

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τμήμα Θετικών Επιστημών

Τομέας Γεωλογίας

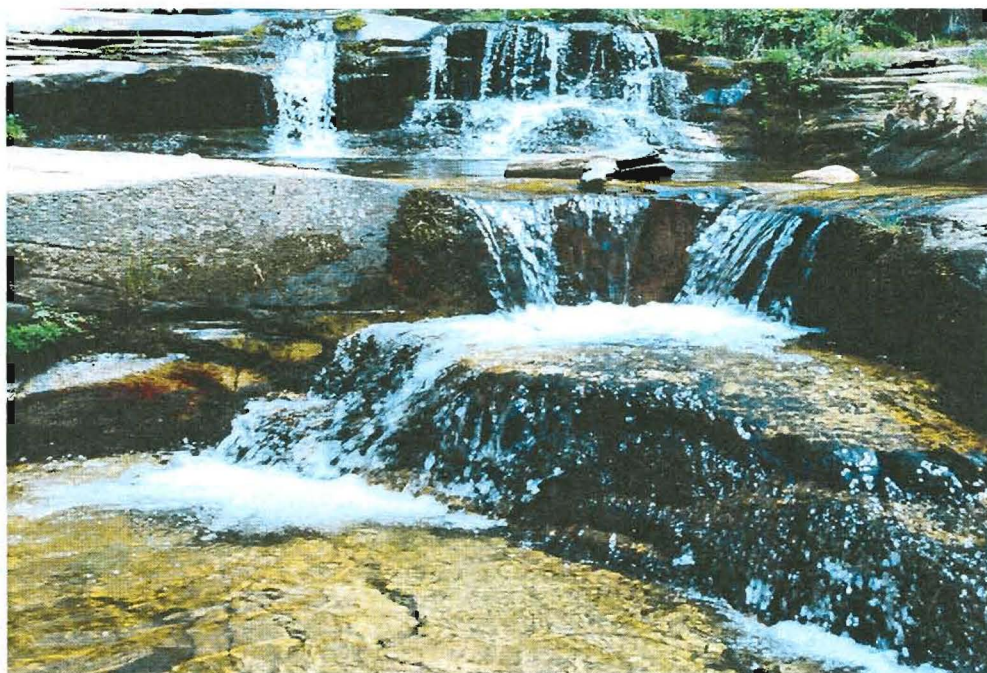
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Διπλωματική Εργασία

«Ποιότητα πηγαίων νερών στην Πιερία λεκάνη Ν. Καβάλας»

Λιοδάκης Στυλιανός: Α.Ε.Μ. 3584

Παπαδόπουλος Χριστόφορος: Α.Ε.Μ. 3447



Επιβλέπων Κ. Βουδούρης Επίκουρος Καθηγητής

Θεσσαλονίκη 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ
080258
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Κεφάλαιο 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.3
1.α .Σκοπός της μελέτης.....	σελ.3
1.β .Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης της εξεταζόμενης περιοχής.....	σελ.3
Κεφάλαιο 2.ΘΕΣΗ-ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	σελ.6
Κεφάλαιο 3.ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	σελ.9
Κεφάλαιο 4.ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	σελ.13
4.α..Μεταμορφωμένα.....	σελ.13
4.β.Πυριγενή.....	σελ.14
4.γ.Νεότεροι σχηματισμοί.....	σελ.15
4.γ.1.Νεογενείς	σελ.15
4.γ.2.Πλειστοκαινικοί.....	σελ.15
4.γ.3.Ολοκαινικές αποθέσεις.....	σελ.16
Κεφάλαιο 5.ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	σελ.19
5.α..Πτυχογόνος τεκτονική.....	σελ.19
5.β.Τεκτονική της Πιερίας λεκάνης.....	σελ.20
5.γ.Κατατμήσεις.....	σελ.20
5.δ.Ρήγματα.....	σελ.21
Κεφάλαιο 6.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	σελ.22
Κεφάλαιο 7.ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	σελ.23
7.α .Διαπερατότητα	σελ.23
7.β .Μετρήσεις ελεύθερης επιφάνειας	σελ.23
7.γ .Μορφή ελεύθερης στάθμης.....	σελ.24
Κεφάλαιο 8.ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ.....	σελ.27
8.α .Χημικές αναλύσεις	σελ.27
8.β .Κατιόντα.....	σελ.30
8.γ .Ανιόντα.....	σελ.30



8.δ .Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....σελ.35	σελ.35
8.ε .Ενεργός οξύτης.....σελ.36	σελ.36
8.στ .Ιοντικοί λόγοι.....σελ.37	σελ.37
Κεφάλαιο 9.ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.40	σελ.40
Κεφάλαιο 10.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.42	σελ.42
Κεφάλαιο 11.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....σελ.43	σελ.43

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παρακάτω παραδίδεται η διπλωματική εργασία η οποία ανατέθηκε από το Λέκτορα κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο τον Ιούλιο του 2007, με σκοπό να μελετηθεί η ποιότητα του νερού και να ελεγχθούν οι παροχές των πηγών, σε τμήμα της Πιερίας λεκάνης, μεταξύ των Δημοτικών Διαμερισμάτων Πλατανότοπος-Μεσορόπη-Μουσθένη-Δωμάτια-Μελισσοκομείο (νότιο Παγγαίο), Αυλή-Μεσιά (κεντρικό-πεδινό τμήμα Πιερίας λεκάνης) και Σιδηροχώρι (βόρειο Σύμβολο).

1α .Σκοπός της μελέτης

Η υδρογεωλογική μελέτη στην εξεταζόμενη περιοχή σκοπεύει να προσδιορίσει ποιοτικά, τα χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού στο μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης της Πιερίας, καθώς και στους γύρω ορεινούς όγκους του Παγγαίου και του Συμβόλου, και σύμφωνα με την δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε, να γίνει έλεγχος στις παροχές των πηγών.

Στόχος της μελέτης είναι η εξακρίβωση της καταλληλότητας του υπόγειου νερού και του χαρακτηρισμού του ως πόσιμο ή μη, και η παραπέρα βέλτιστη αξιοποίηση και διαχείρισή του για τη βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής.

1β .Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης της εξεταζόμενης περιοχής.

α)Κατά την περίοδο του Ιουλίου του 2007 και με τη βοήθεια χαρτών κλίμακας 1:10.000 καθώς επίσης και τη χρήση φορητού GPS, έγινε ο εντοπισμός των θέσεων της περιοχής μελέτης, όπου βρίσκονται οι πηγές και ακολούθως πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία από αυτές.

Επιλέχθηκαν εννέα σημεία αντιπροσωπευτικά για την εξεταζόμενη περιοχή, αφού κάλυπταν όλους τους γεωλογικούς σχηματισμούς που φιλοξενούν υδροφόρους ορίζοντες, καταλαμβάνοντας ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής έκτασης της

λεκάνης. Οι εννέα δειγματοληπτικές θέσεις είναι οι εξής: Σ1-Πλατανότοπος (πηγή), Σ2-Μεσορόπη (πηγή), Σ3-Μουσθένη (πηγή), Σ4-Δωμάτια (φρέαρ), Σ5-Αυλή (πηγή), Σ6-Μελισσοκομείο (πηγή), Σ7-Δωμάτια2 (πηγή), Σ8-Μέλισσα (πηγή), Σ9-Καραβαγγέλη (γεώτρηση). Στόχος ήταν η αξιόπιστη σύγκριση της ποιότητας του νερού και της παροχής του σε κάθε περιοχή.

Το νερό των δειγμάτων ήταν φρέσκο, αφού η δειγματοληψία έγινε απ' ευθείας μέσα από τις πηγές. Τα δείγματα συλλέχθηκαν σε φιάλες ½ λίτρου, αφού πρώτα ξεπλύθηκαν με το ίδιο νερό από την εκάστοτε πηγή, που αναλύθηκε μετέπειτα. Ο προσδιορισμός της ποιότητας του νερού έγινε στο εργαστήριο της Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ.

Οι θέσεις των δειγματοληπτικών σημείων δίνονται στον χάρτη 2.

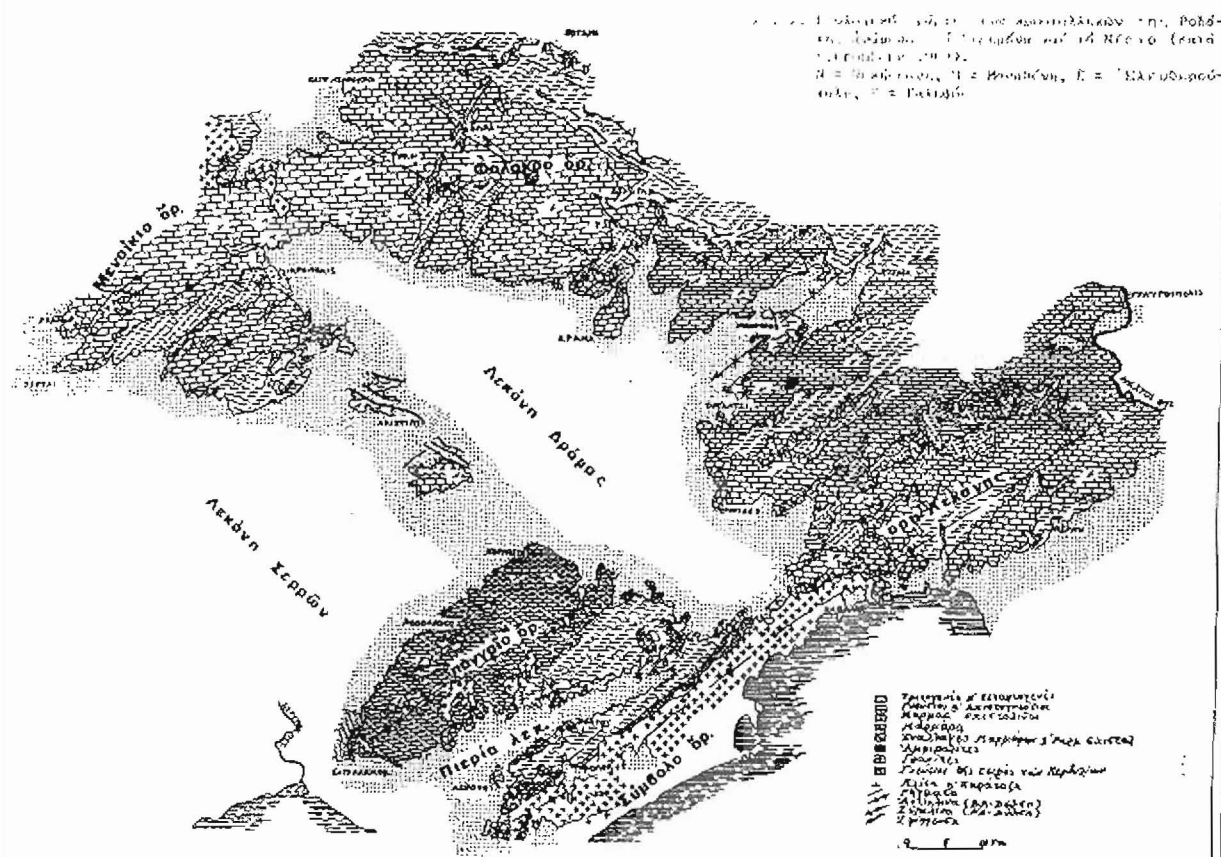
β) Από τα παραπάνω εννέα σημεία δειγματοληψίας μετρήθηκαν οι παροχές του υπόγειου νερού από τις πηγές. Στην πηγή Δωμάτια η δειγματοληψία έγινε από φρέαρ σε χαμηλότερο υψόμετρο, καθώς η πηγή βρισκόταν στα 1700m και ήταν αδύνατη η πρόσβαση σε αυτήν. Στη θέση Καραβαγγέλη η δειγματοληψία έγινε μέσα από γεώτρηση για τον ίδιο λόγο.

γ) Στις αρχές του Σεπτεμβρίου 2008 πραγματοποιήθηκαν οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων μέσα στο εργαστήριο τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ. Μετρήθηκαν οι ποσότητες α) των κατιόντων του ασβεστίου, του νατρίου, του μαγνησίου και του καλίου β) των ανιόντων των όξινων ανθρακικών, του χλωρίου, των θεικών και των νιτρικών γ) του pH, της αγωγιμότητας και της ολικής σκληρότητας. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, καθιστούν δυνατή την αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά για την παροχή βοήθειας και την καθοδήγηση τόσο κατά της διάρκειας της μελέτης όσο και κατά το διάστημα συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας τους:

- Τον Επίκουρο καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη που μας ανέθεσε τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία και μας καθοδήγησε κατά τη συγγραφή της.
- Τους κ. Μιχάλη Σωτηριάδη, χημικό, και τον κ. Τριαντάφυλλο Κακλή, γεωλόγο, οι οποίοι μας βοήθησαν κατά την πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων και στην ανεύρεση πληροφοριών και στη συλλογή στοιχείων, γενικών και ειδικών, σχετιζόμενα με την ευρύτερη εξεταζόμενη περιοχή και την ολοκλήρωση της μελέτης της.
- Τον κ. Τορονίδη Γεώργιο ο οποίος μας βοήθησε στον εντοπισμό των πηγών και των άλλων σημείων δειγματοληψίας και στη μεταφορά μας προς αυτά, καθώς επίσης και για τα διάφορα δεδομένα που μας παρείχε.

2.ΘΕΣΗ-ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



Χάρτης 1). Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής. (Δημόπουλος, 1978)

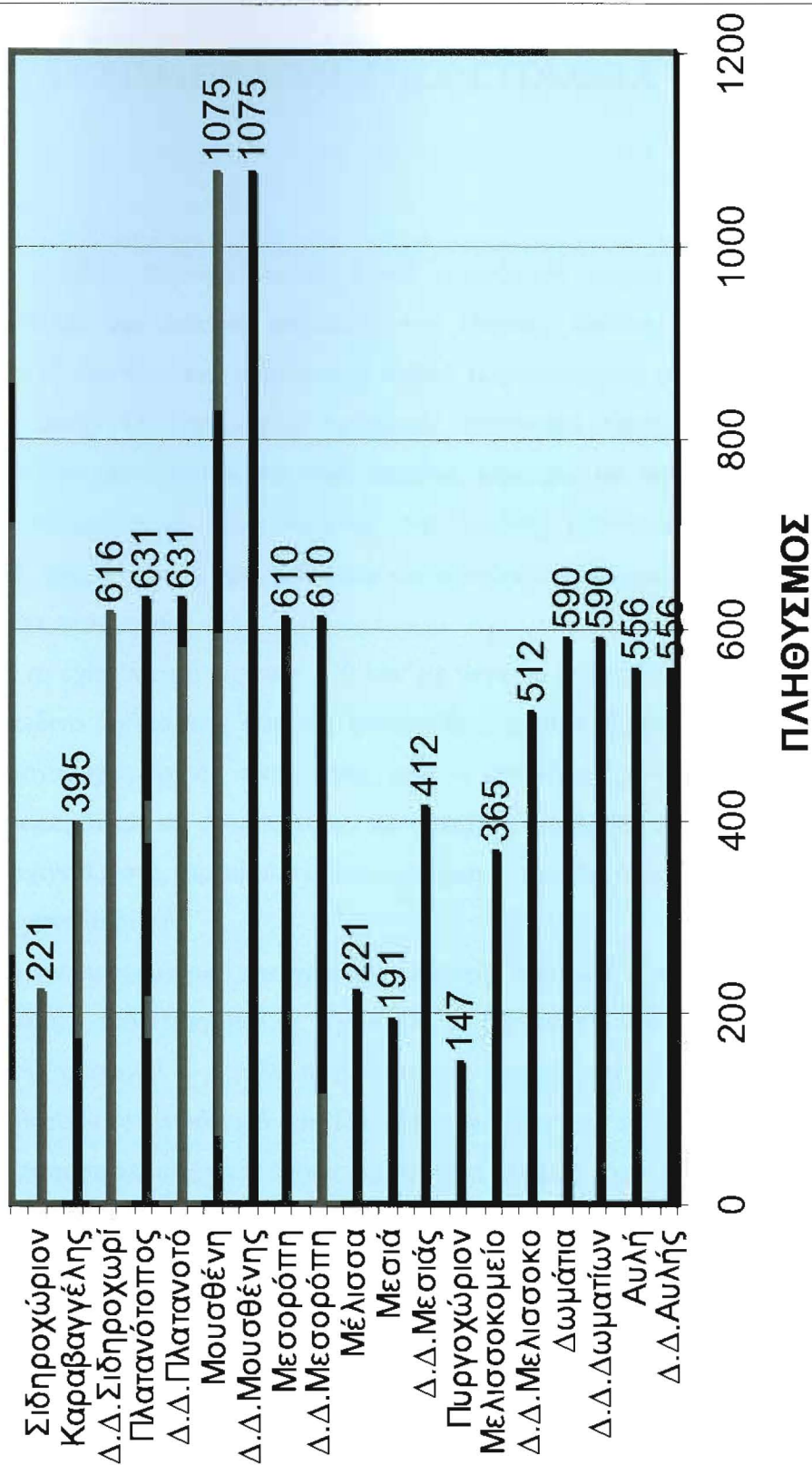
Η μελετούμενη περιοχή βρίσκεται νοτιοδυτικά στο νομό Καβάλας και γειτνιάζει στο βόρειο και στο δυτικό της άκρο με το νομό Σερρών. Αποτελεί τμήμα της τεκτονικής λεκάνης της Πιερίας που οριοθετείται μεταξύ των ορέων Παγγαίου και Συμβόλου. Διοικητικά υπάγεται στο δήμο Πιερέων που βρίσκεται 30 km δυτικά της πόλης της Καβάλας, είναι ένας εκ των έντεκα δήμων του νομού. Στα βορειοανατολικά-ανατολικά συνορεύει με τους δήμους Παγγαίου και Ελευθερούπολης, στα νότια-νοτιοανατολικά με τον δήμο Ελευθέρων και στη νοτιοδυτική πλευρά με τον δήμο Ορφανού.

Από τις δημογραφικές μετρήσεις του 2001 μετρήθηκε ο πληθυσμός του στους 5002 κατοίκους. Έδρα του είναι η Μουσθένη.

Ο δήμος έλαβε την ονομασία του από την Πιερία, πρώτη πατρίδα των σημερινών κατοίκων του, που ονομάζονταν *Πίερες* γενική *Πιερέων*, (προέρχονταν από τους Πίερες Θράκες).

Στον παρακάτω σχήμα παρατίθενται αναλυτικά οι πληθυσμοί των Δημοτικών διαμερισμάτων και των χωριών του δήμου Πιερέων.

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2001



Σχήμα 1). Διαγραμματική απεικόνιση των πληθυσμών κατά το 2001

3.ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η υπό εξέταση περιοχή βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της μάζας της Ροδόπης. Αποτελεί την λεκάνη απορροής της Πιερίας λεκάνης η οποία έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και είναι ένα μακρόστενο πεδινό τμήμα ανάμεσα στο Παγγαίο και στο Σύμβολο όρος. Οι δύο αυτές οροσειρές ενώνονται προς τα ανατολικά διακόπτοντας την επικοινωνία της υπό μελέτης περιοχής με την πεδιάδα των Τεναγών των Φιλίππων. Η μόνη διέξοδος της λεκάνης βρίσκεται στη περιοχή Μονόλιθος στο νοτιοδυτικό τμήμα, από όπου και περνάει ο χειμάρρος «Μαρμαράς», για να καταλήξει στο Αιγαίο.

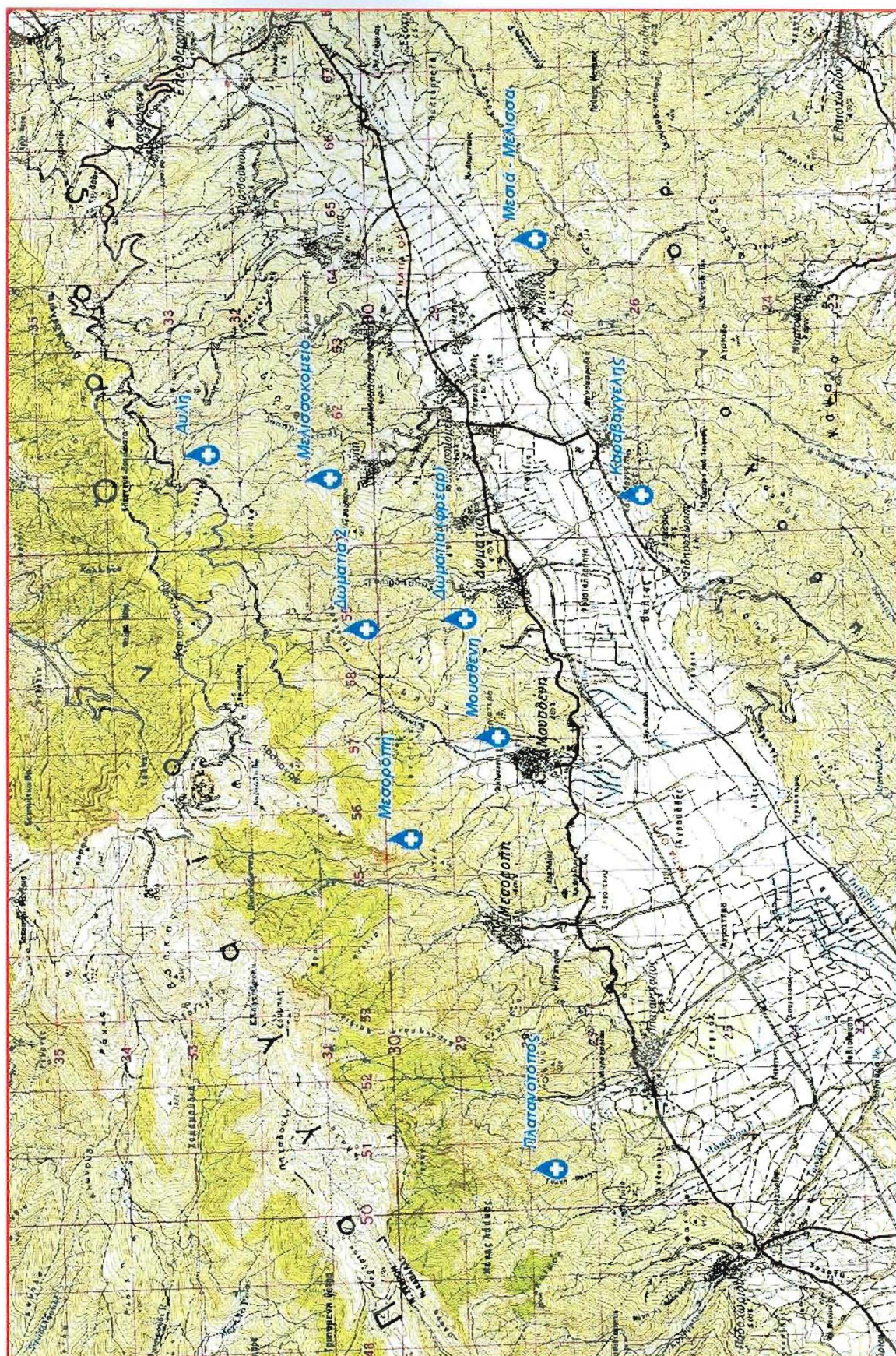
Η λεκάνη έχει έκταση περίπου 120 km^2 με μέγιστο μήκος 23 km και πλάτος 11 km . Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης συναντούμε χαλαρά ιζήματα και κώνους κορρημάτων ποταμοχειμάρριας προέλευσης, ενώ το ορεινό τμήμα αποτελείται από μια σειρά μεταμορφωμένων πετρωμάτων, με συνεχείς εναλλαγές από γνευσίους, γνευσιακούς σχιχτόλιθους, αμφιβολίτες και μάρμαρα. Συχνές είναι οι εμφανίσεις γρανιτών και γρανοδιοριτών.

Βασικό γεωμορφολογικό στοιχείο της περιοχής αποτελεί η τοπική ανύψωση της νότιας πλευράς του Παγγαίου σε σχέση με τη βόρεια πλευρά του Συμβόλου. Απόδειξη αυτού, αποτελεί η μεγάλη συχνότητα και έκταση των πλευρικών κώνων ποτάμιων αποθέσεων, στην πλευρά του Παγγαίου σε σχέση με το Σύμβολο, καθώς αυτές συναντώνται σε περιοχές που έχουν μετακινηθεί μεγάλοι ορεινοί όγκοι.

Οι κύριες κατακόρυφες κινήσεις μεγάλων όγκων (πιθανόν Μειοκαινικές, αλλά σίγουρα Πλειοκαινικές) και η σύγχρονη τραχειανδεστική ηφαιστειότητα, αντιπροσωπεύουν το τελευταίο στάδιο της Αλπικής ορογένεσης στο κομμάτι αυτό της ΝΑ-Ευρώπης. Οι πρώτες τάσεις για τη σημερινή μακρομορφολογική διάρθρωση του τοπίου της περιοχής, δημιουργήθηκαν από τις παραμορφωτικές κάμψεις και μεγάλης έκτασης και έντασης διαρρήξεις που υπέστησαν οι μεταμορφωμένες και πτυχωμένες περιοχές κατά τους Αλπικούς χρόνους.

Έτσι η τοπική ανύψωση, ηλικίας Πλειοκαίνου- Πλειστοκαίνου, οδήγησε στον σχηματισμό των σημερινών κορυφών των οροσειρών του Παγγαίου, του Συμβόλου,

του Μενοίκιου και του Φαλακρού. Ανάμεσα σ' αυτές, δημιουργείται η κοιλάδα των
 Ζερρών και Δράμας, καθώς και το βύθισμα της Μουσθένης (σημερινή Περία
 λεκάνη).
 Η παρουσία μεγάλων ρημάτων στην περιοχή είναι σπάνια. Οι
 μεταμορφωμένες ενότητες που διαμορφώθηκαν κατά την Άλπική πύχωση, δεν
 αλλάξαν σημαντικά κατά τη ρηγίνευσή τεκτονική. Έτσι οι μεταβάσεις ανάμεσα στις
 οροσειρές και τα βυθίσματα χαρακτηρίζονται με ομαλές συνήθως καταδόσεις των
 μεταμορφωμένων σειρών ή με κλιμακωτές μικρότερες μεταπτώσεις κάτω από τις
 νεότερες αποθέσεις.



Χάρτης 2) . Τμήμα χάρτη 1: 50000 της Γ.Υ.Σ. (φ.χ. Νικίσιανη)

Πίνακας 1).Αναλυτική περιγραφή των θέσεων δειγματοληψίας.

ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ m	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
ΠΛΑΤΑΝΟΤΟΠΟΣ	711	045-24-496 N 005-04-411 E
ΔΩΜΑΤΙΑ2	790	045-27-012 N 005-12-113 E
ΜΕΣΟΡΟΠΗ	809	045-25-169 N 005-06-511 E
ΜΕΛΙΣΟΚΟΜΕΙΟ	680	045-26-771 N 005-13-434 E
ΑΥΛΗ	994	045-28-389 N 005-13-856 E
ΚΑΡΑΒΑΓΓΕΛΗ (γεώτρηση)	125	045-21-853 N 005-13-267 E
ΜΕΣΣΙΑ-ΜΕΛΙΣΣΑ	239	045-21-564 N 005-16-011 E
ΜΟΥΣΘΕΝΗ	277	045-23-688 N 005-09-503 E
ΔΩΜΑΤΙΑ (φρέαρ)	263	045-24-686 N 005-12-022 E

όριο μετάβασης δε διακρίνεται καθαρά.

σειράς των μαρμάρων. Παρόμοιο σύνστημα συναντάται και στο ΒΑ Ζήμβολο όπου το παρόμοια με τη ζώνη μετάβασης, απoteλούν δηλαδή, τα κατώτερα τμήματα της ανατολικό τμήμα οι σχιστογενέσεις σχηματίζουν ακανόνιστους όγκους και στρώματα. Στο Παγγαίο τα μαρμάρια καλύπτουν τα ψηλά τμήματα της οροσειράς. Στο ασβεστίτη-μαρμαρινάκων σχιστολίθων.

Χαρακτηρίζεται από μια μεταβλητή εναλλαγή με καθάρων μαρμάρων και Η μετάβαση από την σειρά των σχιστογενέσεων στη σειρά των μαρμάρων όγκους και δείχνουν σχιστοφυή μέγρι πλακάδες δυνατότητα σχισμοποίησης.

σχιστογενέσεις, που έχουν ανοιχτό τεφρό χρώμα και παρoυσιάζονται σε στρώματα, κυρίως Παγγαίο και στο βόρειο Ζήμβολο. Αποτελείται κυρίως από γνεύσεις και Αυτή η κατώτερη σειρά μεταμορφωμένων της περιοχής συναντάται στο νότιο Μάρμαρα 3) Ανώτεροι σχιστογενέσεις.

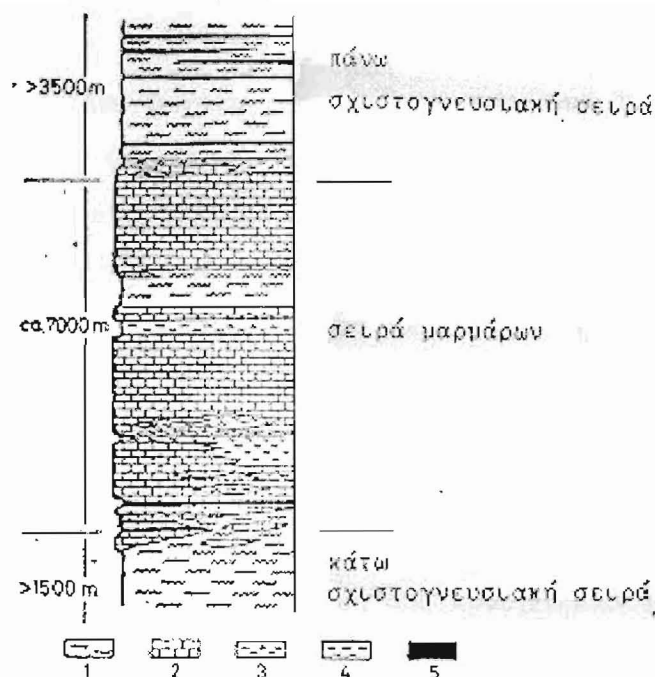
σειράς της Ροδόπης σε τρία κύρια συστήματα : 1) Κατώτεροι σχιστογενέσεις 2) συνολικού πάχους 16 km. Το σχήμα που παρατηρείται παρoυσιάζει την διαίρεση της φανερώει την κατακόρυφη φασική μεταβολή των ιζηματογενών πετρωμάτων Η στρωματοειδής διαδοχική σειρά των μεταμορφωμένων πετρωμάτων Βαλκανίων

οποία αποτελεί ενδιάμεση οροσειρά των Αλπίων κλάδων, Δυναρίων και Οι μεταμορφωμένες ενότητες της περιοχής ανήκουν στη μάζα της Ροδόπης η Θράκης.

μεταμορφωμένο σύνστημα της ευρύτερης περιοχής Ανατολικής Μακεδονίας και απoteλούνται από μαρμάρια, σχιστογενέσεις και γνεύσεις που ανήκουν στο γενικό Στις πλείους της έκτασης βρίσκονται οι σειρές των πετρωμάτων,

4α. Μεταμορφωμένα

4. ΓΕΝΟΤΙΑ ΤΗΣ ΕΕΤΑΖΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ



Σχήμα 2). Συνέχεια και διάρθρωση της μεταμορφωμένης σειράς του κρυσταλλοσχιστώδους της Ροδόπης ανάμεσα στο Στρυμόνα και το Νέστο. (Δημόπουλος, 1978)

4β. Πυριγενή

Οι γρανίτες της περιοχής είναι νεοπαλαιοζωικής ηλικίας. Στο χωριό Μεσορόπη του Δυτικού Παγγαίου συναντάται μια ακανόνιστη εμφάνιση γρανοδιוריτίτη, που παρουσιάζει διεύθυνση παράλληλη προς τα Β-γραμμικά στοιχεία. Η θέση των πλουτωνικών σωμάτων στο Παγγαίο σε σύγκριση με αυτών του Συμβόλου όρους αποκαλύπτει τον συντεκτονικό τους χαρακτήρα. Κατά την χαρτογράφηση του SCHNEK (1970) στον πυρήνα του αντικλίνου του Παγγαίου υπάρχει ένα γρανοδιוריτικό σώμα που σε πολλές θέσεις έχει αποκοπεί από την διάβρωση.

σημεία.

του ύψους και εξεξισώνονται σε στρογγυλές κροκάλες, χαλίκια και άμμιους στα πεδινά τοπογραφικά υψηλότερα σημεία, που σταδιακά μικραίνουν ανάλογα με την εξαέρωση στα (γ) ζιττο υπό υπό παύονται οι σχηματισμοί κορημάτων μεγάλων διαστάσεων στα

σχηματισμών

β) Ο δειντέρος τύπος συμπιέζεται σε όλους τους τύπους των πλαστικών

ολοκαίνικων αποθέσεων.

περίοδο-έντονη χημική αποσάθρωση και αποτέλουν την καλύτερη αναβαθμίδα των τα μάρμαρα με συνδετική ύλη (κοκκινώδες πυλό). Αντιστοιχούν στην θρηνη α) Χαλάρες αποθέσεις κροκάλων στα βόρεια, κυρίως, περιθώρια της λεκάνης προς

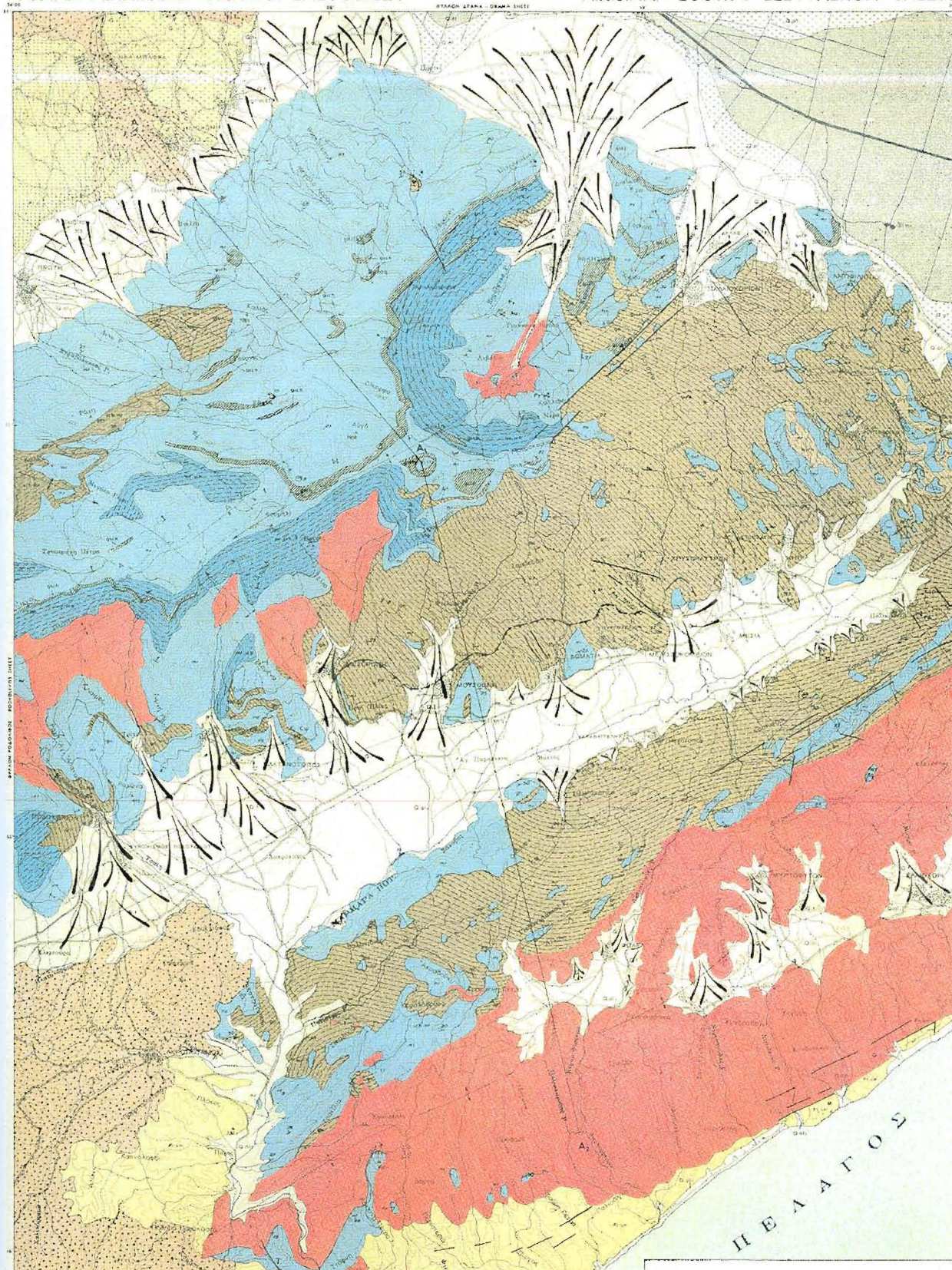
βασικούς τύπους:

κορημάτων και τους κώνους ποταμίων αποθέσεων, οι οποίοι διακρίνονται σε τρεις από σχηματισμούς ποταμιοχρηστικής φύσης, πλαστικούς, με τυπικότερους τους κώνους 4.γ.3. *Ολοκαίνικες αποθέσεις*. Στην υπό εξέταση λεκάνη αντιστοιχούν

υπόχουν συγκεκκριμένες ενδείξεις.

να συνεχίζονται κάτω από τις αλλοιωματικές αποθέσεις της λεκάνης, χωρίς όμως να λεκάνης, από την παρουσία ενός ρήγματος ΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης. Πιθανό θεωρείται πλεοστοκαίνικα αυτά στρώματα διακόπτονται απότομα στο νοτιοδυτικό άκρο της

ΕΘΝΙΚΟΝ ΙΔΡΥΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΦΥΛΛΑ ΝΙΚΗΣΙΑΝΗ - ΛΟΥΤΡΑ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ
NATIONAL INSTITUTE OF GEOLOGICAL AND MINING RESEARCH
GEOLIGICAL MAP OF GREECE
NIKISIANI - LOUTRA ELEVETHERON SHEETS



Χάρτης 3). Γεωλογικός χάρτης Ι.Γ.Μ.Ε. Φύλλο Νικήσιανη

18

ηλικίας.

μεταμόρφωση δηλαδή, η πτυχωση καθώς επίσης και ο πλουντισμός είναι Αλπικής
 Ζυγκεκρημένα τοποθετείται η περιοχή στο Αλπικό σύστημα της ΝΑ – Ευρώπης. Η
 τεκτονισμός ανήκουν σε ένα πεδίο καταπονίσως, δηλαδή σε μια ορογένση.
 Το σύνολο των πτυχών και των γραμμικών στοιχείων και των δύο φάσεων
 μεταμόρφωσης.

δύο όμοιες θεωρούνται πως έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της επιζώνικης
 Αυτές οι δομές της Β2-τεκτονικής είναι κάθες στις δομές της Β1-τεκτονικής. Και οι
 ορθές και έχουν άνοιγμα πτερόντων με έκταση από 10cm ως εκατοντάδες μέτρα.
 χαρακτηρίζουν τη Β2-τεκτονική. Είναι οι πτυχές που συναντώνται είναι συνήθως
 παρατηρούνται πτυχές με διευθύνσεις 120° με 130° και γραμμικά στοιχεία, που
 πτυχών ανάμεσα στις 40° και 60°. Αντίθετα με τα στοιχεία της Β1-τεκτονικής,
 εκτεταμένα σύγκλινα- αντικλιννα χλαιομετρικών διαστάσεων με διεύθυνση αζόνων
 Χαρακτηριστικά- καθοδηγητικά στοιχεία της Β1-τεκτονικής είναι τα
 Β2-τεκτονική.

στις 40° και 130°. Η δεύτερη φάση που υπερισχύει στην περιοχή χαρακτηρίζεται
 κινήσεις και οι διευθύνσεις των καταμήσεων και των ρηγμάτων ακολουθούν πορεία
 ως Β1-τεκτονική με κύρια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Η άλλη είναι νεότερη με κατακόρυφες
 έγινε στη διάρκεια της γενικής μεταμορφώσεως και πτυχώσεως και χαρακτηρίζεται
 διακρίνονται δύο φάσεις τεκτονισμού. Μια παλαιότερη εφαπτομενική τεκτονική που
 της Στρυμονικής γραμμής και συγκεκρημένα από την ενότητα του Παγαίου,
 Από στοιχεία μεταμορφωμένων πετρωμάτων που συγκεντρώσαμε Ανατολικά

5α. Πτυχόνος τεκτονική

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

5β. Τεκτονική της Πιερίας λεκάνης

Η Πιερία λεκάνη, που όπως αναφέρθηκε βρίσκεται ανάμεσα στις οροσειρές του Παγγαίου και του Συμβόλου, προσανατολίζεται γενικά με τη διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ(65°) του κύριου επιμήκη άξονά της. Διαδοχικές ορθές πτυχές κάμψεως, που έχουν σχεδόν το ίδιο μέγεθος παρατηρούνται στα μάρμαρα της περιοχής ανάμεσα στα χωριά Μουσθένη-Δωμάτια. Η διεύθυνση των αξόνων των πτυχών αυτών (γύρω στις 50°), φαίνεται να συμφωνεί με τη γενική βορειοανατολική διεύθυνση, των αξόνων της B1-τεκτονικής.

Πιο συχνή όμως είναι η παρατήρηση, σε όλο το μήκος του Νότιου Παγγαίου και Βόρειου Συμβόλου, αξόνων που η κύρια διεύθυνσή τους είναι ΒΔ-ΝΑ. Πρόκειται για ισοκλινείς, συνήθως κεκλιμένες, πτυχές κάμψεως με μήκος κύματος που κυμαίνεται από δεκάδες μέχρι και 150m. Παρατηρούνται τόσο στα μάρμαρα όσο και στους γνεύσιους και σχιστογνεύσιους.

Τέτοιες πτυχές παρατηρήθηκαν στα μάρμαρα, ανατολικά του χωριού Δωμάτια με διεύθυνση 130° και βύθιση γύρω στις 20° ΝΑ, όπως και στους γνεύσιους βορειοδυτικά του χωριού Πυργοχωρίου.

5γ. Κατατμήσεις

Η εξεταζόμενη περιοχή παρουσιάζει δύο κύρια σύνολα κατατμήσεων. Το πρώτο έχει ΒΑ-ΝΔ και το δεύτερο ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση. Βορειοανατολικά του χωριού Μουσθένη διαπιστώθηκε η διεύθυνση του πρώτου συνόλου που είναι περίπου 30°-210°. Το δεύτερο σύνολο έχει μέσες διευθύνσεις γύρω στις 130°-310°. Η διεύθυνσή του ταυτίζεται με τη γενική διεύθυνση των αξόνων των B2-τεκτονικών στοιχείων και είναι άμεσα συνδεδεμένες με την πτύχωση.

5β. Τεκτονική της Πιερίας λεκάνης

Η Πιερία λεκάνη, που όπως αναφέρθηκε βρίσκεται ανάμεσα στις οροσειρές του Παγγαίου και του Συμβόλου, προσανατολίζεται γενικά με τη διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ(65°) του κύριου επιμήκη άξονά της. Διαδοχικές ορθές πτυχές κάμψεως, που έχουν σχεδόν το ίδιο μέγεθος παρατηρούνται στα μάρμαρα της περιοχής ανάμεσα στα χωριά Μουσθένη-Δωμάτια. Η διεύθυνση των αξόνων των πτυχών αυτών (γύρω στις 50°), φαίνεται να συμφωνεί με τη γενική βορειοανατολική διεύθυνση, των αξόνων της B1-τεκτονικής.

Πιο συχνή όμως είναι η παρατήρηση, σε όλο το μήκος του Νότιου Παγγαίου και Βόρειου Συμβόλου, αξόνων που η κύρια διεύθυνσή τους είναι ΒΔ-ΝΑ. Πρόκειται για ισοκλινείς, συνήθως κεκλιμένες, πτυχές κάμψεως με μήκος κύματος που κυμαίνεται από δεκάδες μέχρι και 150m. Παρατηρούνται τόσο στα μάρμαρα όσο και στους γνεύσιους και σχιστογνεύσιους.

Τέτοιες πτυχές παρατηρήθηκαν στα μάρμαρα, ανατολικά του χωριού Δωμάτια με διεύθυνση 130° και βύθιση γύρω στις 20° ΝΑ, όπως και στους γνεύσιους βορειοδυτικά του χωριού Πυργοχωριού.

5γ. Κατατμήσεις

Η εξεταζόμενη περιοχή παρουσιάζει δύο κύρια σύνολα κατατμήσεων. Το πρώτο έχει ΒΑ-ΝΔ και το δεύτερο ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση. Βορειοανατολικά του χωριού Μουσθένη διαπιστώθηκε η διεύθυνση του πρώτου συνόλου που είναι περίπου 30°-210°. Το δεύτερο σύνολο έχει μέσες διευθύνσεις γύρω στις 130°-310°. Η διεύθυνσή του ταυτίζεται με τη γενική διεύθυνση των αξόνων των B2-τεκτονικών στοιχείων και είναι άμεσα συνδεδεμένες με την πτύχωση.

5δ.Ρήγματα

Η παρατήρηση μεγάλων ρηγμάτων στη περιοχή μας είναι αρκετά δύσκολη. Μια μεγάλη ρηξιγενής ζώνη διακόπτει το αντίκλινο του Παγγαίου από την Πιερία λεκάνη. Πρόκειται για μια εσωτερική εφίππευση στο κρυσταλλοσχιστώδες που έχει διεύθυνση γύρω στις 60° και μήκος μεγαλύτερο από 6Km, ανάμεσα στα χωριά Κηπιά και Μουσθένη. Άλλα ρήγματα με διεύθυνση γύρω στις 65°-70° συναντώνται στη βάση των οροσειρών Παγγαίου και Συμβόλου, στο μήκος και στα όρια αυτών με το πεδινό τμήμα της λεκάνης και σε όλο το μήκος της.

Εκτός από τα προαναφερθείσα ρήγματα, συναντούμε σε ολόκληρη τη περιοχή ρήγματα με ΒΔ-ΝΑ και Β-Ν διεύθυνση, που διαπιστώνονται τόσο από απότομες μεταβολές της συνέχειας των πετρωμάτων όσο και από τη μορφολογία της περιοχής. Αυτής της ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, είναι τα δύο ρήγματα στα βορειοανατολικά των Δωματίων που έχουν αντίστοιχα διευθύνσεις 130° και 150°.

6.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στα όρια Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου λαμβάνει χώρα ο τεκτονικός τεμαχισμός της Αιγαιακής πλάκας και η δημιουργία της θάλασσας του Αιγαίου, αν και θα πρέπει οι ρηξιγενείς δράσεις να συνεχίστηκαν μέχρι το τέλος του Πλειστοκαίνου. Από το σύνολο των διευθύνσεων των ρηγμάτων και των καταταμήσεων, γίνεται φανερό πως αυτές ακολουθούν γενικά τις διευθύνσεις των στοιχείων δομής της παλαιότερης και νεώτερης τεκτονικής.

Λόγω της έλλειψης νεογενών ιζημάτων στην περιοχή, θα πρέπει η λεκάνη να δημιουργήθηκε στα όρια Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου με ΒΑ ρήγματα στις πτέρυγες των μεγάλων αντικλίνων του Παγγαίου και του Συμβόλου και βύθιση του ενδιάμεσου συγκλίνου. Η βύθιση αυτή έγινε με βραδύ ρυθμό μέσα στο Πλειστόκαινο, οπότε είχαμε και ιζηματογένεση πλειστοκαινικών στρωμάτων. Κατά το τέλος του Πλειστοκαίνου είχαμε τη δημιουργία ενός ΒΒΔ ρήγματος στο νοτιοδυτικό άκρο της λεκάνης στη θέση Κουκλιάκος που επέτρεψε την παραπέρα βύθιση της λεκάνης και την επικοινωνία της με τη θάλασσα. Το τελικό άδειασμα της έγινε με τη δημιουργία στο ΝΝΔ άκρο της, στη βάση του Συμβόλου, μιας φυσικής εξόδου, πιθανόν με ένα ΒΒΑ ρήγμα, που αποτελεί και τη σημερινή φυσική έξοδο των νερών της λεκάνης προς το Αιγαίο. Η εσωτερική αυτή λεκάνη γέμισε αργότερα με ποταμοχειμάρεις ολοκαινικές αποθέσεις.

7.ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

7α. Διαπερατότητα

Η διαπερατότητα της οροσειράς προσδιορίζεται κυρίως με τις κατατμήσεις της, οι διευθύνσεις των οποίων θεωρούνται πάντοτε ως δρόμοι κινήσεως του υπόγειου νερού. Εκτός από τις κατατμήσεις, η διεύθυνση ροής του υπόγειου νερού επηρεάζεται επίσης και από την κλίση των στρωμάτων, ιδιαίτερα όταν έχουμε εναλλασσόμενα, αποθέσεις υδροπερατών και λιγότερο υδροπερατών σχηματισμών (π.χ. εναλλαγές μαρμάρων-γνευσίων). Οι κατατμήσεις, μπορούν να είναι οι αιτίες για το ότι στο περιβάλλον γειτονικών κοιλοτήτων οι στάθμες του υπόγειου νερού, δείχνουν μεταξύ τους ανεξάρτητο ύψος.

7β. Μετρήσεις ελεύθερης επιφάνειας

Στο χωριό Μουσθένη μετρήθηκε η ελεύθερη επιφάνεια του φρέατος (υψόμετρο 277m) που την βρήκαμε σε βάθος 7,40m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Κατεβαίνοντας από το υψόμετρο των 277m περισσότερο από 10m δεν ήταν δυνατή η παρατήρηση της στάθμης του υπόγειου νερού, που θα πρέπει να βρισκόταν μέσα στους γνεύσιους και ήταν αδύνατη η εξακρίβωσή της λόγω της απουσίας φρεατίων παρατήρησης. Προς την κάθοδο παρατηρήθηκαν μερικές τοπικές επιδρώσεις στους γνεύσιους. Στο φρέαρ της Κοινότητας Δωματίων, στην πλατεία του χωριού, η ελεύθερη στάθμη βρέθηκε στα 10m. Το φρέαρ βρίσκεται μέσα σε γνεύσιους, σε υψόμετρο 263m, όπου ομοίως δεν παρατηρήθηκε καμία εμφάνιση νερού σε διαφορά υψομέτρου πάνω από 10m.

7γ.Μορφή ελεύθερης στάθμης

Μικρή διαπερατότητα σε συνδυασμό με μεγάλη ή μικρή πρόσληψη νερού της οροσειράς, σηματοδοτεί κλιμακωτή ελεύθερη επιφάνεια του νερού στις υδατοπερατές κατατμήσεις. Η οροσειρά εξαιτίας της μικρής ροής και της μεγάλης ποσότητας νερού που περιέχει, είναι γεμάτη πιέσεις.

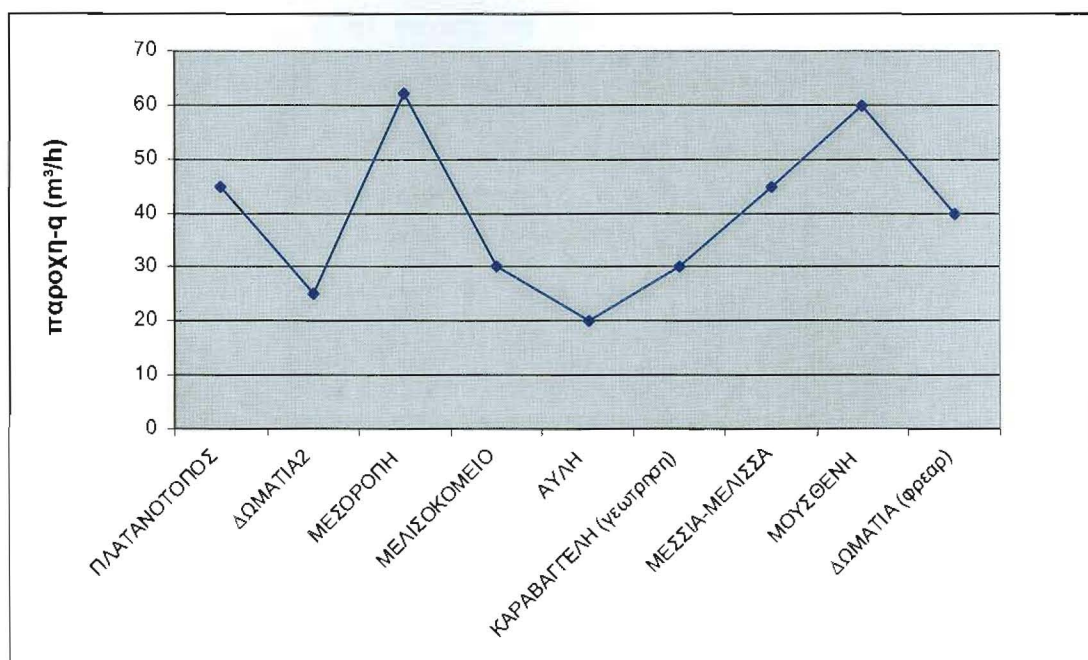
Η κατανομή και το μέγεθος των κατατμήσεων, όπως και το εύρος του ανοίγματος και του αποθέματός τους σε υπόγειο νερό, προσδιορίζουν τη μορφή της ελεύθερης στάθμης του υπόγειου νερού.

Αν η ανισοτροπία του κατατμητικού δικτύου δημιουργεί και μία ανισοτροπία της υδατοκινητικότητας, τότε αυτές οι ανομοιογένειες της οροσειράς και η κατάτμησή της είναι τα στοιχεία που δημιουργούν ανωμαλίες στις ρωγμογενείς ζώνες και προσδιορίζουν τις θέσεις όπου εμφανίζονται οι πηγές, αλλά και την πορεία της ελεύθερης στάθμης του νερού της οροσειράς. Σε περιοχές με αυξημένη διαπερατότητα οροσειράς ευνοείται η υπόγεια απορροή από εντατικές τεκτονικές καταπονήσεις και οι περιοχές χαρακτηρίζονται από μια μικρή πυκνότητα νερών.

Σε θέσεις που τέμνονται ζώνες ρηγμάτων, είναι δυνατό, υπόγεια νερά που έχουν φτάσει σε πιο μεγάλο βάθος, να βγαίνουν στην επιφάνεια με αποκλίσεις στη χημική ή φυσική τους ποιότητα. (Δημόπουλος, 1978)

Πίνακας 2).Πίνακας πηγών και παροχών αυτών.

ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΠΑΡΟΧΗ	ΚΥΒΙΚΑ/ΩΡΑ m ³ /h
ΠΛΑΤΑΝΟΤΟΠΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ	45
ΔΩΜΑΤΙΑ2	ΣΤΑΘΕΡΗ	25
ΜΕΣΟΡΟΠΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ	60-65
ΜΕΛΙΣΟΚΟΜΕΙΟ	ΣΤΑΘΕΡΗ	30
ΑΥΛΗ	ΣΤΑΘΕΡΗ	20
ΚΑΡΑΒΑΓΓΕΛΗ (γεώτρηση)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ	30
ΜΕΣΣΙΑ-ΜΕΛΙΣΣΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ	45
ΜΟΥΣΘΕΝΗ	ΣΤΑΘΕΡΗ	60
ΔΩΜΑΤΙΑ (φρέαρ)	ΣΤΑΘΕΡΗ	40

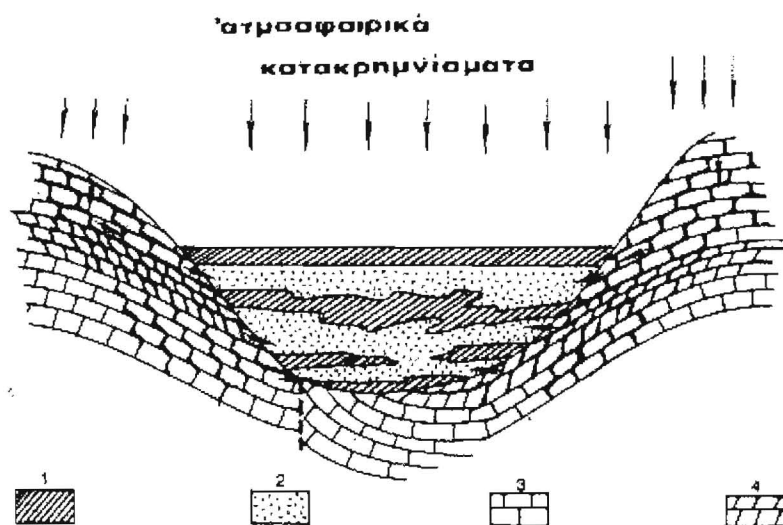


Σχήμα 5). Διάγραμμα παροχών στην περιοχή μελέτης.

Στη λεκάνη Πιερίας εκτός από καρστικές πηγές με μεγάλες παροχές, παρατηρήθηκαν και άλλες μικρότερες που συνήθως παρουσιάζονται μέσα σε γνεύσιους. Τέτοιες πηγές είναι η πηγή Π1, ανάμεσα στα χωριά Δωμάτια και Μουσθένη, μέσα σε γνεύσιους. Η ομάδα πηγών του χωριού Δωμάτια, σε υψόμετρο 790m, με παροχή 25m³/h μέσα σε γνεύσιους.

Οι παραπάνω εμφανίσεις πηγών μέσα στους γνεύσιους δικαιολογούνται, σκεπτόμενοι πως στην οροσειρά παρατηρείται μεγάλη ή μικρή πρόσληψη νερού και μικρή διαπερατότητα, οπότε η πιεζομετρική στάθμη του νερού που συγκεντρώνεται μέσα στους κατατμητικούς αγωγούς σχηματίζεται κλιμακωτά. Κατά την κίνηση του νερού υπογείως όταν συναντήσει ασθενείς θέσεις ή επιφανειακά ανοίγματα των αγωγών αυτών, δημιουργεί πηγές. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού, εφόσον ακολουθεί πορεία κατά μήκος των κατατμήσεων και των επιφανειών στρώσεων, σε θέσεις όπου αυτές έχουν κλίση προς την περιοχή της εσωτερικής λεκάνης, μεταφέρεται προς αυτή και τροφοδοτεί τον υπόγειο υδροφόρα της.

Έτσι στις θέσεις όπου τα στρώματα βυθίζονται μέσα στη λεκάνη κάτω από τα χαλαρά ιζήματά της, είναι δυνατό να αποθέτουν το νερό που φέρνουν, όταν συναντήσουν διαπερατά στρώματα και να τα ενυδατώσουν.



1. Στρώμα αδιαπέρατο 2. Στρώμα διαπερατό, ανάπτυξη υδροφόρου ορίζοντα
3. Μάρμαρα 4. Γνέυσιοι

Σχήμα 6). Σχηματική παράσταση διαδοχικών υδροφόρων οριζόντων.

(Δημόπουλος, 1978)

8.ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

8α. Χημικές αναλύσεις

1) **Na:** Το ενδεικτικό επίπεδο για το νάτριο είναι τα 20mg/l. Οι τιμές που πήραμε για τις επτά πηγές κυμαίνονται γύρω στο 7mg/l εκτός από τις δύο πηγές στις τοποθεσίες α)Καραβαγγέλη και β)Μεσσιά-Μέλισσα που παίρνουν τιμές γύρω στο 12mg/ltr. Οι τιμές αυτές χαρακτηρίζουν το νερό ως πόσιμο

2)Κ:Η κατώτερη περιεκτικότητα σε κάλιο βάσει της Ε.Ε για τον χαρακτηρισμό του νερού ως πόσιμο είναι 10mg/l-12mg/l (Βουδούρης, 2007). Οι τιμές στις οχτώ πηγές μας κυμαίνονται στο 1,4mg/l εκτός από την τοποθεσία Καραβαγγέλη που είναι 3,3 mg/l. Με βάση την παράμετρο αυτή, το νερό χαρακτηρίζεται ως πόσιμο.

3) *Cl⁻*: Το χλώριο της περιοχής παρουσιάζει αρκετά χαμηλές τιμές. Το ανώτατο όριο σε περιεκτικότητα χλωρίου στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/l, ενώ το ενδεικτικό όριο της Ε.Ε τον χαρακτηρισμό του νερού ως πόσιμο είναι 25 mg/l. Στην περιοχή μας οι τιμές κυμαίνονται γύρω στο 5 mg/l εκτός από την τοποθεσία Καραβαγγέλη και Μεσσιά-Μέλισσα που έχουν τιμές γύρω στο 16 mg/l.

4) SO_4^{2-} : Η θεική ρίζα στην περιοχή κυμαίνεται από 1 mg/l ως 26 mg/l

5)NO₃: Η λεκάνη παρουσιάζει αρκετά χαμηλές τιμές σε νιτρικά, οι οποίες κυμαίνονται γύρω στα 1,2 mg/l με εξαίρεση την πηγή στη Μουσθένη που είναι στα 5,4mg/l. Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης είναι στα 50 mg/l, τιμή πολύ μεγαλύτερη από το μέσο όρο της περιοχής.

6) HCO_3^- : Τα όξινα ανθρακικά παρουσιάζουν μέσο όρο τιμών 114,5 mg/l ενώ οι τιμές κυμαίνονται από 13 mg/l μέχρι 187 mg/l, δηλαδή η απόκλιση είναι αρκετά σημαντική.

Πίνακας 3).Αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στις θέσεις δειγματοληψίας.

(Οι τιμές δίνονται σε mg/l)

	Mg	Ca	Na	K	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃
ΠΛΑΤΑΝΟΤΟΠΟΣ	35.9	56	7.2	1.1	121	4.3	11	2
ΔΩΜΑΤΙΑ2	4.6	11.6	6.3	1.5	118	6.1	9	0.5
ΜΕΣΟΡΟΠΗ	2.4	55.2	6.6	1.3	163	2.6	11	2.4
ΜΕΛΙΣΟΚΟΜΕΙΟ	1.4	32	6.2	1.4	13	4.4	13	1.3
ΑΥΛΗ	6.3	9.2	5.7	1.2	59	4.4	1	1.6
ΚΑΡΑΒΑΓΓΕΛΗ	14.7	49.2	12.6	3.3	187	17.5	7	0.5
ΜΕΣΣΙΑ-ΜΕΛΙΣΣΑ	9.5	67.2	11.8	1.5	177	15.1	18	1.7
ΜΟΥΣΘΕΝΗ	9.3	39.6	7.4	1.8	119	6.9	26	5.4
ΔΩΜΑΤΙΑ	8.1	17.6	6.7	1.6	74	2.8	9	1.2
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	10.2	37.5	7.83	1.63	114.5	7.12	11.6	3.32

Πίνακας 4). Ισοδύναμα βάρη των τιμών του πίνακα 3 σε meq/l.

	Mg	Ca	Na	K	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃
ΠΛΑΤΑΝΟΤΟΠΟΣ	2.95	2.8	0.31	0.023	1.98	0.12	0.23	0.032
ΔΩΜΑΤΙΑ2	0.37	0.58	0.27	0.032	1.93	0.17	0.18	0.008
ΜΕΣΟΡΟΠΗ	0.19	2.76	0.28	0.034	2.67	0.07	0.23	0.038
ΜΕΛΙΣΟΚΟΜΕΙΟ	0.11	1.6	0.26	0.035	0.21	0.12	0.27	0.02
ΑΥΛΗ	0.51	0.46	0.24	0.03	0.96	0.12	0.02	0.025
ΚΑΡΑΒΑΓΓΕΛΗ	1.23	2.46	0.54	0.084	3.06	0.49	0.14	0.008
ΜΕΣΣΙΑ-ΜΕΛΙΣΣΑ	0.78	3.36	0.51	0.038	2.9	0.42	0.37	0.027
ΜΟΥΣΘΕΝΗ	0.76	1.98	0.32	0.046	1.95	0.19	0.54	0.087
ΔΩΜΑΤΙΑ	0.66	0.88	0.29	0.041	1.21	0.78	0.18	0.019

8β. Κατόνια

1) **Ασβέστιο (Ca^{2+}) και Μαγνήσιο (Mg^{2+})**: Η σκληρότητα και κατόπιν ο υπολογισμός τη συγκέντρωσης μαγνησίου και ασβεστίου βασίστηκαν στη ογκομέτρηση των δειγμάτων με διάλυμα EDTA και προσθήκη των κατάλληλων δεικτών. Η σκληρότητα των νερών προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων, τα πιο συνηθισμένα των οποίων είναι το Ca^{2+} και το Mg^{2+} . Τα ιόντα αυτά αντιδρούν με το σαπούνι και σχηματίζουν ίζημα και μαζί με ορισμένα ανιόντα που βρίσκονται στο νερό σχηματίζουν κρούστα.

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών. Στο πόσιμο νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα καθώς συνδέεται με την υγεία του ανθρώπου και πιο συγκεκριμένα με τις καρδιακές παθήσεις.

Το ασβέστιο προέρχεται κυρίως από ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης προέρχεται από τους ασβεστιονατριούχους αστρίους, τη γύψο, τους πυρόξενους και του αμφιβολίτες.

Κύρια πηγή μαγνησίου είναι ο ολιβίνης ο μαγνησίτης ο δολομίτης και οι χλωρίτες. Μαγνήσιο επίσης απαντάται στα ανθρακικά πετρώματα, στα οποία είναι περισσότερο άφθονο όταν περιέχουν μαγνησίτη και δολομίτη.

2) **Νάτριο (Na^+) και Κάλιο (K^+)**: Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του νατρίου και καλίου στα δείγματα που συλλέχθηκαν είναι η φασματομετρία ατομικής εκπομπής, με τη χρήση φλογόμετρου PFP7 (JENWAY). Τα αλκάλια κάλιο και νάτριο συναντώνται στους αστρίους. Τα κάλιο συνδέεται επίσης με τα καλιούχα λιπάσματα.

8γ. Ανιόντα

1) **Όξινα ανθρακικά (HCO_3^-)**: Ο υπολογισμός των όξινων ανθρακικών και η αλκαλικότητα προσδιορίστηκαν ογκομετρικά μεθειικό οξύ (H_2SO_4) και τη χρήση της δεικτών φαινολοφθαλεΐνης και βρωμοκρεσόλης.

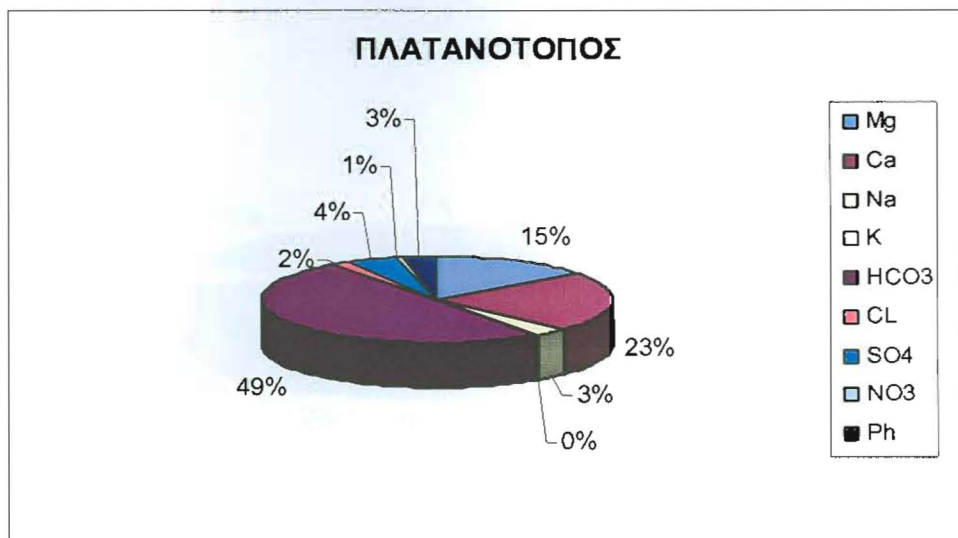
αλυσινών, χημικές γαίες.

παρουσία βιολογικών πύλων ή επιδραση ή ανάπτυξη ή με νερά ή απόδραση από νερό από τον άνθρωπο. Μεγάλες περιεκτικότητες σε νιτρικά ιόντα υποδηλώνουν την Μπορν να προσέρχονται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή προηγούμενη χρήση ορισμένων οργανικών υλικών ανώμαλων, όπως φυτικής και ζωτικής πρώτης (NO₂) φασματοφωτομετρικά. Τα νιτρικά ιόντα είναι το τελικό προϊόν της φυσικής τους σε νιτρική (NO₂) ή χρήση καθήμιου και στη συνέχεια τον προσδιορισμό του 4) **Νιτρικά (NO₃)**: Ο προσδιορισμός των νιτρικών βασίζεται στην αναγωγή

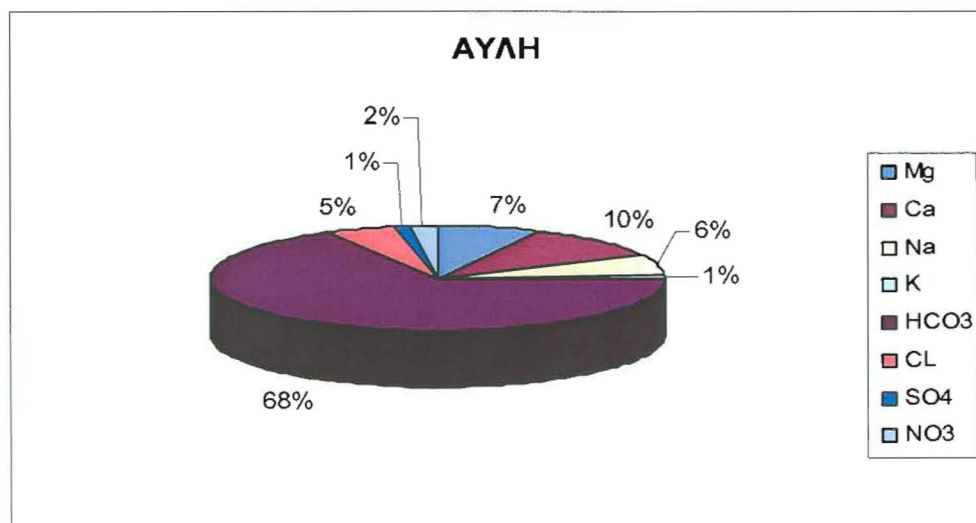
θειούχων ενώσεων που επιφανίζονται σε αργιλικά πετρώματα. ανιόντων είναι η διάλυση της γύψου και του ανυδρίτη, καθώς και η οξείδωση θολότητα υπολογίζεται φασματοφωτομετρικά. Κύρια προσέλευση των θειικών θολότητα του δείγματος από την καταβύθιση BaSO₄ με την προσθήκη BaCl₂. Η 3) **Θειικά (SO₄²⁻)**: ο προσδιορισμός των θειικών (SO₄²⁻) βασίζεται στη πλάστικών και θερμοχημικά εργασία.

αύξηση της επίσης προκαλείται στις βιομηχανικές περιοχές από την καύση ορυκτά και εβανόρες. Η διερεύνηση της θάλασσας είναι μια πηγή χλωριούχων. Η τα ιζηματογενή πετρώματα με μερική περιεκτικότητα σε θάλασσα αργιλικά κατάλληλου δείκτη (διφαινυλοκαρβαζόνη). Η κύρια προσέλευση των χλωριούχων είναι Hg(NO₃)₂ για το σχηματισμό χλωριούχου υδραργύρου HgCl₂ και προσθήκη του πραγματικοποιηθεί ογκομετρικά με τη χρήση διαλύματων ιιτρικού υδραργύρου 2) **Χλωριούχα (Cl⁻)**: Ο προσδιορισμός των χλωριούχων ιόντων

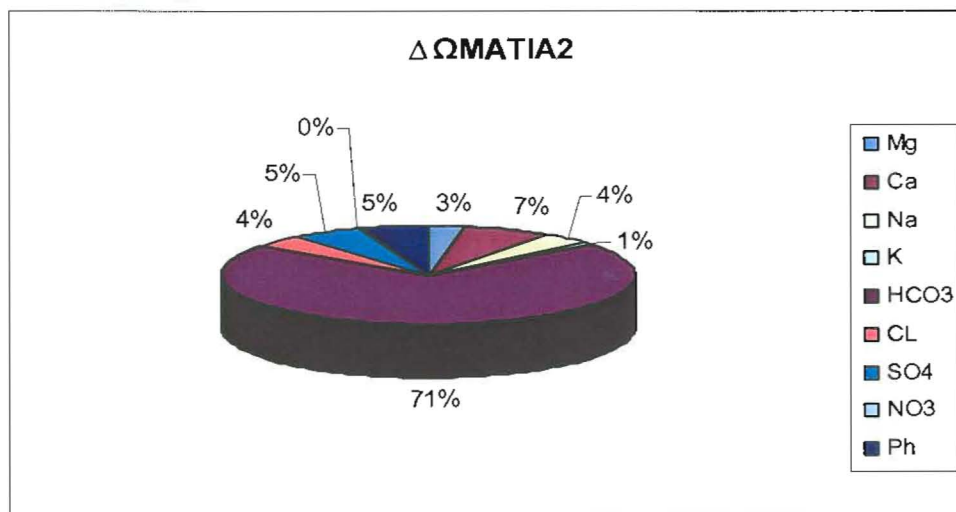
χλωριούχα, νιτρικά και θειικά ιόντα δεν συμβάλλουν στην αλκαλικότητα. νερών. Στα γλυκά υπόγεια νερά επικρατούν τα όξινα ανθρακικά ιόντα, ενώ τα οργανική ύλη επιδρά σημαντικά στον καθαρισμό της αλκαλικότητας των υπογείων ορισμένη ποσότητα υδρογόνου καπνώντων εξαιτίας της παρουσίας ιόντων (HCO₃)⁻. Η αλκαλικότητα είναι μέτρο της ικανότητας των νερών να εξουδετερώσουν



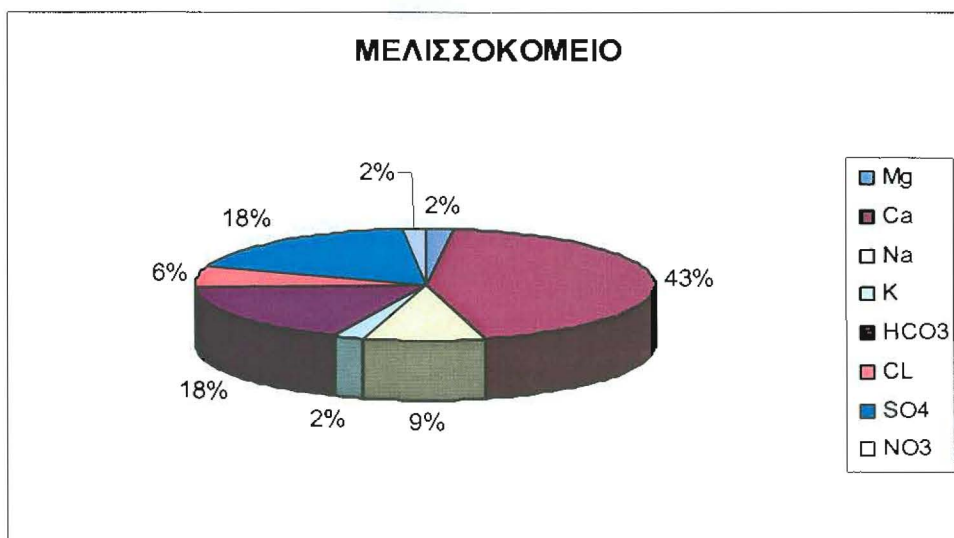
Σχήμα 7).Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Πλατανότοπος.



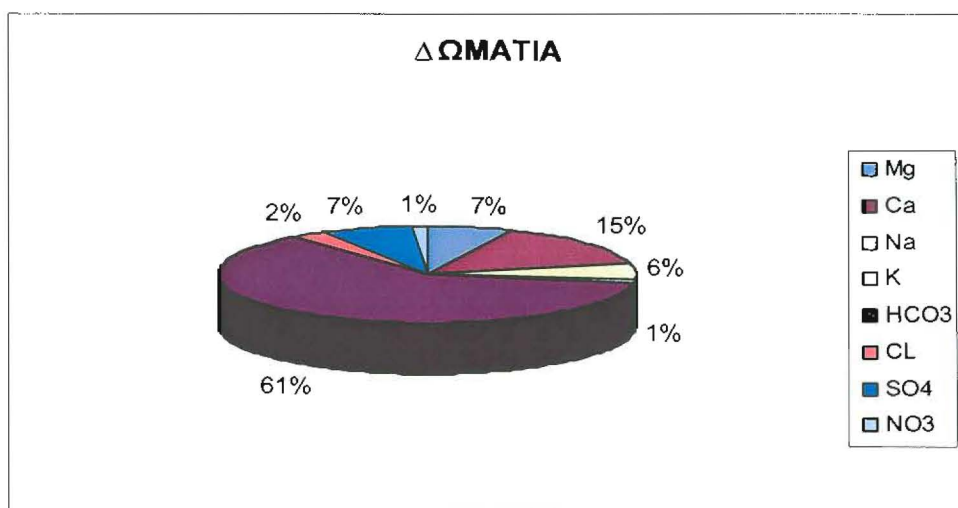
Σχήμα 8).Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Αυλή



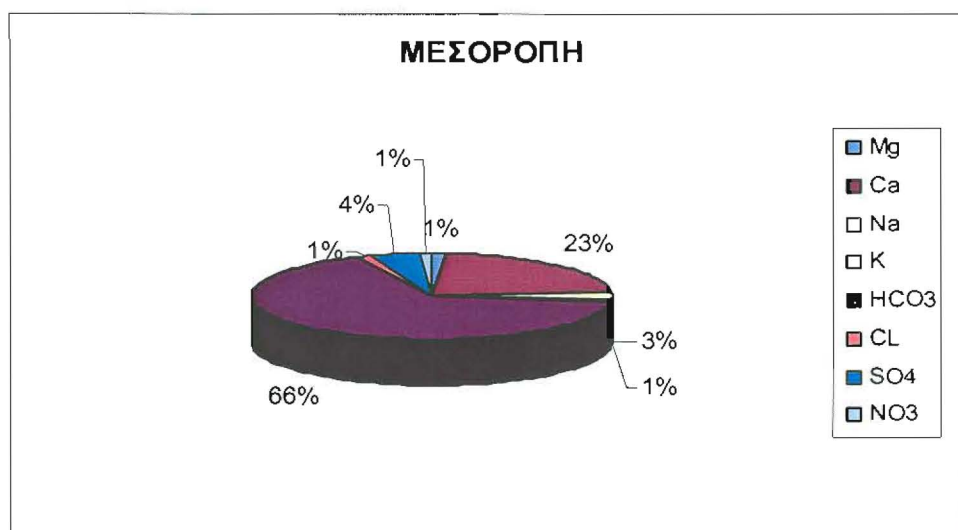
Σχήμα 9).Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Δωμάτια 2



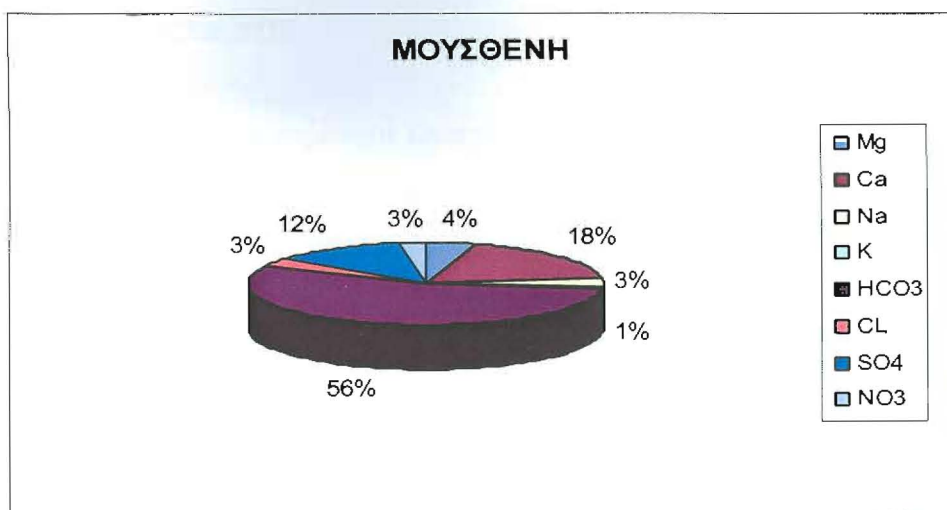
Σχήμα 10).Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Μελισσοκομείο



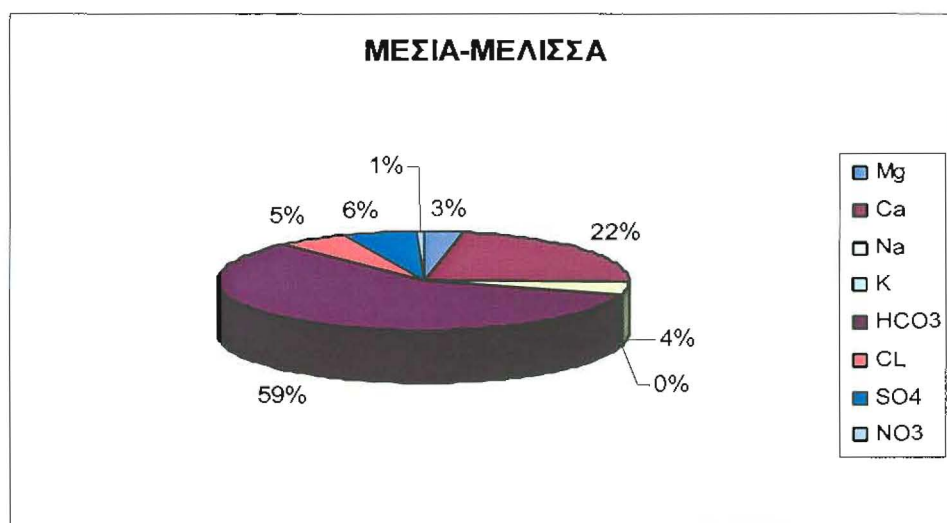
Σχήμα 11) Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Δωμάτια



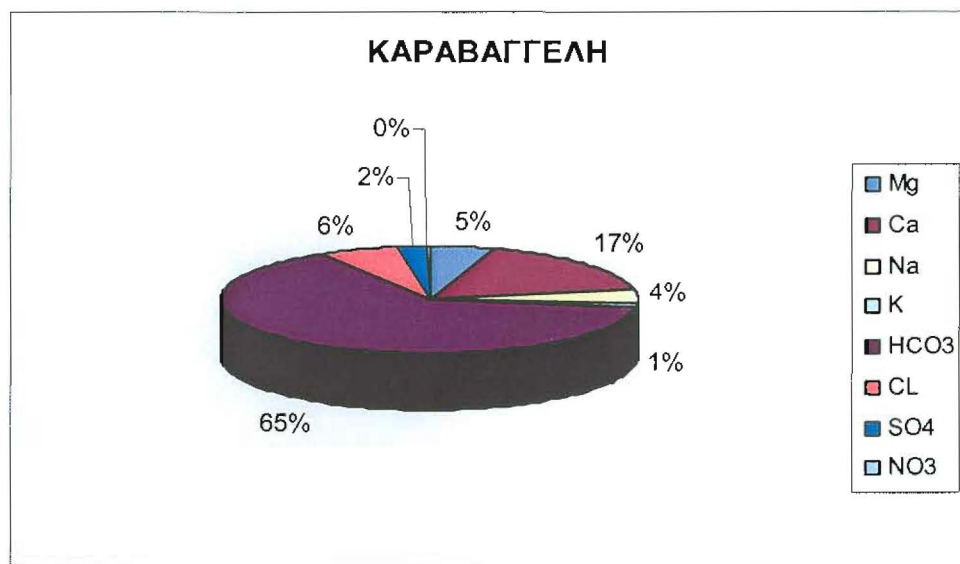
Σχήμα 12) Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Μεσορόπη.



Σχήμα 13) Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Μουσθένη



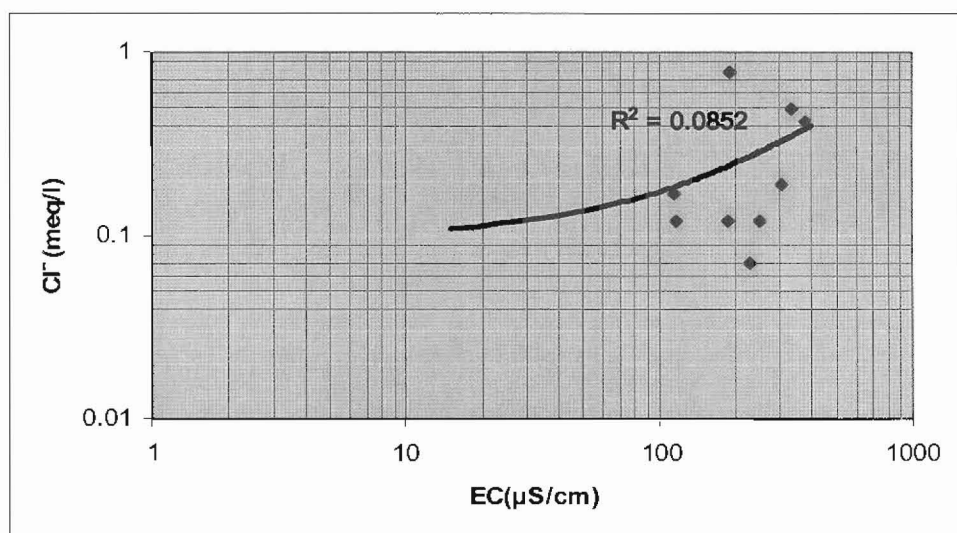
Σχήμα 14) Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Μεσιά-Μέλισσα



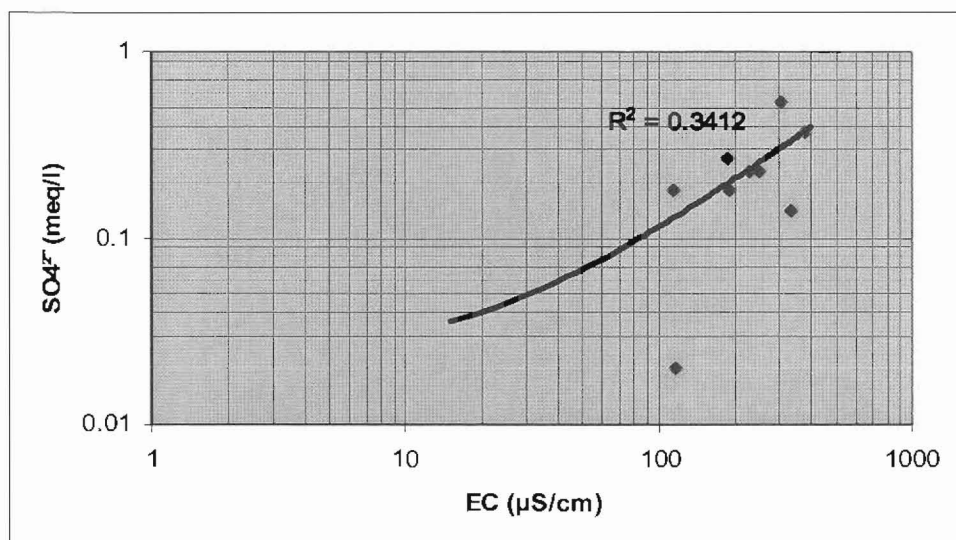
Σχήμα 15) Γράφημα εκατοστιαίας αναλογίας των ιόντων στη θέση Καραβαγγέλη

8δ .Ηλεκτρική αγωγιμότητα

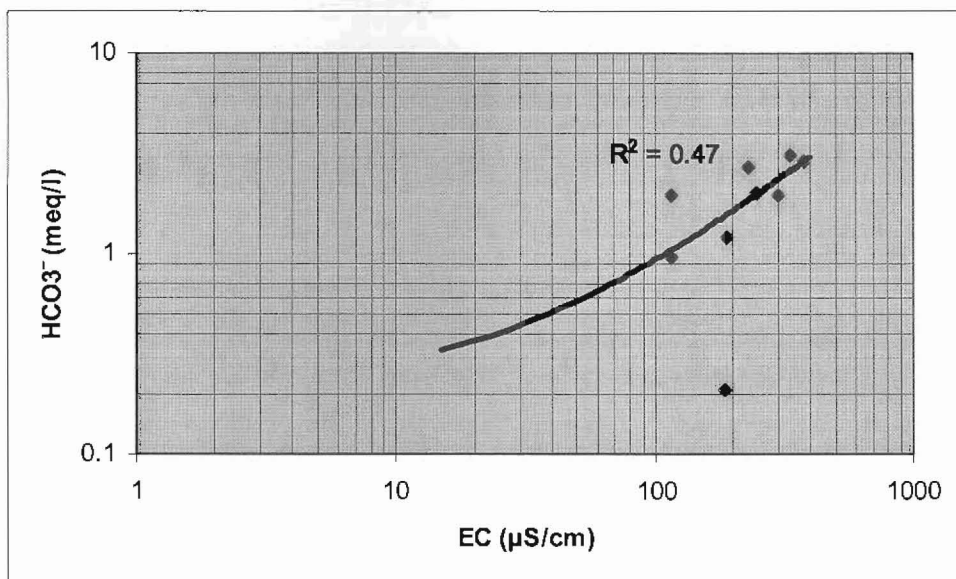
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί μια υδροχημική παράμετρο αντίστροφη της ηλεκτρικής αντίστασης και δίνεται σε μονάδες $\mu\text{S}/\text{cm}$. Η μέτρησή της δεν απαιτεί δυσκολία στη δειγματοληψία, συνδέεται δε πολύ στενά με τη θερμοκρασία του υπόγειου νερού. Αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η μεταξύ του στενή αυτή σχέση επιβάλλει την μέτρησή της στο ύπαιθρο στα σημεία εμφάνισης του υπόγειου νερού. Η μέτρηση της βασίζεται στη μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης του νερού με τη βοήθεια της γέφυρας Philips ή Kohlrausch.



Σχήμα 16). Διακύμανση της (E.C) για το ιόν του χλωρίου



Σχήμα 17). Διακύμανση της (E.C) για τη θειική ρίζα



Σχήμα 18). Διακύμανση της (E.C) για το ανθρακικό οξύ

δε .Ενεργός οξύτης

Ο ενεργός οξύτης pH αποτελεί ουσία τον αρνητικό λογάριθμο της ενεργότητας των ιόντων του υδρογόνου. Οι φυσικοί παράγοντες που ρυθμίζουν την ενεργότητα των ιόντων του υδρογόνου αλλάζουν με την απομάκρυνση του δείγματος από τον υδροφόρο ορίζοντα. Για αυτό το λόγο είναι αναγκαίο, η μέτρηση του pH να γίνεται απευθείας στο σημείο εξόδου του υπόγειου νερού, χωρίς χρονική καθυστέρηση.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ενεργού οξύτη, είναι με την χρήση ηλεκτροδίου υάλου – ηλεκτροδίου καλομέλανος ή Ag/AgCl και ενός pH-μέτρου.

Πίνακας 5).Πίνακας κατανομής υδροχημικών παραμέτρων

	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	ΟΛ.ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ
ΠΛΑΤΑΝΟΤΟΠΟΣ	7.84	248	140	247
ΔΩΜΑΤΙΑ2	8.67	115	29	58
ΜΕΣΟΡΟΠΗ	7.85	229	138	148
ΜΕΛΙΣΟΚΟΜΕΙΟ	8.00	187	80	86
ΑΥΛΗ	7.86	116	23	49
ΚΑΡΑΒΑΓΓΕΛΗ	7.77	334	123	183
ΜΕΣΣΙΑ-ΜΕΛΙΣΣΑ	7.79	376	168	207
ΜΟΥΣΘΕΝΗ	8.14	302	99	137
ΔΩΜΑΤΙΑ	8.43	190	44	77
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	8.04	233	93.7	132.4

δστ. Ιοντικοί λόγοι

Η διακύμανση των τιμών των ιοντικών λόγων εξαρτάται από το είδος των πετρωμάτων στα οποία αποθηκεύεται το νερό ή διαπερνά από μέσα τους και σχετίζεται με τον βαθμό ανανέωσης ή ανάμιξης του με το θαλασσινό νερό. Οι ιοντικοί λόγοι εκφράζουν την ιοντική ισορροπία η οποία μας αποκαλύπτει πολλά δεδομένα από την υπόγεια πορεία του νερού, τον χρόνο παραμονής του, τις διάφορες αναμίξεις του κ.τ.λ.

Οι κυριότεροι ιοντικοί λόγοι, σύμφωνα με τον Σούλιο 2006, είναι οι εξής:

α) **Ιοντικός λόγος Mg/Ca** < 0,5-0,7 meq/l, όπου και κυμαίνονται οι τιμές των δειγμάτων, αντιστοιχεί σε νερό από ασβεστολιθικά υδροφόρα.

β) Ιοντικός λόγος Na/Cl

1) $Na/Cl = 0.876 \pm 10\%$ κανονικό υπόγειο νερό (πηγές Καραβαγγέλη)

2) $Na/Cl > 1$ νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα (Μεσσιά-Μέλισσα και Μεσορόπη)

3) $Na/Cl < 0.876 \pm 10\%$ συνεπάγεται υφαλμύρωση του υδροφορέα. (στις υπόλοιπες πηγές που συλλέχθηκαν δείγματα)

γ) **Ιοντικός λόγος $Ca+Mg/K+Na > 1$** υδροφόρο στρώμα με συνεχή τροφοδοσία που όπως προκύπτει από τις αναλύσεις ισχύει για όλη την περιοχή μελέτης.

δ) **Ιοντικός λόγος $Na/K < 10$** συνεπάγεται βρόχινο νερό, το οποίο τροφοδοτεί τις πηγες.

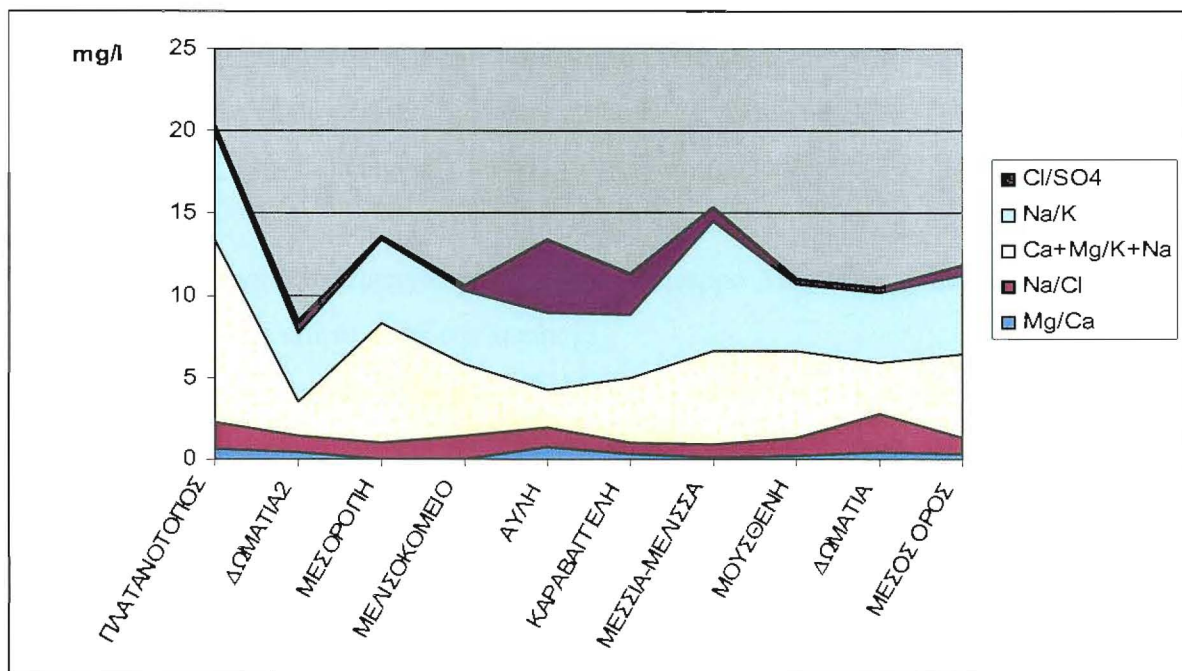
ε) **Ιοντικός λόγος Cl/SO_4** : έχει σχέση με την υφαλμύρωση και την ύπαρξη των υπολειμματικών αλάτων στους υδροφορείς

1) $Cl/SO_4 = 1-5$ νερό χλωροθειούχο που απαντάται στις πηγές Αυλή και Καραβαγγέλη

2) $Cl/SO_4 = 0.2-1$ νερό θειούχο- χλωριούχο που αντιστοιχεί στις υπόλοιπες δειγματοληψίες.

Πίνακας 6). Πίνακας κατανομής ιοντικών λόγων στις θέσεις συλλογής δειγμάτων

	Mg/C α	Na/ Cl	Ca+Mg/K+ Na	Na/ K	Cl/S O ₄
ΠΛΑΤΑΝΟΤΟ ΠΟΣ	0.64	1.67	11.07	6.54	0.39
ΔΩΜΑΤΙΑ2	0.39	1.03	2.07	4.2	0.67
ΜΕΣΟΡΟΠΗ	0.04	0.95	7.29	5.07	0.23
ΜΕΛΙΣΟΚΟΜ ΕΙΟ	0.04	1.4	4.39	4.42	0.33
ΑΥΛΗ	0.68	1.29	2.24	4.75	4.4
ΚΑΡΑΒΑΓΓΕΛ Η	0.29	0.72	4.01	3.81	2.5
ΜΕΣΣΙΑ- ΜΕΛΙΣΣΑ	0.14	0.78	5.76	7.86	0.83
ΜΟΥΣΘΕΝΗ	0.23	1.07	5.31	4.11	0.26
ΔΩΜΑΤΙΑ	0.46	2.39	3.09	4.18	0.31
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	0.27	1.09	5.06	4.8	0.61



Σχήμα 19). Κατανομή τιμών των ιόντικών λόγων

9.ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1)Η μελετούμενη περιοχή βρίσκεται νοτιοδυτικά στο νομό Καβάλας καλύπτοντας τα διοικητικά όρια των Δημοτικών Διαμερισμάτων Πλατανότοπος, Μεσορόπη, Μουσθένη, Δωμάτια, Μελισσοκομείο , Αυλή, Μεσιά και Σιδηροχώρι.

2)Η λεκάνη αποστραγγίζεται από τον Χείμαρρο Μαρμαρά, ο οποίος δέχεται τα φερτά υλικά και τα νερά της λεκάνης.

3)Η περιοχή ανήκει στην μάζα Ροδόπης. Η κατώτερη σειρά των πετρωμάτων αποτελείται από σχιστογενείς, η οποία επικαλύπτεται από την σειρά μαρμάρων. Στις ανώτερες τάξεις της στρωματογραφικής ακολουθίας συναντάται η ανώτερη σειρά σχιστογενειών με εμφανίσεις πρασινοσχιστολίθων.

4)Η λεκάνη της Πιερίας δημιουργήθηκε στα όρια Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου κατά την τεκτονική βύθιση του ενδιάμεσου συγκλίνου και ανύψωση των αντικλίνων του Παγγαίου και του Συμβόλου.

5)Στο βόρειο Σύμβολο, όπως και στο νότιο Παγγαίο, απαντούν οι δύο συνορογενετικές φάσεις πτυχώσεων, οι B1 και B2 με στοιχεία δομής κάθετα μεταξύ τους.

6)Οι κατατμήσεις και τα ρήγματα της περιοχής έχουν γενικές διευθύνσεις τόσο βορειοανατολικές γύρω στις 50°, όσο και βορειοδυτικές γύρω στις 140°, παράλληλες αντίστοιχα στα στοιχεία δομής της B1 και B2 πτυχώσεως.

7)Η ελεύθερη επιφάνεια του νερού, εμφανίζει ισοσταθμικές διαφοροποιήσεις του απόλυτου ύψους, λόγω της μικρής υδατοπερατότητας των κατατμήσεων.

8)Η περιεκτικότητα του νερού σε ασβέστιο και χλώριο παρουσιάζει τιμές κατώτερες των ενδεικτικών τιμών του πόσιμου νερού.

9)Στη χημική ανάλυση των δειγμάτων οι περιεκτικότητες του νατρίου, καλίου και μαγνησίου απαντούν κατώτερες τιμές του ανώτατου ορίου ποσιμότητας.

10) Τα όξινα ανθρακικά παρουσιάζουν εναλλαγές των τιμών ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων. Υψηλές τιμές συναντώνται στα ασβεστολιθικά πετρώματα και αρκετά χαμηλές στους γνεύσιους και στους σιστόλιθους.

11) Η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ μέχρι 376 $\mu\text{S}/\text{cm}$, διακύμανση κατώτερη του ανώτατου ορίου του πόσιμου νερού.

12) Το νερό της περιοχής χαρακτηρίζεται αλκαλικό και η υδάτινη μάζα νέα, με βάση της τιμές του pH.

13) Σύμφωνα με τους ιοντικούς λόγους το νερό της περιοχής προέρχεται από ασβεστολιθικά υδροφόρα που τα στρώματά τους παρουσιάζουν διαρκή τροφοδοσία. Η προέλευση του νερού είναι βρόχινη και χαρακτηρίζεται χλωροθειούχο, στις θέσεις Καραβαγγέλη και Αυλή, ενώ στις υπόλοιπες θειούχο-χλωριούχο.

14) Από τις συνολικές παρατηρήσεις, μπορούν να προσδιοριστούν οι παροχές των πηγών, η ποιότητα των νερού και οι αποθηκευμένες ποσότητες του, όταν είναι γνωστό το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της περιοχής, γεγονός σημαντικό για την αξιοποίηση και ορθολογική εκμετάλλευση του υπόγειου υδάτινου δυναμικού της.

10.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Μουντράκης Δ.Μ. (1985 : Γεωλογία της Ελλάδος, εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Ι.Γ.Μ.Ε. (1974): Γεωλογικοί χάρτες, βιβλιοθήκη τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ, φύλλα: Χρυσούπολη, Καβάλα

Βουδούρης Κ. (2007): Θέματα Υδρογεωλογία περιβάλλοντος, τμήμα εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Δημόπουλος Γ. (1978): Περί του σχηματισμού των υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης μεταξύ των ορέων Παγγαίου-Συμβόλου (Πιέρια λεκάνη)

Σούλιος Γ.Χ. (1986): Γενική Υδρογεωλογία, τόμος 1, εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Σούλιος Γ.Χ. (2006): Γενική Υδρογεωλογία, τόμος 4, εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Λαμπράκης Ν. (1992): Εισαγωγή Στην Υδροχημεία. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρων.

Καλλέργης Γ.Α. (2000): Εφαρμοσμένη περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, τόμος Β". Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.

Schenk, P.F. (1970): Geologie des westlichen Pangaion in Griechish-Ostmakedonien.

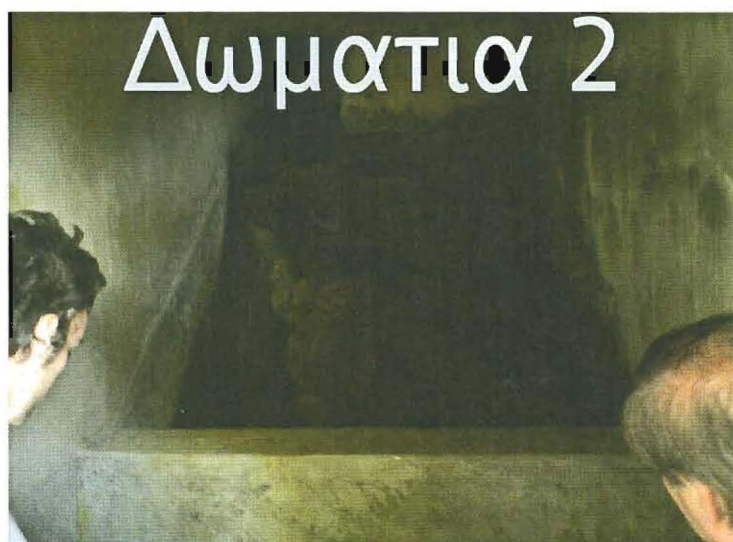
Google Earth: Χάρτες μέσω δορυφόρου και internet

11.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

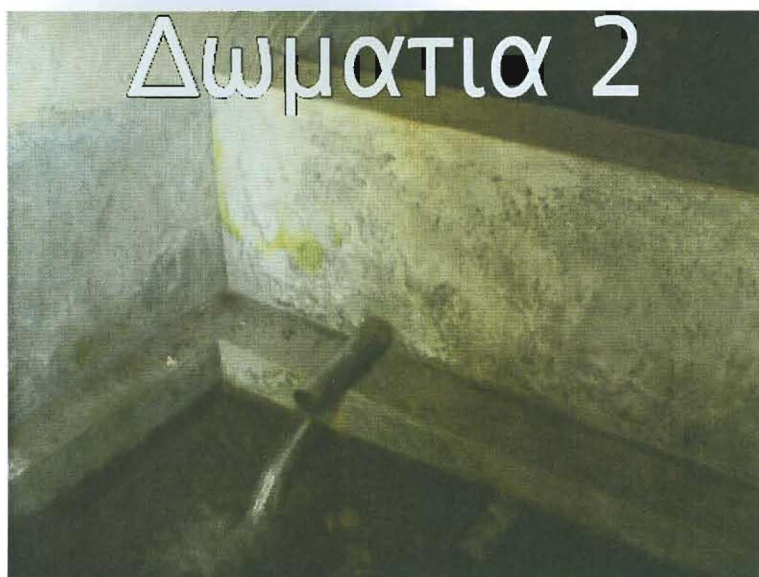
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ



Εικόνα 1). Μεσορόπη



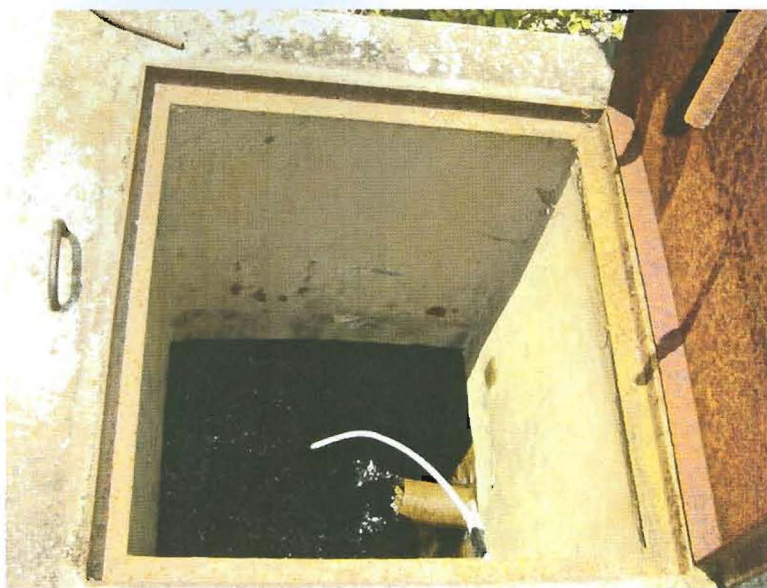
Εικόνα 2). Δωμάτια 2



Εικόνα 3). Δωμάτια 2



Εικόνα 4). Καραβαγγέλη



Εικόνα 5). Δωμάτια (φρεαρ)



Εικόνα 6). Μουσθένη



Εικόνα 7). Πλατανότοπος



Εικόνα 8s). Μελισσοκομείο