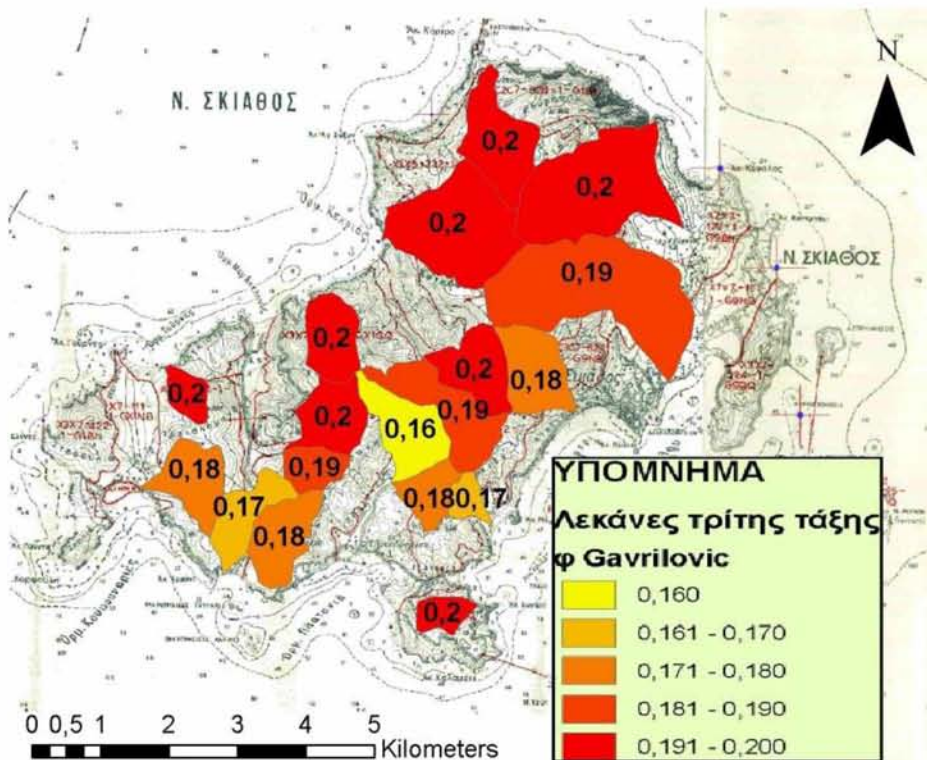
Στον παραπάνω πίνακα που συντάξαμε θεωρήσαμε ως κοινή την τιμή 0,9 με 1,0. Στη Σκιάθο οι τιμές που κυριαρχούν στον εδαφολογικό χάρτη είναι 1 και 2, και υπάρχουν περιοχές που προστατεύονται επαρκώς από τη διάβρωση λόγω πυκνής βλάστησης και ανθεκτικού υπεδάφους ταυτόχρονα. Οι τιμές όπου ο εδαφολογικός χάρτης δίνει την τιμή 2 είναι κυρίως σε περιοχές με πυκνό υδρογραφικό δίκτυο και κυρίως μεγάλες κλίσεις. Συνεπώς η τιμή 1 στην κλίμακα 9 βαθμών του εδαφολογικού χάρτη αντιστοιχεί σε ασθενή διάβρωση εδάφους έως μηδαμινή, άρα και στην τιμή 0,1 της μεθόδου Gavrilovic. Επιπλέον θεωρήσαμε ότι σε περίπτωση όπου κάποια περιοχή έχει την τιμή 0,9 και 1,0 η κατάσταση είναι εξίσου σοβαρή και είναι αναγκαίο και στις δύο περιπτώσεις να ληφθούν παρόμοια μέτρα προστασίας από τη διάβρωση στις πληγείσες περιοχές (Πίνακας 3.15).

Πίνακας 3.15: Συντελεστής φ ανά Λεκάνη απορροής

ID	Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής φ Gavrilovic	ID	Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής φ Gavrilovic	ID	Αριθμός Λεκάνης r	Συντελεστής φ Gavrilovic
1	2.1	0,20	34	2.34	0,20	67	2.67	0,17
2	2.2	0,20	35	2.35	0,20	68	2.68	0,19
3	2.3	0,20	36	2.36	0,18	69	2.69	0,17
4	2.4	0,20	37	2.37	0,20	70	2.70	0,19
5	2.5	0,20	38	2.38	0,20	71	2.71	0,19
6	2.6	0,20	39	2.39	0,20	72	2.72	0,18
7	2.7	0,20	40	2.40	0,20	73	2.73	0,19
8	2.8	0,20	41	2.41	0,20	74	2.74	0,20
9	2.9	0,17	42	2.42	0,20	75	2.75	0,20
10	2.10	0,20	43	2.43	0,19	76	2.76	0,20
11	2.11	0,20	44	2.44	0,20	77	2.77	0,20
12	2.12	0,10	45	2.45	0,20	78	3.1	0,20
13	2.13	0,20	46	2.46	0,19	79	3.2	0,19
14	2.14	0,16	47	2.47	0,20	80	3.3	0,20
15	2.15	0,19	48	2.48	0,20	81	3.4	0,19
16	2.16	0,15	49	2.49	0,20	82	3.5	0,20
17	2.17	0,18	50	2.50	0,20	83	3.6	0,20
18	2.18	0,16	51	2.51	0,20	84	3.7	0,20
19	2.19	0,18	52	2.52	0,20	85	3.8	0,20
20	2.20	0,17	53	2.53	0,20	86	3.9	0,19
21	2.21	0,15	54	2.54	0,20	87	3.10	0,18
22	2.22	0,20	55	2.55	0,15	88	3.11	0,17
23	2.23	0,19	56	2.56	0,20	89	3.12	0,20
24	2.24	0,20	57	2.57	0,18	90	3.13	0,18
25	2.25	0,19	58	2.58	0,16	91	3.14	0,16
26	2.26	0,20	59	2.59	0,20	92	3.15	0,18
27	2.27	0,20	60	2.60	0,19	93	3.16	0,17
28	2.28	0,20	61	2.61	0,19	94	3.17	0,18
29	2.29	0,20	62	2.62	0,13	95	3.18	0,20
30	2.30	0,20	63	2.63	0,18	96	4.1	0,19
31	2.31	0,20	64	2.64	0,19	97	4.2	0,16
32	2.32	0,17	65	2.65	0,20	98	4.3	0,18
33	2.33	0,19	66	2.66	0,20			



Εικόνα 3.35: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή φ σε λεκάνες 2^{ης} τάξης



Εικόνα 3.36: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή φ σε λεκάνες 3^{ης} τάξης



Εικόνα 3.37: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή φ σε λεκάνες 4^{ης} τάξης

3.7.4 Αποτελέσματα συντελεστή z διάβρωσης Gavriliotic

Ο συντελεστής διάβρωσης z υπολογίστηκε από την εξίσωση που προαναφέραμε παραπάνω $z = Y \cdot X \cdot (\varphi + \sqrt{I})$ και τα αποτελέσματα του ανά λεκάνη συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα 3.16, καθώς και ο χαρακτηρισμός του βαθμού διάβρωσης σύμφωνα με τη κατηγοριοποίηση χαρακτηρισμού διάβρωσης του Gavriliotic.

Στους χάρτες που ακολουθούν (Εικόνες 3.38, 3.39 και 3.40) δίνεται ο συντελεστής διάβρωσης z , όπως προκύπτει για τις λεκάνες 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης αντίστοιχα. Ο χαρακτηρισμός των κατηγοριών διάβρωσης είναι ταυτόσημος με αυτόν που φαίνεται στον εδαφολογικό χάρτη. Από εδώ προκύπτει

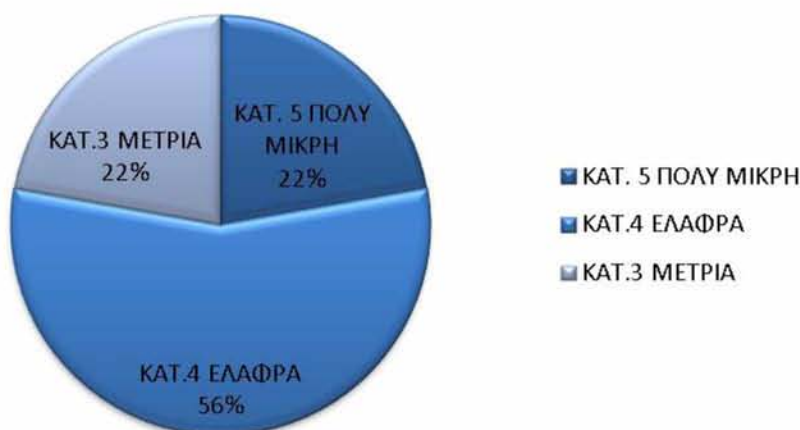
- Το Διάγραμμα 3.2 στο σύνολο των λεκανών 2^{ης} τάξης:



Διάγραμμα 3.2: Χαρακτηρισμός διάβρωσης σύμφωνα των λεκάνων 2^{ης} τάξης σύμφωνα με τις κατηγορίες κατά Gavrilovic

Από τις 77 λεκάνες δευτέρης τάξης στην κατηγορία 5 βρίσκονται 8 λεκάνες απορροής (10%), στην κατηγορία 4, 33 λεκάνες απορροής (43%), στην κατηγορία 3, 29 λεκάνες απορροής (38%) και τέλος στην κατηγορία 2, 7 λεκάνες απορροής (9%).

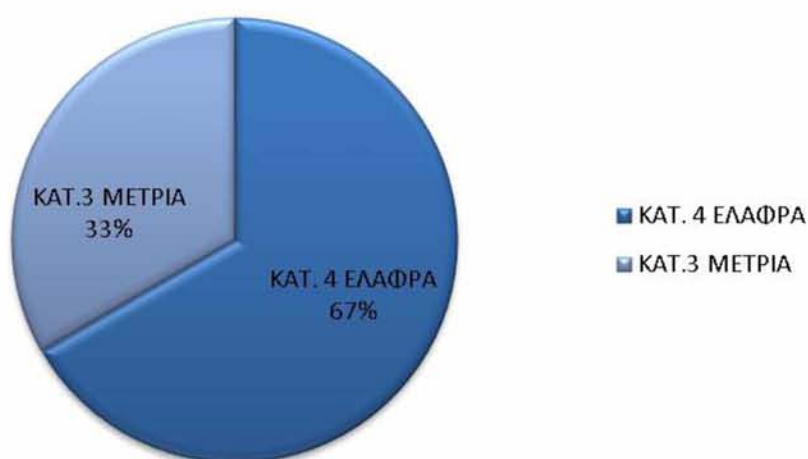
- Το διάγραμμα 3.3 που αναφέρεται στο σύνολο των λεκάνων απορροής 3^{ης} τάξης



Διάγραμμα 3.3: Χαρακτηρισμός διάβρωσης σύμφωνα των λεκάνων 3^{ης} τάξης σύμφωνα με τις κατηγορίες κατά Gavrilovic

Από το διάγραμμα 3.3 παρατηρούμε ότι στις 18 συνολικά λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης 4 λεκάνες (22%) βρίσκονται στην κατηγορία 5, 10 λεκάνες (56%) στην κατηγορία 4 και τέλος 4 λεκάνες στην κατηγορία 3 (22%).

- Το διάγραμμα 3.4 που αναφέρεται στο σύνολο των λεκάνων απορροής 4^{ης} τάξης



Διάγραμμα 3.4: Χαρακτηρισμός διάβρωσης σύμφωνα των λεκάνων 4^{ης} τάξης σύμφωνα με τις κατηγορίες κατά Gavrilovic

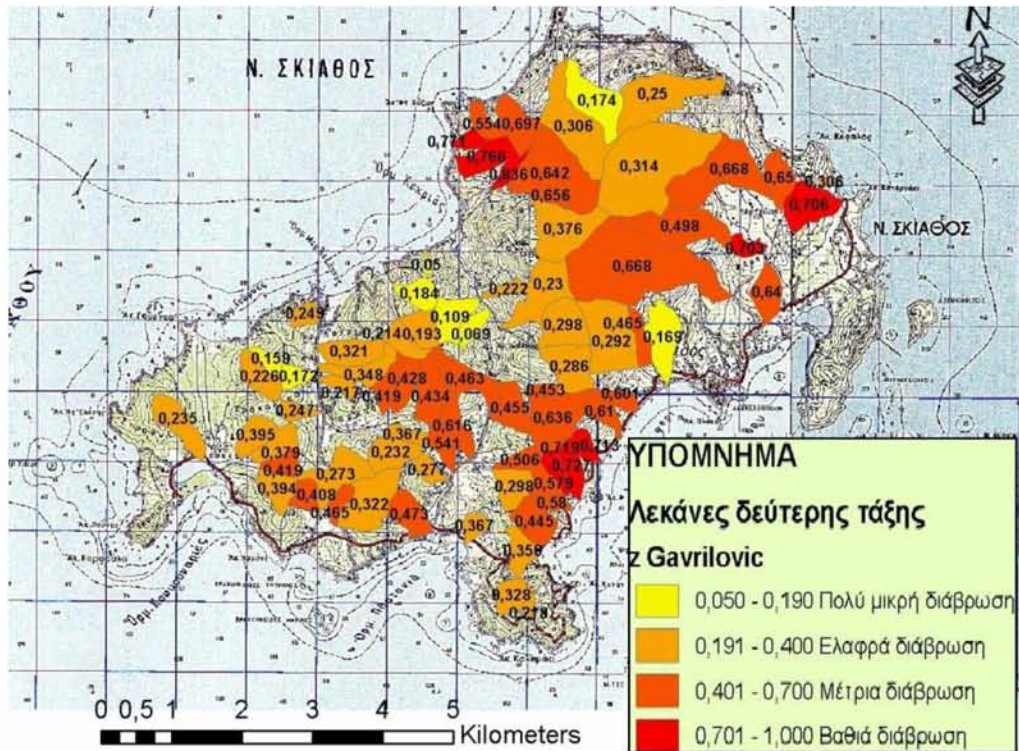
Σύμφωνα με το διάγραμμα 3.4 στις (3) λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης 2 λεκάνες απορροής δηλαδή το 67% βρίσκονται στην κατηγορία 4 και χαρακτηρίζονται από ελαφρά διάβρωση, ενώ 1 λεκάνη (33%) χαρακτηρίζεται από μέτρια διάβρωση και βρίσκεται στην κατηγορία 3.

Πίνακας 3.16: Συντελεστής διάβρωσης z ανά λεκάνη απορροής

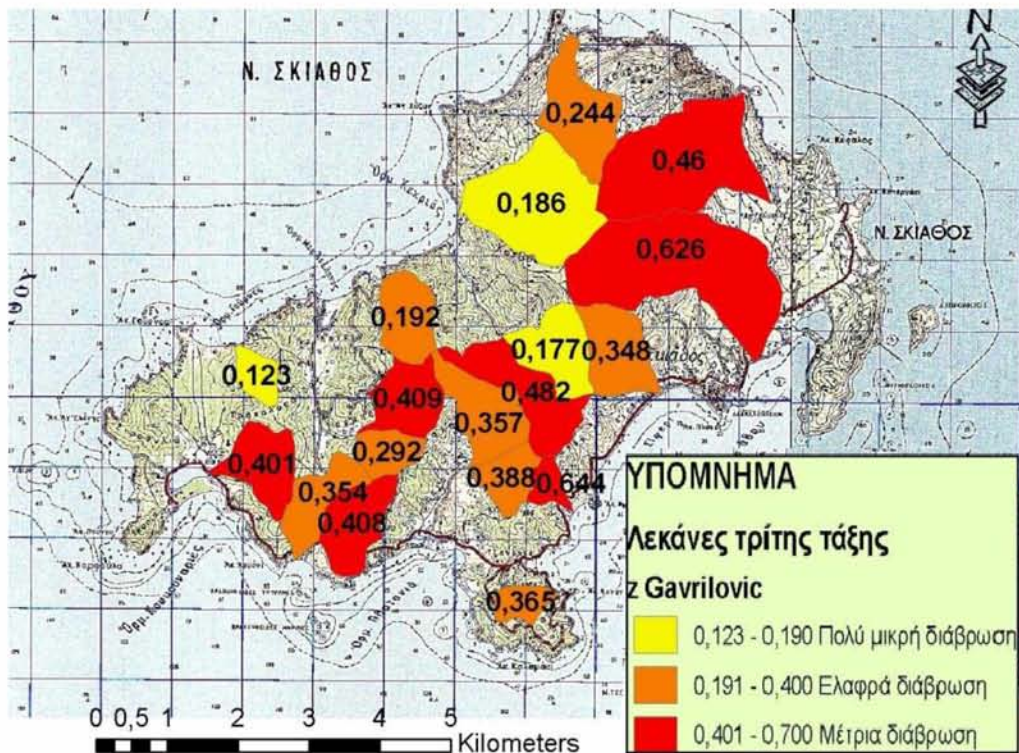
Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής z Gavrilovic	Χαρακτηρισμός και κατηγορία διάβρωσης	Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής z Gavrilovic	Χαρακτηρισμός και κατηγορία διάβρωσης
2.1	0,306	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.34	0,247	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.2	0,697	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.35	0,172	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
2.3	0,554	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.36	0,217	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.4	0,771	ΒΑΘΙΑ (2)	2.37	0,419	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.5	0,766	ΒΑΘΙΑ (2)	2.38	0,428	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.6	0,642	ΒΑΘΙΑ (2)	2.39	0,434	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.7	0,050	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)	2.40	0,367	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.8	0,226	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.41	0,232	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.9	0,235	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.42	0,184	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
2.10	0,419	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.43	0,222	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.11	0,322	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.44	0,230	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.12	0,367	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.45	0,109	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
2.13	0,328	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.46	0,453	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.14	0,356	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.47	0,286	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.15	0,445	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.48	0,298	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.16	0,580	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.49	0,069	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
2.17	0,579	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.50	0,836	ΒΑΘΙΑ (2)
2.18	0,727	ΒΑΘΙΑ (2)	2.51	0,376	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.19	0,713	ΒΑΘΙΑ (2)	2.52	0,656	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.20	0,610	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.53	0,174	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
2.21	0,601	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.54	0,668	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.22	0,292	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.55	0,640	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.23	0,169	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)	2.56	0,498	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.24	0,668	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.57	0,465	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.25	0,706	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.58	0,719	ΒΑΘΙΑ (2)
2.26	0,306	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.59	0,218	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.27	0,650	ΜΕΤΡΙΑ (3)	2.60	0,506	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.28	0,314	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.61	0,298	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.29	0,250	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.62	0,455	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.30	0,159	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)	2.63	0,463	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.31	0,249	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.64	0,616	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.32	0,321	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.65	0,541	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.33	0,348	ΕΛΑΦΡΑ (4)	2.66	0,277	ΕΛΑΦΡΑ (4)

...συνέχεια πίνακα 3.16: Συντελεστής διάβρωσης z ανά λεκάνη απορροής

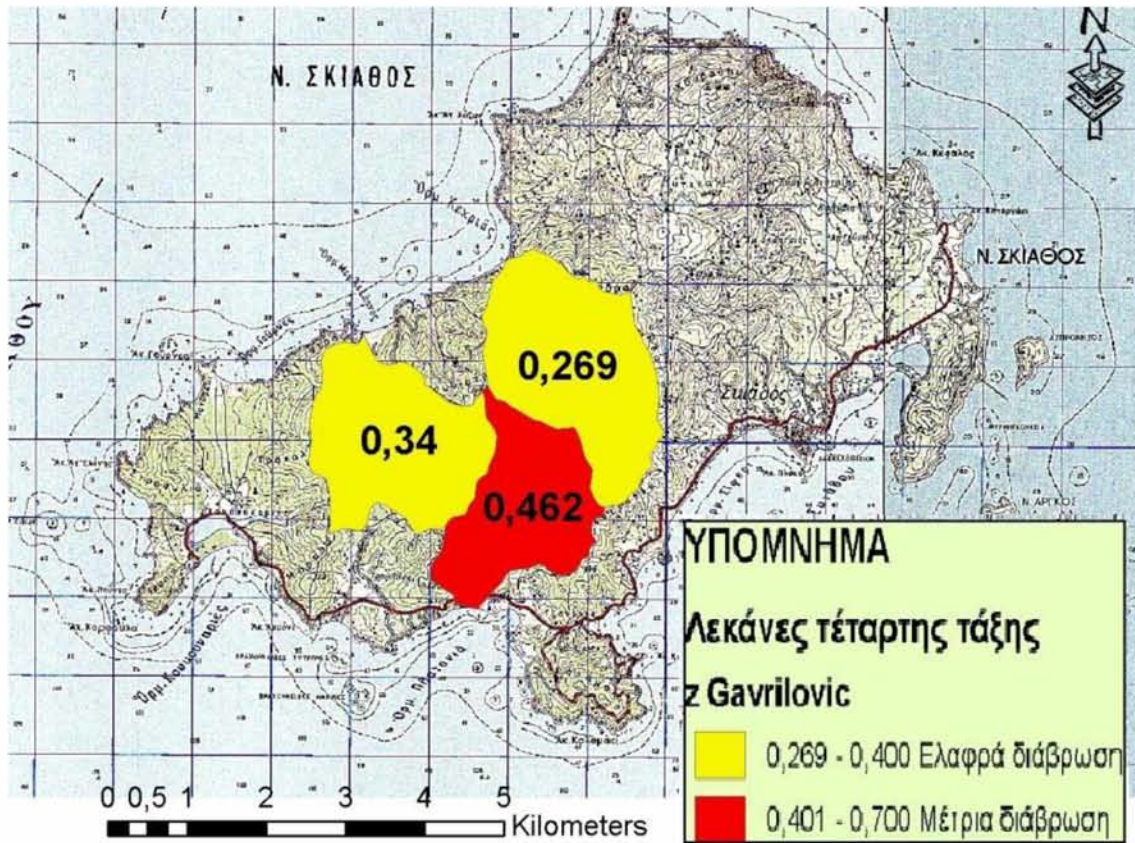
Αριθμός Λεκάνης	Συντελεστής z Gavrilovic	Χαρακτηρισμός και κατηγορία διάβρωσης
2.67	0,473	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.68	0,465	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.69	0,273	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.70	0,408	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.71	0,394	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.72	0,395	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.73	0,379	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.74	0,214	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.75	0,193	ΕΛΑΦΡΑ (4)
2.76	0,636	ΜΕΤΡΙΑ (3)
2.77	0,703	ΜΕΤΡΙΑ (3)
3.1	0,123	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
3.2	0,292	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.3	0,409	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.4	0,482	ΜΕΤΡΙΑ (3)
3.5	0,177	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
3.6	0,186	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
3.7	0,244	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.8	0,460	ΜΕΤΡΙΑ (3)
3.9	0,626	ΜΕΤΡΙΑ (3)
3.10	0,348	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.11	0,644	ΜΕΤΡΙΑ (3)
3.12	0,365	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.13	0,388	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.14	0,357	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.15	0,408	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.16	0,354	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.17	0,401	ΕΛΑΦΡΑ (4)
3.18	0,192	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ (5)
4.1	0,269	ΕΛΑΦΡΑ (4)
4.2	0,462	ΜΕΤΡΙΑ (3)
4.3	0,340	ΕΛΑΦΡΑ (4)



Εικόνα 3.38: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή z σε λεκάνες 2^{ης} τάξης



Εικόνα 3.39: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή z σε λεκάνες 3^{ης} τάξης

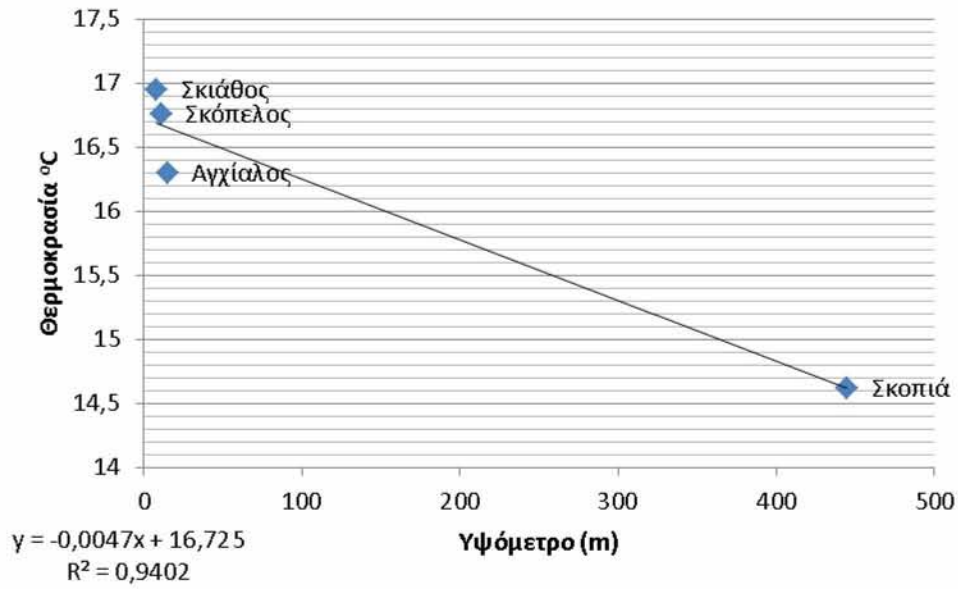


Εικόνα 3.40: Γραφική αναπαράσταση συντελεστή z σε λεκάνες 4^{ης} τάξης

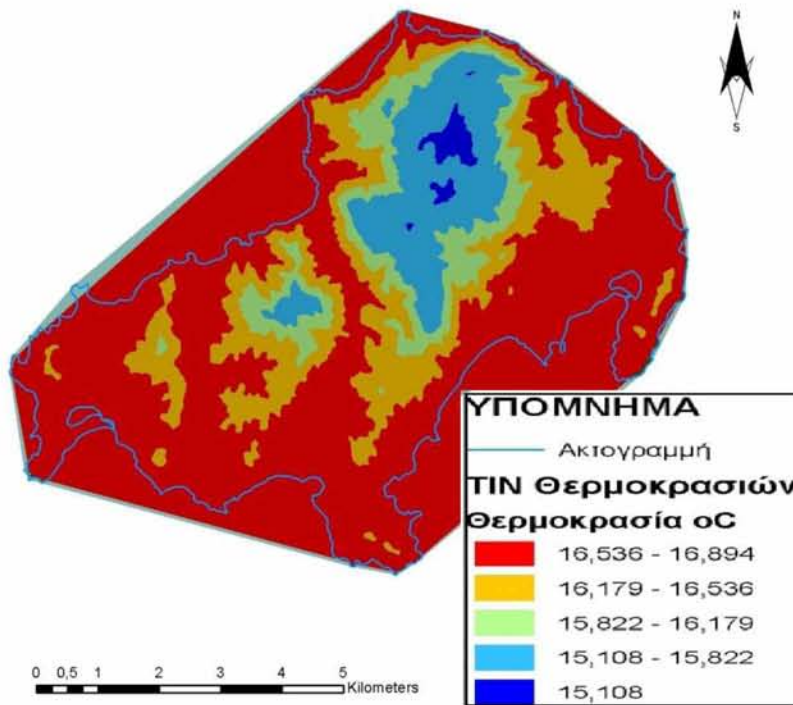
3.7.5 Θερμοβαθμίδα περιοχής και συντελεστής θερμοκρασίας T Gavrilovic

Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανά μέσο υψόμετρο λεκάνης υπολογίστηκε με τη χρήση δεδομένων μηνιαίων θερμοκρασιών από τους μετεωρολογικούς σταθμούς Σκιάθου, Σκοπέλου, Αγχιάλου για το διάστημα 1/1956-12/2004 και Σκοπιάς για το διάστημα 10/1971-9/2002. Αριθμητικά, το παρακάτω γράφημα (Διάγραμμα 3.4) δείχνει τη μείωση $0,47\text{ }^{\circ}\text{C}$ για κάθε αύξηση υψομέτρου της τάξης των 100 μέτρων. Επιπλέον ο βαθμός συσχέτισης r είναι μεγαλύτερος από 0,7 (0,9402), τείνει στη μονάδα, δηλαδή η ευθεία που προκύπτει αναπαριστά με πολύ καλή ακρίβεια τη θερμοβαθμίδα. Συνεπώς έχουμε τη δυνατότητα να λάβουμε υπόψη μας το γράφημα ώστε να δημιουργήσουμε

χάρτη θερμοκρασιών. Μετά τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας ανά λεκάνη έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε το συντελεστή T του Gavrilovic.



Διάγραμμα 3.4: Γραφική αναπαράσταση της εξίσωσης της θερμοβαθμίδας της Ν. Σκιάθου



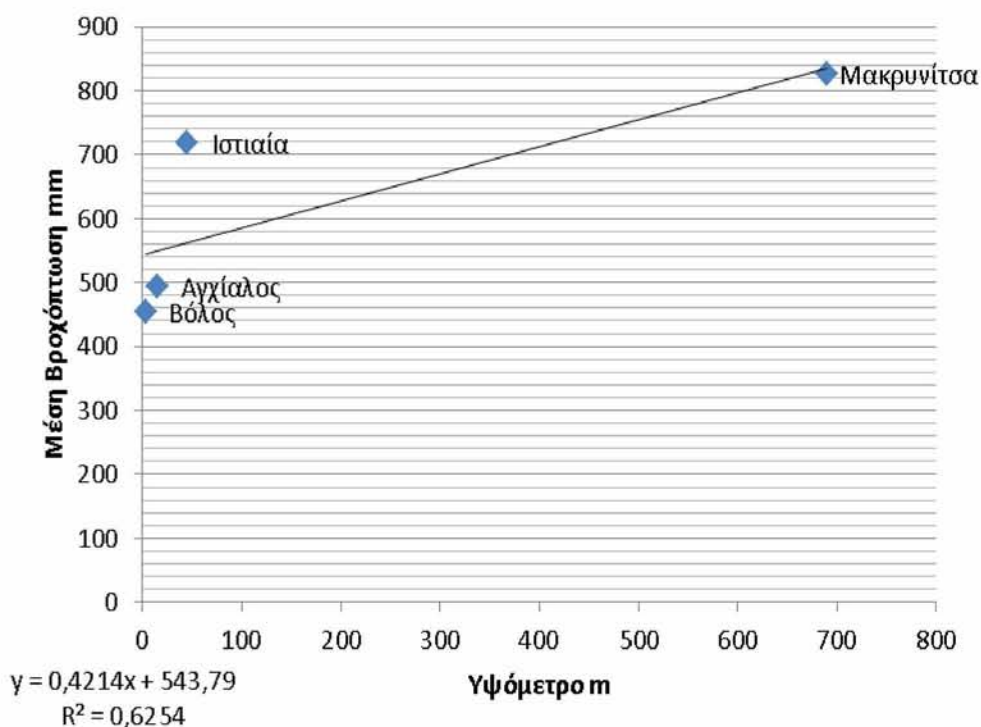
Εικόνα 3.41: Χάρτης θερμοκρασιών Σκιάθου (TIN)

3.7.6 Βροχοβαθμίδα περιοχής και συντελεστής βροχόπτωσης h Gavrilovic

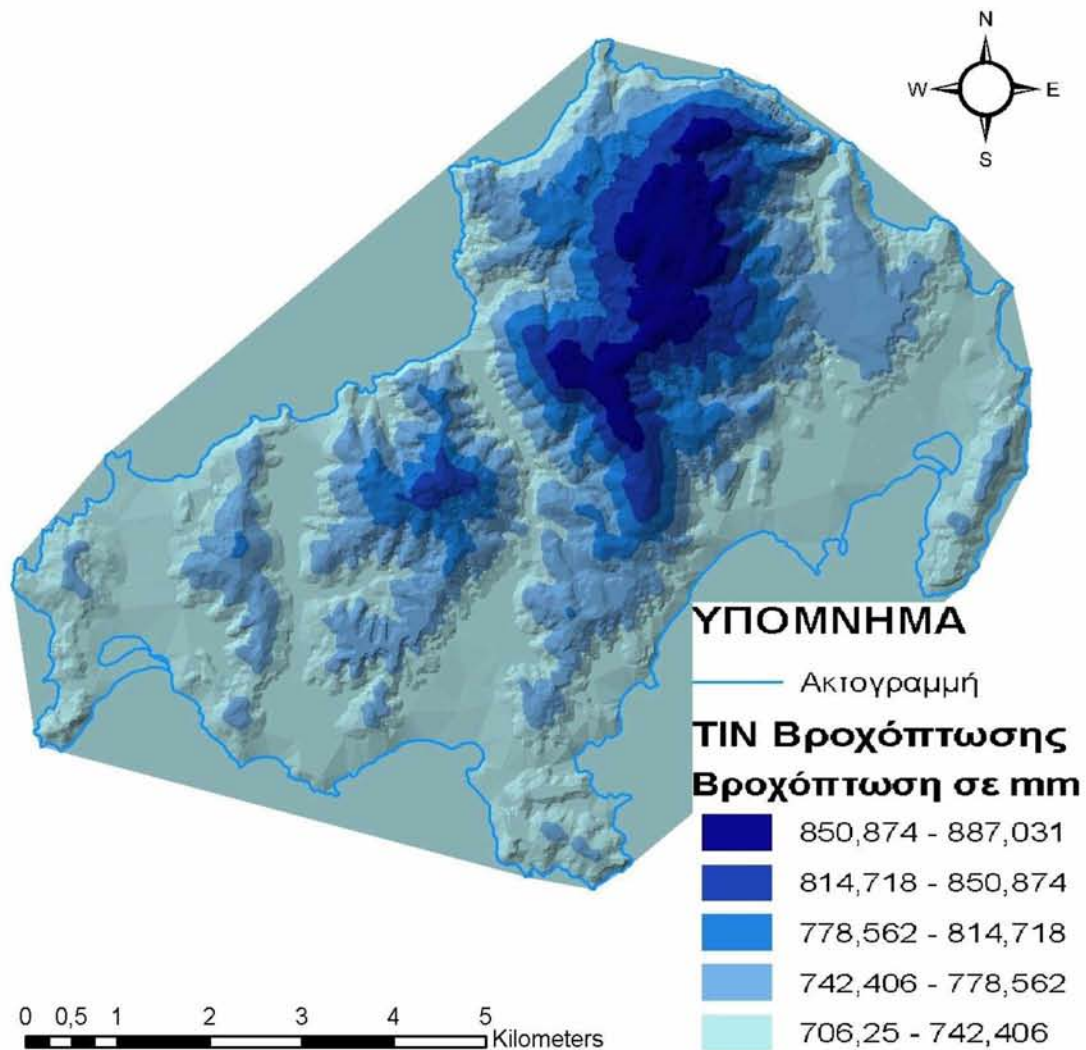
Για την εύρεση της μέσης βροχόπτωσης ανά λεκάνη απορροής χρησιμοποιήθηκε ως μέθοδος η εξίσωση της βροχοβαθμίδας. Λάβαμε υπόψη τα στοιχεία της ΕΜΥ του σταθμού της Σκιάθου όπου για τα έτη 1988-2005 η μέση βροχόπτωση είναι 706,25mm, όπως αναφέραμε και παραπάνω και χρησιμοποιήσαμε την εξίσωση της βροχοβαθμίδας της λεκάνης απορροής Μαγνησία σύμφωνα με την πτυχιακή εργασία του Τζαμπύρα (2005).

Πίνακας 3.18: Τιμές διαγράμματος βροχοβαθμίδας (Τζαμπύρας Ι. 2005)

Σταθμοί	m	mm	Έτη
ΒΟΛΟΣ	3	454,7	1960-1993
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	15	493,1	1960-1993
ΙΣΤΙΑΙΑ	45	718,6	1960-1993
ΜΑΚΡΥΝΙΤΣΑ	690	826,0	1960-1993



Διάγραμμα 3.5: Γραφική αναπαράσταση της εξίσωσης της βροχοβαθμίδας της λεκάνης απορροής Μαγνησία (Τζαμπύρας 2005)



Εικόνα 3.42: Βροχομετρικός χάρτης Σκιάθου (TIN Υετόπτωσης)

Στην παραπάνω εικόνα 3.42 αναπαρίσταται ο βροχομετρικός χάρτης της Σκιάθου (TIN) που βρέθηκε ύστερα από αντιστοιχία των χιλιοστών βροχόπτωσης με τις ισοϋψείς.

3.7.7 Αποτελέσματα εκτίμησης φερτών υλών (W) ανά λεκάνη ανά έτος απορροής

Ο τελικός σκοπός είναι να προσδιοριστούν οι όγκοι των φερτών υλών ανά λεκάνη απορροής σε $m^3/year$. Στον πίνακα 3.18 παρατηρώντας τις τιμές του W βρίσκουμε τον μέσο όρο φερτών υλικών στις λεκάνες απορροής 2^{ης}, 3^{ης}, και 4^{ης} τάξης αντίστοιχα. Στις λεκάνες 2^{ης} τάξης είναι $66,76 m^3/year$, στις 3^{ης} τάξης είναι $226,99$

m^3/year , και στις 4^{ης} τάξης είναι 624,89 m^3/year . Είναι λογικό τα φερτά υλικά να έχουν μεγαλύτερο μέσο όρο στις λεκάνες απορροής μεγαλύτερης τάξης, διότι όσο μεγαλύτερες είναι οι λεκάνες απορροής σε τάξη τόσο μεγαλύτερα ρέματα σε τάξη τις διασχίζουν. Τα μεγαλύτερα ρέματα μεταφέρουν περισσότερα φερτά υλικά. Επιπλέον, στην περίπτωση μελέτης της Σκιάθου οι λεκάνες 4^{ης} τάξης είναι μεγαλύτερες σε έκταση από της 3^{ης} και 2^{ης} αντίστοιχα, όπως διαφαίνεται και στη στήλη F του πίνακα 3.18. Από τη στιγμή που επικρατούν όμοιες συνθήκες όσον αφορά τους συντελεστές της περιοχής κατά Gavrilovic (κλιματολογικές, εδαφολογικές, βλάστησης, και γεωλογικού υποθέματος) είναι φυσικό όσο μεγαλώνει η έκταση τόσο να αυξάνονται τα φερτά υλικά. Τα αποτελέσματα του πίνακα αναπαρίστανται γραφικά για τις λεκάνες 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} από τις εικόνες 3.43, 3.44 και 3.45 αντίστοιχα.

3.7.8 Αναγωγή εκτίμησης φερτών υλών (W) ανά λεκάνη απορροής ανά έτος στο km^2

Προκειμένου να εκτιμήσουμε τα φερτά υλικά στο km^2 σε επίπεδο λεκανών απορροής διαιρέσαμε τον όγκο των φερτών υλικών ανά έτος απορροής (W) με το εμβαδόν σε κάθε λεκάνη απορροής (W/F). Τα αποτελέσματα αναρτήθηκαν στον πίνακα 3.18 και αναπαρίστανται γραφικά για τις λεκάνες 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης από τα διαγράμματα 3.46, 3.47 και 3.48 αντίστοιχα. Η μονάδα μέτρησης στη σχέση W/F είναι $\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ο ΜΟ τιμών της σχέσης W/F στις λεκάνες 2^{ης} τάξης είναι 229,383 $\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$, στις 3^{ης} τάξης 195,085 $\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$ και στις 4^{ης} τάξης 158,571 $\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$. Δηλαδή στις λεκάνες μικρότερης τάξης της Σκιάθου παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές φερτών υλών κατά μέσο όρο.

Πίνακας 3.19: Εκτίμηση φερτών υλών W ανά λεκάνη απορροής ανά έτος

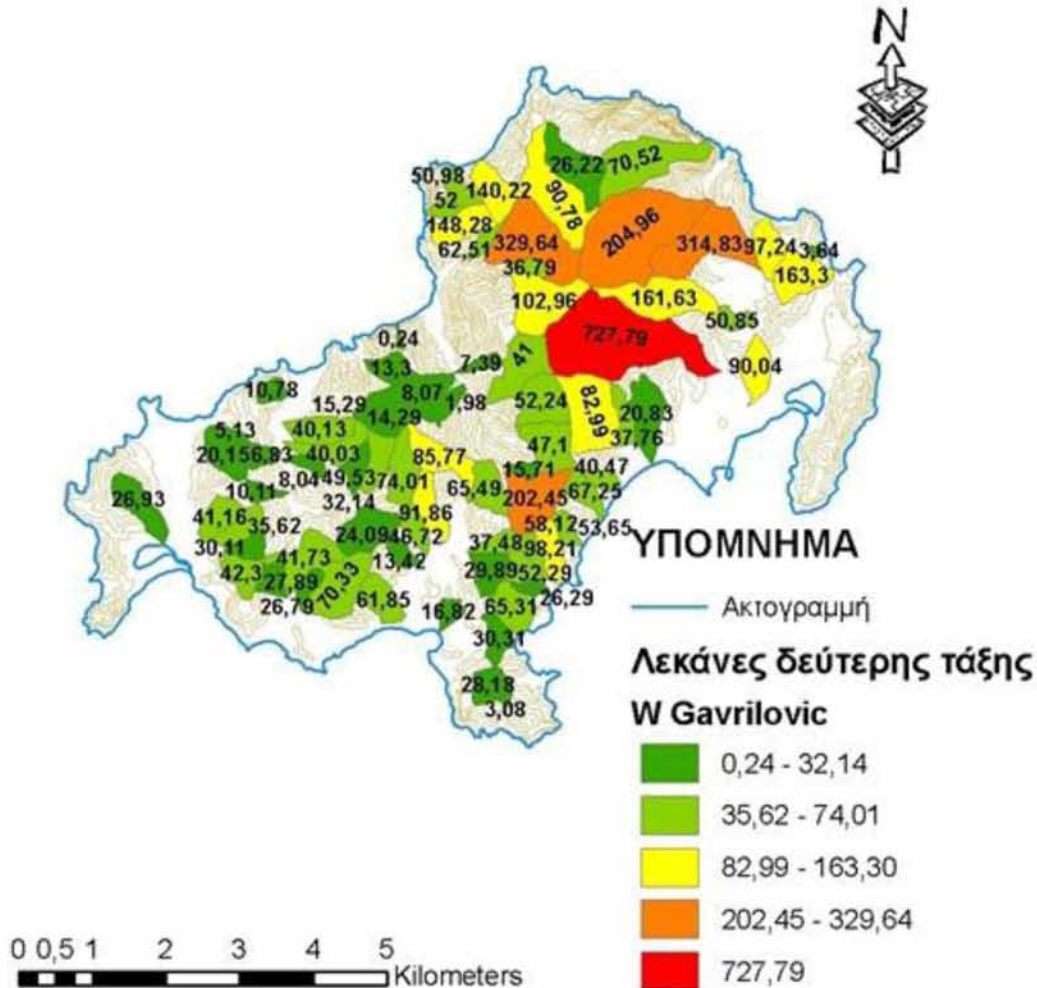
Λεκάνη	T	h	π	$\sqrt{z3}$	F	W	W/F	Λεκάνη	T	h	π	$\sqrt{z3}$	F	W	W/F
2.1	0,34	706,39	3,14	0,17	0,71	90,78	128,03	2.22	0,36	706,40	3,14	0,16	0,66	82,99	126,02
2.2	0,35	706,40	3,14	0,58	0,31	140,22	454,37	2.23	0,35	706,40	3,14	0,07	0,39	20,83	53,66
2.3	0,36	706,40	3,14	0,41	0,16	50,98	325,24	2.24	0,35	706,40	3,14	0,55	1,70	727,79	427,24
2.4	0,36	706,40	3,14	0,68	0,10	52,00	544,54	2.25	0,33	706,39	3,14	0,59	0,37	163,30	439,65
2.5	0,35	706,40	3,14	0,67	0,29	148,28	516,61	2.26	0,36	706,40	3,14	0,17	0,03	3,64	133,48
2.6	0,35	706,40	3,14	0,52	0,82	329,64	403,76	2.27	0,34	706,39	3,14	0,52	0,25	97,24	394,03
2.7	0,38	706,41	3,14	0,01	0,03	0,24	9,49	2.28	0,35	706,40	3,14	0,18	1,50	204,96	136,60
2.8	0,34	706,39	3,14	0,11	0,25	20,15	80,81	2.29	0,36	706,40	3,14	0,13	0,70	70,52	100,32
2.9	0,32	706,39	3,14	0,11	0,33	26,93	81,57	2.30	0,35	706,40	3,14	0,06	0,10	5,13	49,14
2.10	0,35	706,40	3,14	0,27	0,14	30,11	211,87	2.31	0,35	706,40	3,14	0,12	0,11	10,78	97,01
2.11	0,35	706,40	3,14	0,18	0,50	70,33	140,02	2.32	0,33	706,39	3,14	0,18	0,30	40,13	134,63
2.12	0,30	706,38	3,14	0,22	0,11	16,82	149,80	2.33	0,34	706,40	3,14	0,21	0,26	40,03	156,75
2.13	0,34	706,39	3,14	0,19	0,20	28,18	142,12	2.34	0,34	706,40	3,14	0,12	0,11	10,11	93,30
2.14	0,34	706,39	3,14	0,21	0,19	30,31	159,15	2.35	0,35	706,40	3,14	0,07	0,12	6,83	56,11
2.15	0,34	706,40	3,14	0,30	0,29	65,31	227,01	2.36	0,34	706,40	3,14	0,10	0,10	8,04	77,36
2.16	0,32	706,39	3,14	0,44	0,08	26,29	315,01	2.37	0,35	706,40	3,14	0,27	0,15	32,14	213,66
2.17	0,35	706,40	3,14	0,44	0,15	52,29	341,44	2.38	0,36	706,40	3,14	0,28	0,22	49,53	221,06
2.18	0,34	706,39	3,14	0,62	0,21	98,21	470,07	2.39	0,36	706,40	3,14	0,29	0,33	74,01	224,99
2.19	0,35	706,40	3,14	0,60	0,12	53,65	467,46	2.40	0,34	706,39	3,14	0,22	0,11	18,60	166,54
2.20	0,35	706,40	3,14	0,48	0,18	67,25	371,52	2.41	0,35	706,40	3,14	0,11	0,28	24,09	87,45
2.21	0,35	706,40	3,14	0,47	0,11	40,47	364,18	2.42	0,37	706,41	3,14	0,08	0,21	13,30	64,54

...συνέχεια πίνακα 3.19: Εκτίμηση φερτών υλών W ανά λεκάνη απορροής ανά έτος

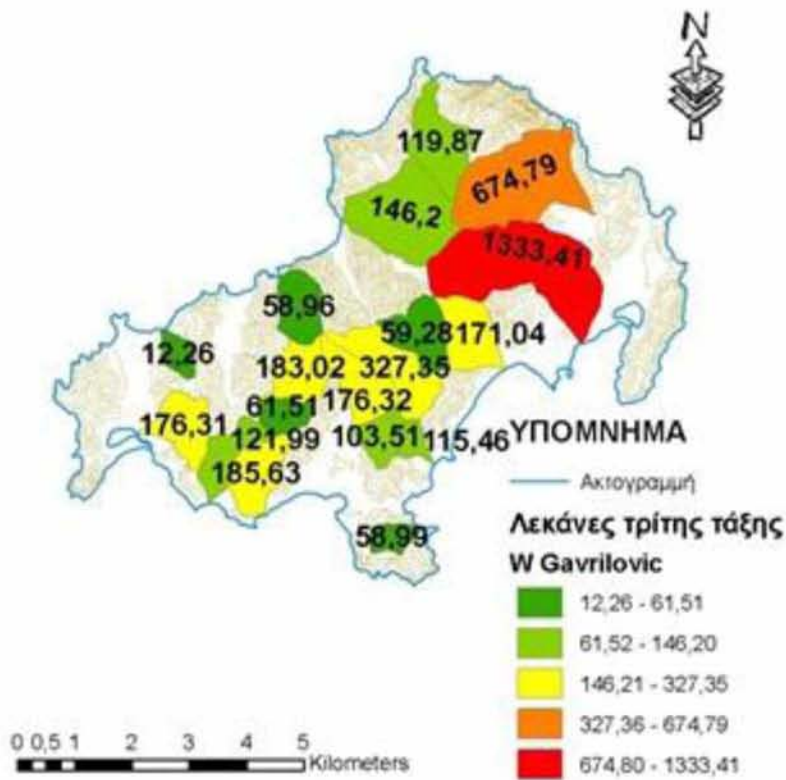
Λεκάνη	T	h	π	$\sqrt{z3}$	F	W	W/F	Λεκάνη	T	h	π	$\sqrt{z3}$	F	W	W/F
2.43	0,36	706,40	3,14	0,11	0,09	7,39	84,49	2.66	0,35	706,40	3,14	0,15	0,12	13,42	113,48
2.44	0,36	706,40	3,14	0,11	0,47	41,00	87,06	2.67	0,33	706,39	3,14	0,33	0,26	61,85	236,75
2.45	0,37	706,41	3,14	0,04	0,28	8,07	29,17	2.68	0,33	706,39	3,14	0,32	0,12	26,79	229,88
2.46	0,35	706,40	3,14	0,31	0,07	15,71	234,20	2.69	0,33	706,39	3,14	0,14	0,40	41,73	104,86
2.47	0,36	706,40	3,14	0,15	0,39	47,10	121,72	2.70	0,34	706,39	3,14	0,26	0,14	27,89	193,99
2.48	0,36	706,40	3,14	0,16	0,40	52,24	131,66	2.71	0,34	706,39	3,14	0,25	0,23	42,30	185,56
2.49	0,36	706,40	3,14	0,02	0,14	1,98	14,66	2.72	0,34	706,39	3,14	0,25	0,22	41,16	185,37
2.50	0,36	706,40	3,14	0,76	0,10	62,51	608,52	2.73	0,34	706,39	3,14	0,23	0,21	35,62	174,07
2.51	0,35	706,40	3,14	0,23	0,58	102,96	178,81	2.74	0,37	706,41	3,14	0,10	0,19	15,29	81,61
2.52	0,36	706,40	3,14	0,53	0,09	36,79	422,79	2.75	0,37	706,41	3,14	0,09	0,21	14,29	69,85
2.53	0,35	706,40	3,14	0,07	0,47	26,22	56,21	2.76	0,34	706,39	3,14	0,51	0,53	202,45	383,30
2.54	0,34	706,39	3,14	0,55	0,77	314,83	411,54	2.77	0,34	706,39	3,14	0,59	0,11	50,85	446,35
2.55	0,30	706,38	3,14	0,51	0,27	90,04	340,09	3.1	0,34	706,39	3,14	0,04	0,38	12,26	32,58
2.56	0,34	706,39	3,14	0,35	0,61	161,63	265,02	3.2	0,35	706,40	3,14	0,16	0,50	61,51	122,50
2.57	0,35	706,40	3,14	0,32	0,15	37,76	247,03	3.3	0,35	706,40	3,14	0,26	0,89	183,02	204,80
2.58	0,35	706,40	3,14	0,61	0,12	58,12	477,18	3.4	0,35	706,40	3,14	0,34	1,27	327,35	258,42
2.59	0,34	706,39	3,14	0,10	0,04	3,08	75,47	3.5	0,36	706,40	3,14	0,08	0,99	59,28	59,73
2.60	0,34	706,39	3,14	0,36	0,14	37,48	273,37	3.6	0,36	706,40	3,14	0,08	2,31	146,20	63,36
2.61	0,34	706,39	3,14	0,16	0,25	29,89	122,19	3.7	0,35	706,40	3,14	0,12	1,30	119,87	92,56
2.62	0,34	706,39	3,14	0,31	0,29	65,49	229,72	3.8	0,35	706,40	3,14	0,31	2,78	674,79	242,43
2.63	0,35	706,40	3,14	0,32	0,35	85,77	247,40	3.9	0,34	706,39	3,14	0,50	3,60	1333,41	370,00
2.64	0,35	706,40	3,14	0,48	0,25	91,86	370,10	3.10	0,36	706,40	3,14	0,21	1,06	171,04	161,73
2.65	0,35	706,40	3,14	0,40	0,15	46,72	305,96	3.11	0,35	706,40	3,14	0,52	0,29	115,46	398,23

...συνέχεια πίνακα 3.19: Εκτίμηση φερτών υλών W ανά λεκάνη απορροής ανά έτος

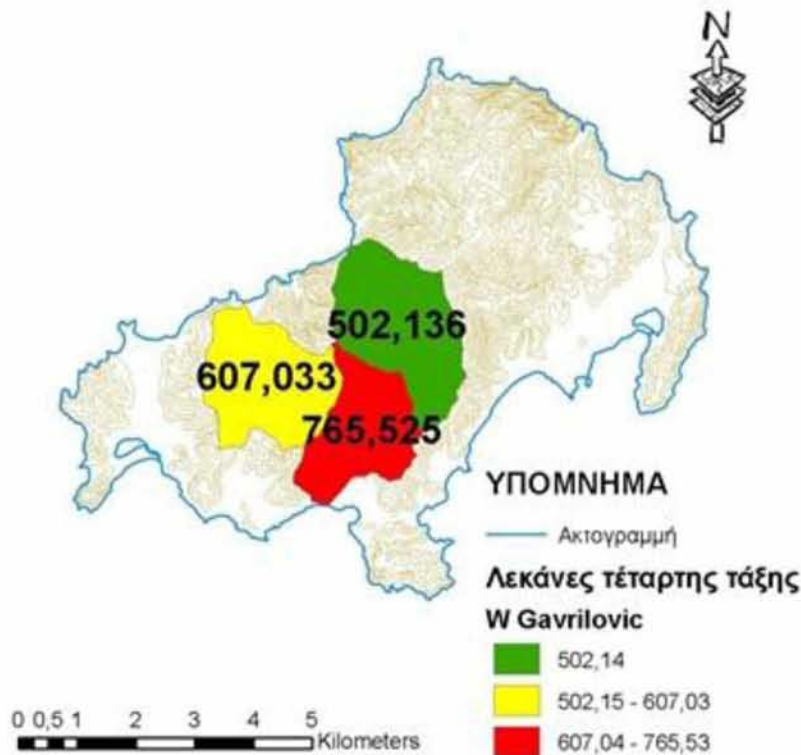
Λεκάνη	T	h	π	$\sqrt{z3}$	F	W	W/F
3.12	0,34	706,39	3,14	0,22	0,36	58,99	164,74
3.13	0,34	706,39	3,14	0,24	0,58	103,51	180,11
3.14	0,34	706,39	3,14	0,21	1,09	176,32	162,24
3.15	0,33	706,39	3,14	0,26	0,97	185,63	191,55
3.16	0,33	706,39	3,14	0,21	0,80	121,99	152,43
3.17	0,34	706,39	3,14	0,25	0,93	176,31	189,92
3.18	0,37	706,41	3,14	0,08	0,86	58,96	68,71
4.1	0,36	706,40	3,14	0,14	4,54	502,14	110,59
4.2	0,34	706,39	3,14	0,32	3,26	765,53	234,61
4.3	0,34	706,40	3,14	0,20	4,02	607,03	151,04



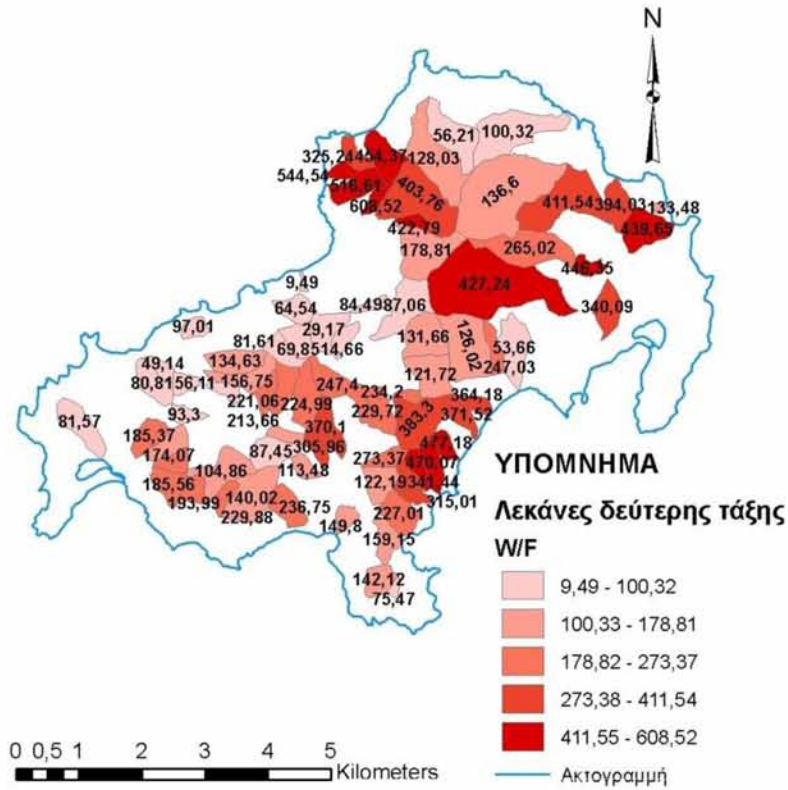
Εικόνα 3.43: Φερτές ύλες W (σε m³/year) σε λεκάνες 2^{ης} τάξης Ν.Σκάθου κατά Gavrilovic



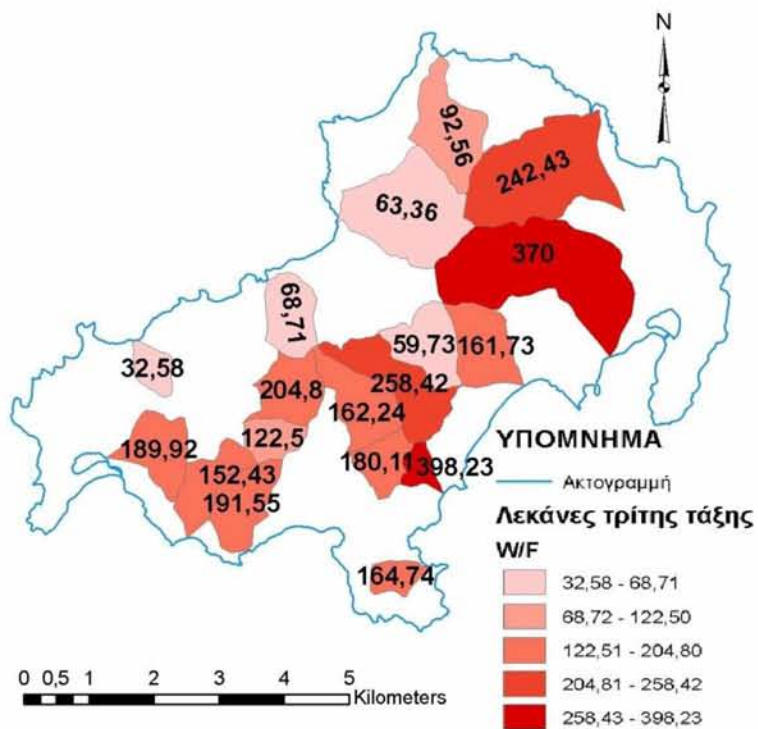
Εικόνα 3.44: Φερτές ύλες W (σε m³/year) σε λεκάνες 3^{ης} τάξης Ν.Σκάθου κατά Gavrilovic



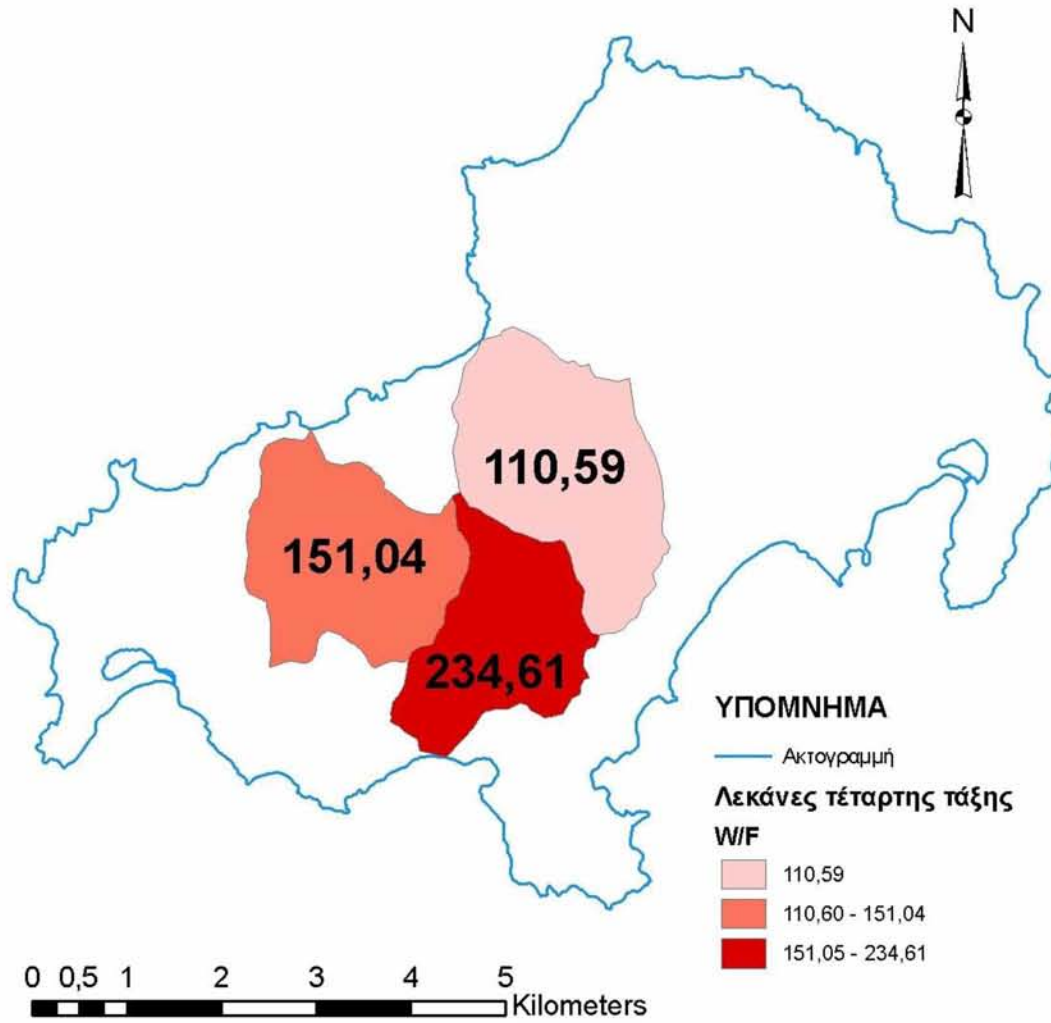
Εικόνα 3.45: Φερτές ύλες W (σε m³/year) σε λεκάνες 4^{ης} τάξης Ν.Σκάθου κατά Gavrilovic



Εικόνα 3.46: Φερτές ύλες ανά km^2 W/F σε λεκάνες 2^{ης} τάξης Ν.Σκάθου κατά Gavrilovic



Εικόνα 3.47: Φερτές ύλες ανά km^2 W/F σε λεκάνες 3^{ης} τάξης Ν.Σκάθου κατά Gavrilovic



Εικόνα 3.44: Φερτές ύλες ανά km^2 W/F σε λεκάνες 4^{ης} τάξης Ν.Σκάθου κατά Gavrilovic

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το αντικείμενο της παρούσας διατριβής, είναι να διερευνηθούν οι διάφορες μέθοδοι – μοντέλα υπολογισμού των διεργασιών και των παραμέτρων της διάβρωσης σε μικρές λεκάνες απορροής.

Γίνεται αρχικά μία ανασκόπηση πολλών κατηγοριών μοντέλων, που έχουν διερευνηθεί και εφαρμοστεί στη διεθνή βιβλιογραφία, που αφορούν κυρίως μοντέλα εμπειρικά και προσδιοριστικά (ντετερμινιστικά). Επιλέχθηκε η εφαρμογή του μοντέλου Gavrilovic, γιατί θεωρήθηκε ως το πιο ολοκληρωμένο σε ότι αφορά την ανάλυση όλων των παραμέτρων που συμβάλουν στη διάβρωση σε επίπεδο λεκάνης απορροής.

Σε ότι αφορά την περίπτωση μελέτης επιλέχθηκε το νησί της Σκιάθου για το λόγο ότι αποτελεί τοποθεσία που βρίσκεται στη Μαγνησία και ενδιαφέρει το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας από ερευνητικής σκοπιάς. Επίσης έχει εξαιρετικό τουριστικό αλλά και οικολογικό ενδιαφέρον.

Έτσι λοιπόν, αφού αναλύθηκαν τα κλιματολογικά, γεωμορφολογικά, γεωλογικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά της Σκιάθου, δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό χαρτογραφικό υπόβαθρο σε περιβάλλον ARC – GIS 9.3, το οποίο με την προσθήκη της βάσης του CORINE, μας έδωσε τη δυνατότητα να εφαρμόσουμε τη μέθοδο του Gavrilovic.

Σύμφωνα με τα μορφομετρικά και τα κλιματολογικά στοιχεία της Σκιάθου, αναφερόμαστε σε ένα νησί μικρής έκτασης 50 km², το οποίο δέχεται υψηλά επίπεδα βροχοπτώσεων και με υψηλές κατά μέσο όρο θερμοκρασίες τους θερινούς μήνες. Το κλίμα της Σκιάθου, σε γενικές γραμμές, χαρακτηρίζεται υγρό με περιόδους ξηρασίας κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο. Επισημάνθηκαν οι

περιοχές ιδιαίτερης οικολογικής σημασίας, καθώς και η κατανομή χρήσεων γης της μελετώμενης έκτασης.

Με βάση τα μορφομετρικά στοιχεία της περιοχής διακρίθηκαν ρέματα 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} τάξης. Μελετήθηκε η συμπεριφορά των λεκανών απορροής 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} ώστε να εμβαθύνουμε στα χαρακτηριστικά τους.

Όσον αφορά την υδρογραφική πυκνότητα (D), διαπιστώθηκε ότι στις περισσότερες λεκάνες έχουμε χαμηλή έως μέση υδρογραφική πυκνότητα (από 2,30 έως 7,12 km⁻¹), που οφείλεται όχι μόνο στις μεγάλες κλίσεις αλλά και την περιορισμένη έκταση.

Στην υδρογραφική συχνότητα (F), οι τιμές στις λεκάνες 2^{ης} τάξης είχαν μεγάλο εύρος μεταξύ τους (από 3,9 έως 146,69 N*km⁻²), που δείχνει την ανομοιογένειά τους ως προς το υδρογραφικό δίκτυο. Στις λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης, το εύρος μειώθηκε (από 3,95 έως 27,59 N*km⁻²) που δείχνει ότι οι διαφοροποιήσεις του διαμελισμού του υδρογραφικού δικτύου μεταξύ λεκανών 3^{ης} τάξης είναι μικρότερες μεταξύ τους από τις λεκάνες της 2^{ης} τάξης. Στις λεκάνες 4^{ης} τάξης το εύρος ήταν πολύ μικρό και έδειξε ότι έχουν παρόμοια υδρογραφική συχνότητα μεταξύ τους (από 11,01 έως 12,872 N*km⁻²).

Στο λόγο αναγλύφου του νησιού (Rh), εκτιμήθηκε ότι οι τιμές του βόρειου τμήματος είναι μεγαλύτερες του νότιου (από 0,06) σε γενικές γραμμές, επειδή το βόρειο τμήμα (έως 0,49) έχει ισχυρότερες κλίσεις.

Σε ότι αφορά το σχήμα των λεκανών απορροής και συγκεκριμένα την κυκλικότητα (Cu), παρατηρήθηκε ότι στις περιοχές με έντονο ανάγλυφο είχαμε μικρότερες τιμές κυκλικότητας (από 0,35). Επιπλέον διαπιστώθηκε μικρή κυκλικότητα στις περισσότερες λεκάνες απορροής, λόγω των ισχυρών κλίσεων και της περιορισμένης έκτασης, πράγμα που καθιστά το νησί ευάλωτο σε διαβρωτικά

φαινόμενα καθώς και σε περιστατικά.

Με βάση το υψομετρικό ολοκλήρωμα (HI), χαρακτηρίστηκε η κατάσταση απογύμνωσης της περιοχής από διαβρωτικά φαινόμενα ως ώριμη. Δηλαδή ότι έχει διαβρωθεί κατά το παρελθόν χωρίς όμως να απογυμνωθεί ακόμη τελείως. Από τις 98 λεκάνες (100%) οι 5 (5%) βρίσκονται στο στάδιο γήρατος ($HI < 0,35$), οι 78 (80%) στο στάδιο ωριμότητας ($0,35 < HI < 0,6$) και οι 15 (15%) στο στάδιο νεότητας ($HI > 0,6$). Τέλος με την παράμετρο της τραχύτητας (R_n), συμπεραίνεται ότι τιμές ήταν μεγαλύτερες στις λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης (από 1,33 έως 3,56) και μικρότερες στις λεκάνες 3^{ης} τάξης (από 0,45 έως 2,27), που σημαίνει ότι στις λεκάνες 4^{ης} τάξης, η τιμή του γινόμενο του μέγιστου υψομέτρου επί το μήκος των χωροσταθμικών είναι μεγαλύτερη.

Τα αποτελέσματα για το βαθμό διάβρωσης, μέσα από το συντελεστή διάβρωσης z και τον χαρακτηρισμό των λεκάνων κατά Gavrilovic, παρουσίασαν τις περισσότερες λεκάνες από ελαφρά ($0,2 < z < 0,4$) έως μέτρια διαβρωμένες ($0,41 < z < 0,7$). Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε απόλυτη συμφωνία με το χαρακτηρισμό της απογύμνωσης της περιοχής από διαβρωτικά φαινόμενα ως ώριμες ($0,35 < HI < 0,6$) για τις περισσότερες λεκάνες μέσα από το υψομετρικό ολοκλήρωμα του Strahler. Η βλάστηση, με βάση τα αποτελέσματα, συμπεραίνεται ότι αποτελεί σημαντικό περιοριστικό παράγοντα της διάβρωσης. Στην μέθοδο Gavrilovic είναι χαρακτηριστικό ότι οι μικτές συστάδες, για παράδειγμα, έχουν μεγαλύτερη συγκρατητική ικανότητα (0,05) από τα λιβάδια και τους υποβαθμισμένους θαμνώνες (από 0,40 έως 0,60). Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως σπουδαίο περιοριστικό παράγοντα στη διάβρωση της περιοχής μελέτης αποτέλεσε το γεωλογικό υπόθεμα που χαρακτηρίστηκε σύμφωνα με το συντελεστή y από ανθεκτικό έως μέτρια ανθεκτικό (από 0,26 έως 1,0 και σπάνια τιμές πάνω από 1,0

σε λεκάνες απορροής). Πολύ περισσότερο το βραχώδες γεωλογικό υπόθεμα αποτέλεσε περιοριστικό παράγοντα στη διάβρωση στις βόρειες ακτές του νησιού όπου επικρατούν πολύ ισχυρές κλίσεις και η βλάστηση είναι από αραιή έως ανύπαρκτη. Τα τελικά αποτελέσματα της μεθόδου Gavrilovic έδειξαν την ποσότητα φερτών υλών κάθε λεκάνης απορροής ανά έτος (W) Στις λεκάνες 2^{ης} τάξης ο MO είναι 66,76 m³/yr, στις 3^{ης} τάξης είναι 226,99 m³/yr και στις 4^{ης} τάξης 624,89 m³/yr. Η σχέση φερτών υλών λεκάνων ανά έτος προς την επιφάνειά τους (W/F) αντίστοιχα, έδειξε την ποσότητα φερτών υλών της κάθε λεκάνης ανά km². Η τιμή του μέσου όρου της σχέσης (W/F) σε λεκάνες 2^{ης} τάξης ήταν υψηλότερη (229,383 m³/year/ km²) του μέσου όρου 3^{ης} τάξης (195,085 m³/year/ km²) και πολύ περισσότερο της 4^{ης} τάξης (158,571 m³/year/ km²). Αυτό αποδεικνύει ότι στις μικρότερες λεκάνες απορροής επικρατούν ισχυρότερες κλίσεις και λαμβάνουν χώρα έντονα διαβρωτικά φαινόμενα, ενώ στις λεκάνες μεγαλύτερων τάξεων οι κλίσεις είναι πιο ήπιες και λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της απόθεσης φερτών υλών. Είναι αξιοσημείωτο ότι σε περιπτώσεις υπέρμετρης συσσώρευσης φερτών υλών στα κατάντη, υπάρχει κίνδυνος πλημμυρικών φαινομένων στις περιοχές όπου υπάρχουν «εμπόδια» προς την εκβολή του ρέματος. Ακόμη τα φερτά υλικά είναι υπεύθυνα για τις προσχώσεις των φραγμάτων.

Με τα αποτελέσματα του υπολογισμού της διάβρωσης ανά λεκάνη απορροής, μας δίνεται η δυνατότητα να γνωρίζουμε με ακρίβεια το βαθμό διάβρωσής τους ανά έτος. Από τη στιγμή που υπάρχουν τα απαραίτητα στοιχεία για να συμπεράνουμε ποιες λεκάνες απορροής αντιμετωπίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο διάβρωσης, έχουμε τη δυνατότητα στα πλαίσια της αειφορικής διαχείρισης να λάβουμε τα απαραίτητα μέτρα ώστε να προστατέψουμε τις λεκάνες που κινδυνεύουν περισσότερο. Μέτρα προληπτικά και θεραπευτικά που θα μπορούσαν να προταθούν και να εφαρμοστούν ώστε να

αμβλυνθούν τα φαινόμενα διάβρωσης σε λεκάνες που κινδυνεύουν περισσότερο είναι:

- Η βελτίωση των υπαρχόντων έργων μετά από αξιολόγησή τους ανά λεκάνη
- Η κήρυξη αναδασωτέων περιοχών σε περιοχές που δεν υπάρχει επαρκής βλάστηση
- Η απαγόρευση της βοσκής με νόμο σε περιοχές που έχουν υποβαθμιστεί
- Η λήψη μέτρων φύλαξης των δασών από λαθροϋλοτομίες,
- Η λήψη μέτρων προστασίας από τις πυρκαγιές σε περιόδους υψηλής επικινδυνότητας
- Η βαθιά κατεργασία του εδάφους (0,30 m – 0,60m) σε αγρούς με κλίση 2-3% και βαθμίδες ή πεζούλια σε κλίση εδάφους 8-35%,
- Μικρές τεχνητές δεξαμενές σε περιοχές όπου υπάρχει πρόβλημα λειψυδρίας,
- Κορμοδέματα, ξυλοδέματα και ξυλοφράγματα σε δασικές περιοχές που πάσχουν από τον κίνδυνο διαβρωτικών φαινομένων, έτι περισσότερο σε περιοχές που υπέστησαν ζημιές από πυρκαγιά.
- Μικρά φράγματα σε συνδυασμό με τη βελτίωση της εδαφικής κάλυψης

Με την παρούσα διατριβή, βλέπουμε λοιπόν ότι πετυχαίνονται τα εξής:

1. Η διερεύνηση εμπειρικών και προσδιοριστικών μεθόδων διάβρωσης
2. Η εφαρμογή της μεθόδου Gavrilovic, με το νησί της Σκιάθου ν' αποτελεί την περίπτωση μελέτης, που έχει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον λόγω της γειννίας του με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας καθώς επίσης και τουριστικό και οικολογικό ενδιαφέρον.
3. Η σύνταξη ενός χρήσιμου εργαλείου άμεσης λήψης αποφάσεων για τις τοπικές αρχές, ώστε να προστατευτεί και να διατηρηθεί το φυσικό περιβάλλον και το τοπίο του νησιού και συγκεκριμένα οι εδαφικοί και υδατικοί της πόροι, από τους

κινδύνους της διάβρωσης.

4. Η διατύπωση προτάσεων αναφορικά με μέτρα πρόληψης και θεραπείας της διάβρωσης και των επιπτώσεών τους.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

Auerswald, K., Schwertmann U. (1988). Modelle zur Erosionsvorhersage als Entscheidungsgrundlage des Bodenschutzes. In: Rosenkranz, D. et. al Bodenschutz. Berlin.

Bagnouls, F., Gaussen H., (1957). Les climats biologiques et leur classification. Annales de Géographie., 355 :193-220

Beasley, D.B., and Huggins L.F., (1981). ANSWERS User's Manual. EPA-905/9-82-001. U.S. Environmental Protection Agency, Region V. Chicago, IL.

Corbel, J., (1959). Erosion en terrain calcaire (vitesse d'érosion et morphologie). Annales de Géographie, 68:97 -120

CORINE, (1992). Soil erosion risk and important land resources. Commission of the European Communities, Directorate-General, Environment, Consumer Protection and Nuclear Safety, B-1049.

Chisci, G., Morgan R.P.C., (1988). Modelling soil erosion by water: why and how. Report Eur 10869. 121-146.

Davis, W.M., (1899). The Geographical Cycle, in Davis, W. M., ed., Geographical Essays: Boston, Ginn and Co., p. 249-278; 777 pp.

De Vente J., Poesen J, (2005). Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semi-quantitative models. Earth-Science Reviews 71: 95-125.

Dikau, R., (1989). The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology, Taylor and Francis, p.51-77.

FAO (1994). Land Degradation in South AsiaQ Its Severity, Causes and Effects Upon the People. World Soil Resources Reports 78. FAO, Rome, p.177-190

Fournier, F., (1960). Climat et erosion: La relation entre l'erosion du sol par l'eau et les precipitations atmospheriques. Presses Universitaires de France, Paris

Gavrilovic, S., (1962). Proračun srednje-godišnje količine nanosa prema potencijalu erozije (A method for estimating of the average annual quantity of sediments according to the potency of erosion). Glasnik šumarskog fakulteta, 26; 151-168.

Gavrilovic, S., (1972). Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji (Engineering of Torrents and Erosion). Izgradnja, Beograd, 292 p.

Gavrilovic, Z., (1988). The use of empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams. In: International Conference on River Regime. Wiley, Chichester, 411-422.

Gavrilovic, Z., Stefanovic M., Milojevic M., Cotric J., (2004). "Erosion Potential Method" An Important Support For Integrated Water Resource Management. Institute for the Denelopment of Water Rsource "Jaroslar Cerni"

Gavrilovic, Z., Stefanovic M., Milovanovic I., Cotric J., Milojevic M., (2008). Torrent Classification – Base of rational management of Erosive Regions. Institute for the Development of Water Resources "Jaroslar Cerni"

Globevnik, L., Holjevic D., Petkovsek G., Rubin J., (2003). Applicability of the Gavrilović method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. In: Erosion prediction in ungauged basins: integrating methods and techniques. IAHS publication 224-233, IAHS, Wallingford.

Horton, R.E., (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, *Bulletin of the Geol. Soc. Amer. Bull.*, 56.

Hwang N.H.C., Houghtalen R.J., (1996). *Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems*. Prentice Hall Inc., N. Jersey, USA.

Jianguo, M.A., (2001). Combining the USLE and GIS/Arcview for soil erosion estimation in fall creek watershed in Ithaca. *Spatial Modeling and Analysis (training course note)*. New York.

Kniesel, W.G., (1980). CREAMS—a Field Scale Model for Chemicals, Runoff, Erosion From Agricultural Management Systems. U.S. Dept. of Agriculture Research Report, vol. pp 26, 643.

Kronfelelner – Kraus, G., (1974). Die Wildbacherosion im allgemeinen und der Taizuschub im besonderen. 100 Jahre Forstl. Bundesversuchsanstalt.

Matija, Z., Blaž K., (2005). Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 years (Julian Alps, Western Slovenia)

Milevski, I., (2005). Using of 3"SRTM DEM for geomorphometrical analysis. *Proceedings of congress: Serbia and modern processes in Europe and World*. Belgrade pp. 825-832

Mutcher, C.K., Murphree C.E., McGregor K.C., (1994). Laboratory and field plotsfor erosion studies. In *Soil Erosion Research Methods, Second Edition*, R. Lal, Editor, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.

Pike, R., Wilson S., (1971). Elevation-relief ratio, hypsometrical integral, and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 82, 1079-1084.

Myronidis, D., Ioannou K., Sapountzis M., Fotakis D., (2010). Development of a sustainable plan to combat erosion for an island of the Mediterranean region». Fresenius Environmental Bulletin, Vol 19, Issue 8B, pp. 1694 – 1702.

Stefanidis, P., Kalinderis I., (2008). Soil Erosion estimation through GIS Techniques The Gavrilović Model. Dr. Presentation, p 2-3

Schumm, S.A., (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. New Jersey, Geological Society of America Bulletin, 61:597-646

Schumm, SA. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol Soc Am Bull 67:597–646

Stathis, D., Sapountzis M., Myronidis D., (2010). Assessment of land-use change effect on a design storm hydrograph using the SCS curve number method». Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 19, Issue 9A, pp. 1928 – 1934.

Strahler, A.N., (1952). Hypsometric (are – altitude) analysis of erosional topography”. Bulletin Geolog. Societ. Americ., p 63: 1117-11142.

Pimentel, D.,Harvey C., Resosudarmo P., Sinclair K.,Curz D.,McNair M., Crist S.,Shpritz L., Fitton L., Saffouri R., Blair R., (1996). Land use, erosion and water resources. In Water Resources (A.K.Biswas, ed.),McGraw-Hill, USA, pp37-71

Williams, J.R., C.A. Jones., P.T. Dyke., (1984). A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. Trans. ASAE 27:129-144.

Wishmeier, W.H., Smith D.D., (1978). Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning. USDA Agr. Res. Ser. Handbook 537.

Woolhiser, D.A., Smith R.E., Goodrich D.C., (1990). KINEROS, a Kinematic Runoff and Erosion Model: Documentation and User Manual, ARS-77. USDA–ARS.

Yalin, Y.S., (1963). An expression for bed-load transportation. Journal of Hydraulics Division ASCE 89(HY3): 221–250.

Zachar, D., (1982). Soil Erosion. Elsevier, Amsterdam.

Zapata, F., (2003). The use of environment radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation

Ελληνική βιβλιογραφία

Αστάρης, Θ., (1980). Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ.Πλευρών του όρους Βερτισκον (Κ.Μακεδονία). Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκη, σελ.49-54

Γιακουμάκης, Σ., Γεωργιάδου Κ., (2005). Πλημμυρικά μεγέθη σε λεκάνες απορροής της Ν. Άνδρου με σημαντικούς οικισμούς. 5^ο Εθνικό Συνέδριο της ΕΕΔΥΠ.

Γ.Υ.Σ., (1986). Χάρτες Γενικής Χρήσεως, Σκιάθος, Σκόπελος, Κλίμακα 1:50.000.

Διεύθυνση Δασικών Χαρτών, (1984). Εδαφολογικοί χάρτες, χάρτες Γαιών, Σκιάθος, Σκόπελος, Κλίμακα 1:50.000

Ζαρκάδας, Π., Μαργώνη Σ., Ψιλοβίκος Αρ., Δαλέζιος Ν., (2005). «Εκτίμηση και Μοντελοποίηση του Κίνδυνου Διάβρωσης στη Λεκάνη Απορροής του Ξηροποτάμου Καστοριάς με Χρήση ΓΣΠ». Πρακτικά της 1^{ης} Πανελληνίας Ημερίδας της Επιτροπής Γεωμορφολογίας & Περιβάλλοντος της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Τομος XXXVIII, σελ. 42 – 53, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2005.

ΙΓΜΕ, (1988). Σκιάθος, Κλίμακα: 1:50.000

Κονσούλα, Α., (2009). Μελέτη φράγματος Καλούδας, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Αγρονόμων – Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 151

Κούλας, Ν., (2004). Φυσικό περιβάλλον και στοιχείο διαχείρισης του χειμάρρου Ολωνθίου της Χαλκιδικής, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ.

Κωτούλας, Δ., (2001). Ορεινή Υδρονομική. Τα ρέοντα ύδατα. Τόμος Ι, σελ.681.

Μηλιαρέσης, Γ., (2006). Ειδικές εφαρμογές στο ArcGIS. Εκδόσεις Ίων, σελ. 246.

Μήτσιος, Ι., Πασχαλίδης Χ., Παγανιάς Π., (1995). Διάβρωση εδαφών αντιδιαβρωτικά μέτρα προστασίας. Εκδόσεις Zymel, σελ.68

Μούρτζιος, Π., (2008). Γεωμορφολογικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά που συνδέονται με την ανάπτυξη των χειμάρρων της νήσου Σάμου. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκη, σελ. 143

Μυρωνίδης, Δ., (2006). Ορθολογική Διαχείριση Ορεινών λεκανών απορροής με την ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 247

Ν.Δ. 996 της 30-9/6-10-71 (Α192). Περί αντικαταστάσεως και συμπληρώσεως διατάξεων των του Ν.Δ. 86/1969 «περί Δασικού Κώδικος» και Κωδικοποιήσεως των υπ' αριθ. 871/1971 ν. Δ/των.

Παπαμιχαήλ, Δ., (2001). Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων. Εκδόσεις ΓΙΑΧΟΥΔΗ, Θεσσαλονίκη, 394 σελ.

Σωτηριάδης, Α., Ψιλοβίκος Α., (1984). Ασκήσεις Γεωμορφολογίας. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 46-47.

Τερζούδη, Χ. (2006). Εκτίμηση της επίδρασης των μεθόδων κατεργασίας του εδάφους και της σποράς βαμβακιού στην διάβρωση του εδάφους. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 203.

Τζαμπύρας, Ι., (2005). Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ένταση ξηρασίας στις λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας, Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τσακίρης, Γ., (1995). Τεχνική υδρολογία, Τόμος Ι, Υδατικοί πόροι. Εκδόσεις Συμμετρία σελ. 671

Φλόκας, Α., (1990). Μαθήματα μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Εκδόσεις Ζήτη

Χρυσάνθου, Β., Πυλιώτης Α., (1995). Εκτίμηση της εισροής φερτών υλών σε έναν ταμιευτήρα υπό κατασκευή.

Ψιλοβίκος, Αρ., Ζαρκάδας Π., (2006). «Διαχείριση των υδατικών πόρων της λεκάνης απορροής της λίμνης της Καστοριάς», Πρακτικά του 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΥΕ με τίτλο : «Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Προστασία Περιβάλλοντος – Σύγχρονες Θεωρήσεις, Προβλήματα και Προοπτικές», Τόμος Ι, σελ. 63 – 70, Ξάνθη.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

European Environment Agency (EEA), Kongens Nytorv 6, 1050 Copenhagen K, Denmark: <http://www.eea.europa.eu> (Πρόσβαση 5-10-2010)

Περιοχές Natura στην Ελλάδα: <http://www.biodiversity.gr/natura.php> (Πρόσβαση 5-6-2010).

Ιστοσελίδα Εργαστηρίου Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο, Ορεστιάδα: http://wasserbau-duth.gr/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1

(Πρόσβαση 1-6-2010)

Ιστοσελίδα: <http://www.panoramio.com> (Πρόσβαση: 15/1/2011)

Ιστοσελίδα: <http://www.skiathos.gov.gr/> (Πρόσβαση: 15/11/2010)

Ιστοσελίδα: http://wakefieldsoil.blogspot.com/2009_12_01_archive.html, (Πρόσβαση: 5/10/10)

Ιστοσελίδα: http://wn.com/soil_erosion, (Πρόσβαση: 5/10/10)

Ιστοσελίδα: http://ei.tamu.edu/erosion_in_beds.htm, (Πρόσβαση: 5/10/10)

Ιστοσελίδα: <http://eu.art.com/products/p13049350-sa->

i2291083/posters.htm?ui=95EB2BF3AEC64BD68E847850F1B1C2C3 (Πρόσβαση: 5/10/10)

Ιστοσελίδα: <http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/B1BookletFinalGR.pdf>,

(Πρόσβαση: 5/10/10)

Ιστοσελίδα: <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx> (Πρόσβαση 20/2/2011)

ABSTRACT

This master thesis deals with the application of geographic information systems (GIS) to simulate erosion of small watersheds. The study area is the Northern Sporades island of Skiathos, which belongs to the regional district of Thessaly. The purpose of this study is the determining of erosion on the island of Skiathos using Gavrilovic method and make useful conclusions and proposals in the sustainable management of water resources and generally to protect the natural environment.

To complete this study on the part of geomorphology, searched the river second, third and fourth class in terms of surveying, which are digitized and having its topographical maps of the area to examine the parameters of the drainage network of river basin streams.

Examined through geological maps of the Institute of Geological Exploration (IGME) and digitized using software. Studied rainfall data and especially precipitation in mm from the Meteorological Station of Skiathos, and average temperatures by month and year collected by the meteorological stations. We found the land of Skiathos in the European database Corine (2010), which took place on the island of Skiathos, was the method Gavrilović. This method was applied using GIS (Geographic Information Systems) and software ArcGIS 9.3. was imported as level (layer) in the digital database of GIS.

The Gavrilović method taken account of the geology of the area, the degree of erosion of surface soils, topography, geomorphology, climatic factors (including average annual rainfall and mean annual temperature) and land use. To reach more reliable conclusions on mm of rainfall and temperature prevailing in each catchment area of the

island, we used the equation vrochovathmidas and temperature gradients to infer the magnitude of precipitation increase and decrease of temperature with increasing altitude in study area.

For the land used data from the European database Corine (COoRdination of Information on the Environment-Coordinate Information Environment). Additionally draw conclusions as to the relationship soil erosion and land uses having developed the Corine basis.

Finally, by using Geographic Information Systems correlation single grassroots river basins have already been digitized by the General Map a)land uses in Corine, b) Geological map digitization, c) a temperature map of the area and d) the rainfall map. After processing the data in Excel worksheets and their application to equations Gavrilovic created the final map of erosion by river basins across the island.

Keywords: Island of Skiathos, Erosion, Sustainable management, GIS, land use, Corine,Gavrilovic Method.