



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Γ. ΔΑΟΥΛΤΖΗΣ

ΑΕΜ 3846

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Γ. ΧΟΥΡΜΟΥΖΗΣ

ΑΕΜ 3935

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ ΤΟ
ΜΕΓΑΛΟ ΕΜΒΟΛΟ ΕΩΣ ΤΗΝ ΕΠΑΝΩΜΗ»

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΟΥΛΙΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
«ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΓΑΛΟ ΕΜΒΟΛΟ ΕΩΣ ΤΗΝ
ΕΠΑΝΩΜΗ»

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΔΑΟΥΛΤΖΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΧΟΥΡΜΟΥΖΗΣ

080151

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

... τὸ καταποθὲν ἐκ τῶν ὑψηλῶν
ὕδωρ εἰς τὰ κοῖλα ἀφιεῖσα κατὰ πάντας τοὺς τόπους παρεί-
χετο ἄφθονα κρηνῶν καὶ ποταμῶν νάματα...

Πλάτων-Κριτίας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1	Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν	8
1.2	Μεθοδολογία έρευνας	9
2.	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	10
3.	ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	14
4.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	16
4.1	Γεωλογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.....	16
4.2	Ζώνη Παιονίας.....	18
5.	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	22
5.1	Γενικά.....	22
5.2	Νεογενή και Τεταρτογενή Ιζήματα.....	24
5.3	Προφίλ γεωτρήσεων.....	26
5.4	Πιεζομετρικός χάρτης περιοχής.....	30
6.	ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	33
6.1	Γενικά.....	33
6.2	Θερμοκρασία αέρα.....	34
6.3	Βροχόπτωση.....	36
7.	ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	40
7.1	Γενικά.....	40
7.2	Χημικές αναλύσεις.....	42
7.3	Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (T.D.S.) των νερών της περιοχής μελέτης.....	43
7.4	Το pH των νερών της περιοχής μελέτης.....	44
7.5	Ιστογράμματα συχνοτήτων για τις τιμές των κύριων ιόντων. .	45
7.6	Ακτινικά πολυγωνικά διαγράμματα.....	49
7.7	Ιοντικοί λόγοι.....	55
7.8	Συσχετίσεις μεταξύ των ιόντων.....	57
7.9	Ταξινόμηση των υπογείων νερών.....	61
7.9.1	Γενικά.....	61

7.9.2	<i>Διάγραμμα Piper – De Wiest</i>	61
7.9.3	<i>Διάγραμμα Durov</i>	62
7.9.4	<i>Διάγραμμα Schoeller</i>	63
7.9.5	<i>Διάγραμμα S.A.R</i>	65
7.9.6	<i>Διάγραμμα Wilcox</i>	67
7.10	Υδροχημικοί χάρτες	68
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	77
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	80

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος «ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ» με Επισημηνοικό Υπεύθυνο τον Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Γεώργιο Σούλιο. Αντικείμενο της εργασίας είναι η συμβολή στη μελέτη της παράκτιας περιοχής από το Μεγάλο Εμβόλο έως την Επανωμή.

Δε θα αποτελούσε υπερβολή, αν υποστηρίξαμε πως η διεκπεραίωση της διδακτορικής εργασίας μας ήταν θέμα επιμονής, θέλησης και σκληρής δουλειάς, ώστε να έρθει το κατάλληλο αποτέλεσμα Όλα τα στοιχεία και δεδομένα που συλλέξαμε, αξιολογήθηκαν με ψιφιακή απεικόνιση ώστε η εργασία αυτή να βρίσκεται σε προχωρημένο επίπεδο για να μπορέσει να αξιοποιηθεί και να εκτιμηθεί αναλόγως.

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι κατά την διάρκεια αυτής, μας προσέφεραν πολύτιμη βοήθεια κάποια άτομα από τον τομέα υδρογεωλογίας. Αυτή η εργασία δε θα ήταν εφικτή εάν ο υποψήφιος διδακτορικός φοιτητής Θανάσης Παύλου, του οποίου η συμβολή ήταν πολύσημαντική για μας, δε μας βοηθούσε υπερβολικά. Παραγμένα τον ευχαριστούμε για την μεγάλη υπομονή που έδειξε. Επίσης ευχαριστούμε τον μεταπτυχιακό φοιτητή Καζάκη Νερατζή, τον υποψήφιο διδάκτορα Μιχάλη Τζαός, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Γεώργιο Σωτηριάδη, καθώς και τον συμφοιτητή μας Βαγγέλη Βλάχο.

Τέλος, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Γεώργιο Σούλιο για την ανάθεση αυτής της επιστημονικής έρευνας στην περιοχή της Επανωμής και για την

Ευχαριστώ και καθοδηγού τον.

1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Τα στοιχεία και οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για την διεκπαιρέωση αυτής της εργασίας ανήκουν σε δημόσιους κυρίως φορείς και είναι:

- Προφίλ των γεωτρήσεων σε συνδυασμό με τις χημικές αναλύσεις των υπογείων νερών.
- Συλλέχθηκαν δείγματα υπογείου νερού. Οι χημικές αναλύσεις έγιναν στο εργαστήριο της υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ.
- Διάφορα διαγράμματα, όπως του BREDDIN στο οποίο πραγματοποιείται αντιστοιχία μεταξύ τιμών διαπερατότητας και χαλαρών σχηματισμών και το αντίστοιχο του για βραχώδεις σχηματισμούς ή το διάγραμμα που συνδέει το μέγεθος των κόκκων των σχηματισμών με το πάχος των υδροφόρων και την παροχευτικότητα.
- Ακόμη γίνεται χρήση υδροχημικών διαγραμμάτων, που στοχεύουν ανάλογα στην κατάταξη των νερών (Piper ή De Wiest), στον καθορισμό της καταλληλότητας αυτών για πόση (Waterlot) ή για άρδευση. (U.S Salinity Laboratory)
- Χάρτης του Ι.Γ.Μ.Ε σε κλίμακα 1:50.000. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το φύλλο Επανωμής στο οποίο αποτυπώνεται η ευρύτερη περιοχή της Επανωμής. Δορυφορικές-Φωτογραφικές εικόνες της περιοχής μελέτης, χάρτης απεικόνισης της περιοχής με ισουψείς καθώς και τοπογραφικό χάρτη.
- Η σχεδίαση των υδροχημικών χαρτών έγινε με την χρήση του προγράμματος MapInfo Professional 6.5.

Οι χάρτες λοιπόν που χρησιμοποιούνται, πέραν του ότι βοηθούν στην απόκτηση μιας γενικότερης αντίληψης του χώρου χρησιμεύουν άμεσα στην εφαρμογή του προγράμματος της ψηφιοποίησης.

Τελικά, κύριος σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η όσο το δυνατόν πιο διεξοδική επεξεργασία των υπαρχόντων στοιχείων και ψηφιακή παρουσίαση των αποτελεσμάτων, ικανή να ανταποκριθεί στις σύγχρονες απαιτήσεις.

1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η εργασία, εκτός από τα γενικά στοιχεία και τη γεωλογική διερεύνηση της περιοχής, ουσιαστικά πραγματεύεται δύο κύρια θέματα, αυτό των υδρογεωλογικών και εκείνο των υδροχημικών συνθηκών της περιοχής μας. Η υδρογεωλογική μελέτη συνίσταται από επιμέρους κεφάλαια, όπως υδρολιθολογία και πιεζομετρία που έχουν διαχωριστεί με σκοπό την λεπτομερέστερη ανάλυση των στοιχείων που έχουμε. Ακρογωνιαίος λίθος για την επίτευξη της εργασίας αυτής, είναι η ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη της περιοχής και η τοποθέτηση των τοπονυμίων και των εκάστοτε χρησιμοποιηθέντων γεωτρήσεων πάνω σε αυτόν.

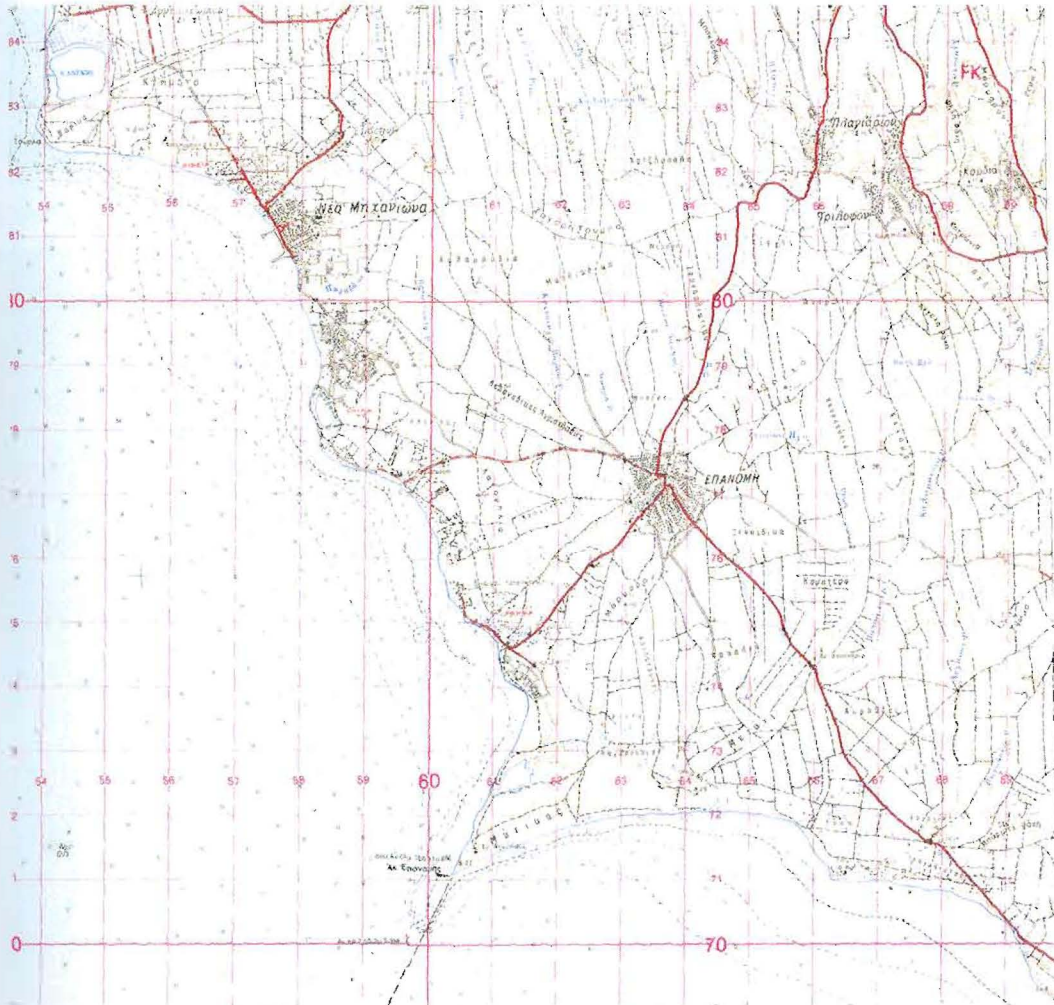
Ως προς τα υπόλοιπα, η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται είναι απόρροια μιας κοινής φιλοσοφίας. Σύμφωνα με αυτήν λοιπόν, η αρχή κάθε υποκεφαλαίου αποτελεί μια πιο ειδική εισαγωγή στο αντίστοιχο θέμα, στην οποία αναφέρονται όλα τα στοιχεία και οι τρόποι με τους οποίους αυτά αξιοποιούνται.

Στη συνέχεια ακολουθούν οι συγκεντρωτικοί πίνακες τιμών υδρογεωλογικών και υδροχημικών στοιχείων. Η κατασκευή των χαρτών βασίζεται στη γνώση των απόλυτων συντεταγμένων των γεωτρήσεων που κατακτάται μέσω της ψηφιοποίησης που έχει προηγηθεί με τη χρήση του προγράμματος MapInfo GIS.

Τελικά, χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν από την αξιολόγηση όλων των ανωτέρω στοιχείων, ικανά να διαμορφώσουν την κρίση του γεωλόγου σε σχετικά θέματα και να επηρεάσουν το υδρογεωλογικό μέλλον της περιοχής. Έτσι είναι δυνατή η επιτυχής διάνοιξη βαθειών ή ρηχών γεωτρήσεων σε θέσεις υψηλής ή χαμηλής απόδοσης αντίστοιχα, με πρωταρχικό στόχο την άμεση εξυπηρέτηση των αναγκών των πολιτών, είτε πρόκειται για άρδευση καλλιεργειών, είτε για πόση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



Εικ.2.1 Τοπογραφικός Χάρτης της περιοχής της Επανωμής (Φύλλο Επανωμή).

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης τοποθετείται γεωγραφικά στο ΒΔ άκρο της χερσονήσου της Χαλκιδικής, καλύπτοντας μια περιοχή 70 Km² περίπου. Δυτικά, η περιοχή βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος, στον κόλπο του Θερμαϊκού. Προς τον Θερμαϊκό κόλπο σχηματίζονται οι ομαλές ακτές και το ακρωτήριο της Επανωμής, με το χαρακτηριστικό τριγωνικό σχήμα. Οι ακτές γενικά είναι ομαλές, με χαμηλή υψομετρική εξέλιξη. Εξαίρεση αποτελεί η παρουσία μιας απόκρημνης ακτής ιζηματογενούς προέλευσης. Μορφολογικά μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια ήπια περιοχή, όπου παρατηρούνται χαμηλά

υψόμετρα έως 300 m. Η ανάπτυξη των ισοβαθών είναι κανονική, ενώ φαίνεται ότι ακολουθούν το ανάγλυφο της περιοχής.

Η ύπαρξη των ιζημάτων μεγάλου πάχους, στην περιοχή επέτρεψε την ανάπτυξη ενός υδρογραφικού δικτύου με επιμήκεις και παράλληλους κλάδους. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή μεταξύ του ακρωτηρίου του Μεγάλου Εμβόλου μέχρι την Επανωμή, έχουμε την ανάπτυξη ενός πυκνού υδρογραφικού δικτύου με ευθύγραμμες κοιλάδες Β-Ν διεύθυνσης. Η διεύθυνση τους πιθανόν οφείλεται σε τεκτονική επίδραση. Τέλος, οι κοιλάδες εμφανίζονται διαπλατυσμένες.



Εικ.2.2 Δορυφορική Εικόνα της περιοχής της Επανωμής.



Εικ.2.3 Δορυφορική εικόνα από το Google Earth.

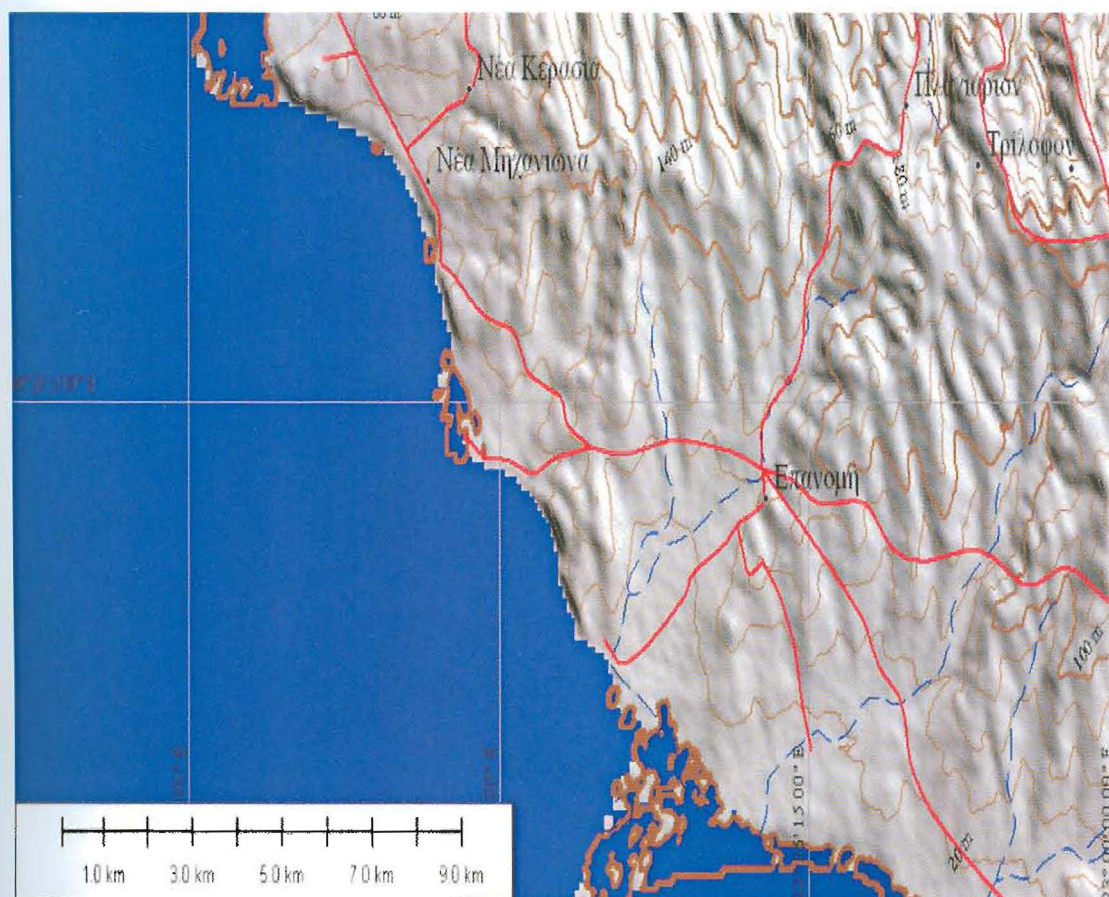
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

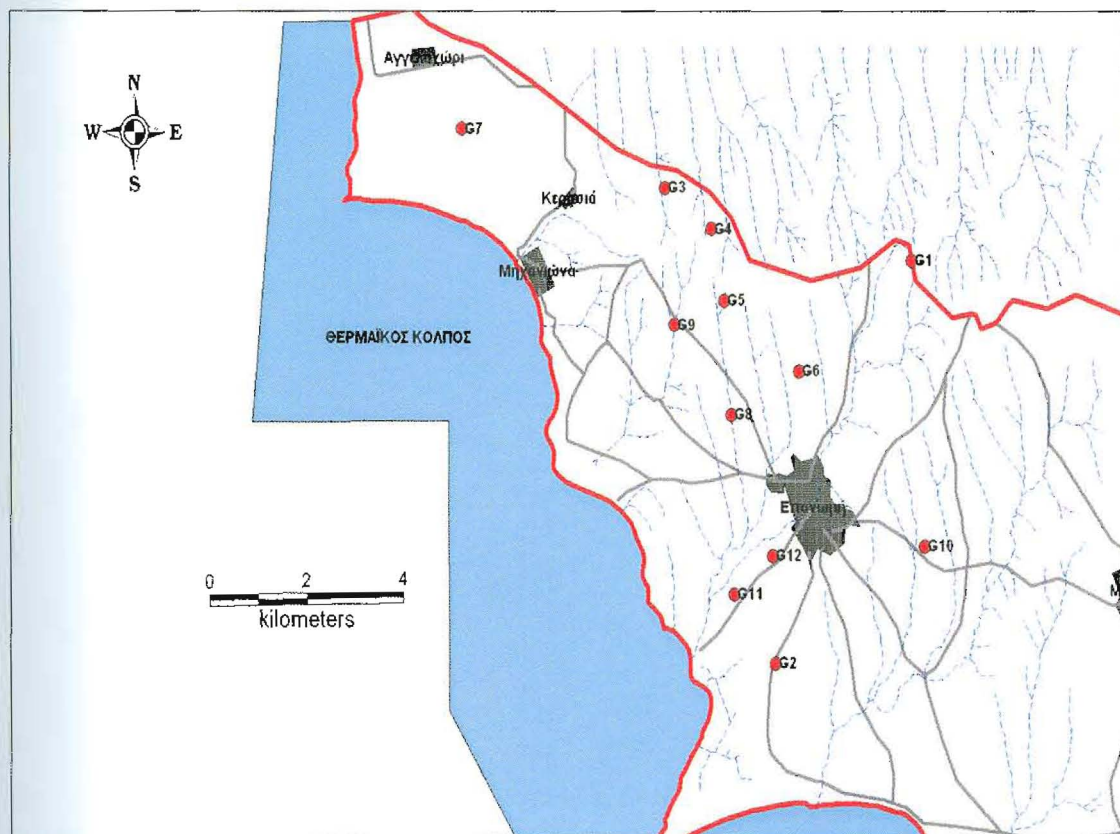
ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ολόκληρη η περιοχή μελέτης έως και την περιοχή της Κασσάνδρας, εμφανίζει ώριμο ανάγλυφο με μικρή μορφολογική κλίση και με επιμήκεις κοιλάδες σχήματος ανοιχτού U. Οι κοιλάδες αυτές είτε είναι ξερές, είτε διαρρέονται από μικρούς χείμαρρους, στους οποίους όμως δεν μπορεί να αποδοθεί τόσο μεγάλη διαπλάτυνση. Το ανάγλυφο αυτό είναι πιθανότατα κληρονομημένο από παλαιότερο κύκλο εξέλιξης όπως μαρτυρούν η απότομη διακοπή της παλιάς μορφολογικής επιφάνειας στις ακτές από την τεκτονική και την παράκτια διάβρωση (σχήμα 3.1). Έτσι σχηματίζονται σχεδόν σε όλο το μήκος της ακτής παράκτιες αναβαθμίδες και κρεμασμένες ξηρές κοιλάδες σε εναλλαγές με μικρές πεδινές εκτάσεις. Οι εκτάσεις αυτές σχηματίστηκαν από πλήρωση στομίων παλαιότερων κοιλάδων. Επίσης διακρίνονται σαφείς χαρακτήρες ανανέωσης των κοιλάδων και αρχή νέου κύκλου διάβρωσης, με τη δημιουργία νέων κοιλάδων στις παλιές και τη διάβρωση των χαλαρών ιζημάτων.

Άξια προσοχής, είναι η μορφολογία στην περιοχή μελέτης όπου επισημαίνεται η ανάπτυξη ενός πυκνού υδρογραφικού δικτύου από ευθύγραμμες, B-N διεύθυνσης, παράλληλες μεταξύ τους διαπλατυσμένες κοιλάδες, πολύς μικρής τάξης και σημαντικού μήκους, οι οποίες αναπτύσσονται κάθετα στον Α-Δ διεύθυνσης υδροκρίτη του Ανθεμούντα-Δ.Χαλκιδικής (σχήμα 3.2). Η B-N διεύθυνση θα πρέπει να οφείλεται σε τεκτονική επίδραση, επειδή παρόμοια διεύθυνση παρουσιάζει το κατατμητικό τμήμα των Νεογενών απολιθωματοφόρων ασβεστολίθων της περιοχής (Τρύλοφος, Μεσημέρι).



Σχήμα 3.1 Γεωμορφολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης.

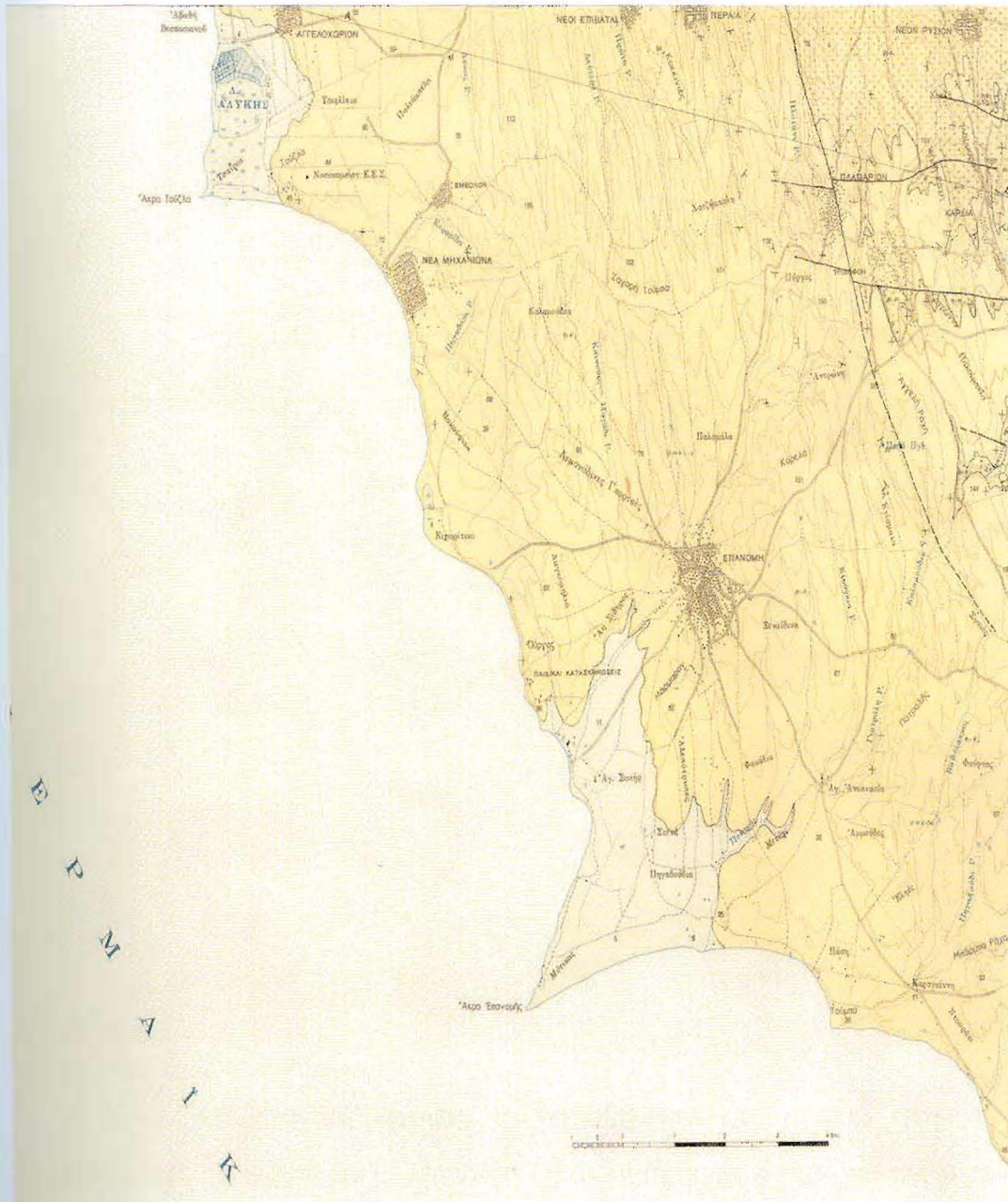


Σχήμα 3.2 Κύριοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

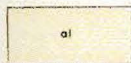
4.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



Εικ. 4.1.1 Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής της Επανωμής (Φύλλο Επανωμή).

ΥΠΟΜΝΗΜΑ TETARTOGENEZ

LEGENDE QUARTENAIRE



Προσχώσεις πεδιάδων και Πηλίται

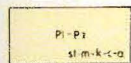
Limons et alluvions de plaine

ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟΝ (Πόντιον)

PLIOCÈNE (Pontien)

Σειρά εξ ευθρύπτων ψαμμιτών, κατά τὸ μᾶλλον ἢ ἦτον συγκεκολλημένων, μεταπιπτόντων τοπικῶς εἰς μικροκοκκαλοπαγὴ με διασταυρουμένην στρώσιν. Κατὰ θέσεις ἐμφανίζονται ὀρεζόντες ἐκ μαργών, περιέχοντες Μαλάκια τοῦ Ποντίου.

Serie de grès sableux plus ou moins consolidés, localement microconglomératiques, à stratification entrecroisée, avec, par places, des niveaux marneux à Mollusques du Pontien :



Dreissencies, Cingeria novorossica, Parviculus oldhani, Cardium sp., Melanopsis, Hydrobia etc.

Κάτωθεν τῆς σειρᾶς ταύτης ἀκολουθεῖ ζώνη ἐκ κοχυλιδίου ἀποτελούμενη, κατ' ἀρχάς, ἐξ ἀργιλοῦ-χων τεφροχοῶν ψαμμιτῶν με μακροπανίδα :

Au-dessous on passe à la zone lumachellique formée d'abord par de grès argileux gris à macrofaune :

Microcardium, Gasteropodes.

Ἀκολουθοῦν, κατόπιν, δύο ἀσβεστολιθικά στρώματα με ἄφθονα Μαλάκια, διαχωριζόμενα δι' ἀργιλικῶν ἀπολιθοματιφόρων παρεμβολῶν χρώματος κυανοῦ ἢ δι' ἐρυθρῶν πλακωδῶν ἀσβεστολίθων. Οἱ ἀσβεστολίθοι ἐγκλείων : Ὀστρακόδη (*Cypri-deis sp.*) Μαλάκια ἄφθονα μεταξύ τῶν ὁποίων :

Puis on trouve deux dalles de calcaire lumachellique, séparées soit par des argiles bleues fossilifères soit par des calcaires rouges en plaquettes. Les calcaires contiennent des Ostracodes (*Cypri-deis sp.*), des Mollusques en abondance dont :

Cardium, Dreissencies, Gasteropodes etc.

Ἀργίλοι ἐρυθροὶ ἔως κεραμόχροοι : Ἰνώδεις καὶ μαρμαρυγιόχοι περιέχοντες μικρὰ ἀσβεστολιθικά συγκρίματα.

Argiles rouge-brique, silteuses et micacées, à petites concrétions calcareuses.

Épaisseur approximative 100 m.

Πάχος 100 μ. κατὰ προσέγγισιν.

STEFANOVIC (1962) signale au NW de Thermi, la présence de débris de mamifères à la faune de Píkermi.

ὁ ΣΤΕΦΑΝΟΒΙΤΣ (1962) ἀνεῦρε, ΒΔ τοῦ χωρίου Θέρμης, θραύσματα ὀστέων Μαστοφόρων, ἀνηκόντων εἰς τὴν Πικερμικήν Πανίδα :

Hipparion mediterraneum, Mastodon sp., Gazella cf. deperdit.



Γεωλογικὸν ὄριον ὁρατὸν

Contours géologiques observés

Ρήγμα ὁρατὸν

Faïlle observée

Ρήγμα πιθανόν

Faïlle supposée

ΠΑΡΑΤΑΞΙΣ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

PENDAGE

+ 00°-50° 85°-90°
- Κατ' ἐκτίμησιν
Pendages estimés 20°

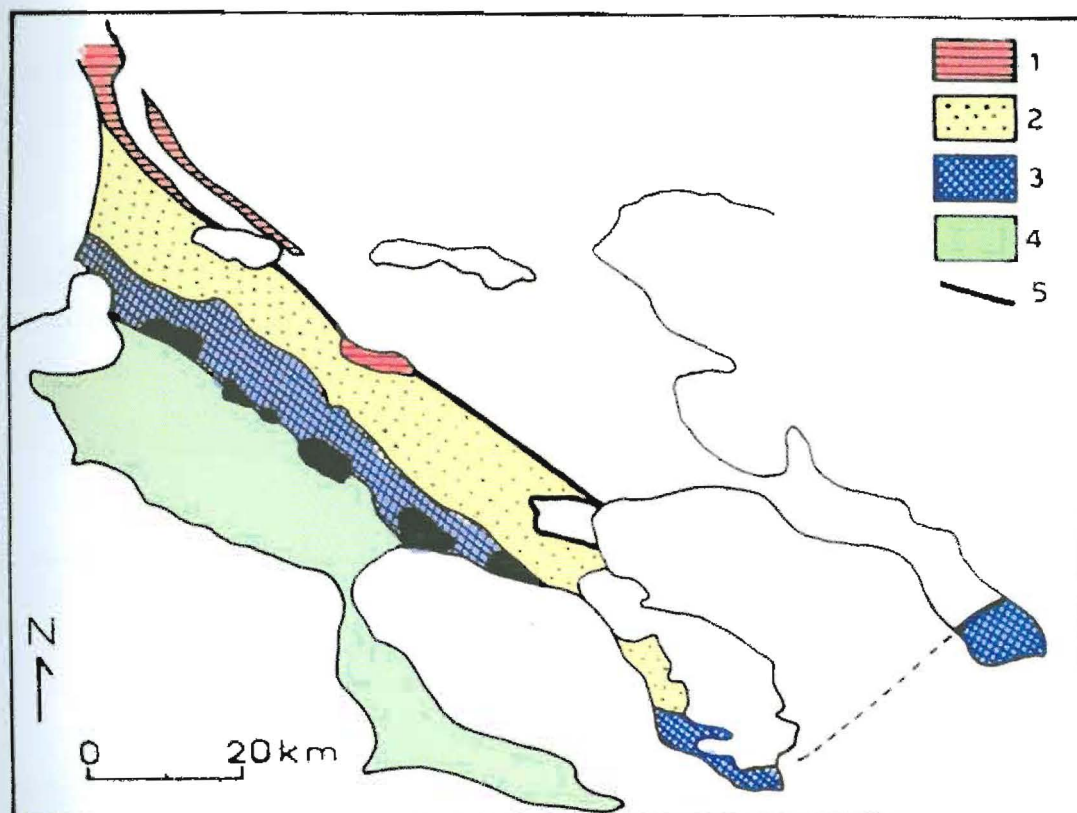
Εικ.4.1.2 Υπόμνημα Φόλλον Επανωμής.

Από γεωτεκτονική άποψη, η περιοχή μελέτης ανήκει στην ζώνη Παιονίας, των Εσωτερικών Ελληνίδων. Ολόκληρη όμως η περιοχή της Δυτικής Χαλκιδικής και η Κασσάνδρα καλύπτεται από ένα παχύ κάλυμμα νεότερων, χαλαρών κυρίως ιζημάτων του Νεογενούς. Έτσι στην περιοχή αυτή είναι πολύ

δύσκολη η μελέτη του υποβάθρου, καθώς εμφανίζεται μόνο στην περιοχή νότια της λεκάνης του Ανθεμούντα με μικρές εμφανίσεις Ιουρασικών ασβεστόλιθων και στην Ν.Κασσάνδρα με μικρές εμφανίσεις Κρητιδικού ασβεστόλιθου.

4.2 ΖΩΝΗ ΠΑΙΟΝΙΑΣ

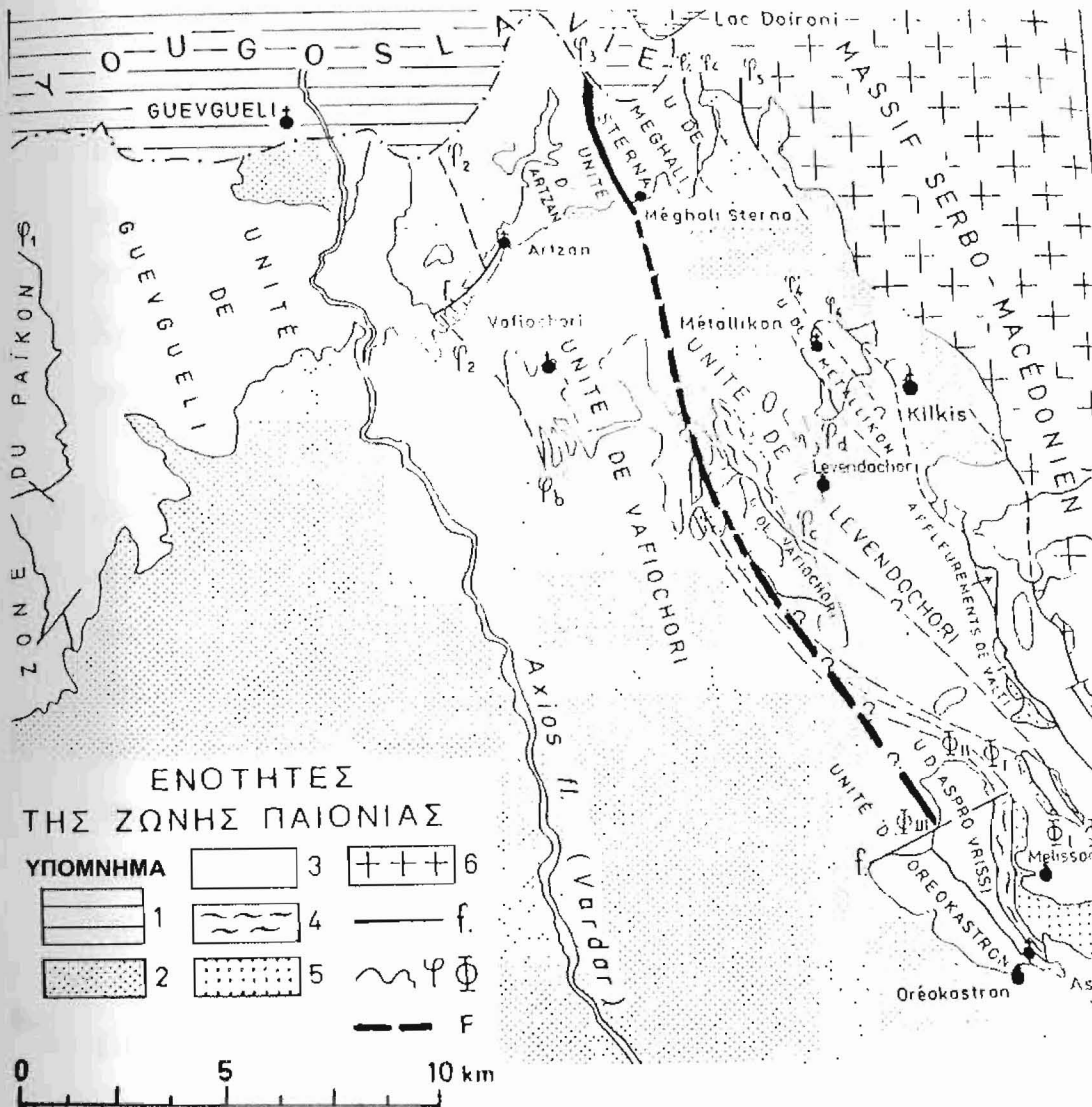
Η ζώνη Παιονίας, μαζί με τις ζώνες Πάικου και Αλμωπίας, αποτελούν την ζώνη Αξιού, έναν παλιό ωκεάνιο χώρο από τον οποίο προήλθαν οι οφειόλιθοι (ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, 1985). Η ζώνη Παιονίας καταλαμβάνει το ανατολικό άκρο της ζώνης Αξιού, ενώ δυτικά συναντά την Περιροδοπική ζώνη και ανατολικά της την ζώνη του Πάικου (βλ. Εικ.Ι.8).



Εικ4.2.1 Σκαρίφημα της περιοχής της Χαλκιδικής, όπου φαίνονται οι παρακάτω ζώνες. 1-3: Ζώνες Περιροδοπικής, 4: Ζώνη Παιονίας (τροπ. από ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ, 1985).

Η ζώνη Παιονίας, υπήρξε μια αύλακα την εποχή του Μεσοζωικού, η οποία διακοπτόταν δυτικά από το ύψωμα του Πάικου. Ο Mercier το 1966 (από ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ, 1985) καθόρισε την κατωφέρεια του υβώματος προς την αύλακα σαν μια υποζώνη, την «Υποζώνη Προπαιονίας» με βάση την ιδιαίτερη

λιθολογία και τη στρωματογραφική εξέλιξη σε σχέση με την «Ανατολική Παιονία» που αποτελεί την κυρίως αύλακα.



Εικ.4.2.2 Σκαρίφημα των ενοτήτων της ζώνης Παιονίας. 1: Γιουγκοσλαβία, 2: μετα-τεκτονικοί σχηματισμοί Ποντίου και Τεταρτογενούς, 3: αλπικοί σχηματισμοί, 4: κρυσταλλοσχιιστώδες υπόβαθρο, 5: φλύσσης, 6: κρυσταλλοσχιιστώδες Σερβομακεδονικής, f: ρήγματα, φ και Φ: ανώμαλες επαφές, F: πιθανό όριο Παιονίας - Περιοδοπικής (τροπ. από ΜΟΥΝΤΡΑΚΗ, 1985).

Ο διαχωρισμός αυτός, σε συνδυασμό με την μελέτη των αλπικών ιζημάτων οδήγησε στην διάκριση των επιμέρους ενοτήτων (βλ. Εικ.Ι.10):

Α. Δυτικές (Προπαιονικές) Ενότητες

► Ενότητα Γευγελής,

η οποία αποτελείται από τα νεότερα προς τα αρχαιότερα, από ασβεστόλιθους και ψαμμίτες ηλικίας Τιθωνίου – Βασικού Κρητιδικού, ένα μεγάλο πυριγενή όγκο του Ανώτερου Ιουρασικού (οφειολιθική

ακολουθία), φυλλίτες, μαρμ. σχιστόλιθους και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, ασβεστόλιθους του Κιμμεριδίου, μια ηφαιστειο-ϊζηματογενή σειρά και έναν ασβεστόλιθο του Τριαδικού – Ιουρασικού.

➡ Ενότητα Ωραιοκάστρου,

στην οποία είναι ορατοί μόνο οι γάββροι της οφειολιθικής ακολουθίας και τα υπερκείμενα ιζήματα του Ανώτερου Ιουρασικού – Βασικού Κρητιδικού (ασβεστόλιθοι και μάργες με απολιθώματα *Cladocoropsis mirabilis*).

➡ Ενότητα Βαφειοχωρίου,

η οποία αποτελείται από τα νεότερα προς τα παλαιότερα από ένα φλύσχη του Ανώτερου Ιουρασικού – Βασικού Κρητιδικού, ασβεστόλιθους του Πορτλανδίου, μια κλαστική ιζηματογενής σειρά του Άνω Ιουρασικού, μια οφειολιθική ακολουθία με δολερίτες, γάββρους και μικρολιθικά και τέλος μια σειρά σιπολινών, χαλαζιτών, μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων και μαρμάρων ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού σε εναλλαγές.

➡ Ενότητα Αρτζάν,

η οποία εμφανίζει παρόμοια λιθολογική διαδοχή με την ενότητα Γευγελής.

B. Ανατολικές Ενότητες

➡ Ενότητα Άσπρης Βρύσης,

➡ Ενότητα Μεταλλικού,

➡ Ενότητα Λεβεντοχωρίου,

οι οποίες συγκροτούνται βασικά δύο διαπλάσεις πετρωμάτων. Μια ανώτερη σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφειολίθους ηλικίας Λιασίου – Δογγερίου και μια κατώτερη ιζηματογενή σειρά ηλικίας Μέσου Τριαδικού – Λιασίου.

Η επαφή των δύο σειρών πιστεύεται ότι είναι τεκτονική. Η ενότητα της Άσπρης Βρύσης επωθείται προς τα Δυτικά πάνω στην ενότητα Ωραιοκάστρου. Στα ανατολικά επιπεύεται από τους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους του προαλπικού υπόβαθρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ

ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Περατότητα ή διαπερατότητα, λέγεται η ιδιότητα των πετρωμάτων και σχηματισμών να επιτρέπουν την κίνηση των υγρών (των ρευστών γενικότερα), δια μέσου αυτών. Το νερό π.χ. μπορεί να ρέει δια μέσου του συστήματος αγωγών που δημιουργούν οι μικροί ή μεγάλοι πόροι και τα μικρά ή μεγάλα ενδιάκενα που πρωτογενώς, δηλ. από τη γένεση του είχε το πέτρωμα ή ο σχηματισμός (όπως π.χ. οι διάφορες προσχώσεις, οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή κλπ. που ήδη ονομάσθηκαν κοκκώδεις ή πορώδεις σχηματισμοί). Η ροή του νερού μπορεί ακόμα να γίνεται δια μέσου συστήματος ρωγμών ή σειράς εγκοίλων κλπ. που σχηματίστηκαν δευτερογενώς, δηλ. μετά την απόθεση των σχηματισμών (τέτοιοι σχηματισμοί είναι κυρίως οι ανθρακικοί, όπως ασβεστόλιθοι, μάρμαρα κλπ., αλλά και πυριγενείς, όπως γρανίτες, οφειόλιθοι κπλ. Συμβατικά οι πρώτοι σχηματισμοί (οι κοκκώδεις ή πορώδεις) στους οποίους το νερό κινείται μέσα στα ενδιάκενα που κατά κανόνα έχουν μικρές διαστάσεις, ονομάσθηκαν μικροπερατοί, (όχι κατ' ανάγκη μικρής περατότητας), γιατί έχουν μικρές διαστάσεις, αλλά συνήθως πυκνά ενδιάκενα και οι δεύτεροι ονομάσθηκαν μακροπερατοί, (όχι κατ' ανάγκη μεγάλης περατότητας), γιατί έχουν συνήθως ρωγμές (μικροπερατός, μακροπερατός), είναι συμβατικοί και περισσότερο εμπειρικοί, πλην όμως έχουν περιεχόμενο γιατί η ροή του νερού μέσα σε αυτές τις δύο κατηγορίες πετρωμάτων γίνεται κατά τρόπο βασικά διαφορετικό, όπως μπορεί κανείς να συμπεράνει από τα μέχρι τώρα εκτεθέντα (Σούλιος, 1986).

Μέτρο της περατότητας είναι ο συντελεστής περατότητας k ή ο συντελεστής του Darcy. Όπως είδαμε ο συντελεστής αυτός έχει μονάδες μέτρησης m/sec, cm/sec, 1 darcy. Στην ευρωπαϊκή βιβλιογραφία χρησιμοποιείται συνήθως το m/sec. Ένα πέτρωμα με μεγάλο συντελεστή περατότητας παρουσιάζει μικρή σχετικά αντίσταση στη ροή του νερού δια μέσου αυτού και έτσι με μικρή σχετικά υδραυλική κλίση άρα με λίγες σχετικά απώλειες φορτίου, είναι δυνατό να επιτρέπει μεγάλη ταχύτητα ροής διήθησης. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει με ένα πέτρωμα που παρουσιάζει μικρή περατότητα, δηλ. που έχει μικρό συντελεστή περατότητας: παρουσιάζει μεγάλη σχετικά αντίσταση στη ροή του νερού δια μέσου αυτού και με μεγάλη σχετικά υδραυλική κλίση (κατά συνέπεια πολλές σχετικά απώλειες φορτίου), είναι δυνατό να επιτρέπει μεγάλη ταχύτητα ροής διήθησης.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι για τη ροή του νερού δια μέσου ενός πετρώματος με μεγάλη περατότητα, έχουμε λιγότερες απώλειες από ότι για τη ροή δια μέσου ενός πετρώματος με μικρή περατότητα.

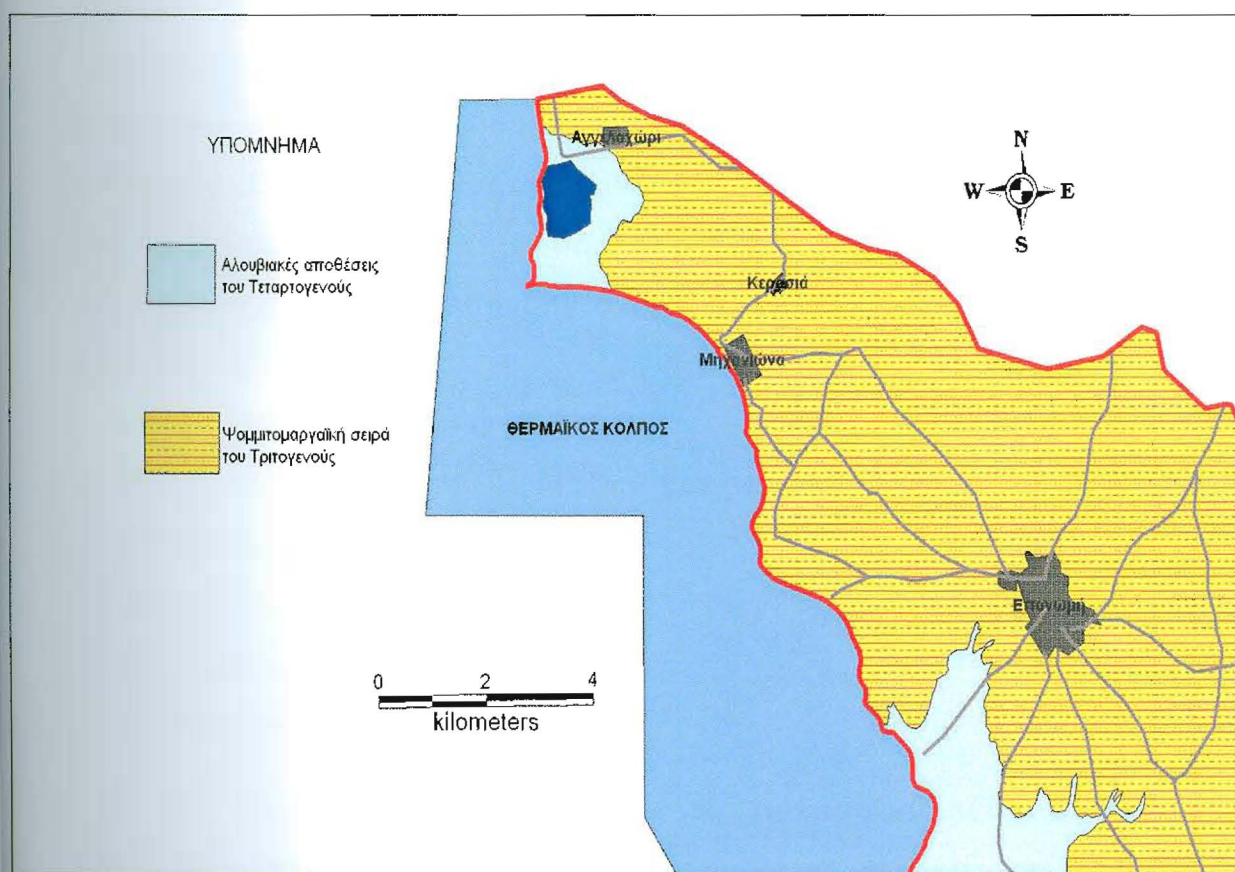
Έτσι με την έννοια που αναπτύχθηκε πιο πάνω η περατότητα, υπάρχουν πετρώματα (και σχηματισμοί) περισσότερο ή λιγότερο περατά. Υπάρχει με άλλα λόγια μια πλήρης κλιμάκωση από πετρώματα με πολύ χαμηλό συντελεστή περατότητας (δηλ. ελάχιστα περατά), μέχρι πετρώματα με πολύ μεγάλο συντελεστή περατότητας (πολύ περατά). Πέτρωμα πραγματικά αδιαπέρατο με την αυστηρή έννοια του όρου, δηλ. πέτρωμα που έχει μηδενικό συντελεστή περατότητας ($k=0$) φαίνεται ότι δεν υπάρχει αφού, όπως αποδείχθηκε και πειραματικά, ακόμα και χάλυβας καλής ποιότητας κάτω από υπερπίεσεις είναι διαπερατός από αέρια. Παρ' όλα αυτά όμως εντελώς συμβατικά διακρίνουμε τα πετρώματα σε τρεις κατηγορίες:

- Διαπερατά όταν έχουν $k \geq 10^{-5}$ m/sec
- Ημιπερατά όταν έχουν $10^{-5} > k > 10^{-7}$ m/sec
- Αδιαπέρατα όταν έχουν $k \leq 10^{-7}$ m/sec

Η διαίρεση αυτή είναι συμβατική και αυθαίρετη, αλλά είναι περίπου καθολικά αποδεκτή στη βιβλιογραφία και γίνεται για πρακτικούς λόγους.

Συμβαίνει πολλές φορές, ένας πέρατος σχηματισμός να αποτελείται από αλληλοδιάδοχα στρώματα με διαφορετική περατότητα. Μπορούμε τότε να εξετάσουμε σφαιρικά αυτήν την αλληλουχία των στρωμάτων και να βρούμε μια «σφαιρική» περατότητα δηλ. την περατότητα που παρουσιάζει αυτή η αλληλουχία των στρωμάτων θεωρούμενη «σφαιρικά», στο σύνολο της.

5.2 ΝΕΟΓΕΝΗ-ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗ ΙΖΗΜΑΤΑ



5.2.1 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (από Παύλου, 2007).

Το τμήμα της δυτικής Χαλκιδικής καλύπτεται από ένα παχύ κάλυμμα νέων χαλαρών κυρίως ιζημάτων. Πρόκειται για χερσοποτάμιες, ποταμοδελταϊκές, λιμνοδελταϊκές, λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις που σχηματίστηκαν κατά την εξέλιξη της

ταφρογένεσης στον ευρύτερο χώρο Αξιού – Θερμαϊκού (από ΣΥΡΙΔΗ, 1990).

Σε αυτές τις αποθέσεις συναντούμε κροκαλοπαγή, ερυθροστρώματα, άμμους, ψαμμίτες, αργίλους, μάργες, μαργαϊκούς, τοφφώδεις και βιογενείς ασβεστόλιθους και τραβερτίνες. Τα στρώματα εμφανίζονται ελαφρώς κεκλιμένα προς τα Ν – ΝΑ, ενώ επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την σύγχρονη μορφολογία.

Το 1969 άρχισε από το Ι.Γ.Μ.Ε. η γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής της Επανωμής (Νίκος Λαλέχος 1966, G.Bizon στρωματογραφία), όπου χαρτογραφήθηκαν ιζήματα του Πλειόκαινου (Ποντίου), τα οποία χωρίζονται σε δύο ενότητες: την υπερκείμενη «σειρά εξ εύθρυπτων ψαμμιτών» και την υποκείμενη σειρά «Ερυθρών έως κεραμόχρωων αργίλων».

Με το τέλος της χαρτογράφησης το 1978, πραγματοποιήθηκε μια πιο λεπτομερής διάρθρωση των ιζημάτων ως εξής, από τα νεότερα προς τα παλαιότερα:

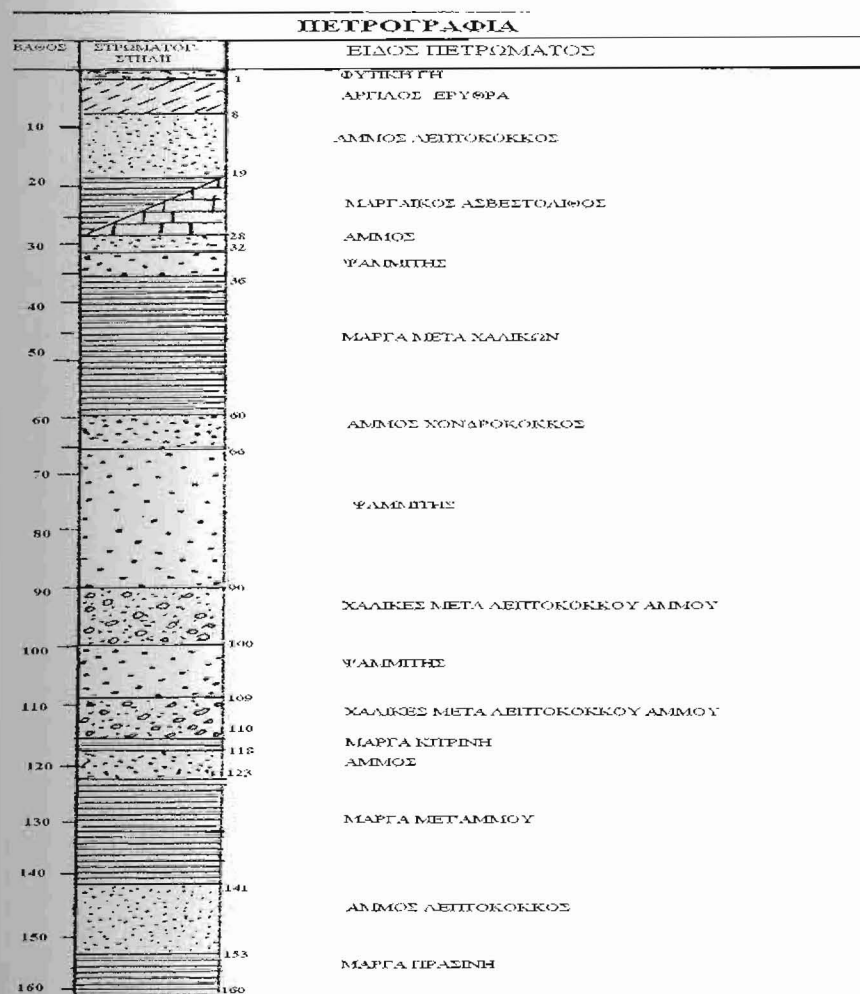
- Ασβεστόλιθοι γλυκών υδάτων
- Ασβεστόλιθοι γλυκών υδάτων και σκληρές μάργες
- Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά
- Σειρά ερυθρών αργίλων
- Τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι
- Βασική σειρά κροκαλοπαγών

Τα ιζήματα αυτά καλύπτουν τα μολασσικά ιζήματα του Παλαιογενούς τα οποία είχαν αποτεθεί στην αύλακα του Αξιού κατά το Ανώτερο Ηώκαινο. Σύμφωνα με τον ΣΥΡΙΔΗ, 1990, γεωτρήσεις της Δ.Ε.Π. στον χώρο της Επανωμής αναφέρουν πως διατρήθηκαν παρόμοια ιζήματα.

5.3 ΠΡΟΦΙΛ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Παρακάτω θα παραθέσουμε 4 αντιπροσωπευτικά προφίλ γεωτρήσεων από την περιοχή μελέτης.

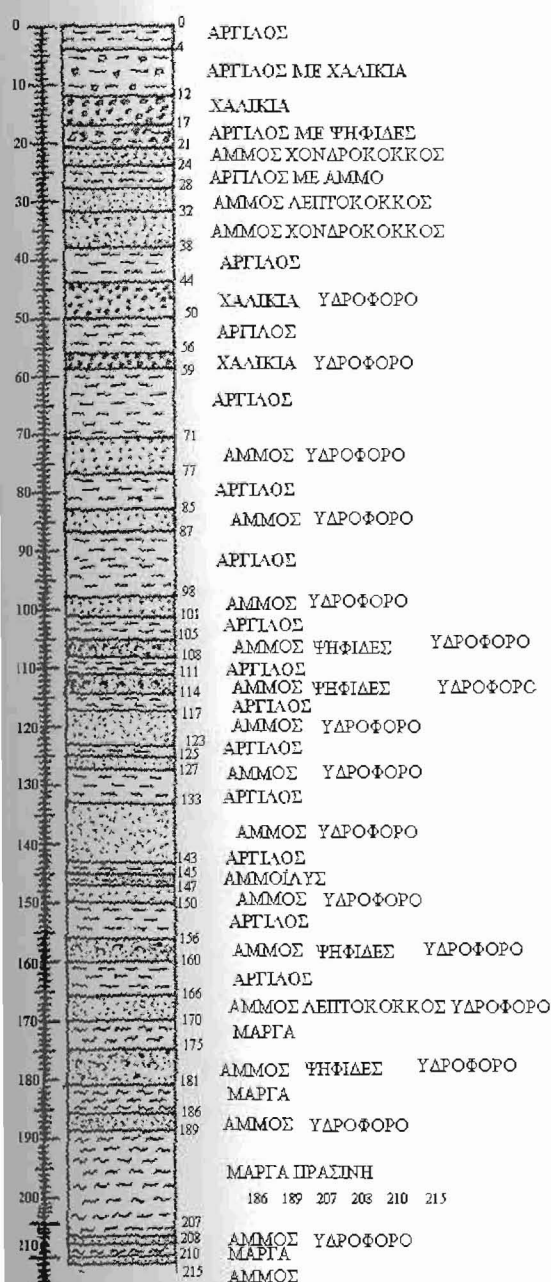
Στο Σχήμα 5.3.1 βλέπουμε μια αντιπροσωπευτική λιθολογική τομή από υδρευτική γεώτρηση στην περιοχή Ελιές της Επανωμής. Η ανόρυξη της γεώτρησης πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 1959 από τον Γεωλόγο Ι.Στούμπο. Μέχρι τα 160 μέτρα βάθος παρατηρούνται συνεχείς εναλλαγές μάργας, ψαμμίτη και αμμοχάλικων. Τα υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται από τα 60 m έως τα 66 m βάθος, από τα 71 m έως τα 77 m, από τα 80 m έως τα 84 m, από τα 89 m έως τα 101 m, από τα 108 m έως τα 115 m και από τα 118m έως τα 122 m.



Σχήμα 5.3.1 Προφίλ Γεώτρησης στην περιοχή Ελιές Επανωμής (πλησίον γεώτρησης G1).

Στο Σχήμα 5.3.2 βλέπουμε μια λιθολογική τομή από υδρευτική γεώτρηση στην περιοχή Γήπεδο Κερασιάς. Η ανόρυξη της γεώτρησης πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 1988 από τον Γεωλόγο Β. Παπαλιούρα και τον Γεωτρυπανιστή Ηλία Λαζαρίδη. Μέχρι τα 245 μέτρα βάθος παρατηρούνται συνεχείς εναλλαγές άμμου, χαλικιών και αργίλου. Τα υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται από τα 44m έως τα 208m εκτός από τα αργιλικά στρώματα τα οποία δεν είναι υδροφόρα.

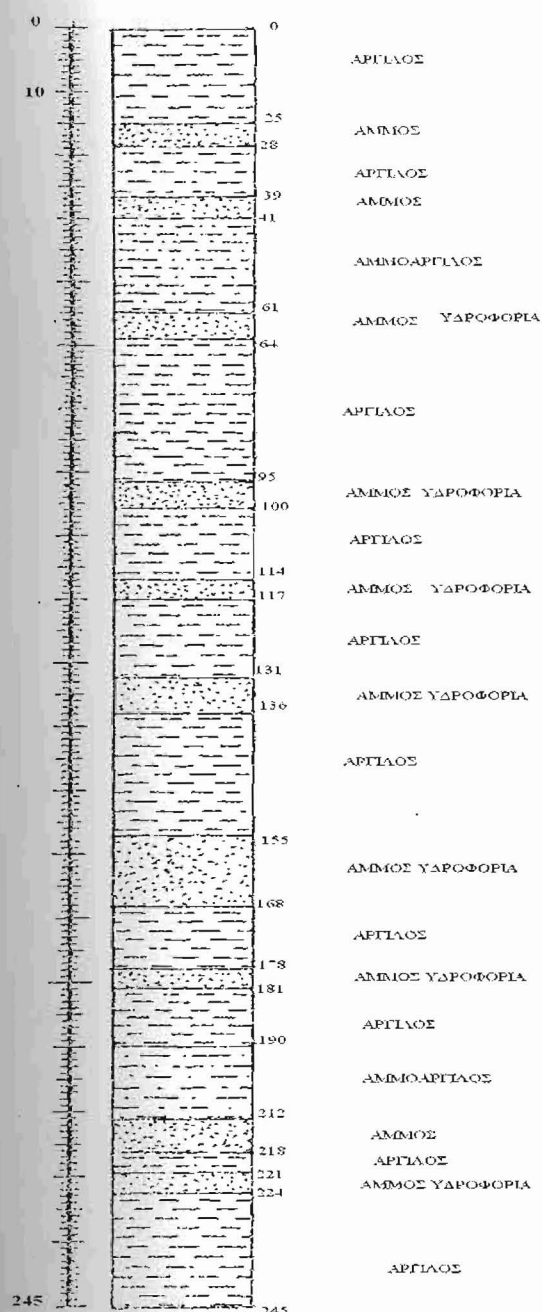
ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ



Σχήμα 5.3.2 Προφίλ Γεώτρησης στην περιοχή Κερασιά.

Στο Σχήμα 5.3.3 βλέπουμε μια λιθολογική τομή από υδρευτική γεώτρηση στην περιοχή του Μ.Εμβόλου. Η ανόρυξη της γεώτρησης πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 1976 από τον Γεωλόγο Μ. Χρυσόστομο. Μέχρι τα 245 μέτρα βάθος παρατηρούνται συνεχείς εναλλαγές άμμου και αργίλου. Τα υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται από τα 65m έως τα 224m εκτός από τα αργίλικα στρώματα τα οποία δεν είναι υδροφόρα.

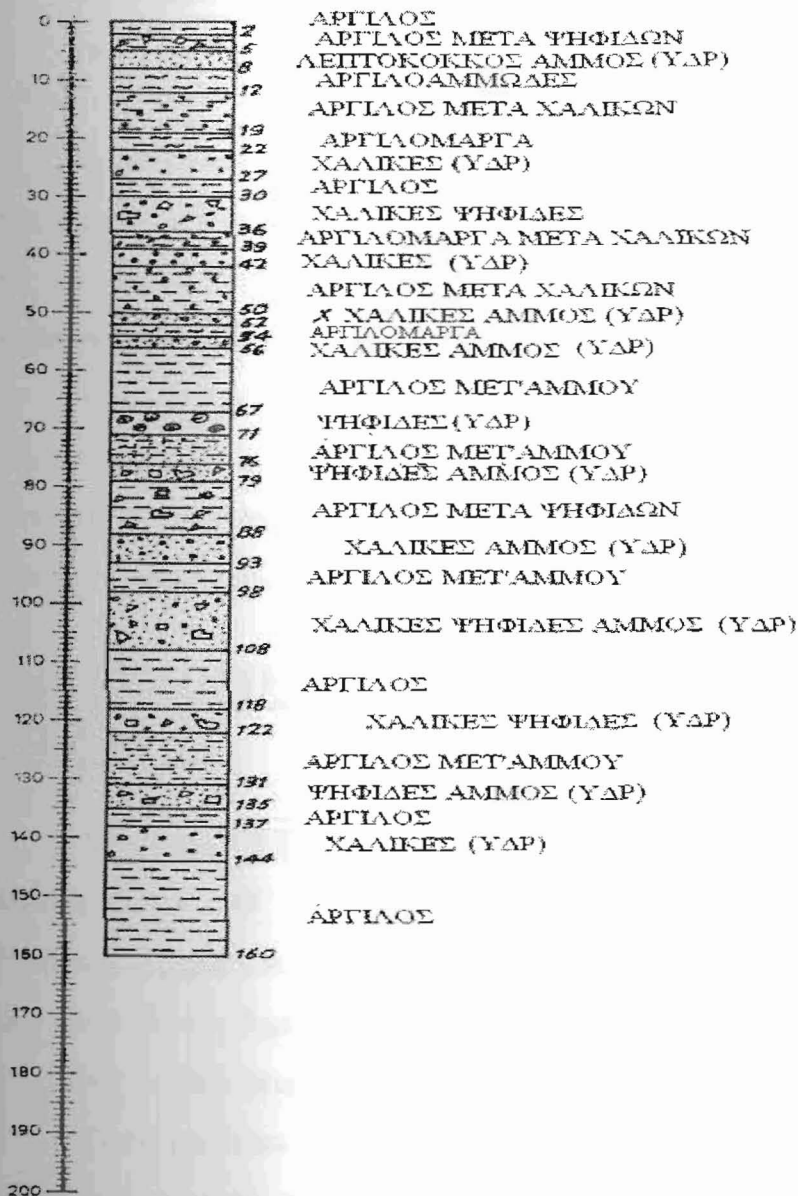
ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ



Σχήμα 5.3.3 Προφίλ Γεώτρησης στην περιοχή του Μ.Εμβόλου (πλησίον των γεωτρήσεων G3 και G7).

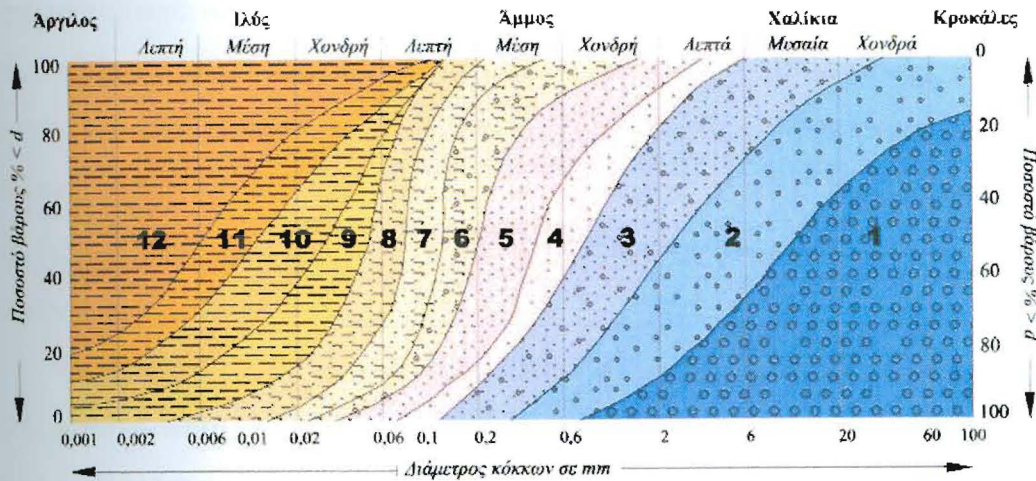
Στο Σχήμα 5.3.4, βλέπουμε μια λιθολογική τομή από υδρευτική γεώτρηση στην περιοχή της Παραλίας Ε.Ο.Τ., Επανωμής. Η ανόρυξη της γεώτρησης πραγματοποιήθηκε τον Σεπτέμβριο του 1972 από τον Γεωλόγο Δημήτριο Παππαδόπουλο. Μέχρι τα 160 μέτρα βάθος παρατηρούνται συνεχείς εναλλαγές άμμου, χαλικιών και αργίλου. Τα υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται σε στρώματα άμμων και χαλικιών από τα 5m έως τα 144m εκτός από τα αργιλικά στρώματα τα οποία δεν υδροφορούν.

Π Ε Τ Ρ Ο Υ Ρ Α Φ Ι Α



Σχήμα 5.3.4 Προφίλ Γεώτρησης στην περιοχή Παραλίας Ε.Ο.Τ. της Επανωμής (πλησίον της γεώτρησης G11).

ΝΟΜΟΓΡΑΜΜΑ BREDDIN



Σχήμα 5.3.5 Νομόγραμμα Breddin.

Συμπερασματικά, η υδροφορία της περιοχής μας συναντάται κυρίως στις άμμους και στις χάλικες. Πιο συγκεκριμένα η υδροφορία καλύπτει όλες τις κατηγορίες της άμμου (λεπτόκοκκη, μέση, χονδρόκοκκη), ενώ στην περίπτωση των χαλικιών συναντάμε υδροφορία μόνο στα λεπτά.

Όσον αφορά το συντελεστή διαπερατότητας k οι τιμές που παίρνει κυμαίνονται από $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ (λεπτή άμμος), ως $7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ (λεπτά χαλίκια). Η περατότητα αναφέρεται σε υδροπερατά πετρώματα (υδροφόροι ορίζοντες) και μπορεί να χαρακτηριστεί από πολύ μικρή έως και καλή-πολύ καλή.

5.4 ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

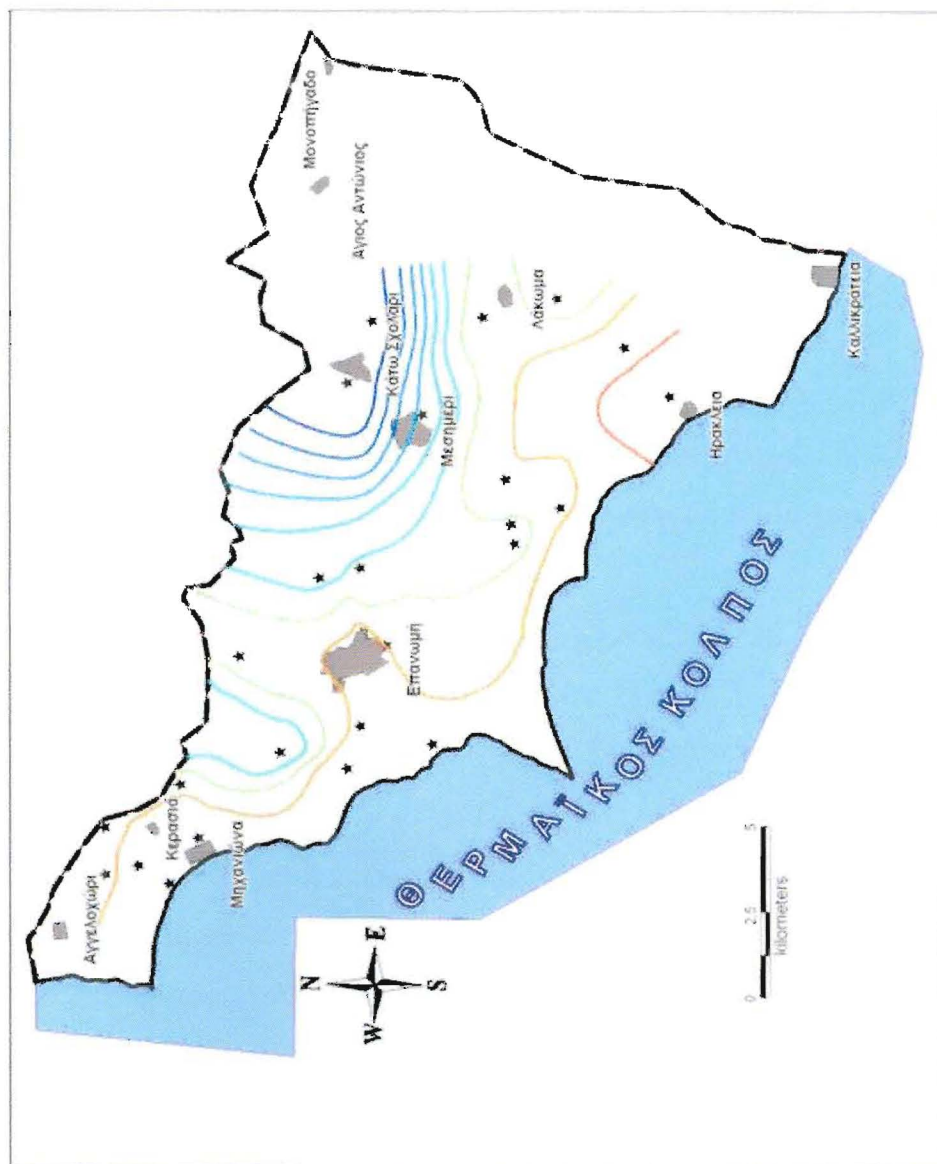
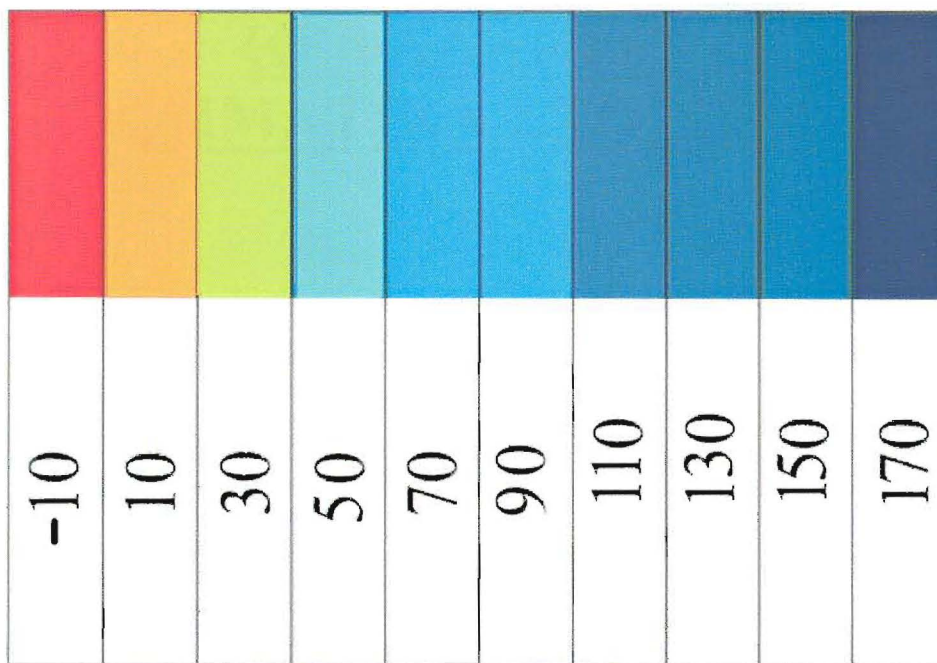
Συνολικά, η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από έντονη καλλιεργητική δραστηριότητα καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου. Καλλιεργούνται κυρίως βαμβάκια, σιτηρά κ.α. Η άρδευση των καλλιεργειών γίνεται κατά το πλείστον από ιδιωτικές και δημοτικές γεωτρήσεις, αφού οι βροχοπτώσεις στην περιοχή είναι λίγες και δεν επαρκούν.

Όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα, η στάθμη του υπογείου νερού ελλατώνεται καθώς μετακινούμαστε από την ενδοχώρα προς τις παράκτιες περιοχές αφού πλησιάζουμε το απόλυτο υψόμετρο της θάλασσας. Συγκεκριμένα, η περιοχή που βρίσκεται ανατολικά της Επανωμής (προς το

Κάτω Σχολάρι-Μεσημέρι), χαρακτηρίζεται από γεωτρήσεις με στάθμη πολύ μεγαλύτερη από όλες τις άλλες της περιοχής μελέτης (από 90m έως 130m). Στην συνέχεια ακολουθεί πάλι η περιοχή ανατολικά της Επανωμής, αυτή τη φορά όμως πιο εσωτερικά στην οποία βρίσκουμε την γεώτρηση G1 με απόλυτη στάθμη στα 30m. Επιπρόσθετα, λίγο χαμηλότερες τιμές υψομέτρου από τις προηγούμενες συναντάμε και στην περιοχή ανάμεσα στην Επανωμή και την Κερασιά (G4,G5,G6,G8,G9).

Όσες γεωτρήσεις βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή παρουσιάζουν πολύ χαμηλή στάθμη, καθώς το ανάγλυφο σε εκείνη την περιοχή έχει πολύ μικρή μορφολογική κλίση ενώ πολλές φορές όπως στην περίπτωση της γεώτρησης G11 συναντάμε και φαινόμενα υφαλμύρωσης.

Αξίζει να τονίσουμε και την περίπτωση NNA της Επανωμής (με κόκκινη γραμμή), αν και δεν ανήκει στην περιοχή έρευνας μας, παρατηρείται αρνητικό απόλυτο υψόμετρο του υπογείου νερού, δηλαδή υψόμετρο μικρότερο από αυτό της θάλασσας (-10m).



Σχήμα 5.4.1 Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης (απόλοτο υψόμετρο, Παύλου 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το κλίμα στην περιοχή μελέτης, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ηπειρωτικό ημίξηρο χαρακτηριζόμενο από θερμό και ξηρό Καλοκαίρι και ψυχρό και υγρό Χειμώνα. Το κλίμα αυτό μεταβαίνει προς τα νότια σε Μεσογειακό, το οποίο χαρακτηρίζεται από ήπιους υγρούς χειμώνες και ήπια, ζεστά και ξηρά καλοκαίρια λόγω της επιρροής των υποτροπικών αντικυκλώνων.

Σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη του Korpen (1936) το κλίμα της περιοχής μελέτης ανήκει στον τύπο Csa, όπου:

- Το C δηλώνει υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες, με κριτήριο ότι η θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε °C είναι $T_{\theta} > 10$ °C και η θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε °C είναι -3 °C $< T_{\psi} < 18$ °C.
- Το s δηλώνει ξηρό Καλοκαίρι με κριτήριο ότι η κατακρήμνιση του ξηρότερου μήνα του θερμού εξαμήνου σε mm είναι $R_{\xi\theta} < 40$ mm και ότι ισχύει $R_{\xi\theta} < R_{\nu\psi}$, όπου $R_{\nu\psi}$ είναι η κατακρήμνιση του υγρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε mm.
- Το a δηλώνει μεγάλο και θερμό Καλοκαίρι, με κριτήριο ότι η θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε °C είναι $T_{\theta} > 22$ °C και ότι η θερμοκρασία ενός μήνα σε °C είναι $T_{\mu} > 10$ °C για 4 τουλάχιστον μήνες το χρόνο.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Μακεδονίας, τα οποία είναι και τα πιο αξιόπιστα και πλήρως αντιπροσωπευτικά για την περιοχή μελέτης.

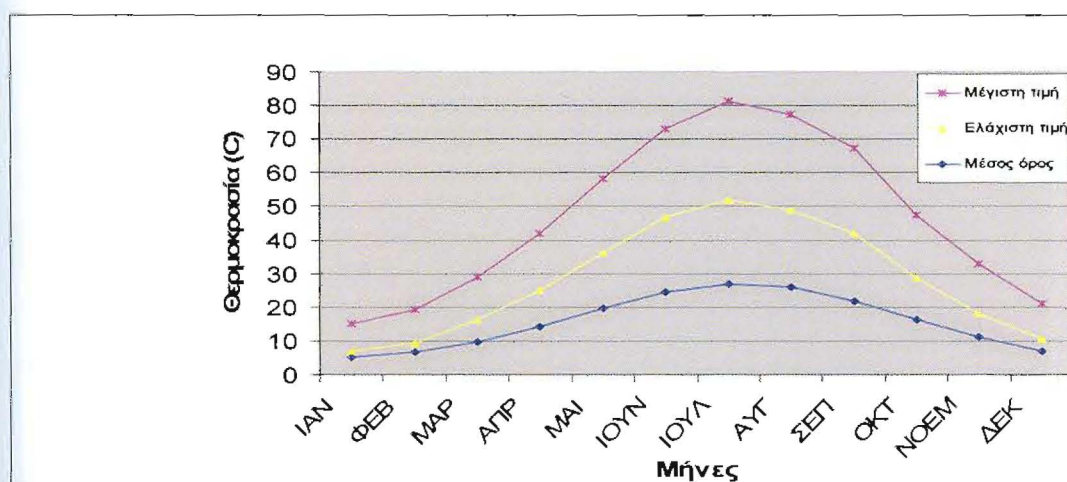
6.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ

Στον παρακάτω Πίνακα 6.2.1, δίνονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα (μέση-μέση, μέγιστη-μέση, ελάχιστη) στο μετεωρολογικό σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) στη Μίκρα κατά την περίοδο 1959 έως 2000. Από τις τιμές του Πίνακα προέκυψε το Σχήμα 6.2.1.

Η μέση θερμοκρασία είναι πάντα πάνω από το μηδέν. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρήθηκε κατά τον μήνα Ιανουάριο και ήταν 1,7 °C, ενώ η μέση μέγιστη θερμοκρασία παρατηρήθηκε κατά τον μήνα Ιούλιο και ήταν 29,3 °C. Γενικά οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες παρατηρούνται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά την διάρκεια ενός έτους στην περιοχή μελέτης (για την περίοδο 1959-2000), κυμαίνεται από 1,7 °C τον Ιανουάριο έως 29,3 °C τον Ιούλιο.

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	1,7	2,7	6,8	10,9	16,6	22,3	25	22,7	20	12,5	7,1	3,6	14,8
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	5,12	6,71	9,62	14,2	19,5	24,3	26,8	26,1	21,8	16,2	11	15,7	15,7
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	8,25	9,8	12,5	16,7	22,2	26,4	29,3	28,4	25,4	18,7	14,7	10,5	17

Πίνακας 6.2.1 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα (°C) στην περιοχή μελέτης (περίοδος 1959-2000).



Σχήμα 6.2.1 Διάγραμμα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης (περίοδος 1959-2000).

Στον παρακάτω Πίνακα 6.2.2 δίνονται οι μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας στην Επανωμή για την περίοδο 1959-2000, ενώ στο Σχήμα 6.2.2 δίνεται και το αντίστοιχο διάγραμμα.

Έτος	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	Έτος	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία
1959	15,2	1980	15,2
1960	16,2	1981	15,6
1961	16,3	1982	15,2
1962	16,4	1983	15,4
1963	16	1984	15,7
1964	15,4	1985	16,1
1965	15,1	1986	15,6
1966	16,4	1987	15,5
1967	15,3	1988	15,7
1968	15,8	1989	15,6
1969	15,7	1990	16,4
1970	15,9	1991	15,1
1971	15,3	1992	15,9
1972	15,3	1993	16
1973	14,9	1994	17
1974	15,3	1995	16,2
1975	15,3	1996	15,7
1976	14,8	1997	15,7
1977	15,9	1998	16,5
1978	15,1	1999	16,9
1979	15,7	2000	17

Πίνακας 6.2.2 Μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 1959-2000.



Σχήμα 6.2.2 Ραβδοδιάγραμμα διακύμανσης της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για την περίοδο 1959-2000.

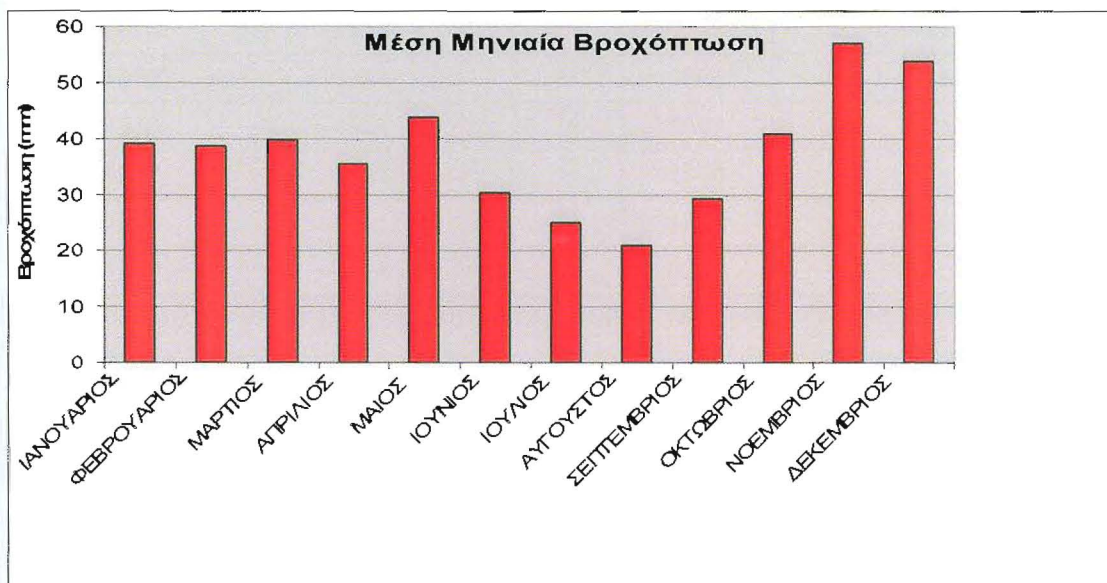
Από το ραβδοδιάγραμμα του Σχήματος 6.2.2, προκύπτει ότι κατά την χρονική περίοδο 1959-2000 η μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία που παρατηρήθηκε ήταν $14,8^{\circ}\text{C}$ κατά το έτος 1976, ενώ η μεγαλύτερη ήταν 17°C και παρατηρήθηκε κατά το έτος 2000.

6.3 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Στον Πίνακα 6.3.1 δίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (mm) του μετεωρολογικού σταθμού της Μίκρας για την περίοδο 1959 έως 2000, ενώ βάσει των τιμών αυτών προέκυψε και το αντίστοιχο διάγραμμα του Σχήματος 6.3.1. Οι υψηλότερες τιμές ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων παρατηρούνται κατά τους μήνες Μάιο, Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Η μέση ετήσια βροχόπτωση φτάνει τα 443,8 mm.

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΕΤΗΣΙΟ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)	39,1	38,5	39,8	35,4	43,6	30,3	25	20,9	29,1	40,7	57,1	53,7	443,8

Πίνακας 6.3.1 Μέσες μηνιαίες τιμές ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην περιοχή μελέτης (για την περίοδο 1959-2000).



Σχήμα 6.3.1 Ραβδοδιάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην περιοχή μελέτης (περίοδος 1959-2000).

Η μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση παρουσιάζεται κατά το μήνα Νοέμβριο (57,1 mm ή 12,86% της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης). Έπονται οι μήνες Δεκέμβριος (53,7 mm ή 12,1%) και Μάιος (43,6 mm ή 9,2%). Οι πλέον ξηροί μήνες είναι ο Αύγουστος (20,9 mm ή 4,7%) και ο Ιούλιος (25 mm ή 5,63%).

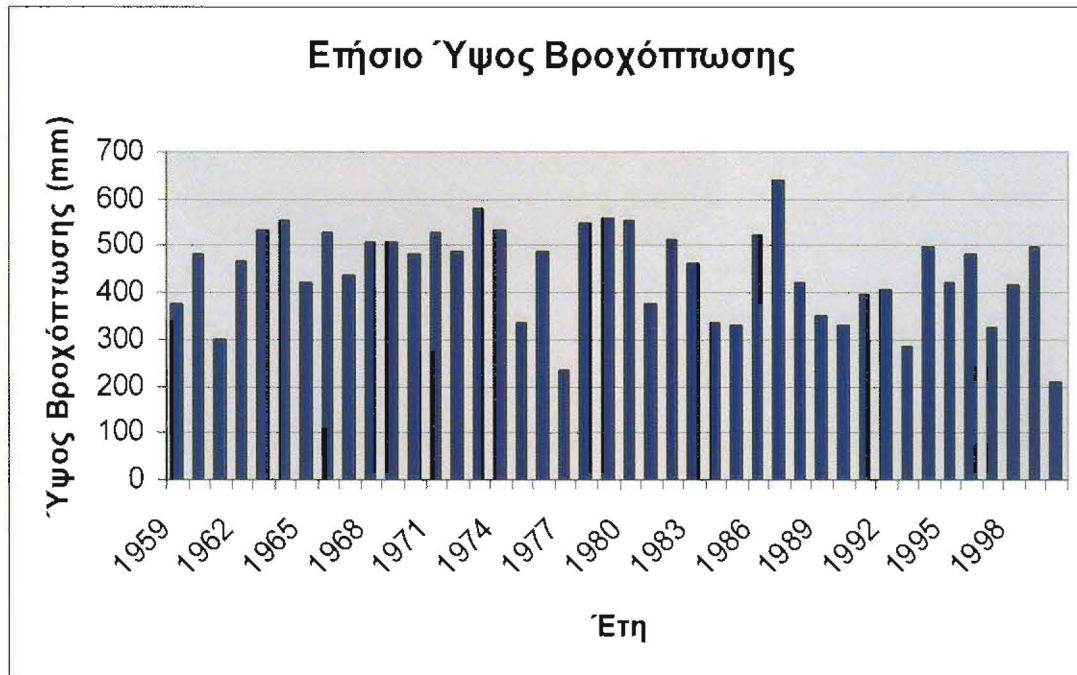
Στον Πίνακα 6.3.2, παρουσιάζονται οι ετήσιες τιμές βροχόπτωσης του σταθμού Μακεδονία για την περίοδο 1959-2000.

α/α	Έτος	Ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (mm)	α/α	Έτος	Ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (mm)
1	1959	375	25	1980	550,9
2	1960	480	26	1981	373,5
3	1961	298,5	27	1982	513,8
4	1962	468,1	28	1983	459,8
5	1963	532,3	29	1984	336,3
6	1964	555,3	30	1985	327,9
7	1965	422,6	31	1986	523,9
8	1966	526,1	32	1987	640,5
9	1967	437,6	33	1988	420,3
10	1968	508,5	34	1989	352,3
11	1969	509,4	35	1990	329
12	1970	482,6	36	1991	394,3
13	1971	528,4	37	1992	404,5
14	1972	488,3	38	1993	284,4
15	1973	577,6	39	1994	498,2
16	1974	532,4	40	1995	420,7
17	1975	333,6	41	1996	481,4
18	1976	488,4	42	1997	322,5
19	1977	235,7	43	1998	415
20	1978	547,1	44	1999	495,5
21	1979	560,4	45	2000	210

Πίνακας 6.3.2 Ετήσια ύψη βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 1959-2000.

Όσον αφορά την κατανομή των βροχοπτώσεων, με βάση την γραφική παράσταση (Σχήμα 6.3.2) των τιμών του Πίνακα 6.3.2, προκύπτει ευρεία διακύμανση των ετήσιων τιμών της βροχόπτωσης. Τα έτη με τις μεγαλύτερες βροχοπτώσεις είναι το 1987 με 640,5 mm βροχής, το 1973 με 577,6 mm και το

1979 με 560,4 mm. Επίσης οι χαμηλότερες βροχοπτώσεις αντιστοιχούν στα έτη 2000 με 210 mm βροχής, 1977 με 235,7 mm και 1993 με 284,4 mm.



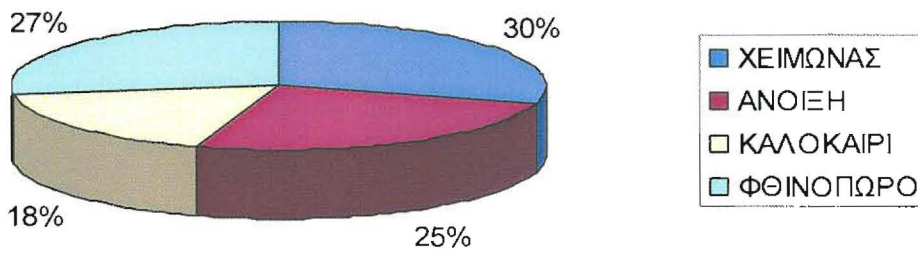
Σχήμα 6.3.2 Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 1959-2000.

Στα Σχήματα 6.3.3 και 6.3.4, παρουσιάζεται η εποχιακή κατανομή των κατακρημνισμάτων εκφρασμένη σε mm και επί τοις εκατό (%) αντίστοιχα.



Σχήμα 6.3.3 Εποχιακή κατανομή των κατακρημνισμάτων (εκφρασμένη σε mm) στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 1959-2000.

Εποχιακή κατανομή κατακρημνισμάτων (%)



Σχήμα 6.3.4 Εποχιακή κατανομή των κατακρημνισμάτων (εκφρασμένη επί τοις εκατό %) στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 1959-2000.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατακρημνισμάτων παρατηρείται το Χειμώνα (30%). Ακολουθεί η το Φθινόπωρο (27%), μετά η Άνοιξη (25%), ενώ αρκετά σημαντικό είναι και το ποσοστό των βροχοπτώσεων κατά το Καλοκαίρι (18%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ποιότητα του υπογείου νερού καθορίζει την χρήση του από τον άνθρωπο (υδρευτική – αρδευτική – βιομηχανική). Επίσης είναι αυτή που δίνει πληροφορίες για τον τύπο του υδροφόρου ορίζοντα, την προέλευση, την ταχύτητα και την διεύθυνση ροής του υπογείου νερού. Για τον καθορισμό της ποιότητας απαιτείται η υδροχημική εξέταση του υπογείου νερού, από όπου θα εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τις επιρροές που υφίσταται το υπόγειο νερό από εξωτερικές επιδράσεις. Οι επιρροές αυτές προέρχονται είτε από βαθείς υδροφόρους ορίζοντες, είτε από την επιφάνεια. Οι επιρροές από την επιφάνεια είναι οι πιο σημαντικές και επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου. Παρουσιάζονται ύστερα από μεταβολές της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, της επιφανειακής λίπανσης των αγρών, της απόθεσης στην επιφάνεια στερεών και υγρών αποβλήτων όπως και άλλων ανθρωπογενών επεμβάσεων, όπου τα διαλυμένα και αραιωμένα άλατα μπορούν να διεισδύσουν δια μέσου επιφανειακών στρωμάτων και να αυξήσουν τη συγκέντρωση των αλάτων του υπογείου νερού.

Η χημική σύσταση του υπογείου νερού, εξαρτάται από αυτή του εδάφους, η οποία διαφέρει από αυτή των κατακρημνισμάτων. Χαρακτηριστικό του εδάφους, είναι η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών ιόντων λόγω νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης (χρήση λιπασμάτων). Τα πορώδη πετρώματα που κατέχουν τους διάφορους υδροφόρους ορίζοντες έχουν και διαφορετική χημική σύσταση. Επίσης, κατά την διάρκεια των περιόδων της έντονης εξατμισοδιαπνοής μπορεί να αλλάζουν οι συγκεντρώσεις των εδαφών. Η ελάττωση των ιόντων Cl^- το Φθινόπωρο οφείλεται στις νέες βροχοπτώσεις.

Ακόμη, η σχέση $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ ελαττώνεται το Νοέμβριο με το βάθος, ενώ το Μάιο αυξάνει. Τέλος, μια ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στη συγκέντρωση του νερού, που βρίσκεται στην ανώτερη ζώνη διήθησης και σ' αυτήν του υπογείου νερού είναι οι πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις HCO_3^- ιόντων που παρατηρούνται στα νερά της ζώνης διήθησης (Δημόπουλος, 1995).

Στα υπόγεια νερά περιέχονται συνήθως τα παρακάτω ιόντα: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} . Σε μικρές συγκεντρώσεις μπορεί να περιέχονται και τα ιόντα NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- . Τα διάφορα ιόντα που περιέχονται στο νερό προκαθορίζουν και την ηλεκτρική του αγωγιμότητα, που αποτελεί μέτρο για το περιεχόμενο του νερού σε διαλυμένες ουσίες. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρείται σε $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ένα άλλο βασικό φυσικοχημικό μέγεθος για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του νερού αποτελεί η τιμή του pH. Σε φυσικά νερά η τιμή pH βρίσκεται ανάμεσα στις τιμές 4 και 8. Στον παρακάτω Πίνακα 9.1 δίνονται οι οριακές τιμές, που προβλέπονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, (υψηλότερες επιτρεπτές τιμές σε mg/l) των ουσιών που περιέχονται στο νερό για τη χρησιμοποίησή του ως πόσιμο.

α/α	Παράμετροι	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό Επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
1	Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου	Μονάδα pH	6,5 έως 8,5	
2	Αγωγιμότητα	$\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 20°C	500	
3	Χλώριο	$\text{mg}/\text{l Cl}^-$	25	250
4	Θειικά	$\text{mg}/\text{l SO}_4^{2-}$	25	250
5	Ασβέστιο	$\text{mg}/\text{l Ca}^{2+}$	100	
6	Μαγνήσιο	$\text{mg}/\text{l Mg}^{2+}$	30	50
7	Νάτριο	$\text{mg}/\text{l Na}^+$	20	200
8	Κάλιο	$\text{mg}/\text{l K}^+$	10	12
9	Νιτρικά	$\text{mg}/\text{l NO}_3^-$	25	50
10	Νιτρώδη	$\text{mg}/\text{l NO}_2^-$		0,1
11	Αμμώνιο	$\text{mg}/\text{l NH}_4^+$	0,05	0,5
12	Σίδηρος	$\mu\text{g}/\text{l Fe}^{2+}$	50	200
13	Μαγγάνιο	$\mu\text{g}/\text{l Mn}^{2+}$	20	50
14	Αρσενικό	$\mu\text{g}/\text{l As}$		10
15	Βόριο	$\text{mg}/\text{l Bo}$		1,0

Πίνακας 7.1 Ενδεικτικά επίπεδα και ανώτατες παραδεκτές συγκεντρώσεις των κυριότερων παραμέτρων του πόσιμου νερού.

7.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Στα πλαίσια της διερεύνησης των υδρογεωλογικών και υδροχημικών συνθηκών της περιοχής μελέτης, πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις 12 δειγμάτων υπογείου νερού, τα οποία καλύπτουν ολόκληρη την περιοχή έρευνας. Η δειγματοληψία καθώς και οι χημικές αναλύσεις έγιναν κατά το χρονικό διάστημα Μάιος-Αύγουστος του 2007 στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.

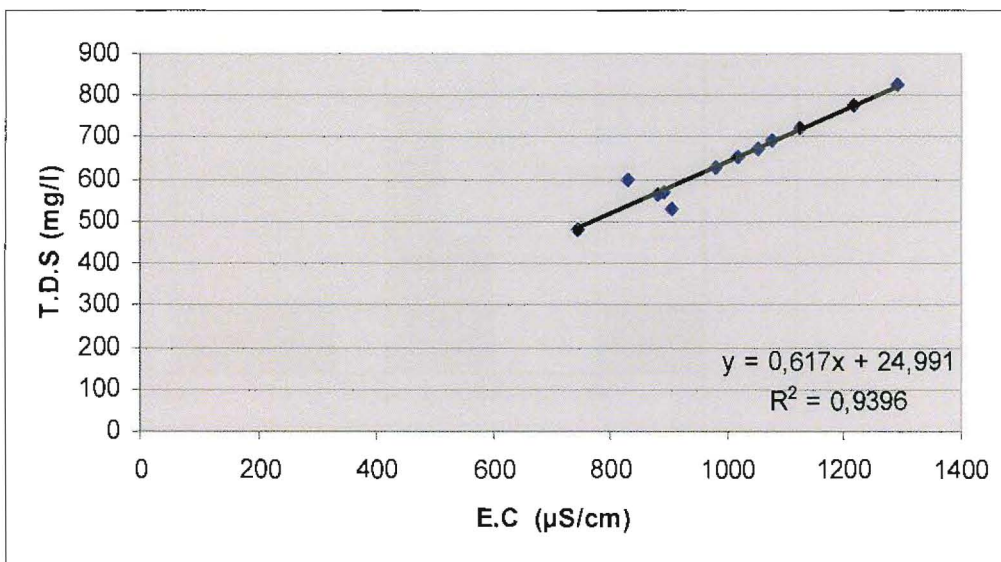
Όπως είπαμε, συλλέχθηκαν συνολικά 12 δείγματα υπογείου νερού, κυρίως από ιδιωτικές γεωτρήσεις. Έγινε προσπάθεια ώστε το δίκτυο δειγματοληψίας να είναι αντιπροσωπευτικό, καλύπτοντας όλη την έκταση της περιοχής με την ίδια πυκνότητα. Σε όλα τα δείγματα έγιναν μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας E.C. Προσδιορίστηκαν τα κύρια ιόντα Na^+ και K^+ με φλογοφωτόμετρο, Ca^{+2} , Cl^- και HCO_3^- με τιτλοδότηση, SO_4^{-2} και NO_3^- με φασματοφωτόμετρο. Ο προσδιορισμός των ιόντων Mg έγινε μέσω της ολικής σκληρότητας. Ο έλεγχος των αποτελεσμάτων έγινε με το ισοζύγιο ιόντων. Αν το σφάλμα υπέρβαινε κατά πολύ το 5% η ανάλυση επαναλαμβανόταν. Στον Πίνακα 7.2.1, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων. Εκτός από τις συγκεντρώσεις των διαφόρων ιόντων (mg/l), δίνονται το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C (μS/cm), το T.D.S και το S.A.R.

	Na(mg/l)	K(mg/l)	Mg(mg/l)	Ca(mg/l)	Cl(mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	E.C(μS/cm)	PH	T.D.S.(mg/l)
G1	85	3	26.13	53.12	103	40	13.2	313	1292	7,62	828
G2	57	2.2	21.98	66	55	22	14	285	882	7,44	565
G3	56	3.2	44	56	81	34	18	296	1050	7,49	672
G4	74	2	24	55	72	28	8	281	890	7,5	570
G5	65	3.3	21	59	92	24	31	211	1076	7,29	690
G6	63	3.3	33	56	51	84	5	262	745	7,75	478
G7	56	3.7	35	68	141	8	23	252	1125	7,44	722
G8	55	3.1	36	78	99	22	18	302	905	7,65	529
G9	57	3	33	68	96	17	18	307	980	7,3	627
G10	74	2.6	10	56	8	8	10	183	831	7,42	600
G11	64	2.2	32	110	149	38	55	183	1216	7,21	778
G12	65	3.4	30	64	98	14	20	258	1017	7,43	651

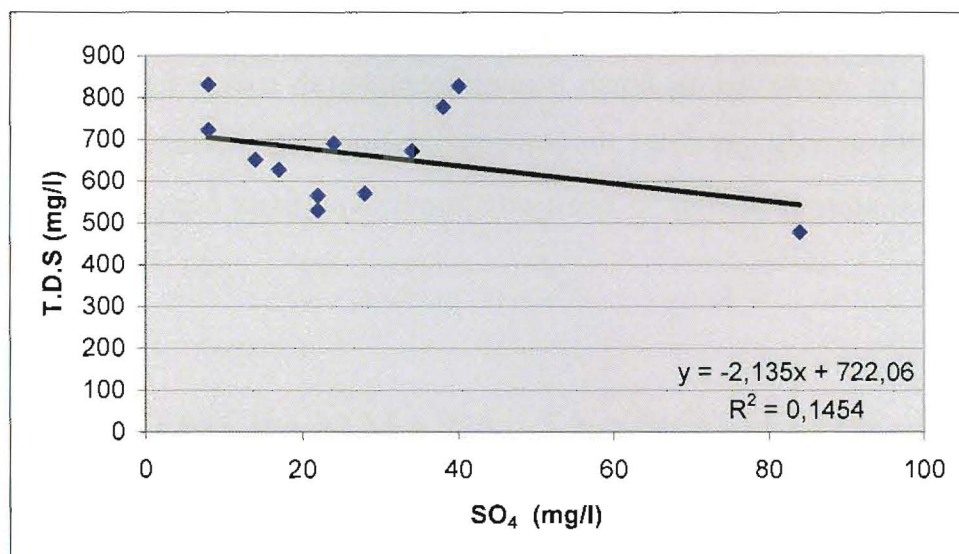
Πίνακας 7.2.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της περιοχής μελέτης.

7.3 ΣΥΝΟΛΟ ΔΙΑΛΥΜΕΝΩΝ ΑΛΑΤΩΝ (T.D.S.) ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, η πλειοψηφία των νερών της περιοχής ανήκει στην κατηγορία των «γλυκών νερών» τόσο σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Hem (1970) όσο και σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Davis and De Wiest (1966), αφού το Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (T.D.S.) στα περισσότερα δείγματα είναι μικρότερο των 1000 mg/l. Κατά τον Hem (1970), νερά με T.D.S. < 1000 mg/l χαρακτηρίζονται ως «γλυκά» ενώ με T.D.S. μεταξύ 3000 και 10000 mg/l χαρακτηρίζονται ως «μέτρια αλατούχα» νερά. Το ίδιο όριο των 1000 mg/l χρησιμοποιεί και ο Davis and De Wiest (1966), με τη διαφορά ότι ενώ θεωρεί ως «γλυκά» τα νερά με T.D.S. < 1000 mg/l, χαρακτηρίζει ως «μέτρια αλατούχα» τα νερά με T.D.S. μεταξύ 1000 και 10000 mg/l. Για την περιοχή μελέτης, δείγματα νερού που εμφανίζουν αυξημένες τιμές του T.D.S., μεγαλύτερες από 1000 mg/l δεν υπάρχουν.



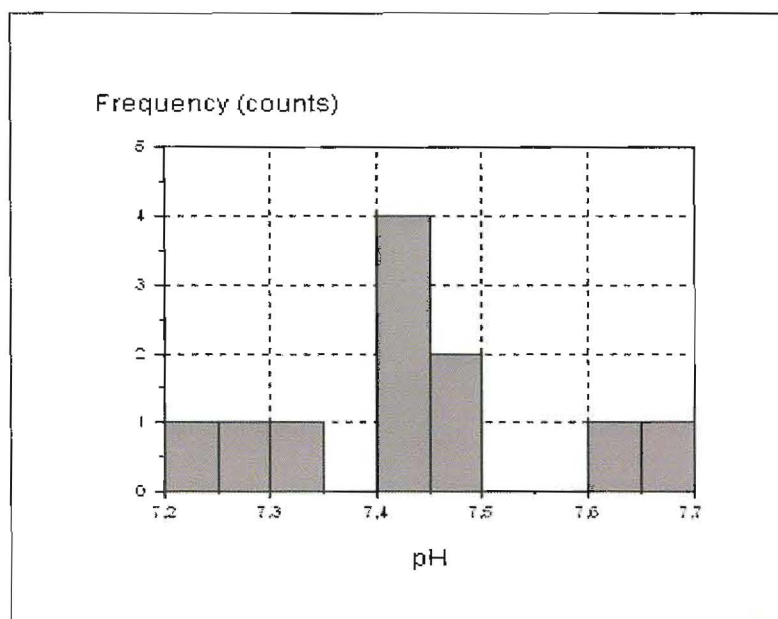
Σχήμα 7.3.1 Διάγραμμα συσχέτισης του T.D.S. (σε mg/l) με την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. (σε μS/cm).



Σχήμα 7.3.2 Διάγραμμα συσχέτισης του T.D.S. (σε mg/l) με την συγκέντρωση των SO_4^{-2} (σε mg/l).

7.4 ΤΟ pH ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το pH των νερών της περιοχής μελέτης κυμαίνεται μεταξύ 7,21 και 7,75. Τα νερά της περιοχής έχουν pH ουδέτερο έως πολύ ελαφρά αλκαλικό.



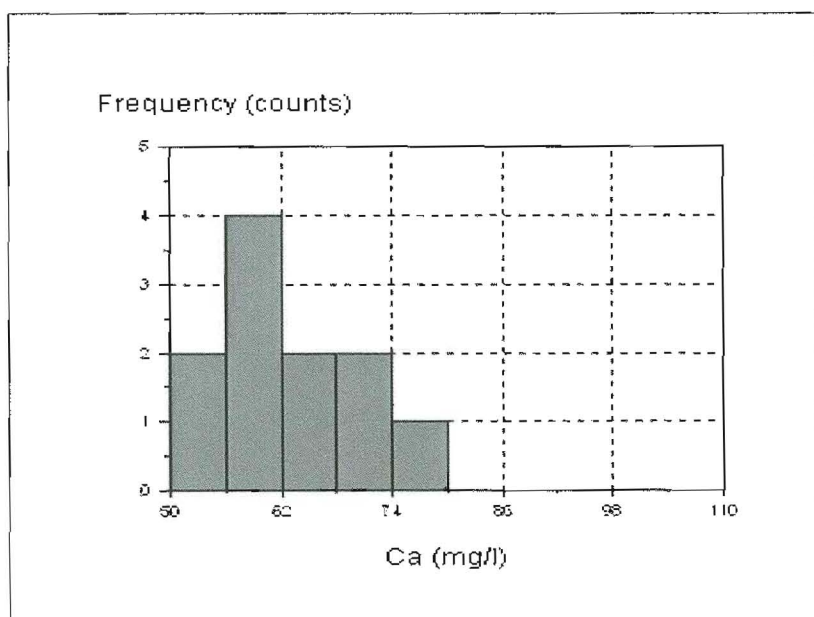
Σχήμα 7.4.1 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την τιμή του pH.

Ο κύριος παράγοντας ο οποίος καθορίζει το χημισμό του νερού στα ιζηματογενή γενικά πετρώματα, είναι η σειρά με την οποία το νερό διασχίζει τους διαφόρους γεωλογικούς σχηματισμούς κατά την κίνησή του (Καλλέργης, 1986). Το νερό κατά την κίνησή του μέσα σ' αυτούς μεταβάλλει το χημισμό του.

7.5 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

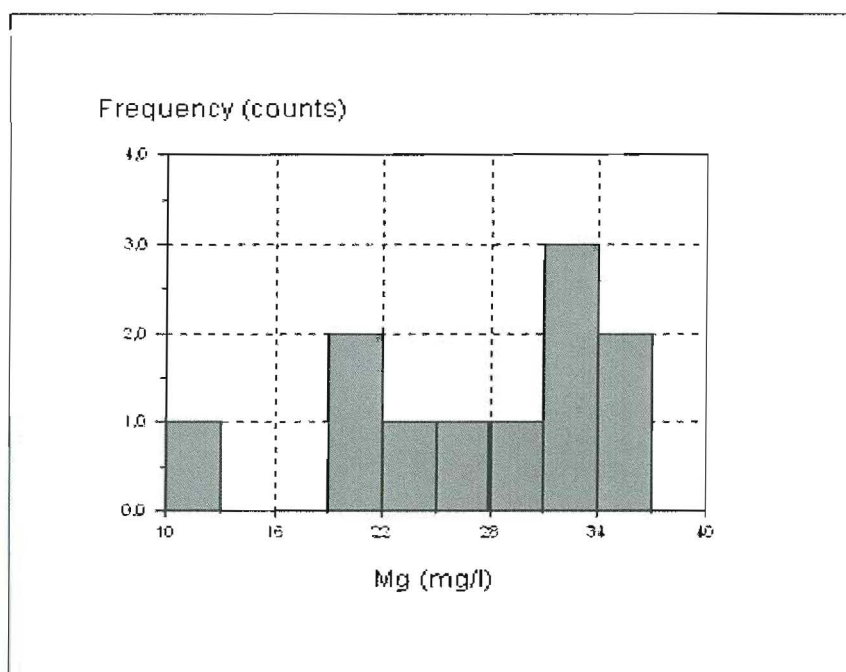
Στα παρακάτω σχήματα, έχουμε τα Ιστογράμματα συχνοτήτων για τις περιεκτικότητες των κύριων ιόντων. Στον άξονα τον y είναι ο αριθμός των δειγμάτων για τα οποία παρατηρείται η αντίστοιχη συγκέντρωση. Από τα ιστογράμματα παρατηρούμε τα εξής:

Οι συγκεντρώσεις του Ca^{+2} για τα περισσότερα δείγματα της περιοχής κυμαίνονται από 50-70 mg/l (10 δείγματα) (Σχήμα 7.5.1).



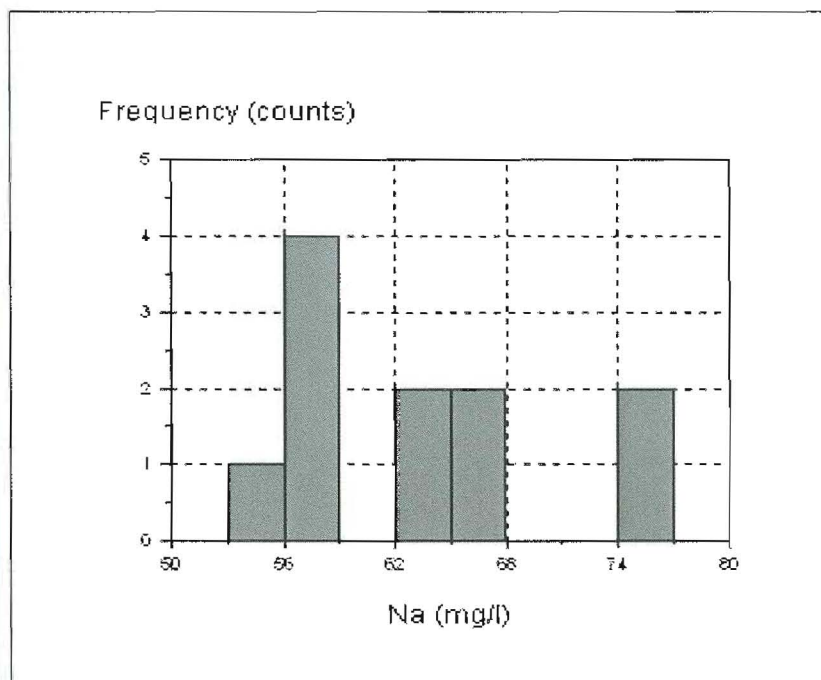
Σχήμα 7.5.1 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα Ca^{+2} .

Οι συγκεντρώσεις του Mg^{+2} κυμαίνονται στα περισσότερα δείγματα από 20-35 mg/l (10 δείγματα) (Σχήμα 7.5.2).



Σχήμα 7.5.2 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα Mg^{+2} .

Η πλειοψηφία των δειγμάτων (9 δείγματα) παρουσιάζουν συγκεντρώσεις Na^+ από 50-65 mg/l (Σχήμα 7.5.3).



Σχήμα 7.5.3 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την περιεκτικότητα Na^+ .

Η συγκέντρωση του K^+ σε όλα τα δείγματα κυμαίνεται από 2-2,7 mg/l (Σχήμα 7.5.4).