



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΚΕΧΑΓΙΑΣ Ι. ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΑΟΥΣΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2020





ΚΕΧΑΓΙΑΣ Ι. ΣΩΤΗΡΙΟΣ

Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5425

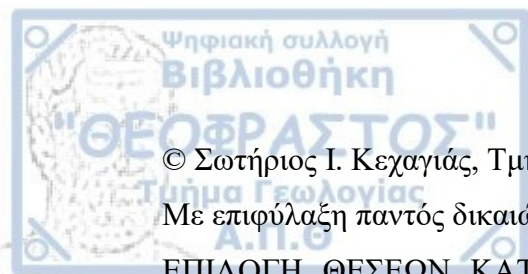
ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΑΟΥΣΑΣ

Υποβλήθηκε στο: Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Επιβλέποντες Καθηγητές

Βουδούρης Κωνσταντίνος, Καθηγητής

Κακλής Τριαντάφυλλος, Ε.ΔΙ.Π



© Σωτήριος Ι. Κεχαγιάς, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ,
ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΝΑΟΥΣΑΣ – Διπλωματική Εργασία

© Sotirios I. Kechagias, School of Geology, Dept. of Geology, 2020

All rights reserved.

SELECTION OF DAMS CONSTRUCTION POSITIONS WITH
HYDROGEOLOGICAL, GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL
CRITERIA IN NAOUSA SURROUNDING AREA – Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	III
Πρόλογος – Ευχαριστίες	IV
Περίληψη	V
Abstract	VI
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικείμενο και σκοπός	1
1.2 Εργασίες που υλοποιήθηκαν	2
2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	3
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	3
2.1.1 Γεωγραφική θέση	3
2.1.2 Πληθυσμικά στοιχεία	4
2.1.3 Κάλυψη Γης	5
2.2 ΚΛΙΜΑ	9
2.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	18
2.3.1 Γεωμορφολογικές ενότητες	19
2.3.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά λεκανών	20
2.3.3 Υδρογραφικό δίκτυο	24
2.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ	31
2.4.1 Γεωλογία - Γεωτεκτονική Εξέλιξη	32
2.4.2 Σεισμικότητα	37
3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	40
3.1 Ομαδοποίηση σχηματισμών	40
3.2 Υπολογισμός νετού	42
3.3 Υπολογισμός πραγματικής εξατμισοδιαπνοής	44
3.4 Υπολογισμός κατείσδυσης	45
3.5 Σύνταξη υδρολογικού ισοζυγίου	49
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	I



Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στην κατεύθυνση της Εφαρμοσμένης Γεωλογίας με ειδίκευση στο αντικείμενο της Υδρογεωλογίας.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα της διατριβής μου, Καθηγητή Βουδούρη Κωνσταντίνο, για το έργο του ως καθηγητή μου και τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις του. Επίσης, ευχαριστώ τον Δρ. Κακλή Τριαντάφυλλο για την ιδιαίτερη βοήθειά του στην σύγκριση και παρουσίαση μέρους των αποτελεσμάτων. Ακόμη, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δρ. Μανάκο Αντώνιο, ο οποίος όχι μόνο μου πρότεινε το θέμα της διατριβής αυτής, αλλά και μου προσέφερε τα πρωταρχικά δεδομένα και τις πολύτιμες συμβουλές του, που δίχως αυτές δεν θα ήταν εφικτή η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Επιπλέον, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Επίκουρο Καθηγητή Μουρατίδη Αντώνιο για τις πολύτιμες συζητήσεις μας, οι οποίες βελτίωσαν την διατριβή αυτή. Τέλος, δεν θα είχα φτάσει ως εδώ χωρίς την συνεχή υποστήριξη και στοργή από την οικογένεια και τους καρδιακούς μου φίλους.



Περίληψη

Η παρούσα εργασία έλαβε χώρα στην Βόρεια Ελλάδα, στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας και, πιο συγκεκριμένα, στην ευρύτερη περιοχή της Νάουσας, Δυτικά της οποίας χωρίζονται τέσσερις υδρολογικές λεκάνες απορροής. Αυτές οι λεκάνες είναι: η λεκάνη απορροής Μαυρόλακκος με έκταση $17,28\text{Km}^2$, η λεκάνη Γκλόμπα με έκταση $20,39\text{Km}^2$, η λεκάνη Ματσάρικος Λάκκος με έκταση $64,97\text{Km}^2$ και η λεκάνη Σελιότικος Λάκκος με έκταση $94,12\text{Km}^2$. Η περιοχή μελέτης ανήκει στον ορεινό όγκο του Βερμίου όρους, με αποτέλεσμα τα υψόμετρα να κυμαίνονται από 68m έως και 2.052m.

Στις λεκάνες αυτές ερευνάται υδρογεωλογικά, γεωλογικά και γεωμορφολογικά κατά πόσο θα ήταν αποτελεσματική η κατασκευή τεχνητού ταμιευτήρα, υπό την μορφή φράγματος, στην έξοδο κάθε λεκάνης.

Οι κύριοι γεωλογικοί σχηματισμοί που επικρατούν στην περιοχή είναι ασβεστολιθικά πετρώματα και λατυποπαγή, οφιόλιθοι, οφιολιθικά λατυποπαγή και κροκαλοπαγή, καθώς και φλύσχης. Επίσης, η περιοχή χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή σεισμική δραστηριότητα παρότι είναι πολύ έντονα τεκτονισμένη.

Η παροχή νερού στις αναφερόμενες λεκάνες οφείλεται κυρίως στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα των οποίων η συχνότητα αυξάνεται κατά τους χειμερινούς μήνες του έτους προς όφελος της επιφανειακής απορροής.

Με την χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) και κατ' επέκταση την ψηφιοποίηση πληθώρας χωρικών δεδομένων επιτεύχθηκε ο συνδυασμός των παραπάνω στοιχείων, ώστε να γίνει η εκτίμηση της βέλτιστης περιοχής για την κατασκευή φράγματος. Η λεκάνη απορροής που επιλέχθηκε είναι αυτή της Γκλόμπας λόγω της ιδανικής γεωλογίας που ευνοεί την συγκράτηση του νερού στην έξοδό της. Έτσι, το νερό που πέφτει στην επιφάνεια της Γης μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί τους άνυδρους μήνες, όταν οι αρδευτικές ανάγκες είναι μεγαλύτερες.



Abstract

The present study took place in Northern Greece, in the region of Central Macedonia and more specifically in the wider area of Naousa, where west of the city the area is divided into four watersheds. These basins are the Mavrolakkos Basin with an area of 17.28Km², the Globa Basin with an area of 20.39Km², the Matsarikos Lakkos Basin with an area of 64.97Km² and the Seliotikos Lakkos Basin with an area of 94.12Km². This area is part of the Vermio mountain range, with altitudes ranging from 68m to 2.052m.

In these basins hydrogeological, geological and geomorphological criteria are employed in order to find out if construction of an artificial reservoir, through a dam, at the outlet of each basin would be effective and in which basin would the reservoir be the most effective.

The main geological formations in the area are limestones and limestone breccia, ophiolites, ophiolitic breccia and conglomerates as well as flysch. The area is also characterized by very low seismic activity even though it is strongly tectonised.

The water supply in the basins is mainly due to atmospheric precipitations whose frequency increases during the winter months for the benefit of surface runoff.

Using the Geographic Information Systems (G.I.S) and thus digitizing a multitude of spatial data, the above data have been combined in order to find the optimal site for dam construction. The catchment area chosen is that of Globa because of the ideal geology that favors the containment of water at its outlet. Thus, water falling to the surface of the Earth through atmospheric precipitation can be used during the arid months, when irrigation needs are high.



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας έγινε στο πλαίσιο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας.

1.1 Αντικείμενο και σκοπός

Τις τελευταίες δεκαετίες, η συνεχής αύξηση του πληθυσμού και, συνεπώς, της παραγωγής, τόσο της αγροτικής όσο και της βιομηχανικής, ωθούν στην ανάλογη αύξηση της ζήτησης για φυσικούς πόρους. Ένας από τους κυριότερους φυσικούς πόρους είναι το νερό, το οποίο αποτελεί ποσοτικά και ποιοτικά ένα από τα βασικότερα αγαθά για την ζωή και ευμάρεια του ανθρώπου.

Όπως σε άλλες χώρες, έτσι και στην Ελλάδα, η ανάγκη για νερό, ιδιαίτερα κατά την θερινή περίοδο λόγω του κλίματος και της γεωργίας, πιέζει για εξεύρεση νέων αποθεμάτων. Ένας από τους αποτελεσματικότερους τρόπους συγκέντρωσης νερού είναι η κατασκευή τεχνητών ταμιευτήρων μέσω φραγμάτων. Η παρούσα εργασία εξετάζει με κριτήρια υδρογεωλογικά, γεωλογικά και γεωμορφολογικά τις τέσσερις λεκάνες απορροής που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή της Νάουσας, στα δυτικά της πόλης. Στόχος της εργασίας είναι, αφενός, ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας ενός τεχνητού ταμιευτήρα μέσω φράγματος στην έξοδο κάθε λεκάνης, και αφετέρου, ο εντοπισμός της καταλληλότερης λεκάνης για την κατασκευή του ταμιευτήρα. Κάθε λεκάνη της περιοχής μελετάται αρχικά ξεχωριστά και έπειτα γίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων τους.



1.2 Εργασίες που υλοποιήθηκαν

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες εργασίες:

- Συλλογή βιβλιογραφίας για την περιοχή μελέτης.
- Επίσκεψη και αναγνώριση της περιοχής μελέτης.
- Επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων.
- Ψηφιοποίηση γεωλογικών χαρτών (Ι.Γ.Μ.Ε 1:50.000) με την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S).
- Δημιουργία θεματικών χαρτών με την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S).
- Υδρογεωλογική ανάλυση.
- Αξιολόγηση λεκανών και διατύπωση συμπερασμάτων.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν, επίσης, τα παρακάτω προγράμματα και λογισμικά:

- GIMP
- Google Earth
- Inkscape
- MS Office (Word, Excel)
- QGIS
- SNAP

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

2.1.1 Γεωγραφική θέση

Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στην Βόρεια Ελλάδα, στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Συγκεκριμένα, βρίσκεται κυρίως στο ορεινό τμήμα του Δήμου Νάουσας, ενώ καταλαμβάνει και μικρά τμήματα στους Δήμους Βεροίας, Έδεσσας και Εορδαίας. Υπάγεται στο υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας (EL09) και πιο συγκεκριμένα στο ΒΒΑ τμήμα της Λ.Α.Π Αλιάκμονα (EL0902), σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.



Σχήμα 2.1.1. Εικόνα Google Earth με τα όρια της περιοχής μελέτης (Κίτρινο) σε σχέση με τα όρια των δήμων (Κόκκινο).

Τα όρια της περιοχής μελέτης συμπίπτουν με τα όρια των τεσσάρων υδρολογικών λεκανών (Ματσάρικος Λάκκος, Μαυρόλακκος, Γκλόμπα, Σελιότικος Λάκκος). Οι λεκάνες καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα του όρους Βερμίου και οι έξοδοι τους έχουν κατεύθυνση Ανατολική, δηλαδή προς την πόλη της Νάουσας.

2.1.2 Πληθυσμιακά στοιχεία

Καθώς το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης και οι έξοδοι των λεκανών βρίσκονται στον δήμο Νάουσας, θα ήταν σκόπιμο να παρουσιαστούν τα στατιστικά πληθυσμιακά στοιχεία για τον δήμο αυτό. Ο Δήμος της Ηρωικής Πόλεως Νάουσας συστάθηκε με το πρόγραμμα Καλλικράτης από τη συνένωση των προϋπαρχόντων δήμων Νάουσας, Ανθεμίων και Ειρηνούπολης. Σύμφωνα με την τελευταία απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ) το 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου ανέρχεται στους 32.494 κατοίκους εκ των οποίων 12.700 είναι οικονομικά ενεργοί, από τους οποίους οι 9.774 απασχολούμενοι κυρίως στον πρωτογενή και έπειτα στον τριτογενή τομέα.

Πίνακας 2.1.1. Πληθυσμιακά στοιχεία 1991-2011 (ΕΛ.ΣΤΑΤ).

Μόνιμος Πληθυσμός ΕΛ.ΣΤΑΤ

Νομός Ημαθίας		Νομός Ημαθίας		Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	
Επαρχία Ναούσης 1991	34.438	Νομός Ημαθίας 2001	34.164	Δήμος Νάουσας 2011	32.494
Δήμος / Κοινότητα		Δήμος		Δημοτική Ενότητα	
Αρκοχωρίου	279	Ανθεμίων	7.945	Ανθεμίων	7.534
Γιαννακοχωρίου	431	Ειρηνούπολης	3.945	Ειρηνούπολης	3.808
Ειρηνούπολης	3.972	Νάουσας	22.274	Νάουσας	21.152
Επισκοπής	1.658				
Κάτω Βερμίου	56				
Κοπανού	1.989				
Λευκαδίων	875				
Μαρίνης	1.171				
Μονοσπίτων	954				
Ναούσης	20.525				
Ροδοχωρίου	643				
Στενημάχου	761				
Χαριέσσης	1.124				

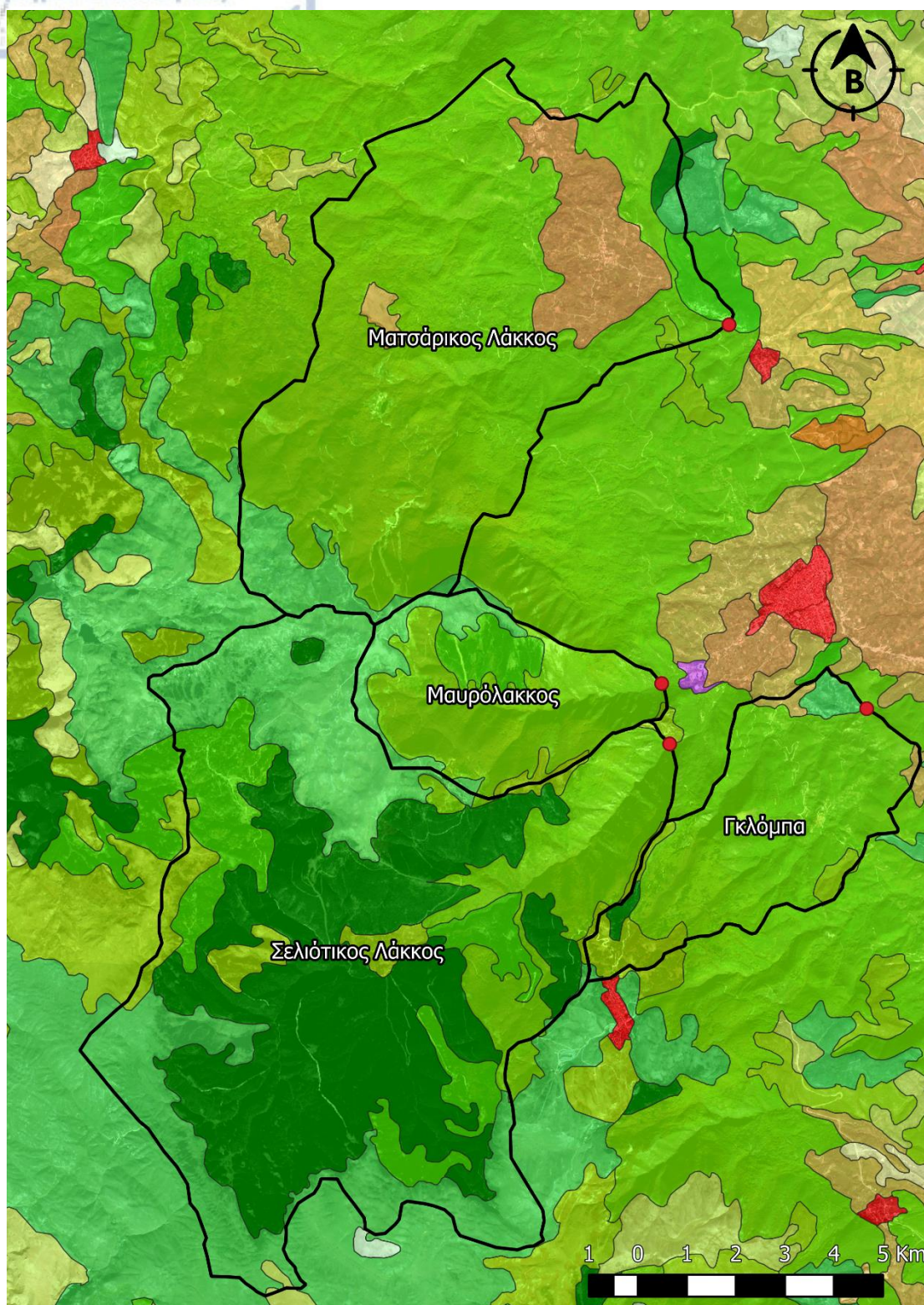
2.1.3 Κάλυψη Γης

Η γνώση της κάλυψης γης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι ιδιαίτερα σημαντική για πληθώρα λόγων. Αρχικά, πρέπει να γίνει γνωστό τι είδους έκταση θα δεσμεύσουν το φράγμα και η αντίστοιχη λεκάνη κατάκλισης του ταμιευτήρα. Επίσης, η κάλυψη γης παρέχει επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τις δραστηριότητες και την έκτασή τους. Ένα επιπλέον όφελος από την γνώση των χρήσεων της γης συνιστά η καλύτερη αντιμετώπιση ενδεχόμενου ατυχήματος καθώς μπορεί να εκτιμηθεί η επικινδυνότητα των περιοχών ή δραστηριοτήτων που θα επηρεαστούν άμεσα ή έμμεσα από ένα τέτοιο γεγονός.

Για να εντοπιστούν οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από το πρόγραμμα Corine Land Cover 2012 του Ευρωπαϊκού οργανισμού Copernicus. Βάσει αυτών κατασκευάστηκε ένας αντίστοιχος θεματικός χάρτης. Παρακάτω εμφανίζονται το υπόμνημα και ο θεματικός χάρτης. Αξίζει να σημειωθεί πως τα ακόλουθα δεδομένα είχαν μεγάλο αριθμό σφαλμάτων κυρίως στις αστικές περιοχές, καθώς δεν εμφανίζονται οι μικροί οικισμοί Ροδοχώρι, Αγ. Φωτεινή, Μεταμόρφωση, Σέλι, Αρκοχώρι και άλλοι που εμφανίζονται εντός των λεκανών ως αστικές περιοχές.

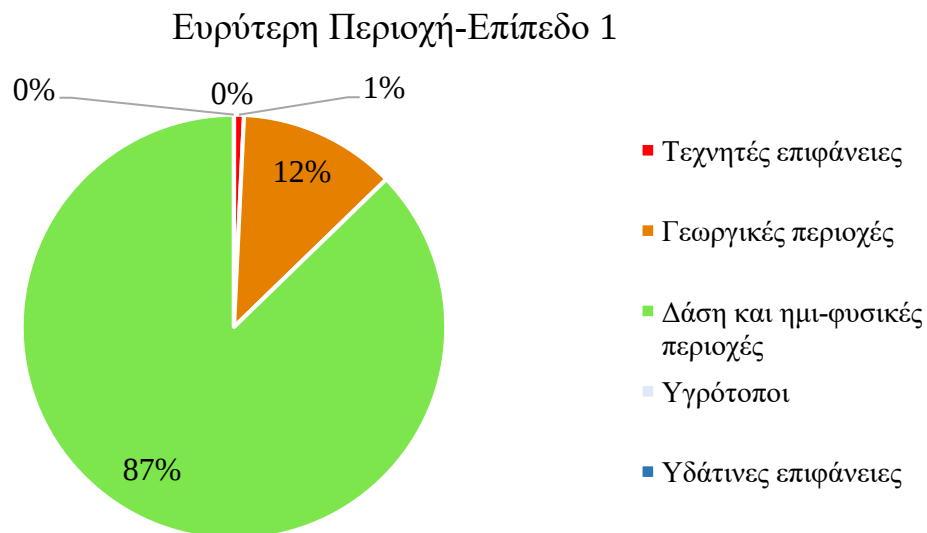
- 111 Συνεχής αστικός ιστός
- 121 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες
- 211 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη
- 221 Αμπελώνες
- 222 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς
- 231 Λιβάδια
- 242 Σύνθετες καλλιέργειες
- 243 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης
- 311 Δάσος πλατύφυλλων
- 312 Δάσος κωνοφόρων
- 313 Μικτό δάσος
- 321 Φυσικοί βοσκότοποι
- 323 Σκληροφυλλική βλάστηση
- 324 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
- 333 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση

Σχήμα 2.1.2. Υπόμνημα του θεματικού χάρτη της κάλυψης γης για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.

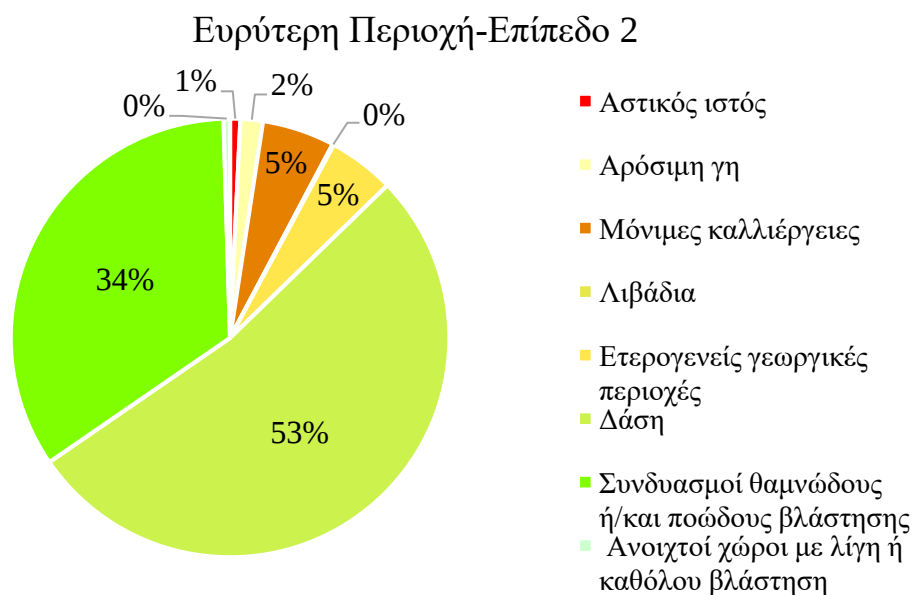


Σχήμα 2.1.3.Θεματικός χάρτης της κάλυψης γης (Επίπεδο 3) για την ευρύτερη περιοχή μελέτης με επισήμανση των τεσσάρων λεκανών και των εξόδων τους.

Με την βοήθεια των G.I.S και των υπολογιστικών φύλλων (MSExcel) κατασκευάστηκαν τα ακόλουθα διαγράμματα. Αυτά τα διαγράμματα παρουσιάζουν την στατιστική κάλυψη γης της ευρύτερης περιοχής στα 3 επίπεδα του CorineLandCover. Το 1^ο επίπεδο είναι το πιο γενικό, το 2^ο εμβαθύνει περισσότερο και το 3^ο παρουσιάζει την μέγιστη λεπτομέρεια.



Σχήμα 2.1.4. Κυκλικό διάγραμμα με την ποσοστιαία κάλυψη γης της ευρύτερης περιοχής – Επίπεδο 1.



Σχήμα 2.1.5. Κυκλικό διάγραμμα με την ποσοστιαία κάλυψη γης της ευρύτερης περιοχής – Επίπεδο 2.

Πίνακας 2.1.2. Πίνακας με την αριθμητική και ποσοστιαία κάλυψη γης της ευρύτερης περιοχής – Επίπεδο 3.

Κωδ.	Κάλυψη Γης	Έκταση(m ²)	Έκταση(%)
112	Ασυνεχής αστικός ιστός	4.235.810	0,76%
211	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	9.255.202	1,65%
222	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	29.937.025	5,35%
231	Λιβάδια	536.933	0,10%
242	Σύνθετες καλλιέργειες	6.457.715	1,15%
243	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	20.953.073	3,74%
311	Δάσος πλατύφυλλων	216.975.003	38,74%
312	Δάσος κωνοφόρων	49.249.680	8,79%
313	Μικτό δάσος	28.762.087	5,14%
321	Φυσικοί βοσκότοποι	29.331.219	5,24%
323	Σκληροφυλλική βλάστηση	110.627.107	19,75%
324	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	51.050.585	9,12%
333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	2.682.154	0,48%

Από τον παραπάνω χάρτη με τα διαγράμματα και τα στατιστικά δεδομένα γίνεται αντιληπτό πως στην περιοχή κυριαρχούν τα δάση και οι ημιφυσικές περιοχές, ενώ σε αρκετά μικρότερο βαθμό υπάρχουν μόνιμες καλλιέργειες και ετερογενείς γεωργικές περιοχές. Αξίζει να σημειωθεί πως στην έξοδο της λεκάνης Ματσάριοκος Λάκκος βρίσκεται ο οικισμός Γιαννακοχώρι και στις εξόδους των υπόλοιπων λεκανών εδρεύει η πόλη της Νάουσας με τις τριγύρω γεωργικές και φυσικές εκτάσεις.

Για τον προσδιορισμό των κλιματικών συνθηκών της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τους πλησιέστερους μετεωρολογικούς σταθμούς του δικτύου της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ) με κοινές χρονολογίες λειτουργίας. Αυτοί που επιλέχθηκαν είναι οι μετεωρολογικοί σταθμοί Νάουσα (LG40), 3-5 Πηγάδια (X/K) (LGE8) και Σέλι (LG87) (Σχήμα 2.2.1). Αξίζει να σημειωθεί πως οι συγκεκριμένοι σταθμοί παρουσίασαν πολύ μεγάλο αριθμό βλαβών στην καταμέτρηση της βροχόπτωσης αλλά και της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να απουσιάζουν οι καταγραφές ορισμένων μηνών από πολλά έτη. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού, χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των μηνών με αξιόπιστες τιμές για το δεδομένο αριθμό ετών. Στη συνέχεια, ακολουθεί η ανάλυση για κάθε σταθμό.



Σχήμα 2.2.1. Εικόνα Google Earth με τις θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών σε σχέση με την περιοχή μελέτης.



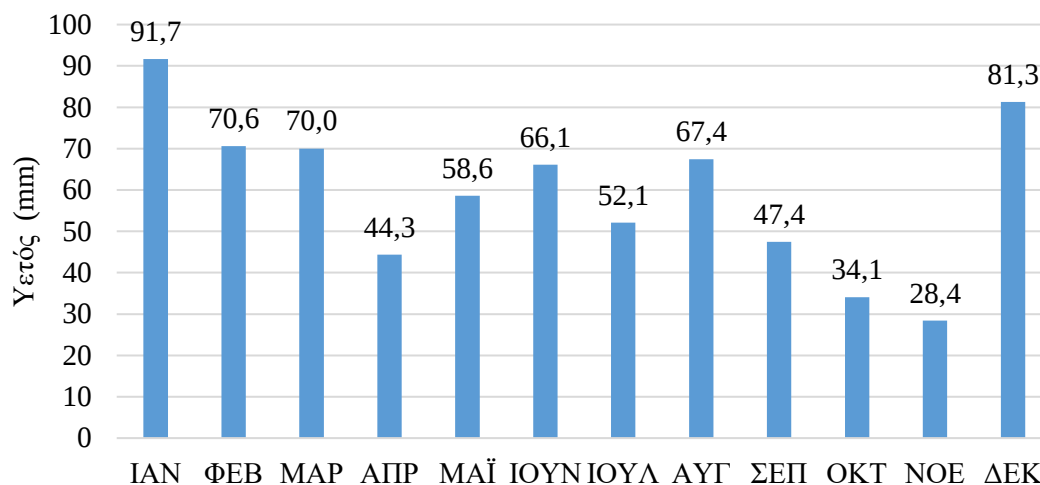
Νάουσα (LG40)

Ο μετεωρολογικός σταθμός της Νάουσας (LG40) βρίσκεται στην οροφή του δημαρχείου της Νάουσας, σε υψόμετρο 365m. Ο σταθμός τέθηκε σε λειτουργία τον Οκτώβριο του 2006. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 757,2mm για την περίοδο 2010 – 2017. Το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης σημειώνεται τον μήνα Οκτώβριο με 91,7mm, ενώ το ελάχιστο τον Ιούλιο με 34,1mm. Το υδρολογικό έτος κατά το οποίο σημειώθηκε το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης ήταν το 2014 – 2015, ενώ το ελάχιστο ύψος βροχόπτωσης το 2016 – 2017(Σχήμα 2.7).

Η μέση ετήσια θερμοκρασία για την περίοδο 2006 – 2017 κυμαίνεται στους 15,2°C. Το θερμότερο καταγεγραμμένο έτος ήταν το 2012 με 16,07°C, ενώ το ψυχρότερο έτος ήταν το 2014, όπου η μέση ετήσια θερμοκρασία ήταν 14,44°C. Ο μήνας κατά τον οποίο σημειώνεται η μέση ελάχιστη θερμοκρασία είναι ο Ιανουάριος στους 5,3°C. Σε αντίθεση, θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος, με τη θερμοκρασία να σημειώνεται στους 26,1°C (Σχήμα 2.8).

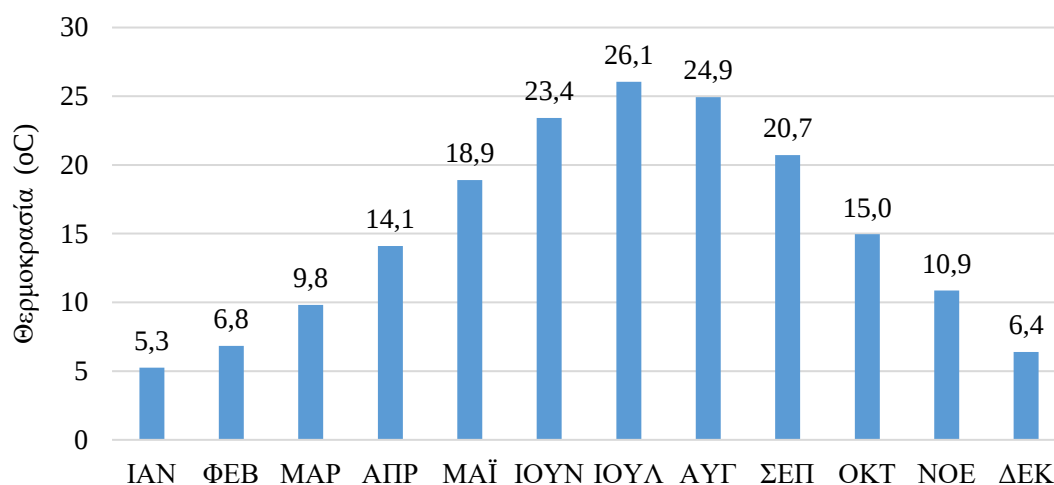
Σύμφωνα με το οβροθερμικό διάγραμμα των Gaussen και Begnouls (1957), η επιφάνεια μεταξύ των δύο σημείων των τομών από τις καμπύλες της θερμοκρασίας και του υετού ($P=2T$) δείχνει τη διάρκεια και την ένταση της ξηράς περιόδου. Αυτό δικαιολογείται, γιατί αν θεωρηθούν οι βροχοπτώσεις στο υδατικό ισοζύγιο ως κέρδος, τότε οι θερμοκρασίες εμμέσως εκφράζουν τις απώλειες από την εξάτμιση και τη διαπνοή. Όσο υψηλότερες είναι οι θερμοκρασίες, τόσο υψηλότερες είναι η εξάτμιση και η διαπνοή. Με το οβροθερμικό διάγραμμα που έχει δημιουργηθεί για την περίοδο 2006 – 2017 σε αυτόν τον σταθμό (Σχήμα 2.9), προκύπτει πως η ξηρή περίοδος ξεκινάει τον μήνα Ιούνιο και διαρκεί έως και τα μέσα του μήνα Αύγουστου, δηλαδή διαρκεί κατά μέσο όρο 70 μέρες.

Ετήσια διακύμανση βροχόπτωσης
Νάουσα (LG40)

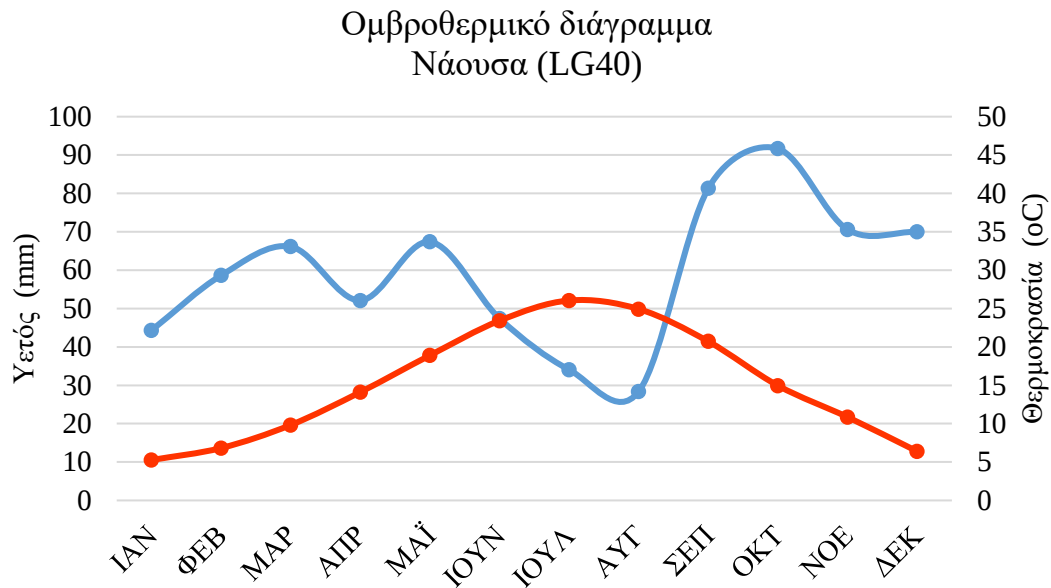


Σχήμα 2.7. Ετήσια διακύμανση βροχόπτωσης για τον σταθμό της Νάουσας (LG40) για την περίοδο 2006 – 2017.

Ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας
Νάουσα (LG40)



Σχήμα 2.8. Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας για τον σταθμό της Νάουσας (LG40) για την περίοδο 2006 – 2017.



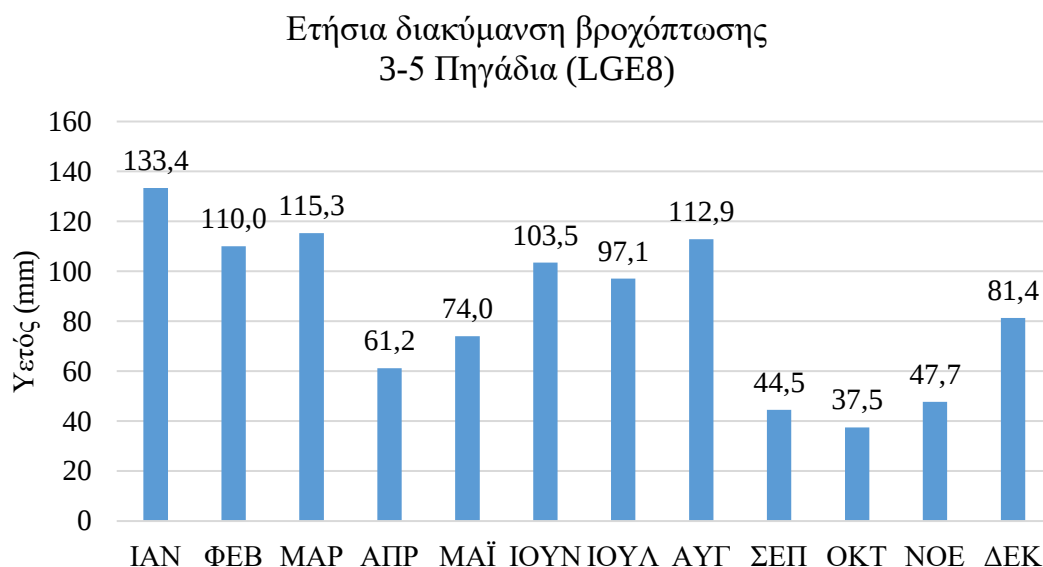
Σχήμα 2.9. Ομβροθερμικό διάγραμμα για τον σταθμό της Νάουσας (LG40) για την περίοδο 2006 – 2017.

3-5 Πηγάδια (X/K) (LGE8)

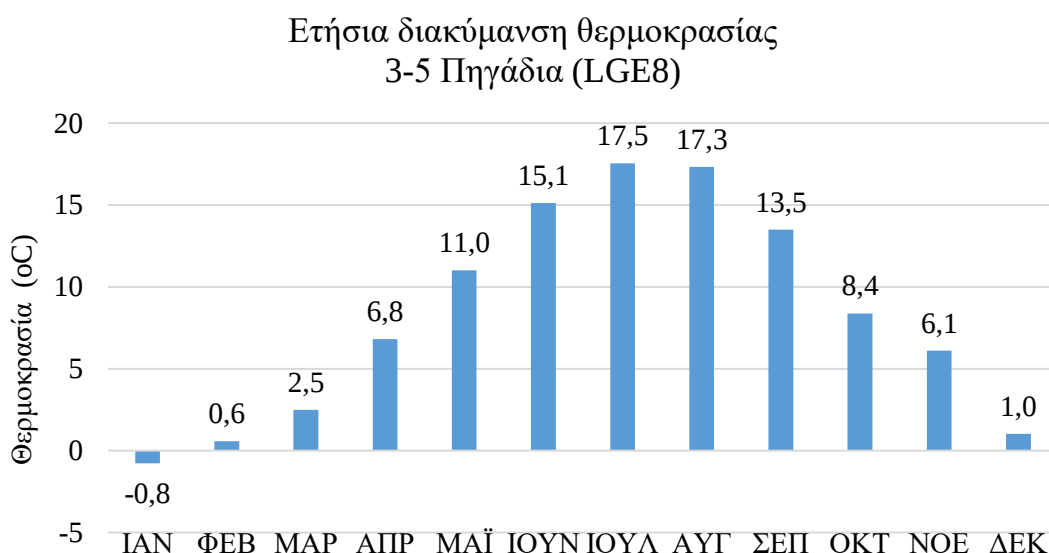
Ο μετεωρολογικός σταθμός 3-5 Πηγάδια (LGE8) βρίσκεται επί εδάφους στο ομόνυμο χιονοδρομικό κέντρο, σε υψόμετρο 1430m. Ο σταθμός τέθηκε σε λειτουργία τον Δεκέμβριο του 2008, αλλά σταμάτησε να λειτουργεί οριστικά στις 08/04/2017. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 1062,5mm για την περίοδο 2008 – 2017. Το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης σημειώνεται τον μήνα Οκτώβριο με 133,4mm, ενώ το ελάχιστο τον Ιούλιο με 37,5mm. Το υδρολογικό έτος κατά το οποίο σημειώθηκε το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης ήταν το 2009 – 2010, ενώ το ελάχιστο ύψος βροχόπτωσης το 2015 – 2016 (Σχήμα 2.10).

Η μέση ετήσια θερμοκρασία για την περίοδο 2008 – 2017 κυμαίνεται στους 8,2°C. Το θερμότερο καταγεγραμμένο έτος ήταν το 2012 με 8,58°C, ενώ το ψυχρότερο έτος ήταν το 2011, όπου η μέση ετήσια θερμοκρασία ήταν 7,73°C. Ο μήνας κατά τον οποίο σημειώνεται η μέση ελάχιστη θερμοκρασία είναι ο Ιανουάριος στους -0,8°C. Σε αντίθεση, θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος, με τη θερμοκρασία να σημειώνεται στους 17,5°C (Σχήμα 2.11).

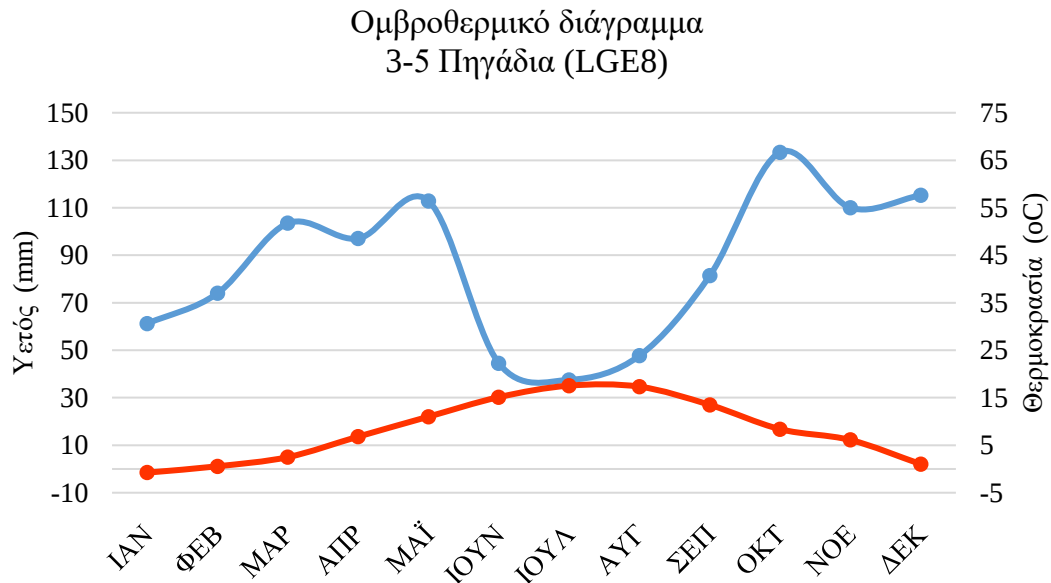
Με το οβροθερμικό διάγραμμα που έχει δημιουργηθεί για την περίοδο 2008 – 2017 σε αυτόν τον σταθμό (Σχήμα 2.12), προκύπτει πως δεν υπάρχει ξηρή περίοδος μέσα στο έτος. Αυτό εξηγείται από την ορεινή θέση του σταθμού.



Σχήμα 2.10. Ετήσια διακύμανση βροχόπτωσης για τον σταθμό 3-5 Πηγάδια (LGE8) για την περίοδο 2008 – 2017.



Σχήμα 2.11. Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας για τον σταθμό 3-5 Πηγάδια (LGE8) για την περίοδο 2008-2017.



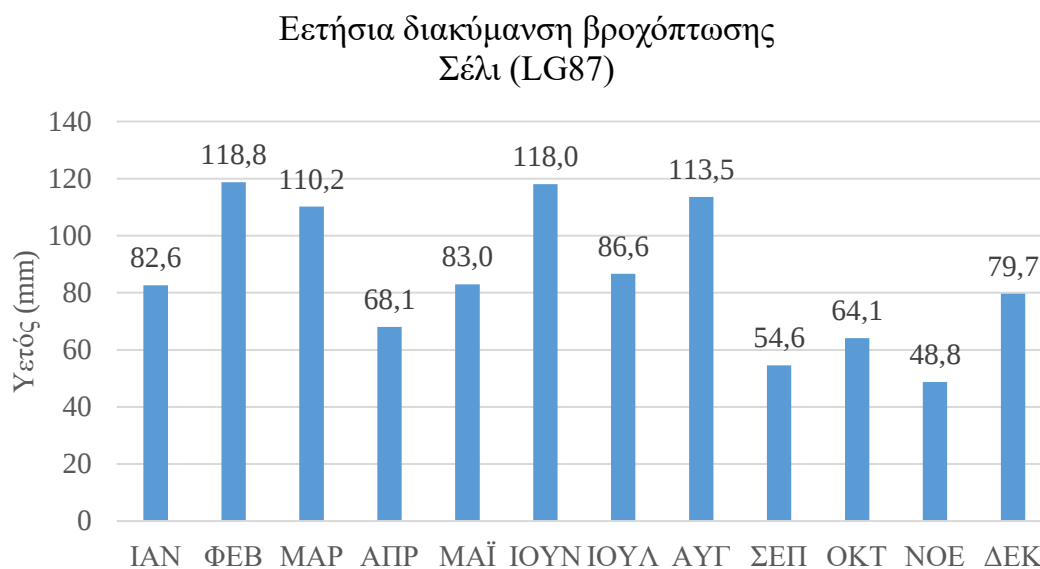
Σχήμα 2.12. Ομβροθερμικό διάγραμμα για τον σταθμό 3-5 Πηγάδια (LGE8) για την περίοδο 2008-2017.

Σέλι (LG87)

Ο μετεωρολογικός σταθμός Σέλι (LG87) βρίσκεται σε οροφή κτηρίου του ομώνυμου χιονοδρομικού κέντρου, σε υψόμετρο 1510m. Ο σταθμός τέθηκε σε λειτουργία τον Δεκέμβριο του 2007. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 1242,3mm για την περίοδο 2009 – 2017. Το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης σημειώνεται τον μήνα Νοέμβριο με 118,8mm, ενώ το ελάχιστο τον Αύγουστο με 48,8mm. Το υδρολογικό έτος κατά το οποίο σημειώθηκε το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης ήταν το 2012 – 2013, ενώ το ελάχιστο ύψος βροχόπτωσης το 2013 – 2014 (Σχήμα 2.13).

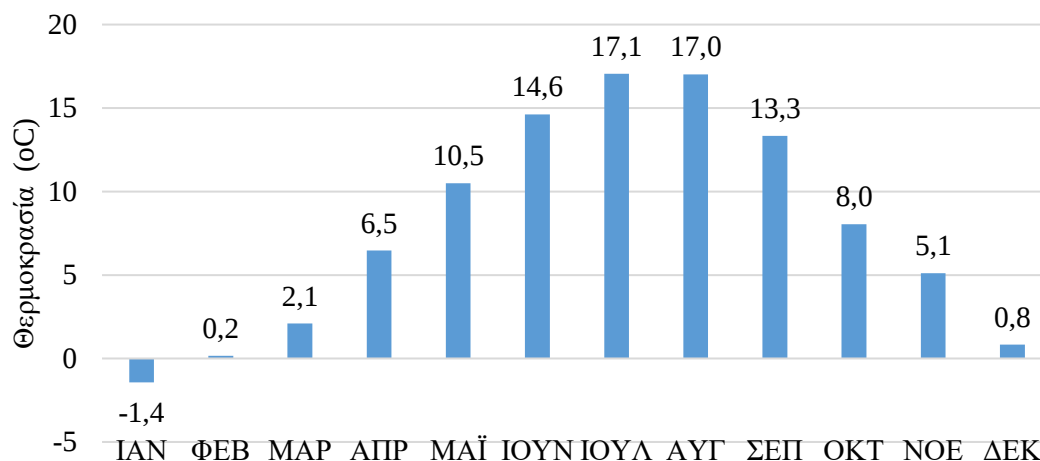
Η μέση ετήσια θερμοκρασία για την περίοδο 2009 – 2017 κυμαίνεται στους 7,9°C. Το θερμότερο καταγεγραμμένο έτος ήταν το 2009 – 2010 με 8,01°C, ενώ το ψυχρότερο έτος ήταν το 2014 – 2015, όπου η μέση ετήσια θερμοκρασία ήταν 7,40°C. Ο μήνας κατά τον οποίο σημειώνεται η μέση ελάχιστη θερμοκρασία είναι ο Ιανουάριος στους -1,4°C. Αντίθετα, θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος, με τη θερμοκρασία να σημειώνεται στους 17,1°C (Σχήμα 2.14).

Με το οβροθερμικό διάγραμμα που έχει δημιουργηθεί για την περίοδο 2007 – 2017 σε αυτόν τον σταθμό (Σχήμα 2.15) προκύπτει πως δεν υπάρχει ξηρή περίοδος μέσα στο έτος. Αυτό οφείλεται στην ορεινή θέση του σταθμού.



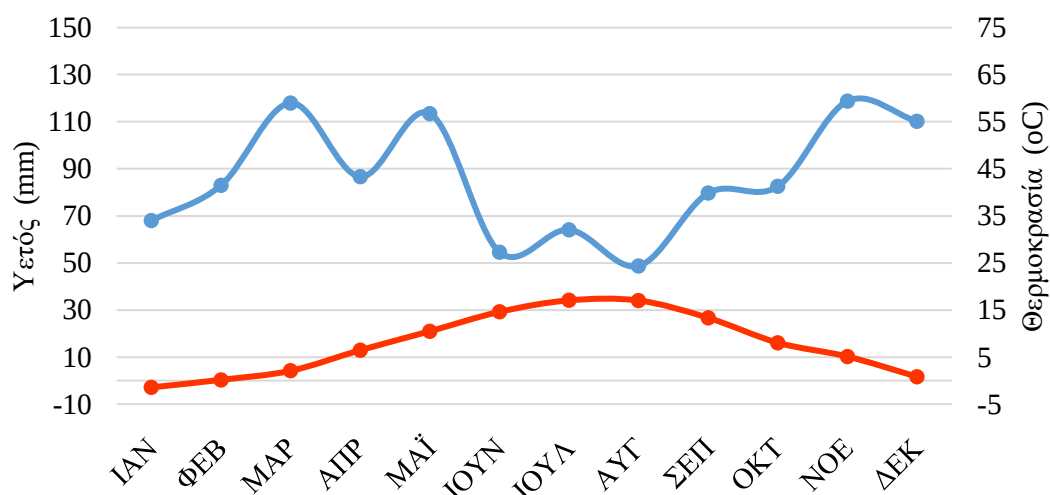
Σχήμα 2.13. Ετήσια διακύμανση βροχόπτωσης για τον σταθμό Σέλι (LG87) για την περίοδο 2007 – 2017.

Ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας
Σέλι (LG87)



Σχήμα 2.14. Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας για τον σταθμό Σέλι (LG87) για την περίοδο 2007 – 2017.

Ομβροθερμικό διάγραμμα
Σέλι (LG87)



Σχήμα 2.15. Ομβροθερμικό διάγραμμα για τον σταθμό Σέλι (LG87) για την περίοδο 2007 – 2017.

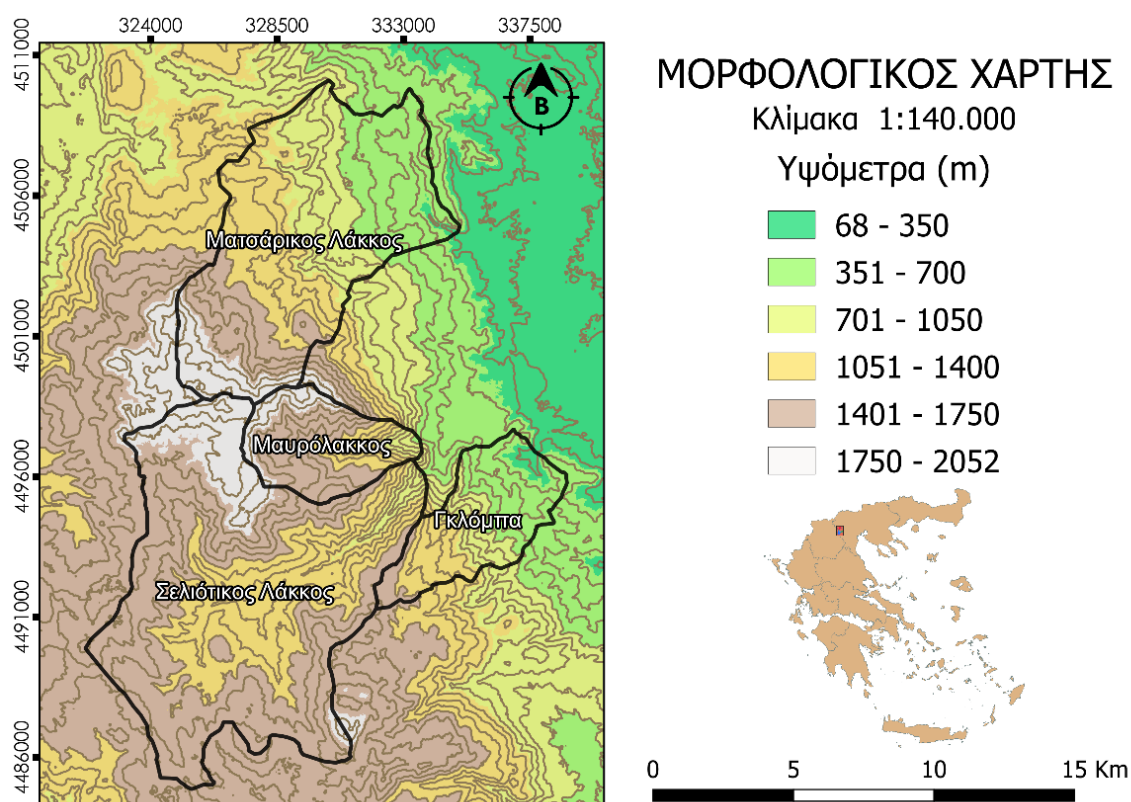
Λόγω της μικρής διάρκειας λειτουργίας των σταθμών (<30 ετών), τα δεδομένα κρίνονται ακατάλληλα για την εύρεση του κλίματος κατά Köppen – Geiger της περιοχής. Για τον λόγο αυτό, έγινε αναζήτηση στην βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία τα αποτελέσματα που ανέδειξαν οι Beck et al.(2018) φαίνεται να συσχετίζονται με τα δεδομένα των σταθμών. Το κλίμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως υγρό ηπειρωτικό(Dfb και Dsb). Το κλίμα Dfb εμφανίζεται στα υψηλότερα υψόμετρα, σε αντίθεση με το Dsb. Ακολουθεί επεξήγηση αυτών των κατηγοριών:

Dfb (Warm-summer humid continental climate) [υγρό ηπειρωτικό κλίμα με ζεστό καλοκαίρι]: Η μέση θερμοκρασία του πιο κρύου μήνα είναι χαμηλότερη των 0°C (ή -3°C), ενώ κανένας μήνας δεν υπερβαίνει τους 22°C, παρόλο που τουλάχιστον τέσσερις μήνες υπερβαίνουν τους 10°C. Δεν υπάρχει σημαντική διαφορά βροχόπτωσης μεταξύ των εποχών (Peeletal., 2007).

Dsb (Mediterranean-influenced warm-summer humid continental climate) [υγρό ηπειρωτικό κλίμα με μεσογειακά επηρεασμένο ζεστό καλοκαίρι]: Η μέση θερμοκρασία του πιο κρύου μήνα είναι χαμηλότερη των 0°C (ή -3°C), ενώ κανένας μήνας δεν υπερβαίνει τους 22°C, παρόλο που τουλάχιστον τέσσερις μήνες υπερβαίνουν τους 10°C. Παρατηρείται τουλάχιστον τρεις φορές περισσότερος υετός τον υγρότερο μήνα του χειμώνα, από ό,τι στον ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού. Ο ξηρότερος μήνας του καλοκαιριού καταγράφει λιγότερο από 30mm κατακρημνισμάτων (Peeletal., 2007).

2.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

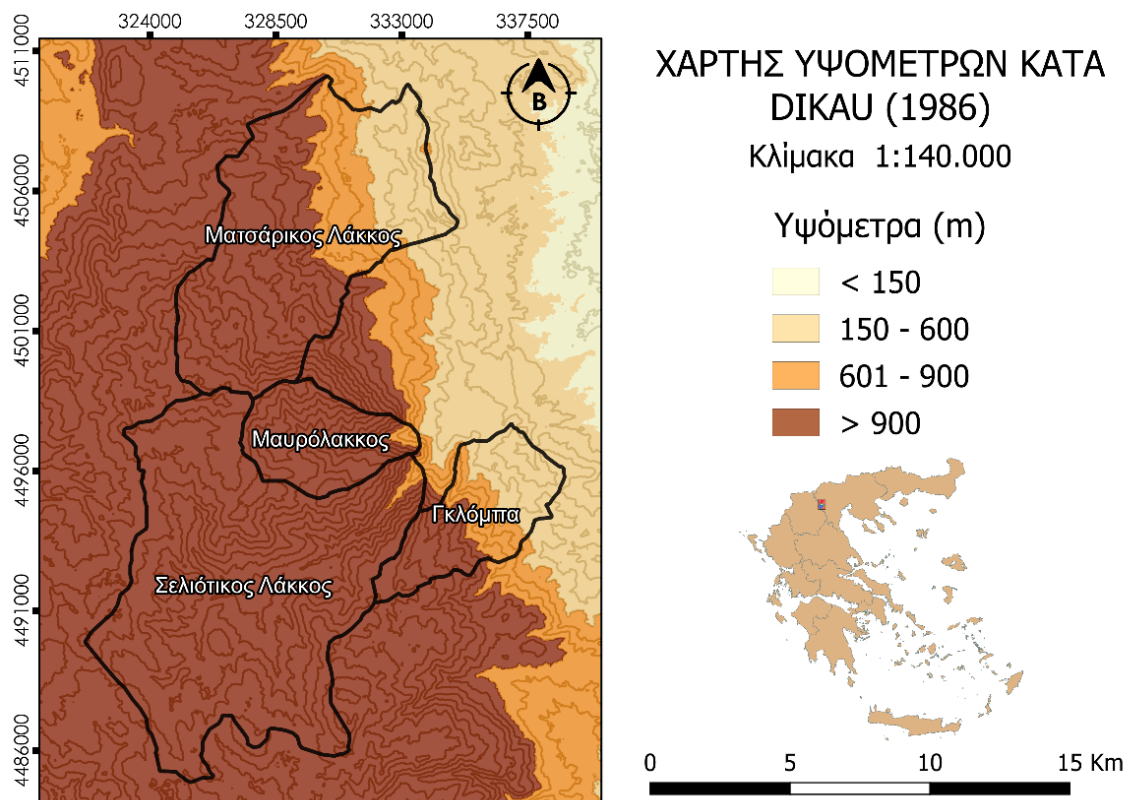
Η σημερινή γεωμορφολογία μιας περιοχής μετασχηματίζεται από τις ενδογενείς και εξωγενείς διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο πέρασμα του γεωλογικού χρόνου. Οι ενδογενείς διεργασίες σχετίζονται με την λιθολογία και την τεκτονική, ενώ οι εξωγενείς σχετίζονται με τις κλιματικές συνθήκες και την δράση του νερού.



Σχήμα 2.3.1. Μορφολογικός Χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης, κλίμακας 1:140.000 με επισήμανση της θέσης. Ψηφιοποιήθηκε σε περιβάλλον GIS βάσει των φύλλων χάρτη «Πύργου», «Βέροια» και «Κοζάνη», κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ).

2.3.1 Γεωμορφολογικές ενότητες

Βορειοανατολικά της περιοχής μελέτης κυριαρχεί το πεδινό ανάγλυφο (<150m), όπου και συναντάται ο εύφορος κάμπος της Ημαθίας με τις Τεταρτογενείς αποθέσεις. Το Ανατολικό – Βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από λοφώδες ανάγλυφο (150 – 600m) – σε αυτή την ζώνη είναι οικοδομημένη και η πόλη της Νάουσας. Μεταβαίνοντας δυτικότερα συναντούμε μια μικρή μεταβατική ζώνη με ημιορεινό ανάγλυφο (600 – 900m), καθώς εκεί βρίσκονται οι πρόποδες της ορεινής μάζας του Βερμίου. Το μεγαλύτερο, όμως, τμήμα της περιοχής μελέτης απαντά Κεντρικά και Δυτικά, καλύπτεται από το όρος Βέρμιο και εμφανίζει, συνεπώς, ορεινό ανάγλυφο (>900m). Εδώ παρατηρούνται και τα υψηλότερα υψόμετρα, με μέγιστο τα 2.052m. Δυτικότερα του όρους Βερμίου το ανάγλυφο μεταβαίνει προς ημιορεινό και σταδιακά το υψόμετρο μειώνεται καθώς αρχίζει η λεκάνη της Πτολεμαΐδας (Σχήμα 2.3.2).



Σχήμα 2.3.2. Θεματικός χάρτης υψομέτρων κατά Dikau.

2.3.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά λεκανών

Λεκάνη απορροής χαρακτηρίζεται ένα τμήμα της επιφάνειας της Γης, στο οποίο υπάρχει ένα στραγγιστικό δίκτυο -υδατορεύματα διαφόρων βαθμίδων- και από το οποίο όλη η επιφανειακή απορροή διέρχεται από μία διατομή του κύριου ρεύματος. Η διατομή αυτή χαρακτηρίζεται ως «έξοδος της λεκάνης απορροής» (Σακκάς, 2004).

Ο χωρισμός των υδρολογικών λεκανών έγινε έπειτα από προσεκτική ψηφιοποίηση του υδροκρίτη από τα τοπογραφικά φύλλα χάρτη «Βέροια» και «Πύργοι», κλίμακας 1:50.000 της Γ.Υ.Σ.

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης υπολογίστηκαν σε περιβάλλον GIS με την βοήθεια του προγράμματος QGIS. Για την περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τους τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ σε κλίμακα 1:50.000 (Φύλλα: Βέροια, Πύργοι, Κοζάνη) και απόκομμα του Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου (D.E.M) ASTER GDEM v2 με χωρική ανάλυση περίπου 27m. Ακολουθεί η ανάλυση κάθε λεκάνης, από την μικρότερη προς την μεγαλύτερη.

Πίνακας 2.3.1. Πίνακας μορφολογικών χαρακτηριστικών των λεκανών της περιοχής μελέτης.

Λεκάνη απορροής	Ελάχιστο Υψόμετρο (m)	Μέγιστο Υψόμετρο (m)	Μέσο Υψόμετρο (m)	Μέση Κλίση (°)	Έκταση (Km ²)	Περίμετρος (Km)	Μήκος (Km)	Πλάτος (Km)
Μαυρόλακκος	620	2.016	1.523	21,7	17,28	16,93	6,37	4,29
Γκλόμπα	280	1.536	815	17,7	20,39	21,87	8,28	4,41
Ματσάρικος λάκκος	340	2.016	1.088	15,3	64,97	38,32	13,06	8,76
Σελιότικος λάκκος	740	2.052	1.478	16,5	94,12	52,24	14,41	13,98



Μαυρόλακκος

Η λεκάνη του ρέματος Μαυρόλακκος καταλαμβάνει την μικρότερη έκταση σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις. Το εμβαδόν της λεκάνης αυτής ανέρχεται στα $17,28\text{Km}^2$ και η περίμετρός της στα $16,93\text{Km}$. Ο προσανατολισμός της λεκάνης έχει διεύθυνση Δύσης – Ανατολής, με το μέγιστό της μήκος να διαμορφώνεται στα $6,37\text{Km}$ και μέγιστο πλάτος στα $4,29\text{Km}$. Το μέγιστο υψόμετρο παρατηρείται στα 2.016m στην κορυφή Τρύλλος, η οποία είναι κοινή με την λεκάνη του Ματσάρικου λάκκου. Το ελάχιστο υψόμετρο υπολογίζεται στα 620m και εντοπίζεται στην έξοδο της λεκάνης και, ταυτόχρονα, την προτεινόμενη περιοχή θεμελίωσης του φράγματος. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης προσεγγίζει τα 1.523m και η μέση κλίση τις $21,67^\circ$.

Γκλόμπα

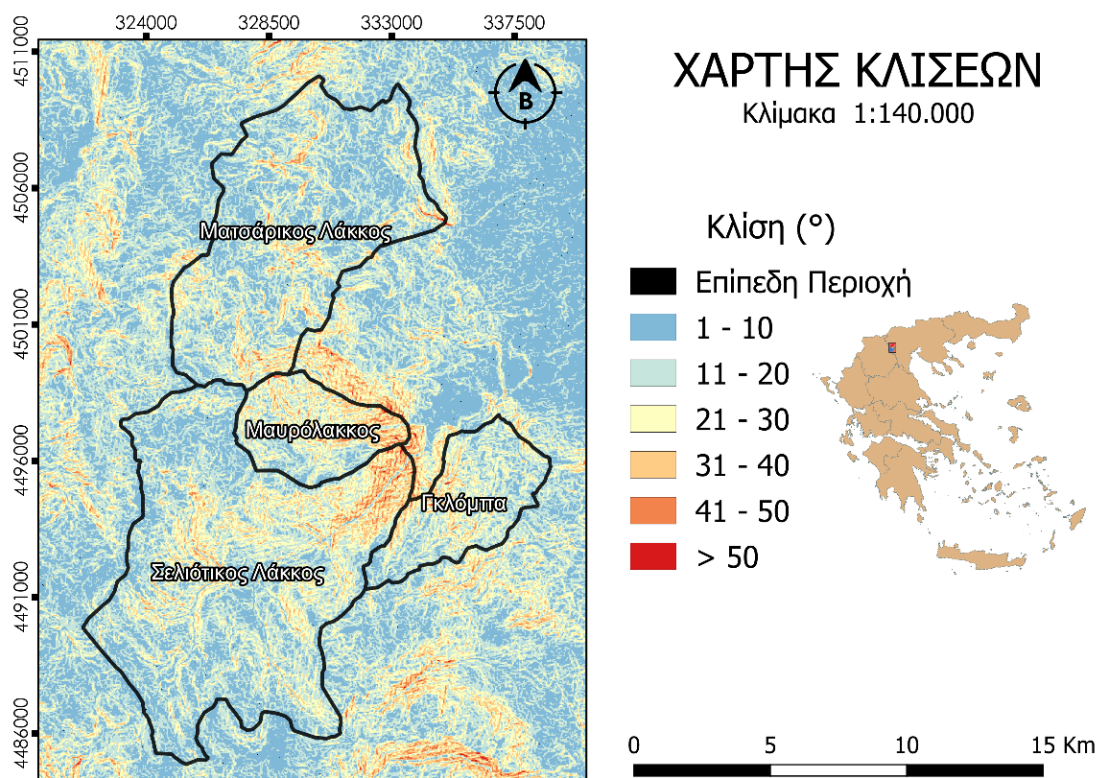
Η λεκάνη του ρέματος Γκλόμπα είναι η δεύτερη μικρότερη σε έκταση. Το εμβαδόν της λεκάνης αυτής ανέρχεται στα $20,39\text{Km}^2$ και η περίμετρός της στα $21,87\text{Km}$. Ο προσανατολισμός της λεκάνης έχει διεύθυνση Νοτιοδυτική – Βορειοανατολική, με το μέγιστό της μήκος να διαμορφώνεται στα $8,28\text{Km}$ και μέγιστο πλάτος στα $4,41\text{Km}$. Το μέγιστο υψόμετρο παρατηρείται στα 1.536m σε ανώνυμη κορυφή. Το ελάχιστο υψόμετρο υπολογίζεται στα 280m και εντοπίζεται στην έξοδο της λεκάνης και, ταυτόχρονα, την προτεινόμενη περιοχή θεμελίωσης του φράγματος. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 815m , ενώ η μέση κλίση $17,71^\circ$.

Ματσάρικος λάκκος

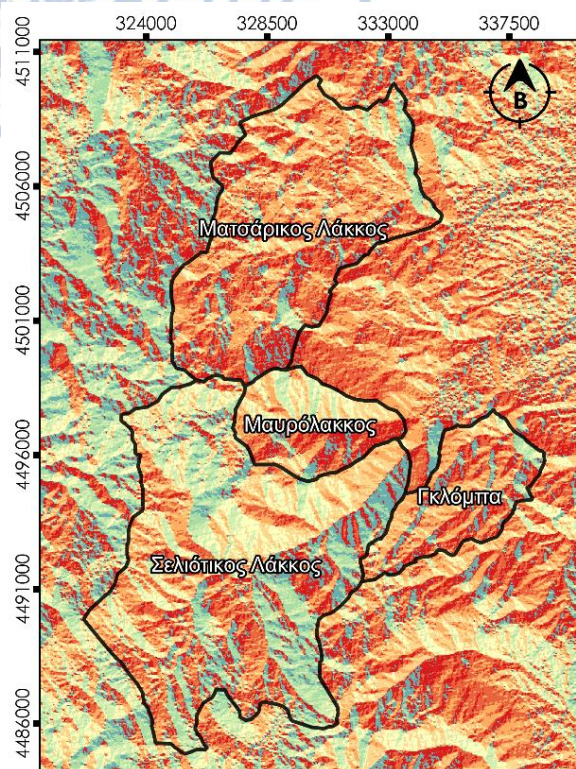
Η λεκάνη του ρέματος Ματσάρικος λάκκος είναι η δεύτερη μεγαλύτερη σε έκταση. Το εμβαδόν της λεκάνης αυτής ανέρχεται στα $64,97\text{Km}^2$ και η περίμετρός της στα $38,32\text{Km}$. Ο προσανατολισμός της λεκάνης έχει διεύθυνση Νοτιοδυτική – Βορειοανατολική, με το μέγιστό της μήκος να διαμορφώνεται στα $13,06\text{Km}$ και μέγιστο πλάτος στα $8,76\text{Km}$. Το μέγιστο υψόμετρο παρατηρείται στα 2.016m στην κορυφή Τρύλλος, η οποία όπως προαναφέρθηκε είναι κοινή με την λεκάνη της Γκλόμπας. Το ελάχιστο υψόμετρο υπολογίζεται στα 340m , εντοπίζεται στην έξοδο της λεκάνης και συνιστά την προτεινόμενη περιοχή θεμελίωσης του φράγματος. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης υπολογίζεται στα 1.088m και η μέση κλίση στις $15,32^\circ$.

Σελιότικος λάκκος

Η λεκάνη του ρέματος Σελιότικος λάκκος είναι η μεγαλύτερη σε έκταση. Το εμβαδόν της λεκάνης αυτής ανέρχεται στα 94,12Km² και η περίμετρός της στα 52,24Km. Ο προσανατολισμός της λεκάνης έχει διεύθυνση Νοτιοδυτική – Βορειοανατολική, με το μέγιστό της μήκος να διαμορφώνεται στα 14,41Km και μέγιστο πλάτος στα 13,98Km. Το μέγιστο υψόμετρο παρατηρείται σε τοπογραφικό σημείο στα 2.052m. Το ελάχιστο υψόμετρο υπολογίζεται στα 740m και εντοπίζεται στην έξοδο της λεκάνης και ταυτόχρονα την προτεινόμενη περιοχή θεμελίωσης του φράγματος. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης προσεγγίζει τα 1.478m, ενώ η μέση κλίση τις 16,54°.



Σχήμα 2.3.3. Θεματικός χάρτης κλίσεων.

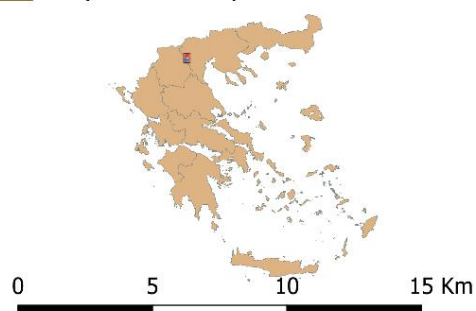


ΧΑΡΤΗΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΚΛΙΤΥΩΝ

Κλίμακα 1:140.000

Προσανατολισμός (°)

■ Επίπεδη Περιοχή	■ N (157.5 - 202.5)
■ B (337.5 - 22.5)	■ ΝΔ (202.5 - 247.5)
■ BA (22.5 - 67.5)	■ Δ (247.5 - 292.5)
■ A (67.5 - 112.5)	■ ΒΔ (292.5 - 337.5)
■ NA (112.5 - 157.5)	

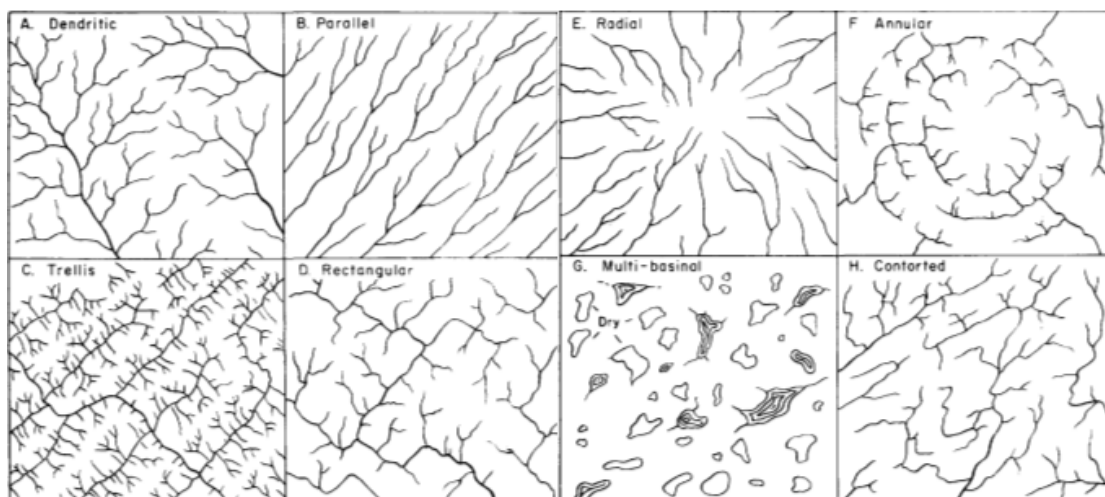


Σχήμα 2.3.4. Θεματικός χάρτης προσανατολισμού κλιτύων.

2.3.3. Υδρογραφικό δίκτυο

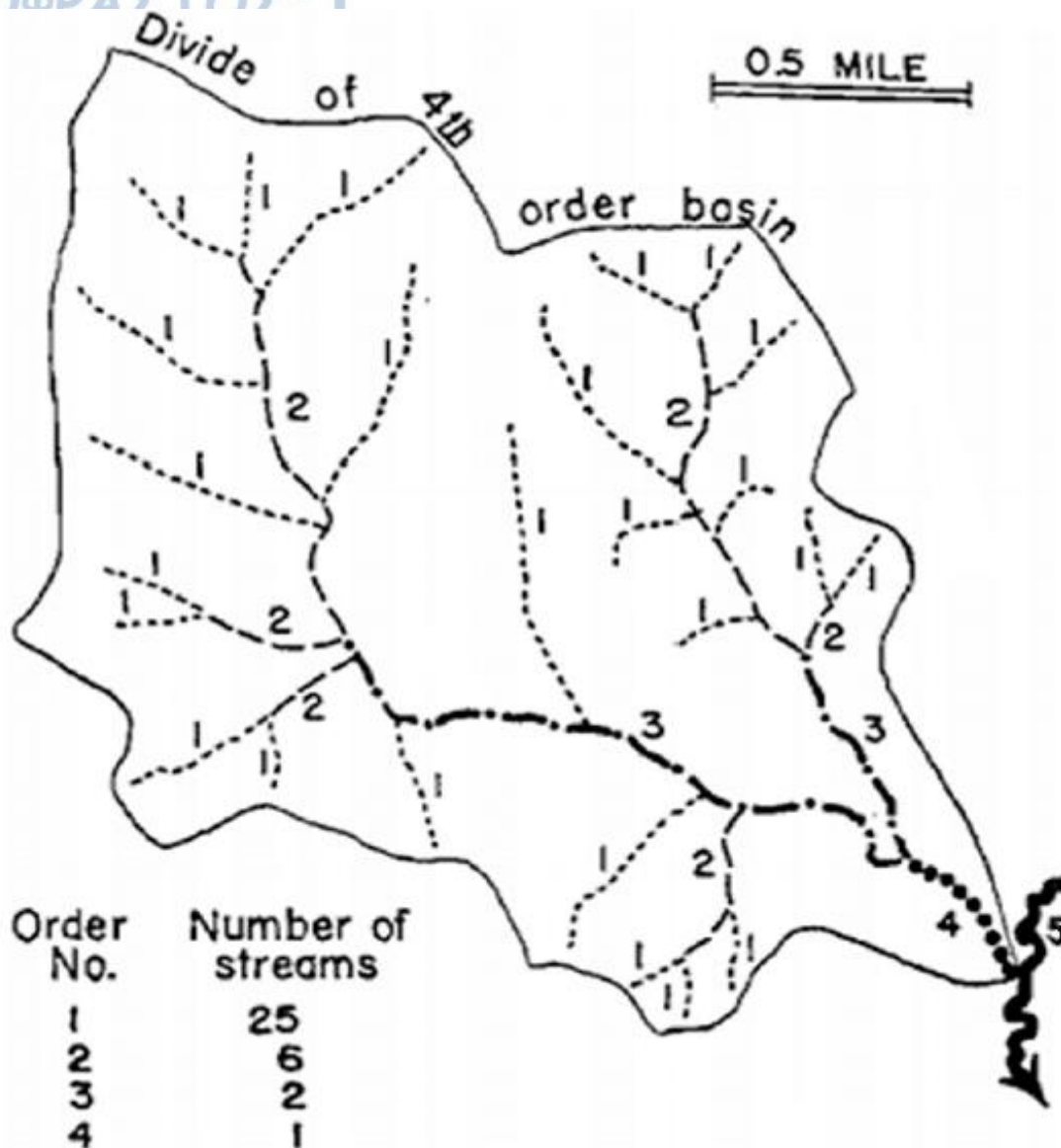
Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο σε όλες τις λεκάνες απορροής λόγω της λιθολογίας του υποβάθρου, τις υψηλές τιμές βροχόπτωσης και των έντονων κλίσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται ρέματα μόνιμης αλλά και μη μόνιμης ροής, τα οποία καταλήγουν στην έξοδο της εκάστοτε λεκάνης.

Σύμφωνα με την διάκριση της μορφής του υδρογραφικού δικτύου κατά Howard (1967), οι λεκάνες Μαυρόλακκος, Ματσάρικος λάκκος και Σελιότικος λάκκος είναι ευδιάκριτο ότι παρουσιάζουν δενδριτική μορφή. Αυτό οφείλεται στις μικρές κλίσεις και τις φυσικομηχανικές ιδιότητες του υποβάθρου. Αντίθετα, οι ενδιάμεσες κλίσεις που παρουσιάζει η λεκάνη Γκλόμπα οδηγούν στην ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου παράλληλης μορφής.



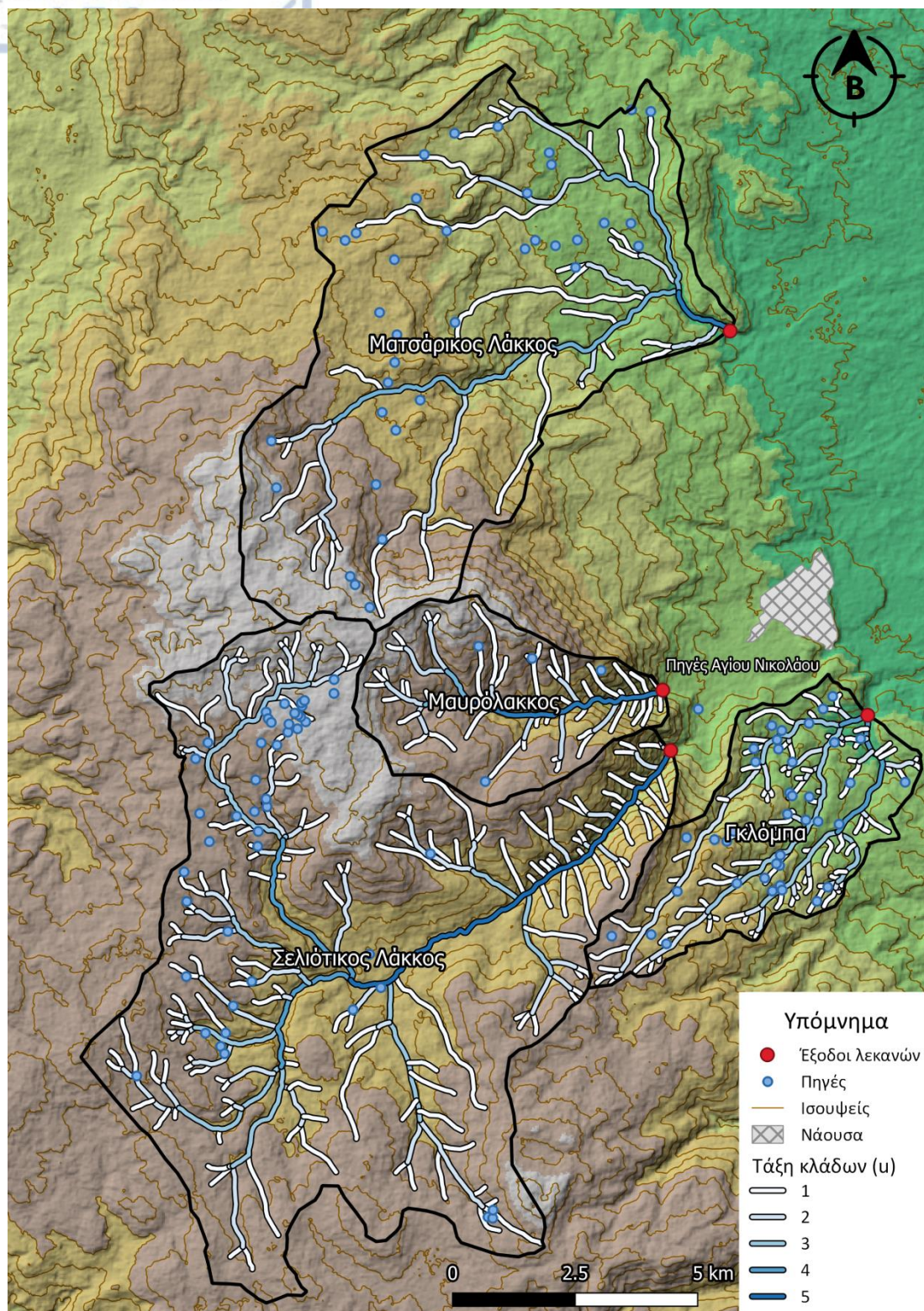
Σχήμα 2.3.6. Μορφές υδρογραφικών δικτύων (Howard, 1967).

Για τον υπολογισμό των παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου κρίθηκε απαραίτητη η αρίθμηση των κλάδων των ρεμάτων σύμφωνα με την μέθοδο του Strahler (1957). Η μέθοδος αυτή αριθμεί ως κλάδους ρεμάτων 1^{ης} τάξης αυτά που δεν δέχονται νερά από άλλους κλάδους. Σύνδεση κλάδων ίδιας τάξης οδηγεί στην δημιουργία κλάδου αμέσως επόμενης τάξης. Για παράδειγμα, 1^{ης} και 1^{ης} τάξης κλάδοι οδηγούν στην δημιουργία κλάδου 2^{ης} τάξης και ούτω καθεξής.



Σχήμα 2.3.7. Μέθοδος αρίθμησης υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler (Strahler, 1957).

Για την υλοποίηση αυτής την διαδικασίας ψηφιοποιήθηκαν σε περιβάλλον G.I.S τα ρέματα όλων των λεκανών απορροής από τους τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ., κλίμακας 1:50.000. Ακολούθησαν η κατηγοριοποίηση των κλάδων κατά Strahler και η στατιστική επεξεργασία στο πρόγραμμα MSEXcel.



Σχήμα 2.3.8. Ψηφιοποιημένη απεικόνιση του υδρογραφικού δικτύου και των πηγών με επισήμανση της πόλης της Νάουσας στην περιοχή μελέτης από τον χάρτη της Γ.Υ.Σ.

A. Μετρούμενες παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου.

u: Τάξη του κλάδου

Lu: Μήκος κλάδων τάξης (u).

$$Lu = \sum_{j=1}^{Nu} L_j$$

Είναι το συνολικό μήκος όλων των ρεμάτων που έχουν τάξη (u) στην δεδομένη λεκάνη απορροής. Όπου L_j , είναι το μήκος του j-οστού ρέματος τάξης (u) και Nu είναι το πλήθος των ρεμάτων που ανήκουν στην τάξη (u).

$\bar{L}u$: Το μέσο μήκος των ρεμάτων τάξης (u).

$$\bar{L}u = \frac{Lu}{Nu}$$

ΣLu : Το αθροιστικό μήκος των κλάδων όλων των τάξεων σε μια λεκάνη.

B. Υπολογιζόμενες παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου.

Rb: Συντελεστής διακλάδωσης

$$Rb = \frac{Nu}{N(u+1)}$$

Αδιάστατος αριθμός που εκφράζει τον λόγο του πλήθους των ρεμάτων που ανήκουν στην τάξη (u) προς το πλήθος της επόμενης μεγαλύτερης τάξης (u + 1) στην ίδια λεκάνη.

RL: Λόγος μήκους κλάδων

$$RL = \frac{\sum Lu}{\sum L(u-1)}$$

Ο λόγος του μέσου αθροιστικού μήκους ενός ρέματος μιας δεδομένης τάξης (u) προς το μέσο αθροιστικό μήκος ρέματος της επόμενης μικρότερης τάξης (u-1) στην ίδια λεκάνη.

Γ. Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι της λεκάνης απορροής.

Du: Υδρογραφική πυκνότητα

$$Du = \frac{\sum Lu}{Au}$$

Είναι ο λόγος του συνολικού μήκους των κλάδων όλων των τάξεων σε μια λεκάνη απορροής προς το εμβαδόν της λεκάνης (Au).

Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής συνιστά κρίσιμο χαρακτηριστικό, καθώς συνδέεται άμεσα με τις διεργασίες που παρατηρούνται σ' αυτήν. Πιο συγκεκριμένα, λεκάνες απορροής με πυκνό υδρογραφικό δίκτυο διαμορφώνουν υψηλές πλημμυρικές αιχμές στο σημείο εξόδου και επίσης μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες φερτών υλών (Gregory & Walling, 1973).

Fu: Υδρογραφική συχνότητα

$$Fu = \frac{\sum Nu}{Au}$$

Είναι ο λόγος του συνολικού αριθμού των κλάδων όλων των τάξεων σε μια λεκάνη απορροής προς το εμβαδόν της λεκάνης (Au).

Μεγάλη συχνότητα υδρογραφικού υποδηλώνει μικρή περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών και δημιουργία μεγάλων πλημμυρίδων απορροών στην έξοδο, καθώς και σημαντικές ποσότητες στερεοπαροχής (Βουδούρης, 2013).

Βάσει της συλλογής και επεξεργασίας των παραπάνω παραμέτρων με τα προγράμματα QGIS και MSExcel δημιουργήθηκαν οι ακόλουθοι πίνακες (2.3.2 - 2.3.5.):

Πίνακας 2.3.2. Μετρούμενες και υπολογιζόμενες παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής Ματσάρικος Λάκκος.

u	Nu	Lu (m)	$\bar{L}u$ (m)	Σlu (m)	RL	Rb	Du
1	32	38.352,78	1.198,52	1.198,52	-	3,56	1,84E-05
2	9	16.454,54	1.828,28	3.026,81	0,43	3,00	4,66E-05
3	3	11.826,21	3.942,07	6.968,88	0,72	3,00	1,07E-04
4	1	1.435,35	1.435,35	8.404,23	0,12	-	1,29E-04
$\Sigma Nu = 45$		$\Sigma Lu = 68.068,88m$	$Au = 64.967.013,78m^2$		$Fu = 6,93E-07$		

Πίνακας 2.3.3. Μετρούμενες και υπολογιζόμενες παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής Μαυρόλακκος.

u	Nu	Lu(m)	$\bar{L}u$ (m)	$\Sigma Lu(m)$	RL	Rb	Du
1	48	24.048,78	501,02	501,02	-	5,33	2,90E-05
2	9	7.146,85	794,09	1.295,11	0,30	4,50	7,49E-05
3	2	1.583,52	791,76	2.086,87	0,22	2,00	1,21E-04
4	1	4.349,34	4.349,34	6.436,21	2,75	-	3,72E-04
$\Sigma Nu = 60$		$\Sigma Lu = 37.128,49m$	$Au = 17.280.217,52m^2$		$Fu = 3,47E-06$		

Πίνακας 2.3.4. Μετρούμενες και υπολογιζόμενες παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής Γκλόμπα.

u	Nu	Lu(m)	$\bar{L}u$ (m)	$\Sigma Lu(m)$	RL	Rb	Du
1	86	29.200,37	339,54	339,54	-	3,74	1,67E-05
2	23	13.902,18	604,44	943,98	0,48	5,75	4,63E-05
3	4	10.894,44	2.723,61	3.667,59	0,78	2,00	1,80E-04
4	2	3.407,84	1.703,92	5.371,51	0,31	2,00	2,63E-04
5	1	31,90	31,90	5.403,41	0,01	-	2,65E-04
$\Sigma Nu = 116$		$\Sigma Lu = 57.436,73m$	$Au = 20.390,499,54m^2$		$Fu = 5,69E-06$		

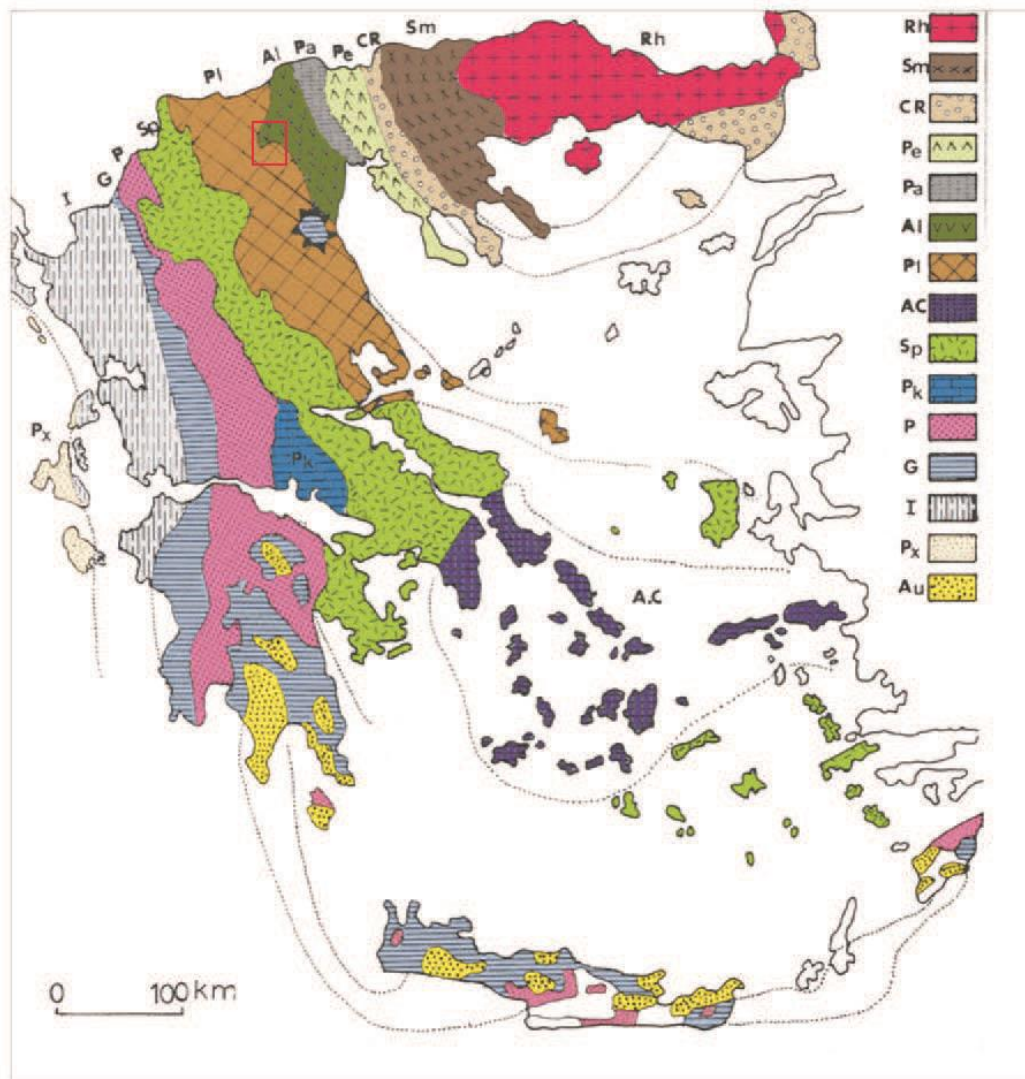
Πίνακας 2.3.5. Μετρούμενες και υπολογιζόμενες παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής Σελιότικος Λάκκος.

u	Nu	Lu(m)	$\bar{L}u$ (m)	$\Sigma Lu(m)$	RL	Rb	Du
1	151	84.548,23	559,92	559,92	-	3,51	5,95E-06
2	43	33.981,36	790,26	1.350,19	0,40	4,78	1,43E-05
3	9	20.760,99	2.306,78	3.656,96	0,61	4,50	3,89E-05
4	2	6.718,10	3.359,05	7.016,01	0,32	2,00	7,45E-05
5	1	8.832,59	8.832,59	15.848,60	1,31	-	1,68E-04
$\Sigma Nu = 206$		$\Sigma Lu = 154.841,27m$	$Au = 94.115.326,43m^2$		$Fu = 2,19E-06$		

Από τους πίνακες αυτούς προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα. Αρχικά, οι υψηλές τιμές της υδρογραφικής συχνότητας (Fu) στις λεκάνες απορροής Σελιότικος λάκκος και Μαυρόλακκος υποδηλώνουν υψηλή περατότητα, εύρημα το οποίο επαληθεύεται και από την υψηλή παρουσία ασβεστολιθικών σχηματισμών (Κεφάλαιο 2.4.1.). Η λεκάνη Γκλόμπα παρουσιάζει τον μέγιστο παρατηρούμενο συντελεστή υδρογραφικής συχνότητας (Rb), ο οποίος εκφράζει την πολυπλοκότητα και τον βαθμό διαμελισμού της λεκάνης. Η μέγιστη τιμή της (Rb) είναι 5,75 μεταξύ των 86 ρεμάτων πρώτης και 23 δεύτερης τάξης. Τέλος, οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας (Du) είναι χαμηλότερες στις λεκάνες Μαυρόλακκος και Γκλόμπα, πιθανόν λόγω της πυκνής βλάστησης της λεκάνης Μαυρόλακκος και του χαμηλότερου ανάγλυφου της λεκάνης Γκλόμπα αντίστοιχα.

2.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ

Η περιοχή μελέτης υπάγεται στις εσωτερικές Ελληνίδες ζώνες. Πιο συγκεκριμένα, βρίσκεται μεταξύ της Πελαγονικής ζώνης και της Υποζώνης Αλμωπίας (δυτικότερη υποζώνη της ζώνης Αξιού).



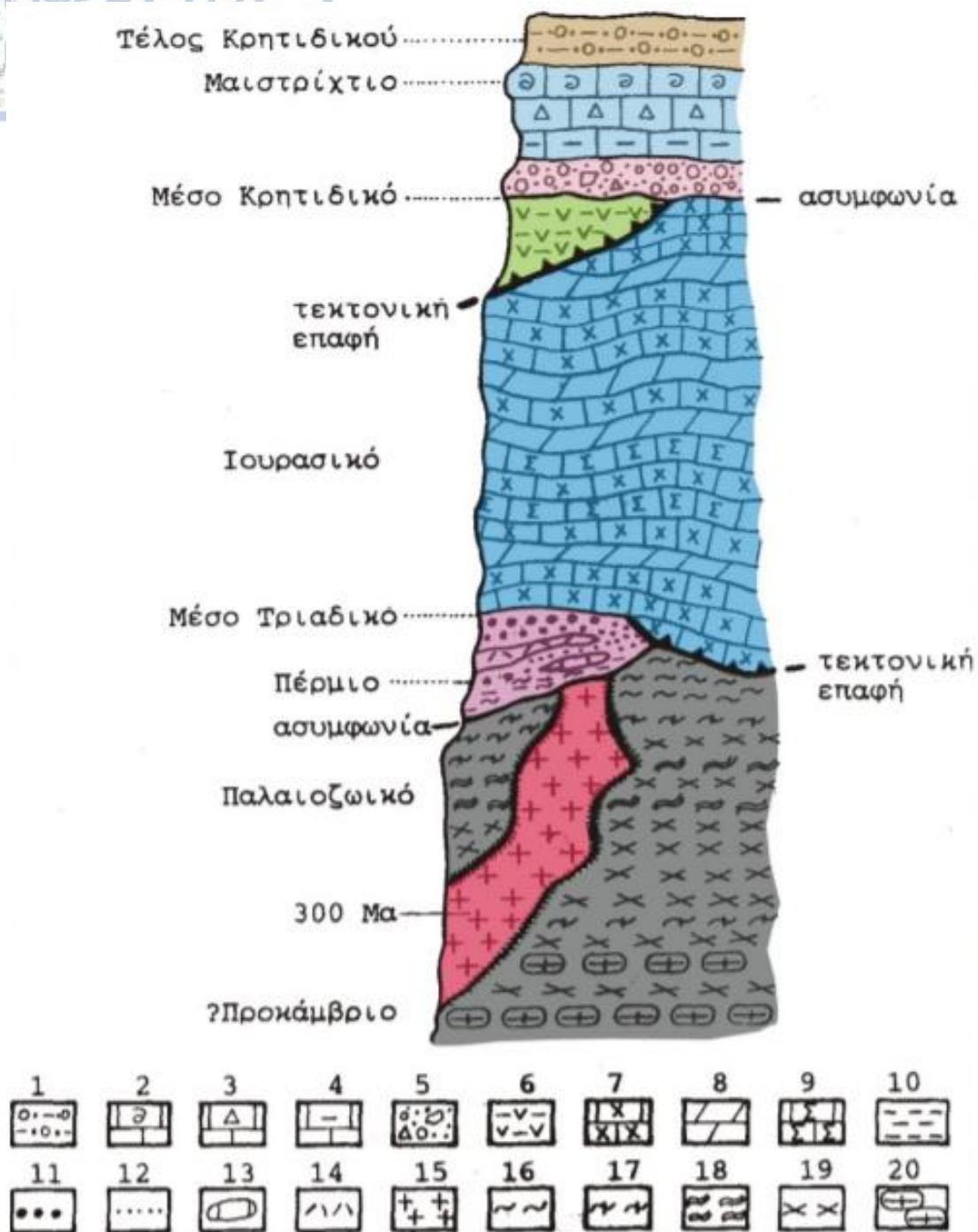
Σχήμα 2.4.1. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Υποζώνη Πάικου, Al: Υποζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού – Γκόνας, G: Ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολη, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα «Πλακώδεις ασβεστόλιθοι – Ταλέα όρη», πιθανόν Ιονίου Ζώνης (Μουντράκης, 2010).

2.4.1 Γεωλογία - Γεωτεκτονική Εξέλιξη

Πελαγονική ζώνη

Η Πελαγονική ζώνη πρόκειται για ένα ηπειρωτικό (Κιμμερικό) υπόβαθρο με αλπικά ιζήματα. Συγκεκριμένα, το υπόβαθρο αποτελείται από γνευσιωμένους γρανίτες του Άνω Λιθανθρακοφόρου. Κατά το Περμοτριάδικό, λόγω της διάσπασης της Παγγαίας, προκύπτει μια ηφαιστειο-ιζηματογενής σειρά με bimodal ηφαιστειότητα, η οποία εντοπίζεται στο Δυτικό Πελαγονικό περιθώριο. Έπειτα, ως και το Άνω Ιουρασικό, επικρατεί νηριτική ανθρακική ιζηματογένεση. Μεταξύ Άνω Ιουρασικού και Κάτω Κρητιδικού αρχίζει η πρώιμη αλπική ορογένεση με την επώθηση οφιολίθων από την ζώνη Αξίου. Στο Κενομάνιο (Μέσο Κρητιδικό) σχηματίζονται επικλυσιογενή ιζήματα και, τέλος, δημιουργείται το τελευταίο ορογενετικό ίζημα από την ανάδυση του ορογενούς Φλύσχη του Άνω Μαιστριχτίου– Κάτω Παλαιοκαίνου (Μουντράκης, 2010).

Οι τέσσερις τεκτονικές παραμορφώσεις της Πελαγονικής ζώνης συνοψίζονται: (α) στην Ερκύνια ορογένεση του Παλαιοζωικού, (β) την πρώιμη Αλπική ορογένεση μεταξύ Άνω Ιουρασικού και Κάτω Κρητιδικού, (γ) την κύρια Αλπική ορογένεση κατά το Τριτογενές και (δ) την κατάρρευση του ορογενούς μεταξύ Ολιγόκαινου – Μειόκαινου, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Παράλληλα με τις τεκτονικές παραμορφώσεις λαμβάνουν χώρα και τα μεταμορφικά επεισόδια. Αυτά είναι: (α) η αμφιβολιτική μεταμόρφωση του Παλαιοζωικού, (β) η πρασινοχιστολιθική μεταμόρφωση των Άνω Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού, (γ) η γλαυκοφανιτική μεταμόρφωση του Τριτογενούς, καθώς και (δ) η ανάδρομη πρασινοχιστολιθική μεταμόρφωση από την κατάρρευση του ορογενούς (Μουντράκης, 2010).

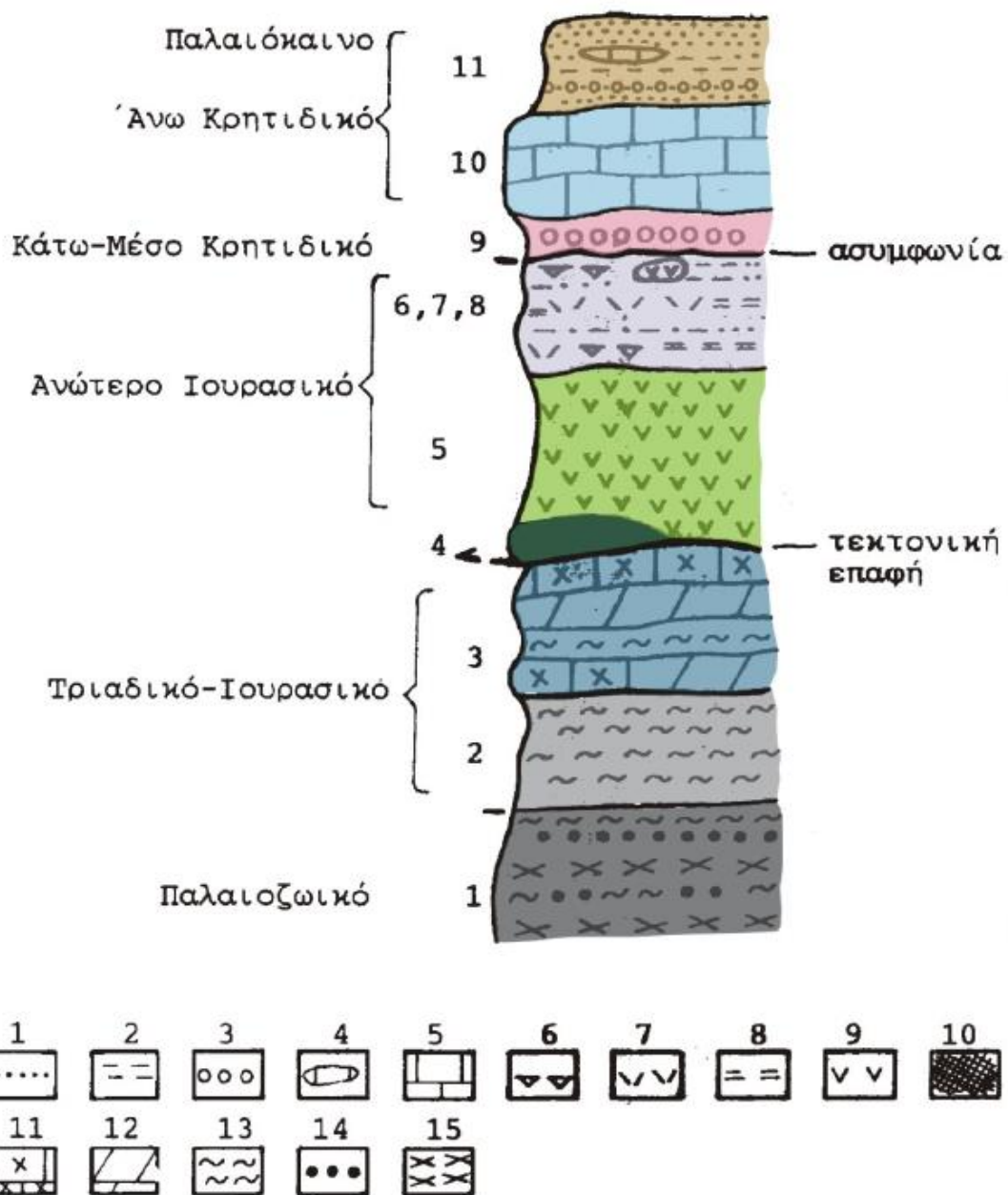


Σχήμα 2.4.2. Συνοπτική λιθοστρωματογραφική– τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης. (1-5): επικλυσιογενή ιζήματα Μέσου – Άνω Κρητιδικού, 6: οφιόλιθοι και συνοδά πελαγικά ιζήματα, (7-9): πετρώματα των δύο ανθρακικών καλυμμάτων Τριαδικού – Ιουρασικού, (10-14): πετρώματα της μετακλαστικής σειράς Περμίου – Κάτω Τριαδικού, 15: γνευσιομένοι γρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου, (16-20): πετρώματα του κρυσταλοσχιστόδους υποβάθρου Παλαιοζωικής ή και προ-Καμβρικής ηλικίας (Μουντράκης, 2010).

Υποζώνη Αλμωπίας(Ζώνη Αξιού)

Η ζώνη Αξιού έχει ωκεάνιο χαρακτήρα με ιδιαίτερα γνωρίσματα τους οφιολίθους και την σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Η ζώνη αυτή επιμερίζεται από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά στις υποζώνες: Παιονίας (οφιολιθική αύλακα), Πάικου (νησιωτικό τόξο από υποβύθιση εντός της ζώνης του Αξιού) και υποζώνη Αλμωπίας (η οποία επίσης αποτελεί οφιολιθική αύλακα). Ο Αξιός ωκεανός άρχισε να κλείνει στο Άνω Ιουρασικό (πρώιμη Αλπική ορογένεση) και, λόγω της Τριτογενούς συμπίεσης, όλη η ζώνη λεπιώθηκε και τοποθετήθηκε προς τα Δυτικά, δηλαδή πάνω στην Πελαγονική. Στον χώρο της Αλμωπίας εμφανίζεται μεταλλική ηφαιστειότητα από την επώθηση των οφιολίθων κατά το κλείσιμο του ωκεανού επάνω στο ηπειρωτικό περιθώριο. Ακόμα, στην ζώνη Αξιού σχηματίζεται η εσωτερική οφιολιθική συρραφή της Ελλάδας –IRO (Internal Ridge of Ophiolite) (Μουντράκης, 2010).

Στην ζώνη αυτή επικρατούν δύο κύριες τεκτονικές παραμορφώσεις: (α) κατά το κλείσιμο του ωκεανού μεταξύ Άνω Ιουρασικού και Κάτω Κρητιδικού, και (β) κατά την Τριτογενή συμπίεση (Μουντράκης, 2010).



Σχήμα 2.4.3. Συνοπτική λιθοστρωματογραφική στήλη της υποζώνης Αλμωπίας. 1: Ψαμμίτης, 2: Αργιλικοί σχιστόλιθοι, 3: Κροκαλοπαγή και άλλα κλαστικά ιζήματα, 4: Φακοί ασβεστόλιθων, 5: Ασβεστόλιθοι, 6: Κερατόλιθοι, 7: Ηφαιστειακά υλικά, 8: Τόφοι και ηφαιστειοκλαστικά, 9: Οφιόλιθοι, 10: Οφιολιθικά μείγματα. 11: Μάρμαρα, 12 Δολομίτες, 13, Σχιστόλιθοι, 14: Αμφιβολήτες, 15: Γνεύσιοι (Μουντράκης, 2010).

Για την καλύτερη ανάλυση της περιοχής μελέτης έλαβε χώρα, σε περιβάλλον G.I.S., η ψηφιοποίηση τμημάτων των γεωλογικών χαρτών κλίμακας 1:50.000 του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε) για την ευρύτερη περιοχή. Τα φύλλα χάρτη που επιλέχθηκαν ήταν αυτά της Βέροιας, των Πύργων και της Κοζάνης.

Μετά από χωρικό διαχωρισμό κατασκευάστηκε ο συνοπτικός γεωλογικός χάρτης για την περιοχή μελέτης. Η ομαδοποίηση των χαρτογραφικών μονάδων κατέληξε στους σχηματισμούς: Τεταρτογενείς αποθέσεις, Ανθρακικοί σχηματισμοί, Φλύσχης, Ποικιλία από λατυποπαγή και κροκαλοπαγή ανθρακικής αλλά και οφιολιθικής σύστασης, Οφιόλιθοι και άλλα εκρηξιγενή πετρώματα, καθώς και διάφοροι Σχιστόλιθοι. Η υδροπερατότητα και η διεξοδικότερη ανάλυση των σχηματισμών παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 3.

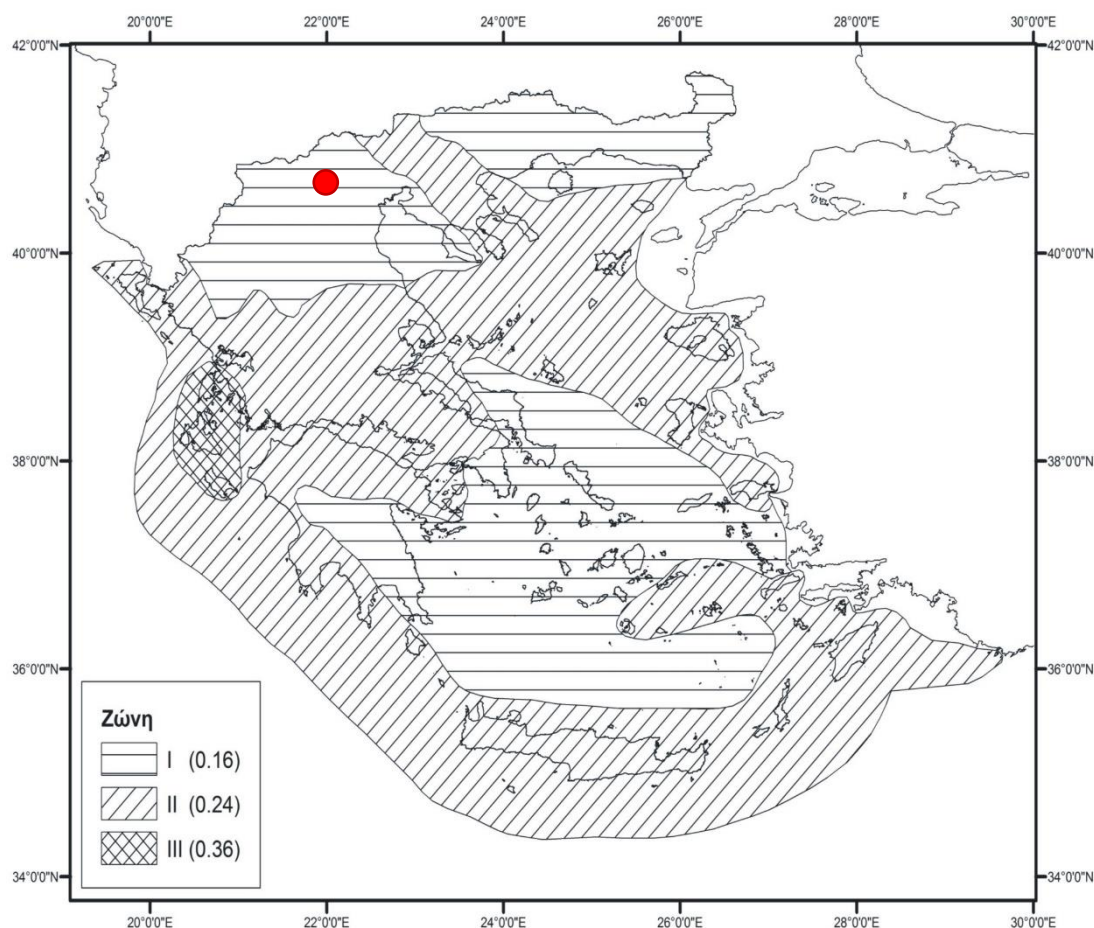


Σχήμα 2.4.5. Απλοποιημένος Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης.

Στην περιοχή μελέτης συναντώνται διάφοροι σχηματισμοί οι οποίοι περιλαμβάνονται στο Παράρτημα της εργασίας. Οι σχηματισμοί παρουσιάζονται με σειρά από τους νεότερους στους παλαιότερους, όπως παρουσιάζονται στον γεωλογικό χάρτη. (Φύλλα: Βέροια, Πύργοι, Κοζάνη, κλίμακας 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε)

2.4.2 Σεισμικότητα

Μεγάλες κατασκευές, όπως φράγματα για τεχνητούς ταμιευτήρες, είναι απαραίτητο να λαμβάνουν υπόψη την σεισμικότητα της περιοχής. Με τον όρο σεισμικότητα αναφέρεται η συχνότητα εμφάνισης σεισμών σε μια περιοχή. Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό 2000 (ΕΑΚ 2000) η Ελλάδα χωρίζεται από το 1995 σε 3 σεισμικές ζώνες, με την κάθε μια να εμφανίζει διαφορετική σεισμική επιτάχυνση εδάφους, η οποία υπολογίζεται από τον τύπο $A = a \cdot g$, όπου a = σταθερά σεισμική επιτάχυνση της ζώνης και g = επιτάχυνση βαρύτητας. Η ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας και συνεπώς της περιοχής μελέτης ανήκει στην ζώνη 1, όπου $a = 0,16$.

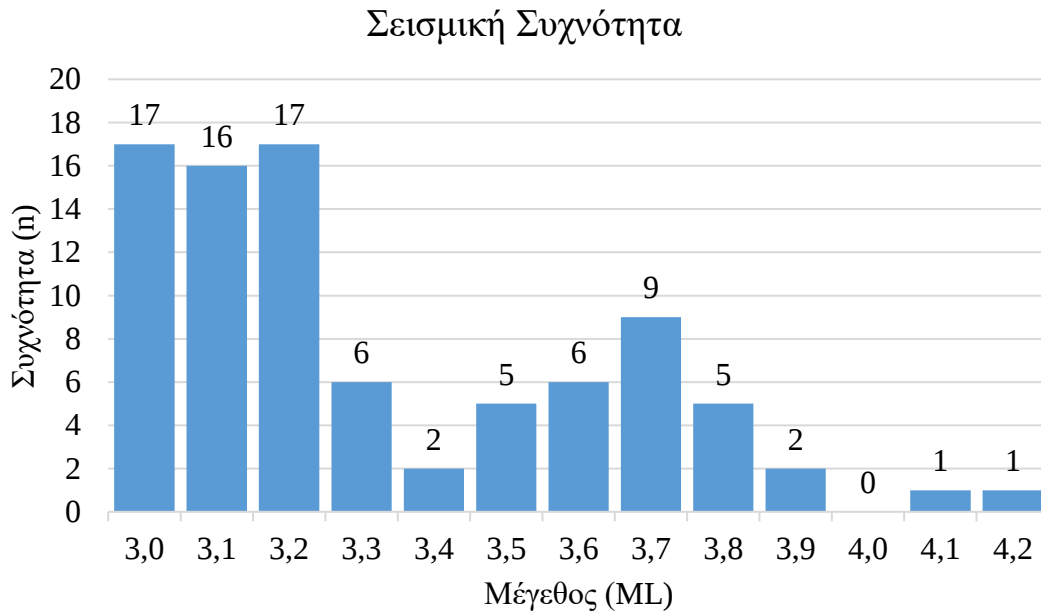


Σχήμα 2.4.6. Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας ΕΑΚ 2000 (τροποποιημένες κατά Φ.Ε.Κ. Β' 1154/12-8-2003) με επισήμανση της περιοχής μελέτης.

Χρησιμοποιώντας την ηλεκτρονική βάση δεδομένων του European – Mediterranean Seismological Centre για τους σεισμούς στην Μεσόγειο, έγινε επιλεγμένη αναζήτηση για την περιοχή μελέτης και γύρω από αυτήν. Συγκεκριμένα στην ιστοσελίδα <https://www.seismicportal.eu/> χρησιμοποιήθηκαν οι παράμετροι, Μέγεθος $ML > 3$ και οι συντεταγμένες ($40,2^{\circ}N$ $21,5^{\circ}E$, $40,2^{\circ}N$ $22,7^{\circ}E$, $41,2^{\circ}N$ $22,7^{\circ}E$, $41,2^{\circ}N$ $21,5^{\circ}E$) του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς WGS84. Η αναζήτηση εμφάνισε 87 στοιχεία αποτελεσμάτων από τις 17-08-1999 έως και τις 03-10-2019.



Σχήμα 2.4.7. Εστιακά επίκεντρα των σεισμών (πράσινοι κύκλοι – αύξηση του μεγέθους του σεισμού με την επιφάνεια των κύκλων) για τις αντίστοιχες παραμέτρους στον ιστότοπο www.seismicportal.eu/.



Σχήμα 2.4.8. Σεισμική συχνότητα των 87 σεισμών για την επιλεγμένη περιοχή.

Παρατηρώντας τα δεδομένα, δεν εντοπίζεται μεγάλη συχνότητα στους μεγαλύτερους σεισμούς, εφόσον ο μέγιστος είχε τιμή $M = 4,2$. Ακόμα, οι περισσότεροι σεισμοί παρατηρούνται στο Νοτιοδυτικό τμήμα του επιλεγμένου ορθογώνιου παραλληλόγραμμου, δηλαδή σε όλη την περιοχή εκτός του ορεινού όγκου του Βερμίου.

Ο μεγαλύτερος σεισμός που έχει καταγραφεί στην Δυτική Μακεδονία ήταν αυτός στις 13-05-1995, στην Κοζάνη ($40,16^{\circ}\text{N}$ $21,67^{\circ}\text{E}$), με μέγεθος $M_L=6,6$ της κλίμακας τοπικού μεγέθους. Σύμφωνα, όμως, με ιστορικές πηγές έχουν προσδιοριστεί ακόμα δύο μεγάλα σεισμικά γεγονότα. Πρώτον, στους Βυζαντινούς χρόνους εκτιμάται ότι μεταξύ του 896 – 904 μ.Χ. στην περιοχή της Βέροιας ($40,5^{\circ}\text{N}$ $22,4^{\circ}\text{E}$) έλαβε χώρα σεισμός με $M=6,0$ (VIII). Δεύτερος σεισμός συνέβη τον Οκτώβριο του 1935 μ.Χ. στην περιοχή της Έδεσσας ($40,9^{\circ}\text{N}$ $22,3^{\circ}\text{E}$) με $M=6,7$ (VIII) (Παπαζάχος & Παπαζάχου, 2003).

3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την εύρεση του υδατικού ισοζυγίου των υδρολογικών λεκανών καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν για καθεμιά από αυτές.

3.1 Ομαδοποίηση σχηματισμών

Για την υδρολογική ανάλυση χρειάστηκε αρχικά να βρεθεί η συνολική έκταση που καταλαμβάνει κάθε σχηματισμός. Για να γίνει η καταμέτρηση της έκτασης των σχηματισμών, χρησιμοποιήθηκε σε περιβάλλον G.I.S η ψηφιοποίηση των χαρτών του Ι.Γ.Μ.Ε. (Φύλλα: Βέροια και Πύργοι, κλίμακας 1:50.000). Επίσης, κρίθηκε απαραίτητη η συγχώνευση των επιμέρους σχηματισμών σε ομάδες με παρόμοια λιθολογικά και, κυριότερα, υδρολογικά χαρακτηριστικά, όπως η περατότητα. Οι πίνακες που παρουσιάζουν την ομαδοποίηση των επιμέτρων σχηματισμών βρίσκονται στο Παράρτημα. Παρακάτω παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής και η κάλυψη των λεκανών από τις ομάδες σχηματισμών, τόσο αριθμητικά όσο και ποσοστιαία.

Πίνακας 3.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά λεκανών.

Λεκάνη Απορροής	Ελάχιστο Υψόμετρο (m)	Μέγιστο Υψόμετρο (m)	Μέσο Υψόμετρο (m)	Μέση Κλίση (%)	Έκταση (Km ²)	Περίμετρος (Km)	Μήκος (Km)	Πλάτος (Km)
Μαυρόλακκος	620	2.016	1.523	21,67	17,28	16,93	6,37	4,29
Γκλόμπα	280	1.536	815	17,71	20,39	21,87	8,28	4,41
Ματσάρικος Λάκκος	340	2.016	1.088	15,32	64,97	38,32	13,06	8,76
Σελιότικος Λάκκος	740	2.052	1.478	16,54	94,12	52,24	14,41	13,98

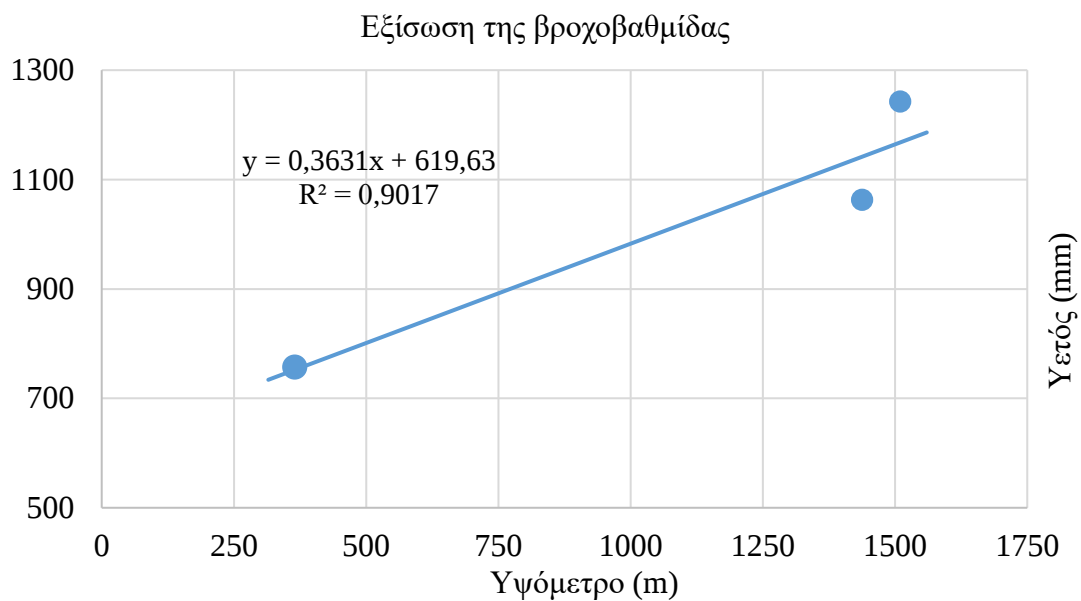
Πίνακας 3.1.2 Αριθμητική και ποσοστιαία κάλυψη επιφάνειας των λεκανών από ομάδες σχηματισμών.

Λεκάνη Απορροής	Έκταση (Km ²)	Ανθρακικά (Km ²)	Οφιόλιθοι και άλλα εκρηξιγενή	Φλύσχης (Km ²)	Τεταρτογενείς (Km ²)	Σχιστόλιθοι (Km ²)	Λατυποπαγή και Κροκαλοπαγή (Km ²)
Μαυρόλακκος	17,28	17,280 100%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
Γκλόμπα	20,39	6,054 29,69%	7,219 35,40%	3,059 15,00%	0,152 0,74%	3,569 17,50%	0,338 1,66%
Ματσάρικος Λάκκος	64,97	26,226 40,37%	3,637 5,60%	7,954 12,24%	11,242 17,30%	0,020 0,03%	15,888 24,46%
Σελιότικος Λάκκος	94,12	84,679 89,97%	0,342 0,36%	8,782 9,33%	0,312 0,33%	0 0%	0 0%

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα, η ομαδοποίηση των σχηματισμών έχει καταλήξει σε δύο ευρείες κατηγορίες. Η πρώτη αφορά βραχώδη πετρώματα με ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς, ενώ η δεύτερη τα ανθρακικά πετρώματα της περιοχής (Ι.Γ.Μ.Ε, 2010). Αυτός ο διαχωρισμός μπορεί να φαίνεται αρκετά γενικευτικός, στην πραγματικότητα, ωστόσο, είναι αντιπροσωπευτικός, καθώς αποτυπώνει την συχνότατη εναλλαγή σχηματισμών σε πολύ μικρή χιλιομετρική απόσταση. Έτσι, για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, οι κατηγορίες «Οφιόλιθοι και άλλα εκρηξιγενή», «Φλύσχης», «Τεταρτογενείς», «Σχιστόλιθοι», «Λατυποπαγή και Κροκαλοπαγή» συνοψίζονται στην κατηγορία «Διερρηγμένοι Βραχώδεις Σχηματισμοί», ενώ οι υπόλοιποι ανθρακικοί σχηματισμοί εντάσσονται στην κατηγορία «Ανθρακικοί Σχηματισμοί». Ο χαρακτηρισμός «διερρηγμένοι» αφορά την έντονη ρηγμάτωση και συμπίεση της περιοχής, η οποία απεικονίζεται και στον Συνοπτικό Γεωλογικό Χάρτη (Κεφάλαιο 2.4.1).

3.2 Υπολογισμός υετού

Για τον υπολογισμό του μέσου ύψους βροχόπτωσης σε κάθε λεκάνη απορροής χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα των τριών σταθμών (Κεφάλαιο 2.2) σε συνδυασμό με G.I.S. Πιο αναλυτικά, υπολογίστηκε η τιμή της βροχοβαθμίδας από την βροχομετρική καμπύλη με την επιλογή του μέσου υετού ανά μήνα για την περίοδο 2006 έως 2017. Η εξίσωση έχει την ακόλουθη μορφή: $y=0,3631x+619,63$ ($R^2 = 0,9017$). Άρα, η τιμή της βροχοβαθμίδας είναι 36,31 mm/100m.

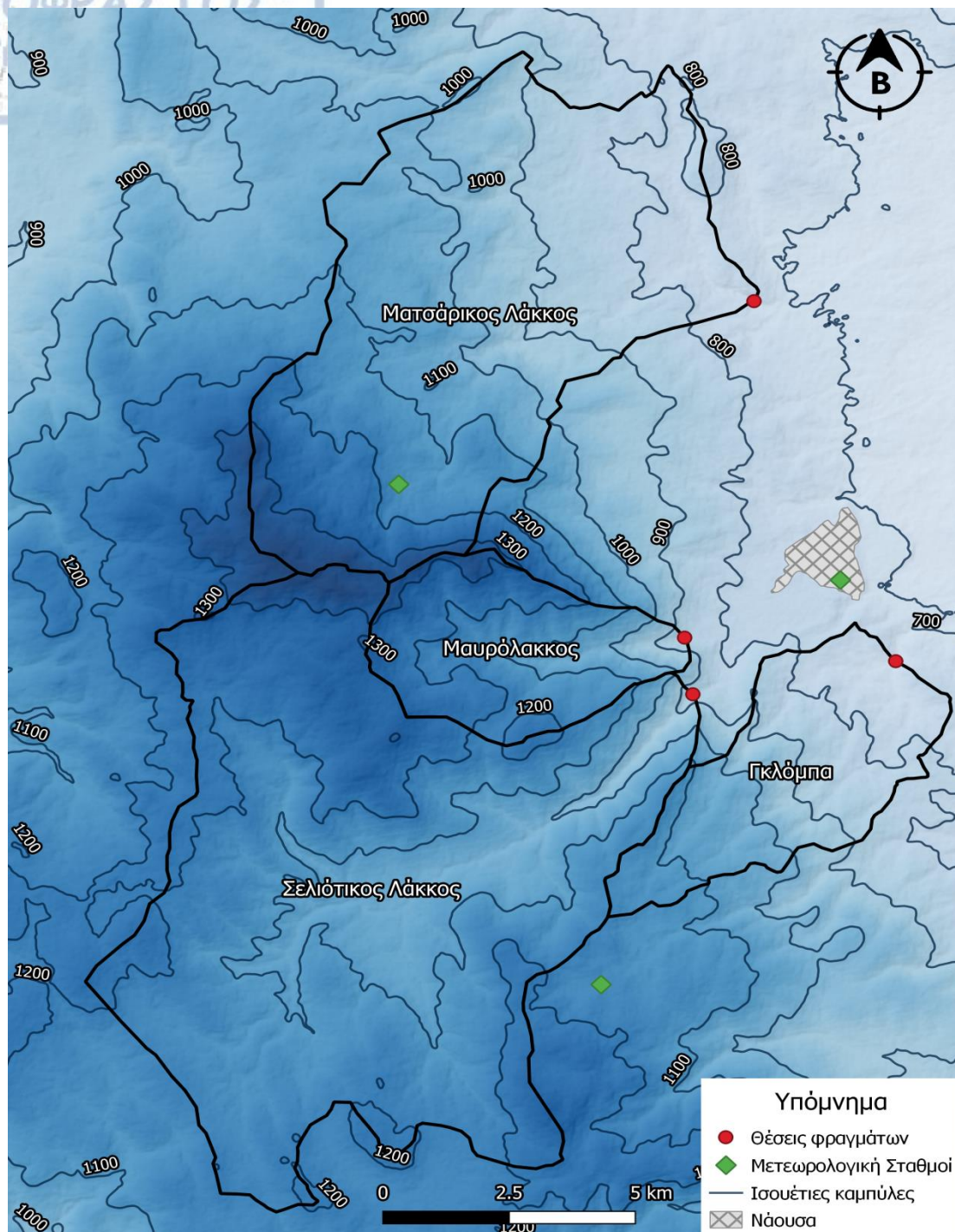


Σχήμα 3.2.1. Γράφημα της εξίσωσης της βροχοβαθμίδας.

Στην συνέχεια, δημιουργήθηκε ένα εικονοστοιχείο (Raster) από την εξίσωση της βροχοβαθμίδας και τις τιμές του υψομέτρου από το D.E.M σε περιβάλλον G.I.S. Ο ακόλουθος πίνακας δηλώνει το μέσο ύψος κατακρημνισμάτων ανά λεκάνη, το οποίο αποτυπώνεται παρακάτω και στον βροχομετρικό χάρτη.

Πίνακας 3.2.1. Τιμές του μέσου ύψους κατακρημνισμάτων ανά υδρολογική λεκάνη απορροής.

Λεκάνη απορροής	Μέσος ύψος υετού (mm)
Μαυρόλακκος	1172,6
Γκλόμπα	915,5
Ματσάρικος λάκκος	1014,7
Σελιότικος λάκκος	1156,2



Σχήμα 3.2.2. Βροχομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης.

3.3 Υπολογισμός πραγματικής εξατμισοδιαπνοής

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή περιλαμβάνει τόσο την εξάτμιση από τις υδάτινες επιφάνειες και το έδαφος, όσο και τη διαπνοή από τη βλάστηση. Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής στην κάθε λεκάνη έγινε χρήση του συντελεστή εξατμισοδιαπνοής για τα ανθρακικά και μη πετρώματα, που βρέθηκε από τα αποτελέσματα της μελέτης «Υδροφόρα συστήματα υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας – Ανατολικό τμήμα (ΥΔ09αν.)» των Βεράνη και Πρατανόπουλου (2010). Σύμφωνα με αυτήν, ο συντελεστής εξατμισοδιαπνοής παίρνει τιμές 55% – 70%. Για περιοχές με ανθρακικά πετρώματα προκύπτει το ποσοστό περίπου 62,5%, ενώ για τους βραχώδεις ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς 61%. Έστερα από την προσαρμογή των ποσοστών στην συνολική έκταση των λεκανών απορροής προέκυψαν οι ακόλουθοι πίνακες:

Πίνακας 3.3.1. Έκφραση του όγκου νερού που εξατμισοδιαπνέεται σε περιοχές με ανθρακικά πετρώματα και αντίστοιχα στους βραχώδεις ημιπερατούς κι αδιαπέρατους σχηματισμούς στις λεκάνες απορροής για ένα υδρολογικό έτος.

Λεκάνη απορροής	Ανθρακικά (Km ²)	Ε 62,5% (10 ⁶ m ³)	Υπόλοιπα (Km ²)	Ε 61% (10 ⁶ m ³)
Μαυρόλακκος	17,28	12,66	0	0
Γκλόμπα	6,05	3,46	14,30	8,00
Ματσάρικος	14,39	9,13	50,58	31,30
Σελιότικος	84,68	61,19	9,44	6,65

Πίνακας 3.3.2. Έκφραση του συνολικού όγκου νερού που εξατμισοδιαπνέεται σε κάθε υδρολογική λεκάνη για ένα υδρολογικό έτος.

Λεκάνη απορροής	Σύνολο (10 ⁶ m ³)
Μαυρόλακκος	12,66
Γκλόμπα	11,47
Ματσάρικος	40,43
Σελιότικος	67,85

3.4 Υπολογισμός κατείσδυσης

Μέρος του συνόλου των κατακρημνισμάτων που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους κατεισδύει στο έδαφος διάμεσου των διακένων και κινείται προς την κορεσμένη ζώνη, εμπλουτίζοντας τους υπόγειους υδροφορείς. Για τον υπολογισμό της κατείσδυσης για κάθε λεκάνη έγινε η χρήση του συντελεστή κατείσδυσης για τα ανθρακικά αλλά και μη ανθρακικά πετρώματα που αναφέρουν τα αποτελέσματα της μελέτης Ι.Γ.Μ.Ε το 2010. Σύμφωνα με την μελέτη, ο μέσος συντελεστής κατείσδυσης παίρνει τιμές 25% - 55%. Για περιοχές με ανθρακικά πετρώματα προκύπτει το ποσοστό περίπου 32,5% ενώ για τους βραχώδεις ημιπερατούς και τους αδιαπέρατους σχηματισμούς η τιμή 13,52%. Οι ακόλουθοι πίνακες εκφράζουν την προσαρμογή των ποσοστών στην συνολική έκταση των λεκανών απορροής.

Πίνακας 3.4.1. Έκφραση του όγκου νερού που κατεισδύει σε περιοχές με ανθρακικά πετρώματα και αντίστοιχα στους βραχώδεις ημιπερατούς κι αδιαπέρατους σχηματισμούς στις λεκάνες απορροής για ένα υδρολογικό έτος.

Λεκάνη απορροής	Ανθρακικά (m ²)	I 32.5% (10 ⁶ m ³)	Υπόλοιπα (m ²)	I 13,52% (10 ⁶ m ³)
Μαυρόλακκος	17,28	6,59	0	0
Γκλόμπα	6,05	1,80	14,30	1,77
Ματσάρικος Λάκκος	14,39	4,75	50,58	6,94
Σελιότικος Λάκκος	84,68	31,82	9,44	1,46

Πίνακας 3.4.2. Έκφραση του συνολικού όγκου νερού που κατεισδύει στο υπέδαφος για κάθε υδρολογική λεκάνη για ένα υδρολογικό έτος.

Λεκάνη απορροής	Σύνολο 10 ⁶ (m ³)
Μαυρόλακκος	6,56
Γκλόμπα	3,58
Ματσάρικος λάκκος	11,68
Σελιότικος λάκκος	33,30

Είναι γνωστό ότι τμήμα της κατείσδυσης στις λεκάνες Μαυρόλακκος και Σελιότικος λάκκος εκφορτίζεται στις καρστικές πηγές του Αγίου Νικολάου. Οι πηγές αυτές βρίσκονται σε απόσταση περίπου 1.000m δυτικά της πόλης της Νάουσας, στα

πρηνή του Βερμίου, και συγκεκριμένα στην ζώνη επαφής των ασβεστολίθων με τους επικείμενους νεότερους σχηματισμούς (τραβερτίνες–κορήματα). Από το μέτωπο των πηγών αρχίζει ουσιαστικά και η ροή του ποταμού Αραπίτσα. Οι πηγές βρίσκονται σε επιφάνεια λατυποπαγούς ασβεστολίθου σε μεγάλη έκταση και εμφανίζονται με μορφή ημισεληνοειδούς μετώπου.



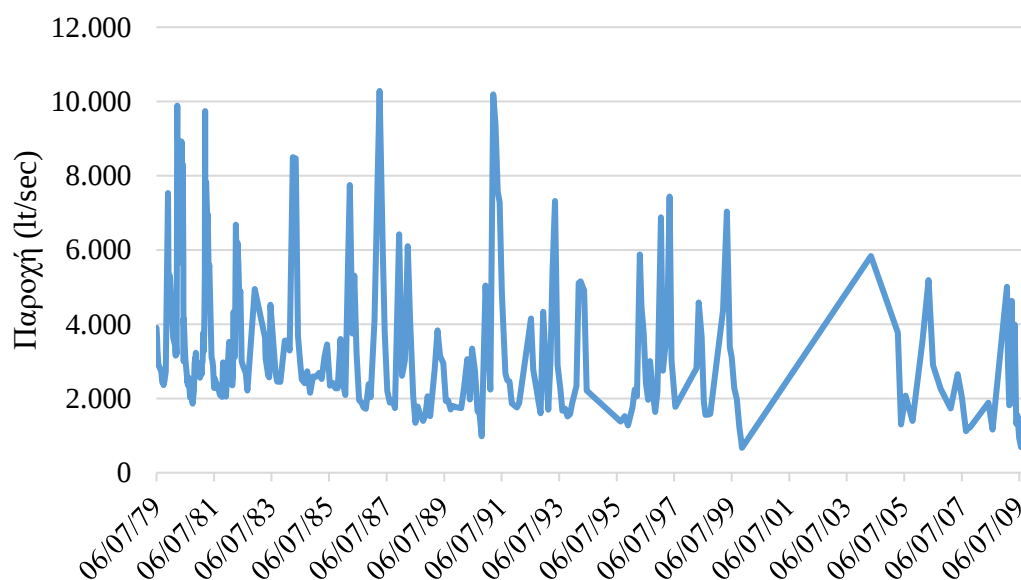
Σχήμα 3.4.3. Δορυφορική άποψη από το GoogleEarth που αποτυπώνει τα σημεία μέτρησης της παροχής σε σχέση με την περιοχή.

Οι παρατηρούμενες μεγάλες παροχές των πηγών (ιστορικά έχουν εντοπιστεί παροχές έως $11 \text{ m}^3/\text{sec}$) δικαιολογούνται από την πρωτογενή υδρομάστευση των ασβεστολίθων της περιοχής. Ακόμη, σημειώνεται ότι η δίαιτα των πηγών είναι δυνατόν να λαμβάνει τέτοιες τιμές και από την καρστική μετάγγιση νερών που προέρχονται από υπεδάφια νερά του καρστ, από πιθανή αποστράγγιση της λίμνης Βεγορίτιδας. Αυτό συμβαίνει, διότι η ανθρακική φάση (τα μάρμαρα της Πελαγονικής ζώνης και οι ασβεστόλιθοι της ζώνης της Αλμωπίας) συνιστά ενιαία υδρογεωλογική ενότητα λόγω της τεκτονικής της θέσεως.

Για τον λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμη η συσχέτιση της ποσότητας νερού που κατεισδύει στις λεκάνες Μαυρόλακκος και Σελιότικος λάκκος σε σχέση με την παροχή των πηγών αυτών.

Τα δεδομένα της παροχής που συλλέχθηκαν ήταν εκείνα του σταθμηγράφου του Ι.Γ.Μ.Ε στις πηγές για τις ημερομηνίες 06/7/1979 - 30/7/2008. Ως συμπληρωματικά δεδομένα αξιοποιήθηκαν αυτά των παροχών σε 2 σημεία κατάντη του ποταμού Αραπίτσα, ο οποίος πηγάζει από τις πηγές του Αγίου Νικολάου για τις ημερομηνίες 30/1/2009 - 14/12/2009. Το πρώτο σημείο βρίσκεται στην κοίτη του ποταμού περίπου 400m κατάντη των πηγών και το δεύτερο στη διώρυγα 2Δ στην ίδια απόσταση από τις πηγές (Σχήμα 3.4.3).

Με την ανάλυση, τον συνδυασμό και την σύγκριση των παραπάνω δεδομένων κατασκευάστηκε το ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 3.4.4. Διάγραμμα παροχής (lt/sec) σε σχέση με τον χρόνο. Έως την ημερομηνία 30/7/2008 τα δεδομένα προέρχονται από τον σταθμηγράφο του Ι.Γ.Μ.Ε, ενώ από τις 30/1/2009 και εξής συλλέχθηκαν από το άθροισμα των παροχών των μετρήσεων κατάντη των πηγών.

Για την χρονική περίοδο 06/7/1979 - 30/7/2008 η μέση παροχή κυμαίνεται στα 3.399lt/sec, ενώ για την περίοδο 30/1/2009 - 14/12/2009 στα 1.917lt/sec. Ο μέσος όρος σύμφωνα με όλες τις μετρήσεις είναι 3.314lt/sec.

Πίνακας 3.4.3. Πίνακας του υδρολογικού ισοζυγίου για τις λεκάνες απορροής Μαυρόλακκος, Γκλόμπα και Σελιότικος λάκκος καθώς και του συνόλου αυτών. (Η διαδικασία εύρεσης της επιφανειακής απορροής αναλύεται στο επόμενο υποκεφάλαιο.)

Λεκάνη	P (10^6m^3)	I (10^6m^3)	E (10^6m^3)	R (10^6m^3)
Μαυρόλακκος	20,26	6,65 32,5%	12,66 62,5%	1,01 5%
Σελιότικος	108,82	33,30 30,6%	67,85 62,4%	7,67 7%
Σύνολο	129,08	39,88 30,9%	80,51 62,4%	8,69 6,7%

Σε αυτό το σημείο, εάν προστεθεί η κατείσδυση των δύο λεκανών με την επιφανειακή απορροή τους και αναχθεί στον χρόνο, προκύπτει η θεωρητική παροχή του ποταμού Αραπίτσα. Από τον ακόλουθο πίνακα προκύπτει πως θεωρητική παροχή και πραγματική διαφέρουν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα η συνολική κατείσδυση και απορροή των λεκανών να συνεισφέρουν μόνο στο 41,59% της πραγματικής παροχής. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι πηγές του Αγίου Νικολάου τροφοδοτούνται και από την καρστική μετάγγιση νερών του καρστ, πιο πιθανά από την αποστράγγιση της λίμνης Βεγορίτιδας.

Πίνακας 3.4.4. Πίνακας που προσδιορίζει την κατείσδυση σε σχέση με την παροχή σε διάφορες μονάδες.

Συνολική Κατείσδυση και Απορροή	Παροχή Αραπίτσας	Ποσοστό Συνεισφοράς
(lt/sec)	1.377,99	3.313,51
(m^3/sec)	1,38	3,31
($10^6\text{lt}/\text{year}$)	43.456,00	104.494.744.652,09
($10^6\text{m}^3/\text{sec}$)	43,46	104.494.744,65

3.5 Σύνταξη υδρολογικού ισοζυγίου

Η γενική εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου εκφράζεται ως $P = E + R + I$, η οποία εκφράζει την κυκλοφορία και κατανομή του νερού στα γήινα στρώματα για μια λεκάνη απορροής με ασήμαντη μεταβολή των υδατικών αποθεμάτων και δίχως ανθρώπινες επεμβάσεις (Βουδούρης, 2013).

Όπου:

P : Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (Precipitation)

E : Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (Evapotranspiration)

R : Η επιφανειακή απορροή (Runoff)

I : Η κατείδδυση (Infiltration)

Έως αυτό το υποκεφάλαιο έχουν παρουσιαστεί οι τρεις από τις τέσσερις παραμέτρους, δηλαδή το σύνολο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P), η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (E) και η κατείδδυση (I). Εάν λυθεί η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου προκύπτει και η επιφανειακή απορροή (R). Συνεπώς, προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.5.1. Ποσοτική και ποσοστιαία έκφραση της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη Μαυρόλακκος

Έκταση (Km ²)	P (10 ⁶ m ³)	I (10 ⁶ m ³)	E (10 ⁶ m ³)	R (10 ⁶ m ³)
17,28	20,26	6,65	12,66	1,01
		32,5%	62,5%	5,0%

Πίνακας 3.5.2. Ποσοτική και ποσοστιαία έκφραση της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη Γκλόμπα.

Έκταση (Km ²)	P (10 ⁶ m ³)	I (10 ⁶ m ³)	E (10 ⁶ m ³)	R (10 ⁶ m ³)
20,39	18,67	3,58	11,47	3,62
		19,2%	61,4%	19,4%

Πίνακας 3.5.3. Ποσοτική και ποσοστιαία έκφραση της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη Σελιότικος λάκκος.

Έκταση (Km ²)	P (10 ⁶ m ³)	I (10 ⁶ m ³)	E (10 ⁶ m ³)	R (10 ⁶ m ³)
94,12	108,82	33,30 30,6%	67,85 62,4%	7,67 7,0%

Πίνακας 3.5.4. Ποσοτική και ποσοστιαία έκφραση της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη Ματσάρικος λάκκος.

Έκταση (Km ²)	P (10 ⁶ m ³)	I (10 ⁶ m ³)	E (10 ⁶ m ³)	R (10 ⁶ m ³)
64,97	65,92	11,68 17,7%	40,43 61,3%	13,81 21%

Παρατηρώντας του παραπάνω πίνακες προκύπτει το εύλογο συμπέρασμα ότι το σύνολο των κατακρημνισμάτων και ο όγκος της εξατμισοδιαπνοής είναι ανάλογα με την έκταση κάθε λεκάνη απορροής. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση της λεκάνης Μαυρόλακκος καθώς σε αυτήν παρατηρούνται μεγαλύτεροι όγκοι σε σχέση με την λεκάνη Γκλόμπα, η οποία είναι μικρότερη κατά 3,11Km². Η συγκεκριμένη ανωμαλία οφείλεται στο συγκριτικά μεγαλύτερο υψόμετρο της λεκάνης Μαυρόλακκος, καθώς αυτό είναι ανάλογο του συνολικού όγκου των κατακρημνισμάτων αλλά και της εξατμισοδιαπνοής.

Επίσης, από τους παραγόμενους πίνακες γίνεται αντιληπτό ότι στις λεκάνες που επικρατούν οι ανθρακικοί σχηματισμοί (Μαυρόλακκος, Σελιότικος Λάκκος) παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό στην συνολική κατείσδυση.

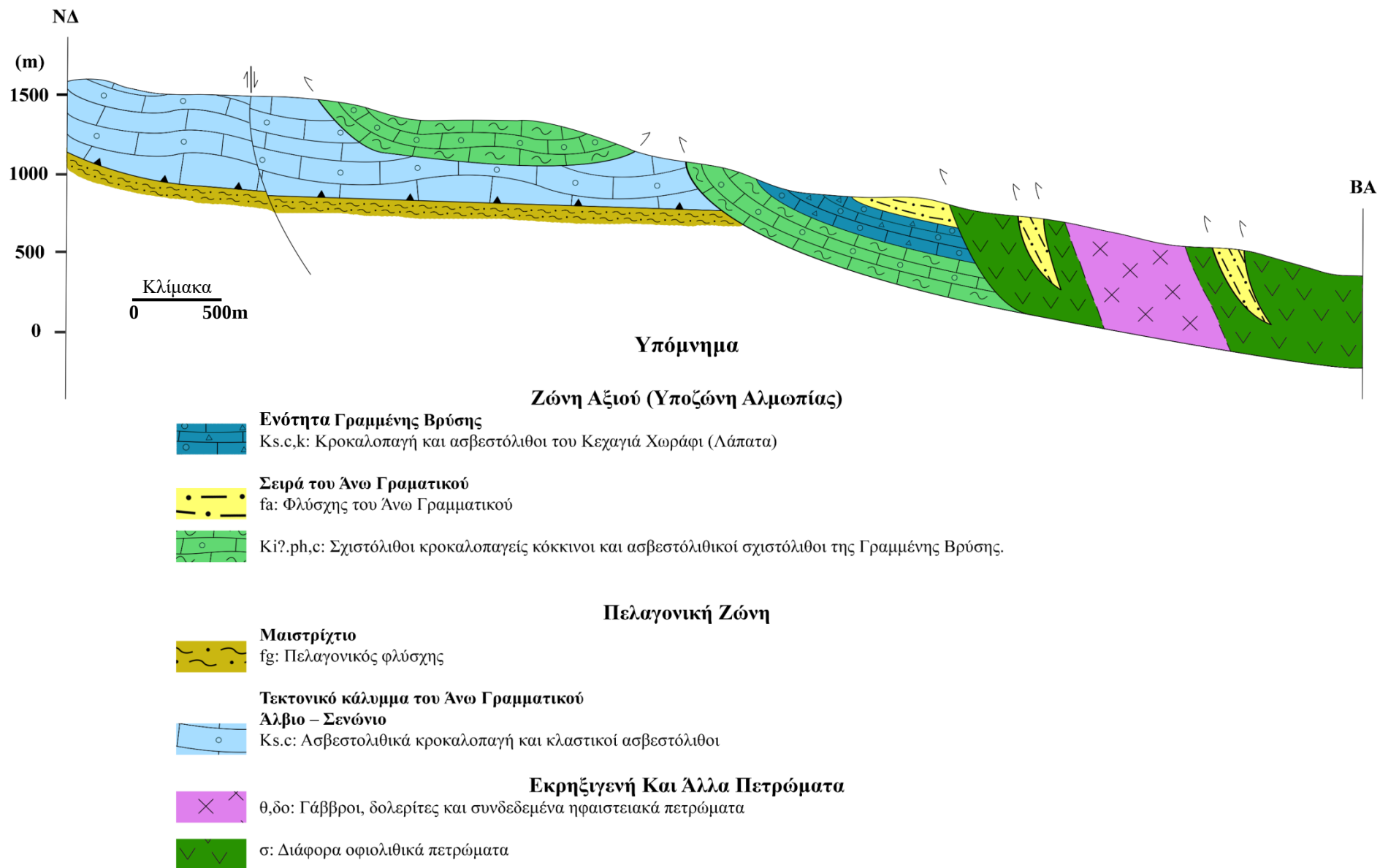
Αυτό που ενδιαφέρει περισσότερο στην κατασκευή ενός φράγματος υδρομάστευσης είναι η μέγιστη τιμή της επιφανειακής απορροής, εφόσον αυτή συνιστά τον κύριο παράγοντα προσφοράς νερού στον ταμιευτήρα. Ποσοστιαία, την μεγαλύτερη τιμή φέρει η λεκάνη Ματσάρικος λάκκος με 21% και ακολουθεί η λεκάνη Γκλόμπα με 19,4%. Αν και ποσοτικά ο όγκος νερού που απορρέει στην λεκάνη Ματσάρικος λάκκος είναι σχεδόν τετραπλάσιος από αυτόν της Γκλόμπας, πρέπει να ληφθεί υπόψη πως η έξοδος της λεκάνης Ματσάρικος λάκκος αποτελείται σχεδόν εξολοκλήρου από ανθρακικά πετρώματα υψηλής περατότητας. Αυτό σημαίνει πως, ενώ θα συγκεντρώνεται μεγάλος όγκος νερού κατά την έξοδο, αυτός θα διαρρέει υπόγεια και, συνακόλουθα, θα χάνεται, καθιστώντας τον μη ωφέλιμο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

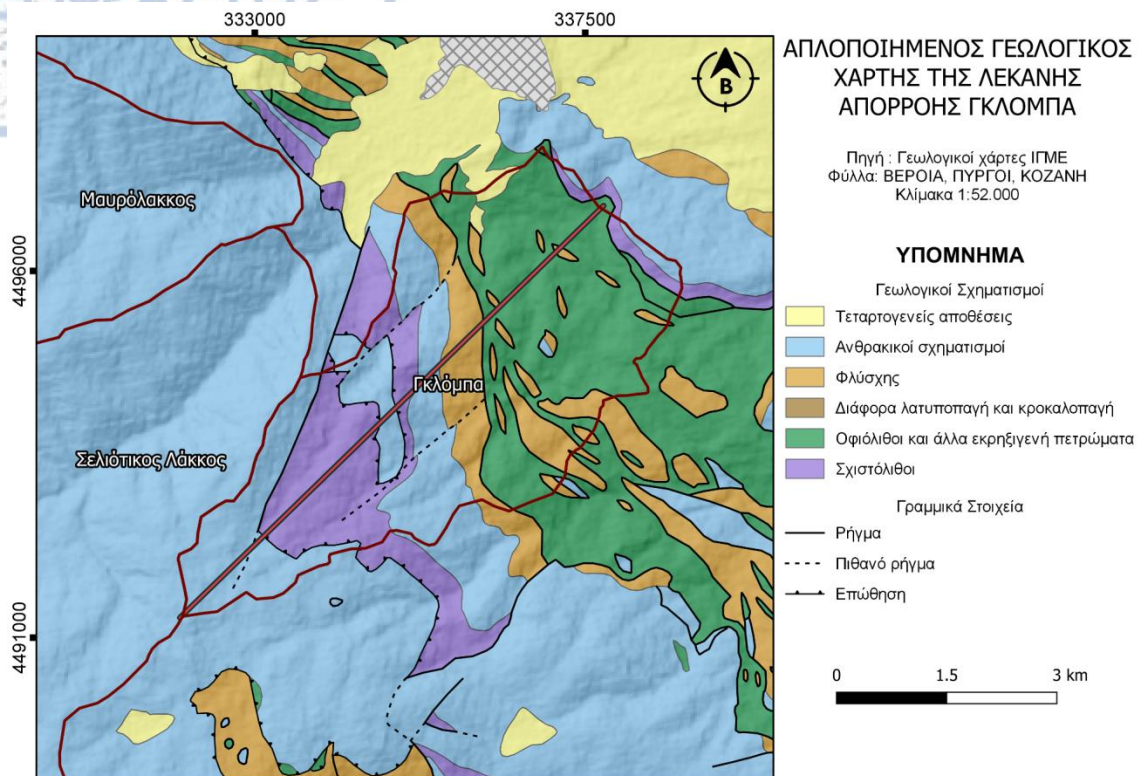
Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετήθηκαν τα γεωλογικά, υδρογεωλογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής Δυτικά και Νοτιοδυτικά της πόλεως της Νάουσας, όπου εμφανίζονται οι λεκάνες απορροής Μαυρολακος, Γκλόμπα, Ματασάρικος λάκκος και Σελιότικος λάκκος. Αυτό έγινε για τον σκοπό της εύρεσης του καταλληλότερου σημείου κατασκευής ενός φράγματος όσον αφορά τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά. Μέσω της συγκέντρωσης και καταγραφής των γεωλογικών, υδρολογικών και μορφολογικών στοιχείων επιτεύχθηκε η δημιουργία ψηφιακών χαρτών, απαραίτητων για τη λεπτομερέστερη και παράλληλα πρακτικότερη ανάλυση των δεδομένων.

Συνεξετάζοντας τα δεδομένα και αποτελέσματα της εργασίας, προέκυψε πως η πλέον καταλληλότερη λεκάνη είναι η Γκλόμπα. Αυτή η επιλογή οφείλεται σε πληθώρα λόγων. Αρχικά, η συγκεκριμένη λεκάνη μπορεί μεν να μην παρουσιάζει το μεγαλύτερο όγκο επιφανειακής παροχής ($3,62 \times 10^6 \text{ m}^3$ δηλαδή 19,4% των κατακρημνισμάτων), ωστόσο στην έξοδο της λεκάνης δεν απαντούν σχηματισμοί υψηλής περατότητας, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες λεκάνες. Να σημειωθεί πως, ενώ η λεκάνη Ματσάρικος λάκκος έχει το μεγαλύτερο ποσοστό επιφανειακής απορροής 21% των κατακρημνισμάτων με $13,81 \times 10^6 \text{ m}^3$, η έξοδός της καλύπτεται από διερρηγμένους ασβεστόλιθους της ενότητας Κράστας, καθώς εντός της λεκάνης αυτής βρίσκονται τρεις οικισμοί.

Όσον αφορά την γεωλογία της λεκάνης Γκλόμπα κατασκευάστηκε η ακόλουθη γεωλογική τομή. Η συγκεκριμένη τομή σχεδιάστηκε στο χέρι σύμφωνα με το φύλλο χάρτη «Βέροια» 1:50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε και στην συνέχεια ψηφιοποιήθηκε με την βοήθεια του προγράμματος Inkscape. Η τομή εκφράζει πως το κατώτερο τμήμα της λεκάνης απαρτίζεται από σχηματισμούς μικρής περατότητας και η τεκτονική της περιοχής ευνοεί στην συγκράτηση του νερού στα ανώτερα λιθολογικά στρώματα. Ακόμα, η επαφή των υδροπερατών και των αδιαπέρατων σχηματισμών σε συνδυασμό με την τεκτονική και την γεωμορφολογία οδηγεί και στην εμφάνιση πολλών επιφανειακών πηγών.



Σχήμα 4.1. Γεωλογική τομή της λεκάνης απορροής Γκλόμπα ψηφιοποιημένη έπειτα από την δημιουργία σχεδιαγράμματος από το γεωλογικό φύλλο χάρτη Βέροια του Ι.Γ.Μ.Ε.



Σχήμα 4.2. Απεικόνιση της γεωλογίας της λεκάνης απορροής Γκλόμπα αλλά και της θέσης της παραπάνω γεωλογικής τομής.

Τέλος, η μορφολογία της λεκάνης αυτής ευνοεί την επιφανειακή απορροή σε δίκτυο δενδριτικής μορφής και την συγκέντρωση όλων των κλάδων σε μια στενή έξοδο. Το σημείο αυτό κρίνεται κατάλληλο για την κατασκευή φράγματος με ικανοποιητικό μη δεσμευμένο χώρο κατάλληλο για τον σχηματισμό λεκάνης κατάκλισης.

Εν κατακλείδι, η κατασκευή ενός τέτοιου τεχνητού ταμιευτήρα θα συμβάλει στην κάλυψη μέρους των υδατικών αναγκών που είναι κυρίως αρδευτικές και, συνεπώς, στην μείωση της υπεράντλησης του υδροφορέα.



Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- A. D. H. (1967). Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation. *AAPG Bulletin*, 51. doi: 10.1306/5d25c26d-16c1-11d7-8645000102c1865d
- Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. *Annales De Géographie*, 66(355), 193–220. doi: 10.3406/geo.1957.18273
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen – Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5(1). doi: 10.1038/sdata.2018.214
- Dikau, R. (1989). The application of a digital relief model to landform analysis (pp. 51-77). In Raper, J., Three dimensional applications in geographical information systems. London: Taylor & Francis.
- Gregory, K. J., & Walling, D. E. (1973). Drainage basin form and process: a geomorphological approach. London: Edward Arnold.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A.: Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633–1644, <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>, 2007
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38(6), 913. doi: 10.1029/tr038i006p00913

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αθανασιάς, Σ., & Σούλιος, Γ. (1993). Συμβολή στη μελέτη του χημισμού των νερών του καρστικού υδροφόρου συστήματος των πηγών Αγίου Νικολάου Νάουσας (σελ. 189-200). *Πρακτικά 2ου υδρογεωλογικού συνεδρίου Τόμος 1. 24-28 Νοεμβρίου 1993, Πάτρα*

Απόφαση Αριθ. Δ17α/115/9/ΦΝ275. Τροποποίηση διατάξεων του «Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ-2000» λόγω αναθεώρησης του Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας. *Εφημερίδα της Κυβέρνησης (Φ.Ε.Κ. Β' 1154/12-8-2003)*

Βουδούρης, Κ. (2013). Τεχνική υδρογεωλογία: Υπόγεια νερά. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε). (2010). Υδρογεωλογική Μελέτη Υδροφόρα συστήματα υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας – Ανατολικό τμήμα (ΥΔ09αν.). Θεσσαλονίκη: Βεράνης, Ν., & Πρατανόπουλος, Α.

Μουντράκης, Δ. (2010). Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Εκδόσεις University studio press, Θεσσαλονίκη

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας(Ο.Α.Σ.Π), & Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος (Σ.Π.Μ.Ε). (2001). ΕΑΚ 2000 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000. Αθήνα

Παπαζάχος, Β., & Παπαζάχου, Κ. (2003). Οι σεισμοί της Ελλάδας. Εκδόσεις Ζήτη (Γ' έκδοση), Θεσσαλονίκη

Σακκάς, Ι. (2004). Τεχνική υδρολογία Τόμος Ι: Υδρολογία επιφανειακών υδάτων. Εκδόσεις Αϊβαζή, Θεσσαλονίκη

Διαδικτυακές Πηγές

Copernicus Land Monitoring Service. Corine Land Cover 2012 από <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>

European – Mediterranean Seismological Centre. Αναζήτηση του καταλόγου σεισμικών γεγονότων από <https://www.seismicportal.eu/>

Han River Flood Control Office. Analysis Criteria από http://www.wamis.go.kr/eng/WKB_ANLST_LST.aspx



Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY). Μετεωρολογικά δεδομένα σταθμών από <http://meteosearch.meteo.gr/>

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Πληθυσμιακά στοιχεία από <https://www.statistics.gr/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Υ.Π.Ε.Κ.Α.). Υδατικά διαμερίσματα από <http://www.ypeka.gr/>

Χάρτες και άλλες ψηφιακές πηγές

NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems, and U.S./Japan ASTER Science Team (2009). ASTER Global Digital Elevation Model [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Accessed 2019-05-11 from <https://doi.org/10.5067/ASTER/ASTGTM.002>

J. H. Brunn. (Χαρτογράφος). (1982). Φύλλο Βέροια [Γεωλογικός Χάρτης]. 1:50.000. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

J. H. Brunn. (Χαρτογράφος). (1982). Φύλλο Πύργοι [Γεωλογικός Χάρτης]. 1:50.000. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

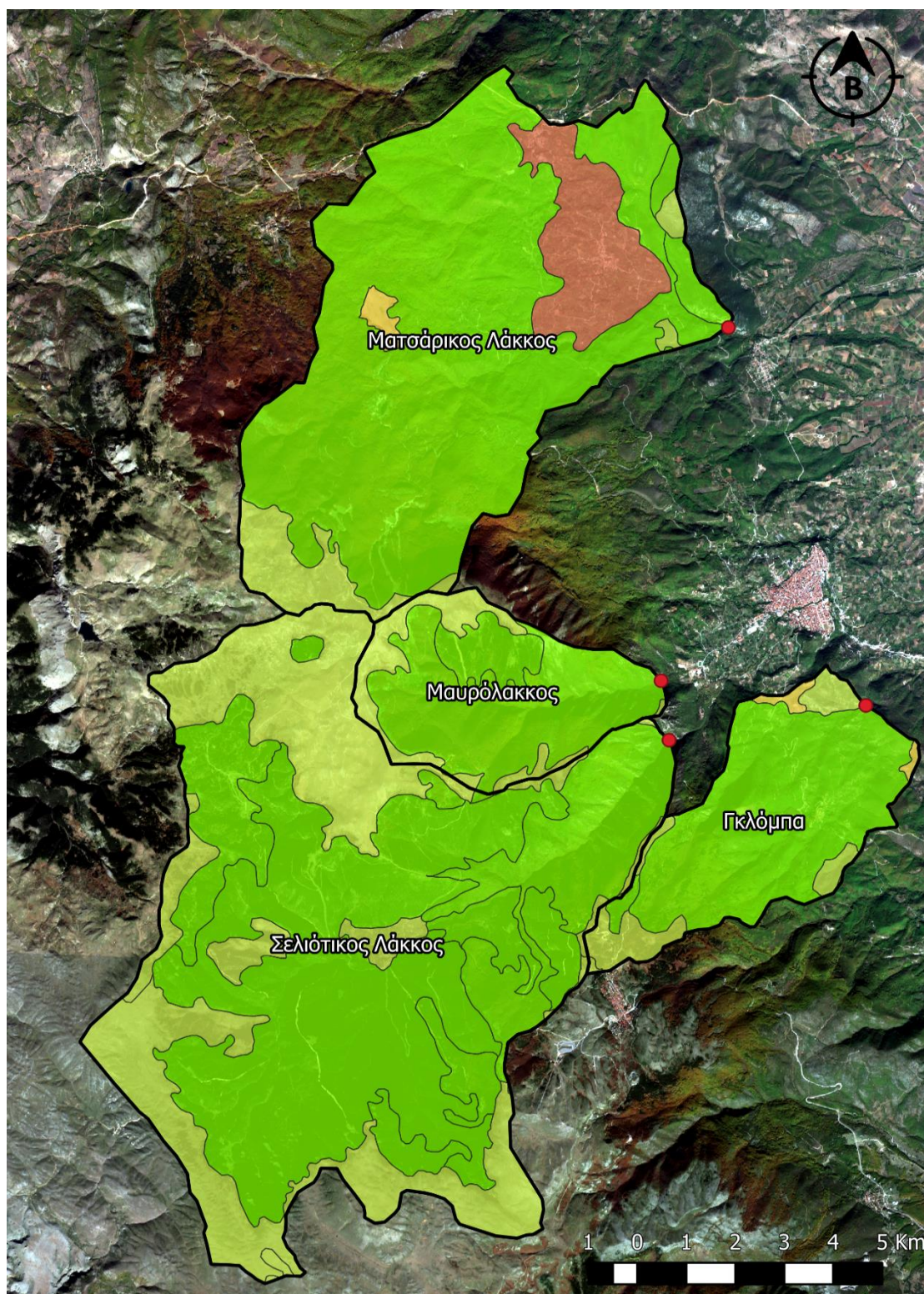
Αναστασόπουλος, Ι., Κουκουζά, Κ., Faugeres, L. (Χαρτογράφοι). (1980). Φύλλο Κοζάνη [Γεωλογικός Χάρτης]. 1:50.000. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Χαρτογράφος). (1970). Φύλλο Βέροια [Τοπογραφικός Χάρτης]. 1:50.000 Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού

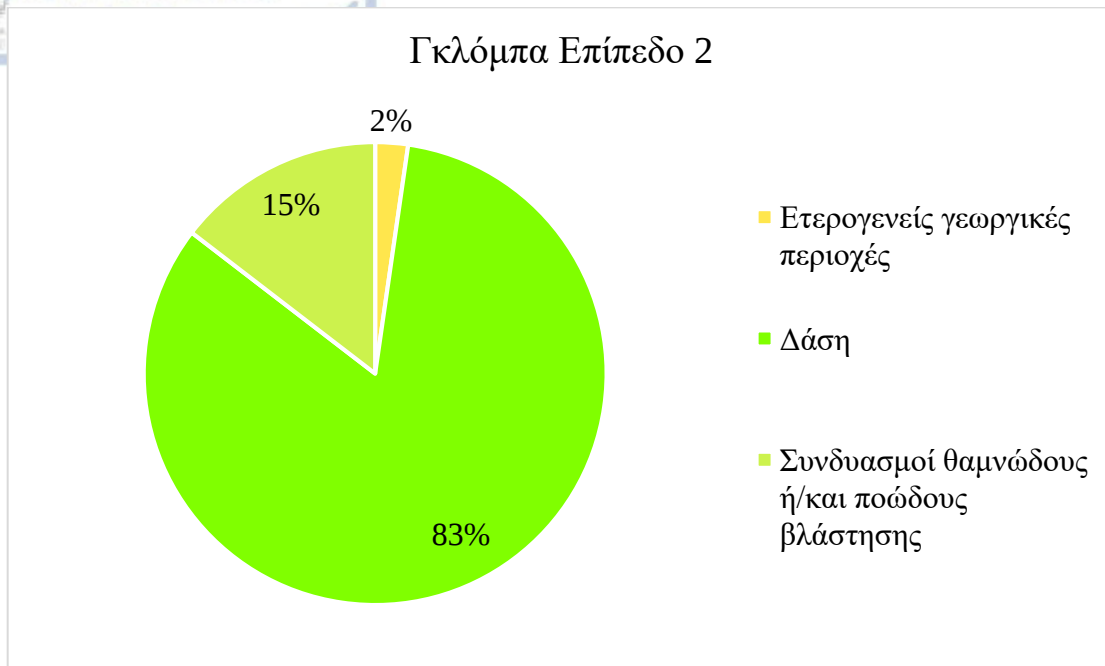
Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Χαρτογράφος). (1970). Φύλλο Κοζάνη [Τοπογραφικός Χάρτης]. 1:50.000 Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Χαρτογράφος). (1970). Φύλλο Πύργοι [Τοπογραφικός Χάρτης]. 1:50.000 Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού

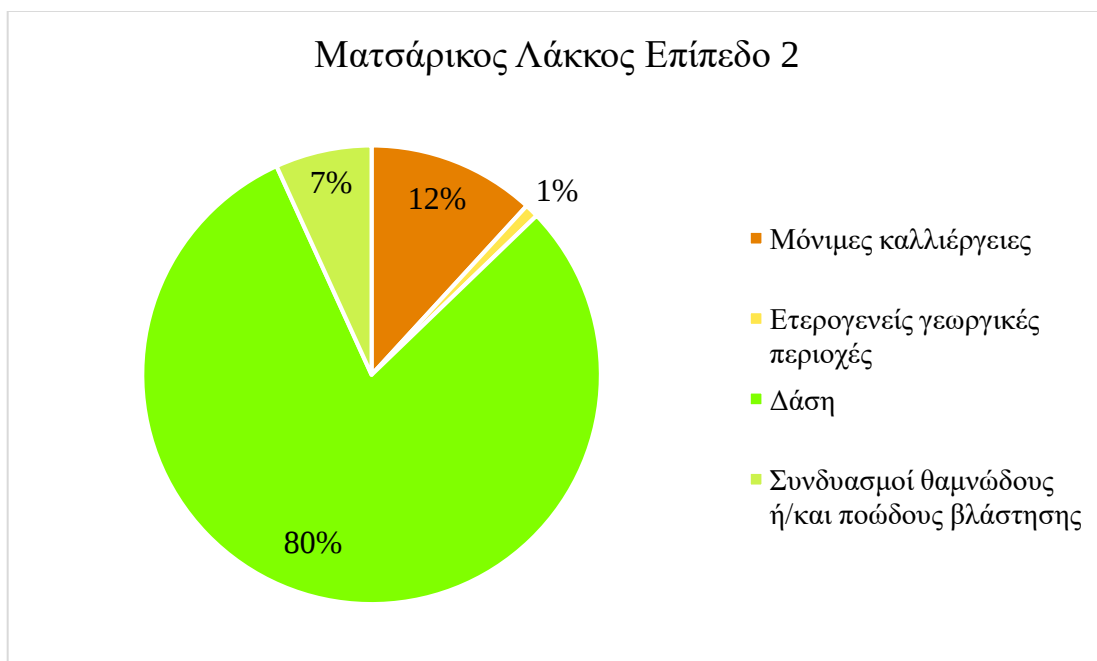
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



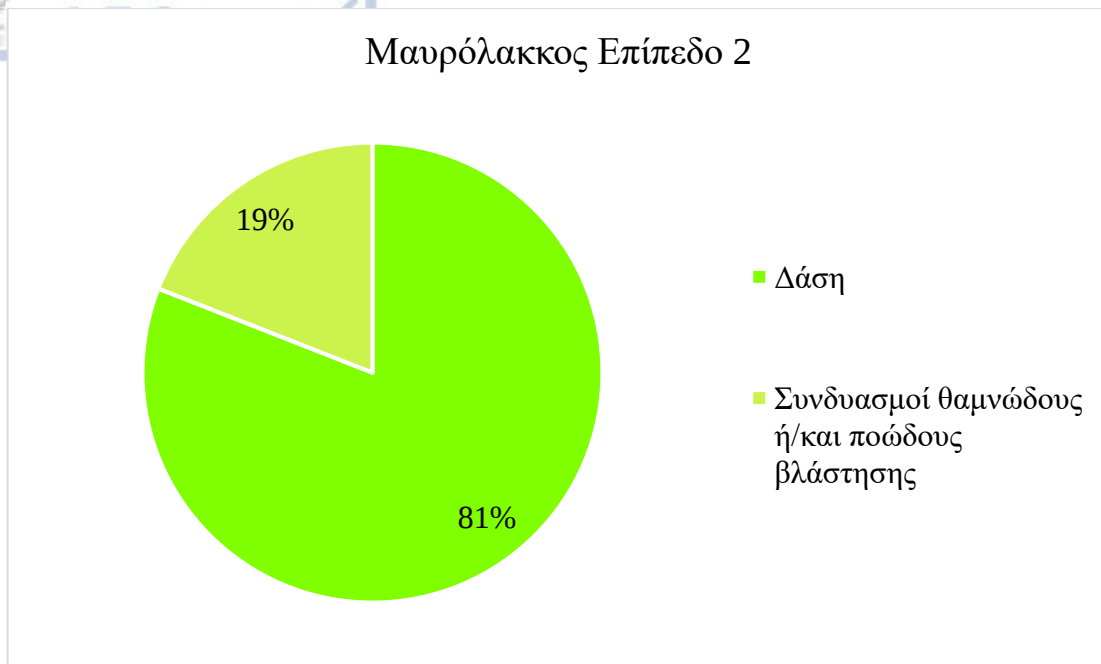
ΣχήμαΠ.1. Θεματικός χάρτης της κάλυψης γης (Επίπεδο 2) για τις τέσσερις υδρολογικές λεκάνες.



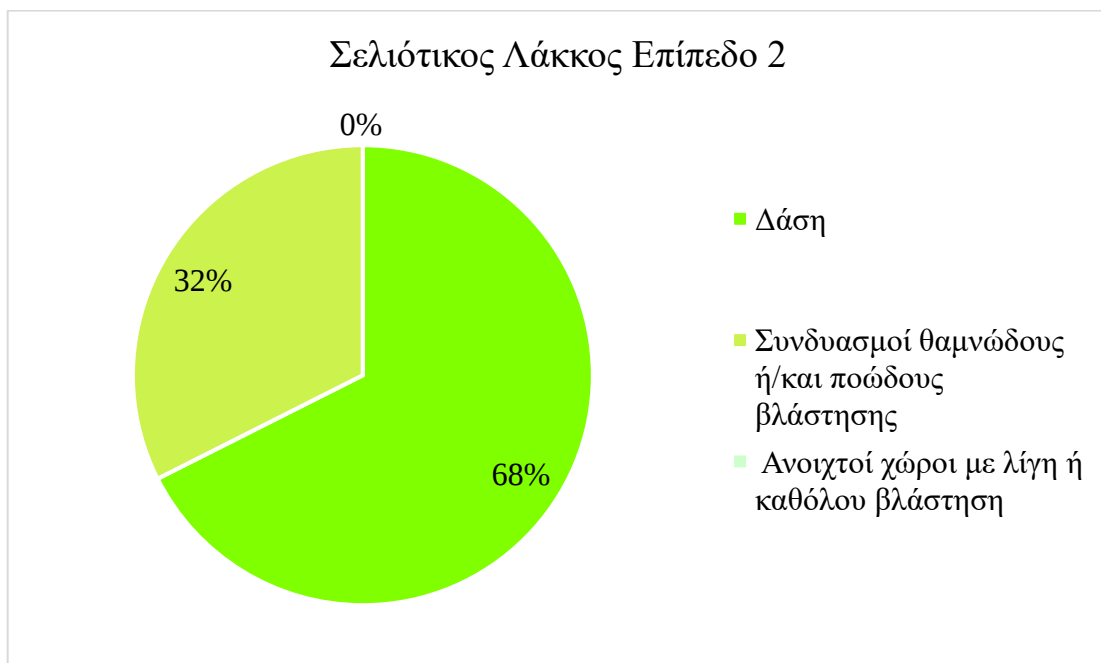
ΣχήμαΠ.2. Κυκλικό διάγραμμα με την ποσοστιαία κάλυψη γης της υδρολογικής λεκάνης Γκλόμπα – Επίπεδο 2.



ΣχήμαΠ.3. Κυκλικό διάγραμμα με την ποσοστιαία κάλυψη γης της υδρολογικής λεκάνης Ματσάρικος Λάκκος – Επίπεδο 2.



ΣχήμαΠ.4. Κυκλικό διάγραμμα με την ποσοστιαία κάλυψη γης της υδρολογικής λεκάνης Μαυρόλακκος – Επίπεδο 2.



ΣχήμαΠ.5. Κυκλικό διάγραμμα με την ποσοστιαία κάλυψη γης της υδρολογικής λεκάνης Σελιότικος Λάκκος – Επίπεδο 2.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Εικόνα Φ.1. Άποψη των πηγών του Αγ. Νικολάου. Συντεταγμένες (WGS84): 40°36'34.8"N 22°02'32.4"E



Εικόνα Φ.2. Τυπική εικόνα του τραβερτίνης της περιοχής. Ένδειξη υψηλής υπόγειας αποροής. Συντεταγμένες (WGS84): 40°34'12.8"N 22°00'59.9"E



Εικόνα Φ.3. Οφιόλιθος στην περιοχή της λεκάνης Γκλόμπας.



Εικόνα Φ.4. Έντονα τεκτονισμένος φλύσχης κοντά στον οικισμό Αρκοχώρι. Συντεταγμένες (WGS84): 40°35'17.4"N 22°04'15.7"E



Εικόνα Φ.5. Ο φλύσχος της (εικόνας 10) με πιο παχιά ψαμμιτική στρώση (Αριστερά) σε επαφή με οφιόλιθο (Δεξιά). Συντεταγμένες (WGS84): 40°35'16.2"N 22°04'13.6"E



Εικόνα Φ.6. Πλάκες ασβεστόλιθου εντός της λεκάνης Σελιότικος Λάκκος. Συντεταγμένες (WGS84): 40°32'52.3"N 21°58'16.8"E



Εικόνα Φ.7. Υγρό έδαφος στην περιοχή της λεκάνης Σελιότικος λάκκος από την παρουσία νερού υπεδάφιας πηγής. Χαρακτηριστικό φαινόμενο λόγω της συχνής εναλλαγής σχηματισμών. Συντεταγμένες (WGS84): 40°37'59.6"N 21°57'17.4"E



Εικόνα Φ.8. Χαρακτηριστική εικόνα από Ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή και κλαστικούς ασβεστόλιθους [Ks.c] τεκτονικό κάλυμμα του Άνω Γραμματικού (Άλβιο – Σενώνιο). Συντεταγμένες (WGS84): 40°37'24.8"N 21°58'06.0"E



Εικόνα Φ.9. Πολύ απότομη αλλαγή της βλάστησης που υποδηλώνει αλλαγή της λιθολογίας στην κορυφή Τρύλλος.



Εικόνα Φ.10. Δολίνη κοντά στον οικισμό Σέλι (Ονομάζεται από τους ντόπιους Μπάρα). Η δολίνη αποτελεί σημαντική ένδειξη καρστικής διάλυσης. Φωτογραφία του Δρ. Μανάκου Αντώνιου. Συντεταγμένες (WGS84): $40^{\circ}34'02.6''\text{N}$ $22^{\circ}01'20.5''\text{E}$

Γεωλογικοί σχηματισμοί σύμφωνα με τα φύλλα χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε

Τεταρτογενές

Ολόκαινο

al: Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις και κορήματα

Πλειστόκαινο

Βούρμιο

Pt_{iv}: Κώνοι και χαμηλές αναβαθμίδες στους πρόβουνους

Ανώτατο Βιλλαφαράγκιο - Μινδέλιο

Pt_{ii-iii}: Παλαιά αναβαθμίδα με προχώματα

Pt_i?: Κορήματα και ερυθρές αποθέσεις

Ανώτερο πλειόκαινο και/ή κατώτερο πλειστόκαινο (Βιλλαγράγκιο)

tn: Τραβερτίνης

Πλειόκαινο - Πλειστόκαινο

Pl_s-Pt_i: Παλαιές αποθέσεις κροκαλοπαγών

Νεογενές

Πλειόκαινο

r→a: Σύνναγμα τραχει-ανδесиτικό του Λουτροχωρίου

Πελαγονική Ζώνη

Μαιστρίτσιο

fg: Πελαγονικός φλύσχος

K₈₋₉.k: Ασβεστόλιθοι με θραύσματα Ρουδιστών και με Orbitoides

K_s: Η κατώτερη κλαστική σειρά

K.k: Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι της Πελαγονικής ζώνης

Σχηματισμοί υποκείμενοι του επικλυσιγενούς ανώτερου Κρητιδικού

K: Σχιστόλιθοι και κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι

T-J.sch: Σχιστόλιθοι

T-Jmr: Μάρμαρα

T-Jmr₂: Μάρμαρα καλά στρωμένα

T-Jmr₁: Μάρμαρα άστρωτα

q: Χαλαζίας



Αυτόχθονη Κρητιδική Σειρά

K₉?..rh,: Σχιστόλιθοι, ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι σε στρώσεις και κροκαλοπαγή του Κουστοχωρίου

Άλβιο – Τουρόνιο

K₅₋₇?..k: Ασβεστόλιθοι σκουρόχρωμοι της Δουβροπόλεως με Γαστερόποδα και Orbitolinidae

Βάση του αυτόχθονος Κρητιδικού (Φάση επίκλησης)

K_i.rh,c: Σχιστόλιθοι κόκκινοι, ψαμίτες, κροκαλοπαγή του Γουρνοκούμασι

Μέσω-Ανώτερο Ιουρασικό – Κατώτερο Κρητιδικό

J_s-K_i?..k: Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι υπερκείμενοι των οφιολίθων της Πελαγονικής ζώνης

Ζώνη Αξιού (Υποζώνη Αλμωπίας)

K?k: Ασβεστόλιθοι άστρωτοι, πλακώδης και σχιστόλιθοι

K.fl: Φλυσχοειδή σε στρώσεις ή σε ασβεστολιθικά λατυποπαγή

Ενότητα Γραμμένης Βρύσης

fa₁: Φλύσχη

K_s.c,k: Κροκαλοπαγή και ασβεστόλιθοι του Κεχαγιά Χωράφι (Λάπατα)

Ενότητα του Κάστρου (Καστάς)

Κενομάνιο – Μαιστρίτσιο

K_s.k₂: Ασβεστόλιθοι της ενότητας της Κράστας

Σειρά του Άνω Γραμματικού

fa: Φλύσχη του Άνω Γραμματικού

K_i?..rh,c: Σχιστόλιθοι κροκαλοπαγείς κόκκινοι και ασβεστόλιθικοί σχιστόλιθοι της Γραμμένης Βρύσης.

K₄₋₆?..br: Κλαστικοί σχηματισμός βάσεως και λατυποπαγείς σχιστόλιθοι

Ενότητα Στενήμαχου

Άπτιο-Κενομάνιο

fa₂: Φλύσχη του Στενήμαχου

K_s.k₁: Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι του Στενήμαχου

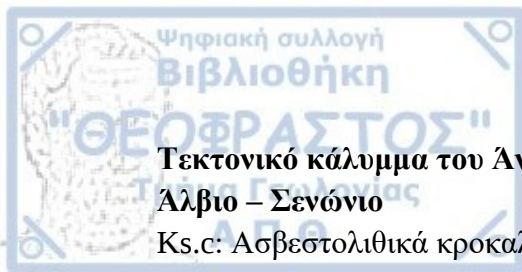
K₄₋₇.br,ph: Λατυποπαγή και κόκκινοι σχιστόλιθοι

Ενότητα Φτέρης – Αγ. Σωτήρα

K_s.k: Επικλυσιγενής ανθρακική σειρά κροκαλοπαγών και ασβεστόλιθων του τεκτονικού κλήματος του άνω Βερμίου

K₆₋₇.br: Λατυποπαγή με Nerinea

O.c: Οφιολιθικό κροκαλοπαγές



Τεκτονικό κάλυμμα του Άνω Γραμματικού

Άλβιο – Σενώνιο

Ks.c: Ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή και κλαστικοί ασβεστόλιθοι

ph: Σχιστόλιθοι

mr: Μάρμαρα

Εκρηξιγενή Και Άλλα Πετρώματα

πρ,θ: Πυροξενίτες και γάββροι

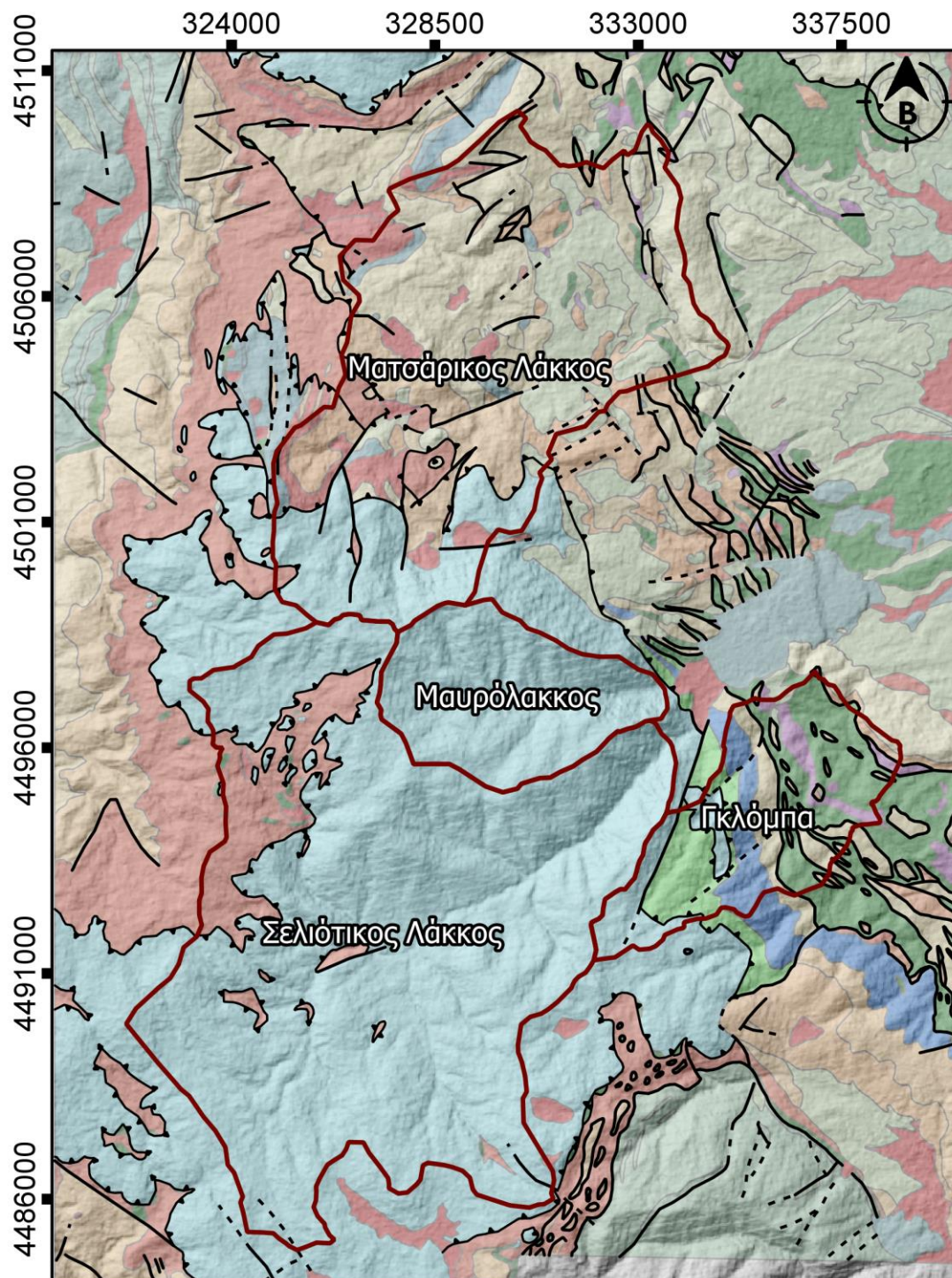
n.q: Χαλαζιακοίδιορίτες

θ,δο: Γάββροι, δολερίτες και συνδεδεμένα ηφαιστειακά πετρώματα

br: Ηφαιστειακά λατυποπαγή και ηφαιστειο-ιζηματογενή

δο,σπ: Δολερίτες, κερατοφύρες, σπιλίτες

σ: Διάφορα οφιολιθικά πετρώματα



ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πηγή : Γεωλογικοί χάρτες ΙΓΜΕ
Φύλλα: ΒΕΡΟΙΑ, ΠΥΡΓΟΙ, ΚΟΖΑΝΗ
Κλίμακα 1:50.000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Σχηματισμοί

al	Ki.ph,c	q
br	Ki?.ph,c	ra
fa	Ks	T-J.mr
fa2	Ks.c	T-J.sch
fg	Ks.c,k	T-Jmr1
Js-Ki?.k	Ks.k	T-Jmr2
K	Ks.k1	tv
K.fl	Ks.k2	δο,σπ
K.k	mr	θ,δο
K?k	n.q	πρ,θ
K4-6?.br	O.c	σ
K4-7.br,ph	ph	
K5-7?.k	Pls-Pti	
K6-7.br	Pt1?	
K8-9.k	Pt1-11	
	Ptiv	

Γραμμικά Στοιχεία

—	Ρήγμα
----	Πιθανό ρήγμα
—>	Επώθηση

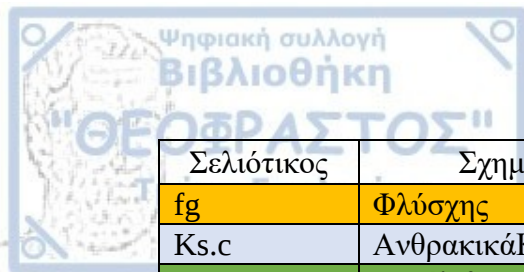
Κλίμακα 1:140.000

0 5 10 15 km

**Χωρικός διαχωρισμός και καταμέριση της έκτασης των
γεωλογικών σχηματισμών σύμφωνα με τα φύλλα χάρτη του
Ι.Γ.Μ.Ε**

Ματσά- ρικός	ΕΚΤΑΣΗ (m ²)	Σχηματισμοί	ΕΚΤΑΣΗ (m ²)	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)
δο,σπ	1642045	Οφιόλιθοι και άλλα εκρηξιγενή	3636893	3.636893
θ,δο	362246			
σ	821133			
O.c	139628			
n.q	671841			
fg	2341947	Φλύσχης	7953624	7.953624
fa	5611677			
al	2204310	Τεταρτογενείς αποθέσεις	11242130	11.24213
Pls-Pti	8593356			
Pt1-11	444464			
K6-7.br	6933464	Λατυποπαγή και Κροκαλοπαγή	15888443	15.888443
K4-6?.br	5569264			
br	3205664			
Ks	180051			
Ks.k	11834756	Ανθρακικά Κρητιδικού	26225810	26.22581
Ks.c	11085957			
Ks.k2	3305097			
K?k	20117	Σχιστόλιθοι	20117	0.020117
Σύνολο	64967017		64967017	64.967017

Γκλόμπα	ΕΚΤΑΣΗ (m ²)	Σχηματισμοί	ΕΚΤΑΣΗ (m ²)	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)
θ,δο	1355035	Οφιόλιθοι και άλλα εκρηξιγενή	7218967	7.218967
σ	5863932			
fa	3059279			
Pt1-12	151529	Τεταρτογενείς	151529	0.151529
Ks.k1	183059	Ανθρακικά Κρητιδικού	6054126	6.054126
Ks.c,k	2456380			
Ks.c	3379543			
K.k	35144			
Ki?.ph,c	3568726	Σχιστόλιθοι	3568726	3.568726
K4- 7.br,ph	337873	Λατυποπαγή	337873	0.337873
Σύνολο	20390500		20390500	20.3905



Σελιότικός	Σχηματισμοί	ΕΚΤΑΣΗ (m ²)	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)
fg	Φλύσχης	8781744	8.781744
Ks.c	Ανθρακικά Κρητιδικού	84679295	84.679295
σ	Οφιόλιθοι	342277	0.342277
al	Τεταρτογενείς	312010	0.31201
Σύνολο		94115326	94.115326

Μαυρόλακκος	Σχηματισμοί	ΕΚΤΑΣΗ (m ²)	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)
Ks.c	Ανθρακικά Κρητιδικού	17280217.52	17.28021752
Σύνολο		17280217.52	17.28021752