

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΙ
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙΟΥ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΔΟΝΤΣΙΟΥ ΠΗΝΕΛΟΠΗ
Α.Ε.Μ: 3549**

**Υπεύθυνος Καθηγητής:
ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α.Π.Θ.**

Θεσσαλονίκη, 2011



**ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΙ
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙΟΥ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**





Στην οικογένεια μου





ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙΟΥ** 9

1.1. Γεωγραφικά στοιχεία περιοχής μελέτης.....	9
1.2. Ιστορία του Αγγελοχωρίου	10
1.3. Πληθυσμιακή ανάπτυξη.....	13
1.4. Χρήσεις γης, απασχόληση και οικονομική δραστηριότητα στην κοινότητα Αγγελοχωρίου	15
1.5. Κλιματολογικά στοιχεία.....	19
1.6. Γεωγραφικά-Γεωμορφολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής Αγγελοχωρίου	23
1.7. Βασικά χαρακτηριστικά υδρογραφικού δικτύου του ευρύτερου υδροφόρου συστήματος Επανομής - Μουδανιών.....	25
1.8. Γεωλογία περιοχής.....	26
1.9. Τεκτονική περιοχής.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ** 37

2.1. Υδρολιθολογία Λεκάνης.....	37
---------------------------------	----

2.1.1. Υδρολιθολογική ενότητα «Α» περατοί σχηματισμοί.....	38
2.1.2. Υδρολιθολογική ενότητα «Β» ημιπερατοί σχηματισμοί.....	40
2.1.3. Υδρολιθολογική ενότητα «Γ» αδιαπέρατοι σχηματισμοί.....	40
2.2. Πιεζομετρία περιοχής	44
2.2.1. Εξοπλισμός και διαδικασία σταθμημέτρησης και δειγματοληψίας.....	44
2.2.2. Στάθμη υπόγειων νερών.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ 49

3.1. Πηγές ρύπανσης.....	49
3.2. Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΕ.....	52
3.3. Φυσικοχημικές παράμετροι των νερών.....	56
3.4. Αποτελέσματα ανάλυσης.....	67
3.4.1. Υδροχημικοί τύποι.....	71
3.5. Υφαλμύριση.....	76

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ 81

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 85

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 89

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σε προπτυχιακό επίπεδο, είναι η μελέτη της διακύμανσης της στάθμης και της ποιότητας του υπογείου νερού στην κοινότητα του Αγγελοχωρίου του Δήμου Θερμαϊκού, στον νομό Θεσσαλονίκης..

Οι ανάγκες για υδάτινους πόρους αυξάνονται συνεχώς εξαιτίας: της προσπάθειας βελτίωσης του επιπέδου ζωής του σύγχρονου ανθρώπου, της αστικοποίησης, της εντατικής γεωργίας, της αύξησης του πληθυσμού. Οι επιπτώσεις από την παραπάνω ανάγκη αφορούν την ποσοτική μείωση (αρνητικά ισοζύγια-πτώση στάθμης του υπόγειου νερού) καθώς και την ποιοτική του υποβάθμιση (υφαλμύρωση, νιτρορύπανση).

Η μείωση των υδάτινων αποθεμάτων είναι ένα θέμα που απασχολεί σε μεγάλο βαθμό τόσο επιστημονικούς κύκλους που ασχολούνται με την μελέτη και αξιολόγηση των υδατικών αποθεμάτων, όσο και τους αγρότες οι οποίοι τα τελευταία χρόνια αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα με την ποσότητα αλλά και την ποιότητα του νερού που αντλούν από τις γεωτρήσεις προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες τους σε νερό ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες.

Ωστόσο το πρόβλημα του νερού έχει αρχίσει να απασχολεί σε τοπικό τουλάχιστον επίπεδο και δημόσιους φορείς (δήμους και κοινότητες) που με ανάθεση μελετών καλούν τους υδρογεωλόγους να αποφανθούν για την ποιότητα του και την εξάντληση του ώστε να λάβουν τα απαραίτητα, ανεπιτυχώς ως επί των πλείστον, μέτρα για την αντιμετώπιση του.

Είναι κοινά αποδεκτό πως η ποιοτική κατάσταση του υπόγειου νερού αποτελεί εξίσου σημαντική παράμετρο με την ποσοτική του επάρκεια. Η ποιότητα του υπόγειου και εδαφικού νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση, με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση, και στους μικροοργανισμούς. Η διαμόρφωση της σύστασης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, βιολογικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης, είτε με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις

φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα των υπόγειων νερών (π.χ. η εισροή θαλασσινού νερού).

Η περιοχή του Αγγελοχωρίου αλλά και η ευρύτερη αυτής χαρακτηρίζεται από εκτενείς καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αφού η γεωργία αποτελεί τον κύριο κλάδο απασχόλησης των περισσότερων από τους κατοίκους της. Έτσι η μελέτη της διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού σε βάθος χρόνου αποτελεί σημαντική πληροφόρηση για αυτούς ώστε να μπορέσουν μακροπρόθεσμα να βελτιώσουν, όσο ακόμα είναι δυνατόν, την διαχείριση και ποιότητα του.

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας, σε προπτυχιακό επίπεδο, δεν ήταν δυνατόν να γίνει μελέτη της διακύμανσης της στάθμης για μια σειρά ετών ώστε να εξαχθούν αξιολογικά συμπεράσματα και προτάσεις. Ωστόσο μέσω της εργασίας αυτής δίνεται μια εικόνα για την συμπεριφορά της στάθμης του υπόγειου νερού και της ποιότητας του για την περιοχή μελέτης.

Για τον σκοπό αυτό στο πρώτο κεφάλαιο δίνονται πληροφορίες για την περιοχή του Αγγελοχωρίου που έχουν να κάνουν με γενικά πληθυσμιακά στοιχεία, ιστορικά, κλιματολογικά, γεωγραφικά - γεωμορφολογικά, γεωλογικά και τεκτονικά ώστε να γίνει μια πρώτη παρουσίαση της περιοχής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται εκτενώς η υδρολιθολογία της περιοχής μελέτης, παρουσιάζονται λιθοστρωματογραφικά στοιχεία αυτής και τέλος παρουσιάζεται η διακύμανση της στάθμης και της διεύθυνσης της ροής του νερού.

Το τρίτο κεφάλαιο έχει ως αντικείμενο την παρουσίαση της ποιοτικής κατάστασης του υπόγειου υδροφόρου συστήματος της περιοχής. Για να επιτευχθεί αυτό συλλέχθηκαν δείγματα νερού τα οποία έπειτα από εργαστηριακή ανάλυση έδωσαν χρήσιμες πληροφορίες για την καταλληλότητα του νερού για πόση όσο και για την καταλληλότητα του στη κάλυψη αρδευτικών αναγκών.

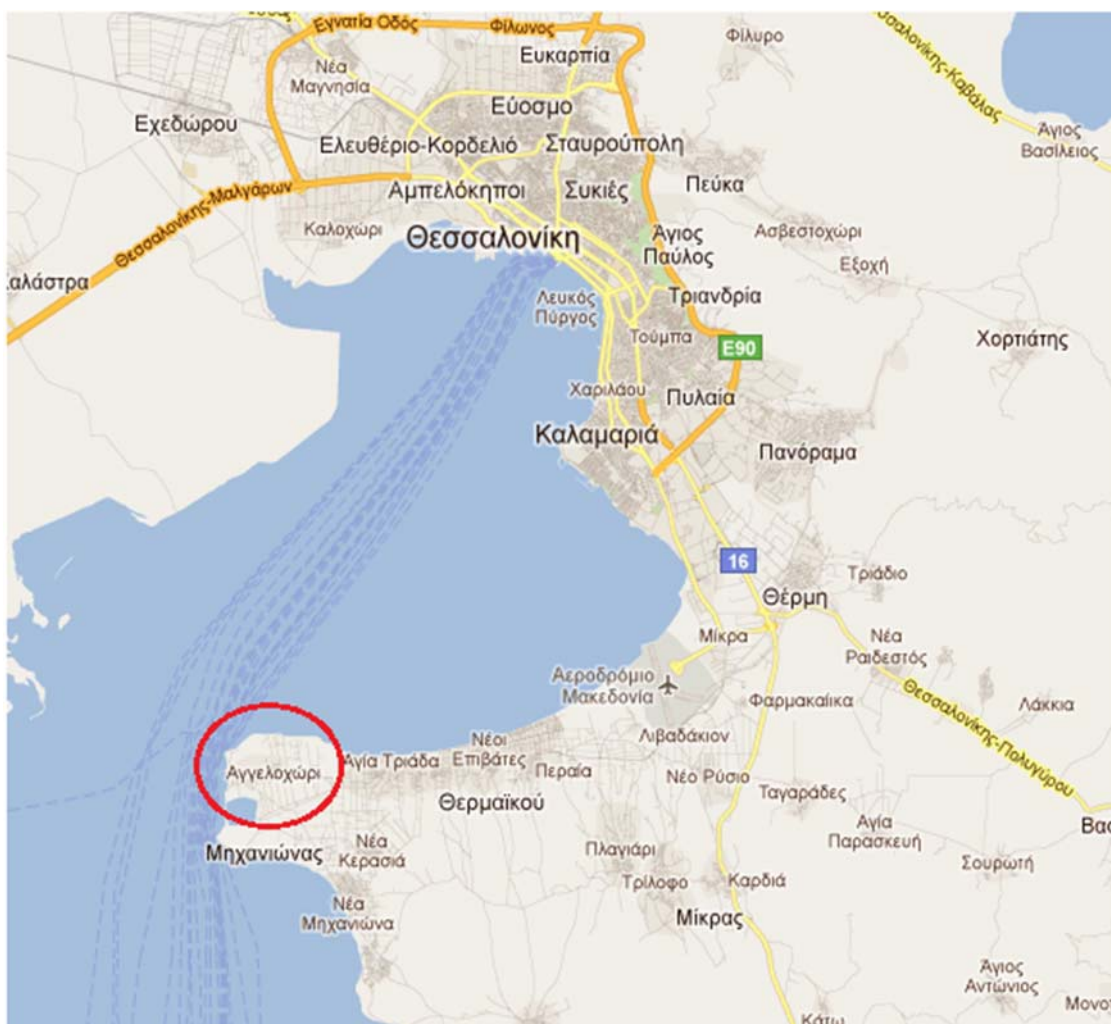
Στο τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη ενώ ταυτόχρονα προτίθενται και πιθανές προτάσεις/λύσεις για τα προβλήματα και τα φαινόμενα που διαπιστώθηκαν στην περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ
ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙΟΥ

1.1. Γεωγραφικά στοιχεία περιοχής μελέτης

Το Αγγελοχώρι βρίσκεται μόλις 32 km νοτιοανατολικά της Θεσσαλονίκης, στη θέση του ακρωτηρίου Μεγάλο Έμβολο (εικόνα 1.1), 4 km. πριν την Ν. Μηχανιώνα. Μετά το σχέδιο Καποδίστρια, ανήκει πλέον διοικητικά ως δημοτικό διαμέρισμα στον Δήμο Μηχανιώνας, αλλά δεν έχει χάσει ακόμη την φυσιογνωμία του χωριού.



Εικόνα 1.1. Γεωγραφική θέση Αγγελοχωρίου Θεσσαλονίκης.

Πηγή: google earth

Πρόκειται για μια παραθαλάσσια περιοχή, με υψόμετρο που δεν ξεπερνά τα 50 m. Βόρεια, νότια και δυτικά βρέχεται από θάλασσα, ενώ η μόνη τροφοδοσία γλυκού

νερού στην περιοχή γίνεται από τα ανατολικά. Η περιοχή μελέτης καλύπτει την έκταση των 13 km².

Στην νότια πλευρά, στην αμμώδη ακτή σε μια μεγάλη επίπεδη έκταση βρίσκεται ο υδροβιότοπος Αγγελοχωρίου που περιλαμβάνει τις δεξαμενές εξάτμισης θαλασσινού νερού των αλυκών με χαμηλά χωμάτινα αναχώματα για κρυστάλλωση και εξόρυξη αλατιού, μια ρηχή λιμνοθάλασσα χωρίς νησίδες, αλμυρόβαλτους που πλημμυρίζουν κυρίως κατά την χειμερινή και εαρινή περίοδο, πολλές αμοθίνες και συστάδες θάμνων. Στην περιοχή αυτή αναπτύσσεται μεγάλης ποικιλίας και σπουδαιότητας ορνιθοπανίδα, πάνω από 370 είδη πουλιών που φωλιάζουν, διαχειμάζουν, ή εμφανίζονται κατά τις μεταναστευτικές περιόδους και 48 από αυτά προστατεύονται αυστηρά από την κοινοτική οδηγία 79/409-85/411.

Οι αλυκές αλατιού ανήκουν στην εταιρία Ελληνικές Αλυκές Α.Ε.. Η συγκομιδή γίνεται τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο, και το μεγαλύτερο κομμάτι της παραγωγής χρησιμοποιείται από τις Δ.Ε.Κ.Ε. ως αντιπαγετικό στους δρόμους κατά την διάρκεια του χειμώνα.

1.2. Ιστορία του Αγγελοχωρίου

Το Αγγελοχώρι ιδρύθηκε κατά την ανταλλαγή πληθυσμών του 1923, αλλά οι περισσότερες από τις 740 οικογένειες του αρχικού οικισμού διασκορπίστηκαν σε άλλους οικισμούς του Νομού Θεσσαλονίκης, αλλά και των Νομών Καβάλας, Ημαθίας και Χαλκιδικής.

Η καταγωγή των Αγγελοχωριτών είναι από το ομώνυμο χωριό της Ανατ. Θράκης που βρισκόταν 10 km βόρεια της Καλλιπόλεως σε μια ορεινή δασώδη τοποθεσία σε υψόμετρο 1000 μέτρων περίπου και αριθμούσε γύρω στις 2000 ψυχές. Άνθρωποι φιλήσυχοι και εργατικοί καταγίνονταν με την γεωργία, την κτηνοτροφία και ψάρευαν από την πλευρά του Αιγαίου Πελάγους. Έφτιαχναν κρασιά και τσίπουρο (ντούζικο) από τους καταπράσινους αμπελώνες, οι γυναίκες ωραία υφαντά και οι χτίστες που δούλευαν την πέτρα ήταν περιζήτητοι. Οι Τούρκοι το αποκαλούσαν ειρωνικά και μειωτικά Σεϊτάνκιοϊ δηλ. Διαβολοχώρι. Δυσπρόσιτο όπως ήταν με κακοτράχαλο δρόμο μάλλον δυσκόλευε το φοροεισπρακτικό τους έργο. Τον Νοέμβριο του 1922 μετά την αποχώρηση του Ελληνικού Στρατού από την Ανατολική Θράκη, οι

περήφανοι και σκληροτράχηλοι αυτοί ορεσίβιοι άφηναν μια για πάντα τις

πατρογονικές τους εστίες ξαναφτιάχνοντας την ζωή τους αυτή την φορά δίπλα στην θάλασσα.

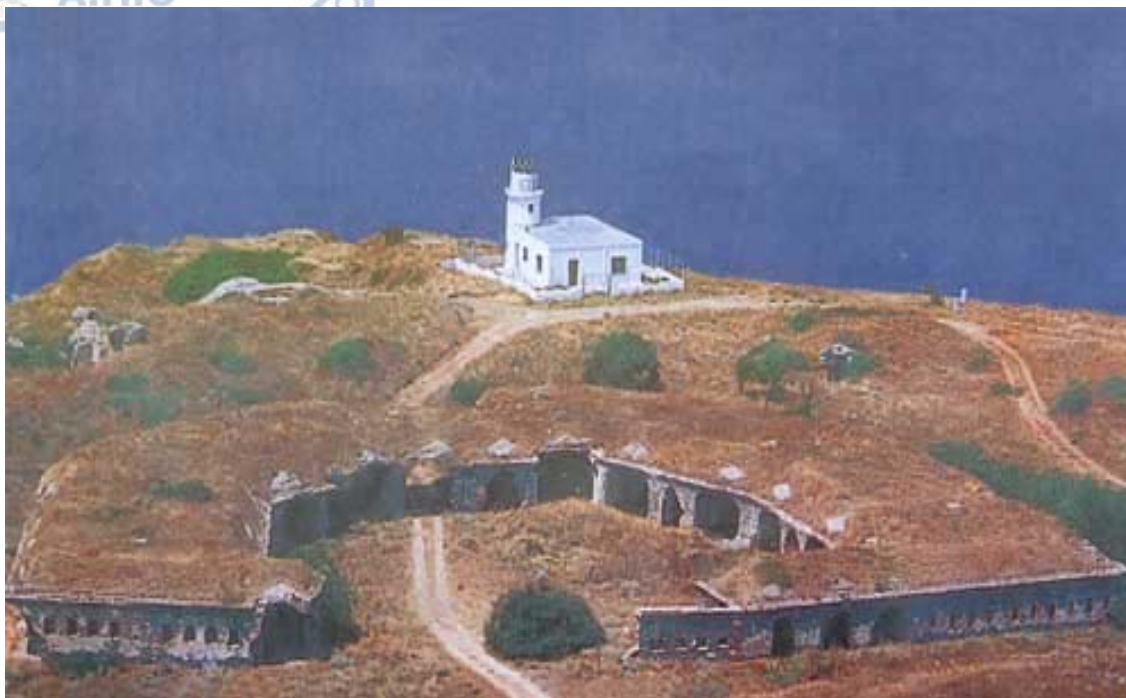
Αρχικά ανήκε διοικητικά στην Κοινότητα της Επανομής από το 1918 έως το 1926 όταν αποσπάστηκε μαζί με τη Ν. Μηχανιώνα και τη Ν. Κερασιά και αποτέλεσαν την Κοινότητα της Ν. Μηχανιώνας (Π.Δ. 16.6.26, ΦΕΚ Α'217/1926). Το 1951 το Αγγελοχώρι αποτέλεσε ξεχωριστή κοινότητα (Π.Δ. 3.12.51, ΦΕΚ 314), ενώ με το νόμο 2539/97 για τη συγκρότηση της πρωτοβάθμιας τοπικής αυτοδιοίκησης, ανήκει πλέον στον Καλλικρατικό Δήμο Θερμαϊκού.

Η περιοχή παρουσιάζει ιδιαίτερο ιστορικό και αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Στην «μύτη» της βόρειας βραχώδους ακτής βρίσκονται τα οχυρά Καραμπουρνού που χτίστηκαν την περίοδο 1883-85 από Γερμανούς τεχνικούς για λογαριασμό του Τούρκικου στρατού και τα οποία εξασφάλιζαν την άμυνα της εισόδου του έσω Θερμαϊκού κόλπου και επομένως την προστασία του σημαντικού για την εποχή εκείνη, λιμανιού της Θεσσαλονίκης. Πρόκειται για το Οχυρό Αγγελοχωρίου που βρίσκεται στα βόρεια του ακρωτηρίου του Μεγάλου Εμβόλου (Μεγάλου Καραμπουρνού) σε ύψος περίπου 20m από την επιφάνεια της θάλασσας και το Οχυρό Τούζλα, που είναι εγκατεστημένο στο λόφο όπου έχει εντοπιστεί η αρχαία Αίνεια. Το Υπουργείο Πολιτισμού χαρακτήρισε τα Οχυρά του μεγάλου Εμβόλου (Αγγελοχωρίου και Τούζλας) με τον περιβάλλοντα χώρο τους ως ιστορικά διατηρητέα μνημεία.

Πάνω ακριβώς από τον πολυγωνικού σχήματος λιθόχτιστο στρατώνα στέκει ο πέτρινος φάρος (εικόνα 1.2), ύψους 10,5 m και εστιακού ύψους 32 m, που από το 1864 εξασφαλίζει την ακίνδυνη ναυσιπλοΐα στην περιοχή, έναν από τους πολλούς που ανέλαβε να κατασκευάσει στα μέσα του 19ου αιώνα η Γαλλική εταιρία Οθωμανικών φάρων και εντάχθηκε στο Ελληνικό φαρικό δίκτυο μετά τους Βαλκανικούς Πολέμους του 1912-13. Συνεργάζεται με τον Ραδιοφάρο που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά του Θερμαϊκού, στις εκβολές του Αξιού ενώ αποτελεί μνημείο και είναι ένας από τους 25 διατηρητέους της χώρας. Στο οχυρό έγιναν πολλές μετατροπές και προσαρτήσεις κατά τον Α' και Β' Παγκόσμιο πόλεμο. Ακριβώς δίπλα στο φάρο σώζεται ένα από τα 5 πυροβολεία από μπετόν που έχτισαν οι Γερμανοί κατακτητές το 1940 για να δεχθούν κανόνια και αντιαεροπορικά και προσομοιάζουν μ' αυτά που είχαν κατασκευάσει κατά μήκος της βόρειας ακτής του Ατλαντικού.

Σήμερα η περιοχή είναι ιδιοκτησίας του Ελληνικού Πολεμικού Ναυτικού και φιλοξενεί τη βάση ασυρμάτων Κ.Ε.Α. (κέντρο εκπομπής Αγγελοχωρίου). Η γεωφυσική του θέση λοιπόν ήταν πάντα νευραλγικής σημασίας σε περιόδους ειρήνης

και πολέμου.



Εικόνα 1.2. Πέτρινος Φάρος Αγγελοχωρίου.

Το 1979 με αφορμή την κατασκευή της κοινοτικής δεξαμενής της Νέας Μηχανιώνας Θεσσαλονίκης, ανασκάφτηκαν τέσσερις κιβωτιόσχημοι τάφοι της γνωστής από τις αρχαίες πηγές πόλη της Αίνειας, οι οποίοι ήταν σύγχρονοι με τους τάφους της Βεργίνας.

Η αρχαία πόλη εντοπίστηκε πάνω στην παραθαλάσσια τούμπα "Τάμπια", βορειοδυτικά της Νέας Μηχανιώνας. Έχουν ανασκαφεί τάφοι των κλασικών χρόνων (5^{ος} - 4^{ος} αι. π.Χ.) με τοιχογραφίες στο εσωτερικό τους, οι οποίες εκτίθενται μαζί με τα κτερίσματα (σπάνια νομίσματα, αμφορείς & αλάβαστρα) στο Μουσείο Θεσσαλονίκης. Πρόκειται για οικισμό σε τράπεζα στον εσωτερικό μυχό της παραλίας του Μεγάλου Εμβόλου, 3km ανατολικά του ακρωτηρίου. Η Αίνεια ήταν πιθανόν αποικία των Κορινθίων, ιδρύθηκε στα τέλη του 8^{ου} αι. π.Χ., ενώ από στα τέλη του 6^{ου} αι. έκοβε δικό της νόμισμα με σύμβολο το κεφάλι του Αινεία. Το 5ο αι. αποτέλεσε σύμμαχο των Αθηναίων και συμμετείχε στη Δηλιακή Συμμαχία. Επαναστατώντας, ξέφυγε από την αθηναϊκή σφαίρα επιρροής και εντάχθηκε στο Κοινό των Χαλκιδεών τον 4^ο αι. π.Χ. μέχρι και το 348 π.Χ., οπότε καταλήφθηκε από το Φίλιππο Β', βασιλιά της Μακεδονίας.

Η ανασκαφή στη Νέα Μηχανιώνας έδωσε πλήθος τεχνικών γνώσεων που

έχουν σχέση με την καύση των νεκρών τον 4^ο αιώνα π.Χ., τα συναφή έθιμα και τον τρόπο κατασκευής των ταφικών τύμβων.

1.3. Πληθυσμιακή ανάπτυξη

Όπως προαναφέρθηκε, το Αγγελοχώρι ιδρύθηκε κατά την ανταλλαγή πληθυσμών του 1923, οπότε και μεταφέρθηκαν εκεί οι περισσότερες από τις 740 οικογένειες.

Ο συνολικός πληθυσμός του πρώην Δήμου Μηχανιώνας ανέρχεται σε 9.425 κατοίκους, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ με βάση την απογραφή του 2001, έναντι 7.684 κατοίκων με βάση την απογραφή του 1991. Ο πληθυσμός αυτός τριπλασιάζεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Η κατανομή του πληθυσμού στα δημοτικά διαμερίσματα, καθώς και η εξέλιξη του κατά τις δεκαετίες 1951 – 2001, φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 1.1, ενώ στον πίνακα 1.2 δίνεται ο ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού.

Πίνακας 1.1 Δημογραφική εξέλιξη του Δήμου Μηχανιώνας.

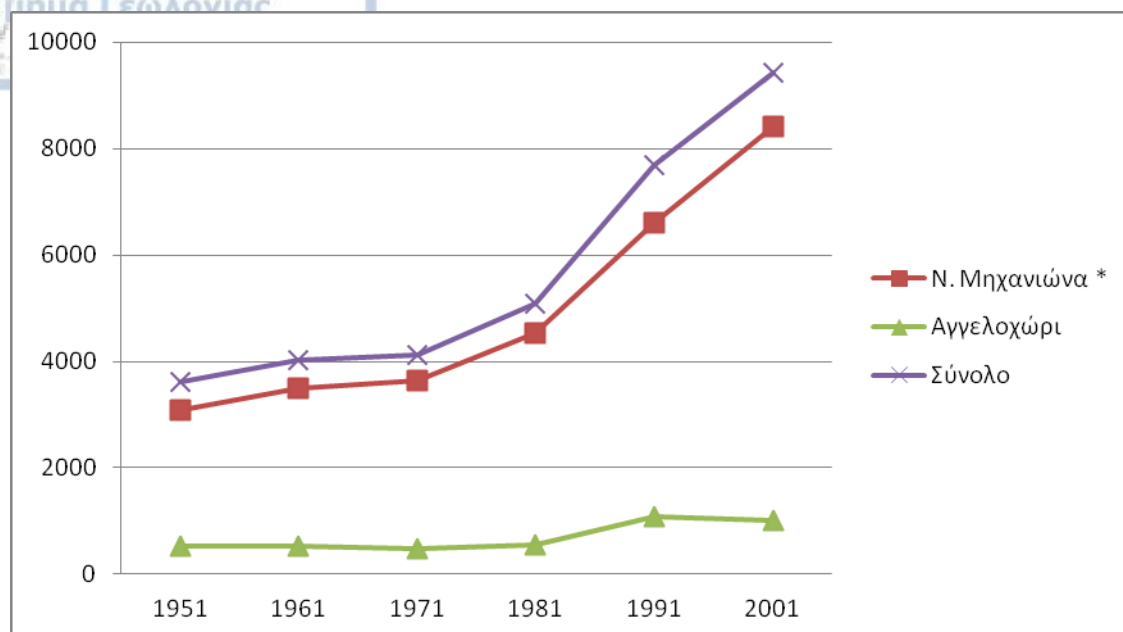
ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	1951	1961	1971	1981	1991	2001
N. Μηχανιώνα *	3079	3503	3629	4519	6597	8408
Αγγελοχώρι	536	532	487	557	1087	1017
Σύνολο	3615	4035	4116	5076	7684	9425

* μαζί με την κοινότητα Κερασιάς

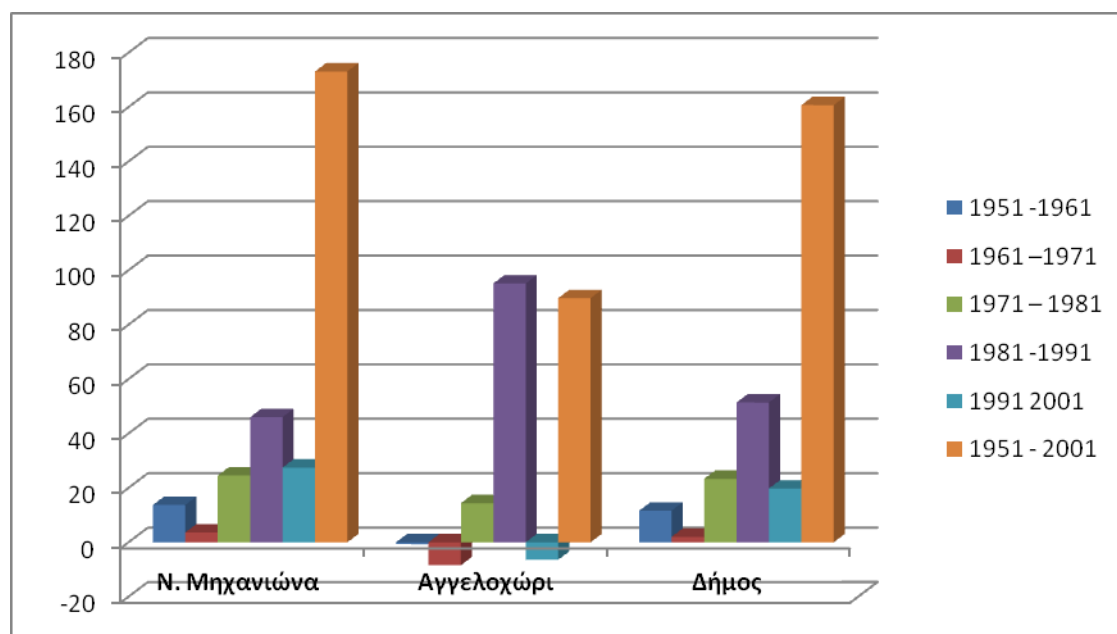
Πίνακας 1.2. Ρυθμός μεταβολής (%) του πληθυσμού του Δήμου Μηχανιώνας.

ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	1951 -1961	1961 –1971	1971 – 1981	1981 -1991	1991- 2001	1951 - 2001
N. Μηχανιώνα	13,7	3,59	24,52	45,98	27,45	173,08
Αγγελοχώρι	-0,7	-8,45	14,37	95,15	-6,44	89,74
Σύνολο	11,620	2,00	23,32	51,38	19,76	160,72

Στα διαγράμματα 1.1 και 1.2 παρουσιάζεται και γραφικά η πληθυσμιακή εξέλιξη και ο ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού, όπως αυτά προέκυψαν από τους παραπάνω πίνακες (1.1 και 1.2), για το Δήμο Μηχανιώνας.



Διάγραμμα 1.1. Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Μηχανιώνας.



Διάγραμμα 1.2. Ρυθμός μεταβολής πληθυσμού Δήμου Μηχανιώνας.

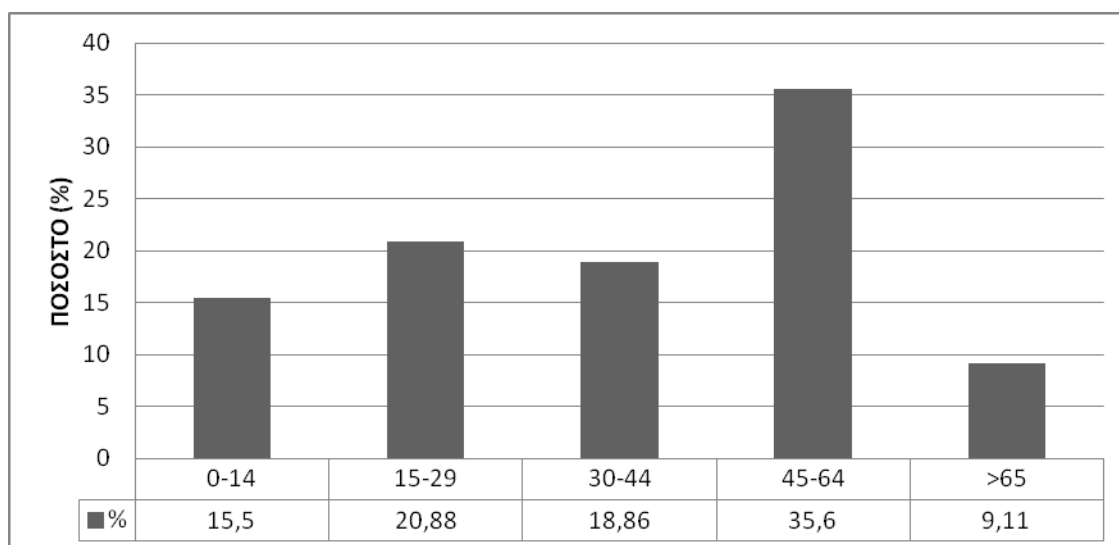
Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται πως ο πληθυσμός της περιοχής παρουσίασε πολύ σημαντική αύξηση, η οποία ανέρχεται στο 160%, με τριπλασιασμό του αριθμού των κατοίκων κατά τα τελευταία 50 χρόνια.

Ιδιαίτερα το Αγγελοχώρι, τις δεκαετίες 1951 – 1971 παρουσίασε μείωση πληθυσμού. Πιο συγκεκριμένα το διάστημα 1951 – 1961 παρουσίασε αρνητική

μεταβολή (-0,7%), η οποία κάμπτεται περαιτέρω στη δεκαετία 1961- 1971 (-8,45%) λόγω μετανάστευσης, αλλά στη συνέχεια εμφανίζει σημαντική θετική μεταβολή στη

δεκαετία 1971-1981 (+14,37%). Ωστόσο τη δεκαετία 1981-1991 ο πληθυσμός σχεδόν διπλασιάζεται (+95,15%).

Με βάση στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ., το ποσοστό των κατοίκων μεταξύ 45-64 ετών είναι το μεγαλύτερο όσον αφορά την διάρθρωση του πληθυσμού, με αρκετά όμως υψηλό και το ποσοστό των κατοίκων μεταξύ 25-29 ετών (διάγραμμα 1.3). Η εικόνα κρίνεται θετική, κυρίως εάν συγκριθεί με αυτήν που παρουσιάζουν άλλες περιοχές της Ελλάδας με έντονο δημογραφικό πρόβλημα.



Διάγραμμα 1.3. Ηλικιακή διάρθρωση (%) των κατοίκων της κοινότητας Αγγελοχωρίου.

Τέλος υπάρχει ισορροπία στον αριθμό ανδρών και γυναικών κατοίκων της κοινότητας Αγγελοχωρίου (543 άντρες και 544 γυναίκες, μετά την απογραφή του 1991) ενώ ο δείκτης γήρανσης του πληθυσμού έχει τιμή της τάξης του 0,475, δηλαδή σε 100 άτομα ηλικίας 0-14 ετών, υπάρχουν 47,5 κάτοικοι τρίτης ηλικίας. Συγκριτικά με το εθνικό επίπεδο, ο δείκτης αυτός κρίνεται αρκετά ικανοποιητικός.

1.4. Χρήσεις γης, απασχόληση και οικονομική δραστηριότητα στην κοινότητα Αγγελοχωρίου

Η συνολική έκταση της κοινότητας του Αγγελοχωρίου ανέρχεται στα 5.600 στρέμματα έναντι των 16.800 στρεμμάτων που καταλαμβάνει ο Δήμος Μηχανιώνας συνολικά.

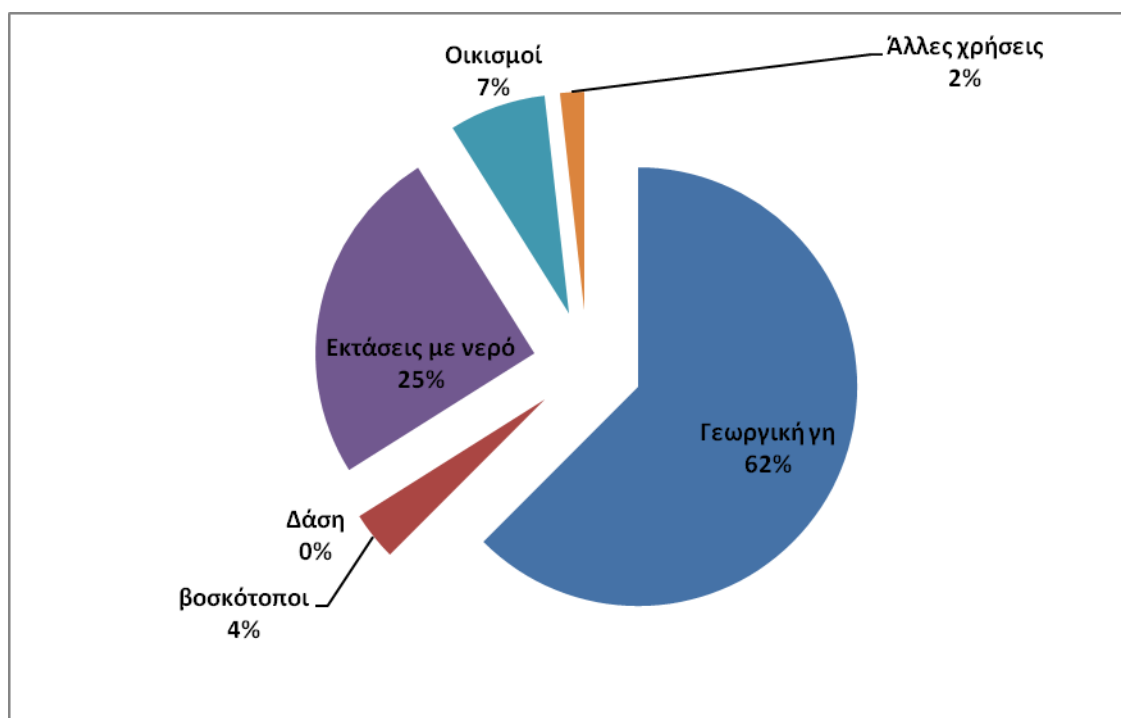
Αναλυτικά οι χρήσεις γης ανά δημοτικό διαμέρισμα περιγράφονται στον

πίνακα 1.3 ενώ στο διάγραμμα 1.4 δείχνεται η κατανομή αυτή.

Πίνακας 1.3. Κατανομή εκτάσεων (στρέμματα) στις χρήσεις γης στο Δήμο Μηχανιώνας.

ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Γεωργική γη	Βοσκότοποι	Δάση	Εκτάσεις με νερό	Οικισμοί	Άλλες χρήσεις	Σύνολο
Ν. Μηχανιώνα	7.000	1000	-	200	3100	-	11.200
Αγγελοχώρι	3.500	200	-	1.400	400	100	5.600
Σύνολο	10.500	1.200	-	1.600	3.500	100	16.800

Πηγή: Ο.Κ.Χ.Ε., geodata.gov.gr



Διάγραμμα 1.4. Χρήσεις γης Δημοτικού διαμερίσματος Μηχανιώνας.

Ο βασικός τομέας οικονομικής δραστηριότητας για την Ν. Μηχανιώνα είναι η αλιεία, ενώ για το Αγγελοχώρι και την Κερασιά είναι η γεωργία. Το αγρόκτημα Μηχανιώνας - Κερασιάς έχει έκταση 11.5 χιλιάδες στρέμματα όπου καλλιεργούνται κυρίως σιτηρά, βιομηχανικά φυτά (βαμβάκι) και ελιές.

Αν και παραθαλάσσιο χωριό, το Αγγελοχώρι, δεν ακολούθησε τροχιά τουριστικής αξιοποίησης όπως τα κοντινά στη Θεσσαλονίκη θέρετρα Περαιά, Ν. Επιβάτες και Αγ. Τριάδα. Το μαλακό αργιλώδες έδαφος του βοήθησε στην ανάπτυξη της γεωργίας από τις αρχές της δεκαετίας του '70 στις εντατικές καλλιέργειες (θερμοκήπια).

Γενικά, το Αγγελοχώρι είναι κέντρο ανάπτυξης θερμοκηπιακών καλλιεργειών, 310-330 στρεμμάτων. Η Ν. Μηχανιώνα διαθέτει το μεγαλύτερο αλιευτικό στόλο μέσης αλιείας στην Ελλάδα. Τα τελευταία χρόνια μετατοπίζεται όλο και περισσότερο το κέντρο βάρους της αλιευτικής δραστηριότητας προς τη μέση αλιεία για την Ν. Μηχανιώνα η οποία διαθέτει 95 σκάφη μέσης αλιείας (μηχανότρατες και γρι-γρι) και 170 παράκτια, ενώ το Αγγελοχώρι διαθέτει 80 παράκτια σκάφη.

Οι παράκτιοι αλιείς ασχολούνται κυρίως με την οστρακοαλιεία και λιγότερο με την αλιεία ψαριών. Η αλίευση οστρακοειδών (ιδίως κυδωνιών) αποτελεί εξαιρετικά επικερδή απασχόληση και έχει ως κύριο αποδέκτη την Ιταλική αγορά. Υπολογίζεται ότι τα κέρδη από την εξαγωγή οστρακοειδών φτάνουν το 4,5 εκ. ευρώ ετησίως.

Οι συνεταιρισμοί και σύλλογοι που υπάρχουν στην περιοχή και συνεισφέρουν στην οικονομική πρόοδο της τοπικής κοινωνίας, ο καθένας στον τομέα του είναι:

- ο Γεωργικός Πιστωτικός Συνεταιρισμός Αγγελοχωρίου,
- ο Αγροτικός Συνεταιρισμός Αγγελοχωρίου και
- ο Αλιευτικός Σύλλογος Αγγελοχωρίου.

Στο Αγγελοχώρι υπάρχει και η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων τουριστικών περιοχών Θεσσαλονίκης, ΑΙΝΕΙΑ. Η λειτουργία της ξεκίνησε το 1997 και υλοποιήθηκε για να καλύψει τις ανάγκες της ευρύτερης περιοχής νοτιανατολικά του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης. Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται με υποθαλάσσιο αγωγό μήκους 1.718 m (χερσαίο τμήμα 766 m και υποβρύχιο τμήμα 952 m) στη θαλάσσια περιοχή του Αγγελοχωρίου, ο οποίος φτάνει μέχρι την ισοβαθή των 22 m. Το σημείο της διάχυσης των επεξεργασμένων λυμάτων προέκυψε ύστερα από μελέτη των θαλάσσιων ρευμάτων της περιοχής, με σκοπό να προστατευτούν οι οστρακοκαλλιέργειες και οι λοιπές δραστηριότητες στην περιοχή.

Στον πίνακα 1.4, παρουσιάζεται η απασχόληση κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας τόσο στο Δήμο Μηχανιώνας όσο και στα επιμέρους δημοτικά διαμερίσματα Ν. Μηχανιώνας και Αγγελοχωρίου.

Έτσι ο πρωτογενής τομέας, η αλιεία για την Νέα Μηχανιώνα και η γεωργία για το Αγγελοχώρι παραμένει σημαντικός κλάδος απασχόλησης των κατοίκων του Δήμου Μηχανιώνας, με ποσοστό συμμετοχής της τάξης του 25%. Εξίσου σημαντικός είναι ο δευτερογενής τομέας, ενώ κυριαρχεί ο κλάδος εμπορίου – ξενοδοχείων, εστιατορίων και λοιπών υπηρεσιών του τριτογενή τομέα με ποσοστό 36,47%. Από τα στοιχεία αυτά, και σε σύγκριση με την κατάσταση στις προηγούμενες δεκαετίες, διαπιστώνεται ότι στην περιοχή επικρατεί η τάση απομάκρυνσης των εργαζομένων από τον

πρωτογενή τομέα και μετακίνησης τους στον κλάδο των υπηρεσιών.

Πίνακας 1.4. Οικονομικά ενεργός πληθυσμός ανά κλάδο και τομέα παραγωγής.

Κλάδος Οικονομικής Δραστηριότητας	Ν. ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ		ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙ		ΔΗΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑΣ	
	Αριθμός Κατοίκων	Ποσοστό (%)	Αριθμός Κατοίκων	Ποσοστό (%)	Αριθμός Κατοίκων	Ποσοστό (%)
ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ	620	26,62	83	16,97	703	24,95
Γεωργία, Κτηνοτροφία, Αλιεία	620	26,62	83	16,97	703	24,95
ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ	636	27,30	42	8,59	678	24,06
Βιομηχανία – Βιοτεχνία	376	16,14	28	5,72	404	14,34
Ηλεκτρισμός, Φυσικό αέριο, Νερό	4	0,17	0	0	4	0,14
Κατασκευές	256	10,99	14	2,86	270	9,58
ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ	937	40,22	88	17,99	1025	36,37
Εμπόριο, Ξενοδοχεία, Εστιατόρια, Επισκευές	442	18,97	35	7,15	477	16,92
Μεταφορές, Επικοινωνίες	119	5,11	10	2,04	129	4,57
Λοιπές Υπηρεσίες	376	16,14	43	8,79	419	14,86
Νέοι	59	2,53	6	1,22	65	2,31
Δεν δήλωσαν	77	3,31	270	55,21	347	12,31
ΣΥΝΟΛΟ	2329	100	489	100	2818	100

Τέλος ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός του Αγγελοχωρίου ανέρχεται 44,98% του συνολικού αριθμού των κατοίκων του δημοτικού διαμερίσματος. Στον πίνακα 1.5 φαίνεται αναλυτικά η διάρθρωση του οικονομικά ενεργού πληθυσμού ανά δημοτικό διαμέρισμα και φύλο.

Πίνακας 1.5. Οικονομικά Ενεργός Πληθυσμός ανά του Δήμου Μηχανιώνας.

ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	Συνολικός Πληθυσμός	ΣΥΝΟΛΟ	Ποσοστό (%)	Αντρες	Ποσοστό (%)	Γυναίκες	Ποσοστό (%)
Ν. Μηχανιώνα	6597	2329	35,30	1782	76,51	547	23,48
Αγγελοχώρι	1087	489	44,98	332	67,89	157	32,11
Σύνολο	7684	2818	36,67	2114	75,02	704	24,98

Το ποσοστό συμμετοχής των ανδρών στο δημοτικό διαμέρισμα του Αγγελοχωρίου, στον οικονομικά ενεργό πληθυσμό είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από

αυτό

των

γυναικών.

1.5. Κλιματολογικά στοιχεία

Ο Δήμος Μηχανιώνας και κατ' επέκταση το Αγγελοχώρι ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ. Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό, με ήπιο χειμώνα και θερμό έως δροσερό καλοκαίρι. Οι κύριοι συντελεστές διαμόρφωσης του κλιματικού χαρακτήρα της, είναι η επίδραση της θάλασσας, η αύλακα του Αξιού και η διαμόρφωση του ομαλού της ανάγλυφου.

Για την περιοχή του Αγγελοχωρίου αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Ε.Μ.Υ στο αεροδρόμιο της Μίκρας, ο οποίος είναι εγκατεστημένος σε υψόμετρο 4 m, με θερμοκρασία 16,1 °C και ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων 429,3 mm/year. Ο σταθμός λειτουργεί από το 1959 και τα διαθέσιμα δεδομένα αναφέρονται στην περίοδο 1959-1997.

✓ Θερμοκρασία

Στον πίνακα 1.6 παρουσιάζονται τα στοιχεία των μέσων μηνιαίων, μέσων μέγιστων, μέσων ελάχιστων θερμοκρασιών. Παρατηρείται ότι:

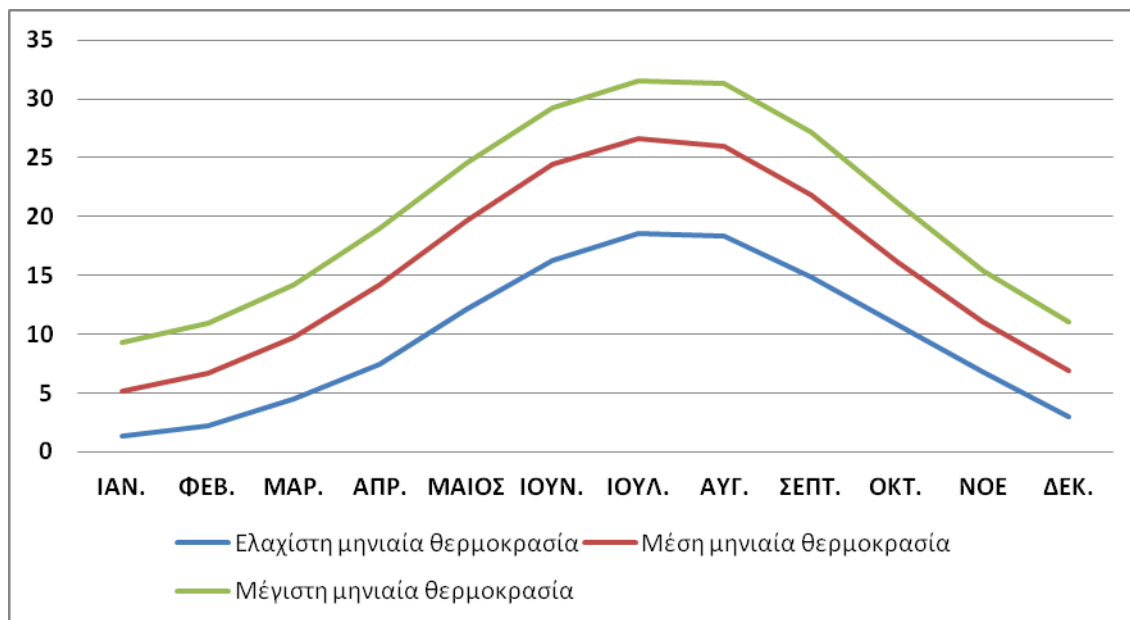
- Η μέση μηνιαία θερμοκρασία παρουσιάζει απλή κύμανση με μέγιστο (26,6 °C) τον Ιούλιο και ελάχιστο (5,2 °C) τον Ιανουάριο.
- Η μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία επίσης παρουσιάζει απλή κύμανση με ανώτερο μέγιστο τον Ιούλιο (31,5 °C) και Αύγουστο (31,3 °C) και κατώτερο τον Ιανουάριο (9,3 °C).
- Η μέση ομοίως παρουσιάζει την αυτή κύμανση με μικρότερο ελάχιστο τον Ιανουάριο (1,3 °C) και μεγαλύτερο ελάχιστο τον Ιούλιο (18,6 °C).

Πίνακας 1.6. Μέσες τιμές Θερμοκρασιών από 1959-1997, μετεωρολογικού σταθμού Μίκρας.

1 ^ο ΕΞΑΜΗΝΟ	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ
Ελαχίστη μηνιαία θερμοκρασία	1.3	2.2	4.5	7.5	12.1	16.3
Μέση μηνιαία θερμοκρασία	5.2	6.7	9.7	14.2	19.6	24.4
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία	9.3	10.9	14.2	19.0	24.5	29.2
2 ^ο ΕΞΑΜΗΝΟ	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ	ΔΕΚ.
Ελαχίστη μηνιαία θερμοκρασία	18.6	18,3	14.9	10.8	6.8	3.0
Μέση μηνιαία θερμοκρασία	26.6	26,0	21.8	16.2	11.0	6.9
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία	31.5	31,3	27.2	21.2	15.4	11.0

Πηγή: Ε.Μ.Υ, μετεωρολογικός σταθμός Μίκρας Θεσ/νίκης, Γ. Μήκος 22°58'0" / Γ. Πλάτος 40°31'0" /
Υψος 4 m

Όλα τα παραπάνω διαπιστώνονται και στο διάγραμμα 1.5, στο οποίο φαίνεται η απλή διακύμανση καθώς και τα μέγιστα και ελάχιστα των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών που αναφέρθηκαν.



Διάγραμμα 1.5. Μέσες τιμές Θερμοκρασιών από 1959-1997, μετεωρολογικού σταθμού Μίκρας.

✓ Υγρασία

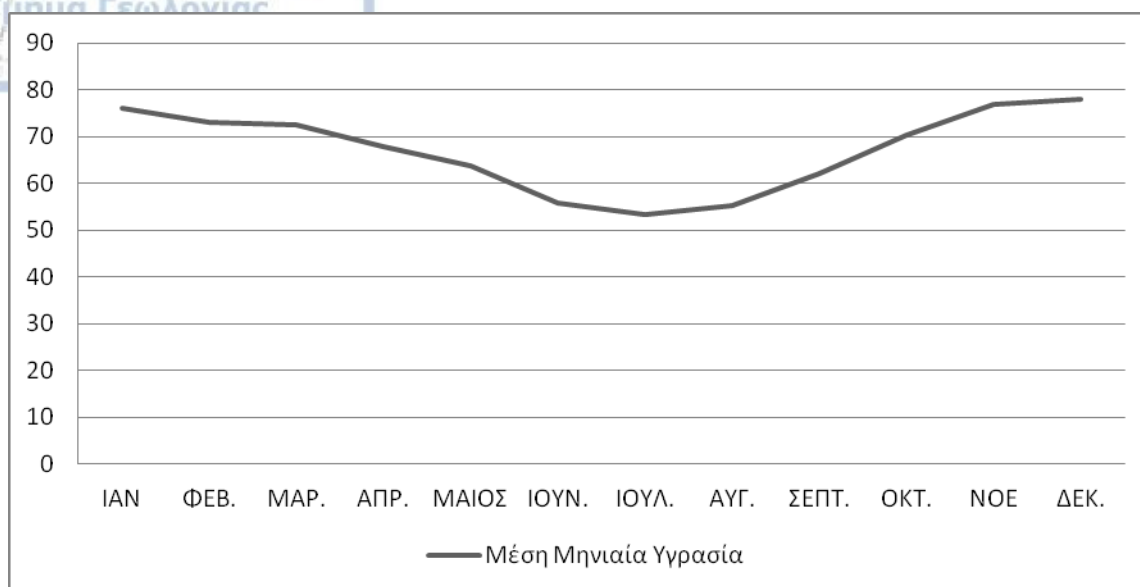
Σύμφωνα με τον πίνακα 1.7, η μέση μηνιαία υγρασία αέρος στην περιοχή του μετεωρολογικού σταθμού της Μίκρας έχει τις μικρότερες τιμές κατά την θερινή περίοδο και τις μεγαλύτερες την χειμερινή με εξαίρεση τον μήνα Φεβρουάριο που παρουσιάζει μικρή πτώση.

Πίνακας 1.7. Μέσες μηνιαίες τιμές υγρασίας για τα έτη από 1959-1997, Μ.Σ. Μίκρας.

1 ^ο ΕΞΑΜΗΝΟ	ΙΑΝ	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.
Μέση Μηνιαία Υγρασία	76,1	73,0	72,4	67,8	63,8	55,9
2 ^ο ΕΞΑΜΗΝΟ	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Μέση Μηνιαία Υγρασία	53,2	55,3	62,0	70,2	76,8	78

Πηγή: Ε.Μ.Υ., μετεωρολογικός σταθμός Μίκρας Θεσ/νίκης, Γ. Μήκος 22°58'0" / Γ. Πλάτος 40°31'0" / Ύψος 4 m.

Στο διάγραμμα 1.6 παρουσιάζεται η διακύμανση της μεταβολής της μέσης μηνιαίας υγρασίας με τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές της.



Διάγραμμα 1.6. Διακύμανση μέσης μηνιαίας υγρασίας από το 1959 -1997, Μ.Σ. Μίκρας.

✓ Βροχόπτωση

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως προκύπτει από το πίνακα 1.8, είναι 448,7 mm. Επίσης προκύπτει ότι:

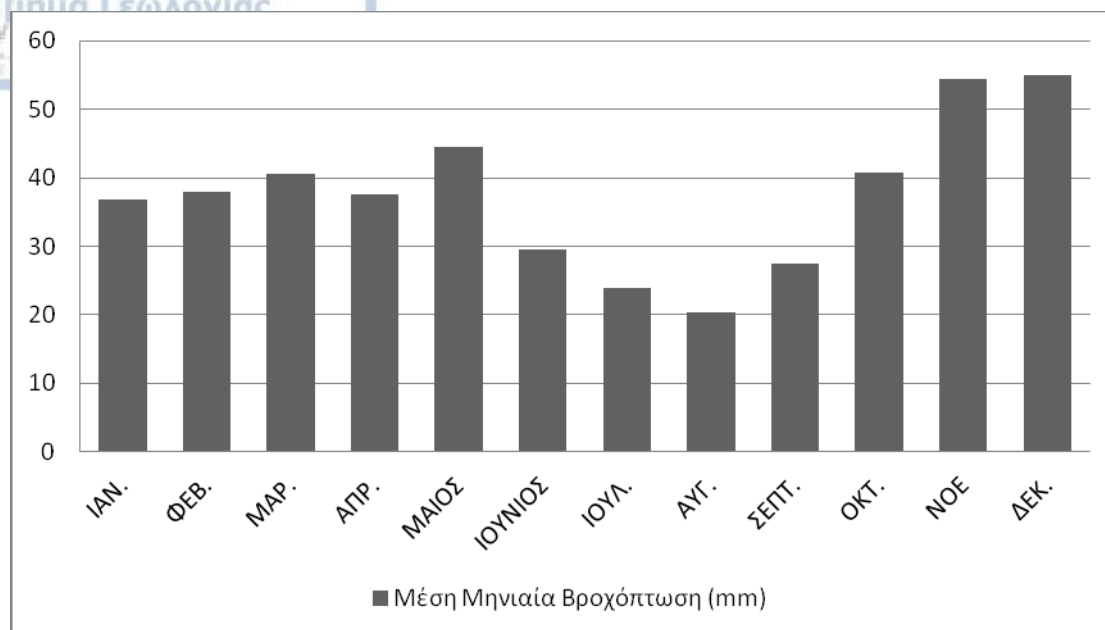
Το μεγαλύτερο μέρος των κατακρημνισμάτων συγκεντρώνεται την χειμερινή περίοδο με μέγιστο τον μήνα Δεκέμβριο (54,9 mm) κατά τον οποίο διαπιστώνεται και ο μεγαλύτερος αριθμός ημερών βροχόπτωσης, ενώ την θερινή περίοδο οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες με ελάχιστο τον μήνα Αύγουστο (20,4 mm), κατά τον οποίο διαπιστώνεται και ο ελάχιστος αριθμός ημερών βροχόπτωσης.

Πίνακας 1.8. Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης και συνολικές μέρες βροχής για τα έτη από 1959-1997, Μ.Σ. Μίκρας.

1 ^ο ΕΞΑΜΗΝΟ	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)	36,8	38	40,6	37,5	44,4	29,6
Συνολικές Μέρες Βροχής	11,8	11,3	12,4	11,2	10,7	7,5
2 ^ο ΕΞΑΜΗΝΟ	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)	23,9	20,4	27,4	40,8	54,4	54,9
Συνολικές Μέρες Βροχής	5,9	4,7	5,9	8,7	11,5	12,5

Πηγή: Ε.Μ.Υ., μετεωρολογικός σταθμός Μίκρας Θεσ/νίκης, Γ. Μήκος 22°58'0" / Γ. Πλάτος 40°31'0" / Ύψος 4 m.

Στο ραβδόγραμμα 1.7 (διάγραμμα 1.7) παρουσιάζεται η κατανομή των μέσων μηνιαίων κατακρημνισμάτων στους διάφορους μήνες για την περίοδο 1959 – 1997 του Μ.Σ της Μίκρας.



Διάγραμμα 1.7. Διακύμανση μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης από το 1959 -1997, Μ.Σ. Μίκρας.

✓ Άνεμος

Το μεγαλύτερο διάστημα του έτους, όπως φαίνεται και στο παρακάτω πίνακα (πίνακας 1.9), πνέει ο τοπικός άνεμος Β-ΒΔ διεύθυνσης που φέρει το όνομα Βαρδάρης. Ο άνεμος αυτός είναι το χειμώνα ψυχρός και προκαλεί ταχεία εξάτμιση του νερού με αποτέλεσμα να περιορίζει την ομίχλη και την υγρασία του αέρα με ταυτόχρονη ταπείνωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 2-3 °C καθώς επίσης και του εδάφους μέχρι βάθους 5-15 cm.

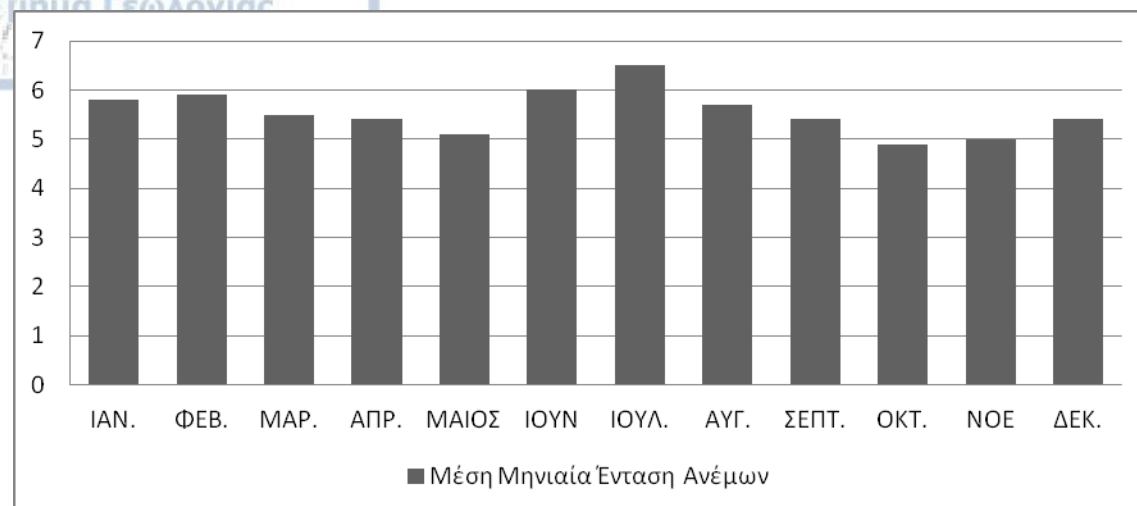
Πίνακας 1.9. Μέσες μηνιαίες διεύθυνση και ένταση ανέμου από το 1959-1997, Μ.Σ. Μίκρας.

1 ^ο ΕΞΑΜΗΝΟ	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	5,8	5,9	5,5	5,4	5,1	6,0
2 ^ο ΕΞΑΜΗΝΟ	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ	ΔΕΚ.
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	ΒΔ	Ν	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	6,5	5,7	5,4	4,9	5,0	5,4

Πηγή: Ε.Μ.Υ, μετεωρολογικός σταθμός Μίκρας Θεσ/νίκης, Γ. Μήκος 22°58'0" / Γ. Πλάτος 40°31'0" / Ύψος 4 m.

Ο άνεμος αυτός παρουσιάζει μέγιστη ένταση τον Ιούλιο με μια τιμή της τάξης των 6,5 Μποφόρ και ελάχιστη το μήνα Οκτώβριο στα 4 Μποφόρ. Μόνο το μήνα Αύγουστο πνέει νότιος Άνεμος στην περιοχή.

Στο διάγραμμα 1.8 φαίνεται η διακύμανση της έντασης του ανέμου για την περίοδο 1959 – 1997.



Διάγραμμα 1.8. Μέσες μηνιαίες τιμές της έντασης του ανέμου στη διάρκεια του έτους από το 1959-1997, Μ.Σ.Μίκρας

1.6. Γεωγραφικά-Γεωμορφολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής Αγγελοχωρίου

Η περιοχή του Μεγάλου Εμβόλου αποτελεί το ακραίο δυτικό τμήμα της Χαλκιδικής που μορφολογικά παρουσιάζει εικόνα ανυψωμένου πλατώ, με μικρή κλίση προς το Θερμαϊκό κόλπο (ΝΔ).

Η ομαλή του επιφάνεια (με υψόμετρο 50 m περίπου) εκτείνεται προς τη θάλασσα και στην περιοχή της ακτής διακόπτεται απότομα, με συνέπεια το σχηματισμό αναβαθμίδας με ύψος μετώπου 25-40 m περίπου (Ψιλοβίκος & Αλμπανάκης, 1981).

Γεωμορφολογικά, η χερσαία περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα παλαιότερο ώριμο ανάγλυφο, με μικρές κλίσεις 2^0 - 5^0 /N-NΔ και με επιμήκεις κοιλάδες σχήματος ανοικτού U. Οι κοιλάδες αυτές είτε είναι ξερές, είτε διαρρέονται από μικρούς χειμάρρους στους οποίους όμως δεν μπορεί να αποδοθεί η τόσο μεγάλη διαπλάτυνση (Συρίδης, 1990). Η επιφανειακή ροή είναι υποτυπώδης (χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μικρών χειμάρρων) και έχει αφήσει σχεδόν άθικτο το αρχικό παλαιό ανάγλυφο, ενώ προς τα ανατολικά η δράση των χειμάρρων είναι εντονότερη, όπου υπάρχει πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, παράλληλων κλάδων, μικρής τάξης και διεύθυνσης B-N (Συρίδης, 1990).

Το ανατολικό περιθώριο του Θερμαϊκού κόλπου χαρακτηρίζεται από παράκτιες αναβαθμίδες με στενή παραλιακή ζώνη στη βάση τους, η οποία ανάλογα του πλάτους

της προσφέρει προστασία στο κάθετο μέτωπο της αναβαθμίδας από την προσβολή των κυμάτων. Όπου το πλάτος είναι μικρό η υποσκαφή της βάσης της αναβαθμίδας επιταχύνει τη διάβρωση και την υποχώρηση της.

Στη ζώνη της ακτής, τα θαλάσσια κύματα υποσκάπτουν τη βάση της αναβαθμίδας, προκαλώντας την πτώση μεγάλων τεμαχών ψαμμιτικού, μαργαϊκού και ασβεστολιθικού υλικού από τα ανώτερα τμήματα της. Η διαβρωτική δράση των κυμάτων διατηρεί το μέτωπο της αναβαθμίδας απότομο, ενώ τα υλικά διάβρωσης (λόγω της συνεχής δράσης των κυμάτων και ρευμάτων στη θαλάσσια περιοχή) χωρίζονται στα μικρότερα συστατικά τους (κροκάλες, ψηφίδες, άμμο, ιλύ και άργιλλο) και μεταφέρονται σε περιοχές με χαμηλές ακτές, ιδιαίτερα σε μικρούς κόλπους όπου ευνοείται η απόθεση και η παραμονή τους.

Στο νοτιοδυτικό τμήμα του Μεγάλου Εμβόλου παρατηρείται διακοπή στη συνέχεια της μεγάλης και απότομης αναβαθμίδας που εκτείνεται από την περιοχή της Αγίας Τριάδας προς το Αγγελοχώρι και από τη Μηχανιώνα προς την παραλία Επανωμής.

Οι παράκτιες αναβαθμίδες υποχωρούν με ταχύτατους ρυθμούς που ενδεχόμενα έχουν επιταχυνθεί λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων. Ο μετρούμενος ρυθμός υποχώρησης των αναβαθμίδων στην περιοχή της Μηχανιώνας την εικοσαετία 1979-1999 ήταν περίπου 12 cm/έτος (Αλμπανάκης, 1999).

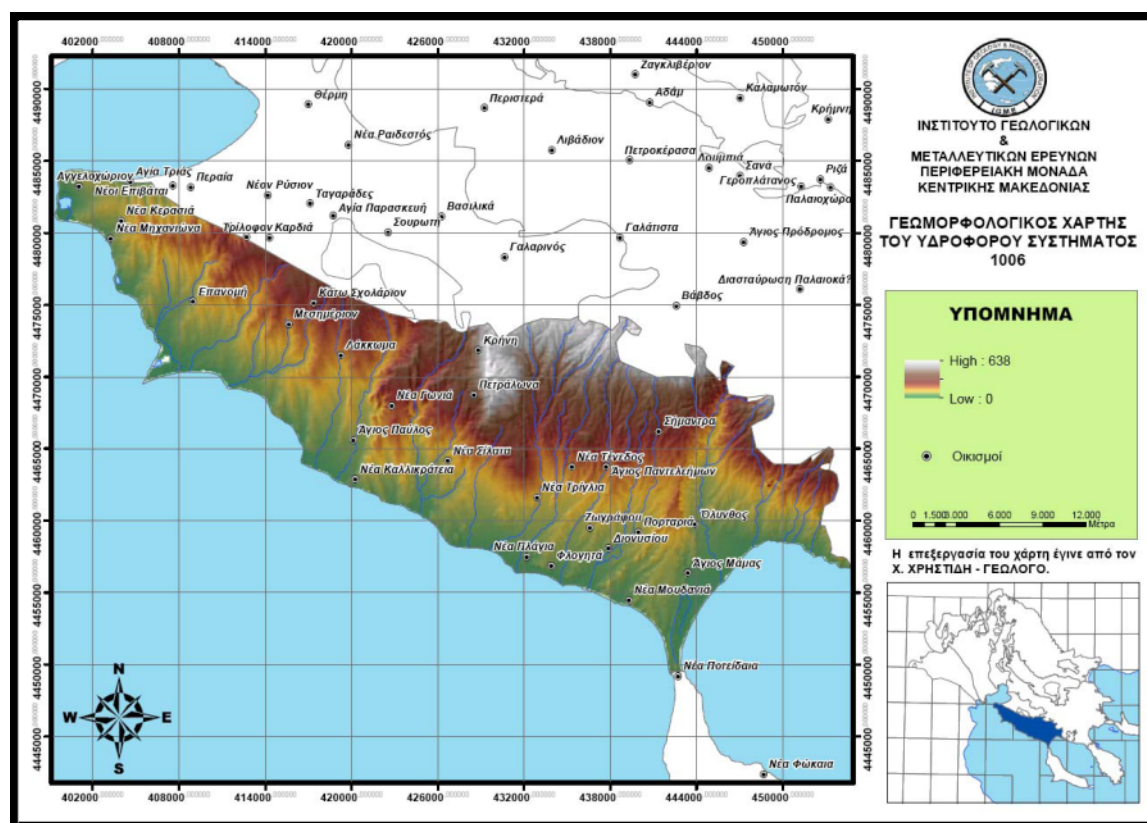


Εικόνα 1.3 Άποψη της αναβαθμίδας στην περιοχή του Αγγελοχωρίου. Στην εικόνα (α) παρουσιάζεται το άκρο της αναβαθμίδας στο ακρωτήριο του Μεγάλου Εμβόλου (ημερομηνία λήψης της φωτογραφίας: 06/03/2009) και στην εικόνα (β) το άκρο της αναβαθμίδας δυτικά της Νέας Μηχανιώνας (ημερομηνία λήψης της φωτογραφίας: 21/02/2009).

Πηγή: Αγγελάκου Α. Γαλάτεια, (2009), *Σύγχρονες φυσικογεωγραφικές μεταβολές και οικολογική ποιότητα της παράκτιας ζώνης του Αγγελοχωρίου Νομού Θεσσαλονίκης*, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

1.7. Βασικά χαρακτηριστικά υδρογραφικού δικτύου του ευρύτερου υδροφόρου συστήματος Επανομής – Μουδανιών

Η επιφανειακή απορροή του υδροφόρου συστήματος προέρχεται αποκλειστικά και μόνο από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Εκφορτίζει το υδατικό του περιεχόμενο προς το Θερμαϊκό κόλπο.



Εικόνα 1.4. Γεωμορφολογικός χάρτης του υδροφόρου συστήματος Επανωμής –Μηχανιώνας.

Πηγή: Ι.Γ.Μ.Ε.

Το υδρογραφικό δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής, μέτρια αναπτυγμένο και δημιουργούνται λεκάνες μέχρι 3^{ης} τάξης. Κύριο φυσιογραφικό χαρακτηριστικό της λεκάνης αποτελεί η μη ύπαρξη υδατορεύματος τελικού αποδέκτη των ρευμάτων μεγαλύτερης τάξεως. Γεγονός που σε συνδυασμό με την γεωμορφολογική εικόνα της λεκάνης απορροής η οποία δεν εμφανίζει κοίτη εκκένωσης καθιστά δύσκολη τη διαχείριση των επιφανειακών νερών.

Η παραπάνω υδρολογική εικόνα δεικνύει τον τρόπο με τον οποίο το επιφανειακό υδατικό δυναμικό της λεκάνης απορροής αποδίδεται ολοκληρωτικά στον Θερμαϊκό δια μέσου πολλαπλών υπολεκανών απορροής.

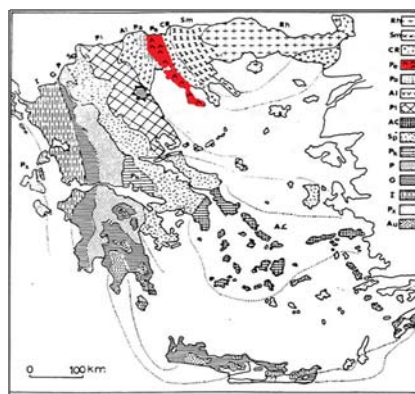
Από τα χαρακτηριστικά των επιμέρους υδατορευμάτων της λεκάνης απορροής ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζουν το συνολικό μήκος και η κλίση τους, αφού τα χαρακτηριστικά αυτά καθορίζουν και το χρόνο που απαιτείται για να φτάσει η απορροή στο στόμιο της λεκάνης.

Η κατά μήκος τομή της μισγάγγειας των κυρίων υδατορευμάτων είναι κοίλη στα χαμηλότερα σημεία της και στη συνέχεια παρουσιάζει αύξηση της κλίσης (μεγαλύτερη καμπυλότητα) προς τα υψηλότερα σημεία της λεκάνης, όχι όμως σημαντική.

1.8. Γεωλογία της περιοχής

Γεωτεκτονικά η περιοχή μελέτης ανήκει στη ζώνη Αξιού και πιο συγκεκριμένα στο ανατολικό τμήμα αυτής την ενότητα Παιονίας. Η ενότητα Παιονίας αποτελεί την ανατολικότερη από τις τρεις ενότητες στις οποίες έχει διαιρεθεί η Ζώνη Αξιού (Ζώνη Παιονίας, Αλμωπίας, Πάϊκο).

Η επικρατούσα σημερινή άποψη είναι ότι η Ζώνη της Παιονίας αντιπροσωπεύει τμήμα της παλαιάς ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος. Η ζώνη αυτή υπήρξε μια μεσοζωική αύλακα ενώ προς τα δυτικά υπήρχε το ύψωμα του Πάϊκου. Η κατωφέρεια του υβώματος προς την αύλακα ονομάστηκε «Υποζώνη Προπαιονίας» και η διάκριση αυτή στηρίχθηκε στην ιδιαίτερη λιθοστρωματογραφική εξέλιξη και λιθολογική σύσταση του δυτικού αυτού τμήματος της ζώνης συγκριτικά με την «Ανατολική Παιονία» που χαρακτηρίζεται σαν η κύρια



αύλακα.

Η αύλακα αυτή σχηματίστηκε κατά το Ανώτερο Ηώκαινο στο χώρο ανάμεσα της Σερβομακεδονικής μάζας και της Πελαγονικής) στην οποία αποτέθηκαν μολασσικά ιζήματα του Αν. Ηωκαίνου – Κ. Ολιγοκαίνου σε μεγάλη ποικιλία, (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, ασβεστόλιθοι, μάργες, άργιλοι και πυροκλαστικά υλικά). Το περιβάλλον απόθεσης αυτών των υλικών ήταν πολυποίκιλο: θαλάσσιο, λιμναίο, χερσαίο, χερσοποτάμιο που σχηματίστηκε κατά την εξέλιξη της ταφρογένεσης στο ευρύτερο χώρο Αξιού – Θερμαϊκού και αποτέθηκαν ασύμφωνα επί του πολυπτυχωμένου ήδη Αλπικού υποβάθρου.

Η περιοχή μελέτης λιθοστρωματογραφικά (Συρίδης, 1990), εντάσσεται στην περιοχή της δυτικής Χαλκιδικής-Κασσάνδρας, η οποία βρίσκεται νότια του Ανθεμούντα μέχρι την ακτογραμμή Μ. Εμβόλου - Ν. Μουδανίων- Ισθμού Κασσάνδρας. Περιγράφεται σαν περιοχή με χαμηλό ομαλό ανάγλυφο, όπου το υπόβαθρο εμφανίζεται σε δύο ακραίες θέσεις και καταλαμβάνει περιορισμένη έκταση. Το υπόλοιπο τμήμα της περιοχής καλύπτεται από νεότερα ιζήματα, όπως αυτά περιγράφονται από τα παλαιότερα προς τα νεότερα.

Τα νεογενή αυτά ιζήματα αυτά χωρίστηκαν στους σχηματισμούς (χάρτης 1.1): Αντωνίου (Κάτω-Μέσο Μειόκαινο - Άνω Μειόκαινο), Τρίγλιας (Άνω Μειόκαινο), Τρίλοφου (Ανώτερο Μειόκαινο), Γωνιάς (Πλειόκαινο, Ρουσίνιο) και Μουδανιών (Άνω Πλειόκαινο - Κάτω Πλειστόκαινο) (Συρίδης, 1990).

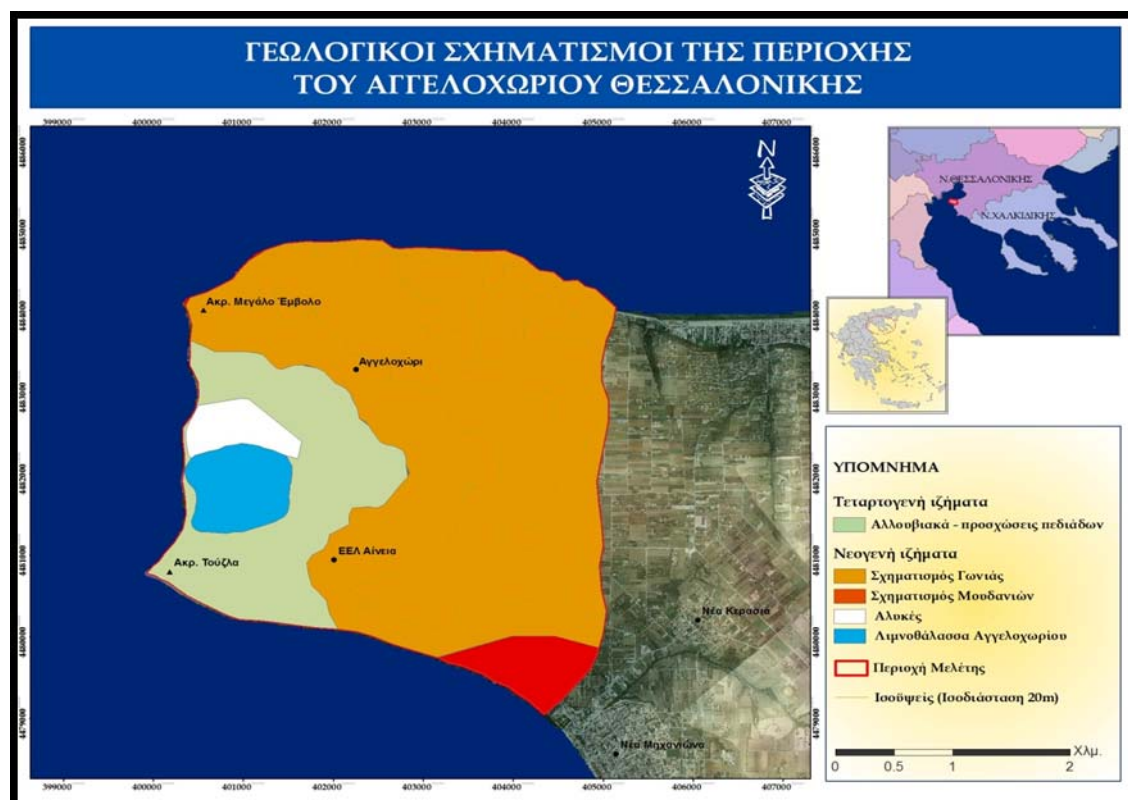
Σύμφωνα με το Συρίδη (1990) το μέτωπο των παράκτιων αναβαθμίδων στην ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από ιζήματα του Σχηματισμού Γωνιάς, ενώ στα ανώτερα τμήματα της αναβαθμίδας καθώς και στο επιφανειακό τμήμα της περιοχής Ν. Μηχανιώνας εμφανίζεται ο Σχηματισμός Μουδανιών.

Αναλυτικότερα για τους σχηματισμούς αυτούς:

- **ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΓΩΝΙΑΣ:** Είναι ο προτελευταίος σχηματισμός που εμφανίζεται στον ευρύτερο χώρο της περιοχής μελέτης και υπέρκειται του σχηματισμού Τρίλοφου με βαθμιαία μετάβαση, ενώ υπόκειται του σχηματισμού των Μουδανιών. Γενικά αποτελεί έναν μεγάλο όγκο ερυθροστρωμάτων που το πάχος τους υπερβαίνει τα 200 m.

Η ονομασία του προέρχεται από το χωριό Νέα Γωνιά το οποίο είναι κτισμένο πάνω στα ιζήματά του. Ο σχηματισμός περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία ιζημάτων, άμμους-ψαμμίτες, αργίλους, κροκαλοπαγή, μάργες και ασβεστόλιθους οργανωμένα σε

στρώματα ή φακούς περιορισμένων διαστάσεων. Επίσης παρατηρούνται συχνές αποσφηνώσεις, πλευρικές μεταβάσεις και αλλαγές στη λιθολογία, ενώ η στρώση παρουσιάζεται από μαζώδης έως παράλληλη και διασταυρούμενη. Το συνολικό πάχος των ιζημάτων εκτιμάται σε 100 – 150 m.



Χάρτης 1.1. Χάρτης των γεωλογικών σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής του Αγγελοχωρίου Θεσσαλονίκης (Η κατασκευή του χάρτη έγινε με βάση τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ, των Φύλλων Επανομής & Θεσσαλονίκης, κλίμακας 1:50.000 και ημερομηνίες έκδοσης 1969 & 1978 αντίστοιχα και τη διδακτορική διατριβή του κ. Συρίδη (1990). Η ψηφιοποίηση έγινε σε περιβάλλον ArcGIS).

Πηγή: Κεσόγλου Ο., (2011), Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, «Εντοπισμός υφάλμυρων υδροφόρων στρωμάτων με τη χρήση γεωφυσικών μεθόδων: Εφαρμογή στην περιοχή του Αγγελοχωρίου, Θεσσαλονίκης», Θεσσαλονίκη.

Η απόθεση των υλικών πραγματοποιήθηκε κατά το Πλειόκαινο (Ρουσίνιο) σε αβαθές ποταμολιμναίο περιβάλλον όπως φανερώνουν η μεγάλη ποικιλία των ιζημάτων, η κοκκομετρική τους σύσταση, η εσωτερική δομή και η οργάνωσή τους. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία κροκάλων ροδόχρωμου γρανίτη στα ιζήματα, οι οποίες προέρχονται από την περιοχή Φανού Κιλκίς, μερικά χιλιόμετρα ανατολικά της Αλμωπίας. Παρόμοιος γρανίτης συνοδεύει και τις ηφαιστειακές κροκάλες που συναντώνται στα ιζήματα του σχηματισμού. Γενικό γνώρισμα του σχηματισμού είναι ότι αποτελείται από ρυθμικές εναλλαγές χονδρόκοκκων (άμμοι - ψαμμίτες) και

λεπτόκοκκων (άργιλοι - μάργες) ιζημάτων που φανερώνουν μία περιοδικότητα στην τροφοδοσία του υλικού.

• **ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ:** Ονομάστηκε από τα Νέα Μουδανιά τα οποία είναι κτισμένα πάνω στα ιζήματά του. Είναι νεώτερος και καλύπτει το Σχηματισμό Γωνιάς ενώ ο μεταξύ τους διαχωρισμός γίνεται με μία επιφάνεια διάβρωσης. Ο Σχηματισμός περιλαμβάνει ένα μεγάλο όγκο ερυθροστρωμάτων, τα οποία αποτελούνται από εναλλαγές φακών υπογωνιωδών κροκάλων, άμμων-ψαμμιτών με διασταυρούμενη στρώση και αμμούχων - ιλυούχων αργίλων. Ανεξάρτητα με την κοκκομετρική σύσταση του υλικού όλα τα στρώματα-φακοί περιέχουν καστανέρυθρο λεπτόκοκκο υλικό το οποίο δίνει ενιαίο χρωματισμό στα ιζήματα. Το πάχος του σχηματισμού ποικίλλει κατά θέσεις.

Τα υλικά του σχηματισμού αποτέθηκαν κατά το Άνω Πλειστόκαινο- Κάτω Πλειστόκαινο (Βιλαφράγγιο) σε ένα χερσαίο-χερσοποτάμιο περιβάλλον, στο οποίο επικρατούσαν οξειδωτικές συνθήκες και το πάχος τους είναι έντονα μεταβαλλόμενο κατά θέσεις.

Μετά την απόθεση των ερυθροστρωμάτων (Σχηματισμός Μουδανιών), η περιοχή διατήρησε το χερσαίο χαρακτήρα της και στην επιφάνεια δημιουργήθηκε ένα ώριμο παλαιοανάγλυφο. Κατά το Κατώτερο-Μέσο Πλειστόκαινο ξεκίνησε μια νέα φάση έντονης τεκτονικής δραστηριότητας, με ομάδες νέων κανονικών ρηγμάτων να τεμαχίζουν την περιοχή και να σχηματίζουν τα βυθίσματα του Ανθεμούντα, της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης καθώς και την πολύπλοκη μορφολογία της Χαλιδικής (Συρίδης 1990, Αλμπανάκης κ.α. 1999, Ψιλοβίκος 1977, Ψιλοβίκος 1981, Μουντράκης κ.α. 1993).

Κατόπιν, κατά το Άνω Πλειστόκαινο (Μιλιάτζιο) η θάλασσα εισχώρησε στα βυθισμένα τμήματα και στη συνέχεια άρχισαν οι παράκτιες διεργασίες διάβρωσης και απόθεσης, που διαμορφώνουν την σημερινή κατάσταση (Αλμπανάκης κ.α. 1999 από Faugeres 1977).

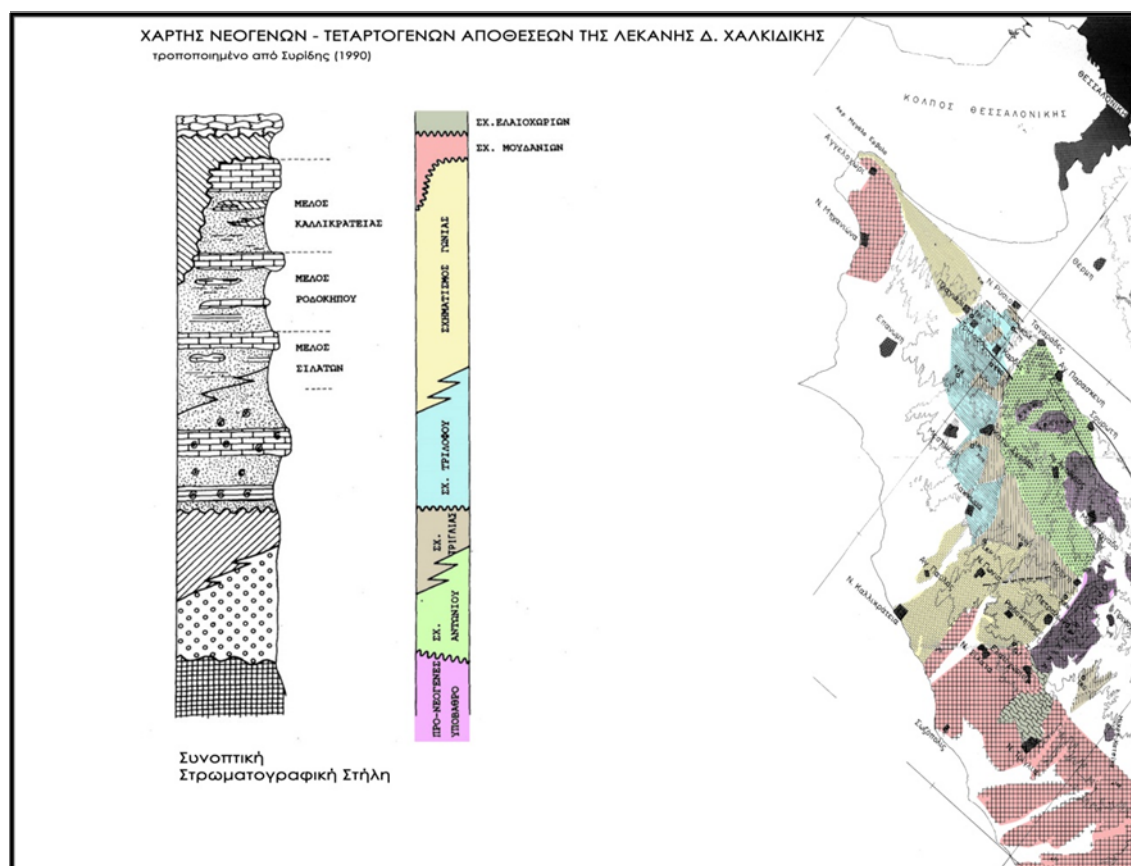
Γενικότερα η περιοχή ανά περίοδο αποτελείται από (χάρτης 1.2):

✓ **Τεταρτογενές**

✓ **Ολόκαινο:**

- **Αλλουβιακές αποθέσεις:** Οι αλλουβιακές αποθέσεις αποτελούν εκτεταμένο

ιζηματογενή λιθολογικό σχηματισμό. Αποτελούνται από ιζηματογενή υλικά τα οποία καλύπτουν την παράκτια περιοχή της λεκάνης της Καλαμαριάς. Πιο συγκεκριμένα κάνουν την εμφάνισή τους στον υδροβιότοπο της Επανομής, στις παράκτιες περιοχές της Νέας Καλλικράτειας, των Νέων Πλάγιων και των Φλογητών. Ανάντη των Νέων Πλάγιων και των Φλογητών κατά μήκος των ομώνυμων υδατορευμάτων.



Χάρτης 1.2. Χάρτης Νεογενών – Τεταρτογενών αποθέσεων της λεκάνης Δ. Χαλκιδικής.

Πηγή: Τροποποιημένο από Διδακτορική Διατριβή Γ. Συρίδη

- **Παράκτιες αποθέσεις:** Οι παράκτιες αποθέσεις εντοπίζονται σε μεγαλύτερη έκταση στην περιοχή Αγγελοχωρίου και συνίστανται από αναχώματα ακτών και θίνες.
- **Ιζήματα παρακτίων λιμνών και λιμνοθαλασσών:** Πρόκειται για άμμους και αμμούχους αργίλους.
- **Ελουβιακός μανδύας:** Καλύπτει τις Νεογενείς αποθέσεις (περιοχή Αγ. Παύλου και Ν. Ηράκλειας) και αποτελείται από τα αποσαθρώματά τους.

Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων: Πρόκειται για τρεις βαθμίδες που αποτελούνται από ψηφίδες, άμμους, χονδρόκοκκο υλικό, και από ασβεστολιθικές και σχιστολιθικές κροκάλες.

- **Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων:** Πρόκειται για δύο αναβαθμίδες που συνίστανται κυρίως από κροκάλες χαλαζίτη και γενικά μεταμορφωμένων πετρωμάτων και σε μικρότερη αναλογία από ασβεστολιθικές κροκάλες.
- **Ριπίδια προσχώσεων:** Πρόκειται για παλαιούς και νέους κώνους κορημάτων, συνήθως συγκολλημένους που αποτελούνται από υλικά μεταμορφωμένων πετρωμάτων.

✓ Νεογενές✓ Αν. Μειόκαινο- Κατ. Πλειόκαινο:

- **Ασβεστόλιθοι γλυκέων υδάτων:** Πρόκειται για γαλαζότεφρους κυρίως μαργαϊκούς ασβεστόλιθους που τοποθετούνται δυτικά τους όρους Κατσίκια (ασβεστόλιθοι) και βρίσκονται μέσα στην ψαμμιτομαργαϊκή σειρά. Συχνά περιέχουν κροκάλες και άλλα υλικά τοπικής προελεύσεως.
- **Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά:** Αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα άμμων, αργιλούχων μαργών και αργίλων. Παρεμβάλλονται ακόμα ψαμμίτες, ψηφιδοπαγή, συνεκτικοί πάγκοι και ενστρώσεις από ψαμμιτο-ψηφιδοπαγή και ασβεστιτικοί ψαμμίτες. Εντοπίζεται στο δυτικό τμήμα του υδροφόρου συστήματος και καταλαμβάνει μεγάλη έκταση.
- **Σειρά ερυθρών αργίλων:** Ερυθρές ως κεραμόχρωμες ιλυώδεις άργιλοι, με μαρμαρυγία και ασβεστιτικά συγκρίματα, παρουσιάζονται κύρια στα βορειότερα τμήματα της λεκάνης, όπως στην περιοχή Σήμαντρων. Μερικές φορές περιέχουν φακοειδείς ενστρώσεις άμμων, μαργών, ψηφιδοπαγών, τραβερτινοειδών μαργαϊκών ασβεστόλιθων και κροκαλοπαγών. Εντοπίζεται στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του υδροφόρου συστήματος και καταλαμβάνει μεγάλη έκταση.
- **Τραβερτινοειδείς Ασβεστόλιθοι:** Είναι περιορισμένης έκτασης και πάχους και τοποθετείται νότια των ασβεστόλιθων. Αποτελείται από σφηνοειδείς ενστρώσεις στη σειρά ερυθρών αργίλων και των βασικών κροκαλοπαγών, κυρίως στα ανώτερα τμήματα τους. Λόγω φαινόμενων διάβρωσης των ερυθρών αργίλων παρουσιάζονται σήμερα με τη μορφή καλυμμάτων που επικάθονται σήμερα πάνω στις ερυθρές αργίλους και ενίοτε στα κροκαλοπαγή.

Το μεταμορφωμένο υπόβαθρο του κοκκώδους υδροφόρου συστήματος αποτελείται από ανθρακικά, πυριγενή και σχιστολιθικά πετρώματα Μεσοζωικής και Παλαιοζωικής ηλικίας. Τα πετρώματα αυτά τοποθετούνται βόρεια και βορειοανατολικά του συστήματος. Εκτός από τα ανθρακικά πετρώματα τα υπόλοιπα μεταμορφωμένα πετρώματα καταλαμβάνουν μικρή έκταση.

✓ **Μεσοζωικό**

✓ Αν. Ιουρασικό - Κ. Κρητιδικό

Ασβεστόλιθοι: Στο κοκκώδες υδροφόρο σύστημα Μουδανίων –Επανομής παρεμβάλλονται οι ασβεστόλιθοι της περιοχής Κατσίκας που συνιστούν ένα ξεχωριστό καρστικό υδροφόρο υποσύστημα. Εμφανίζονται επί το πλείστον στην περιοχή των Πετραλώνων, όπου εντοπίζεται ο μεγάλος καρστικός όγκος του υψώματος Κατσίκας. Πρόκειται για τεφρούς ως γαλαζωπούς, παχυστρωματώδεις, μερικώς ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους. Τοπικά στη βάση απαντούν λεπτά στρώματα ψαμμίτη. Επίσης παρεμβάλλονται μερικοί ορίζοντες βωξίτη ελαφρά μεταμορφωμένοι.

✓ **Πετρώματα υποβάθρου**

✓ Μεσοζωικό - Παλαιοζωικό:

Το κοκκώδες και το καρστικό υδροφόρο υποσύστημα στα βόρεια-βορειοανατολικά περικλείονται από τα Μεσοζωικής και Παλαιοζωικής ηλικίας πυριγενή και σχιστολιθικά πετρώματα που αποτελούν και το υπόβαθρο. Τα πετρώματα αυτά είναι:

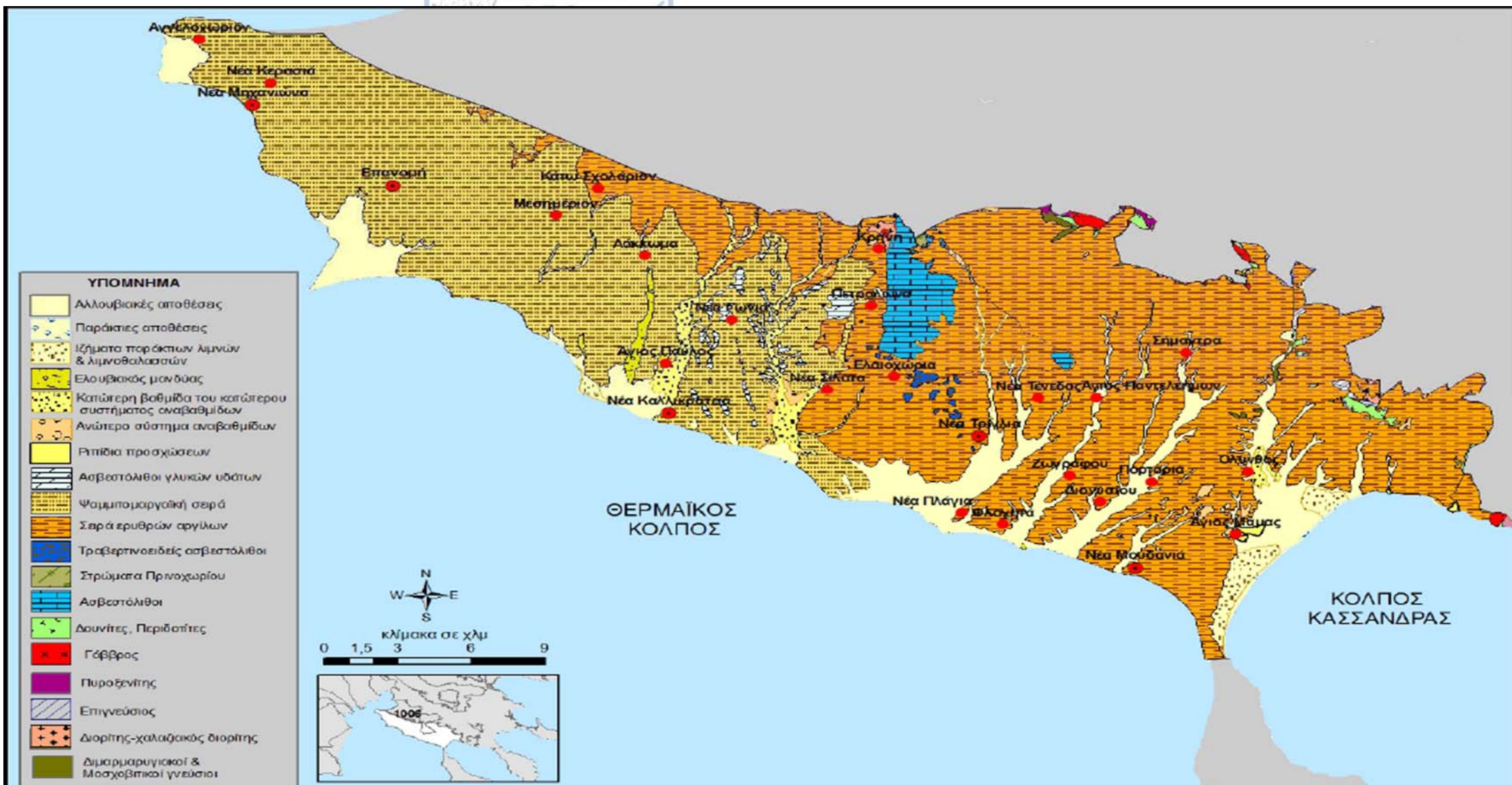
- **Ο Γρανίτης Μονοπήγαδου:** Βρίσκεται στο βόρειο περιθώριο του συστήματος και αποτελεί το υδραυλικό όριο μεταξύ του κοκκώδους υδροφόρου συστήματος Επανομής-Μουδανίων και του Ανθεμούντα αντίστοιχα.

Διορίτες, χαλαζιακοί διορίτες, δουνίτες και περιδοτίτες, γάββροι, πυροξενίτες, επιγνεύσιοι (Μεσοζωικό). Διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι και μοσχοβιτικοί γνεύσιοι (Παλαιοζωικό ή Παλαιότερο). Εντοπίζονται στο βόρειο και βορειοανατολικό περιθώριο του υδροφόρου συστήματος και ανήκουν στο ρωγματικό σύστημα Χολομώντα.

Όλα τα παραπάνω φαίνονται και στο γεωλογικό χάρτη της ευρύτερης περιοχής μελέτης που ακολουθεί (χάρτης 1.4).







Χάρτης 1.4. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

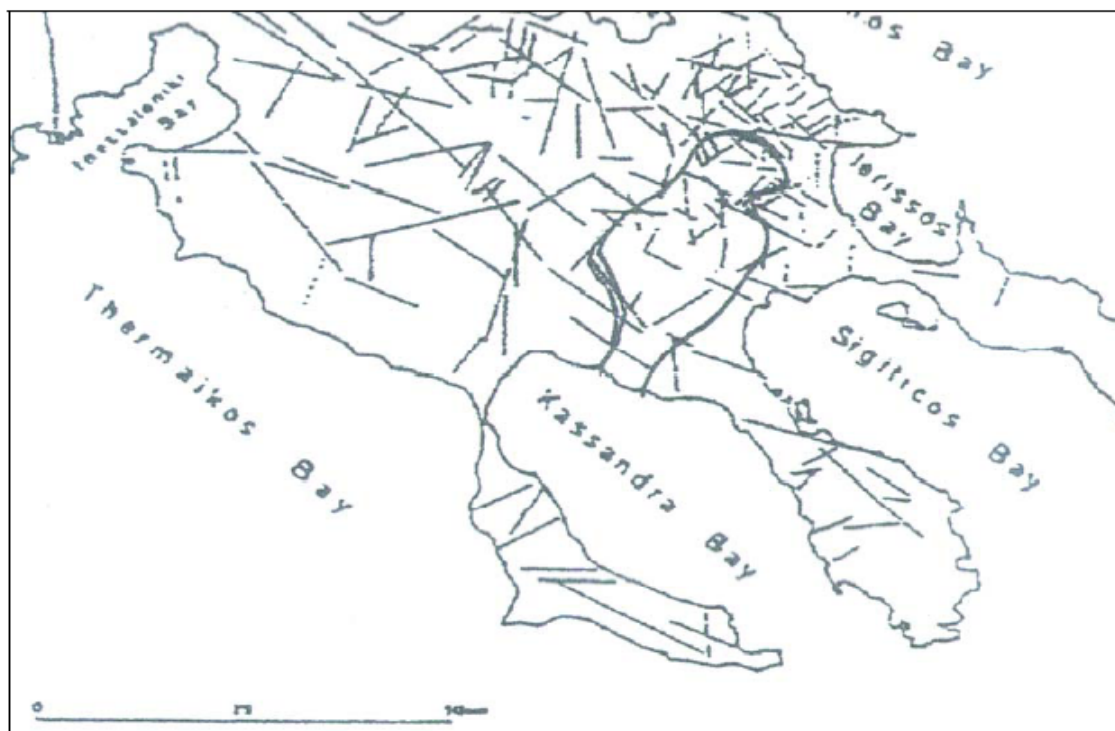
1.9. Τεκτονική της περιοχής

Η δυτική Χαλκιδική και η χερσόνησος της Κασσάνδρας εντάσσονται στο ανατολικό περιθώριο του μεγάλου τεκτονικού βυθίσματος της αύλακας του Αξιού.

Στη διάρκεια της ορογενετικής περιόδου από το τέλος του Κρητιδικού έως το Μέσο Ηώκαινο αναδύθηκε οριστικά η ζώνη της Παιονίας. Στη συνέχεια στη διάρκεια του Άνω Ηωκαίνου και συγκεκριμένα στην αρχή του Πριαμπονίου δημιουργήθηκε η αύλακα του Αξιού και επακολούθησε επίκληση της θάλασσας με την απόθεση ιζημάτων μολασσικού τύπου.

Κατά την ορογένεση αυτή δημιουργήθηκαν απλές πτυχές και κλειστές πτυχές μεγάλης κλίμακας με διεύθυνση αξόνων ΒΔ-ΝΑ και κλίση ΝΔ. Η φάση αυτή των πτυχώσεων φαίνεται ότι άφησε τα ίχνη της πάνω στους ασβεστόλιθους που χαρακτηρίζονται από την παρουσία ΒΔ διεύθυνσης αξονικών επιπέδων. Οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν πλήθος διαρρήξεων οι οποίες κατά το μεγαλύτερο ποσοστό παρουσιάζουν ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση.

Στην περιοχή κυριαρχεί ένα νεότερο εφελκυστικό πεδίο, με διεύθυνση του άξονα ελάχιστης τάσης Β-Ν έως ΒΒΔ-ΝΝΑ, που διέπει την πρόσφατη ενεργό τεκτονική του Πλειστοκαίνου (εικόνα 1.5).



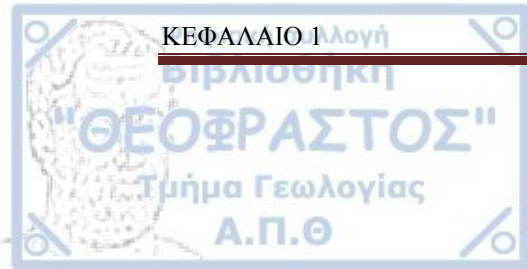
Εικόνα 1.5. Κύριες ρηξιγενείς νεοτεκτονικές δομές στον ευρύτερο χώρο της Χαλκιδικής.

Ένα παλαιότερο εφελκυστικό πεδίο του Μειόκαινου που είχε διεύθυνση του

ελάχιστου άξονα τάσης BA-NΔ στην περιοχή φαίνεται να επηρεάζει ελάχιστα τους νεότερους ιζηματογενούς σχηματισμούς (Μουντράκης κ.ά., 1992).

Στην περίοδο του Νεογενούς – Τεταρτογενούς η απόθεση μεγάλου πάχους μεταλπικών ιζημάτων είχε ως αποτέλεσμα την κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους της περιοχής και έτσι απομόνωσαν τα πετρώματα του υποβάθρου. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι ελαφρά ανασηκωμένοι και παρουσιάζουν διεύθυνση BA-NΔ και μικρή κλίση 5-100 ΒΔ. Όλο το σύστημα των γεωλογικών σχηματισμών έχει υποστεί την εφελκυστική δράση δυνάμεων του Τεταρτογενούς με αποτέλεσμα τη ρωγμάτωση όλων των σχηματισμών. Τα ρήγματα αυτά παρουσιάζουν διεύθυνση κυρίως BBΔ-NNA, καθώς και BA-NΔ σε μικρότερο ποσοστό.

Στο ασβεστόλιθους της περιοχής Κατσίκας παρατηρούνται κατακόρυφα μεταπτωτικά ρήγματα σε διευθύνσεις B-N, BBΔ-NNA, A-Δ που διακόπτουν τους ασβεστόλιθους και προκαλούν την κλιμακωτή μετάπτωσή τους προς τα δυτικά-νοτιοδυτικά. Οι ασβεστόλιθοι είναι έντονα κατακερματισμένοι, καρστικοποιημένοι.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η συνολική επιφανειακή απορροή μιας λεκάνης, που θα φτάνει στην έξοδο της, είναι άμεση συνάρτηση:

1. του ύψους και της κατανομής των βροχοπτώσεων,
2. του είδους των λιθολογικών τύπων,
3. της μορφολογίας της λεκάνης,
4. της συμπεριφοράς της φυτοκάλυψης.

Οι παραπάνω παράμετροι ελέγχουν σε μεγάλο βαθμό το υδρολογικό ισοζύγιο και τις πλυμμυρικές αιχμές της λεκάνης απορροής.

2.1. Υδρολιθολογία Λεκάνης

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αμέσως μετά την πρόσπτωση τους, σε μια λεκάνη απορροής, έχουν την δυνατότητα ή να κατεισδύσουν ή να ακολουθήσουν την διέξοδο της επιφανειακής απορροής. Το ποσοστό των κατακρημνισμάτων το οποίο είναι σε θέση να ακολουθήσει κάθε μια από τις δυο διεξόδους εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά και τη φύση των λιθολογικών τύπων της λεκάνης απορροής.

Το ποσοστό των κατακρημνισμάτων το οποίο παρουσιάζει τάση να σχηματίζει επιφανειακή απορροή εισέρχεται στο υδρογραφικό δίκτυο και φτάνει στον επιφανειακό ταμιευτήρα σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα. Αντιθέτως το τμήμα που κατεισδύει συμπληρώνει τα αποθέματα των υπόγειων υδροφόρων και κινείται με μικρές ταχύτητες.

Το υπόγειο νερό είτε προέρχεται από την άμεση κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είτε από πλευρική διήθηση, αποθηκεύεται και κινείται μέσα στους σχηματισμούς της περιοχής υπακούοντας σε βασικούς κανόνες που εξαρτώνται από την δομή των σχηματισμών.

Γενικά η ικανότητα των σχηματισμών να αποθηκεύουν και να μεταβιβάζουν σημαντικές ποσότητες υπόγειου νερού εξαρτάται από την υδρολοθολογική συμπεριφορά τους. Με βάση την διαφοροποιημένη αυτή υδρολοθολογική συμπεριφορά των λιθολογικών τύπων της λεκάνης, διακρίνεται σε επιμέρους ενότητες, τους λιθολογικούς τύπους προσεγγίζοντας τη συμπεριφορά τους ποιοτικά,

όσο και παραμετρικά. Για την υδρολογική λεκάνη της περιοχής μελέτης η ποιοτική αξιολόγηση έγκειται στη διάκριση τριών υδρολιθολογικών ενοτήτων:

- της ενότητας «Α» των περατών σχηματισμών (ιζηματογενή πετρώματα)
- της ενότητας «Β» των ημιπερατών σχηματισμών
- της ενότητας «Γ» των αδιαπέρατων σχηματισμών

2.1.1. Υδρολιθολογική ενότητα «Α» περατοί σχηματισμοί

Η υδρολιθολογική ενότητα Α, περιλαμβάνει τους πορώδεις, ιζηματογενείς σχηματισμούς της λεκάνης και συγκεκριμένα:

☒ Τα αλλουβιακά ριπίδια, τις λιμναίες αποθέσεις του Ολοκαίνου και τις ποταμοχειμάρειες αποθέσεις του Πλειστοκαίνου που υπέρκεινται των Νεογενών αποθέσεων. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτέθηκαν πάνω στο κρυσταλοσχιστώδες υπόβαθρο της λεκάνης και καλύπτουν το πεδινό και λοφώδες τμήμα της.

Τροφοδοτούνται από την άμεση κατείσδυση των κατακρημνισμάτων ή από την πλευρική διήθηση των επιφανειακών νερών που αφού αποθηκευτεί μέσα στους σχηματισμούς της ενότητας αυτής, κινείται δε υπακούοντας σε ορισμένους βασικούς κανόνες υδραυλικής. Οι κανόνες αυτοί εξαρτώνται από τη δομή των σχηματισμών, από το ολικό και ενεργό πορώδες, την κοκκομετρική διαβάθμιση και την ταξινόμηση και τη διαγένεση των υλικών.

Το ενδιαφέρον τους έγκειται στο μεγάλο πάχος που παρουσιάζουν αλλά κυρίως γιατί έχουν μεγάλο συντελεστή κατείσδυσης και παρέχουν ευνοϊκές υδρολογικές συνθήκες για την ανάπτυξη υπόγειας υδροφορίας.

☒ Οι κοκκώδεις σχηματισμοί της λεκάνης παρουσιάζουν μια ποικίλη υδρολιθολογική συμπεριφορά και με βάση τις ιδιότητες τους διακρίνονται στους ακόλουθους υδρολιθολογικούς σχηματισμούς:

- a. σχηματισμός I των κορημάτων και ριπιδιοπαγών αποθέσεων
- b. σχηματισμός II των Πλειστοκαινικών αποθέσεων

a. Ο σχηματισμός I των κορημάτων και ριπιδιοπαγών αποθέσεων αποτελείται σε γενικές γραμμές από ιζηματογενείς σχηματισμούς με αυξανόμενο πρωτογενές

πορώδες. Είναι αποθέσεις Τεταρτογενούς ηλικίας οι οποίες συνίστανται κατά το πλείστον, λιθολογικά από κροκάλες, λατύπες και ριπιδιοπαγείς υλικά στις εξόδους και στις κοίτες των υδρορευμάτων. Είναι υλικά τα οποία έχουν προέλθει κατά κύριο λόγο από την διάβρωση και αποσάθρωση των κρυσταλλικών πετρωμάτων του υποβάθρου.

Οι ιδιότητες τους εξαρτώνται από τα μητρικά πετρώματα. Στα περατά στρώματα και στους φακούς των κορημάτων αναπτύσσονται αρκετοί υδροφόροι με ικανοποιητική σύνδεση μεταξύ τους. Η τροφοδοσία των υδροφόρων αυτών γίνεται με την διήθηση του νερού των υδρορευμάτων που απορρέουν από το ορεινό τμήμα καθώς και από πλευρικές διηθήσεις από τα παρακείμενα πετρώματα.

Το υπόγειο νερό σε αρκετές περιπτώσεις επανεμφανίζεται με την μορφή πηγών γύρω από τον πόδα των ριπιδίων ενώ συνήθως συνεχίζει την υπόγεια ροή του προς τα κατάντη.

b. Ο σχηματισμός II των Πλειστοκαινικών αποθέσεων αποτελείται από ιζηματογενείς σχηματισμούς με αυξανόμενο πρωτογενές πορώδες. Σχετιζόμενοι με τον σχηματισμό I της υδρολιθολογικής ενότητας Α διαπιστώνεται μια ανισοτροπία στην υδρολιθολογική τους συμπεριφορά και στο πρωτογενές τους πορώδες εξαιτίας της διαφορετικής λιθολογικής σύστασης των επάλληλων ιζηματογενών οριζόντων. Το κύριο λιθοφασικό χαρακτηριστικό του σχηματισμού II είναι οι εναλλαγές άμμου και ψαμμιτών με αργίλους.

Ο υδρολιθολογικός αυτός σχηματισμός περιλαμβάνει στρωματομόρφες Πλειστοκαινικές αποθέσεις ψαμμιτών, αργίλων, άμμων και κροκαλοπαγών. Τα αργιλικά στρώματα παρουσιάζονται με τη μορφή συνεκτικών ιζημάτων που προέρχονται από την διαγένεση πηλινών και συνίστανται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% από τους κόκκους με μέση διάμετρο μικρότερη από 2 μm . Η περατότητα τους είναι μικρότερη του $1 \cdot 10^{-8}$ m/s. Επιπλέον τα αργιλικά στρώματα δεν είναι συμπαγή, έχουν μικρή συνοχή και σπανίως σε αυτά αναπτύσσεται πρωτογενές πορώδες

Οι ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή εμφανίζονται υπό μορφή φακών και στρωμάτων σε διάφορα βάθη ενώ στην επιφάνεια εμφανίζονται μόνο κατά θέσεις. Λόγω του μικρού βαθμού διαγένεσης της κοκκομετρικής διαβάθμισης και κακής ταξινόμησης τα στρώματα - φακοί ψαμμιτών και κροκαλοπαγών έχουν ένα μεγάλο σχετικά πορώδες το οποίο κυμαίνεται από 0,4% μέχρι 35%. Οι περατότητα τους είναι επίσης σχετικά μεγάλη και κυμαίνεται γύρω στο $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

2.1.2. Υδρολιθολογική ενότητα «Β» ημιπερατοί σχηματισμοί

Πρόκειται για ασβεστολιθικά πετρώματα διαφορετικής ηλικίας και παλαιογραφικής εξέλιξης. Πιο συγκεκριμένα τα ανθρακικά πετρώματα αντιπροσωπεύονται από ασβεστόλιθους γλυκών υδάτων σε εναλλαγές με μάργες, τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους, στρώματα Πρινοχωρίου και ασβεστόλιθοι ενότητας Παιονίας.

Τα ανθρακικά πετρώματα της ενότητας αυτής παρουσιάζουν ένα πρωτογενές πορώδες που ποικίλει από 10 – 45% και ένα πολύ πιο σημαντικό δευτερογενές πορώδες. Το πρωτογενές πορώδες των υγιών είναι συνήθως μικρότερο του 3%. Στην ζώνη αποσάθρωσης όμως το πορώδες αυξάνει και κυμαίνεται από 10 – 45%. Το πορώδες αυτό ελαττώνεται με το βάθος όπου τα πετρογενετικά ορυκτά είναι ελάχιστα εξαλλοιωμένα.

Εκτός της αποσάθρωσης, το δευτερογενές πορώδες των πετρωμάτων αυτών οφείλεται και στην ύπαρξη προνομιακών ζωνών κίνησης του νερού, όπως οι ζώνες διάρρηξης και επιφάνειες ασυνέχειας. Έτσι η επιφάνεια τους εκτός από την αποσάθρωση καθορίζεται κυρίως από τον τύπο και τα χαρακτηριστικά των ασυνεχειών. Όσο πιο έντονο φαινόμενο αποτελεί η καρστικοποίηση των ανθρακικών πετρωμάτων τόσο μεγαλύτερο παρουσιάζεται το πρωτογενές πορώδες.

Η ανάπτυξη των υδροφόρων συστημάτων αντιπροσωπεύεται κυρίως από υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες συνήθως τοπικής σημασίας. Σε μαργαϊκούς ασβεστόλιθους δεν αναμένεται εκτεταμένη υδροφορία αλλά μόνο τοπικής κλίμακας.

2.1.3. Υδρολιθολογική ενότητα «Γ» αδιαπέρατοι σχηματισμοί

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης απορροής και περιλαμβάνουν γνευσίους, γνευσιακούς σχιστόλιθους, μαρμαριγιακούς σχιστόλιθους, πρασινοσχιστόλιθους, αμφιβολίτες και γρανοδιορίτες. Τα γνευσιακά και γρανιτικά πετρώματα παρουσιάζουν παρόμοια υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά και αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα των βραχωδών πετρωμάτων.

Τα πετρώματα της ενότητας αυτής παρουσιάζουν ένα σημαντικό πρωτογενές και ένα πολύ πιο σημαντικό δευτερογενές πορώδες. Το πρωτογενές πορώδες των υγιών είναι συνήθως μικρότερο του 3%. Στην ζώνη αποσάθρωσης όμως το πορώδες

αυξάνει και κυμαίνεται από 1 – 35%. Το πορώδες αυτό ελαττώνεται με το βάθος όπου τα πετρογενετικά ορυκτά είναι ελάχιστα εξαλλοιωμένα.

Εκτός της αποσάθρωσης, το δευτερογενές πορώδες των πετρωμάτων αυτών οφείλεται και στην ύπαρξη προνομιακών ζωνών κίνησης του νερού, όπως οι ζώνες διάρρηξης και επιφάνειες ασυνέχειας. Έτσι η επιφάνεια τους εκτός από την αποσάθρωση καθορίζεται κυρίως από τον τύπο και τα χαρακτηριστικά των ασυνεχειών. Συνήθως τα πετρώματα αυτά παρουσιάζουν μια ισχυρή υδραυλική ανισοτροπία και υδραυλική ετερογένεια.

Εμφανίζονται με υψηλό βαθμό κατακερματισμού από ασυνέχειες εξαιτίας της φύλλωσης και των διακλάσεων. Ο κατακερματισμός είναι εντονότερος πλησίον και εντός ρηξιγενών ζωνών, με αποτέλεσμα τέτοιες ζώνες να παρουσιάζουν αξιόλογες υδρογεωλογικές συνθήκες. Είναι γνωστό ότι η περατότητα στα ρωγματώδη πετρώματα αυξάνεται όσο αυξάνεται το βάθος, έτσι η αποθήκευση νερού περιορίζεται σε ένα σχετικά μικρό βάθος και σε θέσεις όπου οι ασυνέχειες δημιουργούν προνομιακές ζώνες κίνησης του υπόγειου νερού.

Όταν οι ζώνες αυτές παρουσιάζουν υδραυλική σύνδεση μεταξύ τους και οι ασυνέχειες είναι ικανοποιητικά αγωγίμες, τότε δημιουργούνται δομές που επιτρέπουν την διακίνηση και αποθήκευση αξιόλογων ποσοτήτων υπόγειου νερού.

Στα κρυσταλλικά πετρώματα αναπτύσσονται γενικά μικροί σε κλίμακα επικρεμάμενοι υδροφόροι όπου οι συνθήκες το επιτρέπουν. Κυρίως αναπτύσσονται σε ζώνες διάρρηξης και όπου ο μανδύας αποσάθρωσης έχει σημαντικό πάχος. Η τροφοδοσία των υδροφόρων αυτών γίνεται αποκλειστικά από την κατείσδυση. Ο συντελεστής ενεργής κατείσδυσης στα πετρώματα αυτά κυμαίνεται από 3-7% και εξαρτάται κυρίως από τις μορφολογικές κλίσεις του αναγλύφου, τη φυτοκάλυψη και τις κλιματικές συνθήκες. Η τιμή αυτή είναι σημαντικά μικρή ώστε να δημιουργεί προβληματικές συνθήκες τροφοδοσίας και εμπλουτισμού των υδροφόρων. Σε γενικές γραμμές τα πετρώματα αυτά παρουσιάζουν αρνητικές συνθήκες τροφοδοσίας τόσο από την άμεση κατείσδυση όσο και από τις πλευρικές διηθήσεις μέσω γειτονικών πετρωμάτων. Η περατότητα τους είναι καθαρά δευτερογενής και κυμαίνεται γύρω στα $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

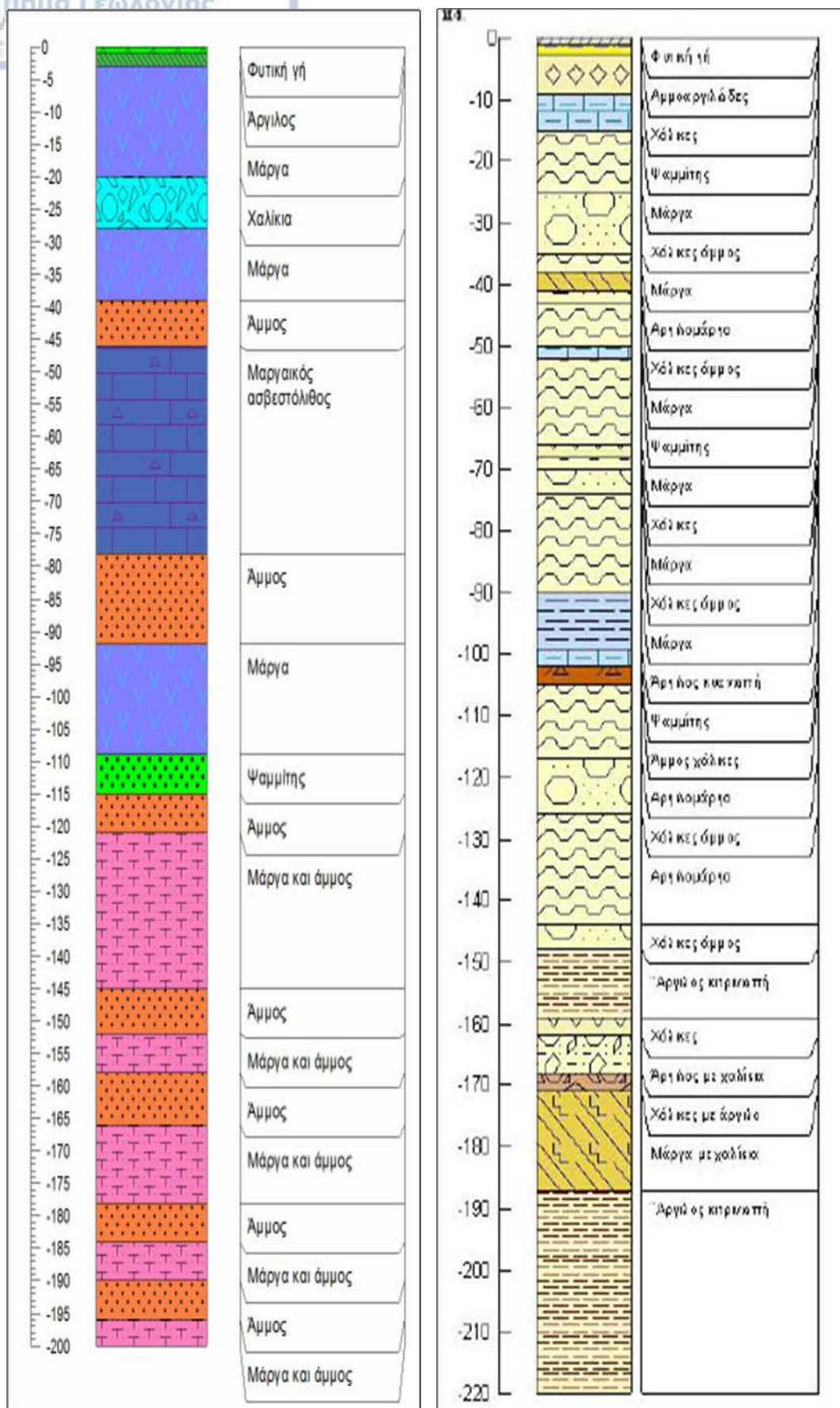
Για την περιοχή του Αγγελοχωρίου παραχωρήθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε τα χαρακτηριστικά δυο γεωτρήσεων που αφορούν την περιοχή μετά από σχετική μελέτη που εκπονήθηκε εκ μέρους του. Οι γεωτρήσεις είχαν παροχή 70 m³/h και έφταναν σε βάθος 200 m.

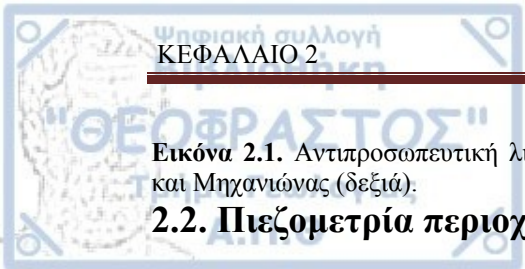
Έτσι μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Το πάχος του υδροφόρου κυμαίνεται από 10-35 m.
- Οι σχηματισμοί είναι ημιπερατοί.
- Το πάχος ακόρεστης ζώνης κυμαίνεται από 25-45 m.

Για την κατανόηση της στρωματογραφίας παρατίθενται ενδεικτικά αντιπροσωπευτικές τομές δύο γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης (Αγγελοχωρίου και Μηχανιώνας) (εικόνα 2.1).

Από τις λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων φαίνεται ότι υπάρχουν αλληπάλληλοι υδροφόροι ορίζοντες που παρεμβάλλονται μεταξύ μαργών.





Εικόνα 2.1. Αντιπροσωπευτική λιθολογική τομή της γεώτρησης περιοχής Αγγελοχωρίου (αριστερά) και Μηχανιώνας (δεξιά).

2.2. Πιεζομετρία περιοχής

Η στάθμη των υδροφόρων στρωμάτων δεν βρίσκεται σε στατική ισορροπία, αλλά σε δυναμική ισορροπία και μεταβάλλεται συνεχώς με το χρόνο, είτε ανεβαίνοντας λόγω τροφοδοσίας (από κατείσδυση, διήθηση, πλευρική μετάγγιση κ.λπ.), είτε κατεβαίνοντας λόγω απωλειών (εκφόρτιση από πηγές, από άντληση, εκροή προς γειτονικά στρώματα κ.λπ.). Έτσι αν σε ένα σημείο παρακολουθήσουμε τη στάθμη με το χρόνο, δηλ. με ένα διάγραμμα στάθμης h -χρόνου t , θα δούμε ότι αυτή μεταβάλλεται συνεχώς, διακυμαίνεται, μέσα στο χρόνο. Η διακύμανση της στάθμης σε ένα σημείο περιγράφεται από τα διαγράμματα στάθμης h - χρόνου t . Μεταβολή της στάθμης υδροφόρων σημαίνει μεταβολή των αποθεμάτων υπόγειου νερού. Οι διακυμάνσεις είναι πολυποίκιλες, πολυσύνθετες ανάλογα με την αιτία ή τις αιτίες που τις προκαλούν και φυσικά οι αντίστοιχες καμπύλες έχουν ανάλογες ερμηνείες.

Η μέτρηση της στάθμης των γεωτρήσεων είναι μία διαδικασία που αφορά τον έλεγχο των αποθεμάτων του υπόγειου νερού. Η διαδικασία πραγματοποιείται δύο φορές το χρόνο κατά τους μήνες Μάιο και Οκτώβριο, δηλαδή πριν εμφανιστούν οι υψηλές θερμοκρασίες των καλοκαιρινών μηνών και πριν την έναρξη των φθινοπωρινών βροχών. Για τον έλεγχο της ποιότητας του νερού των υπόγειων υδροφορέων είναι απαραίτητη η λήψη δειγμάτων από τις γεωτρήσεις και στη συνέχεια η ανάλυση τους στο εργαστήριο για την παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων.

2.2.1. Εξοπλισμός και διαδικασία σταθμημέτρησης και δειγματοληψίας

Η μέτρηση της στάθμης των γεωτρήσεων πραγματοποιείται με τη χρήση σταθμημέτρου. Το σταθμήμετρο (εικόνα. 2.2) είναι μια συσκευή που μετράει τη στάθμη του νερού της γεώτρησης. Κατεβάζοντας μέσα στην γεώτρηση το ειδικά αριθμημένο ανά 1 cm καλώδιο, μόλις έρθει σε επαφή με το νερό της γεώτρησης το ηλεκτρονικό κύκλωμα παρέχει ήχο και φωτεινή ένδειξη. Η ένδειξη της μετροταινίας παρέχει το βάθος της στάθμης νερού. Έχει ενσωματωμένη επαναφορτιζόμενη μπαταρία.

Για τη συλλογή των δειγμάτων νερού από την εκάστοτε γεώτρηση είναι απαραίτητα δοχεία μέσα στα οποία τοποθετείται το νερό. Συνήθως χρησιμοποιούνται συσκευασίες 1,5 L από πολυαιθυλένιο κι ένας ανεξίτηλος μαρκαδόρος για να σημειωθεί το όνομα της γεώτρησης επάνω στο δείγμα. Οι γυάλινες φιάλες πρέπει να αποφεύγονται, γιατί έχει παρατηρηθεί προσρόφηση και ανταλλαγή ιόντων.



Εικόνα 2.2. Συσκευή μέτρησης στάθμης (σταθμήμετρο).

Πριν τη συλλογή του νερού μέσα στο μπουκάλι είναι απαραίτητο το «τρέξιμο» του νερού της γεώτρησης για κάποια λεπτά, έτσι ώστε να μη συλλεχτούν τα πρώτα χώματα και στερεά. Στην συνέχεια ξεπλένεται καλά η φιάλη 4 με 5 φορές με το νερό της ίδιας της γεώτρησης, όπως και το πόμα και έπειτα συλλέγεται το νερό μέχρι το χείλος και σημειώνεται ο αριθμός της γεώτρησης στην οποία αντιστοιχεί. Τα δείγματα τοποθετούνται σε δροσερό και σκιερό μέρος έως ότου τα μεταφέρουμε στο εργαστήριο για την ανάλυση.

Επίσης είναι καλό να υπάρχει ένα φορητό αγωγιμόμετρο, ώστε να καταστεί δυνατή η μέτρηση της τιμής της αγωγιμότητας, του pH και της θερμοκρασίας του νερού κατευθείαν στο πεδίο.

2.2.2. Στάθμη υπόγειων νερών

Με βάση τις μετρήσεις στάθμης κατά το τέλος της υγρής περιόδου του 2011 κατασκευάστηκε ισοπιεζομετρικός χάρτης και προσδιορίστηκε η κατεύθυνση (διεύθυνση και φορά) της ροής του υπόγειου νερού.

Για τη μελέτη της πιεζομετρικής στάθμης στην περιοχή έγιναν επιτόπου μετρήσεις σε επιλεγμένες γεωτρήσεις. Πρόκειται για 6 γεωτρήσεις οι γεωγραφικές συντεταγμένες των οποίων, σε δύο προβολικά συστήματα (WGS84 και ΕΓΣΑ 87), και το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται η εκάστοτε γεώτρηση παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας. 2.1).

Πίνακας 2.1. Γεωγραφικές συντεταγμένες και υψόμετρα γεωτρήσεων.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	WGS 84		ΕΓΣΑ 87		ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
	N	E	N	E	
Γ1	40 28 41.4	22 49 33.4	4481206.89	400334.15	0
Γ2	40 29 28.7	22 49 42.5	4482662.51	400567.77	0,5
Γ3	40 29 57.1	22 49 36.6	4483540.05	400440.53	22
Γ4	40 29 53.2	22 51 00.1	4483393.92	402404.42	57,5
Γ5 (θερμοκήπιο ΝΑ Αγγελοχωρίου)	40 29 45.3	22 50 39.8	4483156.57	401923.39	39
Γ6 (Αγγελ.- Μηχαν.)	40 28 36.9	22 50 51.6	4481043.87	402173.61	30

Στον πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι μετρούμενες στάθμες καθώς και οι διορθώσεις που απαιτούνται για την εύρεση την πιεζομετρικής στάθμης. Πιο συγκεκριμένα:

Πίνακας 2.2. Απόλυτες στάθμες του νερού σε γεωτρήσεις κατά το τέλος υγρής περιόδου του 2011.

Αριθμός Γεώτρησης	Πιεζομετρική ή στάθμη (m)	Απόσταση σωλήνα γεώτρησης από την επιφάνεια του εδάφους (m)	Ύψος στάθμης από την επιφάνεια του εδάφους (m)	Υψόμετρο (m)	Ύψος στάθμης από την επιφάνεια της θάλασσας (m)
Γ1	0.35	0,16	0.19	0	-0.19
Γ2	1.41	0	1.41	0.5	-0.91
Γ3	24.08	0.42	23.66	22	-1,66
Γ4	60,51	0,34	60,17	57,5	-2,67
Γ5 (θερμοκήπιο ΝΑ Αγγελοχωρίου)	40,63	0,3	40,33	39	-1,33

Γ6 (Αγγελ.-
Μηχαν.)

28,39

0,5

27,89

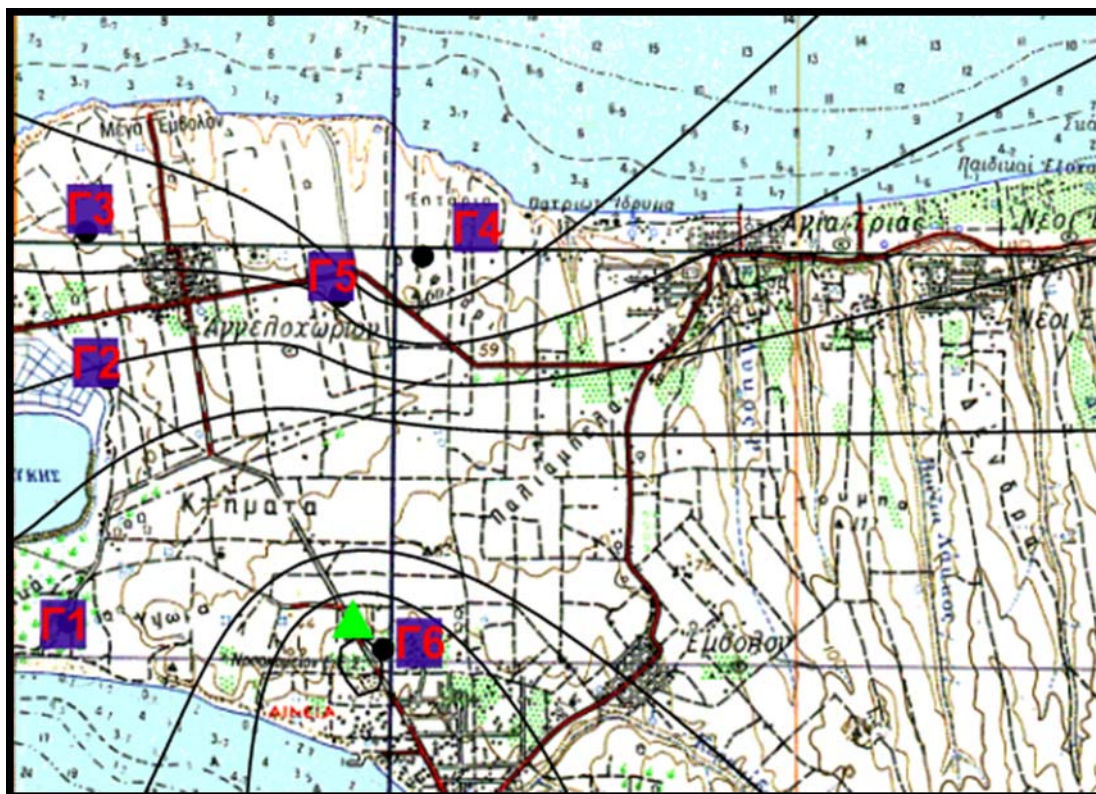
30

2,11

→ Από τη μετρούμενη στάθμη αφαιρέθηκε το ύψος του πιεζομετρικού σωλήνα, ώστε να γίνει αναγωγή αυτής στην επιφάνεια του εδάφους (4^η στήλη).

→ Τέλος για την αναγωγή της πιεζομετρικής στάθμης στο απόλυτο υψόμετρο, δηλαδή στην επιφάνεια της θάλασσας, αφαιρέθηκε από την 4^η στήλη το υψόμετρο (5^η στήλη) στο οποίο βρίσκεται η εκάστοτε γεώτρηση και έτσι προέκυψε η 6^η στήλη.

Με τη χρήση κατάλληλου προγράμματος (Surfer_10) δημιουργήθηκε ο πιεζομετρικός χάρτης (χάρτης 2.1). Η διεύθυνση ροής είναι από τη μεριά της θάλασσας προς την ενδοχώρα γεγονός που σημαίνει διείσδυση της θάλασσας στην παράκτια περιοχή.



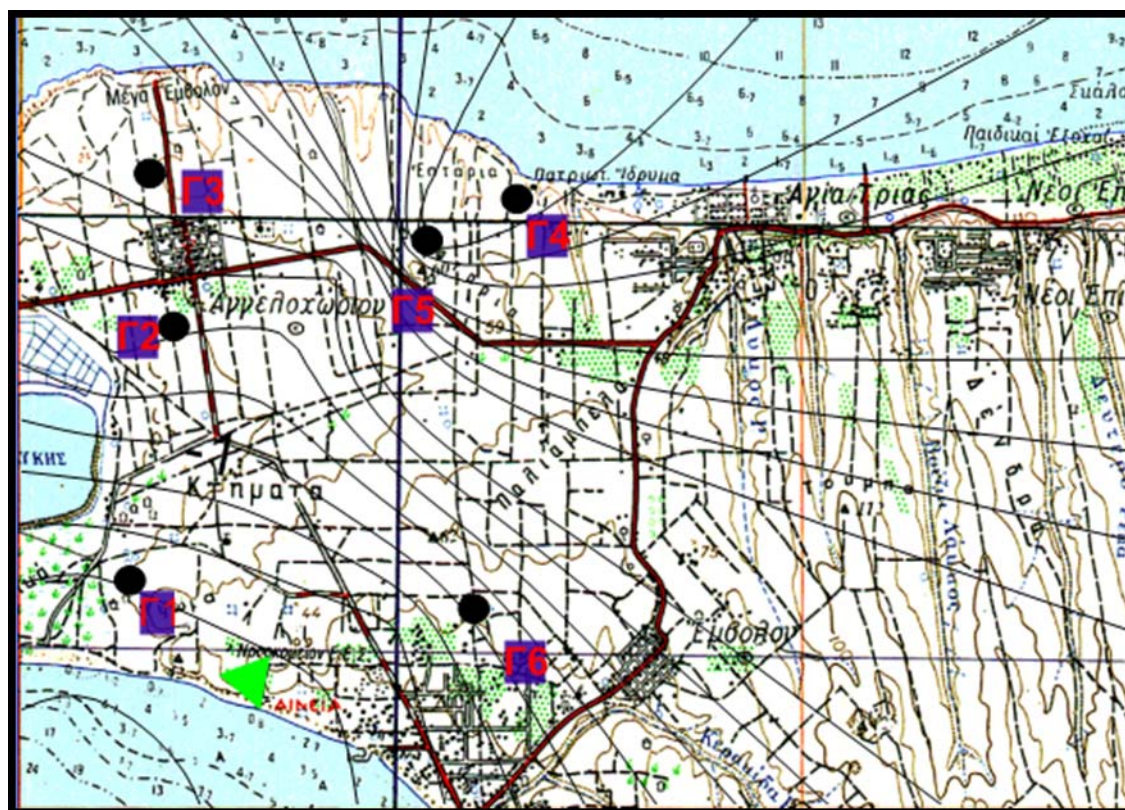
Χάρτης 2.1. Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης τέλος την υγρή περιόδου του 2011.

Για τις ίδιες γεωτρήσεις παραχωρήθηκαν, από τον υποψήφιο διδάκτορα Αθανάσιο Παύλο με αντικείμενο μελέτης «Υδρογεωλογικές έρευνες στην παράκτια περιοχή από Μ. Έμβολο έως Καλλικράτεια», οι μετρήσεις της πιεζομετρικής στάθμης για την ξηρά περίοδο του 2010. Οι τιμές αυτών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.3).

Για τις μετρήσεις αυτές κατασκευάστηκε ο αντίστοιχος πιεζομετρικός χάρτης (χάρτης 2.2) στο οποίο γίνεται επίσης φανερή η διεύθυνση ροής του υπόγειου νερού η οποία δεν διαφέρει από εκείνη του προηγούμενου χάρτη (χάρτης 2.1).

Πίνακας 2.3. Απόλυτες στάθμες του νερού σε γεωτρήσεις κατά τέλος ξηρής περιόδου του 2010.

Αριθμός Γεώτρησης	Πιεζομετρική στάθμη (m)	Απόσταση σωλήνα γεώτρησης από την επιφάνεια του εδάφους (m)	Ύψος στάθμης από την επιφάνεια του εδάφους (m)	Υψόμετρο (m)	Ύψος στάθμης από την επιφάνεια της θάλασσας (m)
Γ1	0.45	0,16	0.29	0	-0.29
Γ2	1.9	0	1.9	0.5	-1.4
Γ3	24.12	0.42	23.7	22	-1,7
Γ4	61.83	0,34	60,17	57.5	-3.99
Γ5 (θερμοκήπιο ΝΑ Αγγελοχωρίου)	40.91	0,3	40,61	39	-1,61
Γ6 (Αγγελ.-Μηχαν.)	31.05	0,5	30.55	30	-0.55



Χάρτης 2.2. Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης την ξηρή περίοδο του 2010.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

Είναι κοινά αποδεκτό πως η ποιοτική κατάσταση του υπόγειου νερού αποτελεί εξίσου σημαντική παράμετρο με την ποσοτική του επάρκεια. Η ποιοτική κατάσταση ωστόσο του υπόγειου νερού καθορίζεται πρωτίστως από την χημική του σύσταση, η οποία εξαρτάται άμεσα από την προέλευση του.

Το νερό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων περιέχει μικρές ποσότητες διαλυμένων ουσιών. Κατά την κίνηση του στο έδαφος και με την κατείσδυση στο υπέδαφος εμπλουτίζεται σε ιόντα και υπόκειται σε διαγενετικές (διάλυση, ιοντική ανταλλαγή, οξειδωση, αναγωγή) και μικροβιολογικές μεταβολές. Οι κυριότεροι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τη χημική σύσταση του υπόγειου νερού είναι:

1. Η χημική σύσταση και η ταχύτητα εξαλλοίωσης των ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων, διαμέσου των οποίων κινείται το υπόγειο νερό,
2. το μέγεθος των επιφανειακών επαφής πετρώματος – νερού,
3. ο χρόνος παραμονής του νερού στον υδροφορέα,
4. το δυναμικό οξειδοαναγωγής Eh, το Ph και η θερμοκρασία του νερού,
5. η ανθρωπογενείς επίδραση στο υπόγειο νερό, που πολλές φορές επηρεάζει την ποιοτική του κατάσταση.

Η παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων νερών είναι αναγκαία επειδή η χημική σύσταση των υπόγειων νερών είναι δυνατό να παρουσιάσει εποχιακές και διαχρονικές μεταβολές, που αποδίδονται σε γηγενή αίτια, ανθρωπογενείς επιδράσεις όπως ρύπανση από καθολικές ή σημειακές εστίες, σε εκμετάλλευση υδροφόρων διαφορετικού βάθους, σε κλιματικές αλλαγές (λειψυδρία) κ.ά.

Απώτερος σκοπός της υδροχημικής αξιολόγησης αποτελεί η ταξινόμηση των προσδιορισθέντων τιμών των χημικών αναλύσεων από διεθνώς αποδεκτά συστήματα ταξινόμησης. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με σταθερότυπα που έχουν προσδιοριστεί διεθνώς και προκύπτουν συμπεράσματα για την καταλληλότητα του υπόγειου νερού καθώς και για τις διάφορες χρήσεις του (άρδευση, ύδρευση, βιομηχανία). Τέλος οι αυξημένες τιμές κάποιων μετρήσεων οδηγούν στον εντοπισμό πηγών ρύπανσης και στη λήψη αποφάσεων προστασίας των υπόγειων υδροφόρων.

3.1. Πηγές ρύπανσης

Σύμφωνα με το Ν 1650/1986 για την προστασία του περιβάλλοντος, ρύπανση του περιβάλλοντος είναι η παρουσία ρύπων στο περιβάλλον, δηλαδή κάθε είδους ουσιών (βαρέα μέταλλα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, CO₂, κ.τ.λ.), θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Μόλυνση του περιβάλλοντος είναι η μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον ή δεικτών που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών. Μόλυνση – ρύπανση είναι το αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, σπάνια φυσικών καταστάσεων (φυσική ρύπανση – γουανό σε αποικίες θαλάσσιων πτηνών).

Υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι η πρόκληση από ανθρώπινες δραστηριότητες ρύπανσης ή οποιασδήποτε άλλης μεταβολής στο περιβάλλον η οποία είναι πιθανόν να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία, στην ποιότητα ζωής και στην υγεία των κατοίκων, στην ιστορική και πολιτιστική κληρονομιά και στις αισθητικές αξίες.

Ρύπανση των υπόγειων νερών είναι η τεχνητά προκαλούμενη υποβάθμιση της φυσικής ποιότητάς τους. Η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού αναφέρεται στη βιβλιογραφία και σαν μόλυνση. Τελικά η χρησιμοποίηση των δύο αυτών όρων, άλλοτε με ταυτόσημο και άλλοτε με διαφορετικό περιεχόμενο, έχει προκαλέσει κάποια σύγχυση. Η ρύπανση μπορεί να αποβεί απαγορευτικός παράγοντας στη χρήση του νερού ή να δημιουργήσει κινδύνους στη δημόσια υγεία, μέσω της τοξικότητας ή της μετάδοσης ασθενειών. Έχει αναφερθεί, ότι η επιδημία χολέρας στο Λονδίνο, το 1854, που στοίχισε τη ζωή σε περισσότερα από 500 άτομα, μέσα σε 10 ημέρες, προήλθε από τη χρήση του νερού για ύδρευση μιας μολυσμένης υδρογεώτρησης. Οι περισσότερες πηγές ρύπανσης προέρχονται από την απόρριψη των απόβλητων, που δημιουργούνται μετά από κάθε χρήση νερού.

Σε αντίθεση με τη ρύπανση των επιφανειακών νερών, η ρύπανση των υπόγειων νερών είναι πολύ δύσκολο να εντοπισθεί και ακόμη πιο δύσκολο να αντιμετωπισθεί ενώ μπορεί να διατηρηθεί για δεκαετίες. Στον πίνακα 3.1 δίνονται τα αίτια υποβάθμισης της ποιότητας του υπόγειου νερού. Οι πιθανοί ρύποι του υπόγειου

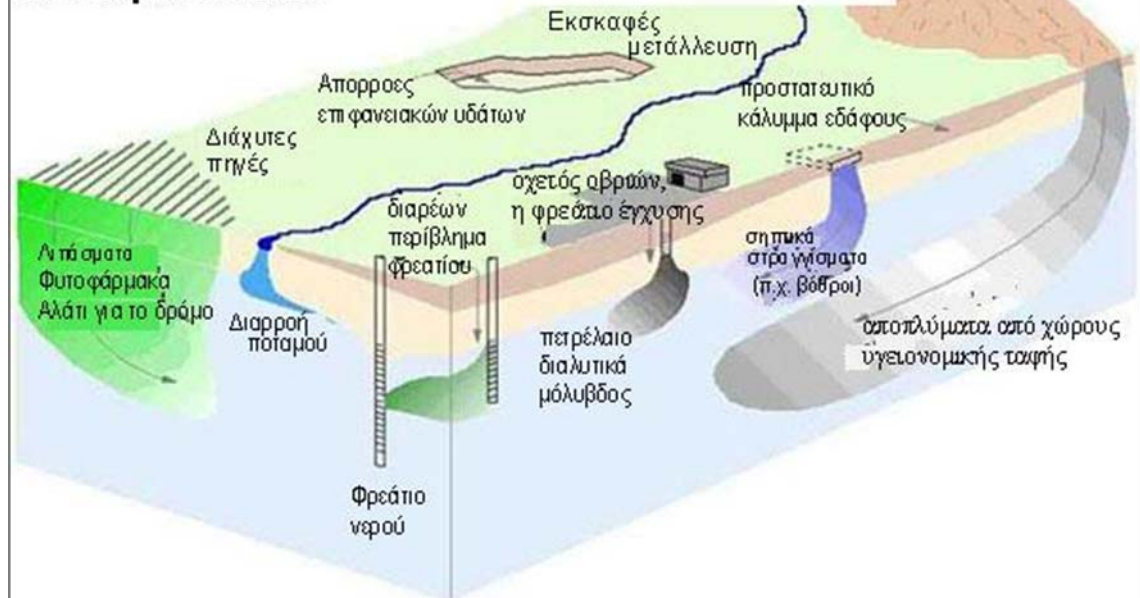
νερού είναι στην πραγματικότητα απεριόριστοι. Οι πηγές και οι αιτίες της ρύπανσης των υπόγειων νερών συνδέονται στενά με τη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης προέρχεται από την απόρριψη των απόβλητων πάνω ή μέσα στο έδαφος (εικόνα 3.1).

Πίνακας 3.1. Αίτια υποβάθμισης της ποιότητας του υπόγειου νερού.

ΜΟΛΥΝΣΗ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ	
1. Οικιακά απόβλητα 2. Βιομηχανικά απόβλητα - Οργανικά απόβλητα - Επεξεργασία τροφίμων - Επεξεργασία σκουπιδιών - παλιών αντικειμένων κ.λ.π. 3. Μεταλλευτικά απόβλητα - Μεταλλουργικές βιομηχανίες - Μεταλλευτικές βιομηχανίες – εξόρυξη μεταλλευμάτων Διυλιστήρια πετρελαίου – εξόρυξη πετρελαίου - Χημικές βιομηχανίες - Διάφορες άλλες δραστηριότητες 4. Νερό ψύξης 5. Στερεά και ημιστερεά σκουπίδια	
ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	
1. Ανάπτυξη, χρήση και επαναχρησιμοποίηση νερού - Επιστροφές από το νερό άρδευσης - Επιφανειακή στράγγιση - Διήθηση - Επικοινωνία υδροφόρων, λόγω κακής κατασκευής ή εγκατάλειψης γεώτρησης - Εξάντληση υδροφόρων, λόγω υπεράντλησης Εξάντληση υδροφόρων - Διείσδυση της θάλασσας - Διαταραχή του ισοζυγίου αλάτων - Άνοδος νεαρού ή συγγενετικού νερού λόγω υπεράντλησης - Μόλυνση από επιφανειακά νερά από πηγές ή υδρορεύματα 2. Φυσικές Αιτίες - Εισροές ή διηθήσεις μεταλλικών νερών από πηγές ή υδρορεύματα	

3. Άλλες Αιτίες
- Επιταχυνόμενη διάβρωση
 - Διαπνοή των φυτών και/ ή έντονη εξάτμιση

Συνήθεις Πηγές Ρύπανσης των Υπογείων Υδάτων



Εικόνα 3.1. Συνήθεις πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

3.2. Οδηγία πλαίσιο για τα νερά 2000/60/ΕΕ

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΕ αποτελεί μια καινοτόμο προσπάθεια προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων που προέκυψε μετά από μια μακροχρόνια περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η επίτευξη καλής ποιότητας υδάτων για όλα τα υδάτινα σώματα (water bodies) μέχρι το 2015. Ειδικότερα, θα πρέπει όλα τα Κράτη Μέλη να επιτύχουν καλή οικολογική κατάσταση και καλή χημική κατάσταση των υδατινών σωμάτων.

Σύμφωνα με τους ορισμούς που δίνονται στο κείμενο της Οδηγίας ως:

- «κατάσταση επιφανειακών υδάτων» ορίζεται η συνολική έκφραση της κατάστασης ενός επιφανειακού υδατικού συστήματος, η οποία καθορίζεται από τις χαμηλότερες τιμές της οικολογικής και χημικής του κατάστασης,
- «οικολογική κατάσταση» ορίζεται η ποιοτική έκφραση της διάρθρωσης και της λειτουργίας υδατινών οικοσυστημάτων που συνδέονται με επιφανειακά ύδατα ενώ
- «καλή χημική κατάσταση» ορίζεται η χημική κατάσταση που έχει επιτύχει ένα

σύστημα επιφανειακών υδάτων, στο οποίο οι συγκεντρώσεις των ρύπων δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα περιβαλλοντικής ποιότητας.

Για τα υπόγεια ύδατα ως:

- «κατάσταση υπόγειων υδάτων» θεωρείται η συνολική έκφραση της κατάστασης υπόγειου υδατικού συστήματος, που καθορίζεται από τις χαμηλότερες τιμές της ποσοτικής και της χημικής του κατάστασης,
- «καλή χημική κατάσταση υπογείων υδάτων» θεωρείται η χημική κατάσταση συστήματος υπόγειων υδάτων ώστε:
 - ✓ οι συγκεντρώσεις των ρύπων να μην εμφανίζουν επιπτώσεις εισροής αλμυρού νερού ή άλλων υλικών,
 - ✓ να μην υπερβαίνουν τα πρότυπα ποιότητας που εφαρμόζονται βάσει άλλης σχετικής νομοθεσίας και
 - ✓ να μην είναι τέτοιες ώστε να οδηγήσουν σε μη επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του άρθρου 4 για τα συνδεδεμένα επιφανειακά ύδατα, ούτε σε σημαντική επιδείνωση της οικολογικής ή χημικής ποιότητας των συστημάτων αυτών, ούτε σε σημαντική βλάβη των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από το σύστημα υπογείων υδάτων.

Επίσης, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι οι τιμές της αγωγιμότητας υποδηλώνουν μη εισροή αλμυρού νερού ή άλλων υλών στο υπόγειο σύστημα.

Η οδηγία θεσπίζει τις βασικές αρχές μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής.

Συγκεκριμένα οι περιβαλλοντικοί στόχοι που θέτει είναι:

- Εξασφάλιση τουλάχιστον καλής χημικής και οικολογικής κατάστασης για τα επιφανειακά νερά έως το Δεκέμβριο του 2015.
- Εξασφάλιση τουλάχιστον καλής χημικής και ποσοτικής κατάστασης για τα υπόγεια ύδατα έως το Δεκέμβριο του 2015.
- Συμμόρφωση μέχρι το 2015 με όλα τα εκάστοτε ισχύοντα πρότυπα σε ότι αφορά τις προστατευόμενες περιοχές.

Βάσει του νόμου 1739/87 (ΦΕΚ 201 Α/20-11-87) (άρθρο 1 § 4) έχει θεσμοθετηθεί η διαίρεση της χώρας σε 14 μονάδες (σύνολα λεκανών απορροής) με κατά το δυνατόν όμοιες υδρολογικές – υδρογεωλογικές συνθήκες, που αποτελούν σε περιφερειακό επίπεδο τον τομέα της διαχείρισης του νερού. Οι μονάδες αυτές ονομάζονται Υδατικά Διαμερίσματα και αντιστοιχούν σε περιοχές λεκάνης απορροής

Για την Ελλάδα:

Κάθε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλει να συμμορφωθεί με την Οδηγία 2000/60/ΕΕ και να προβεί σε έλεγχο της ποιότητας των υδάτων του. Στην Ελλάδα το 2003 εκδόθηκε ο νόμος 3199/2003 «Προστασία και διαχείριση των υδάτων» (ΦΕΚ Α΄ 280/9.12.2003) ο οποίος δημιουργήθηκε με στόχο την εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000».

«Υδατικά Διαμερίσματα» είναι περιοχές οριοθετημένες μεταξύ τους από υδροκρίτες ή νησιωτικές περιοχές, που περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα υδρογραφικά δίκτυα, με υδρολογικές συνθήκες κατά το δυνατόν όμοιες. Ο ελληνικός χώρος διαιρείται σε δεκατέσσερα Υδατικά Διαμερίσματα (εικόνα 3.2):



Εικόνα 3.2. Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας.

Πηγή: geodata.gov.gr.

- | | |
|---|---------------------------|
| 1. Δυτικής Πελοποννήσου | 8. Θεσσαλίας |
| 2. Βόρειας Πελοποννήσου | 9. Δυτικής Μακεδονίας |
| 3. Ανατολικής Πελοποννήσου | 10. Κεντρικής Μακεδονίας |
| 4. Δυτικής Στερεάς Ελλάδας | 11. Ανατολικής Μακεδονίας |
| 5. Ηπείρου | 12. Θράκης |
| 6. Αττικής | 13. Κρήτης |
| 7. Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Εύβοιας | 14. Νησιών Αιγαίου |

Επιπλέον, έχει θεσμοθετηθεί ο καθορισμός 45 Λεκανών Απορροής Ποταμών οι οποίες υπάγονται στα 14 Υδατικά Διαμερίσματα (Εικόνα 3.3).



Πηγή: geodata.gov.gr.

3.3. Φυσικοχημικές παράμετροι του υπόγειου νερού

- Φυσικές (θερμοκρασία, χρώμα, θολότητα, οσμή, ραδιενέργεια)
- Χημικές (pH, Αγωγιμότητα, Σκληρότητα, Αλκαλικότητα, Δυναμικό οξειδοαναγωγής)

Δευτερεύοντα ιόντα: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , F^- , CO_3^{2-} , Al^{3+} κ.ά.

Βαρέα μέταλλα: Pb^{2+} , Cr^{6+} , Hg^{2+} , As^{3+} , Cd^{2+} κ.ά.

Θρεπτικές ενώσεις του N, P

Πρωτεΐνες, Οργανικές ενώσεις, Αέρια (O_2 , N_2 , H_2S , NH_3 , CH_4)

✓ Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των υπόγειων νερών καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία των πετρωμάτων που τα περιβάλλουν. Οι θερμοκρασίες του υπόγειου νερού τείνουν να παραμείνουν σταθερές, εκτός από τα επιφανειακά νερά που παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως αποτέλεσμα των μεταβολών της ηλιακής ενέργειας πάνω στην επιφάνεια της γης. Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού επηρεάζεται και από τις μεταβολές της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφορέα.

✓ Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Είναι μια παράμετρος η οποία εκφράζει την δυνητική ικανότητα των υπόγειων υδάτων να μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα.

Το καθαρό νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η αύξηση της ποσότητας των διαλυμένων αλάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγονται και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, γι' αυτό η μέτρησή της πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (συνήθως 25 °C). Έτσι η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και τη φύση των διαλυμένων ηλεκτρολυτών.

Ο χρόνος παραμονής των υπόγειων υδάτων στους υδροφόρους καθώς και το μήκος της διαδρομής για σταθερή θερμοκρασία επηρεάζουν αυξητικά την τιμή της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας.

Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400 $\mu S/cm$. Αυξημένη αγωγιμότητα υποδηλώνει αυξημένες ποσότητες αλάτων, που ανάλογα με τη φύση τους και τη συγκέντρωσή τους μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας.

✓ Ενεργός οξύτητα (pH)

Ενεργός οξύτητα είναι η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου που περιέχεται στο διάλυμα και εκφράζεται με το pH, δηλ. με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου. Ο προσδιορισμός του pH γίνεται χρωματομετρικά και ηλεκτρομετρικά.

Το pH του υπόγειου νερού καθορίζεται από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις

και ισορροπίες μεταξύ των διαλυμένων ιόντων μέσα σε αυτό. Το pH που οφείλεται στην παρουσία του CO₂ αποτελεί το pH ισορροπίας ή pHs κορεσμού.

Αν το pH του νερού είναι μικρότερο από το pHs κορεσμού τότε το νερό έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα και μπορεί να διαλύσει το CaCO₃. Στην αντίθετη περίπτωση το διάλυμα είναι κορεσμένο και αποθέτει το CaCO₃.

Το pH γενικά μειώνεται όσο η υδάτινη μάζα ενηλικιώνεται. Μια νέα υδάτινη μάζα είναι συνήθως αλκαλική (pH>7) και σιγά-σιγά με τον χρόνο γίνεται όξινη (pH<7). Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση οργανικού υλικού, που εκλύει CO₂ όταν αποσυντίθεται.

Η όξινη βροχή (acid rain) που οφείλεται στην έκλυση οξειδίων (SO₂, NO_x) από την καύση υδρογονανθράκων και τη μετατροπή τους σε οξέα στην ατμόσφαιρα (H₂SO₄, HNO₃), συμβάλλει στη μείωση του pH και στη δημιουργία όξινων υπόγειων νερών.

Το pH του νερού του υπεδάφους είναι σημαντικός παράγοντας αποσάθρωσης. Όξινο περιβάλλον ευνοεί την αφαίρεση Fe και Al από τα μητρικά ορυκτά, καθώς και τη συγκέντρωση του SiO₂. Το pH επίσης μπορεί να μειωθεί από την οξείδωση της αμμωνίας, που προέρχεται από τη χρήση της κοπριάς σαν λίπασμα, καθώς και την οξείδωση των πυριτών (FeS₂).

Συνήθως η τιμή του στο υπόγειο νερό κυμαίνεται από 7,2-7,7. Αποκλίσεις από τις τιμές αυτές είναι δυνατόν να υφίστανται οφειλόμενες σε τοπικά αίτια. PH > 7,7 παρατηρούνται σε νερά που κινούνται σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, ενώ σε αυτά που προέρχονται από πυριτικά πετρώματα είναι μικρότερη του 6.

Ενδεικτικές τιμές για το pH του πόσιμου νερού είναι: 6,5< pH<8,5.

✓ **Συνολικά Διαλυμένα Στερεά (T.D.S)- Αλατότητα του υπόγειου νερού**

Το T.D.S εκφράζει τη συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κolloειδή και τα διαλυμένα αέρια. Επομένως το T.D.S αποτελεί ένα δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας).

Η παρουσία αλάτων στο υπόγειο νερό σχετίζεται με το είδος των πετρωμάτων στα οποία κινείται, τον χρόνο παραμονής, την ταχύτητα ροής κ.λπ.

- Αν οι τιμές του T.D.S. κυμαίνονται μεταξύ 0-1.000 mg/L το νερό είναι γλυκό (fresh),

- μεταξύ 1.000-10.000 mg/L θεωρείται υφάλμυρο (brackish),
- μεταξύ 10.000-100.000 mg/L αλμυρό (salt or saline) και
- για τιμές μεγαλύτερες των 100.000 mg/L υπεραλμυρό (brine).

Για τον υπολογισμό του T.D.S. προστίθενται οι τιμές όλων των ιόντων. Το T.D.S. μπορεί να επηρεασθεί:

1. από τη διείσδυση της θάλασσας,
2. την εξάτμιση του νερού και τη διάλυση ορυκτής ύλης.
3. Το πλεόνασμα του αρδευτικού νερού που διηθείται στον υδροφόρο αυξάνει το T.D.S.

Τιμές αλατότητας από 200 – 300 mg/l έχουν οι γρανίτες και από 1000 – 1200 mg/l έχουν τα ιζήματα. Μεγάλες τιμές αλατότητας απαντώνται σε υδροφόρους ξηρών περιοχών και σε λεκάνες με κακή στράγγιση.

Στις παράκτιες περιοχές τα αερομεταφερόμενα άλατα αποτελούν μια σημαντική πηγή αλατότητας των υπόγειων νερών. Εγκλωβισμένα αλμυρά νερά εντοπίζονται σε περιοχές ιζηματογενών αποθέσεων (badlands).

Τα υπόγεια νερά έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις διαλυμένων αλάτων από τα επιφανειακά, λόγω φόρτισης με άλατα από τη διάλυση των πετρωμάτων. Η αλατότητα είναι μεγαλύτερη σε περιοχές, όπου η κίνηση του νερού είναι μικρότερη και σε ξηρές περιοχές με ασήμαντη έκπλυση από τη βροχή. Γενικά, η αλατότητα αυξάνει με το βάθος.

Με απόσταξη παρασκευάζεται το αποσταγμένο νερό, το οποίο δεν περιέχει καθόλου διαλυμένα άλατα. Με κατάλληλη επεξεργασία παρασκευάζεται το απιονισμένο νερό, από το οποίο έχουν αφαιρεθεί ιόντα που είναι δυνατόν να δημιουργήσουν προβλήματα κατά τη χρήση του (συνήθως είναι απαλλαγμένο από ιόντα Ca και Mg).

✓ Διαλυμένο Οξυγόνο

Η παρουσία του οξυγόνου στο υπόγειο νερό, υποδηλώνει πρόσφατη έκθεση του νερού στην επίδραση της ατμόσφαιρας. Το οξυγόνο παρουσιάζει μικρή διαλυτότητα στο νερό, η κυμαίνεται από 6 – 15 ppm. Μικρές τιμές περιεκτικότητας σε οξυγόνο παρατηρούνται σε παλαιά νερά που δεν ανανεώνονται, ενώ αντίθετα μεγάλες συγκεντρώσεις συναντώνται σε νερά, τα οποία δεν παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στους υδροφόρους ορίζοντες και ανανεώνονται συνεχώς. Μικρές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου φανερώνουν έντονα ρυπασμένα νερά με οργανικές ουσίες.

Γενικά η περιεκτικότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από:

1. Τη θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του νερού, τόσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα σε οξυγόνο.
2. Την ποσότητα της οργανικής ύλης, η οποία αποσυντίθεται στο νερό.
3. Την παρουσία ή απουσία φυτών (μικροσκοπικών και μακροσκοπικών), τα οποία μπορούν να κάνουν φωτοσύνθεση.
4. Το βαθμό της διείσδυσης του φωτός, που εξαρτάται από το βάθος.

Κατά την κίνηση του νερού στην ακόρεστη ζώνη μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου, λόγω κατανάλωσης στις οξειδωτικές διεργασίες που συντελούνται εκεί. Η μείωση του οξυγόνου με το βάθος είναι εκθετική και σπάνια περιέχεται διαλυμένο οξυγόνο σε βάθη μεγαλύτερα των 20m από την υδροστατική επιφάνεια. Στα στάσιμα νερά η περιεκτικότητα σε οξυγόνο μεταβάλλεται με το βάθος και την εποχή. Το θέρος η περιεκτικότητα οξυγόνου στα μεγάλα βάθη ελαττώνεται και μπορεί να μηδενισθεί.

✓ Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας των νερών να εξουδετερώνουν ορισμένη ποσότητα υδρογονοκατιόντων. Η εξουδετέρωση αυτή

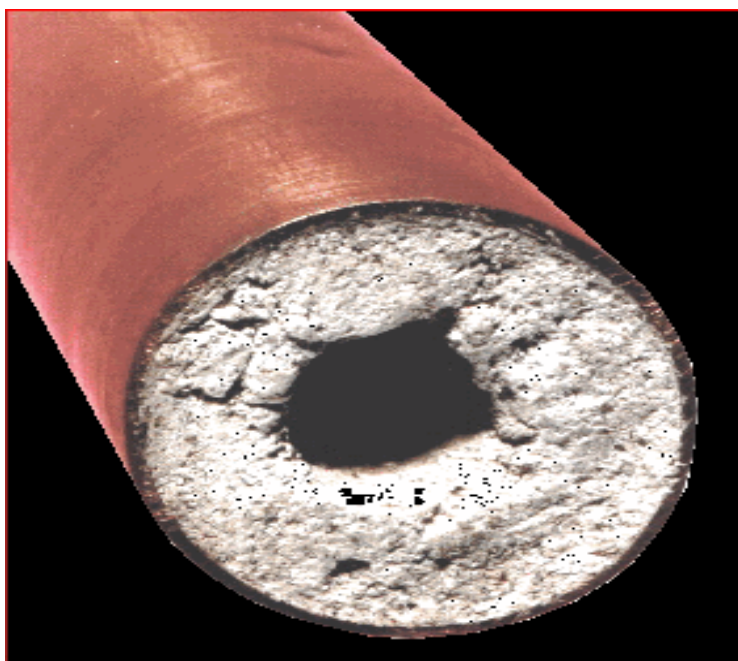
οφείλεται στην παρουσία των ιόντων OH^- , CO_3^{2-} και HCO_3^- . Επιπλέον δρουν οι συζυγείς βάσεις του φωσφορικού και πυριτικού οξέος.

Η παρουσία οργανικής ύλης μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στον καθορισμό της αλκαλικότητας των υπόγειων νερών. Τα χλωριούχα, θειικά και νιτρικά ιόντα δεν συμβάλλουν στην αλκαλικότητα.

✓ Σκληρότητα

Η σκληρότητα των νερών προέρχεται από την παρουσία διασθενών μεταλλικών κατιόντων, εκ των οποίων τα πιο συνηθισμένα 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 δημιουργούν κρούστα.

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών γιατί δείχνει την τάση για σχηματισμό ανθρακικών επικαθήσεων στους λέβητες και τις ψυκτικές δεξαμενές, την ικανότητα δέσμευσης σαπώνων και χρωμάτων κ.ά (Μήτρακας, 2001). Η σκληρότητα του πόσιμου νερού μεταξύ των άλλων συνδέεται και με την υγεία του ανθρώπου και συγκεκριμένα σχετίζεται με καρδιακές παθήσεις (εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.4.Καταστροφή σωληνώσεων από την συγκέντρωση αλάτων λόγω της σκληρότητας του νερού.

Η σκληρότητα διακρίνεται σε:

α) Παροδική ή ανθρακική σκληρότητα που προέρχεται από την παρουσία όξινων ανθρακικών αλάτων του Ca^{2+} και Mg^{2+} δηλ. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ και $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Τα άλατα αυτά προέρχονται από τη διάλυση αλάτων Ca^{2+} και Mg^{2+} , που υπάρχουν στα διάφορα πετρώματα ή στο έδαφος μέσα από τα οποία διέρχεται το νερό. Η διάλυση αυτή διευκολύνεται από το CO_2 που ελευθερώνεται από τη βακτηριακή δράση σε οργανικές ουσίες του εδάφους ή προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα. Όταν το νερό θερμανθεί τα άλατα αυτά αποσυντίθεται στα αντίστοιχα ανθρακικά και πέφτουν ως ίζημα.

β) Μόνιμη σκληρότητα ή μη ανθρακική που προέρχεται από την παρουσία αλκαλικών γαίων, ενωμένων με το θειικό ιόν, το ιόν χλωρίου και το νιτρικό ιόν. Η κύρια πηγή των θειικών ιόντων είναι η οξείδωση του σιδηροπυρίτη, εκτός και αν συμβαίνει απόθεση εβαποριτών.

γ) Ολική σκληρότητα Είναι το άθροισμα της ανθρακικής και της μόνιμης σκληρότητας. Εκφράζεται σε ισοδύναμο CaCO_3 (mg/L), αλλά και σε βαθμούς σκληρότητας.

Η κατάταξη των υπόγειων υδάτων με βάση την ολική σκληρότητα των υπόγειων υδάτων διακρίνεται στον πίνακα 3.2. Νερό με σκληρότητα μέχρι 500 mg/Lt CaCO_3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πόσιμο. Απόλυτα αποδεκτές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 80 – 150 mg/Lt.

Πίνακας 3.2. Ταξινόμηση νερών με βάση τη σκληρότητα (Βουδούρης, 2009).

Ισοδύναμο CaCO_3 (mg/L)	Γαλλικοί βαθμοί	Χαρακτηρισμός νερού
0-100	0-10	Μαλακό
101-200	10-20	Μέτρια σκληρό
201-300	20-30	Σκληρό
>300	>30	Πολύ σκληρό

- Η περιοχή μεταξύ 15-20 γαλλικών βαθμών χαρακτηρίζουν πολύ καλό νερό από άποψη σκληρότητας.
- Η μηδενική σκληρότητα, η παντελής δηλ. έλλειψη ασβεστίου και μαγνησίου δεν είναι επιθυμητή.

Η μεγάλη σκληρότητα προκαλεί ελαφρά διάρροια σε όσους πίνουν για πρώτη φορά, ενώ η συνεχής εξωτερική του χρήση προκαλεί ερεθισμό στο δέρμα. Επίσης καταστρέφει τα υφάσματα και φθείρει τις συσκευές.

✓ Ο συντελεστής προσρόφησης Νατρίου ή κίνδυνος Νατρίου (SAR)

Ο συντελεστής προσρόφησης νατρίου αποτελεί ένα βασικό κριτήριο της καταλληλότητας ενός νερού για άρδευση. Το Na δημιουργεί αποκροκίδωση του εδάφους, προκαλώντας μείωση του αερισμού και της περατότητας του.

Για ηλεκτρική αγωγιμότητα 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, τιμές:

- < 6 υποδηλώνουν μικρό κίνδυνο Na,
- 6-12 μέσο κίνδυνο Na,
- 12-18 υποδηλώνουν μεγάλο κίνδυνο Na
- > 18 πολύ μεγάλο κίνδυνο Na.

✓ Η περιεκτικότητα σε νάτριο (βαθμός αλκαλίωσης)**Κατιόντα****✓ Ασβέστιο (Ca^{2+})**

Το ασβέστιο (Ca^{2+}) υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από τα πετρώματα μέσα από τα οποία διέρχεται το νερό. Κύρια προέλευση του ασβεστίου είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης προέρχεται από τους ασβεστονατριούχους άστριους, τη γύψο, τους πυρόξενους και τους αμφιβολίτες. Η συγκέντρωσή του κυμαίνεται από 0 μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/l ανάλογα με την προέλευση του νερού και συμβάλλει στην ολική σκληρότητά του. Ενδεικτική τιμή για το πόσιμο νερό θεωρούνται τα 100 mg/l .

✓ Μαγνήσιο (Mg^{2+})

Το μαγνήσιο (Mg^{2+}) βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και είναι από τα συνηθισμένα συστατικά του φυσικού νερού. Τα άλατά του μαζί με αυτά του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού. Απαντάται στον ολιβίνη (Mg,FeSiO_4), μαγνησίτη, και δολομίτη (Mg,FeSiO_4). Επίσης υπάρχει στα ανθρακικά πετρώματα, στα οποία είναι περισσότερο άφθονο όταν περιέχουν δολομίτη $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ και μαγνησίτη (MgCO_3). Ενδεικτική τιμή πόσιμου νερού για το μαγνήσιο είναι τα 30 mg/l .

Τα παραπάνω στοιχεία (Ca και Mg) είναι απαραίτητα για την υγεία του ανθρώπου γιατί το ασβέστιο είναι διουρητικό, αντιυπερτασικό και αντιαλλεργικό και βοηθά στην πήξη του αίματος, ενώ το μαγνήσιο βοηθά στην ομαλή λειτουργία του νευρομυϊκού συστήματος.

✓ **Νάτριο - Κάλιο ($\text{Na}^{+1} - \text{K}^{+1}$)**

Τα αλκάλια Na και K συνδέουν την παρουσία τους με τους αστρίους. Το μεν νάτριο στον αλβίτη ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), το δε κάλιο στο ορθόκλαστο και στον μικροκλινή (KAlSi_3O_8). Το Na απαντά επίσης στους νατριούχους αμφιβόλους (γλαυκοφανή) και στον αλίτη (NaCl) και το K στον συλβίνη (KCl). Το κάλιο σχετίζεται επίσης και με καλιούχα λιπάσματα. Η παρουσία των αλκαλίων σχετίζεται και με τη διεύδυση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες ή με αερομεταφερόμενα σταγονίδια από τη θάλασσα.

Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης νατρίου στα υπόγεια νερά είναι τα 20 mg/L. Στο θαλασσινό νερό ανέρχεται σε 10.000 mg/L. Περισσότερο από 50 mg/L νατρίου και καλίου προκαλούν σαπνοποίηση που επιταχύνει τη διάβρωση στους λέβητες, δημιουργώντας κρούστα. Σε μικρές περιεκτικότητες το νάτριο και το κάλιο συμμετέχουν στην ωσμωτική ισορροπία του κυττάρου. Μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου στο πόσιμο νερό επιφέρουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν (αυξάνει την αρτηριακή πίεση).

✓ **Ολικός Σίδηρος**

Στα νερά ο σίδηρος συναντάται με τη δισθενή και την τρισθενή μορφή του. Προέρχεται από μαγματικά πετρώματα, οξείδια (αιματίτης, λειμονίτης, μαγνητίτης), σουλφίδια (σιδηροπυρίτης, FeS_2), ανθρακικά ορυκτά (σιδηρίτης, FeCO_3).

Τα επιφανειακά νερά έχουν τον σίδηρο με την τρισθενή μορφή, ενώ αντίθετα μερικά υπόγεια νερά περιέχουν ιόντα δισθενούς σιδήρου, λόγω έλλειψης οξυγόνου. Όταν τα νερά αυτά οξυγονωθούν οι δισθενείς ενώσεις του σιδήρου οξειδώνονται προς τρισθενείς και κατακρημνίζονται, προσδίδοντας καφέ-κόκκινο χρώμα. Καλά οξυγονωμένα επιφανειακά νερά σε φυσιολογικές συνθήκες δεν περιέχουν σχεδόν καθόλου διαλυμένο σίδηρο.

Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης ολικού σιδήρου είναι τα 20 mg/L και το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο τα 200 mg/L.

- Όταν η συγκέντρωση υπερβαίνει τα 100 μg/L γίνεται ίζημα μετά από έκθεση

στον ατμοσφαιρικό αέρα, προκαλώντας θολότητα και δημιουργώντας κηλίδες στα σκεύη.

- Σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 200 mg/L καθίσταται ακατάλληλο και για πολλές βιομηχανικές χρήσεις.

Ο σίδηρος είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για τον άνθρωπο και η έλλειψή του προκαλεί αναιμία. Σε μεγάλες περιεκτικότητες προξενεί βλάβη στους ιστούς, λόγω της συσσώρευσής του.

Το υδρόθειο αντιδρά με οξείδια του σιδήρου, που υπάρχουν στον υδροφορέα και σχηματίζονται πυρίτες (σουλφίδια του Fe). Οι εντατικές αντλήσεις οδηγούν πολλές φορές στην αναγωγή των θειικών με αποτέλεσμα την απόφραξη των φίλτροσωλήνων των υδρογεωτρήσεων με σουλφίδια του σιδήρου.

Ανιόντα

✓ Χλώριο (Cl⁻)

Κύρια προέλευση των χλωριόντων είναι τα ιζηματογενή πετρώματα, που περιέχουν αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας γένεσης, οι εβαπορίτες καθώς και οι θερμές πηγές. Άλλη πηγή αποτελεί η δυείσδυση της θάλασσας στους παράκτιους υδροφορείς.

Επιθυμητό όριο συγκέντρωσης στο πόσιμο νερό είναι τα 25 mg/L και η ανώτατη τα 250 mg/L. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το νερό γίνεται γλυφό και ενδεχομένως να προκαλέσει καρδιαγγειακά προβλήματα.

Τα χλωριούχα ιόντα συμβάλλουν στη διατήρηση της ηλεκτρικής ουδετερότητας των ερυθρών αιμοσφαιρίων και στην παραγωγή του υδροχλωρικού οξέος στο στομάχι.

✓ Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO₃⁻)

Είναι το επικρατέστερο ανιόν στα γλυκά υπόγεια νερά. Προέρχεται από το CO₂ της ατμόσφαιρας και το ελευθερούμενο στο έδαφος κατά την οργανική αποσύνθεση. Επίσης προέρχονται από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων από το νερό.

Είναι σημαντικό ιόν για την ανθρώπινη υγεία γιατί ρυθμίζει το pH του οργανισμού σε κατάλληλες τιμές. Υπάρχουν και φυσικά ανθρακούχα νερά (π.χ. ΣΟΥΡΩΤΗ) που περιέχουν σε μεγάλες περιεκτικότητες HCO₃⁻ και CO₂. Οι σόδες αντίθετα προέρχονται από τα κοινά νερά με προσθήκη CO₂ και NaHCO₃. Το CO₂

προσδίδει

στο

νερό

ευχάριστες

ιδιότητες.

Τα νιτρικά ιόντα είναι το τελικό προϊόν της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων, όπως φυτικής και ζωικής πρωτεΐνης. Μπορεί να προέρχεται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή προηγούμενη χρήση του νερού από τον άνθρωπο.

Μεγάλη περιεκτικότητα σε νιτρικό ανιόν υποδηλώνει την παρουσία βιολογικών ρύπων ή επίδραση ή ανάμειξη με νερά άρδευσης από λιπαινόμενες γαίες. Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό έχει καθορισθεί σε 50mg/L, ενώ το επιθυμητό όριο είναι 25 mg/L.

Αυξημένες περιεκτικότητες σε νιτρικά ιόντα προκαλούν βλάβες στον οργανισμό. Συγκεκριμένα κατηγορούνται για την πρόκληση διαφόρων μορφών καρκινογένεσης (τα αδρανή νιτρικά μετατρέπονται σε δραστικά νιτρώδη στον οργανισμό, τα οποία μπορεί να δώσουν καρκινογόνα παράγωγα όπως οι νιτροζαμίνες) και για την κοινά ονομαζόμενη ασθένεια των "μπλέ παιδιών" (νεώτερες επιδημιολογικές έρευνες το αμφισβητούν). Τα νιτρικά είναι ένα πρόβλημα που θα ενταθεί στο μέλλον από την αλόγιστη χρήση λιπασμάτων. Άμεσα απαιτείται ο έλεγχος και η ορθολογικοποίηση της γεωργίας με εφαρμογή των κανόνων ορθής γεωργικής πρακτικής, καθώς και η προώθηση εναλλακτικών μορφών καλλιέργειας.

Η κύρια διαδικασία απομάκρυνσης των νιτρικών είναι η αναγωγή. Οι κύριες αναγωγικές ουσίες H_2S , CH_4 , Fe^{2+} βρίσκονται διαλυμένες στο νερό σε μικρή αναλογία σε σχέση με τα νιτρικά και έτσι καθίσταται αδύνατη η πλήρης αναγωγή των νιτρικών. Έτσι η αναγωγή των νιτρικών ή απονίτρωση (denitrification) στους υδροφόρους επιτυγχάνεται από οργανική ύλη, παρουσία βακτηρίων με τελικό προϊόν την αμμωνία.

✓ Νιτρώδες ανιόν (NO_2^-)

Εμφανίζεται ως ένα ενδιάμεσο στάδιο της βιολογικής ανασύνθεσης από ενώσεις που περιέχουν οργανικό άζωτο και είναι εξαιρετικά ασταθές. Η αμμωνία μετατρέπεται κάτω από αερόβιες συνθήκες σε νιτρώδη με τη βοήθεια βακτηριδίων.

Η παρουσία νιτρωδών αλλά και αμμωνίας υποδηλώνει ρύπανση από λύματα. Σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση νιτρωδών έχουν ορισθεί τα 0,1 mg/L. Στα επιφανειακά νερά η παρουσία των νιτρωδών ιόντων είναι περιορισμένη γιατί οξειδώνονται σε νιτρικά με την παρουσία φωτός και βακτηριδίων.

✓ Θεϊικά ανιόντα (SO_4^{2-})

Κύρια προέλευση των θεικών ανιόντων είναι:

- η διάλυση της γύψου και του ανυδρίτη,
- η χρήση θεικών λιπασμάτων καθώς και
- η οξείδωση θειούχων ενώσεων που εμφανίζονται σε αργίλικα πετρώματα.

Σε μεγάλες περιεκτικότητες θεικών ιόντων το νερό δρα ως καθαριστικό. Περιεκτικότητα όμως μεγαλύτερη από 250 mg/L σε θειικά ιόντα καθιστά τη χρήση των νερού προβληματική για πόση (προσδίδει γεύση) και βιομηχανική χρήση. Γενικά το θείο και οι ενώσεις του ευθύνονται για τα προβλήματα οσμών και διαβρώσεων. Παρουσία οργανικής ύλης τα SO_4^{2-} μπορεί να αναχθούν, κυρίως σε υδρόθειο (H_2S), το οποίο έχει δυσάρεστη οσμή και διαβρώνει τους αγωγούς μεταφοράς νερού:

✓ Φθόριο

Βρίσκεται στα υπόγεια νερά με μορφή φθοριούχων αλάτων και είναι διαβρωτικό και τοξικό. Προέρχεται από τη μετατροπή φθοροαπατίτη σε υδροξυαπατίτη.

Σε συγκέντρωση μέχρι 1 mg/L είναι ωφέλιμο, γιατί προλαμβάνει την τερηδόνα των δοντιών και συντελεί στην καλύτερη ανάπτυξη της αδαμαντίνης. Σε μεγαλύτερη συγκέντρωση αποτίθεται στα δόντια, προκαλώντας κηλίδες και παραμόρφωση (fluorosis). Συγκεντρώσεις F στο νερό μεγαλύτερες από 5 mg/L το καθιστούν ακατάλληλο προς πόση.

Η φθορίωση του νερού, που γίνεται στις δεξαμενές ύδρευσης, χρησιμοποιώντας διάφορα φθοριούχα άλατα αποσκοπεί στο να αποκτήσει την επιθυμητή συγκέντρωση του 1 mg/L.

✓ Φωσφορικά ιόντα

Βρίσκονται στο υπόγειο νερό, ανάλογα με την τιμή του pH με διάφορες μορφές: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} . Η παρουσία τους σχετίζεται και με τη χρήση φωσφορικών λιπασμάτων στη γεωργία, καθώς τη ρύπανση από αστικά λύματα. Μαζί με τα νιτρικά αποτελούν τους σπουδαιότερους παράγοντες δημιουργίας φαινομένων ευτροφισμού. Σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση φωσφορικών στο νερό θεωρούνται τα 5 mg/L, ενώ σαν ενδεικτικό τα 0,4 mg/L.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ενδεικτικές και οι ανώτατες επιτρεπόμενες τιμές για κάθε παράμετρο και στοιχείο.

Πίνακας 3.3. Ενδεικτικές παράμετροι του πόσιμου νερού (Οδηγία 98/83/EK του Συμβουλίου της 3ης/11/1998).

Παράμετρος	Μονάδα έκφρασης αποτελεσμάτων	Παραμετρική τιμή
Cl ⁻	(mg/lit)	250
SO ₄ ²⁻	(mg/lit)	250
NO ₃ ⁻	(mg/lit)	50
Mg ²⁺	(mg/lit)	50
Na ⁺	(mg/lit)	200
K ⁺	(mg/lit)	12
pH	-	6,5<pH<8,5
Αγωγιμότητα EC	(μS/cm)	2500

Στον πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η γεωχημική σύσταση των υπογείων νερών σε σχέση με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που τα περιέχουν.

Πίνακας 3.4. Γεωχημική σύσταση υπόγειων νερών σε σχέση με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που τα περιέχουν.

ΕΙΔΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ
Καρστικά νερά	HCO ₃ , Ca, Mg
Οφειολιθικά	Mg, SO ₄
Γρανιτικά	Na, K, TDS (μειωμένο)
Αλλουβιακά	Ca, HCO ₃ , TDS (αυξημένο), EC (αυξημένο)
Γνεύσιοι	TDS, EC σε μείωση, παρουσία K, Na, Cl, Si, Mn
Φυλλίτες, σχιστόλιθοι	SO ₄ , Fe, Mn
Φλύσχης	Al, Si, Fe

3.4. Αποτελέσματα ανάλυσης

Η συλλογή των δειγμάτων νερού των γεωτρήσεων πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο του 2011. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν από την περιοχή μελέτης είναι έξι.

Οι τιμές των φυσικών παραμέτρων και των ιόντων του νερού που προέκυψαν με την παραπάνω ανάλυση παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 3.5.



Πίνακας 3.5. Τιμές φυσικών παραμέτρων και ιόντων σε mg/l για κάθε γεώτρηση.

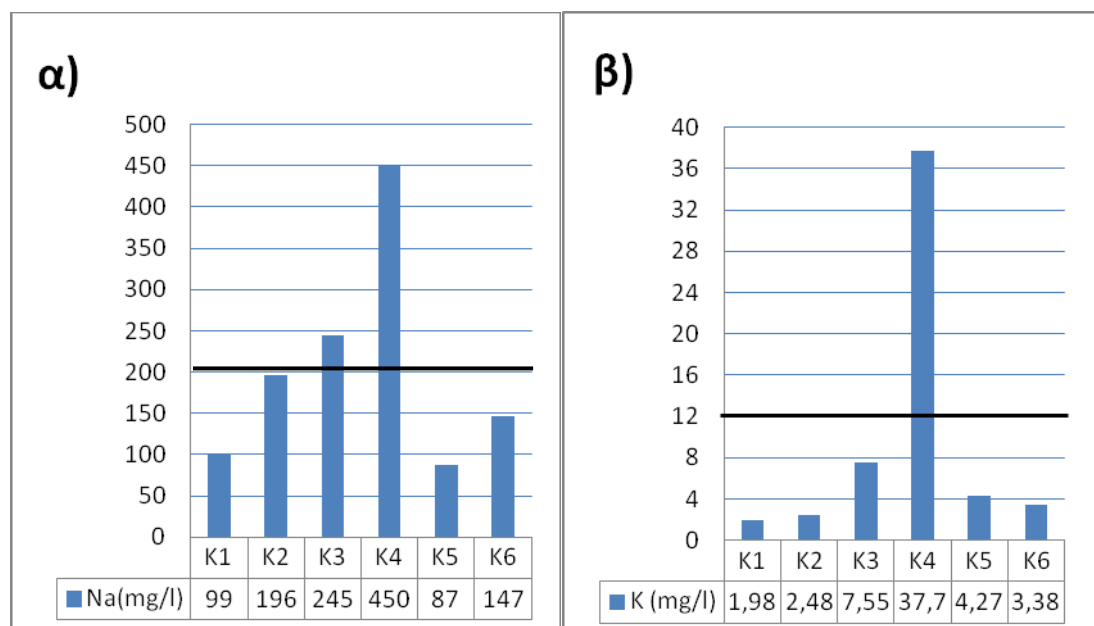
	X	Y	T	pH	Hardness	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Mg ⁺² mg/l	Ca ⁺² mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Ec μS/cm	CO ₃ ⁻² mg/l	TDS mg/l	Fe	Mn	NH ₄ ⁺	As μm/l
K1	401923	4483157	23.6	7.7	66.98	99	1.98	87	125	118	49	16.6	549	1120	0	887	30	38	0.04	8
K2	402404	4483394	20.3	8.2	55.14	196	2.48	0.5	180	185	44	14.09	429	1090	180	853.6				
K3	400652	4482244	23.3	7.33	62.53	245	7.55	58	155	331	136	65.9	546	3000	0	2420	30	60	0.05	<5
K4	400604	4481139	23.2	7.3	94.84	450	37.69	48.6	450	816.5	147	47.1	366	6440	0	5640	670	259	0.08	<5
K5	402395	4480818	23.9	7.83	65.95	87	4.27	56	164	113.6	44	65.3	515	1105	0	1236	90	49	0.17	6
K6	405224	4481274	20.9	8.55	92.92	147	3.38	107	96	183	37	7.03	521	878	450	563				



- **Ενεργός οξύτητα (pH):** κυμαίνεται από 7,3 έως 8,55 και βρίσκεται μέσα στα όρια για το πόσιμο νερό ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) που προβλέπει η οδηγία για το πόσιμο νερό.

- **Ολική σκληρότητα (Hardness):** κυμαίνεται από 65.95 έως 94.84 mg/l. Νερό με σκληρότητα μέχρι 500 mg/l CaCO_3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο. Από άποψη σκληρότητας το νερό των γεωτρήσεων θεωρείται κατάλληλο για χρήση. Οι υψηλές τιμές σκληρότητας (>500 mg/l) αποδίδονται στην υφαλμύριση και σε ανάμειξη με γεωθερμικά νερά από το καρστ.

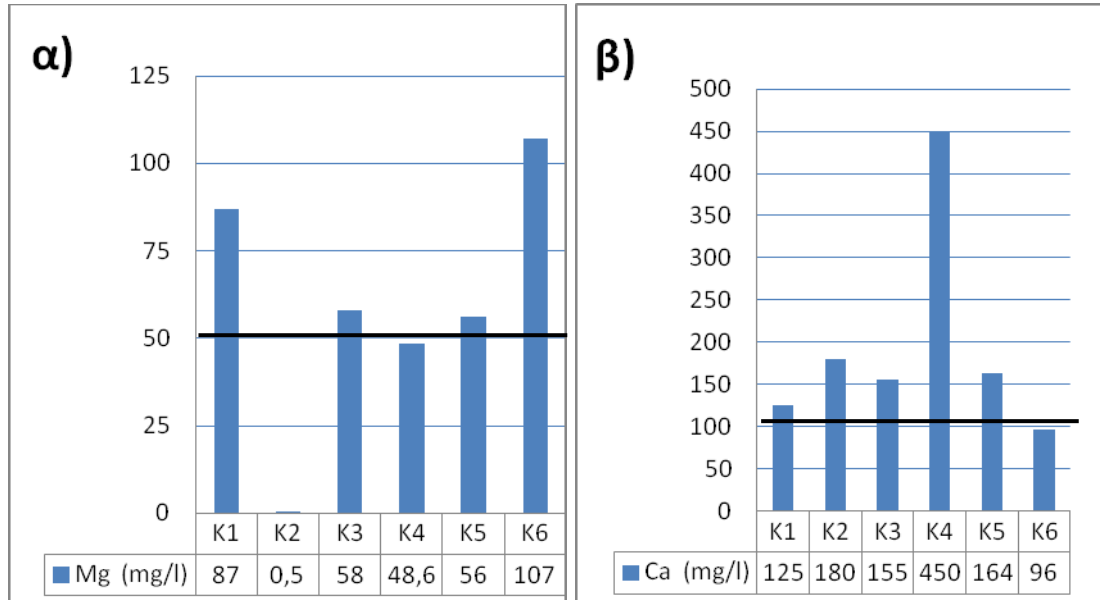
- **Περιεκτικότητα σε Na:** κυμαίνεται από 87 έως 450 mg/l (διάγραμμα 3.1.α). Ανώτερη επιτρεπόμενη τιμή είναι τα 200 mg/l. Δύο γεωτρήσεις υπερβαίνουν αυτή την τιμή (K3 & K4) εξαιτίας της πολύ υψηλής αγωγιμότητας των νερών αυτών ενώ οι υπόλοιπες τιμές είναι μέσα στο όριο. Μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου στο πόσιμο νερό επιφέρουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν (αυξάνει την αρτηριακή πίεση).



Διάγραμμα 3.1. Συγκέντρωση ιόντων Na (αριστερά) και ιόντων K (δεξιά) στα εξεταζόμενα δείγματα.

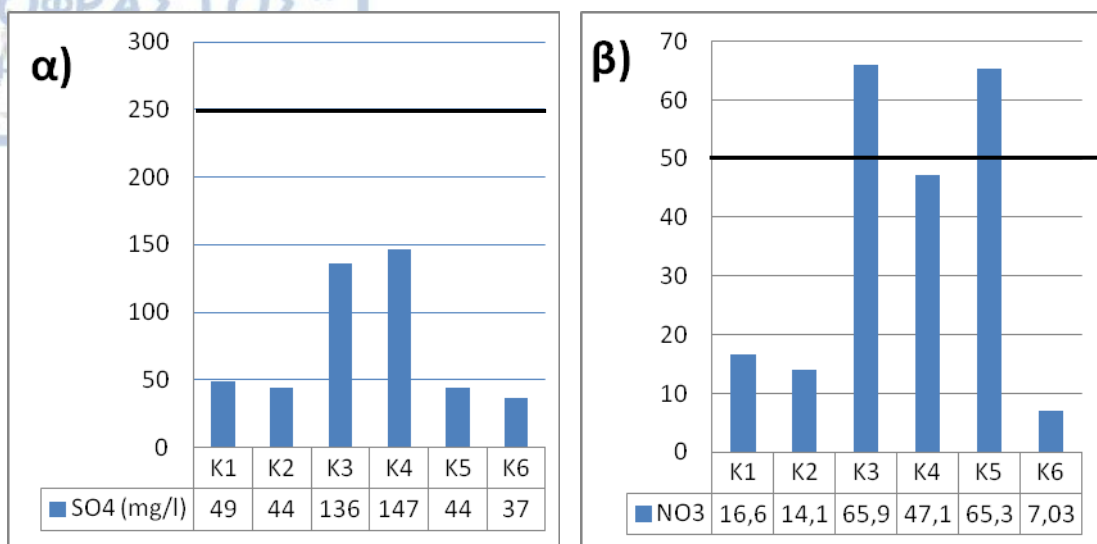
- **Περιεκτικότητα σε K:** κυμαίνεται από 1,98 έως 37,7 mg/l (διάγραμμα 3.1.β). Ανώτερη επιτρεπόμενη τιμή είναι τα 12 mg/l. Μια μόνο γεώτρηση (K4) υπερβαίνει αυτή την τιμή ενώ οι υπόλοιπες τιμές είναι μέσα στο όριο.

- **Περιεκτικότητα σε Mg:** κυμαίνεται από 0,5 έως 107 mg/l (διάγραμμα 3.2.α). Ανώτερη επιτρεπόμενη τιμή θεωρούνται τα 50 mg/l. Οι περισσότερες γεωτρήσεις ξεπερνούν το ανώτατο όριο ποσιμότητας.



Διάγραμμα 3.2. Συγκέντρωση ιόντων Mg (αριστερά) και ιόντων Ca (δεξιά) στα εξεταζόμενα δείγματα.

- **Περιεκτικότητα σε Ca:** κυμαίνεται από 96 έως 450 mg/l (γράφημα 3.2.β). Ενδεικτική τιμή για το Ca είναι τα 100 mg/l και έτσι οι τιμές που προέκυψαν από τις αναλύσεις θεωρούνται υψηλές σε όλες τις γεωτρήσεις εκτός μιας (K6). Ωστόσο το νερό της περιοχής από άποψη ασβεστίου θεωρείται πόσιμο.
- **Περιεκτικότητα σε SO_4 :** κυμαίνεται από 37 έως 147 mg/l (γράφημα 3.3.α). Ανώτατο όριο για την περιεκτικότητα των θεικών είναι τα 250 mg/l. Όλες οι γεωτρήσεις βρίσκονται κάτω από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο. Οι σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις των θεικών στην περιοχή (ενδεικτική τιμή είναι τα 25 mg/l) οφείλονται στην έντονη γεωργική δραστηριότητα των κατοίκων και τη χρήση θεικών λιπασμάτων.
- **Περιεκτικότητα σε NO_3^- :** κυμαίνεται από 7,03 έως 65,9 mg/l (γράφημα 3.3.β). Το ανώτατο όριο αντιστοιχεί στα 50 mg/l. Η περιεκτικότητα στις γεωτρήσεις (K3 & K5) βρίσκεται πάνω από το ανώτατο επιτρεπόμενο ενώ κάτω από την ενδεικτική τιμή που είναι τα 25 mg/l βρίσκονται οι συγκεντρώσεις των γεωτρήσεων (K1, K2 & K3).



Διάγραμμα 3.3. Συγκέντρωση ιόντων SO_4 (αριστερά) και ιόντων NO_3 (δεξιά) στα εξεταζόμενα δείγματα.

- **Περιεκτικότητα σε HCO_3 :** κυμαίνεται από 366 έως 549 mg/l. Οι υψηλές τιμές των όξινων ανθρακικών ενδεχομένως προσδίδουν στο νερό έναν όξινο ανθρακικό χαρακτήρα.

Για τον έλεγχο των χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερού χρησιμοποιείται το σφάλμα ισοζυγίου ιόντων:

$$\text{Σφάλμα ισοζυγίου ιόντων (\%)} = \frac{\sum \text{κατιόντων} - \sum \text{ανιόντων}}{\sum \text{κατιόντων} + \sum \text{ανιόντων}} * 100$$

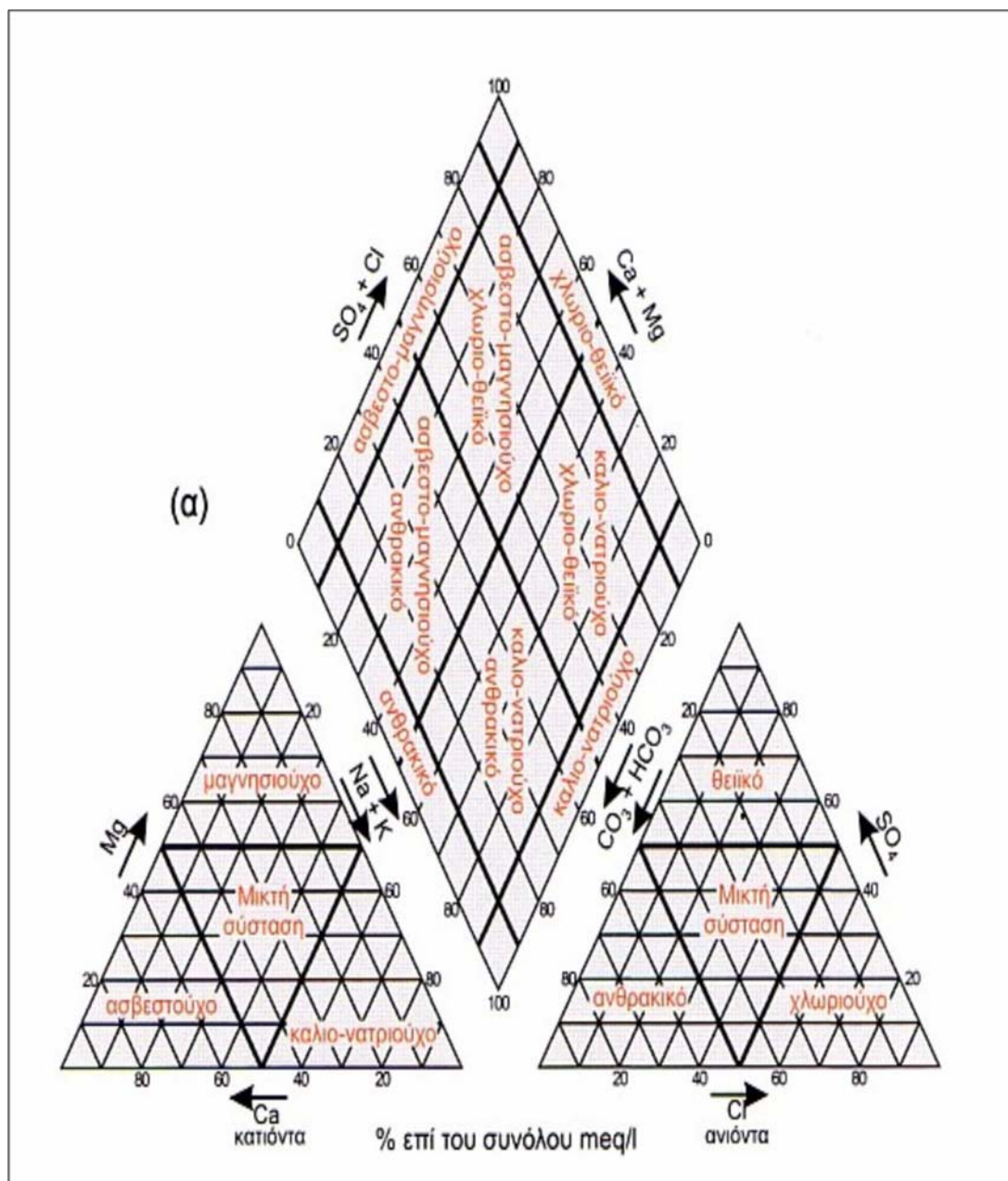
Το σύμβολο Σ δηλώνει άθροισμα και οι συγκεντρώσεις είναι σε meq/L. Αν το σφάλμα είναι μεγαλύτερο από 5%, η χημική ανάλυση πρέπει να επαναλαμβάνεται. Γενικά τα σφάλματα πρέπει να μην είναι συστηματικά, να κατανέμονται δηλαδή μεταξύ αρνητικών και θετικών τιμών.

3.4.1. Υδροχημικοί τύποι

Η επεξεργασία των τιμών των ιόντων που προκύπτουν από τη χημική ανάλυση γίνεται με το πρόγραμμα aquachem και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με διάφορα υδροχημικά διαγράμματα. Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση των διαγραμμάτων Piper, Durov.

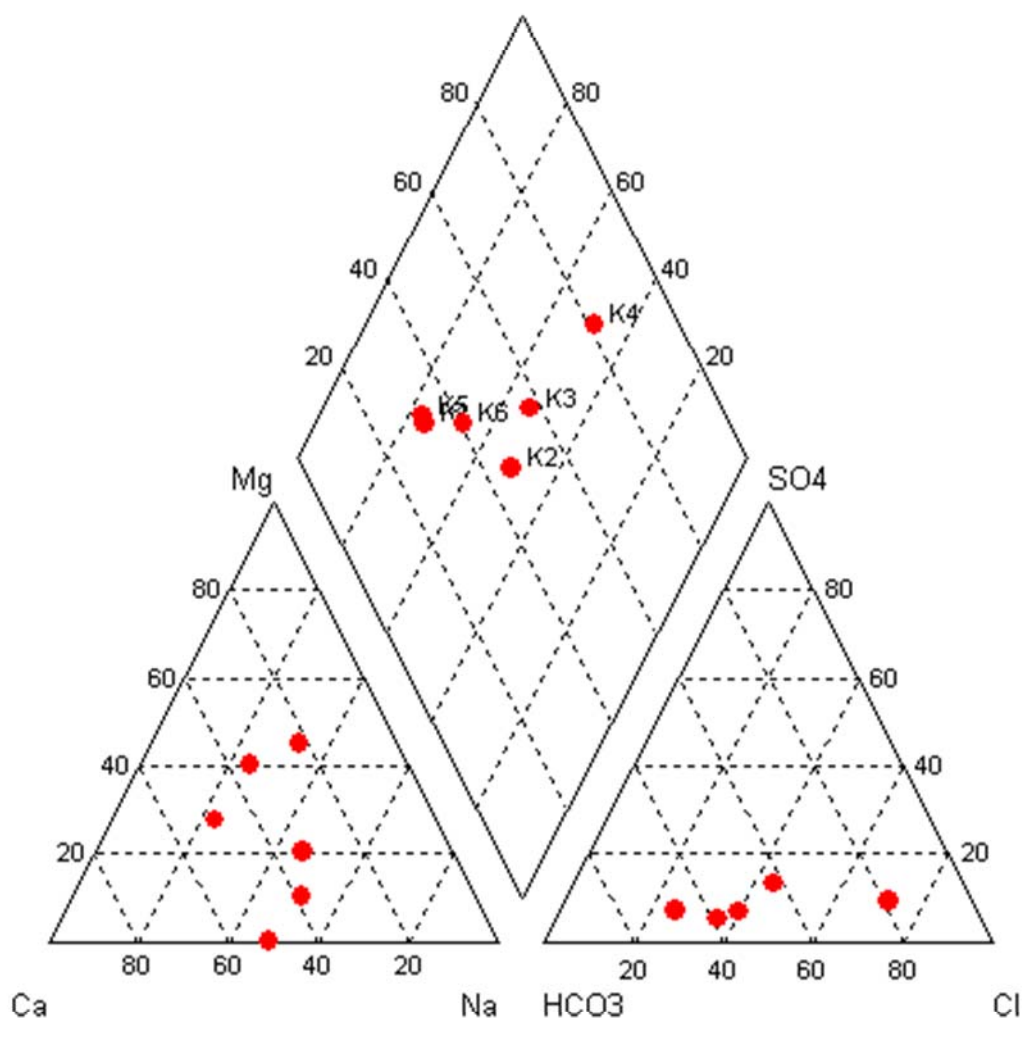
Το διάγραμμα Piper αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα ένα για τα

κατιόντα κι ένα για τα ανιόντα και ένα ενδιάμεσο ρομβικού που στο σύνολο τους συνιστούν ένα τρίγωνο. Η θέση του κάθε δείγματος νερού στο διάγραμμα το κατατάσσει σε μία κατηγορία που δηλώνει την υδροχημική φάση του δείγματος (διάγραμμα 3.4). Για την εφαρμογή του χρησιμοποιούνται ως μονάδες meq/l και μάλιστα εκατοστιαία συμμετοχή κάθε ιόντος χωριστά για κατιόντα και για ανιόντα (Σούλιος 2006). Στο διάγραμμα 3.5 φαίνονται οι γεωτρήσεις στο διάγραμμα Piper τοποθετημένες ανάλογα με τον τύπο του νερού που αντιπροσωπεύουν.



Διάγραμμα 3.4. Διάγραμμα Piper με τις κατατάξεις των νερών.

Πηγή: (Γ. Σούλιος, 2006)

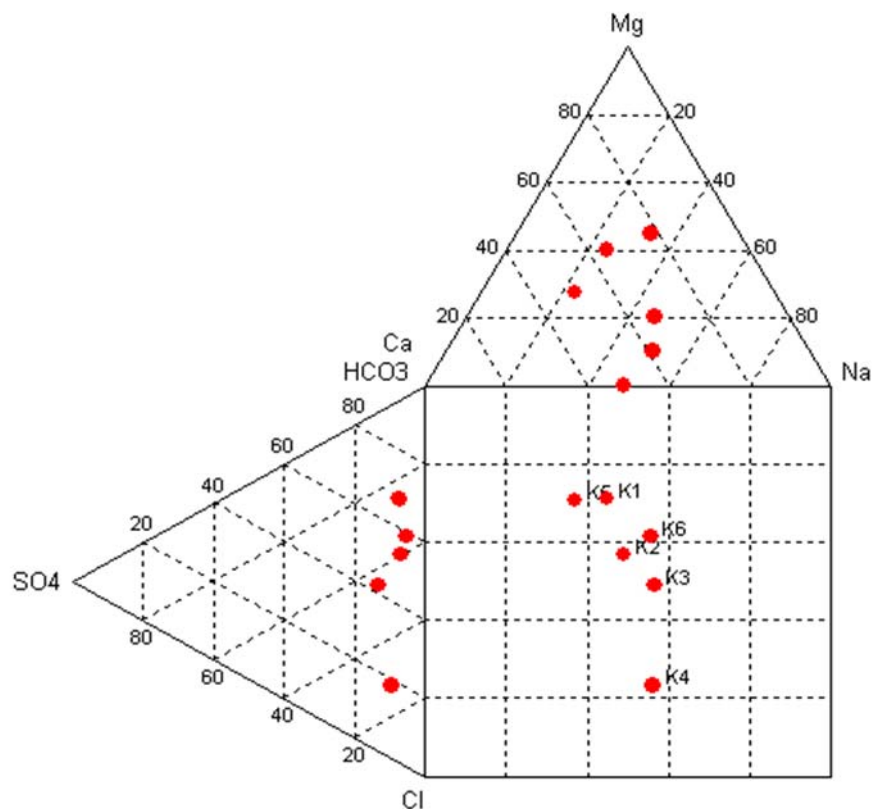


Διάγραμμα 3.5. Δείγματα νερού στο διάγραμμα Piper.

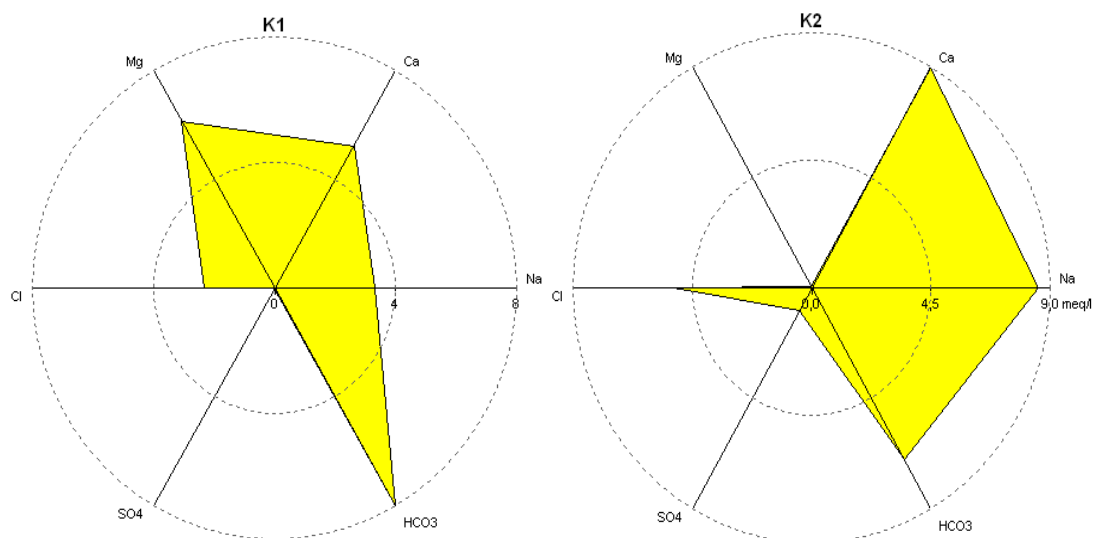
Το διάγραμμα Duroν αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα κι ένα για τα κατιόντα, που συνδέονται μ' ένα κεντρικό τετραγωνικού σχήματος, διαχωριζόμενο σε 9 επιμέρους τετραγωνίδια, τα οποία αντιστοιχούν στις διάφορες κατηγορίες νερού. Για την εφαρμογή χρησιμοποιούνται κι εδώ ως μονάδες meq/l και μάλιστα εκατοστιαία αναλογία τους στα κατιόντα και στα ανιόντα χωριστά.

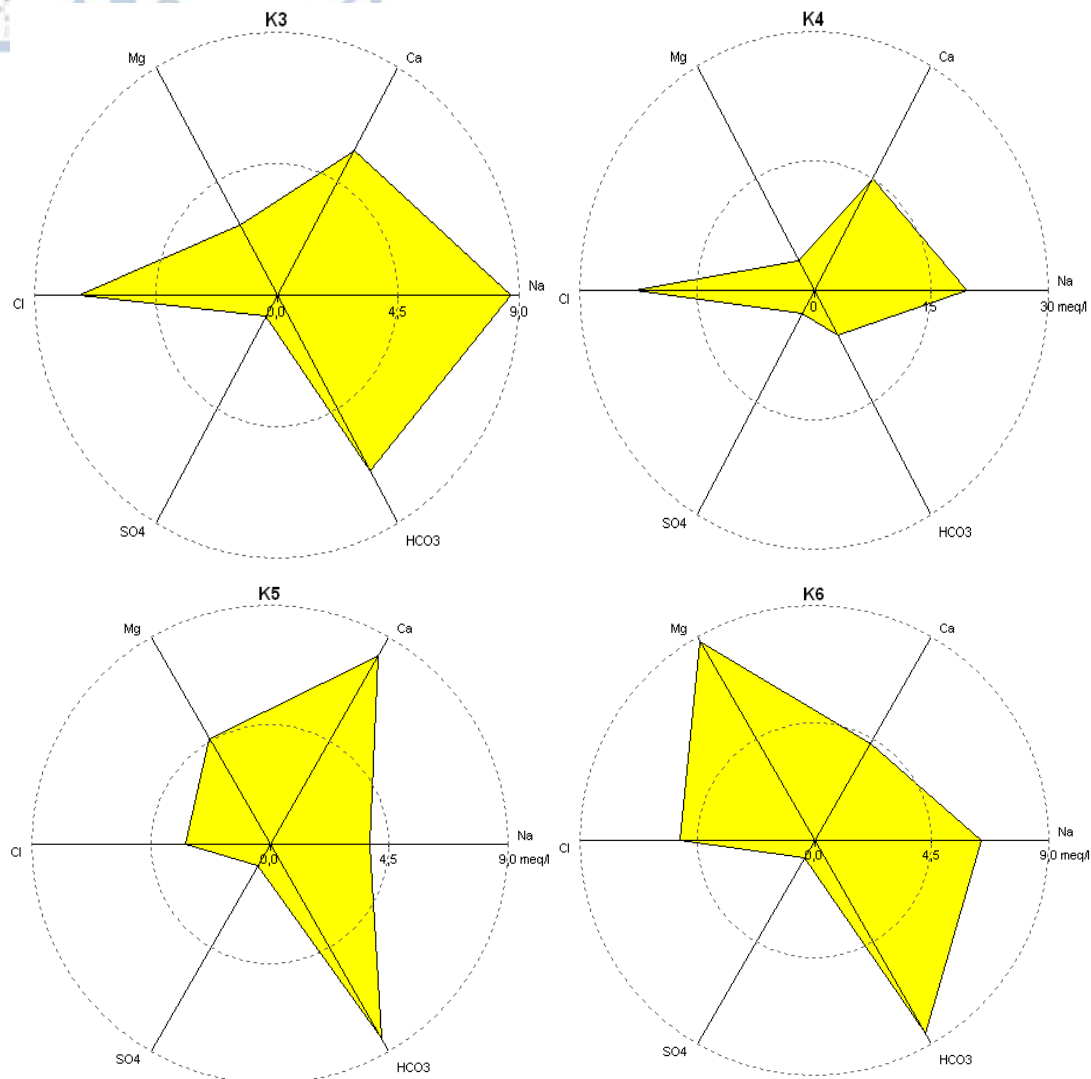
Τα ακτινικά – πολυγωνικά διαγράμματα εισήγαγε πρώτος το 1927 ο Palmady. Για την εφαρμογή τους χρησιμοποιούνται οι τιμές των χημικών αναλύσεων σε meq/l. (Σούλιος, 2006).

Παρακάτω φαίνονται αντίστοιχα οι γεωτρήσεις στο διάγραμμα Duroν τοποθετημένες ανάλογα με τον τύπο του νερού που αντιπροσωπεύουν (διάγραμμα 3.6) ενώ ακολουθούν και τα ακτινικά διαγράμματα ξεχωριστά για κάθε μία γεώτρηση



Διάγραμμα 3.6. Δείγματα νερού στο διάγραμμα Durov.



Διάγραμμα 3.7. Ακτινικά διαγράμματα γεωτρήσεων K1 και K2 αντίστοιχα.**Διάγραμμα 3.8.** Ακτινικά διαγράμματα γεωτρήσεων K3 έως K6.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι ο τύπος του νερού κάθε δείγματος ο οποίος παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.6).

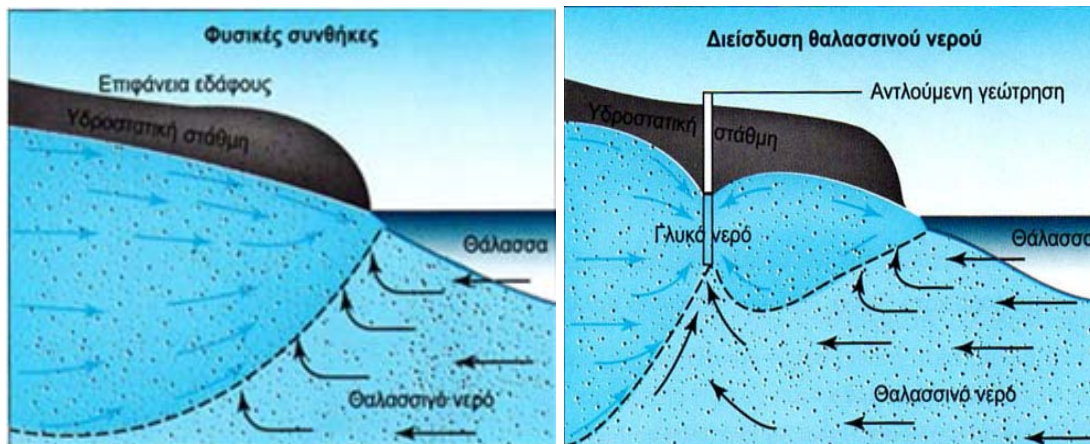
Πίνακας 3.6. Υδροχημικοί τύποι νερού γεωτρήσεων.

ΔΕΙΓΜΑ	ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ
K1	Mg(Ca)-HCO ₃ (Cl)
K2	Ca(Na)-HCO ₃ (Cl)
K3	Na-Cl
K4	Na-Cl
K5	Ca-HCO ₃ (Cl)

Από τον πίνακα και τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα K3 και K4 είναι επηρεασμένα από τη θαλάσσια διείσδυση (τύπος Na-Cl), δηλ. διαπιστώνεται το φαινόμενο της υφαλμύρισης. Κάτι τέτοιο διασταυρώνεται και από την εξαιρετικά υψηλή περιεκτικότητα σε χλωρίοντα. Τα υπόλοιπα είναι νερά ανάμειξης (μεταβατική ζώνη), δηλαδή υπάρχει επαφή γλυκού και θαλασσινού νερού (τύπος Ca-HCO₃(Cl)).

3.5. Υφαλμύριση

Ως υφαλμύριση ορίζεται η αύξηση της αλατότητας του υπόγειου νερού που μπορεί να οφείλεται στη διείσδυση του θαλασσινού νερού σε έναν υπόγειο υδροφορέα. Κύρια αιτία για την υφαλμύριση των υπόγειων νερών που στις περισσότερες περιπτώσεις των παράκτιων υπόγειων υδροφορέων είναι δεδομένη από τη φύση, αποτελεί η ύπαρξη χαμηλής πιεζομετρίας δηλαδή η ανάπτυξη μικρού υδραυλικού φορτίου που αποτελεί την κινητήρια δύναμη των υπόγειων νερών προς τη θάλασσα. Με αυτό το δεδομένο η όποια φυσική ή ανθρωπογενής δράση που συνεπάγεται περαιτέρω μείωση του υδραυλικού φορτίου αποτελεί αφορμή για ανύψωση της διεπιφάνειας γλυκού-αλμυρού νερού.



Εικόνα 3.5. Σχηματική παράσταση διείσδυσης θαλασσινού νερού στη ζώνη γλυκού νερού λόγω άντλησης. (Todd, 1980 με τροποποιήσεις από Βουδούρης, 2009).

Αναλυτικότερα λόγω της παρουσίας του αλμυρού νερού, στο τμήμα του υδροφορέα που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας σχηματίζεται μια ζώνη επαφής μεταξύ του ελαφρύτερου γλυκού νερού του υδροφορέα και του υποκείμενου βαρύτερου αλμυρού νερού (εικόνα 3.5). Ο όγκος του αλμυρού νερού κάτω από το

γλυκό λόγω της χαρακτηριστικής του μορφής ονομάζεται σφήνα. Το αλμυρό και το γλυκό νερό είναι αναμίξιμα με αποτέλεσμα η μεταξύ τους ζώνη επαφής να παίρνει τη μορφή μιας μεταβατικής ζώνης λόγω του φαινομένου της διάχυσης. Το φαινόμενο της υφαλμύρισης εμφανίζεται όταν η υδραυλική κλίση του παράκτιου υδροφορέα προς τη θάλασσα είναι μικρή και ακόμα περισσότερο όταν αλλάζει διεύθυνση εξαιτίας των έντονων αντλήσεων. Στην περίπτωση αυτή δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για τη μετακίνηση της αλμυρής σφήνας προς το εσωτερικό του υδροφορέα με αποτέλεσμα την υφαλμύριση του, την αύξηση δηλαδή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου, μαγνησίου και ασβεστίου στα υπόγεια νερά.

Τα αίτια της υφαλμύρισης μπορεί να είναι είτε φυσικά είτε ανθρωπογενή.

Φυσικά αίτια αποτελούν:

- 1) Η μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που προκύπτει από την αλλαγή των παγκόσμιων συνθηκών κλίματος.
- 2) Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας κάτι το οποίο έχει ως αποτέλεσμα μείωση της χωρητικότητας του γλυκού νερού στον υδροφόρο και τη μετατόπιση της διεπιφάνειας γλυκού και αλμυρού νερού προς τα πάνω.
- 3) Γεωλογικά αίτια. Στους παράκτιους καρστικοποιημένους υδροφορείς οι συνθήκες για την εμφάνιση του φαινομένου της υφαλμύρισης είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Η δημιουργία καρστικών φαινομένων συνδέεται με την παρουσία πετρωμάτων τα οποία είναι ευδιάλυτα και αφήνουν ελάχιστο υπόλειμμα με αποτέλεσμα να διευρύνονται τα διάκενα με τη διάλυσή τους οπότε είναι δυνατή η κίνηση του νερού μέσω αυτών στο υπέδαφος. Τέτοια πετρώματα είναι οι εβαπορίτες, τα ανθρακικά, οι ηφαιστίτες, οι χαλαζίτες και οι υπερβασίτες.

Ανθρωπογενή αίτια αποτελούν:

- 1) Υπεράντληση των υπόγειων υδάτων για την κάλυψη των τοπικών αναγκών σε ύδρευση και άρδευση.
- 2) Παράνομες γεωτρήσεις. Η αδειοδότηση κάθε μορφής παροχής νερού έχει δεσμεύσεις σε ότι αφορά την ποσότητα του νερού που πρέπει να αντλείται, καθώς και το υψόμετρο ασφαλείας κάτω από το οποίο δεν πρέπει να κατέβει η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου.

3) Οικιστική ανάπτυξη. Ο υδροφόρος ορίζοντας σε πολλές περιοχές (κυρίως αστικές) δεν εμπλουτίζεται πλέον. Η τσιμεντοποίηση και η ασφαλτόστρωση των μεγάλων πολεοδομικών συγκροτημάτων, η στεγανοποίηση των ρεμάτων και των κοιτών των χειμάρρων είναι μόνο ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα. Υπολογίζεται ότι στα μεγάλα πολεοδομικά συγκροτήματα η τροφοδοσία του υδροφόρου ορίζοντα από επιφανειακά νερά έχει μειωθεί ακόμη και κατά 80%.

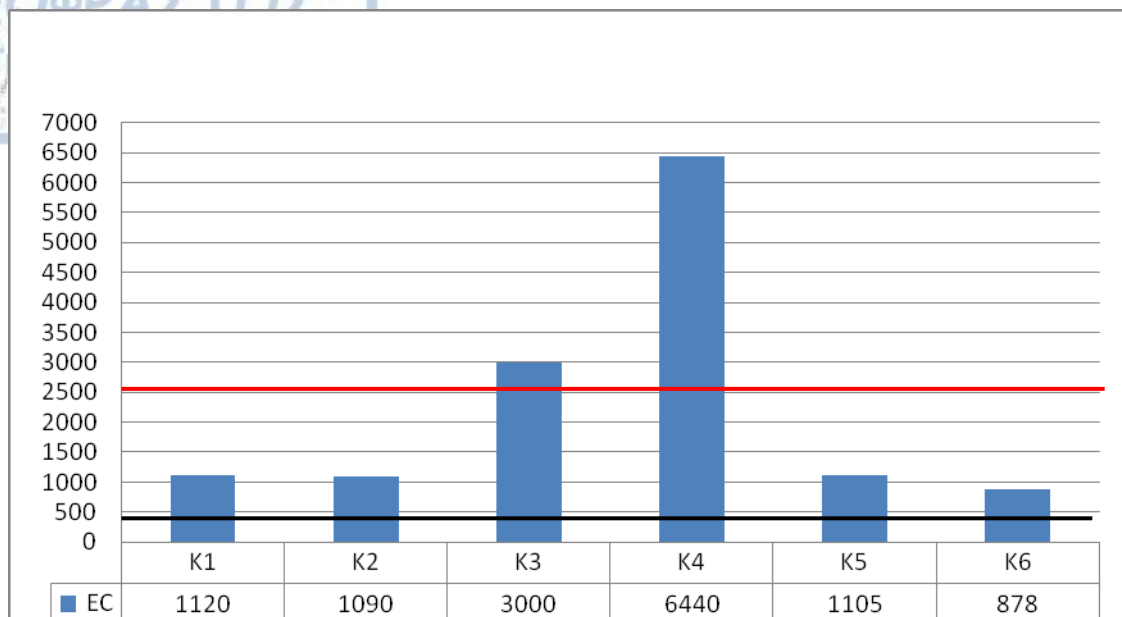
Για τον έλεγχο της υφαλμύρισης εξετάζονται:

- η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού,
- τα διαλυμένα στερεά,
- η περιεκτικότητα του σε χλωρίοντα και
- η τιμή του συντελεστή Revelle.

Παρακάτω μελετώνται οι τρεις πρώτοι παράγοντες

1. Ηλεκτρική αγωγιμότητα: Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4, η μέση τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα 6 δείγματα νερού είναι 1933,26 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Το όριο ποσιμότητας είναι της τάξεως των 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Επομένως όλα τα δείγματα υπερβαίνουν κατά πολύ το όριο αυτό (διάγραμμα 3.9).

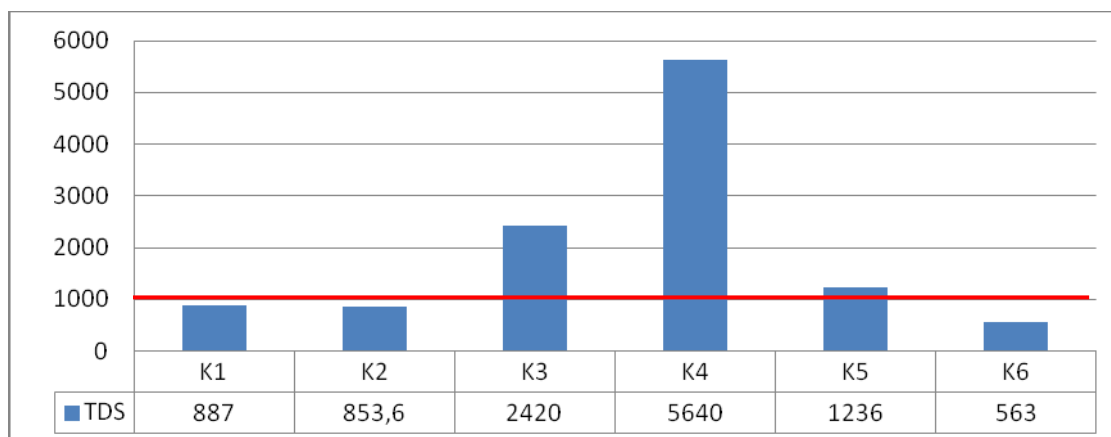
Ωστόσο η ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή θεωρούνται τα 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Δύο από τις εξεταζόμενες γεωτρήσεις (K3 & K4) ξεπερνούν την τιμή αυτή και τα νερά τους χαρακτηρίζονται ως υφάλμυρα.



Διάγραμμα 3.9. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού κάθε εξεταζόμενης γεώτρησης.

2. Συνολικά διαλυμένα στερεά (T.D.S): Παραπάνω χαρακτηρίστηκαν τα νερά, ανάλογα με την ποσότητα των T.D.S. σε αυτά ως:

- γλυκά όταν τα T.D.S παίρνουν τιμές από 0 - 1.000 mg/L,
- υφάλμυρο από 1.000 - 10.000 mg/L,
- αλμυρό από 10.000 - 100.000 mg/L και
- υπεραλμυρό όταν T.D.S >100.000 mg/L.

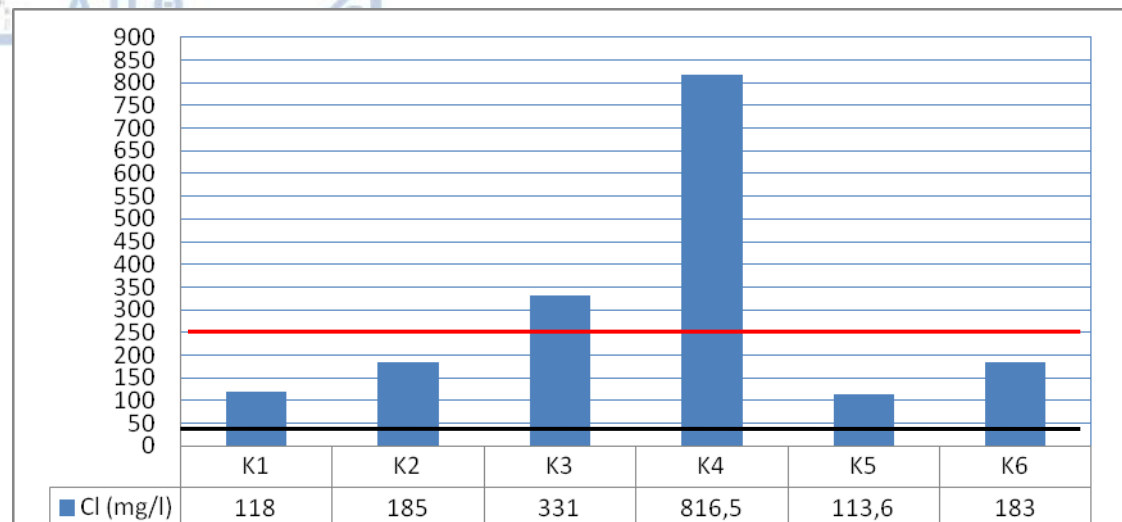


Διάγραμμα 3.10. Συνολικά διαλυμένα στερεά του νερού κάθε εξεταζόμενης γεώτρησης.

Έτσι σύμφωνα με το διάγραμμα 3.10 οι γεωτρήσεις K1, K2 και K6 έχουν γλυκό νερό ενώ οι K3, K5 και ιδιαίτερα η K4 έχουν υφάλμυρο νερό.

3. Η περιεκτικότητα σε χλωριόντα: Οι τιμές των χλωριόντων σε κάθε εξεταζόμενη γεώτρηση εμφανίζονται στο διάγραμμα 3.11. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο του

πόσιμου νερού σε χλωριόντα είναι τα 250 mg/l.



Διάγραμμα 3.11. Συγκέντρωση χλωριόντων στα νερά κάθε εξεταζόμενης γεώτρησης.

Έτσι σύμφωνα με το διάγραμμα αυξημένες τιμές πάνω από το όριο έχουν, όπως αναμενόταν, οι γεωτρήσεις K3 και K4. Ωστόσο η ενδεικτική τιμή για το πόσιμο νερό είναι τα 25 mg/l. Παρατηρείται λοιπόν πως όλες οι συγκεντρώσεις είναι πολύ πάνω από το όριο αυτό.

Συμπερασματικά λοιπόν θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι υπάρχουν σαφείς ενδείξεις διείσδυσης του θαλασσινού νερού σε ορισμένα σημεία του υπόγειου υδροφορέα στην περιοχή του Αγγελοχωρίου. Τα νερά είναι ακατάλληλα για πόση τόσο εξαιτίας της διείσδυσης αυτής όσο και της χρήσης λιπασμάτων από τους γεωργούς. Ωστόσο το συμπέρασμα αυτό δεν θα μπορούσε να γενικευτεί για όλο το υπόγειο σύστημα της περιοχής καθώς ο αριθμός των γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την δειγματοληψία είναι πολύ μικρός και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση και μελέτη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το Αγγελοχώρι βρίσκεται μόλις 32 km ΝΑ της Θεσσαλονίκης, στη θέση του ακρωτηρίου Μεγάλο Έμβολο, 4 km πριν την Ν. Μηχανιώνα. Έχει έκταση 13 km² και πρόκειται για μια παραθαλάσσια περιοχή, με υψόμετρο που δεν ξεπερνά τα 50 m. Βόρεια, νότια και δυτικά βρέχεται από θάλασσα, ενώ η μόνη τροφοδοσία γλυκού νερού στην περιοχή γίνεται από τα ανατολικά.

Ο συνολικός πληθυσμός του Δήμου Μηχανιώνας ανέρχεται σε 9.425 κατοίκους (απογραφή 2001) εκ των οποίων οι 1017 ανήκουν στην κοινότητα Αγγελοχωρίου. Ο πληθυσμός αυτός τριπλασιάζεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ ταυτόχρονα τριπλασιάστηκε τα τελευταία 50 χρόνια.

Ο βασικός τομέας οικονομικής δραστηριότητας για την Ν. Μηχανιώνα είναι η αλιεία, ενώ για το Αγγελοχώρι και την Κερασιά είναι η γεωργία. Το αγρόκτημα Μηχανιώνας - Κερασιάς έχει έκταση 11.5 χιλ. στρέμματα όπου καλλιεργούνται κυρίως σιτηρά, βιομηχανικά φυτά (βαμβάκι) και ελιές.

Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό, με ήπιο χειμώνα και θερμό έως δροσερό καλοκαίρι. Οι κύριοι συντελεστές διαμόρφωσης του κλιματικού χαρακτήρα της, είναι η επίδραση της θάλασσας, η αύλακα του Αξιού και η διαμόρφωση του ομαλού της ανάγλυφου.

Μορφολογικά παρουσιάζει εικόνα ανυψωμένου plateau, με μικρή κλίση προς το Θερμαϊκό κόλπο (ΝΔ). Στην περιοχή του Αγγελοχωρίου, κεντρική θέση κατέχει η λιμνοθάλασσα της Αλυκής Αγγελοχωρίου ή Μεγάλου Εμβόλου. Νοτιότερα από τη λιμνοθάλασσα Αλυκής σχηματίζονται έλη σε έκταση περίπου 3 km², γνωστά με το όνομα Βαρικά ή Τσαΐρια, τα οποία χωρίζονται από τη θάλασσα με μια ζώνη αμμώδους ακτής μικρού πλάτους (6-15 m).

Γεωτεκτονικά η περιοχή μελέτης ανήκει στη ζώνη Αξιού και πιο συγκεκριμένα στο ανατολικό τμήμα αυτής, την ενότητα Παιονίας. Λιθοστρωματογραφικά εντάσσεται στην περιοχή της δυτικής Χαλκιδικής - Κασσάνδρας, η οποία βρίσκεται νότια του

Ανθεμούντα μέχρι την ακτογραμμή Μ. Εμβόλου - Ν. Μουδανιών- Ισθμού Κασσάνδρας. Ολόκληρη η έκταση της περιοχής καλύπτεται από ιζήματα του Νεογενούς και Τεταρτογενούς που αποτελούνται από αργίλους, άμμους, ψαμμίτες, χαλίκια και μάργες.

Υδροφορία αναπτύσσεται στις αδρομερείς φάσεις των ανωτέρων σχηματισμών. Η στάθμη των υπόγειων νερών κυμαίνεται από 0 m (Γ2) έως 0,5 m (Γ6), ενώ η απόλυτη στάθμη των γεωτρήσεων εκτός από την Γ6 (+2,11 m), παρουσιάζει αρνητική πιεζομετρία, δηλ. η στάθμη των γεωτρήσεων αυτών βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, γεγονός που ευνοεί τη θαλάσσια διείσδυση.

Το ανάγλυφο του υδροφόρου συστήματος μπορεί να χαρακτηριστεί ομαλό με μικρές έως μέτριες κλίσεις στο μεγαλύτερο τμήμα του, ενώ εκφορτίζει το υδατικό του περιεχόμενο προς το Θερμαϊκό κόλπο. Ο εμπλουτισμός του υδροφόρου συστήματος προέρχεται κυρίως από ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Από το πιεζομετρικό χάρτη διαπιστώθηκε ότι η διεύθυνση ροής του υπόγειου νερού είναι από Ν-Β.

Από την εργαστηριακή ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε δείγματα νερού των γεωτρήσεων και λαμβάνοντας υπόψη τα όρια ποσιμότητας του νερού, το νερό όλων των γεωτρήσεων προκύπτει ακατάλληλο για πόση κάτι που ενισχύεται και από την διείσδυση του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφορέα της περιοχής μελέτης.

Ο υδροχημικός τύπος νερών που κυριαρχεί είναι ο $\text{Ca-HCO}_3(\text{Cl})$, πρόκειται δηλαδή για μια μεταβατική ζώνη όπου διαπιστώνεται η επαφή γλυκού και θαλασσινού νερού. Αντίθετα δύο γεωτρήσεις εμφανίζονται με τον τύπο Na-Cl , που αντιστοιχεί σε νερά επηρεασμένα από τη θαλάσσια διείσδυση, δηλ. διαπιστώνεται το φαινόμενο της υφαλμύρισης λόγω υπεράντλησης των υπόγειων υδάτων.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 878 – 6440 $\mu\text{S/cm}$, το σύνολο διαλυμένων αλάτων (T.D.S) από 563 – 5640 mg/L ενώ τα χλωριόντα από 113,6 – 816,5 mg/L με τις υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται σε γεωτρήσεις της παράκτιας ζώνης, λόγω υφαλμύρισης.

Το φαινόμενο της υφαλμύρισης μπορεί να επεκταθεί στο μέλλον τόσο από φυσικά

αίτια (η μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, άνοδος της στάθμης της θάλασσας) όσο και ανθρωπογενή (η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων, η οικιστική ανάπτυξη, κ.λ.π.)

Έτσι κρίνεται σκόπιμο η λήψη κατάλληλων μέτρων. Τέτοια μέτρα θα μπορούσαν να είναι:

- ☑ Ο περιορισμός ή διακοπή άντλησης από γεωτρήσεις που βρίσκονται στην παράκτια ζώνη της περιοχής καθώς προκαλείται περαιτέρω ρύπανση και ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων υδροφορέων.
- ☑ Η ενημέρωση των γεωργών για την ρύπανση των υδάτων, με ταυτόχρονη μείωση της χρήσης λιπασμάτων που επιβαρύνουν επιπλέον τα υπόγεια ύδατα.
- ☑ Η παρέμβαση του ανθρώπου με τεχνητό εμπλουτισμό, μια διαδικασία που επιτρέπει την αύξηση του γλυκού νερού αλλά και αύξηση της στάθμης, ώστε να διατηρείται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και να αποτρέπεται η θαλάσσια διείσδυση. Το νερό αυτό μπορεί να προέρχεται από νερά των χειμάρρων κατά την υγρή περίοδο ή από τα επεξεργασμένα νερά.
- ☑ Η διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης των επεξεργασμένων νερών από τον βιολογικό καθαρισμό για αρδευτική χρήση.

Η επαναφορά ωστόσο των υδάτων στην επιθυμητή κατάσταση, όπως προβλέπει και η Οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νερά, είναι μια μακροχρόνια διαδικασία. Σε περίπτωση μη εφαρμογής των παραπάνω προτάσεων η διείσδυση της θάλασσας και η ανάμιξη γλυκού και θαλασσινού νερού θα συνεχίζονται, με αποτέλεσμα κάποια στιγμή την πλήρη υποβάθμιση των υπόγειων υδροφορέων, γεγονός που θα καταστήσει το νερό ακατάλληλο για κάθε χρήση.



ΔΟΝΤΣΙΟΥ ΠΗΝΕΛΟΠΗ



Ανατολική Α.Ε., (Δεκέμβριος 2002), Ολοκληρωμένη Μελέτη Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Νότιων Παράκτιων περιοχών Ν. Θεσσαλονίκης – Ν. Χαλκιδικής.

Βουδούρης, Κ., (2009), Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Υπόγεια Νερά Και Περιβάλλον, Εκδόσεις Τζιόλα..

Βουδούρης, Κ., Σωτηριάδης Μ. Παύλου Α., Χατζηλιόντος Χρ., (2005), Ποιότητα Των Υπόγειων Νερών Στο Παράκτιο Υδροφόρο Σύστημα Του Ανατολικού Θερμαϊκού Κόλπου, 2^ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.

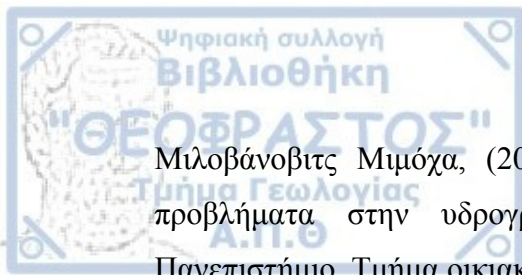
Δασκαλάκη Αγγελική, (2008), *Η ένταση της υφαλμύρινσης του νερού των γεωτρήσεων δήμου Μαλίων*, Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα φυσικών πόρων & περιβάλλοντος, Τομέας περιβαλλοντικής τεχνολογίας, Εργαστήριο έλεγχου ποιότητας υδατικών & εδαφικών πόρων, Χανιά.

Διμηνιαία ενημερωτική έκδοση του Δήμου Μηχανιώνας, (Δεκέμβριος 2009 – Ιανουάριος 2010), τεύχος 41, χρόνος 7^{ος}, σελ 16.

Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Θερμαϊκού 2012-2014, (2011), Σχέδιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος Υφιστάμενη Κατάσταση Στρατηγικός Σχεδιασμός, Περαιά.

Ζαχαριάδη Χ.Ι., Παπαδοπούλου Μ.Π., Καρατζάς Γ.Π., Μελέτη του φαινομένου της υφαλμύρισης σε καρστικοποιημενες παράκτιες περιοχές, Τμήμα Μηχ/κών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείου Κρήτης. Χανιά.

Κεσόγλου Ολυμπία, (2011), Εντοπισμός υφάλμυρων υδροφόρων στρωμάτων με τη χρήση γεωφυσικών μεθόδων: Εφαρμογή στην περιοχή του Αγγελοχωρίου, Θεσσαλονίκης», Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη.



Μιλοβάνοβιτς Μιμόχα, (2004), Διαχείριση υδάτινων πόρων και περιβαλλοντικά προβλήματα στην υδρογραφική λεκάνη του Αξιού ποταμού, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα οικιακής οικονομίας και οικολογίας, Αθήνα.

Μουντράκης Δ., (2007), Γεωλογία της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Νόμος 3199/2003. Προστασία και διαχείριση των υδάτων-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000. ΦΕΚ 280 Α΄/9-12-2003.

Οδηγία 2006/118/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 2006 σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση.

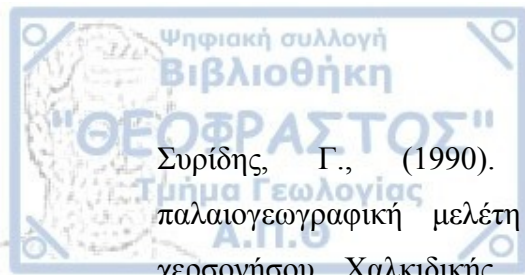
Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L327/1, Luxembourg.

Παύλου, Α., (2011), Υδρογεωλογικές έρευνες στην παράκτια περιοχή από Μ. Έμβολο έως Καλλικράτεια, Διδακτορική διατριβή υπό εκπόνηση, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.

Σούλιος, Γ., (1996), Γενική Υδρογεωλογία, Πρώτος Τόμος, Ανατύπωση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Σούλιος, Γ., (2004), Γενική Υδρογεωλογία, Τρίτος Τόμος, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.

Σούλιος, Γ., (2006), Γενική Υδρογεωλογία, Τέταρτος Τόμος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.



Συρίδης, Γ., (1990). Λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και παλαιογεωγραφική μελέτη των νεογενών - τεταρτογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής. Διδακτορική. Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

Δημόσια, Ανοικτά Δεδομένα

<http://geodata.gov.gr>

Ελληνική Στατιστική αρχή, (ΕΛ. ΣΤΑΤ.)

<http://www.statistics.gr>

Ελληνικό Πανόραμα- Τεύχος 18^ο -2000,

<http://www.michaniona.gr>

Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας, (Ο.Κ.Χ.Ε),

<http://www.okxe.gr>

http://odysseus.culture.gr/h/3/gh351.jsp?obj_id=7065





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ





ΓΕΩΤΡΗΣΗ Κ1

SampleID

K1

Site

K1

Date

17/3/1626

Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	9,900E+01	4,306E+00
K +	1,980E+02	5,064E-02
Mg++	8,700E+01	7,158E+00
Ca++	1,250E+02	6,238E+00

Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	1,180E+02	3,328E+00
SO ₄ --	4,900E+01	1,020E+00
NO ₃ -	1,660E+02	2,677E-01
HCO ₃ -	5,490E+02	8,999E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l): 13,6151

Sum of Cations (meq/l): 17,7519

Balance: 13,19%

Calculated TDS (mg/l): 1045,5

Hardness:	meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness:	13,4	66,98	37,51	669,8
Permanent hardness:	4,4	21,98	12,31	219,8
Temporary hardness:	9,0	44,99	25,20	449,9
Alkalinity :	9,0	44,99	25,20	449,9

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	99,0	4,306	4,306	12,752
K +	1,98	0,051	0,051	0,0
Ca++	125,0	3,119	6,238	19,128
Mg++	87,0	3,579	7,158	22,316
Cl-	118,0	3,328	3,328	9,564
SO ₄ --	49,0	0,51	1,02	3,188
HCO ₃ -	549,0	8,999	8,999	25,504

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	1,437	0,871	0.319	0.194
Ca/SO ₄	2,551	6,114	0.152	0.364
Na/Cl	0,839	1,294	0.556	0.858



Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl):	191,746	3,2777
Sylvite (KCl):	3,775	0,0509
Dolomite (CaMg(CO ₃) ₂):	480,251	2,609
Anhydrite (CaSO ₄):	69,478	0,51

ΓΕΩΤΡΗΣΗ K2

SampleID	K2
Site	K2
Date	17/3/1626

Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	1,960E+02	8,525E+00
K +	2,480E+02	6,343E-02
Mg++	0.5	4,114E-02
Ca++	1,800E+02	8,982E+00
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	1,850E+02	5,218E+00
SO ₄ --	4,400E+01	9,161E-01
NO ₃ -	1,409E+03	2,272E-01
HCO ₃ -	4,290E+02	7,032E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l):	13,3934
Sum of Cations (meq/l):	17,6120
Balance:	13,61%

Calculated TDS(mg/l):	1051,0
-----------------------	--------

Hardness:	meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness:	9,02	45,12	25,26	451,2
Permanent hardness:	1,99	9,96	5,58	99,6
Temporary hardness:	7,03	35,16	19,69	351,6
Alkalinity:	7,03	35,16	19,69	351,6
(1 °f = 10 mg/l CaCO ₃ /l 1 °g = 10 mg/l CaO)				

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	196,0	8,525	8,525	25,802
K +	2,48	0,063	0,063	0,0
Ca++	180,0	4,491	8,982	25,802
Mg++	0,5	0,021	0,041	0,0
Cl-	185,0	5,218	5,218	16,126
SO ₄ --	44,0	0,458	0,916	0,0
HCO ₃ -	429,0	7,032	7,032	22,577

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	360,0	218,353	0.319	0.194
Ca/SO ₄	4,091	9,804	0.152	0.364
Na/Cl	1,059	1,634	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl):	301,553	5,1547
Sylvite (KCl):	4,729	0,0638
Carbonate (CaCO ₃):	401,64	4,0164
Dolomite (CaMg(CO ₃) ₂):	3,787	0,021
Anhydrite (CaSO ₄):	62,389	0,458

ΓΕΩΤΡΗΣΗ K3

SampleID	K3
Site	K3
Date	17/3/1626

Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na ⁺	2,450E+02	1,066E+01
K ⁺	7,550E+02	1,931E-01
Mg ⁺⁺	5,800E+01	4,772E+00
Ca ⁺⁺	1,550E+02	7,735E+00

Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl ⁻	3,310E+02	9,336E+00
SO ₄ ⁻⁻	1,360E+02	2,832E+00
NO ₃ ⁻	6,590E+02	1,063E+00
HCO ₃ ⁻	5,460E+02	8,950E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l):	22,1804
Sum of Cations (meq/l):	23,3561
Balance:	2,58%

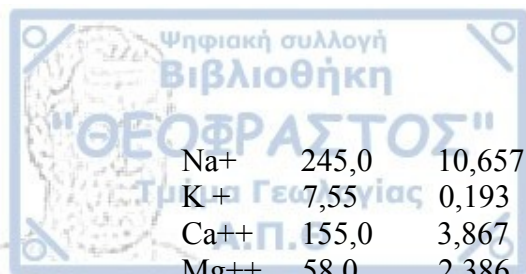
Calculated TDS(mg/l):	1544,4
-----------------------	--------

Hardness:	meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness:	12,51	62,53	35,02	625,3
Permanent hardness:	3,56	17,78	9,96	177,8
Temporary hardness:	8,95	44,75	25,06	447,5
Alkalinity:	8,95	44,75	25,06	447,5

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
------	--------	-------	------



Na+	245,0	10,657	10,657	21,96
K +	7,55	0,193	0,193	0,0
Ca++	155,0	3,867	7,735	15,372
Mg++	58,0	2,386	4,772	8,784
Cl-	331,0	9,336	9,336	19,764
SO ₄ --	136,0	1,416	2,832	4,392
HCO ₃ -	546,0	8,95	8,95	17,568

Ratios		Comparison to Seawater		
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2,672	1,621	0.319	0.194
Ca/SO ₄	1,14	2,731	0.152	0.364
Na/Cl	0,74	1,141	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl):	534,878	9,1432
Sylvite (KCl):	14,395	0,1943
Carbonate (CaCO ₃):	6,564	0,0656
Dolomite (CaMg(CO ₃) ₂):	439,235	2,386
Anhydrite (CaSO ₄) :	192,838	1,416

ΓΕΩΤΡΗΣΗ K4

SampleID	K4
Site	K4
Date	17/3/1626

Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	4,500E+02	1,957E+01
K +	3,770E+02	9,642E-01
Mg++	4,860E+02	3,998E+00
Ca++	3,000E+02	1,497E+01

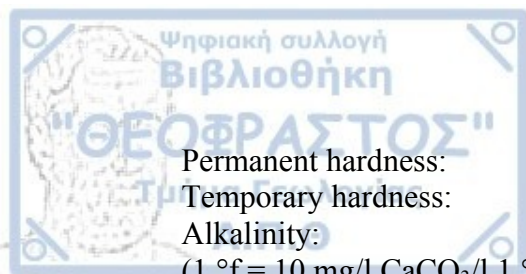
Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	8,165E+03	2,303E+01
SO ₄ --	1,470E+02	3,061E+00
NO ₃ -	4,710E+02	7,596E-01
HCO ₃ -	3,660E+02	5,999E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l):	32,8500
Sum of Cations (meq/l):	39,5063
Balance:	9,20%

Calculated TDS(mg/l): 2212,9

Hardness:	meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness:	18,97	94,84	53,11	948,4



Permanent hardness:	12,97	64,85	36,31	648,5
Temporary hardness:	6,0	30,00	16,80	300,0
Alkalinity:	6,0	30,00	16,80	300,0
(1 °f = 10 mg/l CaCO ₃ /l 1 °g = 10 mg/l CaO)				

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	450,0	19,574	19,574	26,259
K +	37,7	0,964	0,964	0,0
Ca++	300,0	7,485	14,97	19,349
Mg++	48,6	1,999	3,998	4,146
Cl-	816,5	23,03	23,03	31,787
SO ₄ --	147,0	1,53	3,061	4,146
HCO ₃ -	366,0	5,999	5,999	6,91

Ratios

Comparison to Seawater

	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6,173	3,744	0.319	0.194
Ca/SO ₄	2,041	4,891	0.152	0.364
Na/Cl	0,551	0,85	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl):	1145,063	19,5737
Sylvite (KCl):	71,882	0,9701
Carbonate (CaCO ₃):	395,945	3,9595
Dolomite (CaMg(CO ₃) ₂):	368,049	1,999
Anhydrite (CaSO ₄):	208,435	1,53

ΓΕΩΤΡΗΣΗ K5

SampleID

K5

Site

K5

Date

17/3/1626

Cations

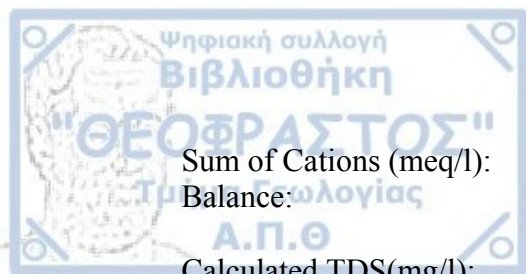
	(mg/l)	(meq/l)
Na+	8,700E+01	3,784E+00
K +	4,270E+02	1,092E-01
Mg++	5,600E+01	4,607E+00
Ca++	1,640E+02	8,184E+00

Anions

	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	1,136E+03	3,204E+00
SO ₄ --	4,400E+01	9,161E-01
NO ₃ -	6,530E+02	1,053E+00
HCO ₃ -	5,150E+02	8,442E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l):	13,6149
------------------------	---------



Sum of Cations (meq/l): 16,6842
Balance: 10,13%

Calculated TDS(mg/l): 1049,1

Hardness:	meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness:	12,79	63,95	35,81	639,5
Permanent hardness:	4,35	21,75	12,18	217,5
Temporary hardness:	8,44	42,21	23,64	422,1
Alkalinity:	8,44	42,21	23,64	422,1

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	87,0	3,784	3,784	9,901
K +	4,27	0,109	0,109	0,0
Ca++	164,0	4,092	8,184	26,403
Mg++	56,0	2,304	4,607	13,202
Cl-	113,6	3,204	3,204	9,901
SO ₄ --	44,0	0,458	0,916	0,0
HCO ₃ -	515,0	8,442	8,442	26,403

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2,929	1,776	319	0.194
Ca/SO ₄	3,727	8,933	0.152	0.364
Na/Cl	0,766	1,181	0.556	0.858

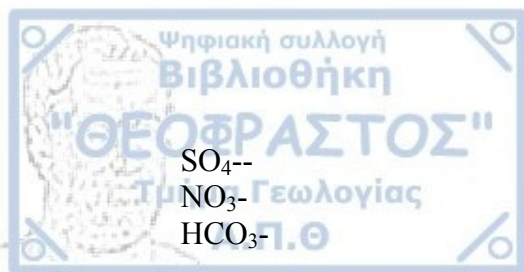
Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl):	181,06	3,095
Sylvite (KCl):	8,142	0,1099
Carbonate (CaCO ₃):	133,15	1,3315
Dolomite (CaMg(CO ₃) ₂):	424,089	2,304
Anhydrite (CaSO ₄):	62,389	0,458

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Κ6

SampleID K6
Site K6
Date 17/3/1626

Cations	(mg/l)	(meq/l)
Na+	1,470E+02	6,394E+00
K +	3,380E+02	8,645E-02
Mg++	1,070E+02	8,803E+00
Ca++	8,600E+01	4,291E+00

Anions	(mg/l)	(meq/l)
Cl-	1,830E+02	5,162E+00



SO ₄ --	3,700E+01	7,704E-01
NO ₃ -	7,030E+02	1,134E-01
HCO ₃ -	5,210E+02	8,540E+00

Calculated values:

Sum of Anions (meq/l):	14,5854
Sum of Cations (meq/l):	19,5749
Balance:	14,61%

Calculated TDS(mg/l):	1091,3
-----------------------	--------

Hardness:	meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness:	13,09	65,47	36,66	654,7
Permanent hardness:	4,55	22,77	12,75	227,7
Temporary hardness:	8,54	42,70	23,91	427,0
Alkalinity:	8,54	42,70	23,91	427,0

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	147,0	6,394	6,394	17,564
K +	3,38	0,086	0,086	0,0
Ca++	86,0	2,146	4,291	11,71
Mg++	107,0	4,401	8,803	23,419
Cl-	183,0	5,162	5,162	14,637
SO ₄ --	37,0	0,385	0,77	0,0
HCO ₃ -	521,0	8,54	8,54	23,419

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	0,804	0,487	0.319	0.194
Ca/SO ₄	2,324	5,57	0.152	0.364
Na/Cl	0,803	1,239	0.556	0.858

Dissolved Minerals:	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl):	296,906	5,0753
Sylvite (KCl):	6,445	0,087
Dolomite (CaMg(CO ₃) ₂):	324,111	1,761
Anhydrite (CaSO ₄):	52,463	0,385