

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΓΕΝΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

«ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ»

**ΚΛΑΔΟΣ II : ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**ΤΟΜΕΑΣ: ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΕ ΤΙΤΛΟ:**

**«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΟΥ ΜΕΣΑΠΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ (ΔΥΤΙΚΗ ΕΥΒΟΙΑ) ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ
ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΚΑΙ
ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ»**

**ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Γ. ΜΕΛΑΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΤΑΜΑΤΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α.**

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΕ ΤΙΤΛΟ:**

**«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΟΥ ΜΕΣΑΠΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ (ΔΥΤΙΚΗ ΕΥΒΟΙΑ) ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ
ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΚΑΙ
ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ»**

**ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Γ. ΜΕΛΑΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ**

Ορισμός θέματος και Επιβλέποντα Καθηγητή: Γ.Σ. Γενικού Τμήματος 11-3-2014
Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Σταμάτης, Καθηγητής Γ.Π.Α

Ορισμός Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής: Γ.Σ. Γενικού Τμήματος 11-3-2014

1. Γεώργιος Σταμάτης, Καθηγητής Γ.Π.Α (επιβλέπων Καθηγητής)
2. Ιωάννης Παπανικολάου, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.
3. Κωνσταντίνος Σερέλης, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.

Παρουσίαση Μελέτης και Εξέταση: 24-10-2014

στην Εύα μου

Πρόλογος

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία, κλείνει ένας σύντομος κύκλος γνώσης και εμπειρίας. Οι συνθήκες δεν ήταν οι καλύτερες χρονικά και οι ρυθμοί της καθημερινότητας επέβαλλαν, συχνά πιεστικά, τον δικό τους τρόπο σκέψης. Δεν μετάνιωσα όμως, ούτε στιγμή για την επιλογή μου, να φοιτήσω στο συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Γ. Σταμάτη, για την καθοδήγηση και το ενδιαφέρον που επέδειξε σαν επιβλέπωντας της διπλωματικής αυτής και τους Επίκουρους Καθηγητές κ. Ι. Παπανικολάου και κ. Κ. Σερέλη για την κριτική ανάγνωσή της.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ στον υποψήφιο Διδάκτορα Φ. Φιλιππίδη, που με καθοδήγησε στο εργαστήριο και στον τρόπο εργασίας, συχνά σε βάρος δικής του δουλειάς και στο συμφοιτητή Α. Γύφτουλα που βοήθησε στο πρακτικό κομμάτι της δειγματοληψίας, ως πιο έμπειρος συνάδελφος, αλλά και στον τρόπο ανάλυσης των δεδομένων. Χωρίς την βοήθεια τους, η εργασία αυτή θα ήταν αδύνατη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου, που με στήριξε και με στηρίζει κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες και που ποτέ δεν με άφησε να χάσω το κουράγιο μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δεν υπάρχει τομέας παρουσίας και δράσης του ανθρώπου που να μην επηρεάζεται από το νερό και οι αλλαγές στην ποιότητά του έχουν άμεσο αντίκτυπο και επιπτώσεις. Το νερό, είναι φυσικό, οικονομικό και κοινωνικό αγαθό και η διαφύλαξη της παρουσίας και ποιότητάς του θα πρέπει να αποτελεί βασικό άξονα του οποιουδήποτε σχεδιασμού σε εθνικό ή τοπικό επίπεδο. Η μελέτη αυτή, σαν σκοπό έχει την διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και πιθανών ποιοτικών υποβαθμιστικών παραγόντων που δρουν στην λεκάνη του Μεσάπιου, με έμφαση στην ευρύτερη παράκτια περιοχή των Ψαχνών, όπου η γεωλογία της περιοχής αλλά κυρίως η αγροτική υπερεκμετάλλευση, έχουν δώσει από καιρό, δείγματα ποιοτικής υποβάθμισης των υδάτων.

Συλλέχθηκαν 22 δείγματα νερού από γεωτρήσεις άρδευσης στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης των Ψαχνών, και αναλύθηκαν εργαστηριακά σε σχέση με τις χημικές και φυσικοχημικές τους ιδιότητες. Τα δείγματα υπόγειου νερού παρουσίασαν ελαφρώς έως αρκετά αλκαλικά νερά, με υψηλή αγωγιμότητα και μεγάλη σκληρότητα. Οι αναλύσεις ανταποκρίνονται στην λιθολογία της περιοχής, αποτυπώνοντας παράλληλα την επίδραση της υφαλμύρισης και την επιρροή της μόλυνσης από λιπάσματα, και άλλους ανθρωπογενείς παράγοντες. Το μαγνήσιο και το ασβέστιο παρατηρούνται ως κύρια κατιόντα με το νάτριο να ακολουθεί σχετικά άμεσα και η οξυανθρακική ρίζα είναι το κύριο ανιόν, με το χλώριο, νιτρική και θειική ρίζα να μοιράζονται τη δεύτερη θέση. Με βάση το διάγραμμα Piper, τα δείγματα εκπροσωπούν γαιοαλκαλικά νερά με οξυανθρακικό έως θειικό χαρακτήρα, εκτός από τις περιοχές με έντονο το φαινόμενο της υφαλμύρισης όπου παρουσιάζουν χαρακτήρα αλκαλικό - θειικό. Με βάση το διάγραμμα Durov τα περισσότερα δείγματα παρουσιάζουν νερά με έντονη παρουσία της οξυανθρακικής ρίζας, τα οποία βρίσκονται στην αρχή της ιοντοανταλλαγής και νερά μίξης στα οποία δεν κυριαρχεί κανένα ιόν.

Η υποβάθμιση της ποιότητας των νερών της περιοχής μελέτης, έχει να κάνει κυρίως με την υφαλμύριση και την ρύπανση από λιπάσματα. Συνεπώς παρατηρούμε τιμές πάνω από το ανώτερο επιτρεπτό για ανθρώπινη κατανάλωση σε νάτριο, χλώριο και νιτρικά ιόντα. Η παρουσία βαρέων μετάλλων (κυρίως χρώμιο, κάδμιο και ψευδάργυρος) συνδέεται με την γεωλογία της περιοχής αλλά και με την ανθρώπινη δραστηριότητα και την καθιστά ως ένα ακόμα παράγοντα υποβάθμισης των υδάτων. Μέσω της παραγοντικής ανάλυσης παρουσιάζονται ξεκάθαρα χωρικά και χημικά οι παράγοντες της ποιοτικής υποβάθμισης. Ο πρώτος παράγοντας επηρεάζει τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις με αυξανόμενη ένταση προς την θάλασσα και εκφράζει την επιρροή του μαγνησίου και των θειικών και νιτρικών ριζών, συνεπώς συνδέεται με την λίπανση των καλλιεργειών. Ο δεύτερος παράγοντας επηρεάζει το βόρειο - βορειοδυτικό και νοτιοανατολικό κομμάτι της λεκάνης και εκφράζει την επίδραση του νατρίου και χλωρίου, άρα μπορεί να συνδεθεί με την υφαλμύριση.

Τα νερά της περιοχής σε ποσοστό 22,7 % των δειγμάτων αντιστοιχούν σε νερό κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση, σε ότι αφορά τα κύρια στοιχεία και 30 % σε ότι αφορά τα βαρέα μέταλλα. Τα κατάλληλα για χρήση δείγματα δεν συμπίπτουν, άρα το σύνολο των δειγμάτων της περιοχής μελέτης παρουσιάζει νερό ακατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Σύμφωνα με την κατάταξη κατά Richards τα περισσότερα δείγματα νερού της περιοχής βρίσκονται στην κατηγορία C3-S1, δηλαδή υπάρχει μικρός κίνδυνος νατρίου αλλά το νερό είναι υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση σε εδάφη περιορισμένης στράγγισης, καθώς απαιτούνται μέτρα ελέγχου της αλατότητας και ενδείκνυται για καλλιέργεια μόνο ανθεκτικών σ' αυτό φυτών. 19 % των δειγμάτων, κυρίως στα νότια και ανατολικά της περιοχής, παρουσίασαν νερό εξαιρετικής έως καλής ποιότητας για άρδευση.

ABSTRACT

There is no area of human presence or action that is not affected by water and changes in its quality have direct impact. Water is a natural, economic and social commodity and the preservation of its presence and its quality should be the backbone of any planning at national or local level. This study, aims to investigate the hydrogeological conditions and any possible degradation in the quality of water, over the basin of Mesapios, with emphasis on the wider coastal area of Psachna (Euvoia), where the geology of the region but mainly agricultural over-exploitation, have great impact on the aquifers.

22 water samples were collected from drilled wells that irrigate the area and they were analyzed in relation to their chemical content and physicochemical properties. Groundwater samples showed slightly alkaline waters, with high conductivity and high hardness values. The results reflect the lithology of the area, and both the influence of seawater intrusion and contamination from fertilizers and other anthropogenic factors. Magnesium and calcium are observed as the main cations with sodium to follow on and the bicarbonate ion is the main anion, with chlorine, ammonium and sulphate anions to share second place. Based on the Piper diagram, samples represent alkaline waters of bicarbonate to sulfate type, except in the areas with intense phenomenon of seawater intrusion which exhibit alkaline - sulfate type. Based on the Durov diagram most samples exhibit water with significant presence of the bicarbonate ion while they are in the phase of early ion exchange and mixed waters in which no ion prevails.

The deterioration of water quality in the study area is linked with the seawater intrusion and pollution from fertilizers. Thus we see measurements above the highest permissible limit for human consumption in sodium, chloride and nitrate ions. The presence of heavy metals (especially chromium, cadmium and zinc) is associated with the geology of the region and the human activities and consist another factor of water degradation. Through factor analysis, two chemical factors show in great spatial detail, the degradation of groundwater. The first factor affects farmland with increased intensity towards the sea and reflects the influence of magnesium, sulfate and nitrate ions thus is associated with crop fertilization. The second factor affecting the north - west and south part of the basin, displays high sodium and chlorine values, and thus indicates saltwater intrusion.

22.7% of water samples in the study area show water suitable for human consumption in relation with the main elements and 30% of the samples in relation with heavy metals. However these samples do not coincide spatially and as a result all the samples of the study area are considered unfit for human consumption. According to the classification by Richards, most water samples from the study area are in category C3-S1, i.e. there is low risk from sodium but the high salinity of the water make them unfit for irrigation in soils with limited drainage. Salinity control measures are required and only crops resistant to salinity are to be planted. Finally, 19% of the samples, located towards the south and east of the region, show excellent to good water quality for irrigation.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΠΙΝΑΚΕΣ	12
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1 Σκοπός της μελέτης	14
2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ- ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	15
2.1 Γεωγραφική θέση	15
2.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά	15
2.3 Χρήσεις γης - προστατευόμενες περιοχές.....	17
3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	19
3.1 Περιγραφή αναγλύφου - ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου.....	19
4. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	21
4.1 Κλιματολογικά δεδομένα.....	21
4.2 Περιγραφή του κλίματος.....	23
4.2.1 Περιγραφή κλίματος κατά Gracanic.....	23
4.2.2 Περιγραφή κλίματος κατά Emberger - Sauvage.....	24
4.2.3 Περιγραφή κλίματος κατά Taylor.....	25
4.3 Ομβροθερμικό διάγραμμα.....	27
4.4 Εκτίμηση Υδρολογικού Ισοζυγίου.....	27
5. ΓΕΩΛΟΓΙΑ	30
5.1 Γεωλογικοί σχηματισμοί.....	30
5.2 Τεκτονικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής.....	33
6. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ - ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	33
6.1 Υδρολιθολογία.....	33
6.2 Υδροσυστήματα - Υδροφόροι Ορίζοντες.....	34
7. ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	36
7.1 Γενικά.....	36
7.2 Δειγματοληψία - Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων.....	36
7.3 Επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.....	38
7.4 Φυσικοχημικές παράμετροι.....	39
7.4.1 Θερμοκρασία.....	39

7.4.2	pH - Δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh).	41
7.4.3	Αγωγιμότητα (E.C).	43
7.4.4	Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS - Total Dissolved Solids).	45
7.4.5	Σκληρότητα.	46
7.5	Κύρια στοιχεία.	48
7.5.1	Ιόντα Ασβεστίου (Ca^{2+}).	48
7.5.2	Ιόντα Μαγνησίου (Mg^{2+}).	50
7.5.3	Νάτριο (Na^{+}).	53
7.5.4	Κάλιο (K^{+}).	55
7.5.5	Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^{-}).	56
7.5.6	Χλώριο (Cl^{-}).	58
7.5.7	Θειικά ιόντα (SO_4^{2-}).	60
7.5.8	Νιτρικά ιόντα (NO_3^{-}).	62
7.5.9	Διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2).	64
7.6	Ιχθυονώσεις.	66
7.6.1	Αμμωνιακά ιόντα (NH_4^{+}).	66
7.6.2	Φωσφορικά ιόντα (PO_4^{-3}).	68
7.8	Βαρέα μέταλλα.	70
7.8.1	Σίδηρος (Fe^{2+} - Fe^{3+}).	70
7.8.2	Μαγγάνιο (Mn).	72
7.8.3	Ψευδάργυρος (Zn).	74
7.8.4	Νικέλιο (Ni).	76
7.8.5	Χρόμιο (Cr).	76
7.8.6	Χαλκός (Cu).	77
7.8.7	Κάδμιο (Cd).	79
7.8.8	Κοβάλτιο (Co).	80
7.9	Υδροχημική ταξινόμηση.	80
7.9.1	Ταξινόμηση των υπόγειων νερών κατά Piper.	80
7.9.2	Ταξινόμηση των υπόγειων νερών κατά Durov.	83
7.9.3	Ταξινόμηση κατά Stiff.	84
7.9.4	Ταξινόμηση κατά Richards / Wilcox.	86
7.9.4	Προέλευση των στοιχείων - Ιοντικές σχέσεις.	90
8.	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	93
8.1	Ανάλυση συστοιχίας - Hierarchical Cluster Analysis (HCA).	93
8.2	Παραγοντική ανάλυση - Factor analysis.	95
9.	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ	99

9.1 Καταλληλότητα των υπόγειων νερών για ανθρώπινη κατανάλωση.....	99
9.2 Καταλληλότητα των υπόγειων νερών για άρδευση.....	100
10. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΜΕ ΠΑΛΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	101
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	110

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σχήμα 1 - Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης. (Google, 2014).....	15
Σχήμα 2 - Χάρτης οικισμών και δημοτικής δικαιοδοσίας της περιοχής μελέτης (geodata.gov.gr, 2014).....	17
Σχήμα 3 - Χάρτης χρήσεων γης της περιοχής μελέτης (European Environment Agency, 2013)	18
Σχήμα 4 - Χάρτης κλίσεων πρανών της περιοχής μελέτης.....	20
Σχήμα 5 - Χάρτης υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης.	20
Σχήμα 6 - Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσης θερμοκρασίας.....	22
Σχήμα 7 - Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσου ύψους νετού.....	22
Σχήμα 8 - Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσης σχετικής υγρασίας.....	22
Σχήμα 10 - Βιοκλιμόγραμμα Taylor (Taylor, 1918).....	25
Σχήμα 9 - Διάγραμμα Emburger - Sauvage.	26
Σχήμα 11 - Ομβροθερμικό διάγραμμα.	27
Σχήμα 12 - Χάρτης υδρολιθολογικών ενοτήτων της περιοχής μελέτης.	29
Σχήμα 13 - Γεωτεκτονικές ζώνες του ελλαδικού χώρου (Μουντράκης, 1985).....	30
Σχήμα 14 - Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Κατσικάτσος κ.α, 1981), (Δάνδολος & Ζόραπας, 2010).....	32
Σχήμα 15 - Χάρτης σημείων δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης.....	38
Σχήμα 16 - Χωρική κατανομή θερμοκρασίας δειγμάτων.....	40
Σχήμα 17 - Χωρική κατανομή pH δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	42
Σχήμα 18 - Χωρική κατανομή δυναμικού οξειδοαναγωγής δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	43
Σχήμα 19 - Χωρική κατανομή αγωγιμότητας δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	44
Σχήμα 20 - Χωρική κατανομή ολικών διαλυμένων στερεών δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	46
Σχήμα 21 - Χωρική κατανομή ολικής σκληρότητας δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	48
Σχήμα 22 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης ασβεστίου των δειγμάτων.	49
Σχήμα 23 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης ασβεστίου δειγμάτων της περιοχής μελέτης. .	50
Σχήμα 24 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης μαγνησίου των δειγμάτων.	52
Σχήμα 25 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης μαγνησίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	52
Σχήμα 26 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης νατρίου των δειγμάτων.	54

Σχήμα 27 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης νατρίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	54
Σχήμα 28 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης καλίου των δειγμάτων.....	55
Σχήμα 29 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης καλίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	56
Σχήμα 30 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης όξινων ανθρακικών ιόντων των δειγμάτων.	57
Σχήμα 31 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης όξινων ανθρακικών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	58
Σχήμα 32 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης χλωρίου των δειγμάτων.....	59
Σχήμα 33 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χλωρίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	60
Σχήμα 34 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης θεικών ιόντων των δειγμάτων.	61
Σχήμα 35 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης θεικών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	62
Σχήμα 36 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων των δειγμάτων.....	63
Σχήμα 37 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	64
Σχήμα 38 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης διοξειδίου του πυριτίου των δειγμάτων.	65
Σχήμα 39 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης διοξειδίου του πυριτίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	66
Σχήμα 40 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης αμμωνιακών ιόντων των δειγμάτων. ...	67
Σχήμα 41 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης αμμωνιακών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	68
Σχήμα 42 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης φωσφορικών ιόντων των δειγμάτων. ...	69
Σχήμα 43 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης φωσφορικών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	70
Σχήμα 44 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης σιδήρου των δειγμάτων.....	71
Σχήμα 45 - Χωρική κατανομή σιδήρου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	72
Σχήμα 46 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης μαγγανίου των δειγμάτων.	73
Σχήμα 47 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης μαγγανίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	74
Σχήμα 48 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης ψευδαργύρου των δειγμάτων.	75
Σχήμα 49 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης ψευδαργύρου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	76
Σχήμα 50 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης χαλκού των δειγμάτων.	78
Σχήμα 51 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χαλκού των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	78
Σχήμα 52 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης καδμίου των δειγμάτων.....	79
Σχήμα 53 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης καδμίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	80
Σχήμα 54 - Διάγραμμα Piper των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	81
Σχήμα 55 - Διάγραμμα Durov των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	84
Σχήμα 56 - Κενό διάγραμμα Stiff.	85
Σχήμα 57 - Ενδεικτικά διαγράμματα Stiff διαφορετικών λιθολογιών. (Pourcq, 2008)	85
Σχήμα 58 - Διαγράμματα Stiff των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	86
Σχήμα 59 - Διάγραμμα Richards των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	87
Σχήμα 60 - Διάγραμμα Wilcox των δειγμάτων ύδατος στη περιοχή μελέτης.	89

Σχήμα 61 - Χωρική κατανομή λόγου συγκέντρωσης νατρίου προς χλώριο των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	91
Σχήμα 62 - Χωρική κατανομή λόγου συγκέντρωσης θειικής ρίζας προς χλώριο των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	92
Σχήμα 63 - Δενδρόγραμμα ανάλυσης συστοιχίας των δειγμάτων.....	94
Σχήμα 64 - Χάρτης χωρικής κατανομής συστοιχιών των δειγμάτων της περιοχής μελέτης..	94
Σχήμα 65 - Χωρική κατανομή πρώτου παράγοντα παραγοντικής ανάλυσης των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	98
Σχήμα 66 - Χωρική κατανομή δεύτερου παράγοντα παραγοντικής ανάλυσης των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.....	98
Σχήμα 67 - Χωρική κατανομή καταλληλότητας νερού για ύδρευση, σε σχέση με τα κύρια στοιχεία ανάλυσης νερού.....	99
Σχήμα 68 - Χωρική κατανομή καταλληλότητας για ύδρευση, σε σχέση με τα βαρέα μέταλλα.....	100
Σχήμα 69 - Χωρική κατανομή καταλληλότητας άρδευσης.....	101
Σχήμα 70 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χλωρίου έτους 1989 (Γιαννουράκος & Δούνας, 1991).....	102
Σχήμα 71 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χλωρίου έτους 2002 (Τσιούμας & Ζόραπας, 2004).....	102
Σχήμα 72 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χλωρίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης. Έτος 2014.....	103

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1 - Οικισμοί και μόνιμος πληθυσμός περιοχής μελέτης. (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2012).....	16
Πίνακας 2 - Ηλικιακή κατανομή πληθυσμού της περιοχής μελέτης κατά το έτος 2001 (Δήμος Διφύων - Μεσσαπίων, 2011).....	16
Πίνακας 3 - Κατανομή οικονομικώς ενεργών ατόμων σε τομείς απασχόλησης (Δήμος Διφύων - Μεσσαπίων, 2011).....	17
Πίνακας 4 - Μετεωρολογικά δεδομένα σταθμού Χαλκίδας 1974 - 1994 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 1999).....	21
Πίνακας 5 - Δείκτης Lang κατά μήνα.....	23
Πίνακας 6 - Χαρακτηρισμός κατά Gracani του δείκτη Lang (Butorac, 1988).....	23
Πίνακας 7 - Χαρακτηρισμός κατά Gracani των μηνών του έτους.....	24
Πίνακας 8 - Ποσοστό και έκταση υδρολιθολογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης.....	28
Πίνακας 9 - Συντελεστής κατείδυσης και απορροής υδρολιθολογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης (Σούλιος, 1986).....	28
Πίνακας 10 - Όγκος νερού κατακρημνισμάτων, κατείδυσης και απορροής.....	29
Πίνακας 11 - Εκτιμώμενο υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής μελέτης.....	29
Πίνακας 12 - Θερμοκρασία των δειγμάτων ύδατος της περιοχής μελέτης.....	40
Πίνακας 13 - pH δειγμάτων ύδατος της περιοχής μελέτης.....	41
Πίνακας 14 - Δυναμικό οξειδοαναγωγής στα δείγματα της περιοχής μελέτης.....	43
Πίνακας 15 - Αγωγιμότητα στα δείγματα της περιοχής μελέτης.....	44
Πίνακας 16 - Ολικά διαλυμένα στερεά (mg/l) στα δείγματα της περιοχής μελέτης.....	46

Πίνακας 17 - Ολική σκληρότητα στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	47
Πίνακας 18 - Συγκέντρωση (mg/lit) ασβεστίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	49
Πίνακας 19 - Λόγος συγκέντρωσης ασβεστίου προς μαγνήσιο στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	51
Πίνακας 20 - Συγκέντρωση (mg/lit) μαγνησίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	51
Πίνακας 21 - Συγκέντρωση (mg/lit) νατρίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	53
Πίνακας 22 - Συγκέντρωση (mg/lit) καλίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	55
Πίνακας 23 - Συγκέντρωση (mg/lit) όξινων ανθρακικών στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	57
Πίνακας 24 - Συγκέντρωση (mg/lit) χλωρίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	59
Πίνακας 25 - Συγκέντρωση (mg/lit) θεικών ιόντων στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	61
Πίνακας 26 - Συγκέντρωση (mg/lit) νιτρικών ιόντων στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	63
Πίνακας 29 - Συγκέντρωση (mg/lit) διοξειδίου του πυριτίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	65
Πίνακας 27 - Συγκέντρωση (mg/lit) αμμωνιακών ιόντων στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	67
Πίνακας 28 - Συγκέντρωση (mg/lit) φωσφορικών ιόντων στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	69
Πίνακας 30 - Συγκέντρωση (mg/lit) σιδήρου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	71
Πίνακας 31 - Συγκέντρωση (mg/lit) μαγγανίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	73
Πίνακας 32 - Συγκέντρωση (mg/lit) ψευδαργύρου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	75
Πίνακας 33 - Συγκέντρωση (mg/lit) χαλκού στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	77
Πίνακας 34 - Συγκέντρωση (mg/lit) καδμίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	79
Πίνακας 35 - Υδροχημικός τύπος και ταξινόμηση κατά Piper των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	82
Πίνακας 36 - Δείκτης προσρόφησης του νατρίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	88
Πίνακας 37 - Συντελεστής περιεκτικότητας σε νάτριο στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	89
Πίνακας 38 - Λόγος συγκέντρωσης νατρίου προς χλώριο στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	90
Πίνακας 39 - Λόγος συγκέντρωσης θεικής ρίζας προς χλώριο στα δείγματα της περιοχής μελέτης.	92
Πίνακας 40 - Πίνακας παραγοντικών φορτίων παραγοντικής ανάλυσης των δειγμάτων.	96
Πίνακας 41 - Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών, παραγοντικής ανάλυσης των δειγμάτων.	97
Πίνακας 42 - Πίνακας κατανομής παραγόντων στα δειγμάτων της περιοχής μελέτης.	97
Πίνακας 43 - Ποσοστό δειγμάτων νερού ακατάλληλου για ανθρώπινη κατανάλωση επί του συνόλου των δειγμάτων νερού περιοχής μελέτης.	99

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός της μελέτης

Οι υδάτινοι πόροι μίας χώρας, αποτελούν ένα από τα βασικότερα και πιο σημαντικά, στοιχεία βιωσιμότητας και ανάπτυξης της. Η προστασία τους κρίνεται αναγκαία όχι μόνο από την νομοθεσία και τους θεσμούς, αλλά σε πρακτικό και καθημερινό επίπεδο, από τον ίδιο τον κύκλο της ζωής. Δεν υπάρχει τομέας παρουσίας και δράσης του ανθρώπου που να μην επηρεάζεται από το νερό και οι αλλαγές στην ποιότητά του έχουν άμεσο αντίκτυπο και επιπτώσεις.

Η Ελλάδα σαν χώρα και φυσικός χώρος, παρά την όποια σημερινή κοινωνική, οικονομική και παραγωγική διαστρωμάτωση της, ενδείκνυται για αγροτική και κτηνοτροφική παραγωγή, σε τέτοιο βαθμό που να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της και επιπλέον να εξάγει προϊόντα. Το κλίμα και η φυσική διαρρύθμισή της, επιτρέπουν την άνετη διαβίωση των κατοίκων της και αποτελούν πόλο έλξης για τον τουρισμό. Συνεπώς το νερό, είναι φυσικό, οικονομικό και κοινωνικό αγαθό και η διαφύλαξη της παρουσίας του και της ποιότητάς του θα πρέπει να αποτελεί βασικό άξονα του οποιοδήποτε σχεδιασμού σε εθνικό ή τοπικό επίπεδο.

Η περιοχή μελέτης, είναι μια αμιγώς αγροτική περιοχή και η παραγωγή της τροφοδοτεί πρωτογενώς (μη επεξεργασμένα προϊόντα) και δευτερογενώς (συσκευασμένα ή/και επεξεργασμένα προϊόντα) σημαντικό κομμάτι της ελληνικής αγοράς. Η κτηνοτροφική και ιχθυοτροφική παραγωγή είναι ανεπτυγμένες σε μεγάλο βαθμό και αυτές, αλλά δεν γνωρίζουν την εξάπλωση της αγροτικής. Συνεπώς η ποιότητα των νερών της περιοχής είναι κάτι που πρέπει να διαφυλάσσεται και να ελέγχεται, μιας και το νερό είναι καθοριστικός παράγοντας για την παραγωγή.

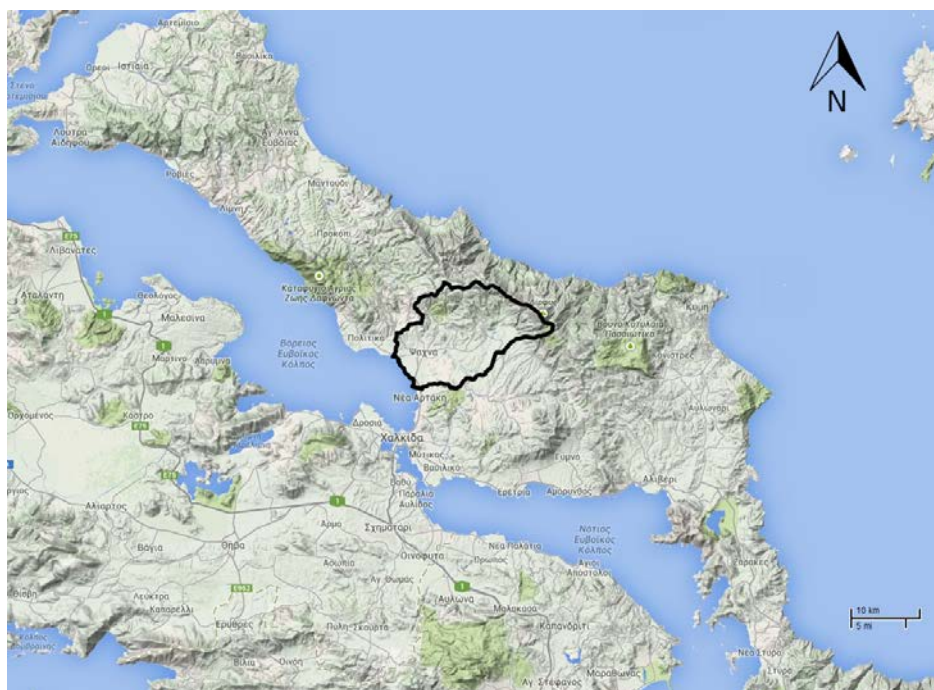
Ακριβώς επειδή οι υδάτινοι πόροι της περιοχής χρησιμοποιούνται σε τέτοιο βαθμό και με αυτούς τους τρόπους, δέχονται πιέσεις από διάφορους υποβιβαστικούς, σε ότι αφορά την ποιότητα, παράγοντες όπως πχ. τα φυτοφάρμακα. Η υπερεκμετάλλευση επίσης των υδροφόρων οδηγεί σε φαινόμενα όπως η υφαλμύριση, και έτσι υπονομεύεται στο σύνολο του το υδατικό απόθεμα της περιοχής.

Η μελέτη αυτή, πέρα από τον εκπαιδευτικό χαρακτήρα της και λόγω αυτού, σαν σκοπό έχει την διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και πιθανών ποιοτικών υποβαθμιστικών παραγόντων που δρουν στην λεκάνη του Μεσάπιου, με έμφαση στην ευρύτερη παράκτια περιοχή των Ψαχνών, όπου η γεωλογία της περιοχής αλλά κυρίως η αγροτική υπερεκμετάλλευση, έχουν δώσει από καιρό, δείγματα ποιοτικής υποβάθμισης των υδάτων.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ- ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

2.1 Γεωγραφική θέση

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην κεντρική Εύβοια (Σχήμα 1) και ειδικότερα στο δυτικό τμήμα της, ενώ καταλαμβάνει 216,17 km² σε έκταση. Συνορεύει ανατολικά με την οροσειρά της Δίρφης, δυτικά από τον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, νότια από τους ορεινούς όγκους Δρακόσπηλο, Βράχος Καλογήρου και Κρασάς και τέλος βόρεια από τους ορεινούς όγκους Κουτσούρη, Κατσίκιτα και Κεράσια. Το μέσο γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής είναι 38°36.03392' Β, 023°42.48203' Α (γεωδαιτικό σύστημα WGS84).



Σχήμα 1 - Γεωγραφική θέση περιοχής μελέτης. (Google, 2014)

2.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός των ορίων του δήμου Διρφύων – Μεσσαπίων, με έδρα την πόλη των Ψαχνών και καλύπτει μόνο μια μικρή βαλτώδη περιοχή έκτασης 5,4 km² από τον δήμο Χαλκιδέων (περιοχή υδροβιότοπου Κολοβρέχτη)(Σχήμα 2). Εντός του δήμου Διρφύων - Μεσσαπίων, η περιοχή καταλαμβάνει κυρίως εκτάσεις του δημοτικού διαμερίσματος Μεσσαπίων, με εξαίρεση μια ακατοίκητη περιοχή με έκταση 44,9 km² που ανήκει στο δημοτικό διαμέρισμα Διρφύων. Οι οικισμοί που βρίσκονται εντός των ορίων της περιοχής μελέτης είναι οι οικισμοί του πίνακα 1.

Πίνακας 1 - Οικισμοί και μόνιμος πληθυσμός περιοχής μελέτης. (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2012)

Οικισμός	Μόνιμος πληθυσμός
Άγιος Αθανάσιος	330
Άτταλη	391
Καστέλλα	1271
Μακρुकάπα	903
Μακρυμμάλη	223
Παλιούρας	602
Πλατάνια	93
Τριάδα	1060
Ψαχνά	5827

Ο μόνιμος πληθυσμός στην περιοχή υπό εξέταση, κατά το 2011 ήταν 10.709 άτομα (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2012). Με στοιχεία του 2001 (Δήμος Διρφύων - Μεσσαπίων, 2011) έφτανε τους 13.756 κάτοικους, ενώ η ηλικιακή κατανομή του, ήταν αυτή του πίνακα 2.

Πίνακας 2 - Ηλικιακή κατανομή πληθυσμού της περιοχής μελέτης κατά το έτος 2001 (Δήμος Διρφύων - Μεσσαπίων, 2011).

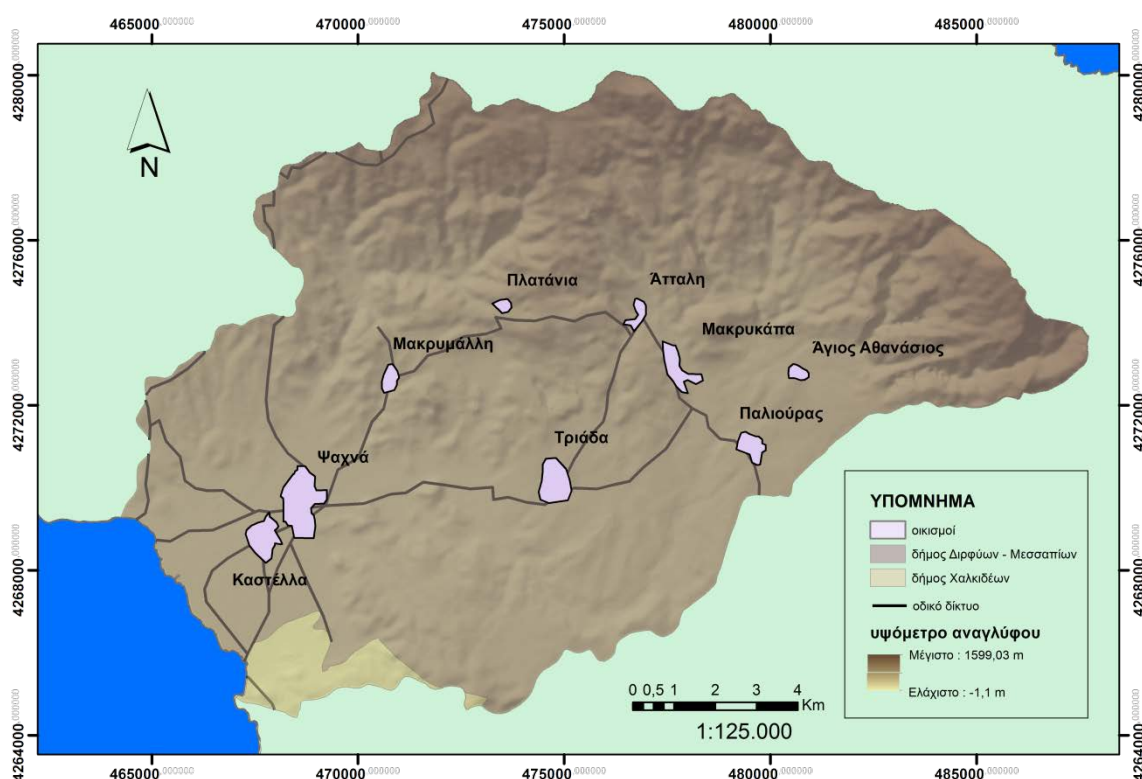
Σύνολο πληθυσμού	0 - 14 ετών	15 - 24 ετών	25 - 39 ετών	40 - 54 ετών	55 - 64 ετών	65 - 79 ετών	80 ετών και άνω
13.756	2.069	1.979	3.055	2.448	1.552	2.141	512

Στο δήμο Διρφύων – Μεσσαπίων, η ύδρευση γίνεται με δίκτυο 235,5 km και ο όγκος απορριμμάτων που παράγεται φτάνει τους 69 τόνους την ημέρα κατά τον μήνα Αύγουστο (Δήμος Διρφύων - Μεσσαπίων, 2011). Εντός των ορίων του δήμου η οδική συγκοινωνία γίνεται με οδικό δίκτυο ασφαλτοστρωμένο και χωμάτινο. Σε αυτό το δίκτυο περιλαμβάνονται οι περιφερικές οδοί Ν. Αρτάκης - Ψαχνών - Κοντοδεσποτίου - Λιμνιώνα, Μακρुकάπας - Τριάδας - Ψαχνών - Πολιτικών και Ν. Αρτάκης - Καστέλλας - Βορείου Ευβοίας.

Η οικονομική και παραγωγική δραστηριότητα του δήμου στελεχώνεται από 6.988 οικονομικώς ενεργά άτομα τα οποία κατανέμονται ανάλογα με την απασχόλησή τους όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 3. Στο δημοτικό διαμέρισμα Μεσσαπίων δραστηριοποιούνται 76 επιχειρήσεις φυτικής και ζωικής παραγωγής, μία επιχείρηση επεξεργασίας κτηνοτροφικών προϊόντων, δύο μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας, 13 μεταποιητικές επιχειρήσεις, δύο ναυπηγεία, τρία ξενοδοχεία, ένα κάμπινγκ, 275 εμπορικές επιχειρήσεις και μία μονάδα επεξεργασίας μεταλλεύματος (ΛΑΡΚΟ).

Πίνακας 3 - Κατανομή οικονομικώς ενεργών ατόμων σε τομείς απασχόλησης (Δήμος Διρφύων - Μεσσαπίων, 2011)

Σύνολο οικονομικώς ενεργών ατόμων	Πρωτογενής τομέας	Δευτερογενής τομέας	Τριτογενής τομέας
6.988	2.115	2.251	2.375



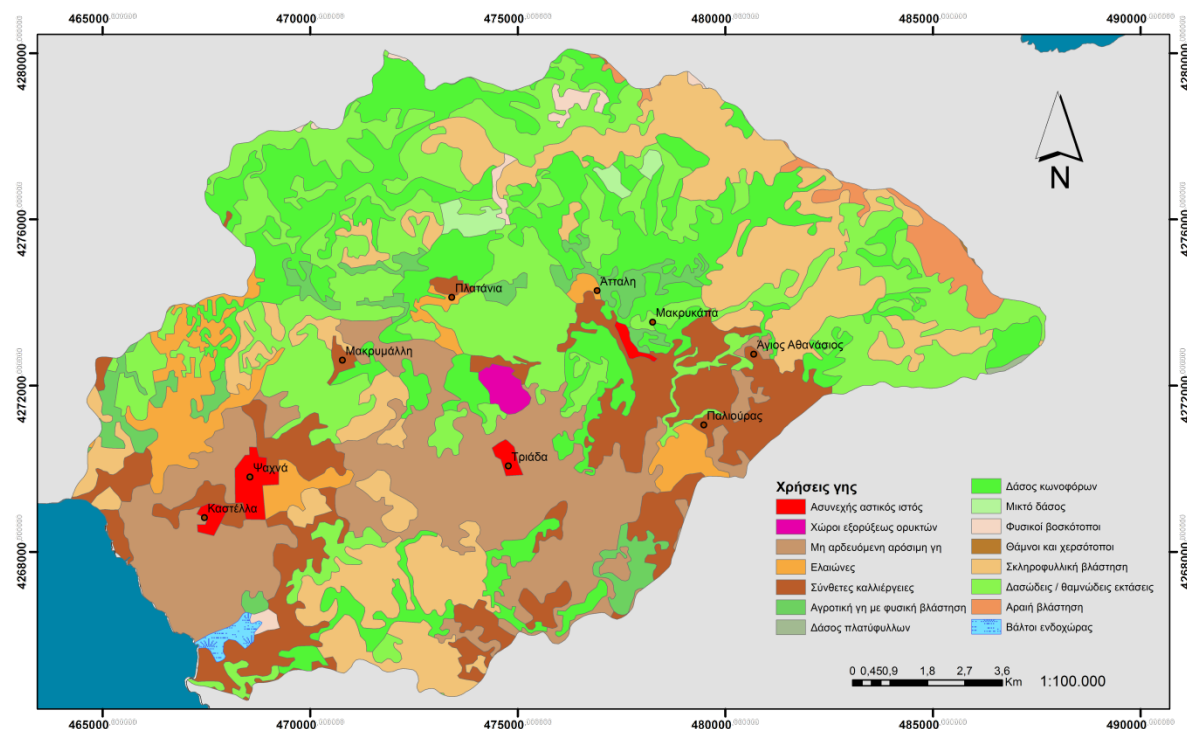
Σχήμα 2 - Χάρτης οικισμών και δημοτικής δικαιοδοσίας της περιοχής μελέτης (geodata.gov.gr, 2014)

2.3 Χρήσεις γης - προστατευόμενες περιοχές.

Για την παρουσίαση και μελέτη των χρήσεων γης της λεκάνης του Μεσάπιου, δημιουργήθηκε χάρτης χρήσεων γης (Σχήμα 3), χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του προγράμματος CORINE 2000 (European Environment Agency, 2013). Στη περιοχή μελέτης στα βόρεια και ανατολικά κυριαρχεί η μη καλλιεργήσιμη γη με φυσική βλάστηση, με την μορφή δάσους φυλλοβόλων, δάσους κωνοφόρων, μικτού δάσους, μεταβατικών περιοχών από δάσος σε θαμνώδη περιοχή, καθώς και περιοχές με σκληροφυλλική βλάστη.

Ο μεγαλύτερος όγκος της ΒΑ περιοχής μελέτης ανήκει στην προστατευόμενη περιοχή NATURA Κεντρικής Εύβοιας - Όρους Δίρφης, μια μικρή περιοχή ακριβώς πάνω από το χωριό της Μακρυμάλλης χαρακτηρίζεται ως καταφύγιο άγριας ζωής (περιοχή Αγριλίτσα - Καταβόθρα - Καλαμάκι) και η βαλτώδης περιοχή στο ΝΔ τμήμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως προστατευόμενος υγροβιότοπος Ψαχνών (Κολοβρέχτη), (European Environment Agency, 2014).

Στα κεντρικά και ανατολικά της περιοχής κυριαρχεί η μη αρδευόμενη αρόσιμη γη και οι σύνθετες καλλιέργειες. Στην περιοχή αυτή καλλιεργούνται κυρίως εποχιακά λαχανικά και κηπευτικά. Επίσης παρατηρείται σημαντική συμμετοχή σκληροφυλλικής βλάστησης και θάμνων / χερσότοπων. Η κεντρική και νότια περιοχή της λεκάνης του Μεσάπιου ποταμού, δικαιολογεί την ποσόστωση της αγροτικής και κτηνοτροφικής παραγωγής στην οικονομικά ενεργή μερίδα του πληθυσμού. Οι αγροτικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες του τμήματος αυτού, επηρεάζουν την ποσότητα και την ποιότητα των υπόγειων υδάτων και για αυτό, το συγκεκριμένο τμήμα, θα εξεταστεί υδροχημικά στα πλαίσια της εργασίας αυτής.



Σχήμα 3 - Χάρτης χρήσεων γης της περιοχής μελέτης (European Environment Agency, 2013)

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

3.1 Περιγραφή αναγλύφου - ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου.

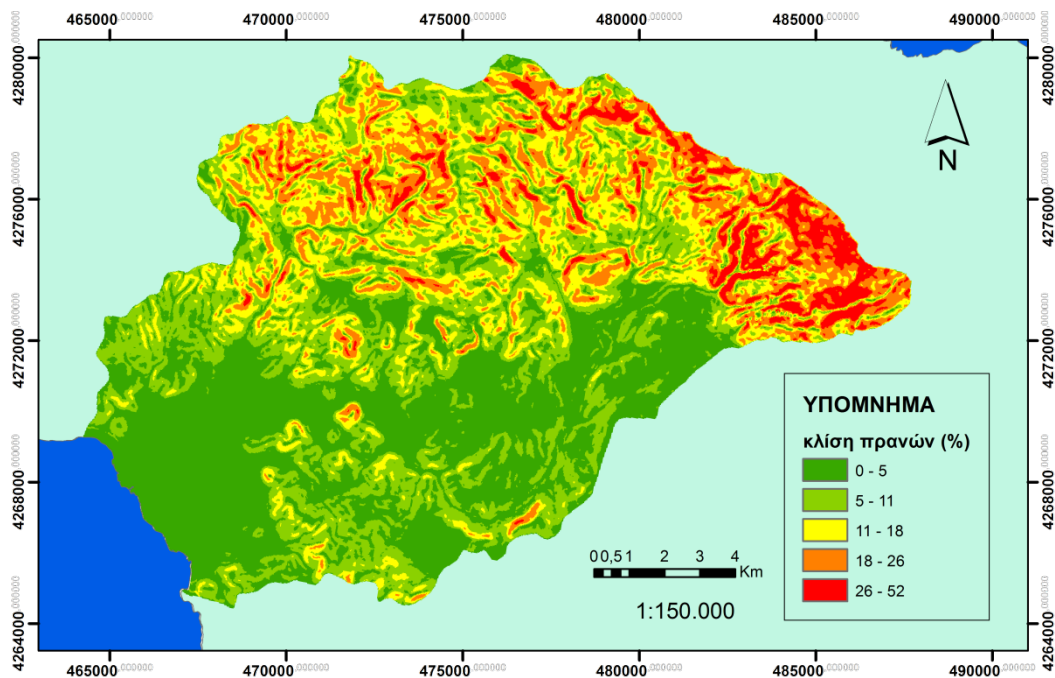
Για την αναλυτικότερη περιγραφή της γεωμορφολογίας της λεκάνης του ποταμού Μεσάπιου, κατασκευάστηκαν ο χάρτης κλίσεως πρηνών και ο χάρτης υδρογραφικού δικτύου. Χρησιμοποιήθηκε σαν αρχικό δεδομένο το ευρωπαϊκό ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (digital elevation model - D.E.M) της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος ανάλυσης 25 μέτρων και χρονικής κάλυψης 2000 (European Environment Agency, 2013).

Τα δεδομένα του υδρογραφικού δικτύου πάρθηκαν μετά από επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου στο λογισμικό ArcMap 10, από την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας "Υδροσκόπιο" (Βάση δεδομένων "Υδροσκόπιο", 2010) και διορθώθηκαν ή συμπληρώθηκαν μέσω σύγκρισής τους με τον αντίστοιχο τοπογραφικό χάρτη (Γ.Υ.Σ, 1971).

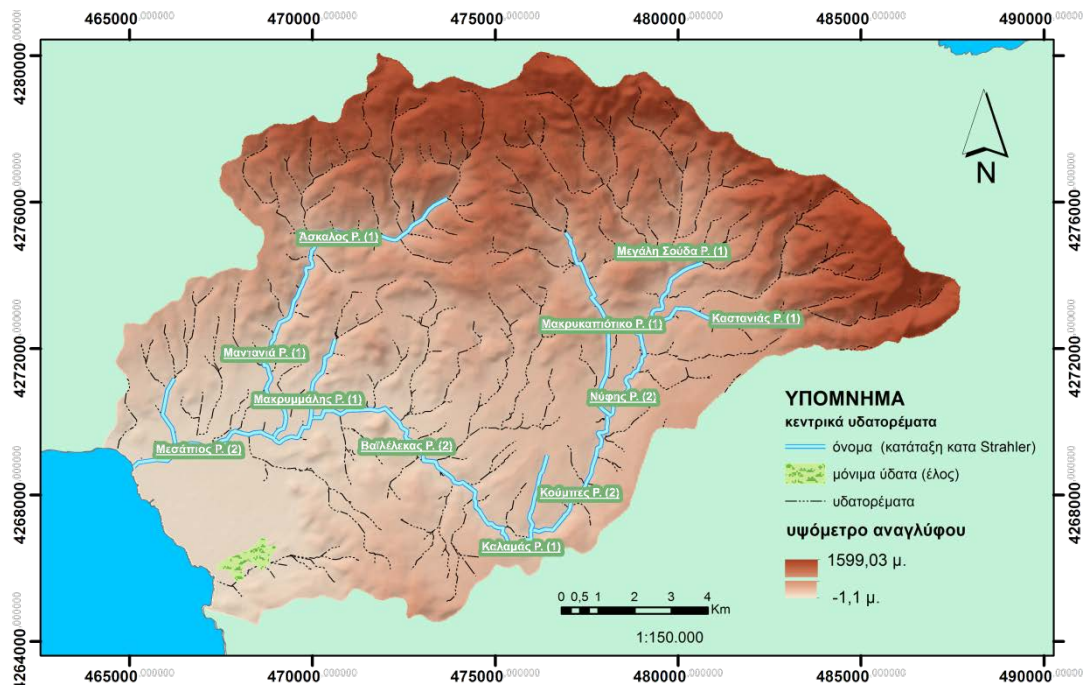
Παρατηρούμε ότι η περιοχή μελέτης μπορεί να χωριστεί σε δύο νοητές περιοχές, την νότια (πεδινή έως ημιορεινή) και την βόρεια (ημιορεινή αλλά κυρίως ορεινή). Στη νότια μπορούμε να παρατηρήσουμε μια πεδινή περιοχή να εκτείνεται με κατεύθυνση ΑΝΑ - ΔΒΔ περνώντας ανάμεσα από τους λόφους Καστρί και Κοκκαλάς (βόρεια) και Προφήτης Ηλίας και Κουτρούπα (νότια). Το δυτικό άκρο αυτής της περιοχής αποτελεί την πεδιάδα των Ψαχνών. Στα βόρεια ως υψηλότερες κορυφές συναντώνται οι κορυφές των βουνών Κουτσούρη (235 μ.), Κατσίκιτα (633 μ.) και Κεράσια (1065 μ.) ενώ στα νότια, οι κορυφές Δρακόσπηλο (418 μ.), Βράχος Καλογήρου (318 μ.) και Κρασάς (214 μ.). Στα ανατολικά παρατηρείται το μεγαλύτερο υψόμετρο της περιοχής (1599 μ.) στην κορυφογραμμή της Δίρφης.

Από τον χάρτη κλίσεων πρηνών (Σχήμα 4) παρατηρούμε κλίσεις έως 5% στο πεδινό τμήμα ανατολικά και κεντρικά και μέχρι 18% στο σύνολο της νότιας περιοχής. Στα βόρεια και κυρίως ανατολικά οι κλίσεις φτάνουν μέχρι και 52%. Από τον χάρτη υδρογραφικού δικτύου (

Σχήμα 5) παρατηρούμε ένα καλά αναπτυγμένο υδρογραφικό σύστημα με τα κύρια ρέματα της περιοχής να κατέρχονται σε δύο κεντρικούς κλάδους με πρώτο το δυτικό που ως ρέμα Βαϊλέλεκας ενώνεται με το ανατολικό ρέμα Μαντανιά και μαζί με το ρέμα Μακρυμμάλης συνιστούν το ρέμα Μεσάπιου. Το ρέμα Βαϊλέλεκας δημιουργείται από την συνένωση των ρεμάτων (από ανατολικά προς δυτικά) Μεγάλης Σούδας, Καστανιάς, Μακρυκαπιότικο, Νύφης, Κούμπες, και Καλαμάς. Το ρέμα Μαντανιά αποτελεί συνέχεια του ρεματος Άσκαλος και μαζί με το ρέμα Μακρυμμάλης και το ρέμα Βαϊλέλεκα δημιουργούν το ρέμα Μεσάπιου.



Σχήμα 4 - Χάρτης κλίσεων πρανών της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 5 - Χάρτης υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης.

4. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

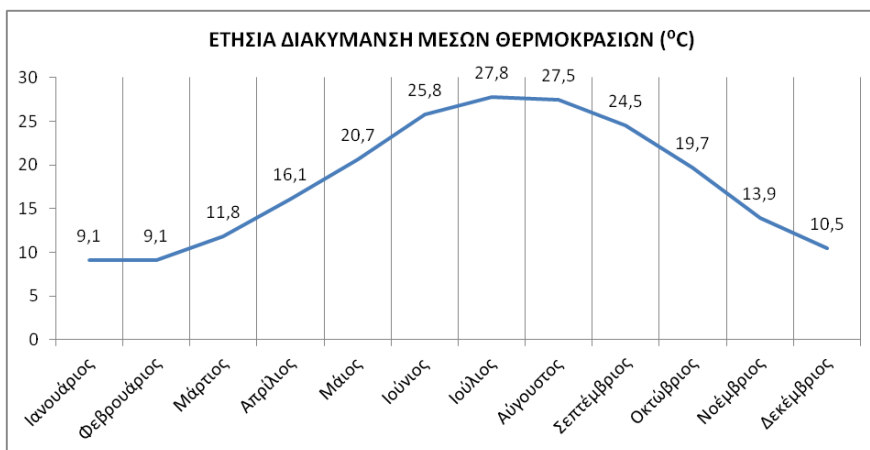
4.1 Κλιματολογικά δεδομένα.

Για τις ανάγκες της μελέτης αυτής, χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Χαλκίδας (πίνακες παραρτήματος 3 και 4) (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 1999), ο οποίος είναι ο κοντινότερος (12,7 km από τα Ψαχνά) και πληρέστερος σε ότι αφορά στο πλήθος των δεδομένων (1974 - 1994).

Από τα στοιχεία του πίνακα 4 , δημιουργήθηκαν στατιστικά διαγράμματα για ευκολότερη εξαγωγή συμπερασμάτων. Από το διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσω θερμοκρασιών (Σχήμα 6) , παρατηρούμε σαν θερμότερο μήνα τον μήνα Ιούλιο με μέση θερμοκρασία 27,8 °C και ψυχρότερους τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο εξίσου με 9,1 °C. Από το διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσου νετού (Σχήμα 7) παρατηρούμε σαν ξηρότερο μήνα τον Σεπτέμβριο με 2,4 mm και σαν υγρότερο τον Νοέμβριο με 66,6 mm. Από το διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσης σχετικής υγρασίας (Σχήμα 8) παρατηρούμε τον Δεκέμβριο ως τον μήνα με την μέγιστη μέση σχετική υγρασία με 75,3 % και τον Ιούλιο με την ελάχιστη, 53,1 %.

Πίνακας 4 - Μετεωρολογικά δεδομένα σταθμού Χαλκίδας 1974 - 1994 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 1999).

ΣΤΑΘΜΟΣ Ε.Μ.Υ ΧΑΛΚΙΔΑΣ - ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1974 - 1994			
ΜΗΝΕΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ (mm)	ΜΕΣΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)
Ιανουάριος	9,1	48,7	73,4
Φεβρουάριος	9,1	45,2	71,8
Μάρτιος	11,8	50,3	69,8
Απρίλιος	16,1	30,9	63,5
Μάιος	20,7	24,0	60,2
Ιούνιος	25,8	9,4	54,6
Ιούλιος	27,8	3,9	53,1
Αύγουστος	27,5	8,9	55
Σεπτέμβριος	24,5	2,4	58,2
Οκτώβριος	19,7	39,9	67,5
Νοέμβριος	13,9	66,6	74,7
Δεκέμβριος	10,5	60,0	75,3
ΕΤΟΣ	18,0	390,2	64,8



Σχήμα 6 - Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσης θερμοκρασίας.



Σχήμα 7 - Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσου ύψους νετού.



Σχήμα 8 - Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης μέσης σχετικής υγρασίας.

4.2 Περιγραφή του κλίματος.

4.2.1 Περιγραφή κλίματος κατά Gracani.

Για την περιγραφή του κλίματος της περιοχής μελέτης, κατά Gracani (Butorac, 1988) πρέπει να εξαχθεί για κάθε μήνα ο δείκτης Lang (Εξίσωση 1). Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα 4, εξάγεται ο πίνακας 5.

$$\text{Δείκτης Lang} = \frac{\text{Μέσο ύψος νετού (mm)}}{\text{Μέση θερμοκρασία (°C)}} \quad (\text{Εξίσωση 1})$$

Πίνακας 5 - Δείκτης Lang κατά μήνα.

ΜΗΝΕΣ	Δείκτης Lang
Ιανουάριος	5,35
Φεβρουάριος	4,97
Μάρτιος	4,26
Απρίλιος	1,92
Μάιος	1,16
Ιούνιος	0,36
Ιούλιος	0,14
Αύγουστος	0,32
Σεπτέμβριος	0,10
Οκτώβριος	2,03
Νοέμβριος	4,79
Δεκέμβριος	5,71

Για τον χαρακτηρισμό του κλίματος κάθε μήνα, κατά Gracani, σε κάθε εύρος τιμής του δείκτη Lang, αντιστοιχεί και ένας κλιματικός χαρακτηρισμός (πίνακας 6).

Πίνακας 6 - Χαρακτηρισμός κατά Gracani του δείκτη Lang (Butorac, 1988)

Δείκτης Lang	Χαρακτηρισμός κατά Gracani
< 1,7	Υπέρξηρο
1,7 - 3,39	Ξηρό
3,4 - 7,79	Υπόξηρο
8 - 8,29	Υφυγρο
8,3 - 13,29	Υγρό
> 13,3	Υπέρυγρο

Συνδυάζοντας τα στοιχεία του πίνακα 5 με την κατάταξη του πίνακα 6, μπορούμε να κατατάξουμε τον κάθε μήνα κατά Gracani όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 7. Παρατηρούμε μια υπόξηρη περίοδο (από Νοέμβριο μέχρι και τον Μάρτιο), μια ίσης διάρκειας υπέρξηρη (από Μάιο μέχρι και Σεπτέμβριο) και τους ενδιάμεσους μεταβατικούς μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο, ξηρό κλίμα.

Πίνακας 7 - Χαρακτηρισμός κατά Gracani των μηνών του έτους.

ΜΗΝΕΣ	Δείκτης Lang	Χαρακτηρισμός κατά Gracani
Ιανουάριος	5,35	Υπόξηρο
Φεβρουάριος	4,97	Υπόξηρο
Μάρτιος	4,26	Υπόξηρο
Απρίλιος	1,92	Ξηρό
Μάιος	1,16	Υπέρξηρο
Ιούνιος	0,36	Υπέρξηρο
Ιούλιος	0,14	Υπέρξηρο
Αύγουστος	0,32	Υπέρξηρο
Σεπτέμβριος	0,10	Υπέρξηρο
Οκτώβριος	2,03	Ξηρό
Νοέμβριος	4,79	Υπόξηρο
Δεκέμβριος	5,71	Υπόξηρο

4.2.2 Περιγραφή κλίματος κατά Emberger - Sauvage.

Για τον κλιματικό χαρακτηρισμό με την χρήση του διαγράμματος Emberger - Sauvage (Emberger, 1945)(Sauvage, 1961), πρέπει να εξαχθεί από τα δεδομένα ο δείκτης Q1 (εξίσωση 2).

$$Q1 = \frac{100 \times P}{(M+m) \times (M-m)} \quad (\text{Εξίσωση 2})$$

όπου P = μέση ετήσια βροχή (mm), M = μέση μέγιστη θερμοκρασία θερμότερου μήνα και m = μέση ελάχιστη θερμοκρασία ψυχρότερου μήνα.

Συμπληρώνοντας από τον πίνακα παραρτήματος 3 τον τύπο της εξίσωσης 2, έχουμε

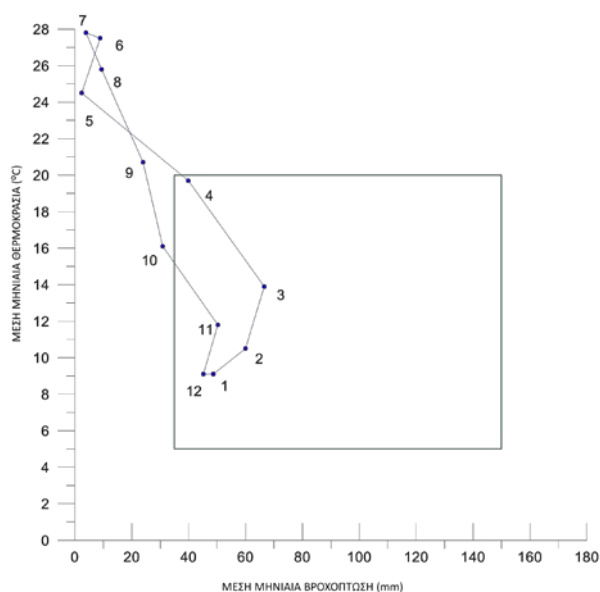
$$Q1 \text{ περιοχής μελέτης} = \frac{100 \times 390,2}{(27,6 + 5,15) \times (27,6 - 5,15)} = 53,07$$

Προβάλλοντας στο διάγραμμα Embarger - Sauvage την τιμή του δείκτη Q1 (Σχήμα 10) σε συσχέτιση με την ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το κλίμα της περιοχής μελέτης ως **ημίξηρο (semi-arid) με ήπιο χειμώνα**.

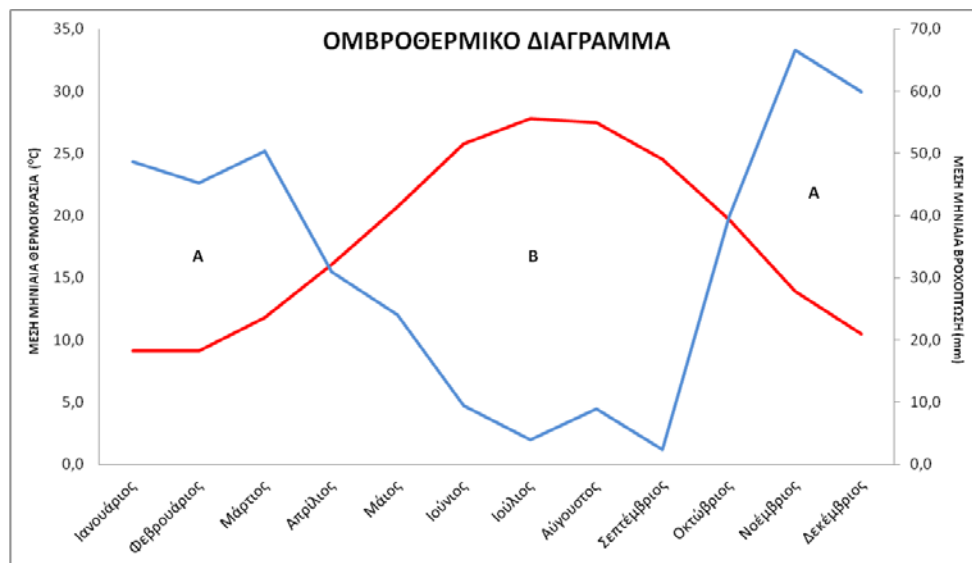
4.2.3 Περιγραφή κλίματος κατά Taylor.

Για να χαρακτηρίσουμε το κλίμα της περιοχής μελέτης κατά Taylor, θα πρέπει να προβάλουμε τα ζεύγη τιμών μέσης θερμοκρασίας και μέσης βροχόπτωσης για κάθε μήνα του έτους και να τα συγκρίνουμε με το ιδεατό βιοκλιμόγραμμα Taylor (Taylor, 1918). Το βιοκλιμόγραμμα Taylor υποδεικνύει εντός του περιγράμματός του τους μήνες με ιδεατό κλίμα, δεξιά του τους μήνες με πολύ υγρό κλίμα, αριστερά του πολύ ξηρό, πάνω από αυτό πολύ θερμό κλίμα και τέλος, κάτω από αυτό πολύ ψυχρό.

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον πίνακα 4 και προβάλλοντάς τα στο διάγραμμα Taylor (Σχήμα 9) , παρατηρούμε τους μήνες **Νοέμβριο έως και Απρίλιο να έχουν ιδανικό, κατά Taylor κλίμα**, τους μήνες **Μάιο έως και Σεπτέμβριο να έχουν πολύ ξηρό και θερμό κλίμα** και τέλος τον μήνα **Οκτώβριο το κλίμα να είναι πολύ ξηρό**.



Σχήμα 9 - Βιοκλιμόγραμμα Taylor (Taylor, 1918)



Σχήμα 11 - Ομβροθερμικό διάγραμμα.

4.3 Ομβροθερμικό διάγραμμα.

Παρατηρώντας το ομβροθερμικό διάγραμμα της περιοχής μελέτης (Σχήμα 11), παρατηρούμε ότι η **ξηρή περίοδος διαρκεί από τις αρχές Απριλίου μέχρι τις αρχές Οκτώβρη**, ενώ μια ισόχρονη και σχετικά ίσης έντασης, αν όχι πιο έντονη, υγρή περίοδος ακολουθεί.

4.4 Εκτίμηση Υδρολογικού Ισοζυγίου.

Για την εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου, και σύμφωνα με την εξίσωση 3 (Σούλιος, 1986)

$$P = I + R + E \quad (\text{Εξίσωση 3})$$

όπου P = κατακρημνίσματα, I = κατεΐσδυση, R = επιφανειακή απορροή και E = εξατμισοδιαπνοή, θα πρέπει να υπολογιστούν όλοι οι όροι εκτός των κατακρημνισμάτων τα οποία είναι γνωστά (πίνακας 4).

Η εξατμισοδιαπνοή δεν μπορεί να υπολογιστεί κατά τον L. Turc (Turc, 1951) γιατί η βροχόπτωση στην περιοχή μελέτης είναι μικρότερη από 700 mm, ενώ υπολογίζοντάς την κατά τον A. Coutagne (Coutagne, 1954) λαμβάνουμε την τιμή 344,3 mm που αναλογούν σε ποσοστό 88,2 % του ισοζυγίου και κρίνονται μη ρεαλιστικά. Επίσης δεν μπορεί να υπολογιστεί κατά τους Dj. Burdon - N. Papakis (Burdon & Papakis, 1963) αφού στην περιοχή μελέτης δεν υπάρχουν αποκλειστικά ανθρακικοί σχηματισμοί.

Μπορούμε όμως να υπολογίσουμε την εξατμισοδιαπνοή έμμεσα, αν λυθεί η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου (εξίσωση 3) ως προς αυτήν. Η απορροή και η κατείδυση μπορούν να υπολογιστούν, βιβλιογραφικά έστω, χωρίζοντας τη λιθολογία της περιοχής σε υδρολιθολογικούς σχηματισμούς. Στο Σχήμα 12 παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης με ομαδοποιημένη την λιθολογία του γεωλογικού χάρτη (Κατσικάτσος κ.α., 1981) σε ομάδες όμοιων υδρολογικών ιδιοτήτων σύμφωνα με τον Σούλιο (1986). Παρατίθεται ο πίνακας 8 όπου αναφέρονται οι υδρολιθολογικοί σχηματισμοί με το ποσοστό της επιφάνειας της περιοχής μελέτης που καταλαμβάνουν.

Πίνακας 8 - Ποσοστό και έκταση υδρολιθολογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης.

Υδρολιθολογικός σχηματισμός	Έκταση σχηματισμού (km ²)	Ποσοστό έκτασης (%)
Ασβεστόλιθοι	97,06	45
Οφιόλιθοι	26,83	12
Προσχώσεις	74,33	34
Σχιστόλιθοι, φυλλίτες, κερατόλιθοι	3,83	2
Φλύσχης	14,23	7
ΣΥΝΟΛΟ	216,28	100

Οι τιμές των συντελεστών κατείδυσης και απορροής σύμφωνα με τον Σούλιο (1986) δίνονται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9 - Συντελεστής κατείδυσης και απορροής υδρολιθολογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης (Σούλιος, 1986).

Υδρολιθολογικός σχηματισμός	Συντελεστής κατείδυσης (%)	Συντελεστής απορροής (%)
Ασβεστόλιθοι	26	8
Οφιόλιθοι	4	29
Προσχώσεις	11	14
Σχιστόλιθοι, φυλλίτες, κερατόλιθοι	4	30
Φλύσχης	3	29

Μέσω υπολογισμών και συνδυάζοντας τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ο πίνακας παραρτήματος 1 και από αυτόν έχουμε τα αποτελέσματα του πίνακα 10.

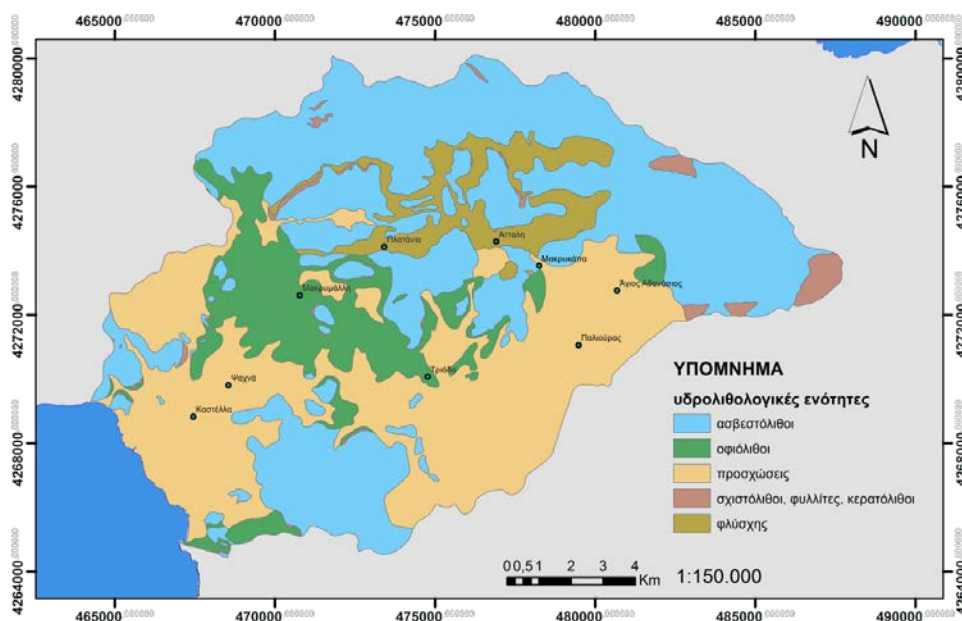
Πίνακας 10 - Όγκος νερού κατακρημνισμάτων, κατείσδυσης και απορροής.

Υδρολιθολογικός σχηματισμός	Όγκος νερού κατακρημνισμάτων (m ³)	Όγκος νερού κατείσδυσης (m ³)	Όγκος νερού απορροής (m ³)
Ασβεστόλιθοι	37.871.587,9	9.846.612,9	3.029.727,0
Οφιόλιθοι	10.468.248,9	418.730,0	3.035.792,2
Προσχώσεις	29.002.442,6	3.190.268,7	4.060.342,0
Σχιστόλιθοι, φυλλίτες, κερατόλιθοι	1.496.160,6	59.846,4	448.848,2
Φλύσχης	5.552.341,9	166.570,3	1.610.179,2
ΣΥΝΟΛΟ	84.390.782,0	13.682.028,2	12.184.888,5
ΠΟΣΟΣΤΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	100	16,2	14,4

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 10 και λύνοντας την εξίσωση 3 ως προς την εξατμισοδιαπνοή, την υπολογίζουμε στο 69,3 % του ισοζυγίου, τιμή που κρίνεται αποδεκτή. Συνοψίζοντας, το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής περιγράφεται στον πίνακα 11.

Πίνακας 11 - Εκτιμώμενο υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής μελέτης.

	m ³	%
ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ	84,3 * 10 ⁶	100
ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ	13,6* 10 ⁶	16,21
ΑΠΟΡΡΟΗ	12,1* 10 ⁶	14,44
ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ	58,5*10 ⁶	69,35

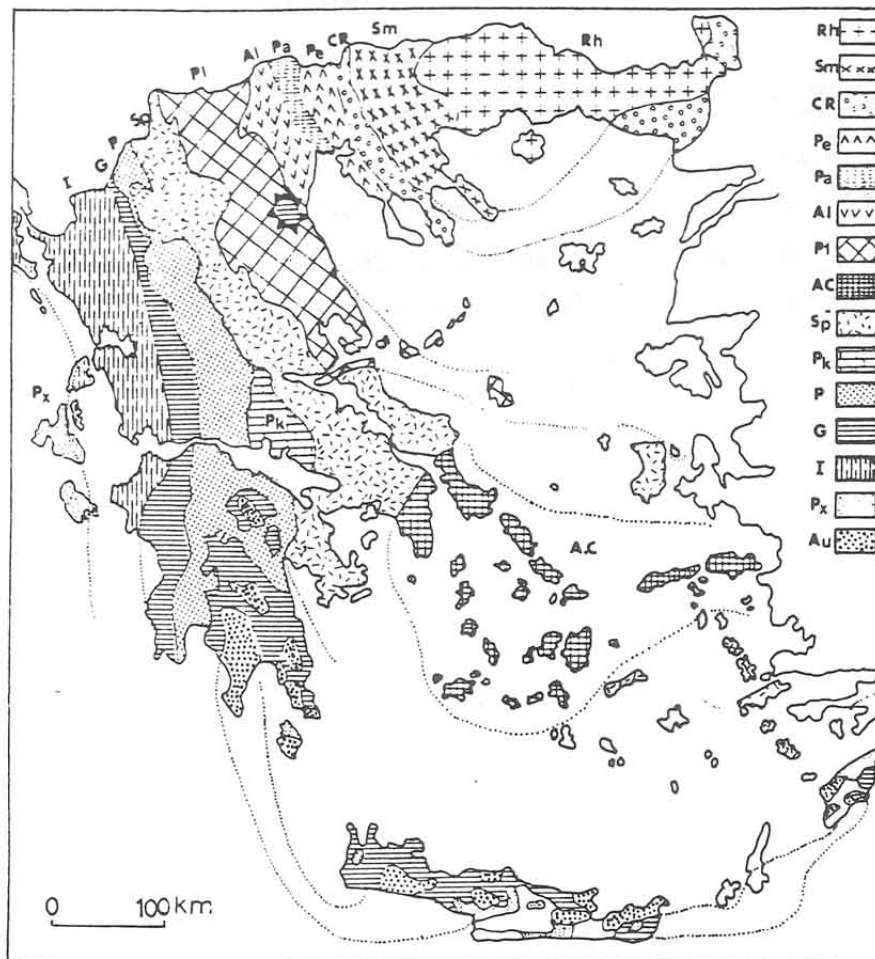


Σχήμα 12 - Χάρτης υδρολιθολογικών ενότητων της περιοχής μελέτης.

5. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

5.1 Γεωλογικοί σχηματισμοί.

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην Υποπελαγονική γεωτεκτονική ζώνη (Σχήμα 13). Η Υποπελαγονική ζώνη βρίσκεται δυτικά της Πελαγονικής και εκτείνεται σε διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ από την Αλβανία προς δυτική Θεσσαλία και ανατολική Στερεά Ελλάδα, στα νησιά Σαλαμίνα και Ύδρα, στην ανατολική Πελοπόννησο και συνεχίζει πιθανά στη νήσο Κω και στην Τουρκία. Καλύπτει την κεντρική Εύβοια και συνεχίζει στη νήσο Χίο. Παλιότερα ονομαζόταν Ζώνη Ανατολικής Ελλάδας, αλλά αργότερα υιοθετήθηκε ο όρος Υποπελαγονική (Μουντράκης, 1985) για να υπογραμμιστεί η στενή σχέση με την Πελαγονική, ως δυτική κατωφέρεια αυτής και να αποδώσει καλύτερα την ιζηματογενή φάση που αποτυπώνει, ως ενδιάμεση μεταξύ νηριτικής και πελαγικής.



Σχήμα 13 - Γεωτεκτονικές ζώνες του ελλαδικού χώρου (Μουντράκης, 1985)

Στη περιοχή μελέτης και σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο Ψαχνά - Πήλιον, (Κατσιακάτσος κ.α, 1981), (Μουντράκης, 1985) και (Γιαννουράκος & Δούνας, 1991) οι κυριότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται είναι οι εξής, από τους νεώτερους στους αρχαιότερους:

Τεταρτογενείς σχηματισμοί

Αλλουβιακές αποθέσεις: Αποτελούνται από κροκάλες, λατύπες, άμμους και αργίλους σε ποικίλλουσα αναλογία. Ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους διακρίνονται σε ποτάμιες και χειμαρρικές αποθέσεις, σε αναβαθμίδες χειμάρρων, σε ελλουβιακούς μανδύες κλπ. Το πάχος τους είναι συνήθως μικρό με εξαίρεση το δέλτα του Μεσάπιου.

Κώνοι κορημάτων: Χαλαρά ή ασύνδετα πλευρικά κορήματα και υλικά αποσάθρωσης των γύρω πετρωμάτων.

Νεογενείς σχηματισμοί

Λιμναίες - Θαλάσσιες αποθέσεις (Πλειόκαινο): Αποτελούνται από πετρώματα ποικίλης συστάσεως. Οι κατώτεροι ορίζοντες που είναι εξ ολοκλήρου λιμναίοι, αποτελούνται από εναλλαγές στρωμάτων αργίλων, μαργών, ψαμμιτών, μαργαϊκών ασβεστόλιθων και κροκαλοπαγών. Οι ανώτεροι ορίζοντες αποτελούνται από εναλλασσόμενες αποθέσεις λιμναίων και θαλάσσιων ιζημάτων (κροκαλοπαγή και ψαμμίτες που εναλλάσσονται με μάργες και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους).

Υποπελαγονική ζώνη

Φλύσχη (Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο): Ο σχηματισμός αποτελείται από στρώματα αργιλικών σχιστόλιθων και ψαμμιτών σε εναλλαγές με παρεμβολές φακοειδών ενστρώσεων μαργαϊκού ασβεστόλιθου. Με βάση τη βιβλιογραφία το μέγιστο πάχος του φλύσχη είναι 300m.

Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι: Πρόκειται για μαργαϊκούς μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθους μικρού πάχους, οι οποίοι προς τα ανώτερα στρώματά τους γίνονται παχυστρωματώδεις, έντονα καρστικοποιημένοι με μέγιστο πάχος 250 m περίπου. Κατά θέσεις καλύπτουν σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα.

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση (Αν.Ιουρασικό – Κ.Κρητιδικό): Αποτελεί σχηματισμό ωκεάνιου φλοιού και συνίσταται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας (ραδιολαρίτες, πηλίτες και μικριτικούς ασβεστόλιθους με διαστρώσεις πυριτιόλιθου) και οφιόλιθους. Το παραπάνω σύμπλεγμα πετρωμάτων αποτελεί τεκτονικό κάλυμμα των τριαδικών – ιουρασικών ασβεστόλιθων. Στην περιοχή μελέτης από τους σχηματισμούς του συμπλέγματος κυριαρχούν οι οφιόλιθοι.

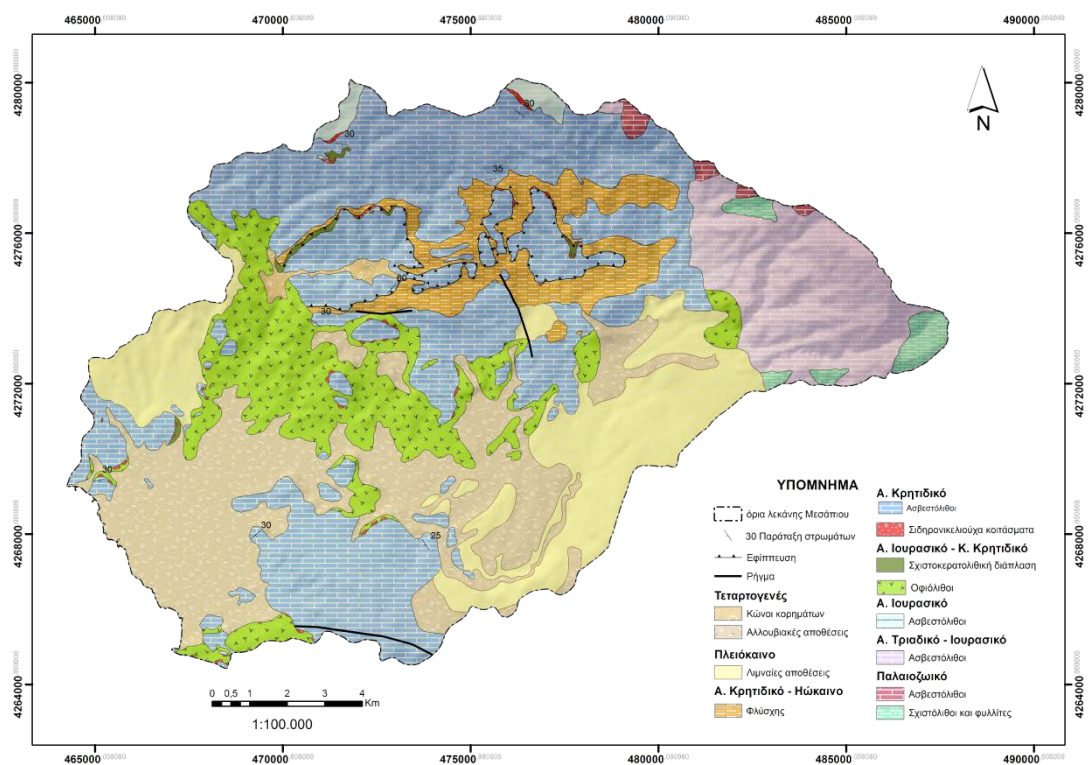
Ασβεστόλιθοι και Δολομίτες (Τριαδικό – Ιουρασικό): Στους βαθύτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες του σχηματισμού κυριαρχούν παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι ασβεστόλιθοι. Λευκοί έως λευκότεφροι, οι οποίοι κατά περιοχές μεταπίπτουν σε δολομιτικούς ασβεστόλιθους ή τυπικούς δολομίτες. Στους παραπάνω ασβεστόλιθους επικάθονται τεφροί έως μελανότεφροι ασβεστόλιθοι, πλακώδεις με παρεμβολές κερατολιθικών κονδήλων ή κερατολιθικών ενστρώσεων. Πρόκειται για έντονα κερματισμένο και καρστικοποιημένο ασβεστολιθικό σύστημα. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού υπερβαίνει τα 600m.

Παλαιοζωικοί σχηματισμοί

Ασβεστόλιθοι (Πέρμιο): Ασβεστόλιθος με ενστρώσεις χαλαζιτών και σχιστόλιθων με απολιθώματα Fusulinidae.

Σχιστόλιθοι και φυλλίτες (Λιθανθρακοφόρο): Αργίλικοί σχιστόλιθοι - φυλλίτες που εξελίσσονται πλευρικά σε κρυσταλλικούς σχιστόλιθους. Αρκόζες και σπάνια ενστρώσεις ασβεστολιθών.

Παρατίθεται απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης σύμφωνα με τον χάρτη του ΙΓΜΕ (Κατσικάτσος, Κούκης, Φυτίκας, Αναστασόπουλος, & Κανάρης, 1981) και (Δάνδολος & Ζόραπας, 2010)



Σχήμα 14 - Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Κατσικάτσος κ.α, 1981), (Δάνδολος & Ζόραπας, 2010)

5.2 Τεκτονικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής.

Με βάση τη γεωτεκτονική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής (Μουντράκης, 1985), μετά την απόθεση των τριαδικών –ιουρασικών ασβεστολίθων μεγάλη ορογενετική κίνηση πτύχωσε τα προαναφερθέντα στρώματα και προκάλεσε την εφίπλευση του παλαιοζωικού –τριαδικού σχιστοψαμμιτικού συστήματος στα ανθρακικά πετρώματα. Μετά από επίκλυση της θάλασσας (Τιθόνιο) ξεκινάει απόθεση ασβεστολιθικών πετρωμάτων τα οποία σε μερικές περιοχές καλύπτουν κοιτάσματα βωξίτη, ο οποίος σχηματίζεται σε έγκοιλα παλιότερων ασβεστολίθων. Στο σχιστοκερατολιθικό σύμπλεγμα, στο οποίο παρεμβάλλονται ψαμμίτες και ασβεστόλιθοι σε ενστρώσεις, το οποίο δημιουργήθηκε σε συνεχώς βυθιζόμενο υδάτινο περιβάλλον, σημειώνεται έκχυση οφιολίθων κατά το Κρητιδικό οι οποίες μαζί με τις αποθέσεις της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης αποτελούν το “ηωελληνικό κάλυμμα”, από το οποίο σήμερα διασώζονται μόνο υπολείμματα. (Γιαννουράκος & Δούνας, 1991) Στην περιοχή ενδιαφέροντος τα καλύμματα αυτά επικάθονται στους ασβεστόλιθους του Τριαδικού –Ιουρασικού.

Έπειτα από νέα ορογένεση της περιοχής, κατά την οποία αναδύεται η Υποπελαγονική ζώνη, στο Μέσο Κρητιδικό λαμβάνει χώρα νέα επίκλυση της θάλασσας και απόθεση ασβεστολίθων οι οποίοι καλύπτουν κατά περιοχές σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα, τα οποία δημιουργήθηκαν από λατεριτική αποσάθρωση των οφιολίθων. Το διάστημα μεταξύ Μαιστριχτίου – Ηωκαίνου αποτίθεται φλύσχης και μετά από νέα ορογενετική κίνηση, η περιοχή χερσεύει και πτυχώνεται. Κατά το διάστημα αυτό πραγματοποιείται πιθανά και η παρατηρούμενη καλυμματική τεκτονική κίνηση μαζών ανωκρητιδικών ασβεστολίθων πάνω στην σχιστοκερατολιθική διάπλαση (οφιολίθους).

Μετά το τέλος αυτού του κύκλου της αλπικής ορογένεσης, ακολουθεί περίοδος χαλάρωσης των τεκτονικών πιέσεων και αποτίθενται οι σχηματισμοί του νεογενούς στα σχηματισμένα από την ορογένεση τεκτονικά βυθίσματα. Η τεκτονική δραστηριότητα συνεχίζεται ακόμα και σήμερα (Τεταρτογενές) με την διάνοιξη της τάφρου του Β. Ευβοϊκού κόλπου με κανονική ρηγματογόνο τεκτονική γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Το σημερινό ανάγλυφο είναι το αποτέλεσμα των τεκτονικών αυτών κινήσεων και των διεργασιών διάβρωσης και αποσάθρωσης.

6. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ - ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

6.1 Υδρολιθολογία.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης, ανάλογα με την περατότητα τους μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

α) περατούς σχηματισμούς: εδώ ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις, οι ψαμμίτες του Νεογενούς, τα κροκαλοπαγή, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και οι μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι.

β) ημιπερατούς σχηματισμούς: εδώ ανήκουν τα νεογενή ιζήματα και ο μανδύας αποσάθρωσης του φλύσχη και των οφιολίθων.

γ) στεγανούς σχηματισμούς: εδώ ανήκουν τα νεογενή ιζήματα αργιλικής σύστασης, ο φλύσχη και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Στις περιοχές, που η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιολίθους και ο φλύσχη παρουσιάζουν έντονη διάρρηξη, χαρακτηρίζονται ημιπερατοί έως στεγανοί σχηματισμοί.

6.2 Υδροσυστήματα - Υδροφόροι Ορίζοντες.

Οι υδροφόροι ορίζοντες χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες, ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο εμφανίζονται (Δάνδολος & Ζόραπας, 2010):

Υδροφόροι Προσχωματικών Αποθέσεων

Οι υδροφόροι των προσχωματικών αποθέσεων, αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή του δέλτα του Μεσάπιου. Στις τεταρτογενείς αποθέσεις, που συναντώνται σε μεγάλα υψόμετρα και έχουν ως υπόβαθρο στεγανούς σχηματισμούς διαμορφώνονται ορίζοντες μικρής δυναμικότητας, λόγω των μικρών διαστάσεων και της σύστασης τους. Οι υδροφόροι που αναπτύσσονται στις τεταρτογενείς αποθέσεις είναι ελεύθεροι και μόνο στα κατώτερα τμήματα των δέλτα του Μεσάπιου μεταπίπτουν σε υπό πίεση, λόγω της παρουσίας αργιλικών υλικών.

Υδροφόροι Συνεκτικών Πετρωμάτων του Νεογενούς (ημιπερατοί)

Στα αδρομερή μέλη του Νεογενούς, που αποτελούνται από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και τα οποία εναλλάσσονται με στεγανά πετρώματα, όπως μάργες, αργίλους και αποσαθρωμένα τεμάχια φλύσχη και οφιολιθικών πετρωμάτων, αναπτύσσονται επάλληλοι, υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, μικρής έως μέτριας δυναμικότητας. Η απόδοση των υδροληπτικών έργων στους υδροφόρους, αυτούς δεν είναι αρκετά ικανοποιητική, άλλα η ποιότητα των νερών είναι καλή.

Υδροφόροι ορίζοντες σχιστοκερατολιθικής διάπλασης με οφιολίθους (ρωγμώδεις)

Στο σύμπλεγμα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου κυριαρχούν οφιολίθοι, μπορεί να αναπτυχθεί υδροφόρος μικρής έως μέτριας δυναμικότητας, όταν ο σχηματισμός παρουσιάζει έντονη διάρρηξη. Το βάθος του υδροφόρου ποικίλει κατά θέσεις, ανάλογα με το πάχος του μανδύα αποσάθρωσης του πετρώματος και του βαθμού διάρρηξης. Γενικά το βάθος της υδροφορίας, δεν είναι μεγάλο και σπάνια υπερβαίνει τα 50 m. Πολλά πηγάδια και γεωτρήσεις στη κοιλάδα Ψαχνών – Αγ. Τριάδας εκμεταλλεύονται υδροφόρους σε οφιολίθους και νεότερους σχηματισμούς, που έχουν προέλθει από αυτούς. Η απόδοση των υδροληπτικών έργων στους υδροφόρους αυτούς είναι μικρή.

Καρστικοί Υδροφόροι

Πρόκειται για πετρώματα υψηλής υδροπερατότητας, έντονα καρστικοποιημένα. Οι τριαδικουρασικοί ασβεστόλιθοι λόγω της μεγάλης επιφανειακής τους έκτασης και της υψηλής υδροπερατότητας τους, αποτελούν υπόγειους υδροφορείς μεγάλης δυναμικότητας. Η δυναμικότητα του σχηματισμού καθορίζεται από το δευτερογενές πορώδες και κυρίως από την τεκτονική καταπόνηση και το βαθμό ανάπτυξης των μορφών καρστικής διάβρωσης στη μάζα τους.

Δύο μεγάλα υδροφόρα συστήματα επηρεάζουν την περιοχή μελέτης:

1) Το καρστικό Διρφύος: Καταλαμβάνει την κεντρική και Βόρεια περιοχή της Εύβοιας και έχει έκταση περίπου 273 km². Κατά τόπους, αναπτύσσονται πολύ αβαθείς υδροφόροι στις Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας – χαμηλής δυναμικότητας. Σε μεγαλύτερα βάθη, συναντώνται επάλληλοι καρστικοί υδροφόροι με ή χωρίς υδραυλική επικοινωνία. Οι ανάγκες των Δήμων Δίρφυος - Μεσαπίων και Χαλκίδας καλύπτονται από γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στη βάση του ορεινού όγκου. Το υδροσύστημα τροφοδοτείται κυρίως από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Οι απολήψεις είναι περί τα 10 hm³/y. Οι γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί είναι υδρευτικές και περιορισμένος αριθμός αρδευτικών, με συνέπεια το σύστημα να μην δέχεται έντονη εκμετάλλευση. Το ισοζύγιο είναι πλεονασματικό και για το λόγο αυτό εμφανίζονται απορροές σε υδρορέματα και πλευρική τροφοδότηση υδροφόρων σε μικρότερα υψόμετρα (Δάνδολος & Ζόραπας, 2010).

2) Το προσχωματικό Ψαχνών: Στην περιοχή των προσχώσεων της λεκάνης των Ψαχνών, ο προσχωματικός υδροφόρος, αναπτύσσεται στην παράκτια ζώνη της υδρολογικής λεκάνης του Μεσάπιου ποταμού, έχει μέσο υψόμετρο 40 m και η έκτασή του είναι περίπου 23,98 km². Στις τεταρτογενείς αποθέσεις, όπου αυτές παρουσιάζουν σημαντική ανάπτυξη και πάχος και σύσταση αδρομερούς υλικού, διαμορφώνονται προσχωματικοί υδροφόροι ορίζοντες, ικανοποιητικής απόδοσης (Δάνδολος & Ζόραπας, 2010).

Οι προσχωματικοί υδροφόροι τροφοδοτούνται και αναπληρώνονται με νερό μέσω της κατείδυσης των βροχοπτώσεων, των διηθήσεων από τις επιφανειακές απορροές χειμάρρων και από υπόγειες μεταγίσεις νερών, από παρακείμενους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστική υδροφορία υψηλής δυναμικότητας.

Στα αδρομερή μέλη των σχηματισμών του νεογενούς όπως κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, τα οποία εναλλάσσονται με στεγανά πετρώματα, όπως μάργες και άργιλοι, διαμορφώνονται επάλληλοι, υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, μικρής έως μέτριας δυναμικότητας ($1 < k < 10$ m/d) με κατά θέσεις κατακόρυφη και πλευρική υδραυλική επικοινωνία. Οι απολήψεις πραγματοποιούνται με μεγάλο αριθμό αρδευτικών φρεάτων και γεωτρήσεων μέγιστου βάθους 70 m.

Λόγω του ήπιου τοπογραφικού ανάγλυφου, η υδραυλική κλίση του φρεάτιου ορίζοντα είναι μικρή. Στις αποθέσεις του Νεογενούς, αναπτύσσεται υδροφορία μέτριας δυναμικότητας ($5 < k < 15$ m/d) (κυρίως στα κροκαλοπαγή), η οποία εκδηλώνεται με την εμφάνιση πηγών. Οι γεωτρήσεις, οι οποίες έχουν ανορυχθεί είναι κυρίως υδρευτικές και έχουν βάθη 150-200 m. Οι προσχωματικοί υδροφόροι βρίσκονται σε καθεστώς εντατικής εκμετάλλευσης, από μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων μικρού – μέσου βάθους και πηγαδιών. Οι υπεραντλήσεις, έχουν προκαλέσει υφαλμύριση των νερών τους στην παράκτια ζώνη (Δάνδολος & Ζόραπας, 2010).

7. ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

7.1 Γενικά.

Το νερό όντας καταλυτικός παράγοντας στην διαμόρφωση του περιβάλλοντος, φυσικού και ανθρωπογενούς, συμμετέχει σε αναρίθμητες διεργασίες και επηρεάζεται από αυτές. Ευκίνητο, πολύμορφο και συνεχώς κινούμενο, αποτυπώνει αλλαγές και αντίστοιχα, σημαδεύεται από αυτές. Μελετώντας τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των υδάτων μιας περιοχής, καταλαβαίνουμε πολλά για τη δομή της, καθώς και για τις δυναμικές σχέσεις που την αφορούν και την ορίζουν.

7.2 Δειγματοληψία - Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων.

Επιλογή - συλλογή δειγμάτων

Για τη διερεύνηση των χημικών και φυσικών ιδιοτήτων και συνεπώς, της ποιότητας των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής έρευνας, διενεργήθηκε δειγματοληψία υπογείων νερών, το Μάιο του 2014. Η διαδικασία της δειγματοληψίας επικεντρώθηκε στην ευρύτερη παραθαλάσσια περιοχή των Ψαχνών - Καστέλλας, λόγω του ότι χρησιμοποιείται εντατικά για αγροτικές καλλιέργειες και αποτελεί την πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή της λεκάνης του ποταμού Μεσάπιου όντας παράλληλα αποδέκτης των υδάτινων όγκων από το σύνολο της λεκάνης.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στην ύπαιθρο, από αντλούμενο νερό γεωτρήσεων, συχνά υπό αντίξοες συνθήκες. Έγινε προσπάθεια να συλλεχθούν όσο γινόταν περισσότερα δείγματα διεσπαρμένα σε όλη την έκταση της λεκάνης των Ψαχνών, κάτι το οποίο δεν ήταν πάντα εύκολο, μίας και τα περιορισμένα χρονικά όρια δεν επέτρεψαν την χρονική σύμπτωση δειγματοληψίας και ώρας ποτίσματος / λειτουργίας των αντλιών. Συνολικά, συλλέχτηκαν 22 δείγματα (Σχήμα 15), σε πλαστικά μπουκάλια εμπορικού πόσιμου νερού, το οποίο ξεπλύθηκε με το νερό προς ανάλυση και τοποθετήθηκαν σε σκιερό μέρος και στην συνέχεια σε ψυγείο, μέχρι να αναλυθούν.

Σε ξεχωριστά πλαστικά μπουκαλάκια χωρητικότητας 100 ml, συλλέχθηκαν αντίστοιχα δείγματα νερού που συντηρήθηκαν, μέσω της προσθήκης 1 ml HNO₃ για την ανίχνευση των βαρέων μετάλλων. Στον χώρο δειγματοληψίας έγιναν φυσικοχημικοί προσδιορισμοί των παραμέτρων του νερού, δηλαδή, της θερμοκρασίας, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του pH και του δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh). Για την μέτρηση της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκε το φορητό αγωγιμόμετρο WTW LF 330/SET ενώ για το pH και το Eh χρησιμοποιήθηκε το φορητό πεχάμετρο WTW PH 330i/SET. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων υδροληψίας δίνονται στον πίνακα παραρτήματος 6.

Εργαστηριακές αναλύσεις

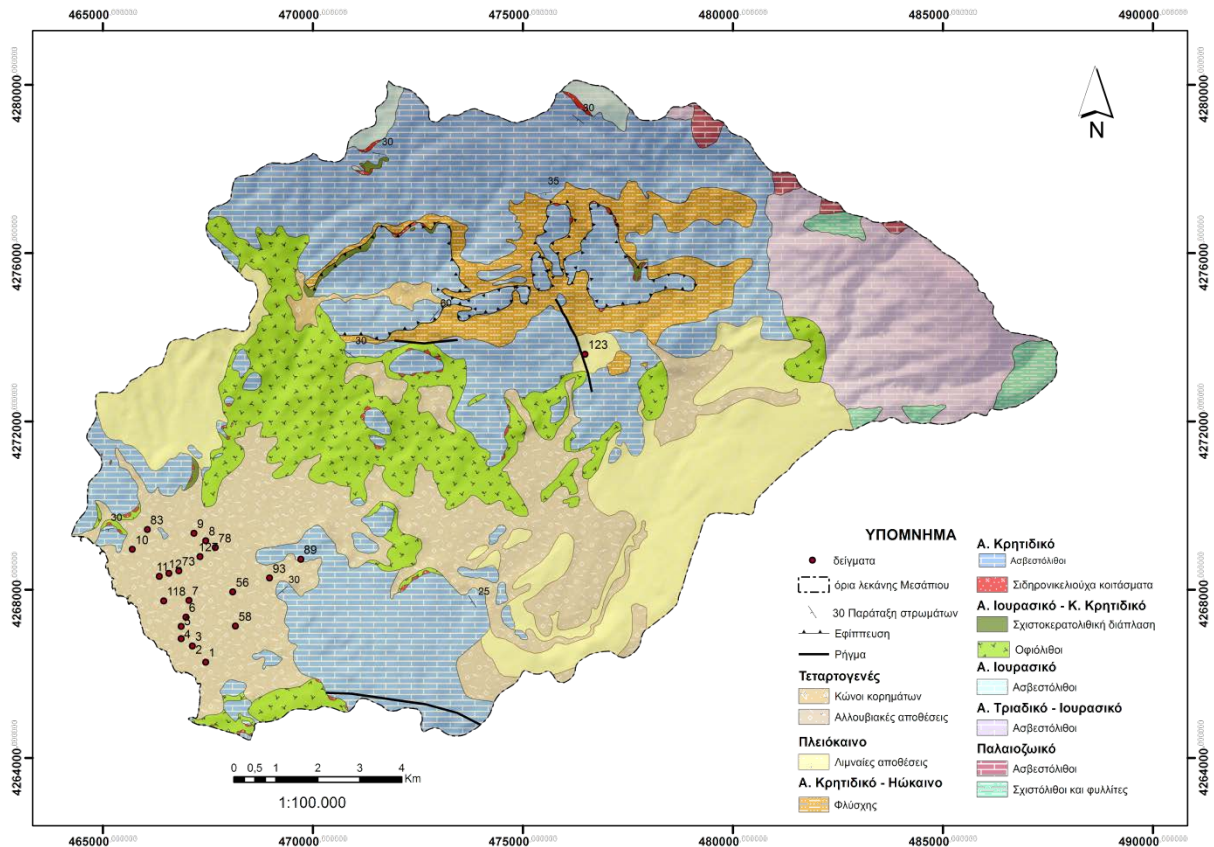
Τα δείγματα νερού αναλύθηκαν στο εργαστήριο Ορυκτολογίας - Γεωλογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, χρησιμοποιώντας τις μεθόδους ατομικής απορρόφησης, φασματοφωτομετρίας, φλογοφωτομετρίας και τιτλοδότησης μέσω ογκομετρίας.

α) Η μέθοδος της ατομικής απορρόφησης συγκαταλέγεται στις οπτικές μεθόδους ανάλυσης και η αρχή λειτουργίας της έγκειται στη μέτρηση της απορροφημένης ακτινοβολίας από άτομα στη θεμελιώδη κατάσταση για το όποιο στοιχείο εξετάζουμε. Η διάταξη της μεθόδου περιλαμβάνει μία πηγή ακτινοβολίας, ένα κελί ατομοποίησης του δείγματος και έναν ανιχνευτή μονοχρωμάτορα. Η πηγή της ακτινοβολίας αποτελείται από καθοδική λυχνία στο εσωτερικό της οποίας βρίσκεται το στοιχείο προς ανίχνευση. Εφαρμόζοντας ηλεκτρική τάση στη λυχνία εκπέμπεται ακτινοβολία η οποία είναι χαρακτηριστική για το στοιχείο που ανιχνεύουμε. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται είναι η ακτινοβολία που απαιτείται για να ιονίσει τα άτομα που παράγονται στον ατομοποιητή. Τα άτομα απορροφούν την ακτινοβολία που απαιτείται για την μετάπτωση από θεμελιώδη κατάσταση σε διεγερμένη και άρα η απορρόφηση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ατόμων του προς ανίχνευση στοιχείου (Ζαχαριάδης κ.α , 2004). Χρησιμοποιήθηκε το όργανο AAS GBS 908 για τον ποσοτικό προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων. Για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων στοιχείων που είναι χαμηλότερες από το όριο ανίχνευσης έγινε χρήση του φούρνου γραφίτη.

β) Η φασματοφωτομετρία αξιοποιεί την αρχή της απορρόφησης εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τις χημικές ουσίες προς εξέταση και την μέτρηση της επανεκπεμπόμενης ακτινοβολίας όταν τα άτομα των ουσιών αυτών, επιστρέψουν στην αρχική ενεργειακή τους κατάσταση. Η ένταση της απορρόφησης και το μήκος κύματος της εκπομπής δίνουν πληροφορίες για την ποσότητα και την ταυτότητα της ουσίας προς εξέταση (Χαριστός & Γιούρη - Τσοχατζή, 2001). Με το φασματοφωτόμετρο εκπομπής Hach DR-3000 και αντίστοιχων αντιδραστηρίων, προσδιορίστηκαν τα θειικά, τα φωσφορικά, τα νιτρικά και τα αμμωνιακά ιόντα καθώς και το διοξείδιο του πυριτίου.

γ) Η μέθοδος της φλογοφωτομετρίας αξιοποιεί ποσοτικά, τη μέτρηση της ακτινοβολίας εκπομπής, ατόμων σε διεγερμένη κατάσταση. Με το φλογοφωτόμετρο INTECH/420 έγινε προσδιορισμός των ποσοτήτων ιόντων καλίου και νατρίου.

δ) Η μέθοδος της τιτλοδότησης - ογκομετρίας μέσω της συμπλοκομετρίας και καθίζησης βασίζεται στη μέτρηση του όγκου διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης και ταυτότητας, που χρειάζεται για να αντιδράσει πλήρως με ορισμένη ποσότητα του διαλύματος προς ανάλυση. Με την μέθοδο αυτή προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των οξυανθρακικών ιόντων, των ιόντων χλωρίου, των ιόντων ασβεστίου, καθώς και η ολική και παροδική σκληρότητα



Σχήμα 15 - Χάρτης σημείων δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης.

7.3 Επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων ελέγχθησαν για την ακρίβεια τους και την ύπαρξη τυχόν σφαλμάτων ανάλυσης ή τυχαίων διακυμάνσεων στην αναλυτική διαδικασία μέσω του υπολογισμού της ηλεκτροουδετερότητας (Electro Neutrality - E.N) (πίνακας παραρτήματος 5) η οποία ισούται με:

$$E.N = \frac{(\text{άθροισμα ανιόντων} - \text{άθροισμα κατιόντων})}{(\text{άθροισμα ανιόντων} + \text{άθροισμα κατιόντων})} \times 100 \quad (\text{εξίσωση 4})$$

Ο συντελεστής αυτός, δεν πρέπει να ξεπερνάει το 5 % για κάθε δείγμα (Σούλιος, 1986). Στις περιπτώσεις σφαλμάτων, επανελήφθησαν οι αντίστοιχες αναλύσεις. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και η δημιουργία διαγραμμάτων, έγινε με τα λογισμικά MS Excel 2007, Grapher 8, Statgraphics Centurion XV και SPSS 20 ενώ η δημιουργία διαγραμμάτων ταξινόμησης νερού με τα λογισμικά AqQA, RockWorks 15 και AquaChem 2014.2. Για την χωρική ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά ArcMap 10 και Globalmapper 15 και ως μέθοδος χωρικής παρεμβολής χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι kriging και inverse distant weighting για την οπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων και μόνο. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται συγκεντρωτικά στους πίνακες παραρτήματος 7 και 8 ενώ στον χάρτη 1 του παραρτήματος δίνονται χωρικά οι ποσοστώσεις των επιμέρους χημικών στοιχείων και ενώσεων ανά δείγμα.

7.4 Φυσικοχημικές παράμετροι.

7.4.1 Θερμοκρασία.

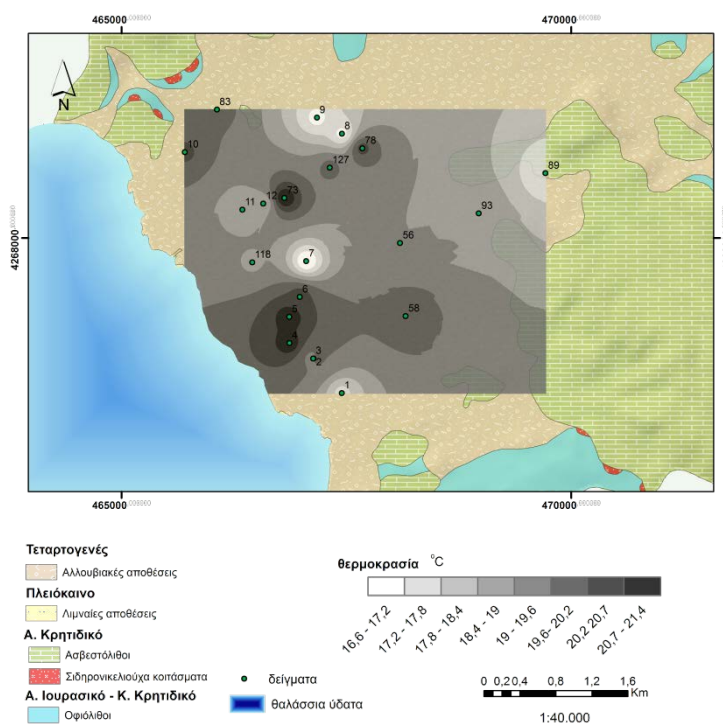
Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού σε μεγάλο βαθμό παραμένει σταθερή κατά την διάρκεια του έτους, με εξαίρεση τα επιφανειακά νερά που επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία (Βουδούρης, 2009). Τα υπόγεια νερά επηρεάζονται θερμικά, από τα περιβάλλοντα πετρώματα και από της αλλαγές στην πιεζομετρία του υδροφόρου συστήματος. Σε γενικές γραμμές, το νερό από βαθιές γεωτρήσεις είναι θερμότερο από ότι στις πιο επιφανειακές (Σούλιος, 1986).

Στα δείγματα που συλλέχτηκαν, μετρήθηκε μέγιστη θερμοκρασία 21,6 °C στο δείγμα 2 και ελάχιστη 16,6 °C στο δείγμα 7. Η μέση θερμοκρασία των δειγμάτων υπολογίστηκε στους 19,24 °C (πίνακας 12)

Η χωρική κατανομή της θερμοκρασίας παρουσιάζεται στο σχήμα 16. Αν και παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο στα δυτικά της λεκάνης, δεν προκύπτει κάποια σαφή χωρική συσχέτιση τη θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον τρόπο δειγματοληψίας (συλλογή νερού πολλές φορές μέσα από αρδευτικό δίκτυο χωραφιών) αλλά και σε διαφορές στην άντληση, καθότι η περιοχή υπό εξέταση καλλιεργείται εντατικά, αλλά ετεροχρονισμένα σε κάθε χωράφι, λόγω των εναλλασσόμενων σπορών κηπευτικών.

Πίνακας 12 - Θερμοκρασία των δειγμάτων ύδατος της περιοχής μελέτης.

δείγμα	θερμοκρασία (° C)	δείγμα	θερμοκρασία (° C)
56	19	3	17,5
58	20	4	21,3
73	21,4	5	21,3
78	20,4	6	20,5
83	19,8	7	16,6
89	17,4	8	17
93	18,7	9	17
118	18,9	10	20,3
127	19,8	11	18,6
123 A	20	12	18,5
1	17,6	μέση τιμή	19,24
2	21,6	μέγιστη τιμή	21,6
		ελάχιστη τιμή	16,6



Σχήμα 16 - Χωρική κατανομή θερμοκρασίας δειγμάτων.

7.4.2 pH - Δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh).

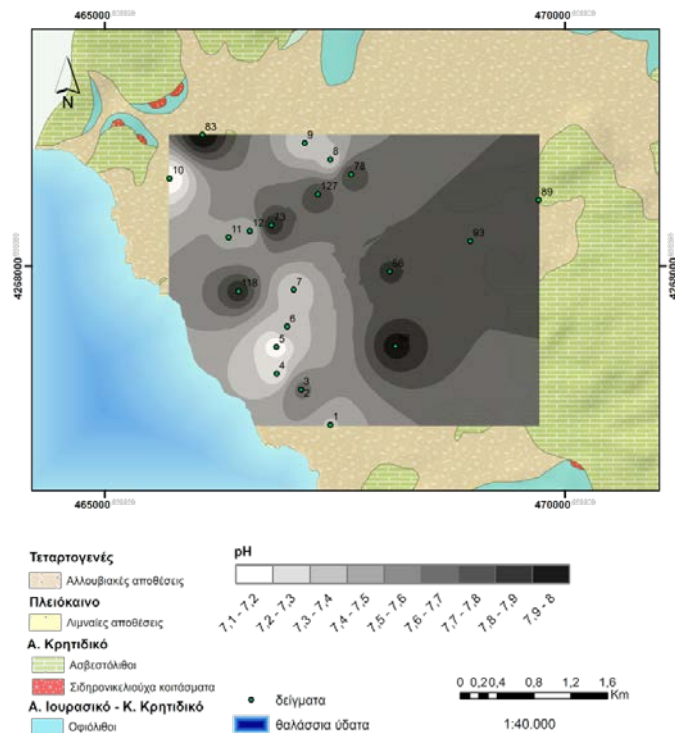
Η συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ που περιέχεται σε ένα διάλυμα είναι μέτρο της ενεργού οξύτητας του και εκφράζεται με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης αυτής, δηλαδή το pH. Τα νερά ταξινομούνται σε αλκαλικά, ουδέτερα και όξινα αν έχουν pH μεγαλύτερο από 7, ίσο και μικρότερο αντίστοιχα. Η οξύτητα του νερού και κατ' επέκταση το pH, είναι σημαντικός ρυθμιστής χημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται σε αυτό, όπως για παράδειγμα, ευνοείται η αφαίρεση Fe και Al από τα μητρικά ορυκτά σε όξινο περιβάλλον καθώς και η συγκέντρωση SiO_2 (Βουδούρης, 2009).

Το pH καθορίζεται από τις διάφορες αντιδράσεις ισορροπίας των ιόντων σε ένα υδατικό διάλυμα. Το pH που οφείλεται στην παρουσία CO_2 αποτελεί το pH ισορροπίας ή αλλιώς pH_s κορεσμού. Αν το pH του νερού είναι μικρότερο από αυτό, τότε ευνοείται η διάλυση του $CaCO_3$. Αν είναι μεγαλύτερο, ευνοείται η απόθεση του. Σε γενικές γραμμές και αφού το νερό επηρεάζεται από τα περιβάλλοντα πετρώματα, συναντάμε αλκαλικά νερά σε οφιόλιθους ενώ συναντάμε όξινα νερά σε ασβεστόλιθους και αλλουβιακές αποθέσεις, υπό φυσιολογικές πάντα συνθήκες. Το νερό είναι συνήθως αλκαλικό σαν νέα υδάτινη μάζα και με το χρόνο, καθώς επιδρά η συγκέντρωση οργανικού υλικού, γίνεται πιο όξινο, από την έκλυση CO_2 .

Στα νερά των δειγμάτων της περιοχής μελέτης παρατηρήθηκε μέσο pH ίσο με 7,61. Μέγιστη τιμή έδωσε το δείγμα 83 (8,04) και ελάχιστη τα δείγματα 5 και 10. Η διακύμανση του pH παρουσιάζεται στο πίνακα 13 και η χωρική κατανομή στο σχήμα 17.

Πίνακας 13 - pH δειγμάτων ύδατος της περιοχής μελέτης.

δείγμα	pH	δείγμα	pH
56	7,85	3	7,5
58	7,99	4	7,2
73	7,94	5	7,1
78	7,82	6	7,4
83	8,04	7	7,3
89	7,8	8	7,3
93	7,83	9	7,3
118	7,92	10	7,1
127	7,81	11	7,5
123 A	8,01	12	7,4
1	7,4	μέση τιμή	7,61
2	7,8	μέγιστη τιμή	8,04
		ελάχιστη τιμή	7,1



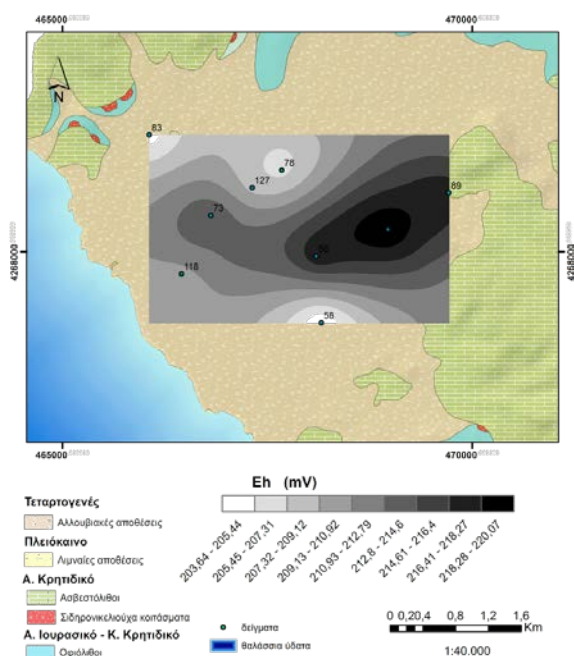
Σχήμα 17 - Χωρική κατανομή pH δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

Παρατηρούμε όλο το εύρος των μετρήσεων να υποδεικνύουν ελαφρώς έως αρκετά αλκαλικά νερά. Η εντατική καλλιέργεια και ότι αυτό συνεπάγεται (χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, εντατική άντληση νερού κλπ), δεν επιτρέπει την άμεση συσχέτιση των μετρήσεων χωρικά. Σε κανένα από τα δείγματα δεν μετρήθηκε τιμή pH που να υπερβαίνει το όριο $6,5 < \text{pH} < 9,5$ (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001).

Όπως αριθμός των H^+ (πρωτονίων) καθορίζει το pH ενός διαλύματος, έτσι και ο αριθμός των ηλεκτρονίων καθορίζει το δυναμικό οξειδοαναγωγής του, δηλαδή το Eh. Αυτό μας δίνει πληροφορίες για την κατάσταση οξείδωσης των στοιχείων ενός διαλύματος και αν είναι αρνητικό, τότε το διάλυμα έχει αναγωγικές ιδιότητες. Στην περίπτωση που είναι θετικό, αντίστοιχα, οξειδωτικό καθώς έχει περίσσια ηλεκτρονίων (Σούλιος, 1986). Χαμηλό Eh συμβάλλει στη διατήρηση της οργανικής ύλης στα ιζήματα. Στον πίνακα 14 οι τιμές των μετρήσεων δυναμικού οξειδοαναγωγής και στο σχήμα 18 η χωρική κατανομή του. Από την χωρική κατανομή του Eh, παρατηρούμε μία αύξηση προς τα ανατολικά της λεκάνης, δηλαδή όσο πιο μακριά από την θάλασσα βρίσκεται ένα δείγμα, τόσο πιο οξειδωτικό είναι το περιβάλλον.

Πίνακας 14 - Δυναμικό οξειδοαναγωγής στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Eh (Mv)
56	217,9
58	203,6
73	214,5
78	206,7
83	204,5
89	217,9
93	220,1
118	210,3
127	208,5
123 A	227,7
μέση τιμή	213,17
μέγιστη τιμή	227,7
ελάχιστη τιμή	203,6



Σχήμα 18 - Χωρική κατανομή δυναμικού οξειδοαναγωγής δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

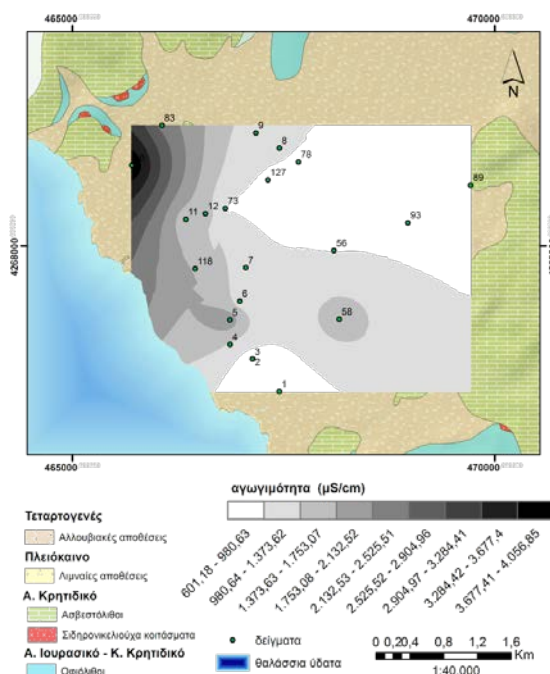
7.4.3 Αγωγιμότητα (E.C).

Ανάλογα με το ποσοστό των διαλυμένων αλάτων στο νερό, και με την αύξηση τους, μεγαλώνει και η αγωγιμότητα του στο ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει άμεση σχέση με τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) και όσο πιο υφάλμυρο είναι ένα νερό, τόσο πιο μεγάλη αγωγιμότητα έχει. Το υπόγειο νερό παίρνει συνήθως τιμές από 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Μέχρι τιμές 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ συναντάμε στα ελαφρά νερά και τα βαρεια πάνω από 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Υφάλμυρα νερά συναντάμε με τιμές από 3000 $\mu\text{S/cm}$ έως και 30.000 $\mu\text{S/cm}$ ενώ είναι πιθανό να βρεθούν παλιά υπεραλμυρά νερά (σαλαμούρες) με τιμές έως και 10.000 $\mu\text{S/cm}$. (Σούλιος, 1986). Στο σχήμα 19 βλέπουμε την χωρική κατανομή του και στον πίνακα 15 τις τιμές που μετρήθηκαν. Παρατηρούμε μέση τιμή αγωγιμότητας στα 1296,36 $\mu\text{S/cm}$, μέγιστη τιμή στο δείγμα 10 και ελάχιστη στο δείγμα 123A το οποίο βρίσκεται ανατολικότερα όλων (σχήμα 15) και μακριά από θαλάσσια επιρροή. Στο δείγμα 10 έχουμε τιμή ανώτερη από το όριο για ανθρωπινή κατανάλωση που είναι 2500 $\mu\text{S/cm}$ (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001) και γενικότερα παρατηρούμε έντονη αύξηση της αγωγιμότητας προς την ακτή και κυρίως στο βόρειο παραλιακό κομμάτι της λεκάνης, όπου υπάρχει ισχυρή ένδειξη υφαλμύρισης.

Πίνακας 15 - Αγωγιμότητα στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	αγωγιμότητα ($\mu\text{S/cm}$)	δείγμα	αγωγιμότητα ($\mu\text{S/cm}$)
56	971	3	740
58	1582	4	1315
73	971	5	2030
78	915	6	1140
83	2400	7	1190
89	734	8	1070
93	755	9	1105
118	1714	10	4070
127	933	11	1435
123 A	465	12	1600
1	600	μέση τιμή	1296,36
2	785	μέγιστη τιμή	4070
		ελάχιστη τιμή	465



Σχήμα 19 - Χωρική κατανομή αγωγιμότητας δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.4.4 Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS - Total Dissolved Solids).

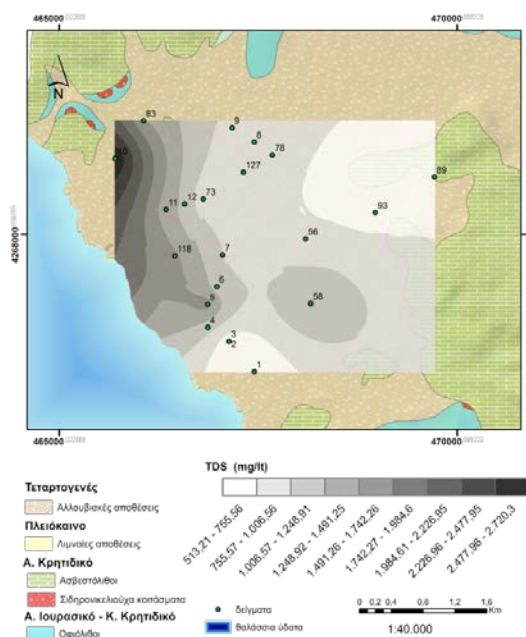
Η παρουσία αλάτων στα υπόγεια νερά έχει άμεση σχέση με τη λιθολογία μέσα στην οποία κινείται, τον χρόνο παραμονής του σε αυτή και εκτός άλλων, το πόσο γρήγορα κινείται εντός αυτής. Ο δείκτης TDS εκφράζει την συνολική συγκέντρωση των αλάτων σε ένα νερό, χωρίς να υπολογίζονται αιωρούμενα ιζήματα, κolloειδή και διαλυμένα αέρια. Υπάρχει συνεπώς γραμμική σχέση μεταξύ TDS και αγωγιμότητας που παίρνει την μορφή της εξίσωσης 5 (Βουδούρης, 2009).

$$TDS(ppm) \sim 0,65 \times EC \mu S/cm \quad (\text{εξίσωση 5})$$

Κατηγοριοποιώντας τα νερά ανάλογα με το TDS που μετράμε σε αυτά, μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για *γλυκό* νερό αν έχουμε TDS τις τάξεις του 0 - 1000 mg/lit, *υφάλμυρο* με 1.000 - 10.000 mg/lit, *αλμυρό* για 10.000 - 100.000 mg/lit και *υπεραλμυρό* για μεγαλύτερη τιμή από 100.000 mg/lit. Μεγάλο TDS μετράμε σε υδροφορίες σε περιοχές ξηρές και λεκάνες με κακή στράγγιση. Στις παράκτιες περιοχές, πέρα από θέματα πιθανής υφαλμύρισης, συναντάται η επιρροή των αερομεταφερόμενων αλάτων από την θάλασσα. Στον πίνακα 16 αναφέρονται οι μετρήσεις του TDS στα δείγματα της περιοχής μελέτης και στο σχήμα 20 έχουμε την χωρική κατανομή του. Μέση τιμή TDS έχουμε τα 822,38 mg/lit, μέγιστη τιμή 2777 mg/lit στο δείγμα 10 το οποίο βρίσκεται σε περιοχή υφαλμύρισης και ελάχιστη τιμή στο δείγμα 123A, το οποίο βρίσκεται στο κέντρο της περιοχής μελέτης, μακριά από την θάλασσα και καλλιεργήσιμες περιοχές, σε έδαφος Νεογενών λιμναίων ιζημάτων. Παρατηρούμε από τον χάρτη κατανομής, στο βορειοδυτικό παράκτιο κομμάτι της λεκάνης υψηλές τιμές TDS λόγω υφαλμύρισης και σημαντικές τιμές κοντά στον υδροβιότοπο Κολοβρέχτη, στο νότιο παράκτιο κομμάτι, πολύ πιθανά λόγω στάσιμων νερών και άρα κακής αποστράγγισης ή από την θάλασσα μέσω μεταφοράς από τον υποκείμενο ασβεστόλιθο. Τιμές ανώτερες του επιτρεπτού δηλαδή 1500 mg/lit (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001) για ανθρώπινη κατανάλωση, συναντάμε στα δείγματα 5 και 10.

Πίνακας 16 - Ολικά διαλυμένα στερεά (mg/l) στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	TDS (mg/l)	δείγμα	TDS (mg/l)
56	801,5867147	3	625
58	1304,586488	4	1103
73	815,5487174	5	1656
78	845,5588446	6	1094
83	1486,909565	7	994
89	677,8835339	8	898
93	676,1729331	9	923
118	1557,513958	10	2777
127	821,8589614	11	1315
123 A	461,5181497	12	1218
1	502	μέση τιμή	1051,73
2	584	μέγιστη τιμή	2777
		ελάχιστη τιμή	461,5181497



Σχήμα 20 - Χωρική κατανομή ολικών διαλυμένων στερεών δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.4.5 Σκληρότητα.

Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στην παρουσία ιόντων Ca^{+2} και Mg^{+2} και ενίοτε σε ιόντα Fe^{+2} και Si^{+2} . Το σκληρό νερό καθιστά δύσκολη την δημιουργία αφρού σε επαφή με σαπούνι και έναντι αυτού, δημιουργεί ίζημα. Η σκληρότητα είναι κριτήριο καταλληλότητας τόσο για την ανθρώπινη κατανάλωση όσο και για γενικότερη χρήση, γιατί τα σκληρά νερά μπορούν να προκαλέσουν επικαθίσεις αλάτων.

Η σκληρότητα ονομάζεται *παροδική* ή *ανθρακική*, αν οφείλεται στην παρουσία CaCO_3 και MgCO_3 και *μόνιμη* αν οφείλεται σε διάλυση CaSO_4 και MgSO_4 . *Ολική* ονομάζεται η σκληρότητα που προκύπτει από το άθροισμα ανθρακικής και μόνιμης. Μετράται σε mg/l CaCO_3 , Ca^{+2} ή $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ και σε βαθμούς σκληρότητας. Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι είναι οι γερμανικοί ($^\circ \text{d}$) και οι γαλλικοί ($^\circ \text{f}$) με την εξής αντιστοιχία

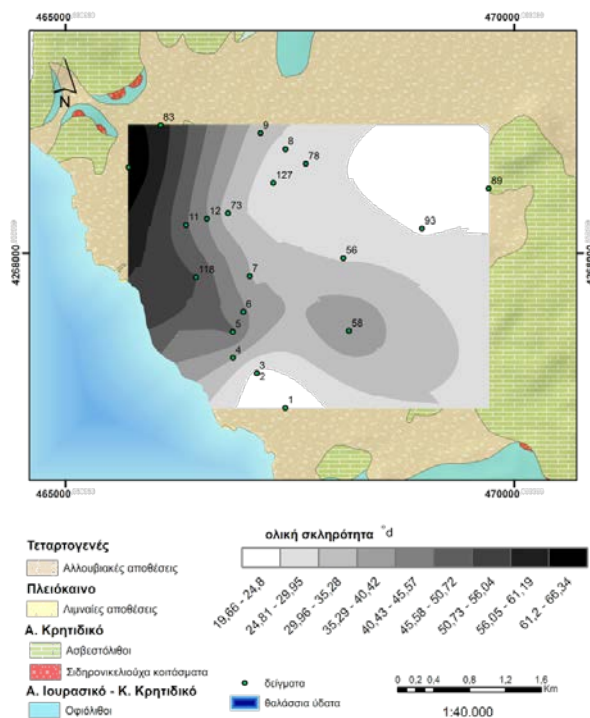
$$1^\circ \text{d} = 1,79^\circ \text{f} = 17,9 \text{ mg/l} \text{ CaCO}_3$$

Ανάλογα με τους βαθμούς σκληρότητας που έχει ένα δείγμα νερού, κατατάσσεται σε *μαλακό* ($0 - 5,58^\circ \text{d}$), *μέτρια σκληρό* ($5,58 - 11,17^\circ \text{d}$), *σκληρό* ($11,17 - 16,75^\circ \text{d}$) και τέλος *πολύ σκληρό* ($> 16,75^\circ \text{d}$).

Σύμφωνα με αυτή την κατάταξη και από τον πίνακα 17 παρατηρούμε ότι όλα τα δείγματα αντιστοιχούν σε πολύ σκληρά νερά. Μέση ολική σκληρότητα δειγμάτων έχουμε $34,68^\circ \text{d}$, μέγιστη $71,6^\circ \text{d}$ στο δείγμα 10 και ελάχιστη στο 123A ($13,48^\circ \text{d}$). Για άλλη μια φορά συναντάμε την υφαλμύριση να επηρεάζει το βορειοδυτικό παράκτιο κομμάτι της λεκάνης και φαινόμενα υφαλμύρισης στο νοτιοανατολικό παράκτιο κομμάτι, το οποία ίσως να προκαλούνται άμεσα από την θάλασσα μέσω μεταφοράς από τον υποκείμενο ασβεστόλιθο αλλά, ίσως και λόγω στάσιμων νερών.

Πίνακας 17 - Ολική σκληρότητα στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	ολική σκληρότητα (d°)	δείγμα	ολική σκληρότητα (d°)
56	28,09	3	18,4
58	46,74	4	35,8
73	26,52	5	56,5
78	25,62	6	39,2
83	60,11	7	32,4
89	23,15	8	28,5
93	22,70	9	30,8
118	55,06	10	71,6
127	26,07	11	43,6
123 A	13,48	12	43,5
1	16,2	μέση τιμή	34,68
2	19	μέγιστη τιμή	71,6
		ελάχιστη τιμή	13,48



Σχήμα 21 - Χωρική κατανομή ολικής σκληρότητας δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

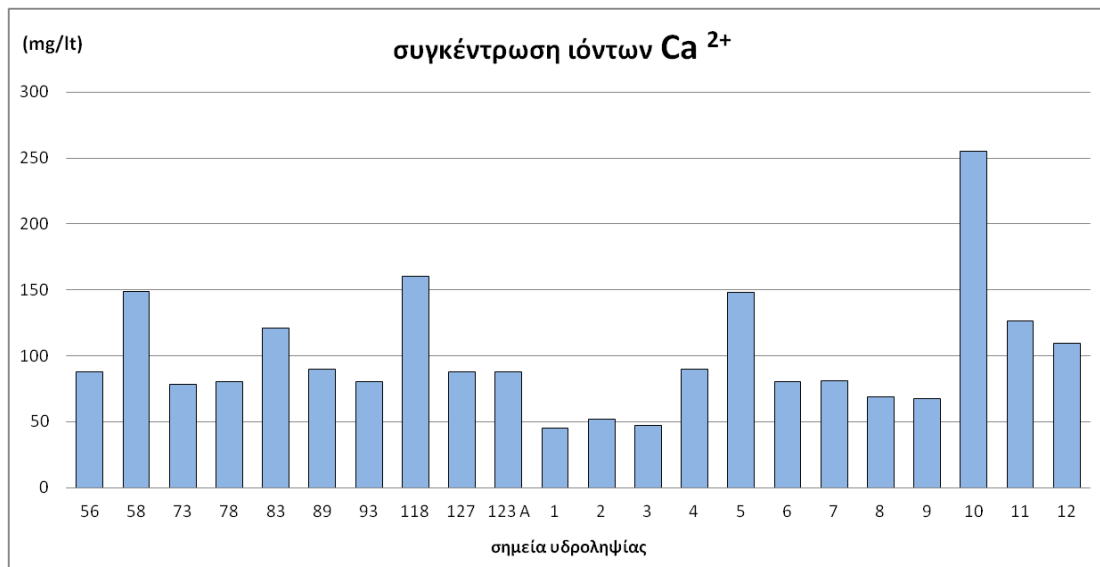
7.5 Κύρια στοιχεία.

7.5.1 Ιόντα Ασβεστίου (Ca^{2+}).

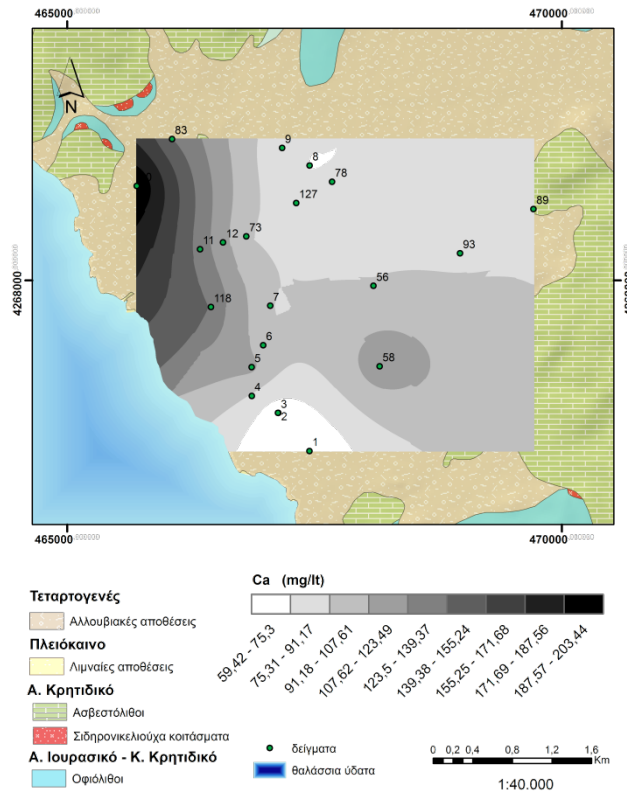
Το ασβέστιο στο νερό, προέρχεται κυρίως από τα ιζηματογενή ανθρακικά πετρώματα λόγω παρουσίας ασβεστίτη, αραγονίτη και δολομίτη. Επίσης μπορεί να προέλθει από ασβεστονατριούχους αστρίους, γύψο, φθορίτες, πυρόξενους, αμφιβόλους και επίδοτα (Βουδούρης, 2009). Σαν ανώτερη επιτρεπτή τιμή για ανθρώπινη κατανάλωση δεν βρίσκουμε κάποια τιμή από τις σύγχρονες οδηγίες (WHO, 2011) και (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001). Αν δεχτούμε σαν οδηγό τις παλιότερες (80/778/ΕΟΚ, 1980) τότε το δείγμα 10 ξεπερνάει τα 250 mg/Lt και ορίζει ακατάλληλο το νερό προέλευσης του. Στον πίνακα 18 βλέπουμε τις τιμές Ca που μετρήθηκαν στα δείγματα, στο σχήμα 23 την χωρική κατανομή του και στο σχήμα 22 την διακύμανση του. Σαν μέση τιμή έχουμε τα 99,61 mg/Lt, μέγιστη τα 255,2 mg/Lt στο δείγμα 10 και ελάχιστη τα 44,8 mg/Lt στο δείγμα 1. Από την χωρική κατανομή παρατηρούμε διαμόρφωση με υψηλές τιμές στα βορειοανατολικά πεδινά σημεία της λεκάνης και λιγότερο αλλά και πάλι υψηλά στο νοτιοδυτικό παράκτιο κομμάτι του υδροβιότοπου Κολοβρέχτη. Σε γενικές γραμμές, η παρουσία ασβεστίου στα νερά της περιοχής έχει να κάνει με την ύπαρξη ανθρακικών πετρωμάτων στην γύρω περιοχή και ως αποτέλεσμα και ως μέλη των αποθέσεων στην λεκάνη. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις στα προαναφερθέντα σημεία μπορούν να αποδοθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις καλίου και νατρίου, τα οποία αυξάνουν τη διαλυτότητα του CaCO_3 (Appelo & Postma, 1996) αλλά και στη διείσδυση θαλάσσιου νερού που χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές συγκέντρωσης Ca^{2+} .

Πίνακας 18 - Συγκέντρωση (mg/lit) ασβεστίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Ca ²⁺ (mg/lit)	δείγμα	Ca ²⁺ (mg/lit)
56	88	3	47,2
58	148,8	4	89,6
73	78,4	5	148
78	80	6	80
83	120,8	7	81
89	89,6	8	68,8
93	80	9	67,2
118	160	10	255,2
127	88	11	126,4
123 A	88	12	109,6
1	44,8	μέση τιμή	99,61
2	52	μέγιστη τιμή	255,2
		ελάχιστη τιμή	44,80



Σχήμα 22 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης ασβεστίου των δειγμάτων.



Σχήμα 23 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης ασβεστίου δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.5.2 Ιόντα Μαγνησίου (Mg^{2+}).

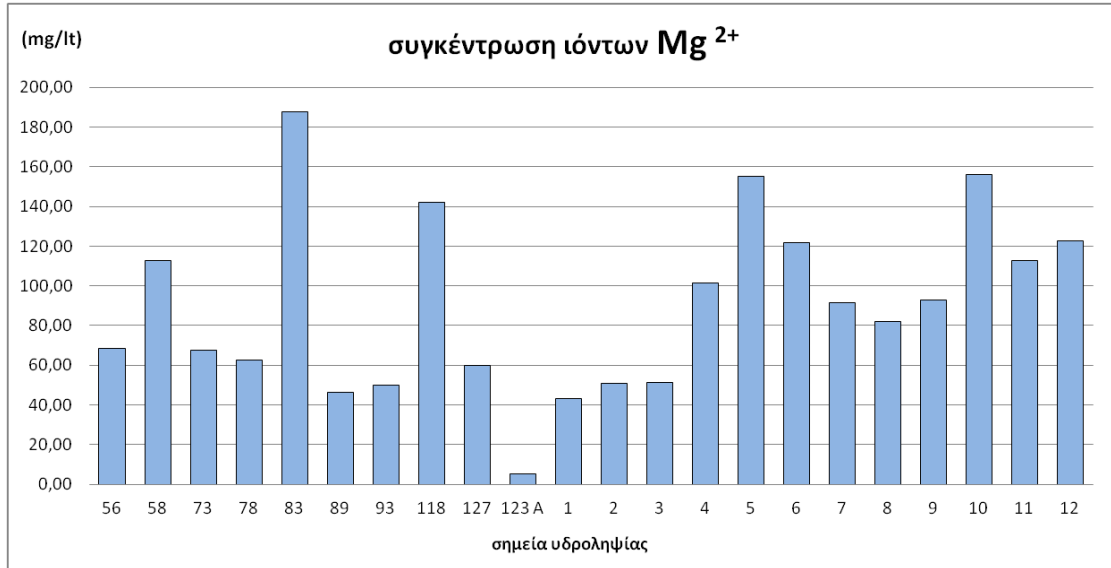
Το μαγνήσιο συνδέεται με την ύπαρξη του στον ολιβίνη, στον μαγνησίτη και στον δολερίτη, όπως επίσης και με την διάλυση του βιοτίτη και χλωρίτη στα μεταμορφωμένα πετρώματα. Στα ανθρακικά πετρώματα η ύπαρξη δολομίτη αυξάνει τις συγκεντρώσεις μαγνησίου στα νερά που έχουν άμεση επαφή με αυτόν (Βουδούρης, 2009). Από τον πίνακα 20 παρατηρούμε μέση τιμή 90,15 mg/l, μέγιστη 187,83 mg/l στο δείγμα 83 (το οποίο πέρα από το ότι βρίσκεται σε περιοχή με έντονη υφαλμύριση, βρίσκεται πολύ κοντά σε εμφανίσεις οφιόλιθου) και ελάχιστη στο 123Α. Σαν μέγιστη επιτρεπτή τιμή για την ανθρώπινη κατανάλωση μπορούμε να βρούμε τα 50 mg/l (80/778/ΕΟΚ, 1980) η οποία υπερκαλύπτεται σε όλα τα δείγματα εκτός από τα 89, 93, 123Α και 1. Στο σχήμα 24 παρατηρούμε την διακύμανση του μαγνησίου στα δείγματα και στο σχήμα 25 την χωρική κατανομή του. Συμπερασματικά, η παρουσία μαγνησίου στη περιοχή έχει σχέση με την ύπαρξη εξαλλοιώσεων των υπερβασικών πετρωμάτων της περιοχής σαν κλαστικά ιζήματα στις προσχώσεις. Επίσης η θαλάσσια διείσδυση διαδραματίζει μεγάλο ρόλο καθώς ο λόγος Ca / Mg (πίνακας 19) είναι πολύ μικρότερος του 1,5 (Βουδούρης, 2009)(Appelo & Postma, 1996) σε όλα τα δείγματα εκτός από το 123 Α, όπου είναι το μοναδικό δείγμα εκτός της προσχωματικής λεκάνης των Ψαχνών.

Πίνακας 19 - Λόγος συγκέντρωσης ασβεστίου προς μαγνήσιο στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

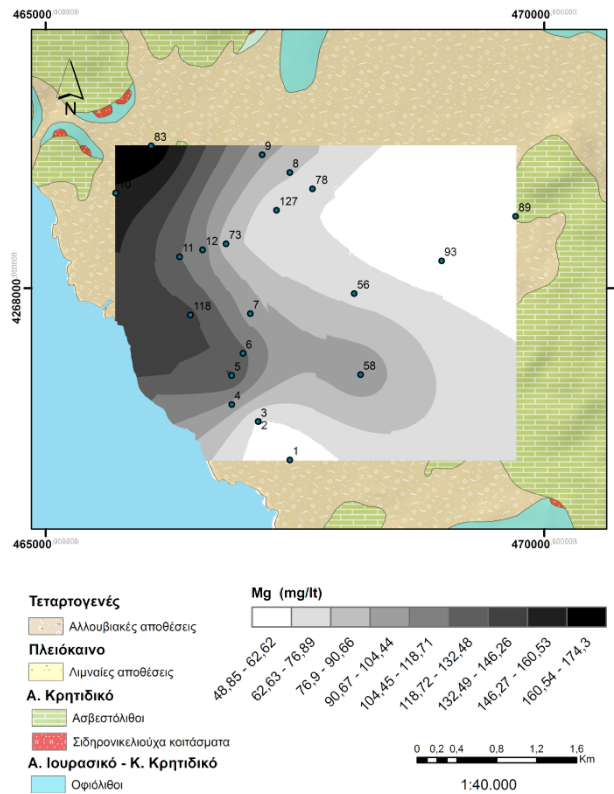
δείγμα	Ca/Mg	δείγμα	Ca/Mg
56	0,78	2	0,62
58	0,80	3	0,56
73	0,70	4	0,54
78	0,77	5	0,58
83	0,39	6	0,40
89	1,18	7	0,54
93	0,97	8	0,51
118	0,68	9	0,44
127	0,89	10	0,99
123 A	10,56	11	0,68
1	0,63	12	0,54

Πίνακας 20 - Συγκέντρωση (mg/lit) μαγνησίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Mg ²⁺ (mg/lit)	δείγμα	Mg ²⁺ (mg/lit)
56	68,6	3	51,3
58	112,7	4	101,3
73	67,6	5	155
78	62,7	6	121,7
83	187,8	7	91,7
89	46,1	8	82,2
93	50,0	9	93
118	142,0	10	156
127	59,8	11	112,6
123 A	5,1	12	122,6
1	43,0	μέση τιμή	90,15
2	50,8	μέγιστη τιμή	187,8276502
		ελάχιστη τιμή	5,06



Σχήμα 24 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης μαγνησίου των δειγμάτων.



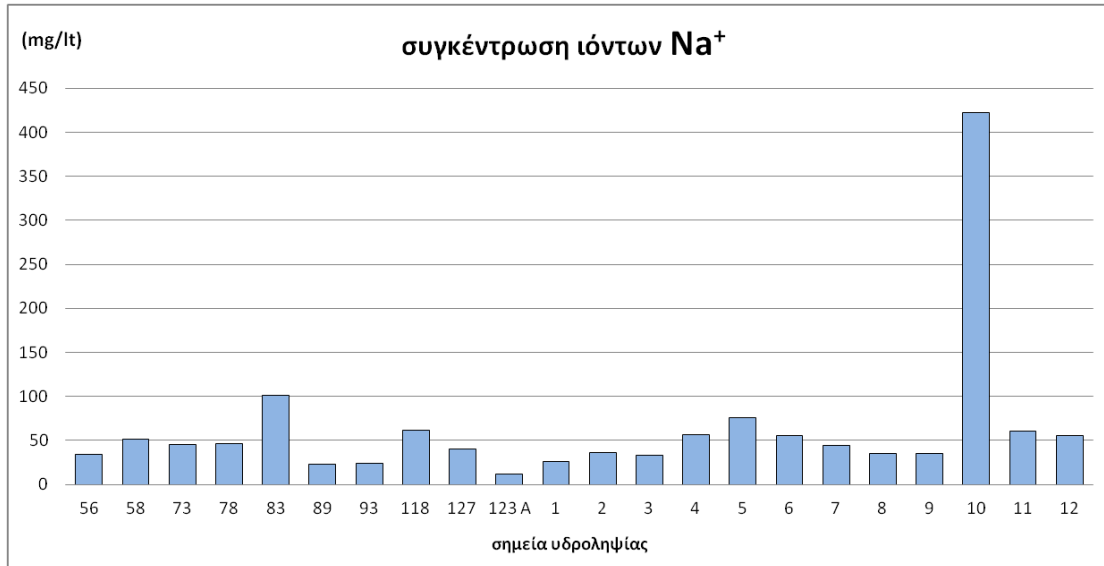
Σχήμα 25 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης μαγνησίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.5.3 Νάτριο (Na⁺).

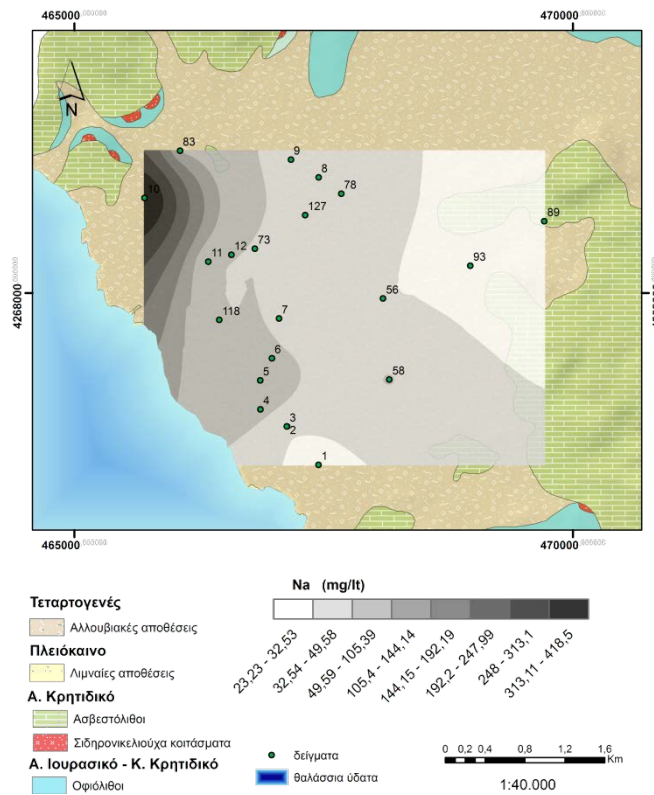
Το νάτριο συνδέει την παρουσία του με την διάλυση και διάβρωση αλβίτη, γλαυκοφανή και αλίτη. Επίσης, σε μικρότερο βαθμό του νεφελίνη, σοδάλιθου και σιλβίτη. Συσχέτιση της παρουσίας νατρίου υπάρχει και με την παρουσία φαινομένων υφαλμύρινσης στο υδροφορέα, όπως και επιρροής μέσω αερομεταφερόμενων σωματιδίων από την θάλασσα. Μέση συγκέντρωση νατρίου στα υπόγεια νερά είναι τα 20 mg/lit (Βουδούρης, 2009). Ανώτερο όριο για ασφαλή ανθρώπινη κατανάλωση είναι τα 200 mg/lit (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001), το οποίο υπερκαλύπτεται στο δείγμα 10 (πίνακας 21). Μέσο όρο μετρήσεων νατρίου έχουμε 62,48 mg/lit, ανώτερη τιμή τα 422,5 mg/lit στο δείγμα 10 και ελάχιστη στο 123Α. Από αυτές τις μετρήσεις προκύπτει η χωρική κατανομή του σχήματος 27. Παρατηρούμε ότι κύριο λόγο στην ύπαρξη νατρίου στα νερά της περιοχής έχει η θαλάσσια διείσδυση στον υδροφορέα. Η διακύμανση των μετρήσεων αποτυπώνεται στο σχήμα 26.

Πίνακας 21 - Συγκέντρωση (mg/lit) νατρίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Na ⁺ (mg/lit)	δείγμα	Na ⁺ (mg/lit)
56	33,8	3	33,5
58	51,2	4	56,5
73	45,7	5	75,5
78	46,5	6	55
83	101	7	44
89	23,2	8	35
93	24,4	9	35
118	61,4	10	422,5
127	40,5	11	60,5
123 A	12	12	55
1	26,3	μέση τιμή	62,48
2	36	μέγιστη τιμή	422,5
		ελάχιστη τιμή	12,00



Σχήμα 26 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης νατρίου των δειγμάτων.



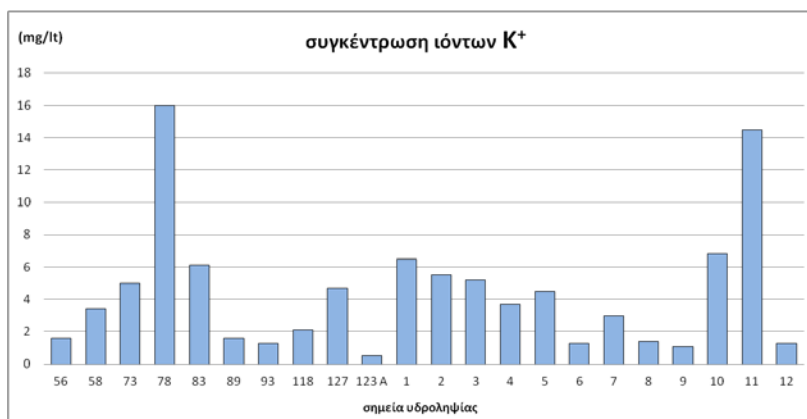
Σχήμα 27 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης νατρίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.5.4 Κάλιο (K⁺).

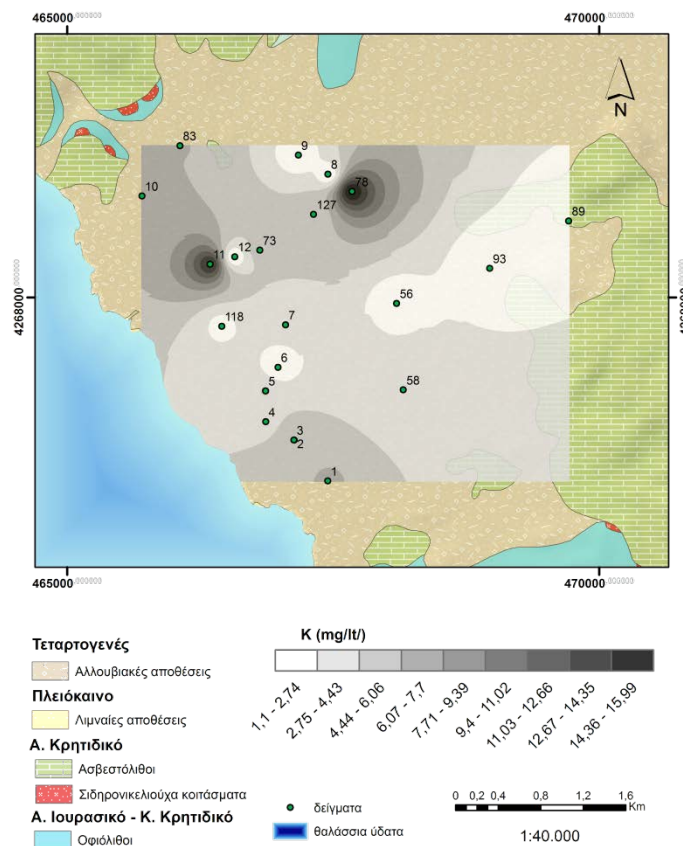
Το κάλιο συναντάται στο κρυσταλλικό πλέγμα του ορθόκλαστου, μικροκλινή, σιλβίνη και τους μαρμαρυγίες. Η παρουσία του σχετίζεται και με χρήση καλιούχων λιπασμάτων και όπως και με το νάτριο, με την θαλάσσια επιρροή (Βουδούρης, 2009). Στα φυσικά υπόγεια νερά η συγκέντρωση καλίου είναι από 0,19 έως 3,8 mg/lit (Appelo & Postma, 1996). Η ενδεικτική συγκέντρωση σε νερό για ανθρώπινη κατανάλωση είναι τα 12 mg/lit (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001) την οποία υπερβαίνει μόνο το δείγμα 11 (πίνακας 22). Στο σχήμα 28 η διακύμανση των μετρήσεων και στο σχήμα 29 η χωρική κατανομή τους. Παρατηρούνται αυξημένες μετρήσεις στην περιοχή της λεκάνης όπου υπάρχει το φαινόμενο της υφαλμύρινσης, αλλά σε μεγαλύτερο βάθος, προς τα ανατολικά σε σχέση με άλλες μετρήσεις που αποδίδονται σε διείσδυση θαλάσσιου νερού (πχ νάτριο, αγωγιμότητα κλπ). Αυτό οφείλεται στην αυξημένη τιμή του δείγματος 78, η οποία μπορεί να οφείλεται σε τοπική υπερσυγκέντρωση καλίου λόγω λιπασμάτων.

Πίνακας 22 - Συγκέντρωση (mg/lit) καλίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	K ⁺ (mg/lit)	δείγμα	K ⁺ (mg/lit)
56	1,6	3	5,2
58	3,4	4	3,7
73	5	5	4,5
78	16	6	1,3
83	6,1	7	3
89	1,6	8	1,4
93	1,3	9	1,1
118	2,11	10	6,8
127	4,7	11	14,5
123 A	0,5	12	1,3
1	6,5	μέση τιμή	4,41
2	5,5	μέγιστη τιμή	16
		ελάχιστη τιμή	0,50



Σχήμα 28 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης καλίου των δειγμάτων.



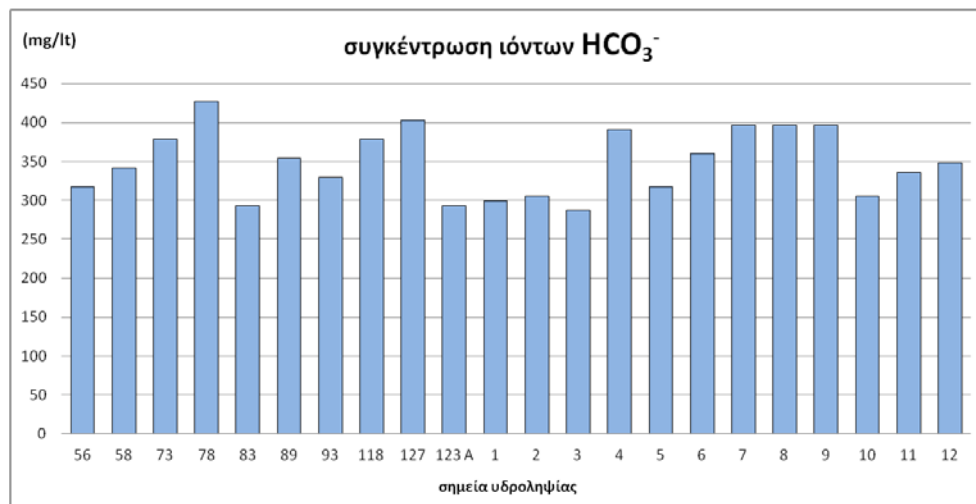
Σχήμα 29 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης καλίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.5.5 Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-).

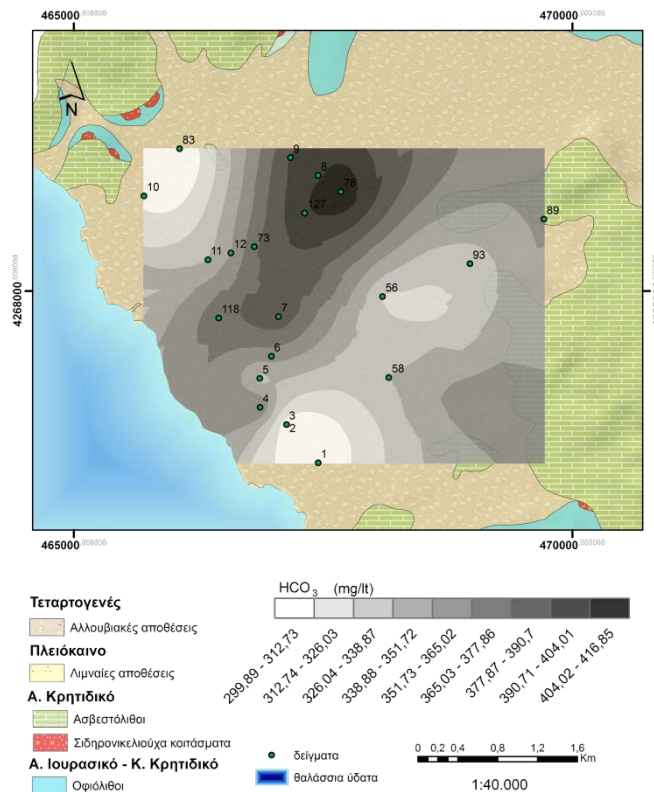
Το HCO_3^- είναι από τα επικρατέστερα ανιόντα στα γλυκά υπόγεια νερά και προέρχεται από το ατμοσφαιρικό CO_2 , από απελευθέρωση κατά την αποσύνθεση οργανικής ύλης και από την διάλυση ανθρακικών πετρωμάτων (Βουδούρης, 2009). Συνήθως στα υπόγεια νερά συναντάμε συγκεντρώσεις 50 έως 400 mg/l (Appelo & Postma, 1996). Όλα τα δείγματα έδωσαν μετρήσεις εντός αυτού του ορίου (πίνακας 23), εκτός από το δείγμα 127 όπου το ξεπερνά κατά λίγο. Μέση τιμή μετρήσεων 347,7 mg/l, μέγιστη στο δείγμα 127 (402,6 mg/l) και ελάχιστη στο δείγμα 3 (286,7 mg/l). Η διακύμανση παρουσιάζεται στο σχήμα 30 και η χωρική κατανομή στο σχήμα 31. Παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση στο κεντρικό κομμάτι της λεκάνης των Ψαχνών, σε περιοχή που είναι πάρα πολύ κοντά στον αστικό ιστό, και για αυτό το πιο πιθανό είναι να οφείλεται η κατανομή αυτή, σε ανθρωπογενή υπερπροσφορά ανθρακικού υλικού.

Πίνακας 23 - Συγκέντρωση (mg/lit) όξινων ανθρακικών στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	HCO ₃ ⁻ (mg/lit)	δείγμα	HCO ₃ ⁻ (mg/lit)
56	317,20	3	286,7
58	341,60	4	390,4
73	378,20	5	317,2
78	427,00	6	359,9
83	292,80	7	396,5
89	353,80	8	396,5
93	329,40	9	396,5
118	378,20	10	305
127	402,60	11	335,5
123 A	292,80	12	347,7
1	298,90	μέση τιμή	347,70
2	305,00	μέγιστη τιμή	427
		ελάχιστη τιμή	286,70



Σχήμα 30 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης όξινων ανθρακικών ιόντων των δειγμάτων.



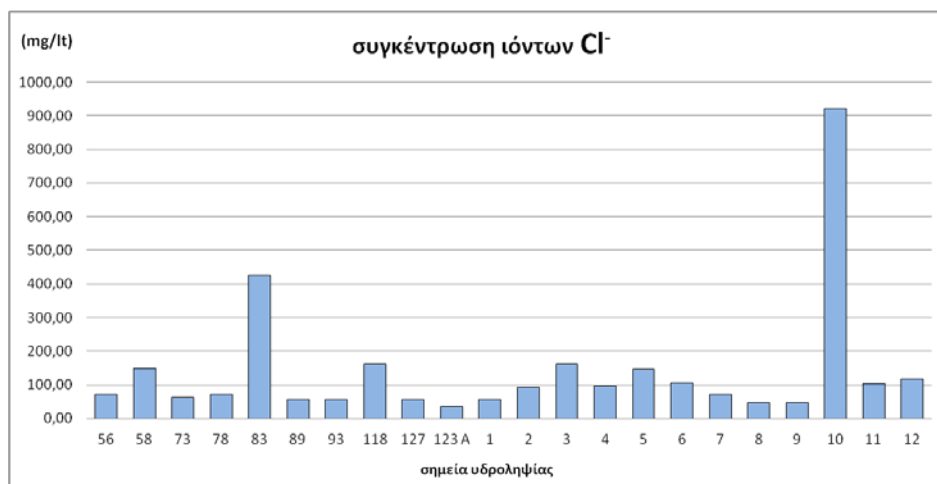
Σχήμα 31 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης όξινων ανθρακικών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.5.6 Χλώριο (Cl⁻).

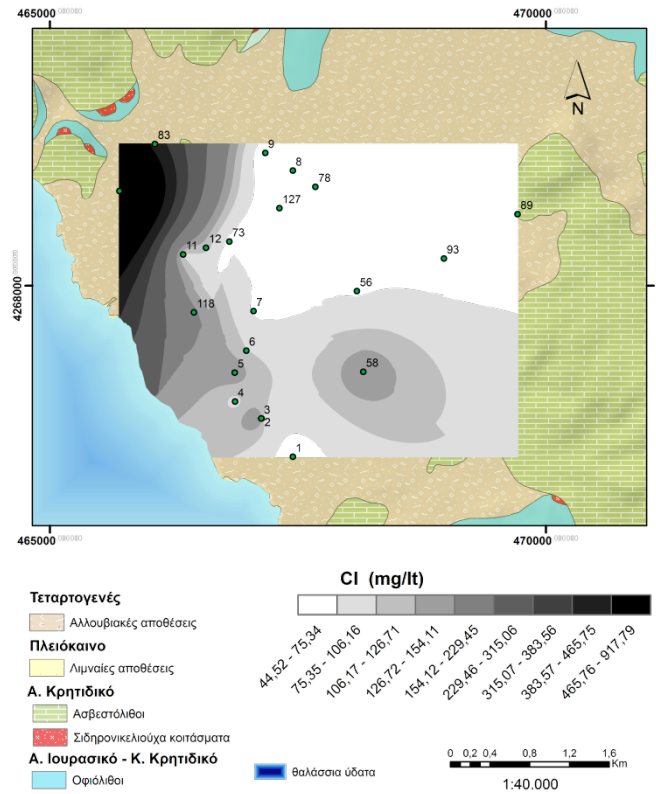
Το χλώριο σαν ιόν διαλυμένο στο υπόγειο νερό, προέρχεται από αργιλικά ορυκτά των ιζηματογενών πετρωμάτων, θαλάσσιας προέλευσης, από εβαπορίτες και από θερμές πηγές. Η διείσδυση της θάλασσας εμπλουτίζει επίσης τα υπόγεια ύδατα με χλώριο όπως και η καύση πλαστικών (Βουδούρης, 2009). Σαν όριο συγκέντρωσης για ασφαλή ανθρώπινη κατανάλωση βρίσκουμε τα 250 mg/l(80/778/ΕΟΚ, 1980) τα οποία υπερκαλύπτονται στα δείγματα 10 και 83 (πίνακας 24). Μέση τιμή τα 141,52 mg/l, ανώτερη τα 922 mg/l στο υφάλμυρο δείγμα 10 και ελάχιστη τα 35,46 mg/l στο δείγμα 123Α το οποίο βρίσκεται μακριά από την επιρροή της θάλασσας. Η διακύμανση των μετρήσεων περιγράφεται με το σχήμα 32 και η χωρική κατανομή στο σχήμα 33. Παρατηρούμε έντονες διεργασίες που σχετίζονται με την θαλάσσια διείσδυση στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης και λιγότερο στο νοτιοανατολικό τμήμα όπου η υφαλμύριση περιορίζεται σημαντικά. Σε γενικές γραμμές η έντονη παρουσία χλωρίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης φαίνεται να προέρχεται κατά κύριο λόγο από την δράση της θάλασσας στον προσχωματικό υδροφορέα της λεκάνης.

Πίνακας 24 - Συγκέντρωση (mg/lit) χλωρίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Cl ⁻ (mg/lit)	δείγμα	Cl ⁻ (mg/lit)
56	70,92	3	163,2
58	148,94	4	95,7
73	63,83	5	145,4
78	70,92	6	106,4
83	425,53	7	70,9
89	56,74	8	46
93	56,74	9	46
118	163,12	10	922
127	56,74	11	103
123 A	35,46	12	117
1	56,70	μέση τιμή	141,52
2	92,2	μέγιστη τιμή	922
		ελάχιστη τιμή	35,46



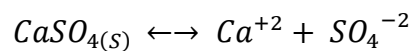
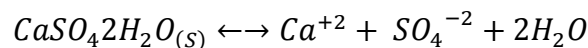
Σχήμα 32 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης χλωρίου των δειγμάτων.



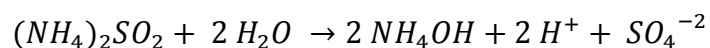
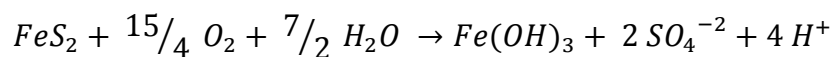
Σχήμα 33 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χλωρίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.5.7 Θεικά ιόντα (SO_4^{2-}).

Τα θεικά ιόντα στο νερό προέρχονται κυρίως από την διάλυση γύψου και ανυδρίτη, την χρήση θεικών λιπασμάτων τύπου $(NH_4)_2SO_4$ και τη οξείδωση θειούχων ενώσεων στα αργιλικά πετρώματα σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Τα σουλφίδια και το θεικό αμμώνιο παράγουν θεικά ανιόντα μέσω των αντιδράσεων:

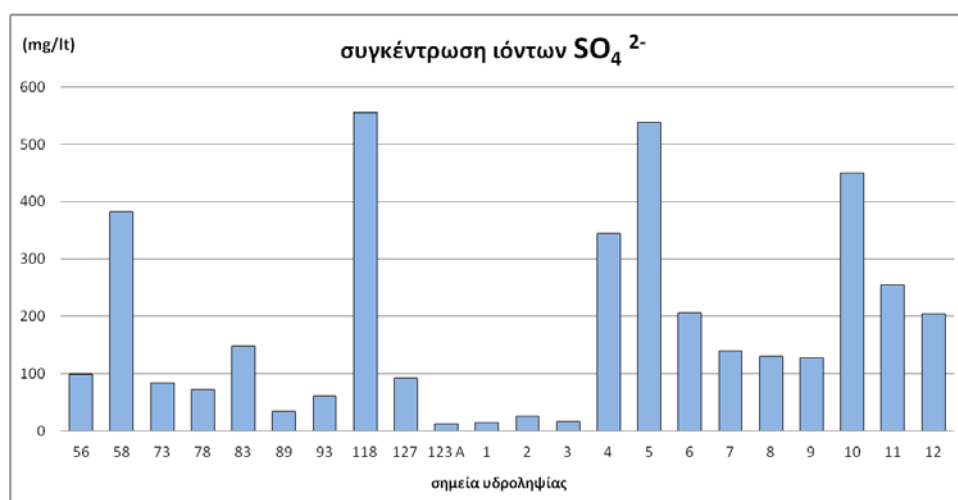


Από την διακύμανση των μετρήσεων (σχήμα 34) και την παρουσίαση των μετρήσεων στο πίνακα 25, παρατηρούμε ότι το όριο των 250 mg/Lt (80/778/EOK, 1980) να υπερβαίνεται στα δείγματα 58, 4, 5, 10 και 11. Μέση τιμή μετρήσεων τα 181,3 mg/Lt. Μέγιστη τα 555 mg/Lt στο δείγμα 118 και ελάχιστη στο δείγμα 123A.

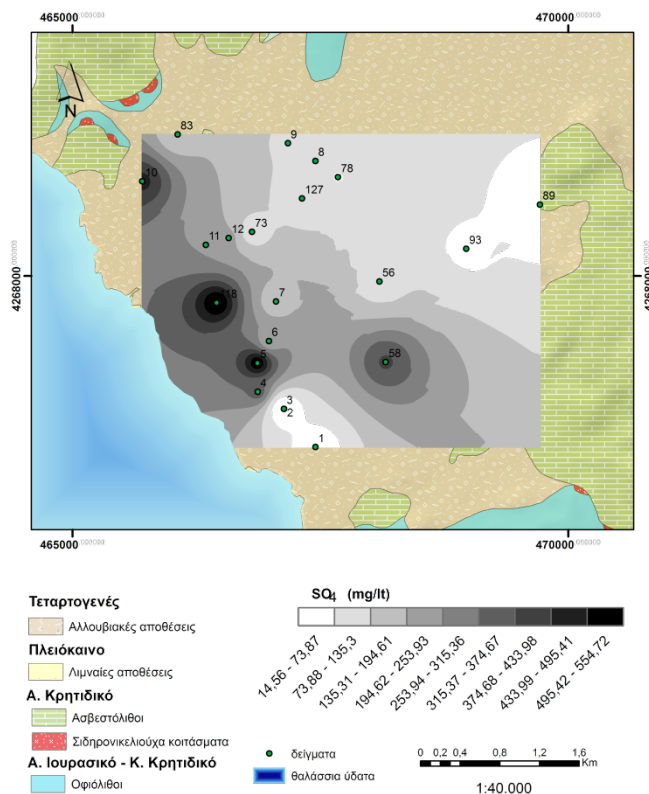
Από την χωρική κατανομή (σχήμα 35), παρατηρούμε τα υψηλότερα ποσοστά παραλιακά στην λεκάνη, με κατανομή που φαίνεται να μην ταυτίζεται με τις προαναφερθείσες κατανομές που υποδεικνύουν υφαλμύριση. Επίσης δεν φαίνεται να υπάρχει χωρική κατανομή που να συνδέεται με την ύπαρξη των σιδηρονικελιούχων κοιτασμάτων στην γύρω περιοχή. Συνεπώς, τα υψηλά ποσοστά θεικών ανιόντων μάλλον προέρχονται από την χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες από τις οποίες έγινε η δειγματοληψία και σε σημαντικό ποσοστό από την διείσδυση της θάλασσας.

Πίνακας 25 - Συγκέντρωση (mg/lit) θεικών ιόντων στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	SO ₄ ⁻² (mg/lit)	δείγμα	SO ₄ ⁻² (mg/lit)
56	99,4	3	16
58	382,5	4	343,7
73	83,35	5	537,5
78	71,5	6	206,3
83	147,15	7	140
89	33,15	8	130
93	60,65	9	127,5
118	555	10	450
127	92,55	11	255
123 A	12,3	12	205
1	14,5	μέση τιμή	181,30
2	25,5	μέγιστη τιμή	555
		ελάχιστη τιμή	12,30



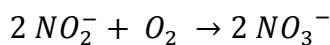
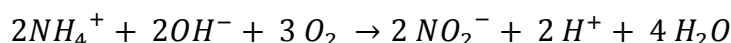
Σχήμα 34 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης θεικών ιόντων των δειγμάτων.



Σχήμα 35 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης θεικών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.5.8 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-).

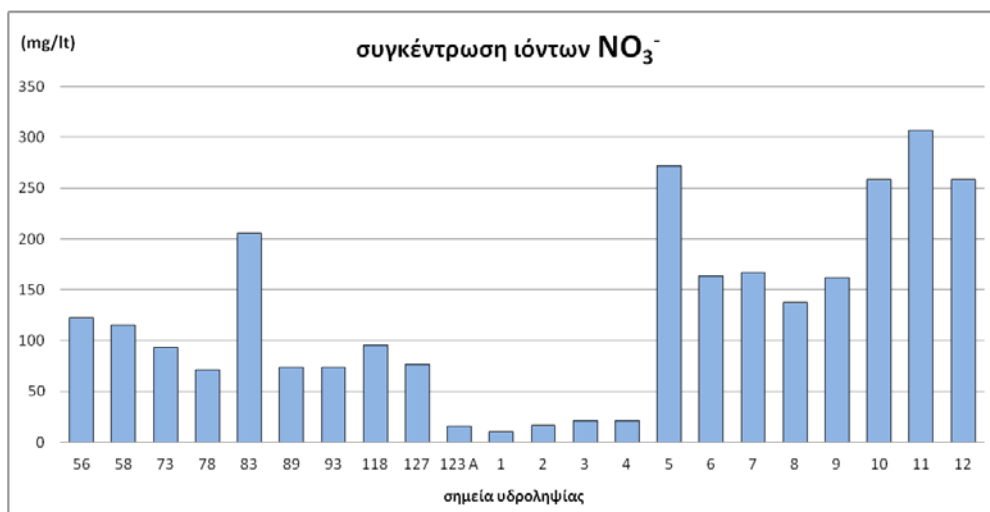
Τα νιτρικά ιόντα προέρχονται από την αποσύνθεση ζωικής και φυτικής ύλης και πιο συγκεκριμένα από την αποσύνθεση οργανικών αζωτούχων ενώσεων. Μπορεί να προέρχονται από λιπάσματα, ζωικά περιττώματα, νερά αποχέτευσης και νερά που προέρχονται από λιπασμένα εδάφη (Βουδούρης, 2009). Μικροοργανισμοί οξειδώνουν το αμμώνιο σε δύο στάδια με τις εξής αντιδράσεις:



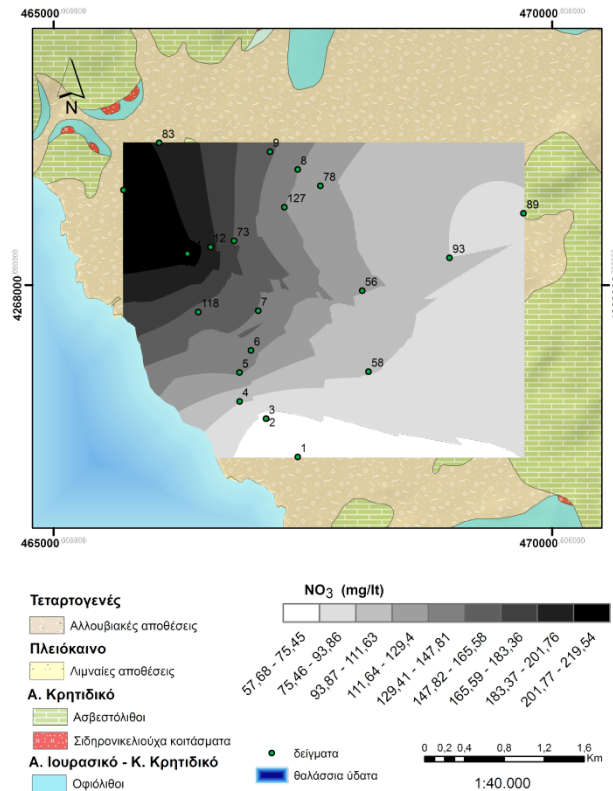
Στην περιοχή μελέτης οι τιμές των νιτρικών ιόντων (πίνακας 26) είναι κατά πολύ υψηλότερες από την επιτρεπτή συγκέντρωση των 50 mg/l (ΦΕΚ-892'Β/11-7-2011, 2001) σε όλα τα δείγματα εκτός των 123Α και 1 έως 4. Μέση τιμή αναλύσεων τα 124,42 mg/l, υψηλότερη τα 306,8 mg/l στο δείγμα 11 και χαμηλότερη στο δείγμα 1 (10,2 mg/l). Από την διακύμανση των μετρήσεων (σχήμα 36) και χωρική κατανομή (σχήμα 37), μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι μεγάλες τιμές που παρουσιάζονται στο κεντρικό και βορειοανατολικό κομμάτι της λεκάνης, αυξανόμενες προς τα βορειοανατολικά, υποδεικνύουν έντονη ρύπανση λόγω καλλιέργειας στην λεκάνη των Ψαχνών και ενδεχομένως η κατανομή αυτή, να δείχνει έντονα φορτία νιτρικών να οδηγούνται από τον αστικό ιστό καθώς και από τις υπόλοιπες καλλιεργήσιμες περιοχές στα ανατολικά, μέσω του ποταμού Μεσάπιου.

Πίνακας 26 - Συγκέντρωση (mg/lit) νιτρικών ιόντων στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	NO ₃ ⁻ (mg/lit)	δείγμα	NO ₃ ⁻ (mg/lit)
56	122,1	3	21,2
58	115,5	4	21,2
73	93,5	5	271,7
78	70,95	6	163,3
83	205,7	7	166,4
89	73,7	8	137,3
93	73,7	9	162
118	95,7	10	258,7
127	77	11	306,8
123 A	15,4	12	258,8
1	10,2	μέση τιμή	124,42
2	16,4	μέγιστη τιμή	306,8
		ελάχιστη τιμή	10,20



Σχήμα 36 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων των δειγμάτων.



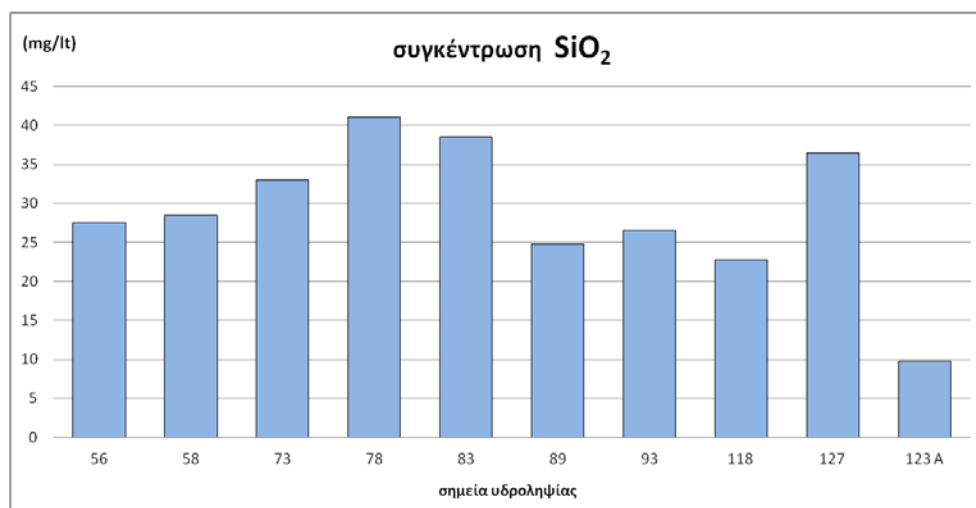
Σχήμα 37 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.5.9 Διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂).

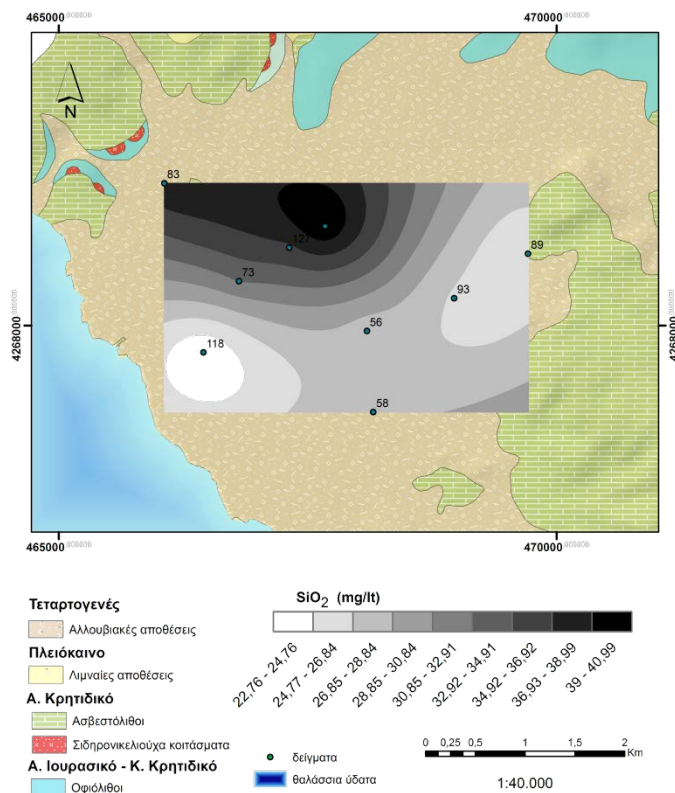
Το πυρίτιο είναι ένα από τα πιο άφθονα στοιχεία στον φλοιό της γης, με μικρή κινητικότητα όμως, καθώς οι πυριτικές ενώσεις είναι δυσδιάλυτες. Η φυσική συσσώρευση υπολειμματικού χαλαζία και άλλων αργιλοπυριτικών ορυκτών, υποδηλώνει την τάση αυτή. Αναμενόμενες τιμές διοξειδίου του πυριτίου στα υπόγεια νερά είναι από 5 mg/lt έως 40 mg/lt (Davis & DeWiest, 1966) κάτι το οποίο επαληθεύεται στην περιοχή μελέτης (πίνακας 29). Από την χωρική κατανομή (σχήμα 43) παρατηρούμε αύξηση των τιμών προς τα βόρεια και αυτό πιθανά να συμβαίνει λόγω της παρουσίας στα βόρεια του ποταμού Μεσάπιου, ο οποίος μεταφέρει υλικό αποσάθρωσης από την υπόλοιπη λεκάνη, κυρίως από οφιόλιθους.

Πίνακας 27 - Συγκέντρωση (mg/l) διοξειδίου του πυριτίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	SiO ₂ (mg/l)
56	27,5
58	28,5
73	33
78	41
83	38,5
89	24,75
93	26,5
118	22,75
127	36,5
123 A	9,75
μέση τιμή	28,875
μέγιστη τιμή	41
ελάχιστη τιμή	9,75



Σχήμα 38 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης διοξειδίου του πυριτίου των δειγμάτων.



Σχήμα 39 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης διοξειδίου του πυριτίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

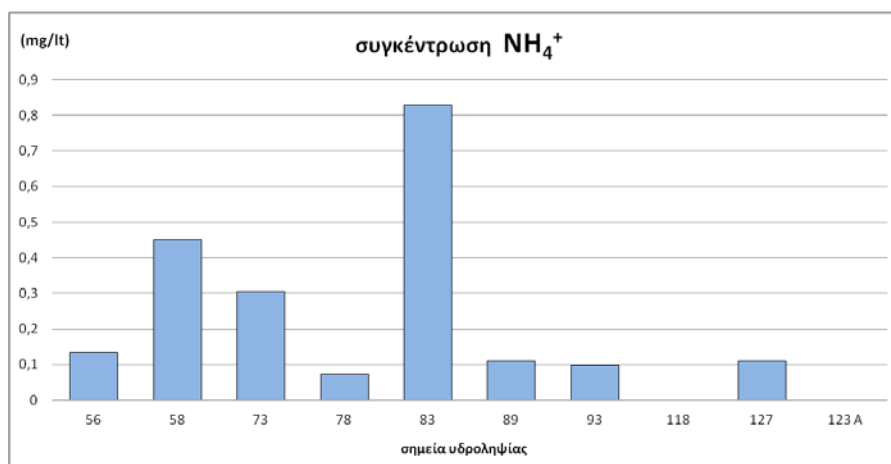
7.6. Ιχνοενώσεις.

7.6.1 Αμμωνιακά ιόντα (NH₄⁺).

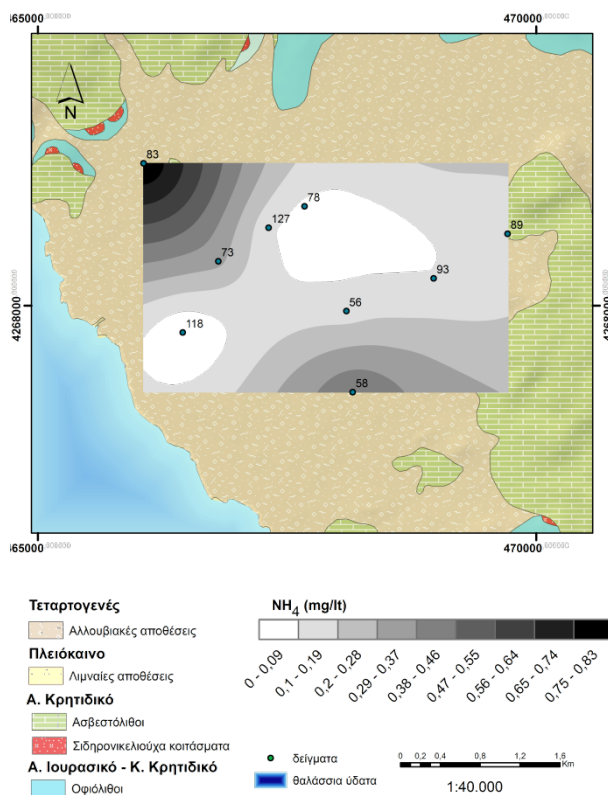
Τα αμμωνιακά ιόντα προκύπτουν από την αναγωγή των νιτρικών και υποδεικνύουν ρύπανση των υδάτων. Στην περιοχή μελέτης συναντάμε μετρήσεις με μέση τιμή τα 0,21 mg/l, ανώτερη τιμή τα 0,8296 mg/l και σε μερικά δείγματα μηδενική παρουσία (πίνακας 27). Στην περιοχή μελέτης επικρατούν οξειδωτικές συνθήκες, συνεπώς δεν περιμένουμε πολύ μεγάλες τιμές. Πάνω από το όριο των 0,5 mg/l (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001), έχουμε μόνο το δείγμα 83, το οποίο βρίσκεται στο λιγότερο οξειδωτικό κομμάτι της περιοχής δειγματοληψίας (σχήμα 39).

Πίνακας 28 - Συγκέντρωση (mg/lit) αμμωνιακών ιόντων στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	NH ₃ (mg/lit)
56	0,1342
58	0,4514
73	0,305
78	0,0732
83	0,8296
89	0,1098
93	0,0976
118	0
127	0,1098
123 A	0
μέση τιμή	0,21106
μέγιστη τιμή	0,8296
ελάχιστη τιμή	0



Σχήμα 40 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης αμμωνιακών ιόντων των δειγμάτων.



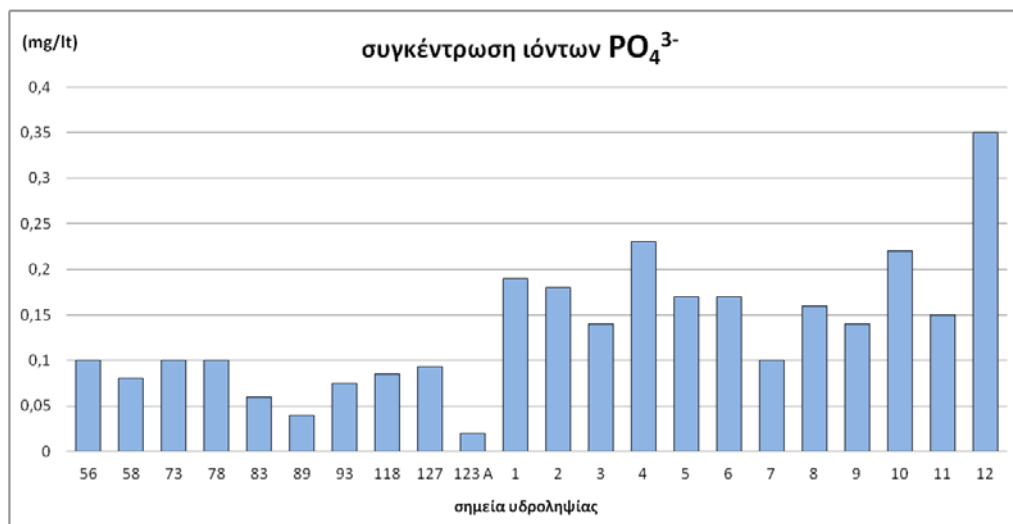
Σχήμα 41 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης αμμωνιακών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.6.2 Φωσφορικά ιόντα (PO₄⁻³).

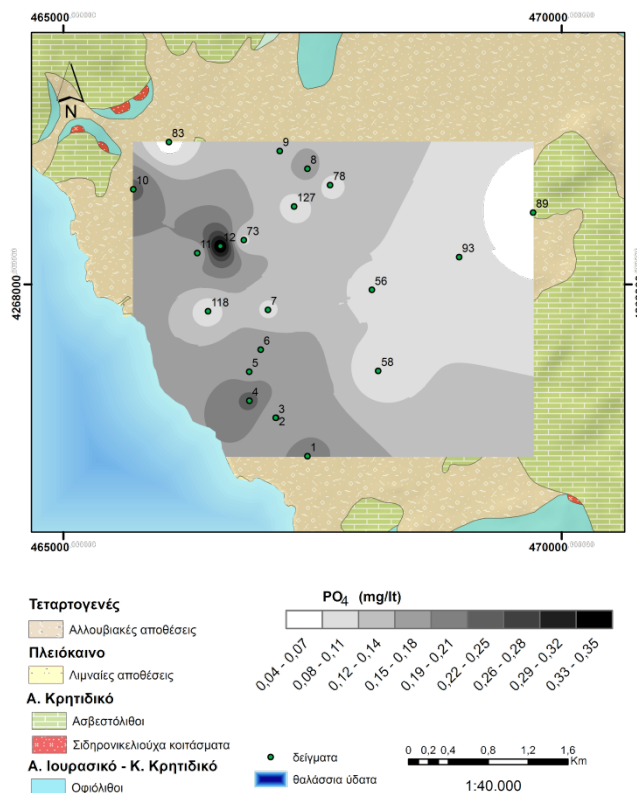
Τα φωσφορικά ιόντα σχετίζονται με την μόλυνση από αστικά λύματα και φωσφορικά λιπάσματα. Ανώτερη επιτρεπτή τιμή συγκέντρωσης είναι τα 5 mg/l (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001) για το πόσιμο νερό, η οποία δεν υπερκαλύπτεται σε κανένα δείγμα. Μέση τιμή συγκέντρωσης στα δείγματα της περιοχής μελέτης (πίνακας 28) είναι 0,13 mg/l, μέγιστη τα 0,35 mg/l και ελάχιστη τα 0,02 mg/l. Από την χωρική κατανομή (σχήμα 41) παρατηρούμε μεγάλη εξάπλωση σε ότι αφορά την ανίχνευση (ενδεικτική τιμή συγκέντρωσης τα 0,4 mg/l) αλλά κυρίως σημειακή παρουσία, η οποία μπορεί να αποδοθεί σε μεγαλύτερη επιμέρους χρήση λιπασμάτων.

Πίνακας 29 - Συγκέντρωση (mg/lit) φωσφορικών ιόντων στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	PO ₄ ⁻³ (mg/lit)	δείγμα	PO ₄ ⁻³ (mg/lit)
56	0,1	3	0,14
58	0,08	4	0,23
73	0,1	5	0,17
78	0,1	6	0,17
83	0,06	7	0,1
89	0,04	8	0,16
93	0,075	9	0,14
118	0,085	10	0,22
127	0,093	11	0,15
123 A	0,02	12	0,35
1	0,19	μέση τιμή	0,13
2	0,18	μέγιστη τιμή	0,35
		ελάχιστη τιμή	0,02



Σχήμα 42 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης φωσφορικών ιόντων των δειγμάτων.



Σχήμα 43 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης φωσφορικών ιόντων των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

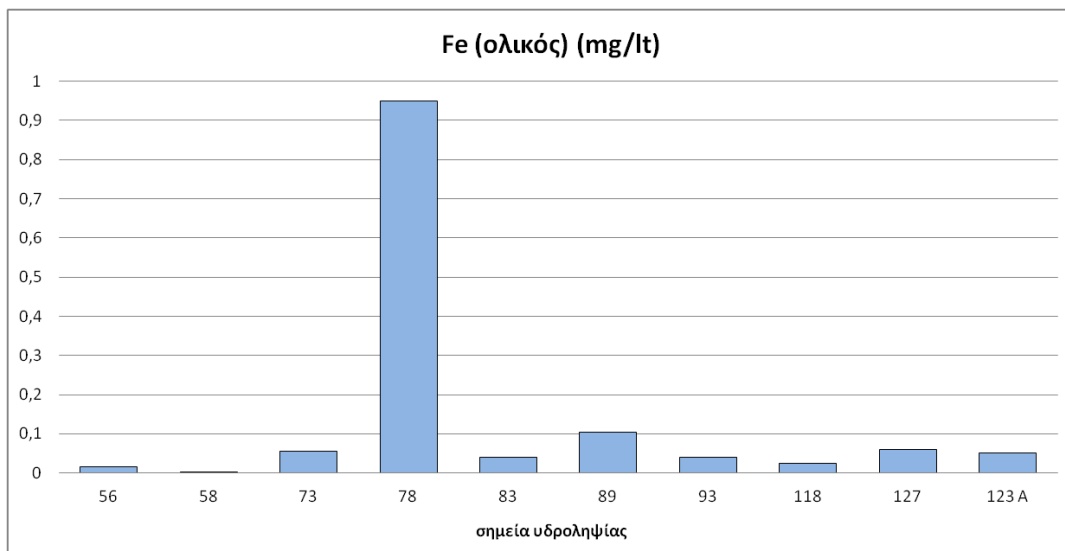
7.8 Βαρέα μέταλλα.

7.8.1. Σίδηρος (Fe²⁺ - Fe³⁺).

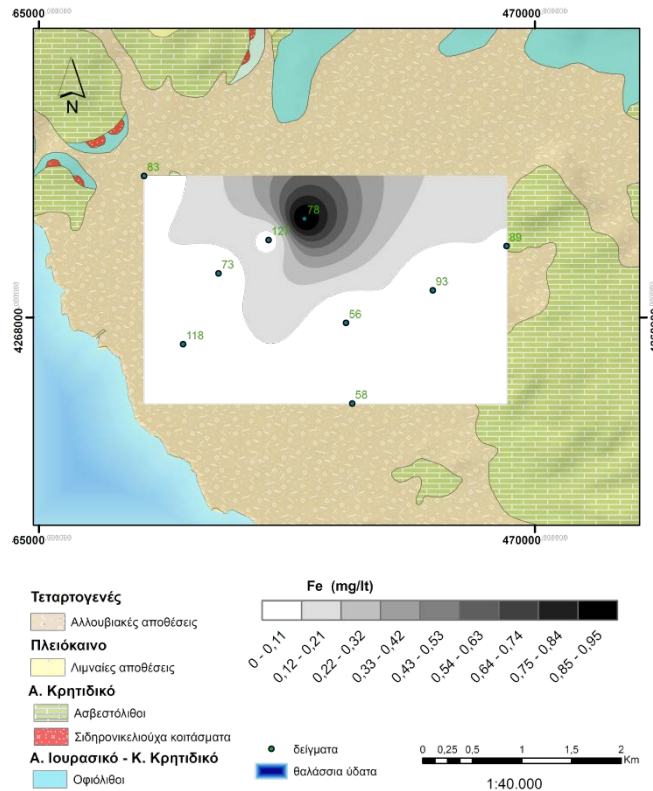
Ο σίδηρος αποτελεί το τέταρτο πιο άφθονο στοιχείο στα εδάφη και στα πετρώματα. Κύρια πηγή του είναι τα οξείδια του (αιματίτης και μαγνητίτης), τα υδροξείδια του (πχ. λειμωνίτης) και οι θειούχες ενώσεις του (πχ. σιδηροπυρίτης, μαρκασίτης κα). Σαν όριο για την συγκέντρωση του στο πόσιμο νερό ορίζονται τα 0,2 mg/l (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001). Στην περιοχή μελέτης (πίνακας 30) μόνο στο δείγμα 78 έχουμε υπέρβαση ορίων συγκέντρωσης. Από την χωρική κατανομή παρατηρούμε μια τοπικότητα στην αντίχενυση και συνεπώς η υψηλή συγκέντρωση στο δείγμα 78 πρέπει να οφείλεται σε τοπικά αυξημένα ποσοστά ίσως από κάποια ανθρωπογενή αιτία.

Πίνακας 30 - Συγκέντρωση (mg/lit) σιδήρου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Fe
56	0,016
58	0,001
73	0,056
78	0,95
83	0,039
89	0,104
93	0,039
118	0,024
127	0,06
123 A	0,051
μέση τιμή	0,134
μέγιστη τιμή	0,95
ελάχιστη τιμή	0,001



Σχήμα 44 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης σιδήρου των δειγμάτων.



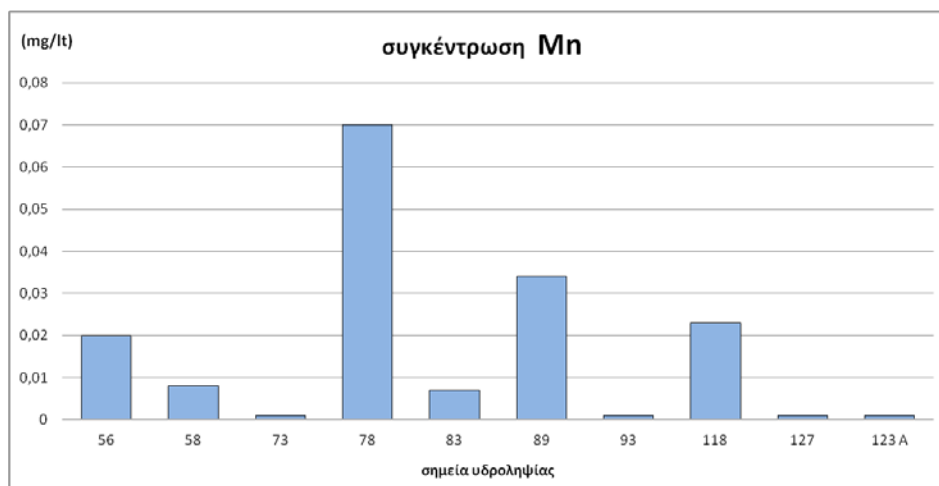
Σχήμα 45 - Χωρική κατανομή σιδήρου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.8.2. Μαγγάνιο (Mn).

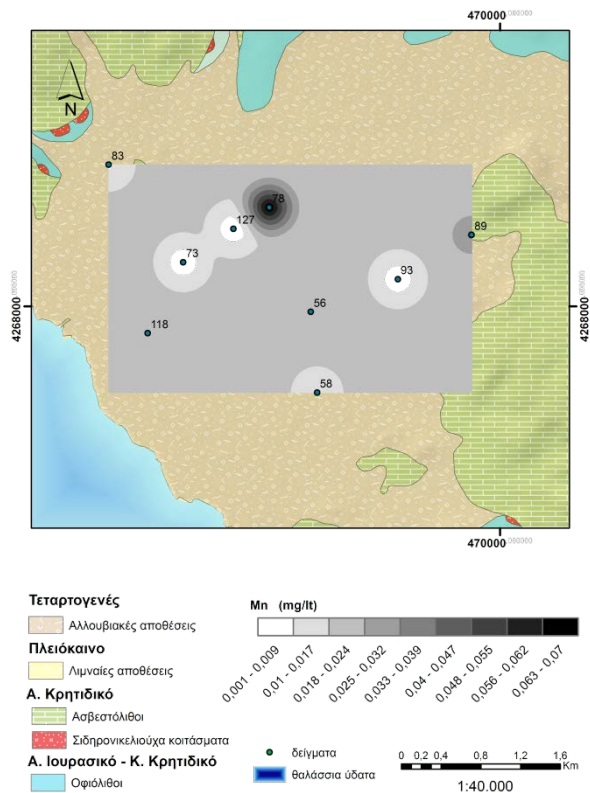
Οι συγκεντρώσεις μαγγανίου στα υπόγεια νερά βρίσκονται σε γενικές γραμμές χαμηλότερα από αυτές του σιδήρου, λόγω της δυσδιαλυτότητας του. Οι υψηλές συγκεντρώσεις συνήθως δηλώνουν ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Καλλέργης, 1999). Κύριες πηγές μαγγανίου είναι τα διάφορα πλούσια σε μαγγάνιο ορυκτά, όπως πυρολουσίτης, πυροχρωίτης, ροδοχροσίτης, και ανκερίτης. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις συναντώνται σε γάββρους και βασάλτες. Ανώτερο επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης στο νερό είναι τα 0,05 mg/l (80/778/ΕΟΚ, 1980), το οποίο μόνο σε ένα δείγμα παρατηρείται να υπερβαίνεται (πίνακας 31). Από την χωρική κατανομή (σχήμα 47) παρατηρούμε την υψηλότερη συγκέντρωση σε δείγμα εντός αστικού ιστού και γενικότερα μια κατανομή στα όρια της ανίχνευσης (ενδεικτική τιμή ανίχνευσης 0,02 mg/l).

Πίνακας 31 - Συγκέντρωση (mg/l) μαγγανίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Mn
56	0,02
58	0,008
73	0,001
78	0,07
83	0,007
89	0,034
93	0,001
118	0,023
127	0,001
123 A	0,001
μέση τιμή	0,0166
μέγιστη τιμή	0,07
ελάχιστη τιμή	0,001



Σχήμα 46 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης μαγγανίου των δειγμάτων.



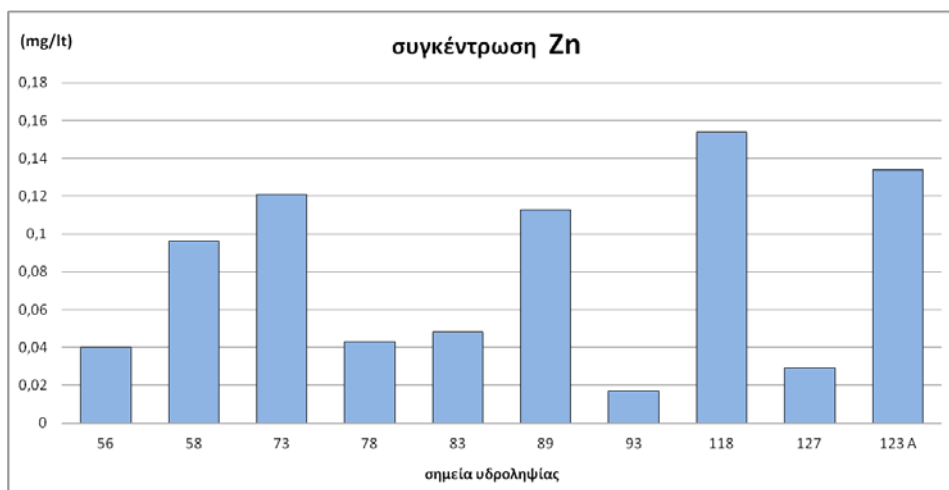
Σχήμα 47 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης μαγγανίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.8.3. Ψευδάργυρος (Zn).

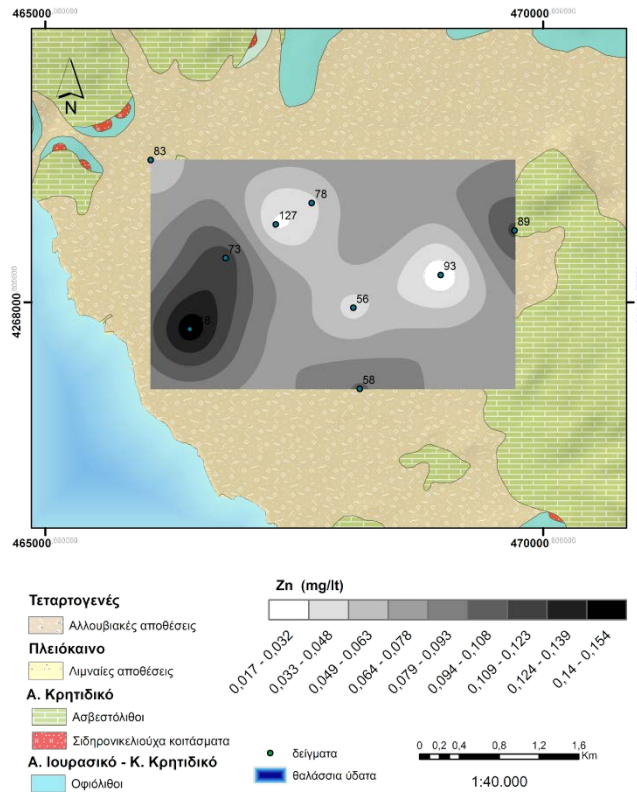
Ο ψευδάργυρος απαντάται συνήθως σε μεικτά θειούχα κοιτάσματα με κύρια ορυκτά του τον σφαλερίτη, ζιγκίτη και σμισθωνίτη. Έχει χαμηλές συγκεντρώσεις στο φυσικό νερό (0 - 0,22 mg/l) επειδή τα οξείδια του, είναι ελαφρώς διαλυτά στο νερό, ενώ τα χλωριούχα και θειικά άλατα υδρολύονται και σχηματίζουν υδροξείδιο του ψευδαργύρου και ανθρακικό ψευδάργυρο. Ως ανώτερο επιτρεπτό όριο βρίσκουμε τα 0,1 mg/l (80/778/ΕΟΚ, 1980) το οποίο στην περιοχή μελέτης υπερκαλύπτεται σε τέσσερα δείγματα (πίνακας 32). Από την χωρική κατανομή (σχήμα 49) παρατηρούμε υψηλές τιμές περιμετρικά του κέντρου της λεκάνης των Ψαχνών.

Πίνακας 32 - Συγκέντρωση (mg/l) ψευδαργύρου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Zn
56	0,04
58	0,096
73	0,121
78	0,043
83	0,048
89	0,113
93	0,017
118	0,154
127	0,029
123 A	0,134
μέση τιμή	0,0795
μέγιστη τιμή	0,154
ελάχιστη τιμή	0,017



Σχήμα 48 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης ψευδαργύρου των δειγμάτων.



Σχήμα 49 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης ψευδαργύρου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.8.4. Νικέλιο (Ni).

Το νικέλιο που ανιχνεύεται σε μετρήσεις υδάτων, μπορεί να προέρχεται από τα σουλφίδια του (πχ. πεντλανδίτης), τα υδροξείδια του (θεοφρασίτης) και γενικότερα από τα σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα. Στην περιοχή μελέτης δεν ανιχνεύθηκε νικέλιο, τουλάχιστον σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 0,001 mg/l, με εξαίρεση το δείγμα 123A (0,081 mg/l) που βρίσκεται κοντά σε σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα. Η τιμή αυτή, είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το όριο για πόσιμο νερό (0,02 mg/l) (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001).

7.8.5. Χρώμιο (Cr).

Από τις αναλύσεις που έγιναν στα δείγματα της περιοχής, δεν παρατηρήθηκε συγκέντρωση χρωμίου, τουλάχιστον μεγαλύτερη από 0,001 mg/l. Στην περιοχή μελέτης, λόγω των οφιολίθων περιμένουμε παρουσία χρωμίου (Economidou et al, 2013), μέσω του κλαστικού υλικού στον προσχωματικό υδροφορέα, τουλάχιστον.

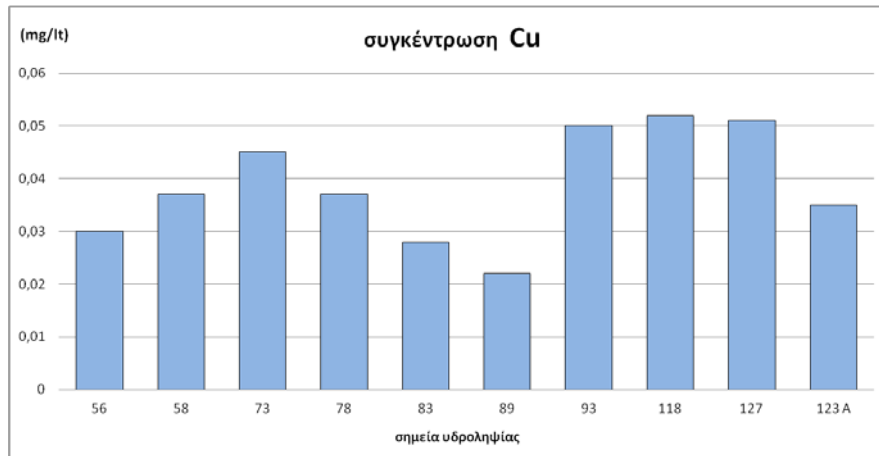
Πράγματι, η Βασιλείου (2013) αναφέρει συγκεντρώσεις ολικού χρωμίου από 20 έως 150 µg/lt στην περιοχή των Ψαχνών, τιμές που ξεπερνούν σε μερικές περιπτώσεις το ανώτερο επιτρεπτό όριο για πόσιμο νερό, δηλαδή 0,05 mg/l - (ΦΕΚ-892 Β/11-7-2011, 2001) και τιμές από 8 έως 146 µg/lt εξασθενούς χρωμίου. Η παρουσία χρωμίου είναι επακόλουθο κυρίως της γεωλογίας της ευρύτερης περιοχής μελέτης, αλλά υπάρχει μεγάλη συσχέτιση και με την ανθρώπινη δραστηριότητα στην περιοχή της λεκάνης των Ψαχνών, τουλάχιστον. Τα νιτρικά ιόντα αποδεικνύονται να έχουν μεγάλη σχέση με την παρουσία του εξασθενούς χρωμίου λόγω του ότι οξειδώνουν το τρισθενές χρώμιο σε εξασθενές (Βασιλείου, 2013).

7.8.6. Χαλκός (Cu).

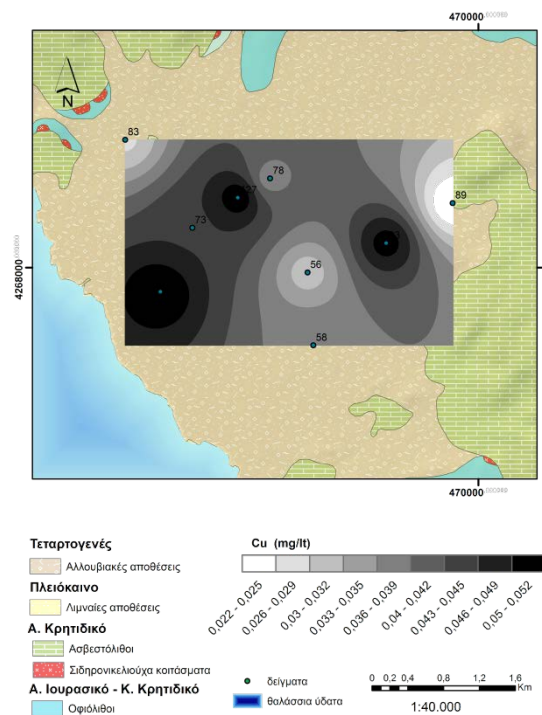
Ο χαλκός εντοπίζεται σε ένα μεγάλο αριθμό ορυκτών όπως ο κυπρίτης, χαλκοσίνης, χαλκοπυρίτης, αζουρίτης, μαλαχίτης και κοβελίνης και είναι από τα πιο δυσκίνητα στοιχεία στο έδαφος γιατί προσροφάται και ακινητοποιείται σε αυτό. Παρουσία χαλκού στα νερά μιας περιοχής μπορούμε να έχουμε από την επιρροή μικτών θειούχων κοιτασμάτων αλλά και λόγω λίπανσης και φυτοφαρμάκων. Ανώτερη αποδεκτή τιμή για το πόσιμο νερό είναι τα 2 mg/l. Στην περιοχή μελέτης δεν υπάρχει υπέρβαση αυτού του ορίου (πίνακας 33). Χωρική κατανομή στο σχήμα 51.

Πίνακας 33 - Συγκέντρωση (mg/l) χαλκού στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Cu
56	0,03
58	0,037
73	0,045
78	0,037
83	0,028
89	0,022
93	0,05
118	0,052
127	0,051
123 A	0,035
μέση τιμή	0,0387
μέγιστη τιμή	0,052
ελάχιστη τιμή	0,022



Σχήμα 50 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης χαλκού των δειγμάτων.



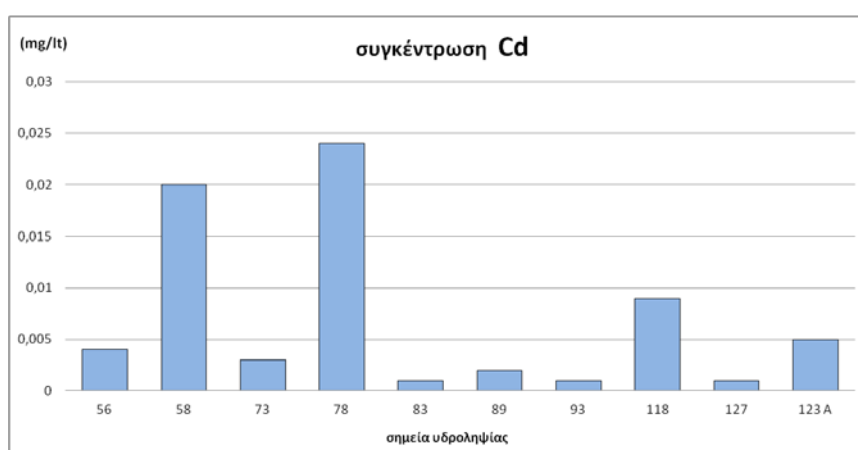
Σχήμα 51 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χαλκού των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.8.7. Κάδμιο (Cd).

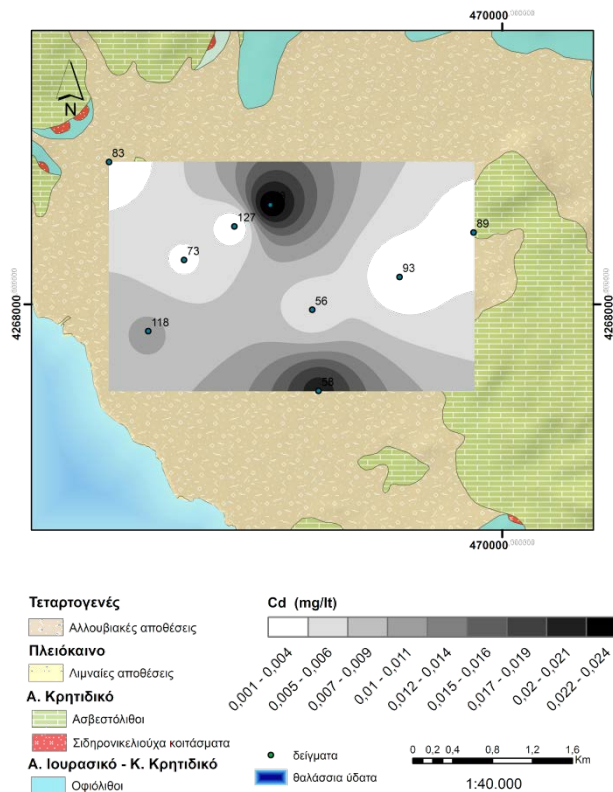
Το κάδμιο δεν σχηματίζει δικά του ορυκτά, με εξαίρεση των σπάνιο γρηνοκίτη. Η παρουσία του όμως συνδέεται με ορυκτά του ψευδαργύρου όπως ο σφαλερίτης, στα οποία συμμετέχει σε μικρό ποσοστό. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε μπαταρίες και καλώδια και επίσης ανιχνεύεται σε καυσαέρια. Ανώτερο αποδεκτό όριο για το κάδμιο στο πόσιμο νερό είναι τα 0,005 mg/lit. Στην περιοχή μελέτης το όριο αυτό ξεπερνιέται στα δείγματα 58, 78, 118 και 123Α.

Πίνακας 34 - Συγκέντρωση (mg/lit) καδμίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Cd
56	0,004
58	0,02
73	0,003
78	0,024
83	0,001
89	0,002
93	0,001
118	0,009
127	0,001
123 A	0,005
μέση τιμή	0,007
μέγιστη τιμή	0,024
ελάχιστη τιμή	0,001



Σχήμα 52 - Διάγραμμα διακύμανσης συγκέντρωσης καδμίου των δειγμάτων.



Σχήμα 53 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης καδμίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.8.8 Κοβάλτιο (Co).

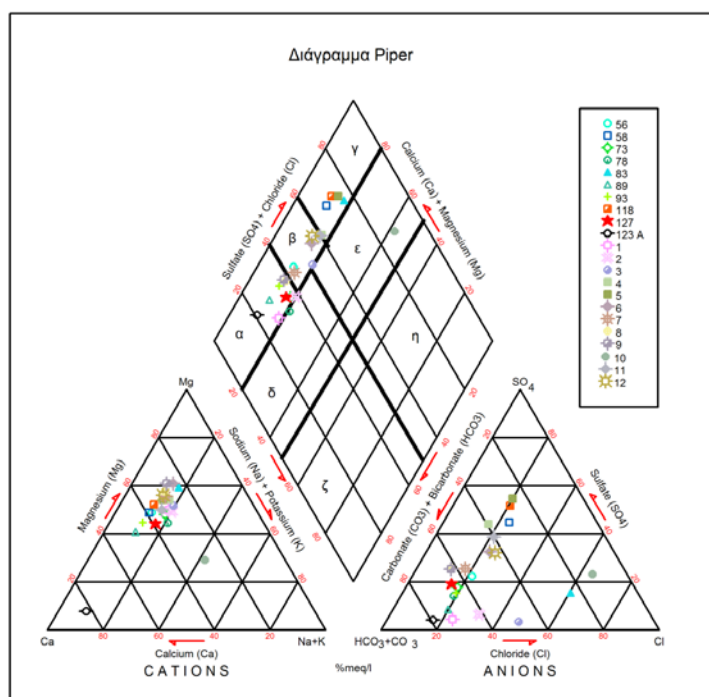
Το κοβάλτιο συγκαταλέγεται στα ανεπιθύμητα στοιχεία στο νερό με ορισμένο ανώτατο όριο μόνο για το νερό άρδευσης τα 0,05 mg/l. Σπουδαιότερα ορυκτά του είναι ο κοβαλτίτης και ο σμαλτίτης. Χρησιμοποιείται στις επικοβαλιτώσεις χαλύβδινων αντικειμένων αλλά και σε χρώματα. Στην περιοχή μελέτης, μόνο στο δείγμα 93 παρατηρήθηκε συγκέντρωση 0,068 mg/l και στα υπόλοιπα δείγματα δεν ήταν δυνατό να ανιχνευθεί τιμή τουλάχιστον μεγαλύτερη από 0,001 mg/l.

7.9 Υδροχημική ταξινόμηση.

7.9.1 Ταξινόμηση των υπόγειων νερών κατά Piper.

Τα τριγωνικά διαγράμματα υδροχημικής ταξινόμησης προτάθηκαν από δύο ερευνητές, τους Hill (Hill, 1949) και Piper (Piper, 1944). Είναι από τα πιο συνηθισμένα διαγράμματα ταξινόμησης υδροχημικών φάσεων και αποτελούνται από δύο τριγωνικά διαγράμματα στα οποία προβάλλονται τα ποσοστά σε εκατοστιαία αναλογία meq/l, ανιόντα και κατιόντα αντίστοιχα. Στην συνέχεια προβάλλονται οι αναλογίες σε κεντρικό ρομβικό διάγραμμα, πάνω στο οποίο αντιστοιχούν οι διάφοροι υδροχημικοί τύποι υδάτων. Για την συμπλήρωσή τους, χρησιμοποιούνται μετρήσεις των ιόντων Ca^{+2} , Mg^{+2} , $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$, $\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-2}$, SO_4^{-2} και Cl^{-} .

Σαν πλεονέκτημα παρουσιάζουν την άμεση αποτύπωση διαφορών και ομοιοτήτων ανάμεσα σε πολλά δείγματα νερού και σαν μειονέκτημα την μη αποτύπωση ιόντων με μικρή συγκέντρωση καθώς χρησιμοποιούν την εκατοστιαία κλίμακα. Το διάγραμμα Piper επιλέχθηκε για την αποτύπωση των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 54 - Διάγραμμα Piper των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

Οι κατηγορίες υδροχημικών φάσεων του διαγράμματος Piper που αποτυπώνονται στο κεντρικό ρομβικό διάγραμμά του, είναι οι εξής:

Φυσικά γαιοαλκαλικά νερά

- α) οξυανθρακικά
- β) οξυανθρακικά – θειικά
- γ) θειικά

Γαιοαλκαλικά νερά με υψηλό ποσοστό αλκαλίων

- δ) οξυανθρακικά
- ε) θειικά

Αλκαλικά νερά

- ζ) οξυανθρακικά
- η) χλωροθειικά

Στον πίνακα 35 ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων νερού της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με τον υδροχημικό τύπο και την ταξινόμηση κατά Piper.

Πίνακας 35 - Υδροχημικός τύπος και ταξινόμηση κατά Piper των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

Δείγμα	Υδροχημικός τύπος	Ταξινόμηση κατά Piper (1944)
1	Mg - Ca - HCO ₃ - Cl	α
2	Mg - Ca - HCO ₃ - Cl	α - δ
3	Mg - Ca - HCO ₃ - Cl	β - ε
4	Mg - Ca - SO ₄ - HCO ₃	β - γ
5	Mg - Ca - SO ₄ - HCO ₃	γ
6	Mg - Ca - HCO ₃ - SO ₄	β
7	Mg - Ca - HCO ₃ - SO ₄	β
8	Mg - Ca - HCO ₃ - SO ₄	α
9	Mg - Ca - HCO ₃ - SO ₄ - NO ₃	α
10	Na - Mg - Ca - Cl - SO ₄	ε
11	Mg - Ca - HCO ₃ - SO ₄ - NO ₃	β
12	Mg - Ca - HCO ₃ - SO ₄ - NO ₃	β
56	Mg - Ca - HCO ₃	β
58	Mg - Ca - SO ₄ - HCO ₃ - Cl	γ
73	Mg - Ca - HCO ₃	α
78	Mg - Ca - HCO ₃	α - δ
83	Mg - Ca - Cl	γ
89	Ca - Mg - HCO ₃	α
93	Mg - Ca - HCO ₃	α
118	Mg - Ca - SO ₄ - HCO ₃	γ
127	Mg - Ca - HCO ₃	α
123 A	Ca - HCO ₃	α

Παρατηρούμε τα δείγματα της περιοχής με κατανομή από ΒΔ να παρουσιάζουν χαρακτήρα φυσικού νερού, αρχικά οξυανθρακικό (δείγματα 89, 93, 8, 9, 127, 73 και 1) και προς ΝΑ, να εμφανίζουν σταδιακά οξυανθρακικό - θειικό (δείγματα 56, 7, 6, 12 και 11) και θειικό (56, 83, 118 και 5). Αυτό συμβαίνει λόγω της σταδιακής επιρροής της υφαλμύρισης, όσο πλησιάζουμε την θάλασσα. ΒΔ στην λεκάνη, το δείγμα 10 παρουσιάζει αλκαλικό - θειικό χαρακτήρα, καθότι βρίσκεται σε περιοχή με πολύ μεγάλη επιρροή της θάλασσας. Στα δείγματα 2 και 3, τα οποία βρίσκονται στην ίδια περιοχή, παρατηρούμε οξυανθρακικό νερό με αυξημένα αλκάλια και οξυανθρακικό - θειικό με τάση αύξησης των αλκαλίων και του θειικού χαρακτήρα. Η διαφοροποίηση αυτή, πιθανά συμβαίνει λόγω του ότι η γεώτρηση στην θέση 2 αντλεί από κατώτερο υδροφόρο, ενώ η 3 από τον φρεάτιο. Στο δείγμα 4 έχουμε φυσικό οξυανθρακικό - θειικό με τάση αύξησης του θειικού χαρακτήρα. Τέλος, στο δείγμα 78 έχουμε οξυανθρακικό νερό με αυξημένα αλκάλια. Το δείγμα 123Α παρουσιάζει τύπο φυσικό - οξυανθρακικό και μπορεί να χαρακτηριστεί το λιγότερο αλμυρό από όλα.

7.9.2 Ταξινόμηση των υπόγειων νερών κατά Durov.

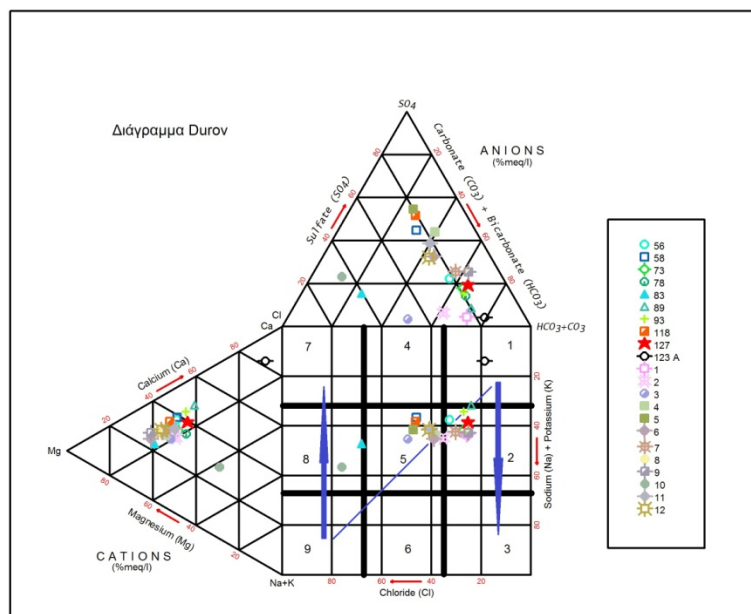
Το διάγραμμα Durov, προτάθηκε αρχικά από τον ίδιο (Durov, 1948), αλλά συμπληρώθηκε κυρίως από τον Zarogozec (Zarogozec, 1972) αλλά και τον Chadha (Chadha, 1999). Χρησιμοποιεί, όπως και το διάγραμμα Piper, δύο τριγωνικά διαγράμματα για τα κύρια ανιόντα και κατιόντα και τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τα δείγματα, προβάλλονται σε κεντρικό τετράγωνο διάγραμμα το οποίο εφάπτεται στα δύο τριγωνικά.

Το κεντρικό τετράγωνο διάγραμμα χωρίζεται σε εννέα τομείς, που εκφράζουν τύπους νερών και υδροχημικών διεργασιών (Lloyd & Heathcote, 1985), καθώς βέλη στο σχήμα απεικονίζουν τις πιο συνηθισμένες υδροχημικές αλλαγές των υπόγειων νερών πριν αυτά τερματίσουν στη θάλασσα ή κινηθούν προς βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες. Το βέλος από το τετράγωνο ένα προς το 3 υποδεικνύει κατιοανταλλαγή, το βέλος από το τετράγωνο 9 προς το 7, αντίστροφη κατιοανταλλαγή και η διαδρομή από το 1 προς 9, απλή διάλυση ή μίξη. Οι εννέα χωρισμένοι τομείς εκφράζουν τις εξής διεργασίες και φάσεις:

1. Κυριαρχούν τα όξινα ανθρακικά ιόντα και τα ιόντα ασβεστίου. Αυτά αφορούν σε φρέσκα νερά, φυσικής αναπλήρωσης, που κατεισδύουν διαμέσου ασβεστόλιθων, ψαμμιτών, αλλά και άλλων ανθρακικών πετρωμάτων.
2. Κυριαρχεί η όξινη ανθρακική ρίζα και είτε κυριαρχούν τα ιόντα μαγνησίου, είτε κανένα κατιόν. Πρόκειται για νερά, που έχουν σχέση με δολομίτες. Επίσης, αν το νάτριο αρχίζει να αυξάνεται, τότε αυτό φανερώνει την ενεργοποίηση του μηχανισμού της ιοντοανταλλαγής.
3. Κυριαρχούν τα όξινα ανθρακικά ιόντα και τα ιόντα νατρίου και το φαινόμενο της κατιοανταλλαγής βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη.
4. Κυριαρχούν τα ιόντα ασβεστίου και είτε τα θειικά ιόντα, είτε κανένα ανιόν. Στην περίπτωση εκείνη, που κυριαρχούν τόσο τα ιόντα ασβεστίου όσο και τα θειικά ιόντα έχουμε νερά, που προέρχονται από ζώνες αναπλήρωσης διαμέσου ηφαιστειακών λαβών και γύψων. Διαφορετικά αυτό ερμηνεύεται απλά σαν ένα μικτό ή διαλυτοποίησης, νερό .
5. Κανένα κυρίαρχο ιόν. Πρόκειται για μικτά νερά ή νερά διαλυτοποίησης.
6. Κυριαρχεί το Na^+ και είτε κυριαρχεί τα SO_4^{-2} είτε κανένα ανιόν. Πρόκειται για υπόγειο νερό, που δεν συναντάται πολύ συχνά και είναι τις περισσότερες φορές προϊόν μείξης.
7. Κυριαρχούν τα ιόντα ασβεστίου και τα ιόντα χλωρίου. Σπάνιο υπόγειο νερό, εκτός και αν έχει προέλθει σαν τελικό προϊόν αντίστροφης κατιοανταλλαγής από νερά $\text{Na} - \text{Cl}$.

8. Κυριαρχούν τα ιόντα χλωρίου, χωρίς να κυριαρχεί κανένα κατιόν. Υπόγεια νερά, που το φαινόμενο της αντίστροφης κατιοανταλλαγής βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη.
9. Κυριαρχούν τα ιόντα νατρίου και τα ιόντα χλωρίου. Τελικά νερά πεδίου ροής.

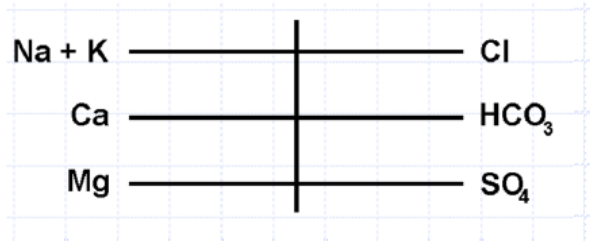
Προβάλλοντας τις αναλύσεις μας στο διάγραμμα Durov (σχήμα 55) παρατηρούμε τα δείγματα 89, 93, 127, 56, 7, 8, 9, 1, 73 και 78 να εκφράζουν νερά της κατηγορίας 2 όπου επικρατεί η οξυανθρακική ρίζα και λόγω χωρικής βαθμιαίας αύξησης του Na, παρατηρείται η αρχή της ιοντοανταλλαγής. Τα δείγματα 58, 118, 5, 3, 4, 12 και 6 βρίσκονται στο πεδίο 5, όπου λόγω του ότι είναι μικτά νερά, δεν κυριαρχεί κανένα ιόν. Το δείγμα 123A αποτελεί φρέσκο νερό προερχόμενο από ασβεστόλιθο (κατηγορία 1), ενώ τα δείγματα 10 και 83 βρίσκόμενα στο πεδίο της υφαλμύρινσης αντιστοιχούν στην κατηγορία 8.



Σχήμα 55 - Διάγραμμα Durov των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

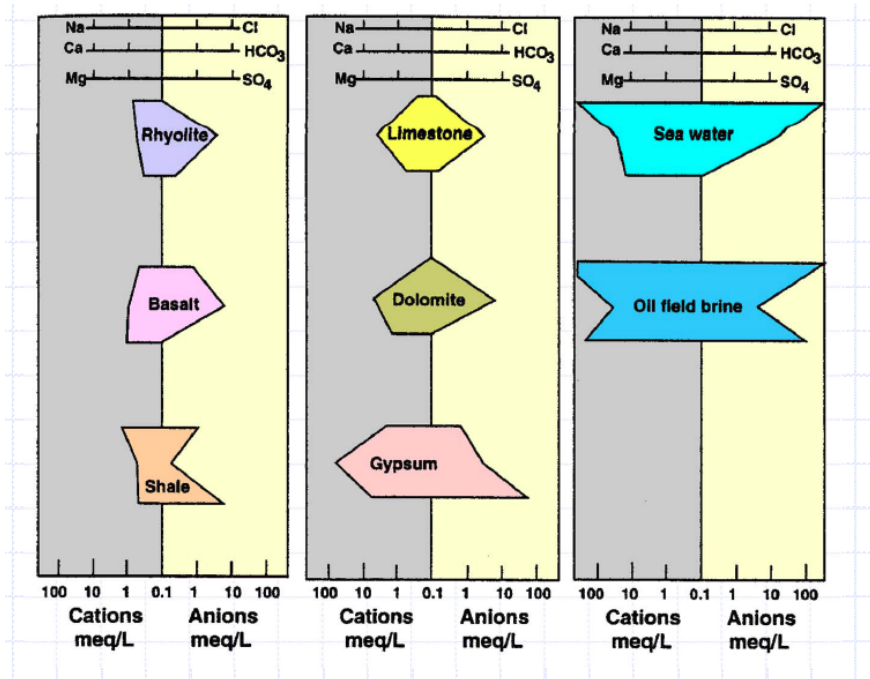
7.9.3 Ταξινόμηση κατά Stiff.

Τα διαγράμματα Stiff (Stiff, 1951) αποτελούν μια απλή γραφική μέθοδο απεικόνισης των χημικών αναλύσεων νερού εκφρασμένες σε meq/l και σύμφωνα με το σχήμα 56. Τα συμπεράσματα εξάγονται από την οπτική παρατήρηση του σχήματος που δημιουργείται στο διάγραμμα και έτσι είναι άμεσα ορατή η συσχέτιση δειγμάτων.



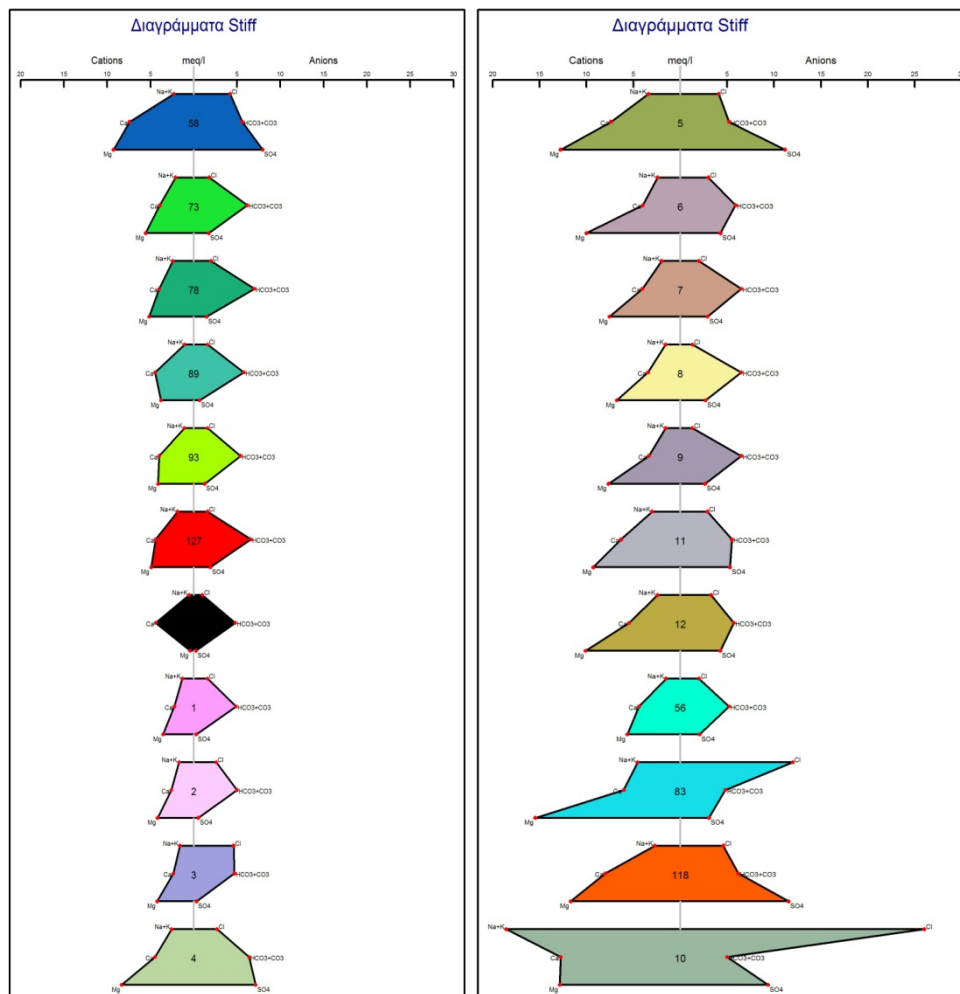
Σχήμα 56 - Κενό διάγραμμα Stiff.

Τα σχήματα μπορούν να τυποποιηθούν κατά κάποιον τρόπο, όπως στο σχήμα 57.



Σχήμα 57 - Ενδεικτικά διαγράμματα Stiff διαφορετικών λιθολογιών. (Pourcq, 2008)

Από τα διαγράμματα Stiff των δειγμάτων μας, (σχήμα 58), παρατηρούμε τα περισσότερα δείγματα να πλησιάζουν το σχήμα των νερών ασβεστόλιθων και δολομιτών, τα υφάλμυρα δείγματα να υποδεικνύει τη σχέση του με το θαλασσινό νερό και το δείγμα 123A να προσεγγίζει σχεδόν απόλυτα το σχήμα του νερού ασβεστόλιθου. Από την συνολική παρατήρηση των διαγραμμάτων παρατηρούμε την βαθμιαία αλλαγή στην σύσταση των νερών λόγω επιρροής της θάλασσας καθώς και τις όποιες ομοιότητες σε γειτονικά κυρίως δείγματα, οι οποίες γίνονται εύκολα αισθητές λόγω των παρόμοιων σχημάτων που σχηματίζονται στα διαγράμματα.



Σχήμα 58 - Διαγράμματα Stiff των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.9.4 Ταξινόμηση κατά Richards / Wilcox.

Προβάλλοντας σε διάγραμμα την ηλεκτρική αγωγιμότητα σε λογαριθμικό άξονα και τον δείκτη προσρόφησης του νατρίου, ο Richards (Richards, 1969) κατηγοριοποιεί τα νερά ανάλογα με την καταλληλότητά τους. Ο δείκτης προσρόφησης νατρίου εκφράζεται από τον τύπο:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Εκφράζει την ενεργητικότητα των ιόντων νατρίου καθώς καθορίζει την ικανότητα εναλλαγής τους με ιόντα, όπως Ca και Mg, που έχουν προσροφηθεί από τα κολλοειδή του εδάφους. Το νάτριο έχει την δυνατότητα να δημιουργεί κροκιδώση του εδάφους κατά την ανταλλαγή των ιόντων και έτσι προκαλεί μείωση του αερισμού και της περατότητας του εδάφους (Καλλέργης, 1999).

Η κατηγοριοποίηση στο διάγραμμα γίνεται σύμφωνα με τις εξής περιοχές του:

S1: S.A.R <10, κίνδυνος νατρίου μικρός.

S2 : S.A.R από 10 έως 18, κίνδυνος νατρίου μέσος.

S3: S.A.R από 18 έως 26, κίνδυνος νατρίου μεγάλος.

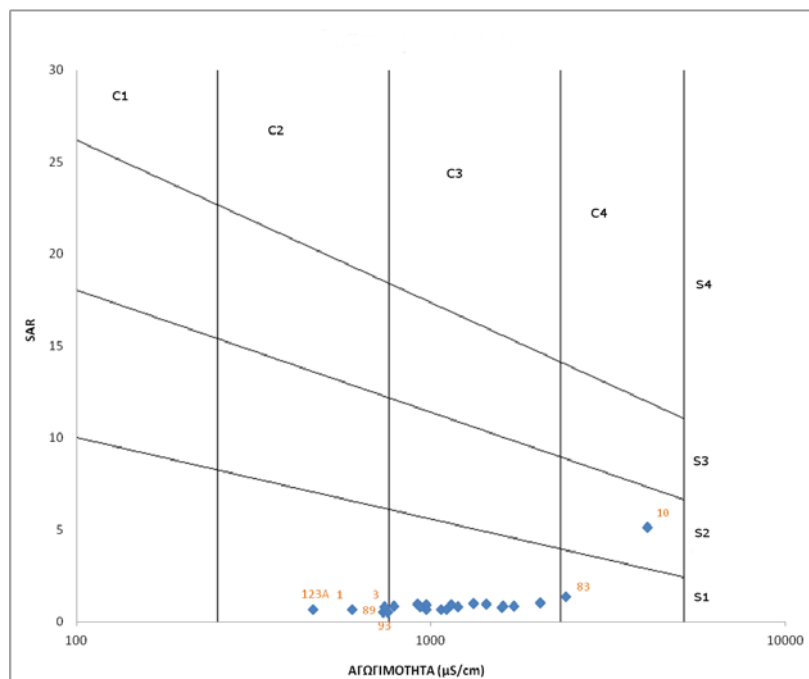
S4: S.A.R >26, κίνδυνος νατρίου πολύ μεγάλος.

C1: (TDS < 200, EC < 250). Νερό χαμηλής αλατότητας, το οποίο δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα. Σε περιοχές πολύ χαμηλής περατότητας, απαιτείται κάποια απόπλυση.

C2: (TDS: 200-500, EC: 250-750). Νερό μέτριας αλατότητας. Απαιτείται μέτρια απόπλυση των αρδευομένων εδαφών.

C3: (TDS: 500-1500, EC: 750-2250). Νερό υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση σε εδάφη περιορισμένης στραγγίσισης. Απαιτούνται μέτρα ελέγχου της αλατότητας και καλλιέργεια μόνο ανθεκτικών σ' αυτήν φυτών.

C4: (TDS: 1500-3000, EC: 2250-5000). Νερό πολύ υψηλής αλατότητας. Ακατάλληλο για άρδευση κάτω από συνηθισμένες συνθήκες. Χρησιμοποιείται σε εδάφη πολύ περατά, τα οποία στραγγίζονται πολύ καλά. Συνίσταται η χρησιμοποίηση πλεονάσματος νερού, ώστε να επιτευχθεί απόπλυση του εδάφους και η καλλιέργεια πολύ ανθεκτικών στην αλατότητα φυτών.



Σχήμα 59 - Διάγραμμα Richards των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

Πίνακας 36 - Δείκτης προσρόφησης του νατρίου στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	SAR	δείγμα	SAR
56	0,66	2	0,85
58	0,77	3	0,81
73	0,91	4	0,97
78	0,95	5	1,03
83	1,34	6	0,90
89	0,50	7	0,79
93	0,53	8	0,67
118	0,85	9	0,65
127	0,82	10	5,14
123 A	0,67	11	0,94
1	0,67	12	0,86

Προβάλλοντας τις τιμές του πίνακα 36 και πίνακα 15 στο σχήμα 59, παρατηρούμε ότι τα περισσότερα δείγματα βρίσκονται στην κατηγορία C3-S1, δηλαδή υπάρχει μικρός κίνδυνος νατρίου αλλά το νερό είναι υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση σε εδάφη περιορισμένης στράγγισης καθώς απαιτούνται μέτρα ελέγχου της αλατότητας και καλλιέργεια μόνο ανθεκτικών σ' αυτήν φυτών. Το δείγμα 10 βρίσκεται στην κατηγορία C4-S2 (μέσος κίνδυνος νατρίου - νερό πολύ υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση κάτω από συνηθισμένες συνθήκες), το δείγμα 83 στην κατηγορία C4-S1 (μικρός κίνδυνος νατρίου - νερό πολύ υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση κάτω από συνηθισμένες συνθήκες) και τα δείγματα 1, 3, 4, 89 και 93 στην κατηγορία C2-S1 (μικρός κίνδυνος νατρίου - νερό μέτριας αλατότητας).

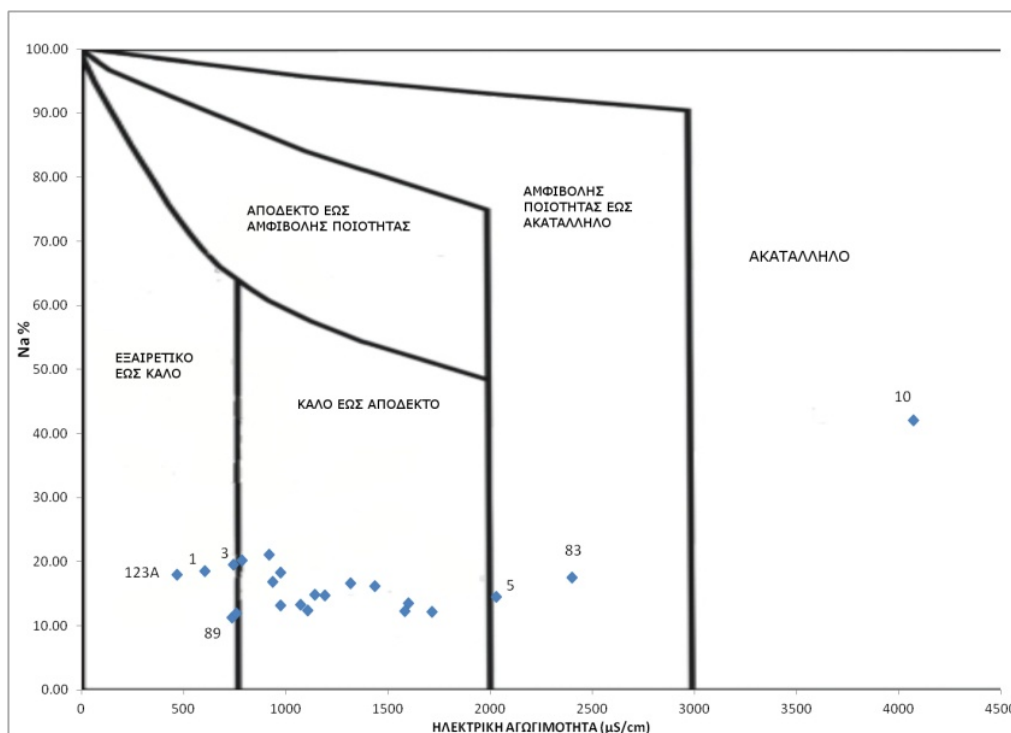
Αν αντικαταστήσουμε τον δείκτη SAR με τον συντελεστή περιεκτικότητας σε νάτριο, ο οποίος προκύπτει από την σχέση:

$$Na \% = \frac{(Na + K) \times 100}{Ca + Mg + Na + K}$$

μπορούμε να συντάξουμε το διάγραμμα Wilcox (Wilcox, 1948), το οποίο κατηγοριοποιείται σε ποιοτικές κατηγορίες νερού, ακόλουθα με το σχήμα 60, στο οποίο προβάλλονται και οι μετρήσεις των δειγμάτων μας (πίνακας 37).

Πίνακας 37 - Συντελεστής περιεκτικότητας σε νάτριο στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Na %	δείγμα	Na %
56	13,10	2	20,19
58	12,18	3	19,49
73	18,27	4	16,62
78	21,01	5	14,43
83	17,49	6	14,75
89	11,28	7	14,68
93	11,90	8	13,28
118	12,18	9	12,36
127	16,82	10	42,06
123 A	17,97	11	16,16
1	18,53	12	13,47



Σχήμα 60 - Διάγραμμα Wilcox των δειγμάτων ύδατος στη περιοχή μελέτης.

7.9.4 Προέλευση των στοιχείων - Ιοντικές σχέσεις.

7.9.4.1 Ιοντικός λόγος Na/Cl.

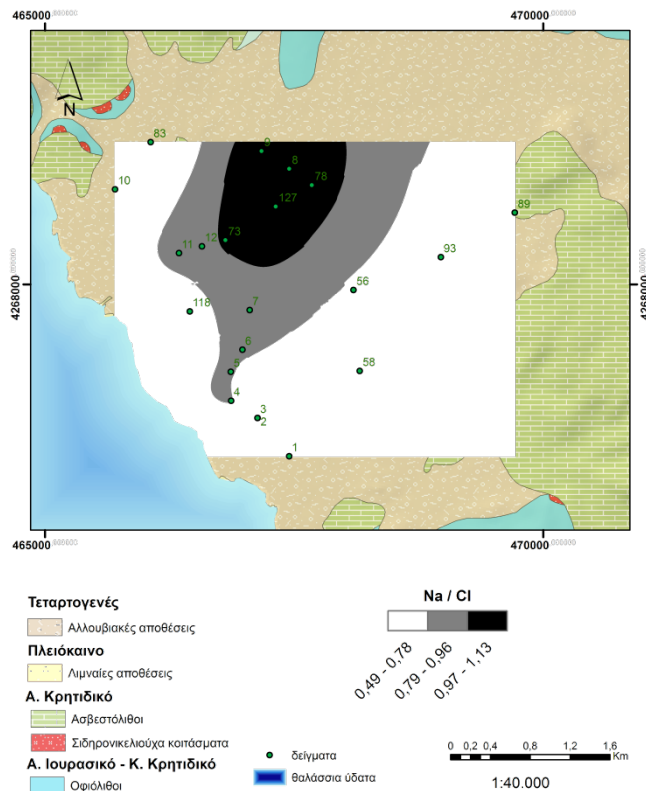
Οι ιοντικοί λόγοι είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την αναγνώριση υδροχημικών διεργασιών καθώς και της προέλευσης των στοιχείων που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό. Δίνουν ενδείξεις για την πορεία του νερού μέσα από πετρώματα και σχηματισμούς καθώς και για την ανάμιξη επιμέρους υδάτων και ιδίως με τη θάλασσα (Σούλιος, 1986). Ο υπολογισμός του λόγου Na/Cl μπορεί να δώσει χρήσιμα συμπεράσματα αν κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με την κατάταξη (Βουδούρης, 2009):

- 1) $Na/Cl = 0,876 \pm 10\%$ φυσιολογικό υπόγειο νερό
- 2) $Na/Cl > 1$ νερό μεταμορφωμένων πετρωμάτων ή αλκαλικών πυριγενών
- 3) $Na/Cl < 0,876 \pm 10\%$ διείδυση θαλάσσιου νερού.

Τοποθετώντας χωρικά τα στοιχεία του πίνακα 38 στο χάρτη (σχήμα 61) , παρατηρούμε υδροφόρο επηρεασμένο από την θάλασσα περιμετρικά του κέντρου της λεκάνης με μειούμενη την επιρροή της, προς το κέντρο και βόρεια. Κεντρικά έχουμε ενδείξεις νερού από πυριγενή πετρώματα (οφιόλιθοι).

Πίνακας 38 - Λόγος συγκέντρωσης νατρίου προς χλώριο στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Na/Cl	δείγμα	Na/Cl
56	0,735	2	0,604
58	0,530	3	0,317
73	1,104	4	0,911
78	1,011	5	0,800
83	0,366	6	0,797
89	0,631	7	0,955
93	0,663	8	1,169
118	0,581	9	1,169
127	1,101	10	0,707
123 A	1,040	11	0,907
1	0,713	12	0,724



Σχήμα 61 - Χωρική κατανομή λόγου συγκέντρωσης νατρίου προς χλώριο των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

7.9.4.2 Ιοντικός λόγος SO_4/Cl .

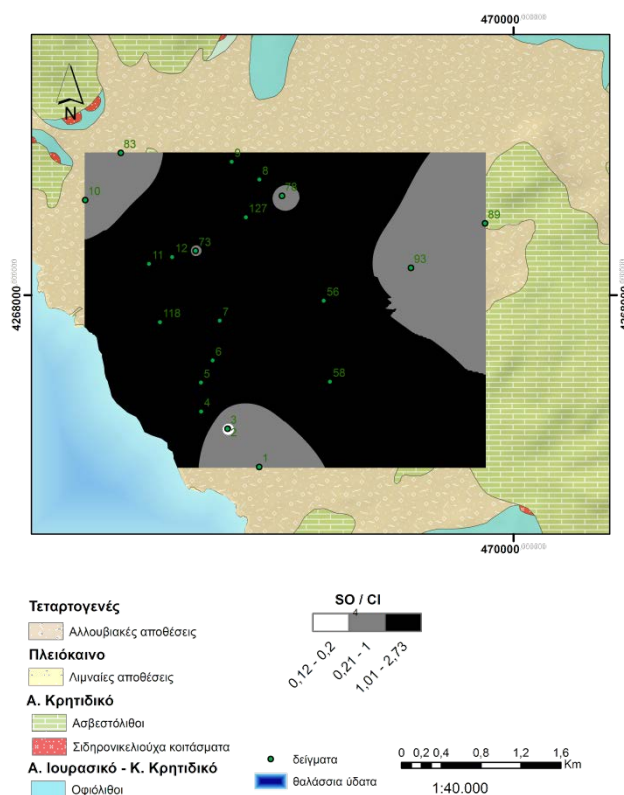
Ο ιοντικός λόγος SO_4/Cl κατηγοριοποιεί το νερό στις ακόλουθες κατηγορίες (Βουδούρης, 2009):

- 1) $SO_4/Cl < 0,2$ χλωριούχο
- 2) $0,2 < SO_4/Cl < 1$ χλωροθειούχο
- 3) $1 < SO_4/Cl < 5$ θειοχλωρούχο
- 4) $SO_4/Cl > 5$ θειούχο

Από την χωρική κατανομή του δείκτη (σχήμα 62) παρατηρούμε την λεκάνη να έχει δείγματα θειοχλωριούχων νερών σε όλη την έκταση της εκτός από τις περιοχές που έχει παρουσιαστεί υφαλμύριση και την περιοχή ανατολικά που πρόσκειται σε ασβεστολιθικό λόφο, η οποίες παρουσιάζουν χλωροθειούχα νερά.

Πίνακας 39 - Λόγος συγκέντρωσης θειικής ρίζας προς χλώριο στα δείγματα της περιοχής μελέτης.

δείγμα	Cl/SO4	δείγμα	Cl/SO4
56	0,967	2	4,906
58	0,528	3	13,939
73	1,038	4	0,378
78	1,345	5	0,367
83	3,921	6	0,699
89	2,320	7	0,687
93	1,268	8	0,481
118	0,398	9	0,491
127	0,831	10	2,778
123 A	3,909	11	0,547
1	5,161	12	0,775



Σχήμα 62 - Χωρική κατανομή λόγου συγκέντρωσης θειικής ρίζας προς χλώριο των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

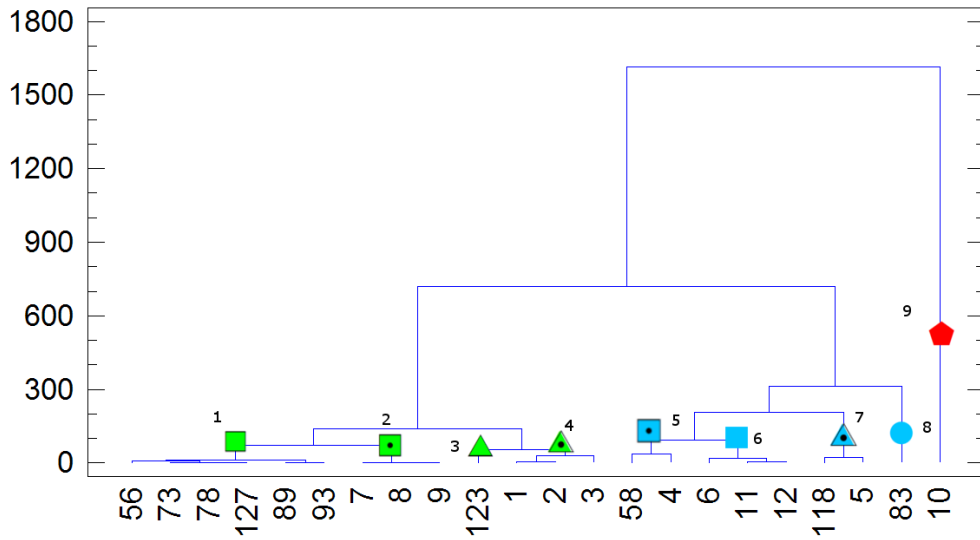
8. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

8.1 Ανάλυση συστοιχίας - Hierarchical Cluster Analysis (HCA).

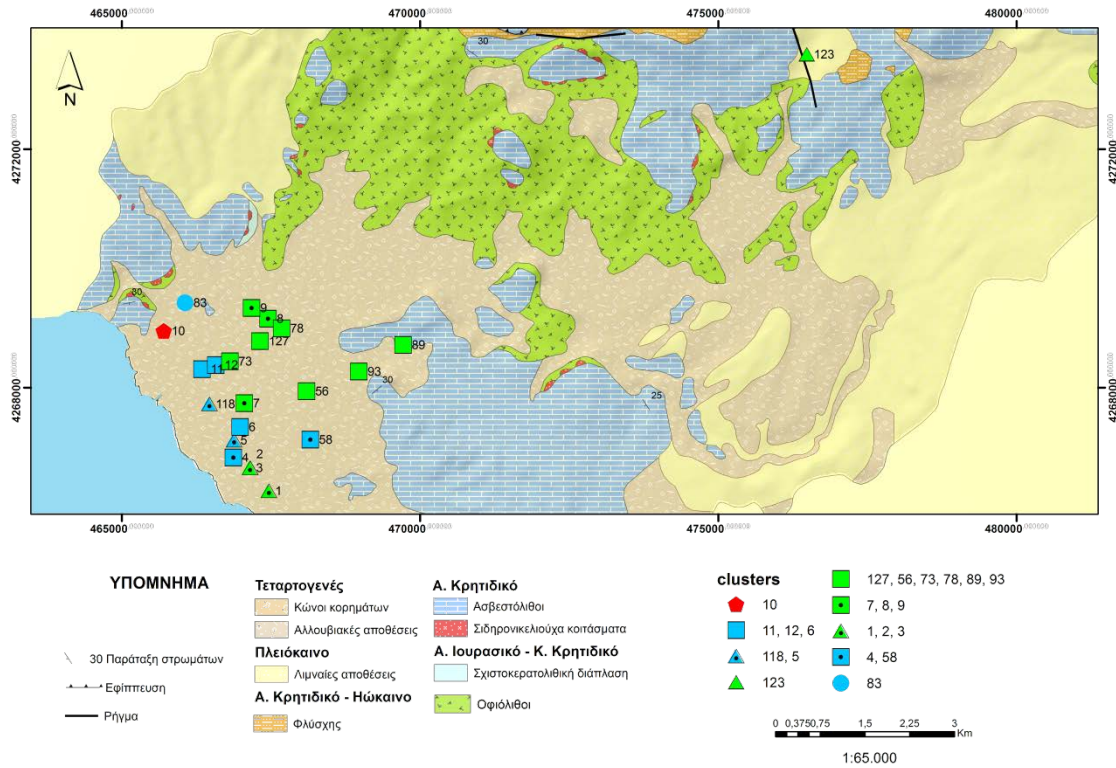
Η ανάλυση σε συστοιχίες (clusters) είναι στατιστική μέθοδος που έχει σκοπό να διαχωρίσει το σύνολο των παρατηρήσεων σε ομάδες, έτσι ώστε τα μέλη κάθε ομάδας να είναι όσο το δυνατό όμοια μεταξύ τους. Γεωμετρικά αυτό σημαίνει ότι όμοιες παρατηρήσεις θα βρίσκονται σε γειτονικά σημεία, ενώ αντίθετα, ανόμοιες σε σημεία με μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Η μέτρηση της απόστασης και της ομοιότητας είναι ουσιαστικής σημασίας αφού οι παρατηρήσεις ομαδοποιούνται βάση αυτών (Τσόκας, 2005).

Χρησιμοποιώντας το στατιστικό λογισμικό Statgraphics Centurion XV και επιλέγοντας για στατιστική ανάλυση και στα 22 δείγματα, τις χημικές συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων (Ca, Mg, Na, K, HCO₃, SO₄, Cl και NO₃) εκφρασμένες σε meq/lit, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση συστοιχίας με την μέθοδο Ward (Ward's method) κάνοντας μέτρηση της απόστασης με την τετραγωνισμένη ευκλείδεια μέθοδο. Να σημειωθεί, ότι δεν έγινε εναρμόνιση των τιμών στις μετρήσεις, εφόσον βρίσκονται στις ίδιες μονάδες.

Σαν αποτέλεσμα έχουμε το δενδρόγραμμα του σχήματος 63. Στην συνέχεια προβλήθηκαν οι αντίστοιχες συστοιχιών - δειγμάτων σε χάρτη (σχήμα 64) για να εξαχθούν πιο εύκολα χωρικά συμπεράσματα. Παρατηρούμε καταρχάς δύο κύριες ομάδες, την πρώτη (συστοιχίες 1 έως 4) και την δεύτερη (συστοιχίες 5 έως 8). Χωρικά και σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των χημικών συστατικών του νερού που έχουν περιγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια, η πρώτη ομάδα εκπροσωπεί νερά που δεν έχουν επηρεαστεί από την υφαλμύριση και άλλους υποβαθμιστικούς παράγοντες σχεδόν καθόλου (συστοιχία 3), πολύ λίγο (συστοιχία 4) σε μικρό βαθμό (συστοιχία 1) και αρκετά (συστοιχία 2). Η δεύτερη ομάδα αντίστοιχα εκπροσωπεί υποβαθμισμένα νερά με αυξανόμενο το ποσοστό υποβάθμισης κατά την εμφάνισή τους στο δενδρόγραμμα (5 έως 8, με πιο υποβαθμισμένο το δείγμα 8). Το δείγμα 10 αποτελεί ένα cluster μόνο του αφού οι χημικές αναλύσεις σε αυτό έδειξαν σε πολλά ιόντα μετρήσεις πολύ μεγαλύτερες από τα υπόλοιπα, λόγω υψηλής υφαλμύρισης και άρα δεν μπορούσε να συσχετιστεί άμεσα με τα υπόλοιπα.



Σχήμα 63 - Δενδρόγραμμα ανάλυσης συστοιχίας των δειγμάτων.



Σχήμα 64 - Χάρτης χωρικής κατανομής συστοιχιών των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

8.2 Παραγοντική ανάλυση - Factor analysis.

Με την παραγοντική ανάλυση προσπαθούμε να συνδέσουμε τους μη παρατηρούμενους παράγοντες, με μεταβλητές που παρατηρούμε και για τις οποίες έχουμε μετρήσεις, επιτυγχάνοντας κατά αυτόν τον τρόπο και μια ομαδοποίηση των παρατηρούμενων μεταβλητών σε κοινές συνιστώσες. Οι παράγοντες εκφράζουν, με υψηλά ποσοστά διακύμανσης, τις αρχικές μεταβλητές, δηλαδή τις υδροχημικές παραμέτρους, και αποτελούνται από μεταβλητές ισχυρά συσχετιζόμενες μεταξύ τους. Κάθε παράγοντας αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη υδροχημική διεργασία (Τσόκας, 2005).

Χρησιμοποιώντας το στατιστικό λογισμικό SPSS 22 και μετά από δοκιμές, έγινε η επιλογή των στοιχείων από τις αναλύσεις που σαν ομάδα δίνουν την μεγαλύτερη δυνατή τιμή του δείκτη Kaiser - Meyer - Olkin (K.M.O) ο οποίος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 0,5 (Βουδούρης, 2009). Στην προκειμένη περίπτωση, επιλέγοντας σαν μεταβλητές τα στοιχεία Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- και PO_4^{3-} έχουμε σαν αποτέλεσμα K.M.O ίσο με 0,477 το οποίο κρίνεται οριακά αποδεκτό (πίνακας παραρτήματος 2).

Σαν αποτέλεσμα της στατιστικής επεξεργασίας, έχουμε α) τον πίνακα συσχέτισης των μεταβλητών προς επεξεργασία, ο οποίος παρουσιάζει το κατά πόσο συσχετίζεται μία μεταβλητή με μία άλλη, με απόλυτη συσχέτιση τον αριθμό 1, β) τον πίνακα παραγοντικών φορτίων όπου καταγράφονται οι παράγοντες που προέκυψαν και πόσο σχέση έχουν με κάθε μεταβλητή και τέλος γ) τον πίνακα κατανομής του κάθε παράγοντα σε κάθε δείγμα με μέτρο παραγοντικές τιμές.

Στην συγκεκριμένη στατιστική μελέτη, προέκυψαν δύο παράγοντες οι οποίοι περιγράφουν το 68,026 % των δειγμάτων (πίνακας παραρτήματος 2). Για να προσδιορίσουμε με ποιες μεταβλητές συνδέεται ο κάθε παράγοντας, από τον πίνακα παραγοντικών φορτίων, θεωρούμε ότι κάθε παραγοντικό φορτίο με τιμή πάνω από 0,4 , υποδεικνύει συσχέτιση. Κατά τους Shaw & Wheeler (Shaw & Wheeler, 1985), μπορούμε να διαχωρίσουμε την σημαντικότητα της συσχέτισης ως εξής:

α) $1 \geq$ φορτίο $> 0,7$ υψηλή συσχέτιση

β) $0,69 >$ φορτίο $> 0,5$ μέτρια συσχέτιση

γ) $0,49 >$ φορτίο $> 0,3$ χαμηλή συσχέτιση .

Από τον πίνακα παραγοντικών φορτίων (πίνακας 40) παρατηρούμε στον πρώτο παράγοντα υψηλή συσχέτιση με μαγνήσιο, θειική και νιτρική ρίζα , μέτρια συσχέτιση με φωσφορική ρίζα και ασβέστιο και χαμηλή συσχέτιση με χλώριο και νάτριο. Ο δεύτερος παράγοντας παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με χλώριο και νάτριο και μέτρια συσχέτιση με κάλιο και ασβέστιο. Για να προχωρήσουμε πιο εύκολα στην ερμηνεία των δύο παραγόντων, χρησιμοποιούμε τις τιμές από τον πίνακα κατανομής των παραγόντων στα δείγματα (πίνακας 42), για την δημιουργία χάρτη χωρικής κατανομής του κάθε παράγοντα.

Για τον πρώτο παράγοντα, βλέποντας υψηλή συσχέτιση μαγνησίου, θεικής και νιτρικής ρίζας, μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι εκφράζει επίδραση λιπασμάτων, και ειδικότερα νιτρικό και θειικό μαγνήσιο, τα οποία ενδείκνυνται για λίπανση σε συνθήκες υψηλής αλατότητας (<http://kyttaro.net/>, 2007).

Από τον πίνακα συσχέτισης των μεταβλητών (πίνακας 41) βλέπουμε ότι το μαγνήσιο έχει την μεγαλύτερη συσχέτιση με αυτές τις δυο ρίζες και τη φωσφορική ρίζα, να παρουσιάζει την μεγαλύτερη συσχέτιση με τη νιτρική. Σαν τελική επιβεβαίωση της υπόθεσης αυτής, παρατηρώντας τον χάρτη χωρικής κατανομής, διακρίνουμε τον πρώτο παράγοντα να έχει τις χαμηλότερες τιμές του σε περιοχές που δεν καλλιεργούνται έντονα ή και καθόλου (σχήμα 65). Αυτές είναι στα βόρεια της περιοχής μελέτης, η ημιαστική περιοχή της Καστέλας και ανατολικά και νότια οι παρυφές των λόφων. Επίσης βλέπουμε να κάνει πιο αισθητή την παρουσία του όσο πλησιάζουμε στην θάλασσα, το οποίο υποδηλώνει την μεγαλύτερη χρήση λιπάσματος λόγω δυσμενέστερων συνθηκών καλλιέργειας, πιθανότατα λόγω υφαλμύρισης.

Ο δεύτερος παράγοντας συσχετίζεται κυρίως με το χλώριο και το νάτριο. Χαμηλότερη συσχέτιση παρουσιάζει με ασβέστιο και κάλιο. Οι συσχετίσεις αυτές συνηγορούν στη υπόθεση, ότι εκφράζει την θαλάσσια επιρροή και κατά συνέπεια την υφαλμύριση του υδροφόρου. Πράγματι από τον χάρτη χωρικής κατανομής (σχήμα 66) παρατηρούμε να διαγράφεται το μέτωπο θαλάσσιας διείσδυσης που έχουμε επιβεβαιώσει και σε προηγούμενες μετρήσεις παραγόντων όπως η αγωγιμότητα και η συγκέντρωση χλωρίων.

Πίνακας 40 - Πίνακας παραγοντικών φορτίων παραγοντικής ανάλυσης των δειγμάτων.

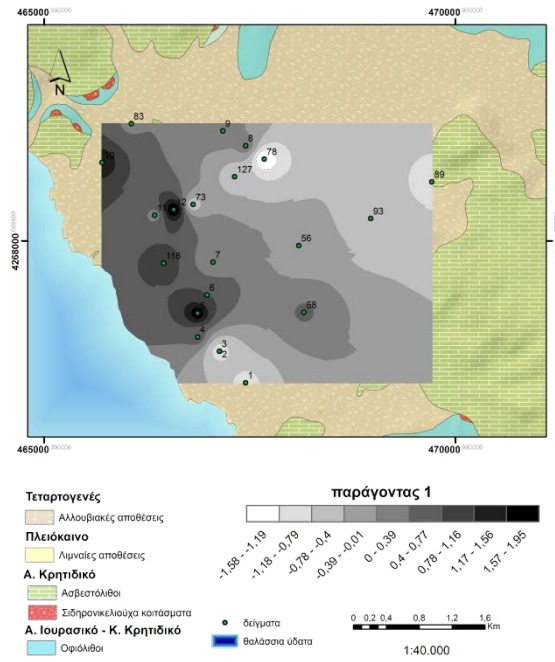
	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	
	1	2
Ca ²⁺	0.63	0.68
Mg ²⁺	0.84	0.31
Na ⁺	0.43	0.82
K ⁺	-0.22	0.56
SO ₄ ²⁻	0.81	0.25
Cl ⁻	0.41	0.83
NO ₃ ⁻	0.75	0.26
PO ₄ ⁻³	0.58	-0.13

Πίνακας 41 - Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών, παραγοντικής ανάλυσης των δειγμάτων.

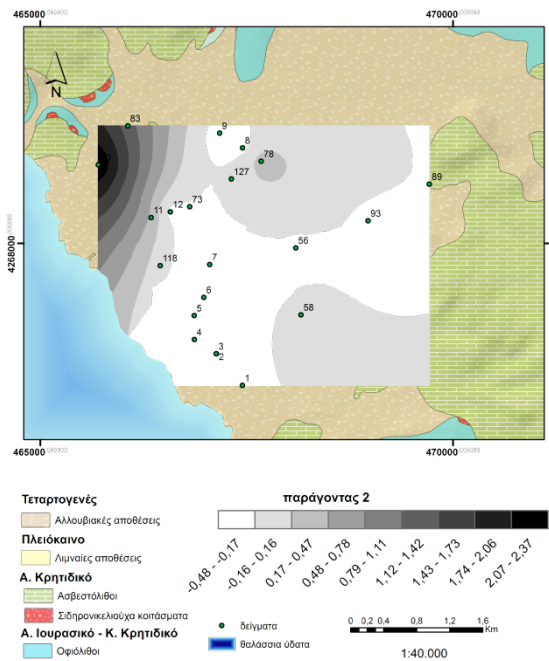
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³
Ca ²⁺	1.00	0.68	0.82	0.11	0.79	0.79	0.60	0.12
Mg ²⁺	0.68	1.00	0.51	0.09	0.76	0.59	0.75	0.31
Na ⁺	0.82	0.51	1.00	0.18	0.48	0.96	0.45	0.28
K ⁺	0.11	0.09	0.18	1.00	0.00	0.17	0.18	0.03
SO ₄ ²⁻	0.79	0.76	0.48	0.00	1.00	0.44	0.52	0.26
Cl ⁻	0.79	0.59	0.96	0.17	0.44	1.00	0.43	0.21
NO ₃ ⁻	0.60	0.75	0.45	0.18	0.52	0.43	1.00	0.34
PO ₄ ⁻³	0.12	0.31	0.28	0.03	0.26	0.21	0.34	1.00

Πίνακας 42 - Πίνακας κατανομής παραγόντων στα δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	
	1	2
56	-0.24	-0.42
58	0.43	0.13
73	-0.64	-0.02
78	-1.58	1.24
83	0.33	1.09
89	-0.93	-0.14
93	-0.69	-0.37
118	1.03	-0.04
127	-0.71	0.01
123 A	-1.44	-0.09
1	-0.97	-0.28
2	-0.84	-0.25
3	-1.02	-0.03
4	0.56	-0.65
5	1.82	-0.28
6	0.77	-0.80
7	0.01	-0.35
8	0.21	-0.85
9	0.30	-0.86
10	1.38	3.53
11	0.27	0.82
12	1.95	-1.39



Σχήμα 65 - Χωρική κατανομή πρώτου παράγοντα παραγοντικής ανάλυσης των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 66 - Χωρική κατανομή δεύτερου παράγοντα παραγοντικής ανάλυσης των δειγμάτων της περιοχής μελέτης.

9. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ

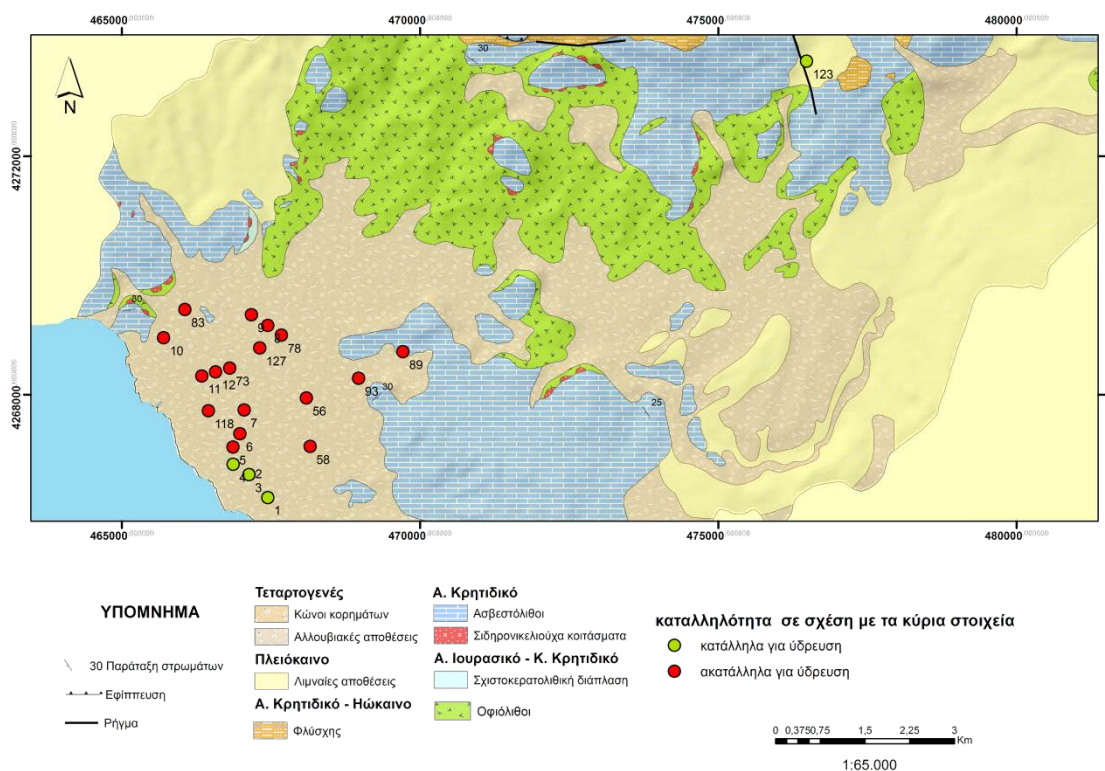
9.1 Καταλληλότητα των υπόγειων νερών για ανθρώπινη κατανάλωση.

Σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις στο δυτικό παράκτιο κομμάτι της λεκάνης του Μεσάπιου, 22,7 % των δειγμάτων (δείγματα 123Α, 1, 2, 3 και 4) αντιστοιχεί σε νερό κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση σε ότι αφορά τα κύρια στοιχεία και 30 % (δείγματα 56,83 και 127) σε ότι αφορά τα βαρέα μέταλλα. Κύριος ρυπαντής στην περιοχή είναι τα νιτρικά ιόντα (πίνακας 43). Τα κατάλληλα για χρήση δείγματα δεν συμπίπτουν, άρα το σύνολο των δειγμάτων της περιοχής μελέτης παρουσιάζει νερό ακατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση (σχήματα 67 και 68)

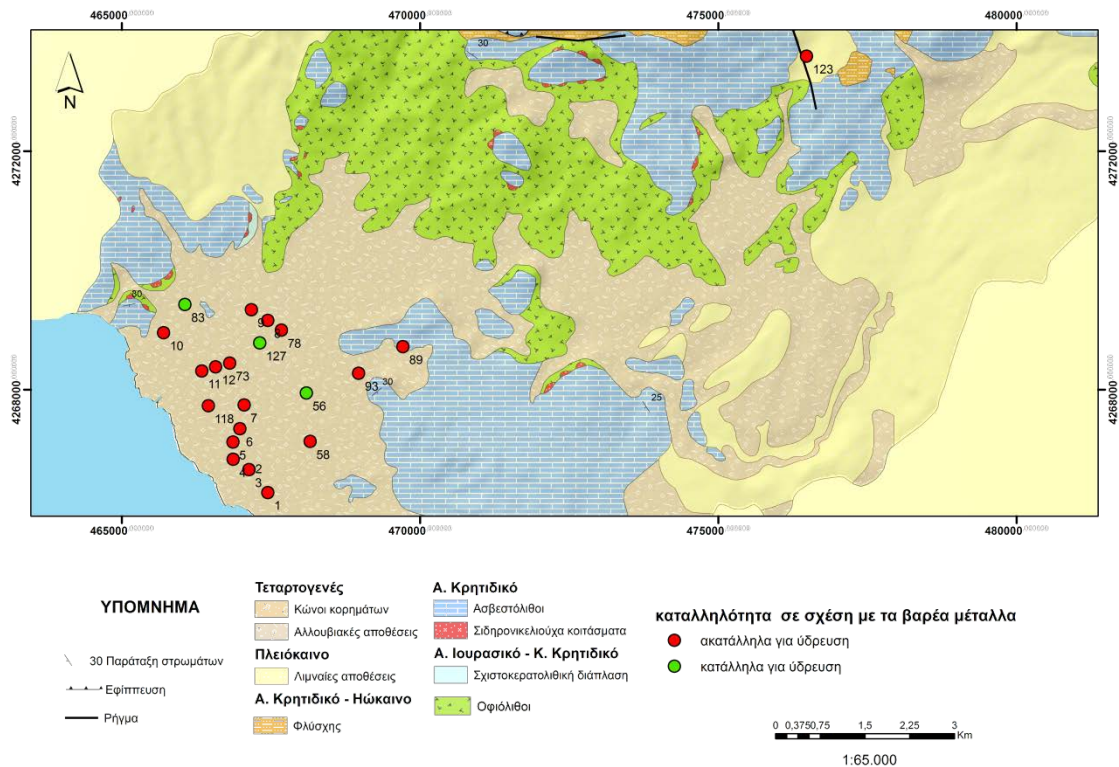
Πίνακας 43 - Ποσοστό δειγμάτων νερού ακατάλληλου για ανθρώπινη κατανάλωση επί του συνόλου των δειγμάτων νερού περιοχής μελέτης.

Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)	PO ₄ ⁻³ (meq/l)	NH ₃ (meq/l)
4,50%	82%	4,50%	4,50%	9,00%	77,20%	0%	4,50%

Zn	Co	Cd	Mn	Ni	Fe
40%	10%	40%	10%	10%	10%



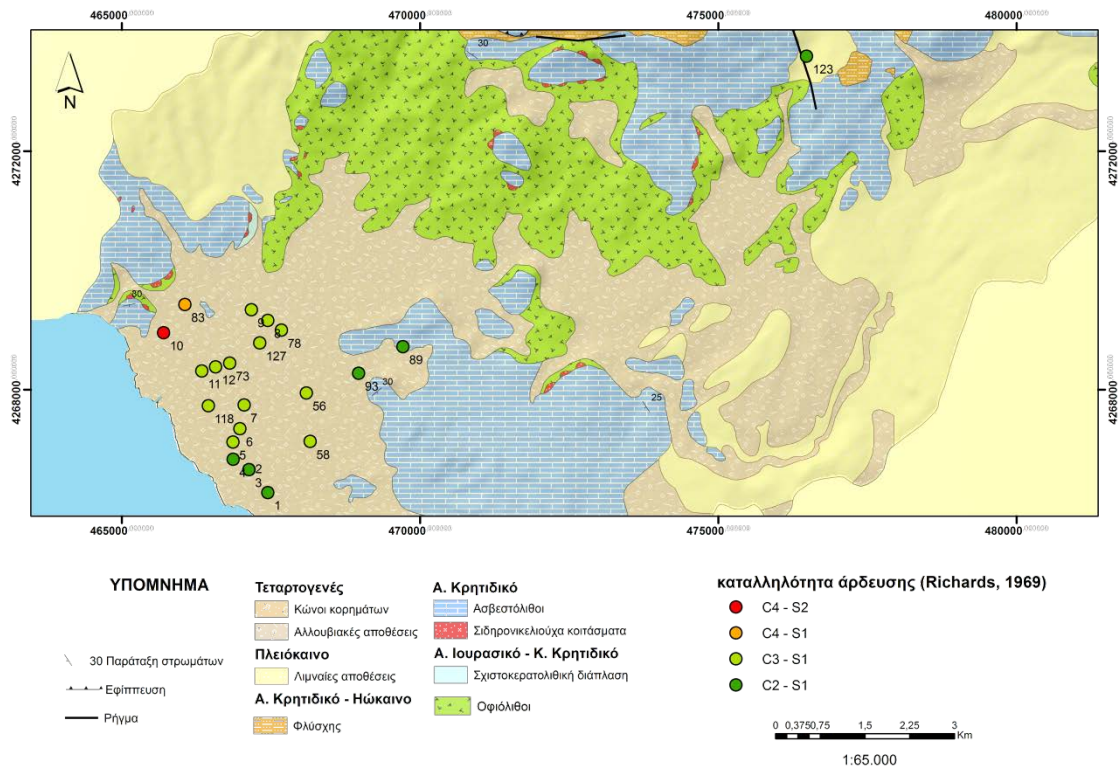
Σχήμα 67 - Χωρική κατανομή καταλληλότητας νερού για ύδρευση, σε σχέση με τα κύρια στοιχεία ανάλυσης νερού.



Σχήμα 68 - Χωρική κατανομή καταλληλότητας για ύδρευση, σε σχέση με τα βαρέα μέταλλα.

9.2 Καταλληλότητα των υπόγειων νερών για άρδευση.

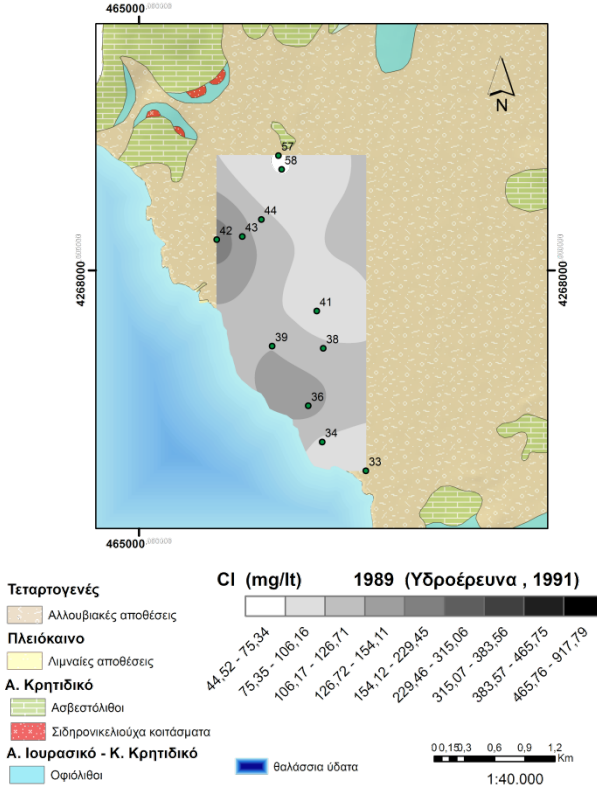
Σύμφωνα με την κατάταξη κατά Richards (1969) (κεφάλαιο 7.9.4) παρατηρούμε ότι τα περισσότερα δείγματα βρίσκονται στην κατηγορία C3-S1, δηλαδή υπάρχει μικρός κίνδυνος νατρίου αλλά το νερό είναι υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση σε εδάφη περιορισμένης στράγγισης καθώς απαιτούνται μέτρα ελέγχου της αλατότητας και καλλιέργεια μόνο ανθεκτικών σ' αυτήν φυτών. Το δείγμα 10 βρίσκεται στην κατηγορία C4-S2 (μέσος κίνδυνος νατρίου - νερό πολύ υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση κάτω από συνηθισμένες συνθήκες), το δείγμα 83 στην κατηγορία C4-S1 (μικρός κίνδυνος νατρίου - νερό πολύ υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση κάτω από συνηθισμένες συνθήκες) και τα δείγματα 1, 3, 4, 89 και 93 στην κατηγορία C2-S1 (μικρός κίνδυνος νατρίου - νερό μέτριας αλατότητας). Από το σχήμα 69 παρατηρούμε την καταλληλότητα να κατανέμεται σύμφωνα με την εμφάνιση της υφαλμύρισης.



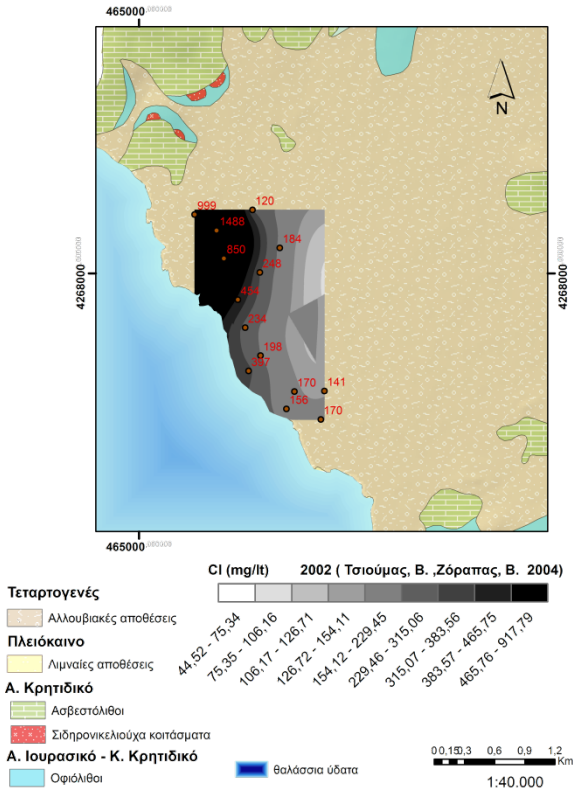
Σχήμα 69 - Χωρική κατανομή καταλληλότητας άρδευσης.

10. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΜΕ ΠΑΛΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

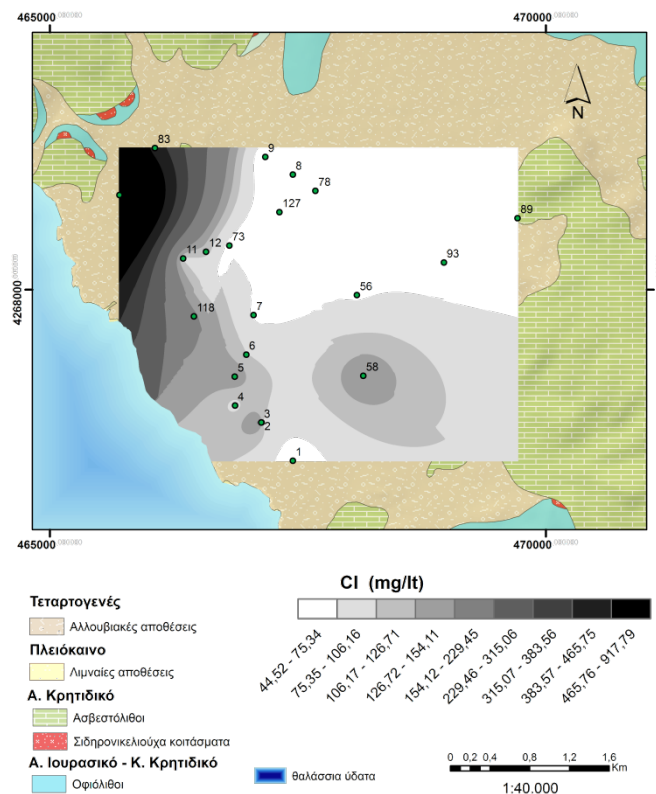
Από την στιγμή που υπάρχουν διαθέσιμα χωρικά δεδομένα και στοιχεία χημικών αναλύσεων μέσω της βιβλιογραφίας και η υποβάθμιση ενός υδροφόρου ορίζοντα πρέπει να παρακολουθείται χρονικά, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της εξέλιξης της, κρίθηκε χρήσιμο το να δημιουργηθούν χάρτες ισοκατανομής ιόντων των νερών της περιοχής, από αναλύσεις που έγιναν με διαφορά έως και 25 χρόνια. Από το σύνολο της βιβλιογραφίας επιλέχθηκαν λόγω της ύπαρξης μεγάλου πλήθους δειγμάτων στην κάθε μια από αυτές, καθώς και γιατί απέχουν αρκετά χρονικά μεταξύ τους, οι μελέτες της (Γιαννουράκος & Δούνας, 1991) και (Τσιούμας & Ζόραπας, 2004). Το μόνο κοινό χημικό στοιχείο με γεωγραφική αποτύπωση, είναι το χλώριο, γεγονός που εξυπηρετεί την οπτική καταγραφή της εξέλιξης της υφαλμύρινσης. Μετά από ψηφιοποίηση των σημείων δειγματοληψίας που παρέχονται στις δύο αυτές εργασίες σε μορφή χάρτη, και απόδοση σε αυτά τα σημεία των τιμών Cl σε mg/lit, προκύπτουν οι χάρτες των σχημάτων 70 και 71. Παρατηρούμε, κατά το έτος 1989 την επιρροή της θάλασσας να είναι πολύ πιο περιορισμένη σε σχέση με το έτος 2002. Τα στοιχεία του 2014 όμως με τα στοιχεία του 2002, δεν διαφοροποιούνται πάρα πολύ έως καθόλου, αν λάβουμε υπόψη πιθανές αποκλίσεις λόγω ψηφιοποίησης και άλλης περιόδου δειγματοληψίας (οι δειγματοληψίες 1989 και 2002 έγιναν Οκτώβριο και οι της παρούσης εργασίας Μάιο).



Σχήμα 70 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χλωρίου έτους 1989 (Γιαννουράκος & Δούνας, 1991)



Σχήμα 71 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χλωρίου έτους 2002 (Τσιούμας & Ζόραπας, 2004)



Σχήμα 72 - Χωρική κατανομή συγκέντρωσης χλωρίου των δειγμάτων της περιοχής μελέτης. Έτος 2014.

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η πεδιάδα των Ψαχνών είναι το τμήμα της περιοχής μελέτης με την μεγαλύτερη πληθυσμιακή συγκέντρωση και από τις χρήσεις γης παρατηρείται η έντονη παρουσία της αγροτικής παραγωγής. Ακριβώς και για αυτό τον λόγο η περιοχή χρήζει παρακολούθησης και μελέτης καθώς παράγοντες όπως η υπεράντληση υδάτων και η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων υποβαθμίζουν την ποιότητα των υπόγειων υδάτων.
- Το κλίμα της περιοχής εκτιμάται ως ημίξηρο (semi-arid) με ήπιο χειμώνα κατά Emberger - Sauvage, και παρατηρείται μια υπόξηρη περίοδος (από Νοέμβριο μέχρι και τον Μάρτιο), μια ίσης διάρκειας υπέρξηρη (από Μάιο μέχρι και Σεπτέμβριο) και τους ενδιάμεσους μεταβατικούς μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο, ξηρό κλίμα, κατά Gracani. Παρατηρούμε επίσης ότι η ξηρή περίοδος διαρκεί από τις αρχές Απριλίου μέχρι τις αρχές Οκτώβρη, ενώ μια ισόχρονη και σχετικά ίσης έντασης, αν όχι πιο έντονη, υγρή περίοδος ακολουθεί.

- Τα ετήσια υδατικά αποθέματα εκτιμήθηκαν, χωρίς να υπολογιστούν απώλειες προς την θάλασσα, σε $13,6 \times 10^6 \text{ m}^3$. Το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής εκτιμήθηκε σε 16,2 % για την κατείσδυση, 14,4 % για την απορροή και 69,35 % για την εξατμισοδιαπνοή.
- Τα δείγματα υπόγειου νερού παρουσιάζουν ελαφρώς έως αρκετά αλκαλικά νερά, με υψηλή αγωγιμότητα και μεγάλη σκληρότητα. Οι αναλύσεις ανταποκρίνονται στην λιθολογία της περιοχής, αποτυπώνοντας παράλληλα την επίδραση της υφαλμύρισης και την επιρροή της μόλυνσης από λιπάσματα, και άλλους ανθρωπογενείς παράγοντες. Το μαγνήσιο και ασβέστιο παρατηρούνται ως κύρια κατιόντα με το νάτριο να ακολουθεί σχετικά άμεσα και η οξυανθρακική ρίζα είναι το κύριο ανιόν, με το χλώριο, τη νιτρική και τη θειική ρίζα να μοιράζονται την δεύτερη θέση.
- Με βάση το διάγραμμα Piper, τα δείγματα εκπροσωπούν γαιοαλκαλικά νερά με οξυανθρακικό έως θεικό χαρακτήρα, εκτός από τις περιοχές με έντονο το φαινόμενο της υφαλμύρισης όπου παρουσιάζουν χαρακτήρα αλκαλικό - θεικό. Με βάση το διάγραμμα Durov τα περισσότερα δείγματα παρουσιάζουν νερά με έντονη παρουσία της οξυανθρακικής ρίζας, τα οποία βρίσκονται στην αρχή της ιοντοανταλλαγής και νερά μίξης στα οποία δεν κυριαρχεί κανένα ιόν. Με βάση την κατάταξη κατά Stiff, τα δείγματα από την περιοχή μελέτης αποτυπώνουν την βαθμιαία επιρροή της θάλασσας κυρίως στα βόρεια και δίνουν μια πρώτη ένδειξη για την ομαδοποίηση που αποτυπώνεται καλύτερα με την ανάλυση συστοιχίας.
- Η υποβάθμιση της ποιότητας των νερών της περιοχής μελέτης, έχει να κάνει κυρίως με την υφαλμύριση και την ρύπανση από λιπάσματα. Συνεπώς παρατηρούμε τιμές πάνω από το ανώτερο επιτρεπτό για ανθρώπινη κατανάλωση σε νάτριο, χλώριο και νιτρικά ιόντα. Η παρουσία βαρέων μετάλλων (κυρίως κάδμιο και ψευδάργυρος) συνδέεται με την γεωλογία της περιοχής αλλά και με την ανθρώπινη δραστηριότητα και την καθιστά ως έναν ακόμα παράγοντα υποβάθμισης των υδάτων.
- Μέσω της παραγοντικής ανάλυσης παρουσιάζονται ξεκάθαρα χωρικά και χημικά οι παράγοντες της ποιοτικής υποβάθμισης. Ο πρώτος παράγοντας επηρεάζει τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις με αυξανόμενη ένταση προς την θάλασσα και εκφράζει την επιρροή του μαγνησίου και των θεικών και νιτρικών ριζών, συνεπώς συνδέεται με την λίπανση των καλλιεργειών, από λιπάσματα που ενδείκνυνται για λίπανση εδαφών με πρόβλημα υφαλμύρισης. Ο δεύτερος παράγοντας επηρεάζει το βόρειο - βορειοδυτικό και νοτιοανατολικό κομμάτι της λεκάνης και εκφράζει την επίδραση του νατρίου και του χλωρίου, άρα μπορεί να συνδεθεί με την υφαλμύριση. Η ανάλυση συστοιχίας παρουσιάζει σε δύο συνολικά ομάδες τα νερά της περιοχής μελέτης με κύρια διαχωριστική κατανομή τον άξονα ανατολής - δύσης. Συμπερασματικά αυτός ο διαχωρισμός αντιστοιχεί σε νερά λιγότερο επηρεασμένα από την συνολική υποβάθμιση στα ανατολικά και περισσότερο στα δυτικά.

- Τα νερά της περιοχής σε ποσοστό 22,7 % των δειγμάτων αντιστοιχούν σε νερό κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση σε ότι αφορά τα κύρια στοιχεία και 30 % σε ότι αφορά τα βαρέα μέταλλα. Τα κατάλληλα για χρήση δείγματα δεν συμπίπτουν, άρα το σύνολο των δειγμάτων της περιοχής μελέτης παρουσιάζει νερό ακατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Σύμφωνα με την κατάταξη κατά Richards τα περισσότερα δείγματα νερού της περιοχής βρίσκονται στην κατηγορία C3-S1, δηλαδή υπάρχει μικρός κίνδυνος νατρίου αλλά το νερό είναι υψηλής αλατότητας, ακατάλληλο για άρδευση σε εδάφη περιορισμένης στράγγισης, καθώς απαιτούνται μέτρα ελέγχου της αλατότητας και ενδείκνυται για καλλιέργεια μόνο ανθεκτικών σ' αυτό φυτών. 19 % των δειγμάτων, κυρίως στα νότια και ανατολικά της περιοχής, παρουσίασαν νερό εξαιρετικής έως καλής ποιότητας για άρδευση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Appelo, C., & Postma, D. (1996). *Geochemistry, groundwater and pollution*. Rotterdam: A.A.Balkema.
- Burdon, D., & Papakis, N. (1963). Contributions to the investigation and development of the karst aquifers of the circum-Mediterranean countries - Introduction. *F.A.O - Contributions to the Investigation and Development of the Karst Aquifers of the Circum-Mediterranean Countries*.
- Butorac, A. (1988). *Opća proizvodnja bilja-praktikum*. Zagreb: Faculty of Agriculture University of Zagreb.
- Caputo, R., Chatzipetros, A., Pavlides, S., & Sboras, S. (2012). The Greek Database of Seismogenic Sources (GreDaSS): state-of-the-art for northern Greece. *Annals of Geophysics*, 55 (5), 859 - 894.
- Chadha, D. K. (1999). A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data. *Hydrogeology Journal* 7, 431-439.
- Coutagne, A. (1954). Quelques considérations sur le pouvoir évaporant de l'atmosphère, le déficit d'écoulement effectif et le déficit d'écoulement maximum. *La Houille Blanche*, 360-374.
- Davis, S., & DeWiest, R. (1966). *Hydrogeology*. Michigan: Wiley.
- Durov, S. (1948). Natural waters and graphic representation of their compositions. *Dokl Akad Nauk USSR*, 87-90.
- Economou-Eliopoulos, M., Megremi, I., Atsarov, C., Theodoratou, Ch. and Vasilatos, Ch. (2013). Spatial evolution of the chromium contamination in soils from the Assopos to Thiva basin and C. Evia (Greece) and potential source(s): Anthropogenic versus natural processes. *Geosciences* 2013, 3, 140-158.
- Emberger, L. (1945). Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Fac. Sci. Montpellier, Bot.* 7, 3-43.
- European Environment Agency. (2014). Ανάκτηση από Natura 2000 Network Viewer: <http://natura2000.eea.europa.eu>
- European Environment Agency. (2013). Copernicus data and information funded by the European Union. *EU-DEM layers*. European Environment Agency.
- European Environment Agency. (2013). *Corine Land Cover 2000 - Version 17*. Commission of the European Communities.

- Google. (2014). *Google Maps*. Ανάκτηση από Google Maps: <https://maps.google.com/>
- Grondin, G., & Nelson, D. (1995). Hydrogeology, groundwater chemistry and land use in the Lower Umatilla Basin Groundwater management area. Στο G. Grondin, & D. Nelson, *Groundwater Chemistry*. Oregon: Oregon Health Division.
- Guneyt, G., Thyne, G., & MacCray, J. (2002). Evaluation of graphic and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. *Hydrogeology* (10), 455-474.
- Hill, R. (1949). Geochemical patterns in Coachella Valley, California. *Transactions of the American Geophysical Union* , 21 .
- Lloyd, J. W., & Heathcote, J. A. (1985). *Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater: an introduction*. Madison: Clarendon Press.
- Ormsby, T. (2013). *Getting to Know ArcGIS Desktop*. Esri Press.
- Piper, A. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Transactions of the American Geophysical Union* 25 , 914-923.
- Pourcq, K. d. (2008). Elements for a methodology to interpret hydrochemichal data. *Minor thesis - Universitat Politècnica de Catalunya* .
- Richards, L. (1969). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *U.S. Salinity Laboratory Staff. Agriculture Handbook* , 60.
- Sauvage, C. (1961). *Recherches geobotaniques sur les suberaies marocaines*. Rabat.
- Shaw, G., & Wheeler, D. (1985). *Statistical Techniques in Geographical Analysis*. London: John Wiley & Sons.
- Stiff, H. J. (1951). The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *Journal of Petroleum Technology* 3 (10) , 15-17.
- Taylor, G. (1918). Geographical factors controlling the settlement of tropical Australia. *Queensland Geographical Journal*, No18-19 .
- Turc, L. (1951). Nouvelle formule pour le calcul du bilan del'eau en fonction des valeurs annuelles moyennes des précipitations et de la température. *C. R. Acad. Sci.* , 233-633.
- WHO. (2011). *Guidelines for drinking-water quality. (fourth edition)*. Malta: Gutenberg.
- Wilcox, L. (1948). The quality of water for irrigation use. *US Department of Agriculture - Technical Bulletin* 1962 .
- Zaporozec, A. (1972). Graphical Interpretation of Water-Quality Data. *Groundwater* 10 (2) , 32-43.
- <http://kyttaro.net/>. (2007). Η λίπανση σε συνθήκες υψηλής αλατότητας. *Το κύτταρο* (8).

80/778/ΕΟΚ. (1980). *Οδηγία του συμβουλίου των ευρωπαϊκών κοινοτήτων περί της ποιότητας του πόσιμου νερού.*

Βάση δεδομένων "Υδροσκόπιο". (2010). *Εθνική τράπεζα υδρολογικής και μετεωρολογικής πληροφορίας*. Υ.Π.Ε.Κ.Α - Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων.

Βαρδάκη, Χ. (2001). Επίδραση βαρέων μετάλλων και άλλων στοιχείων αποσάθρωσης υπερβασικών πετρωμάτων και σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων σε εδάφη, νερά και φυτά της ευρύτερης περιοχής Ψαχνών - Ν. Αρτάκης Εύβοιας. *διδακτορική διατριβή - ΕΚΠΑ, Τμήμα Γεωλογίας*.

Βασιλείου, Ε. (2013). Διερεύνηση της παρουσίας βαρέων μετάλλων και ιδιαίτερα των μορφών τρισθενούς και εξασθενούς χρωμίου, στα υπόγεια νερά των οφιολιθικών μαζών και χαλαρών σχηματισμών Κεντρικής Εύβοιας. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία - Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*.

Βουδούρης, Κ. (2009). *Υδρογεωλογία περιβάλλοντος*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλας.

Γιαννουράκος, Α., Δούνας Α, (1991). *Οριστική υδρογεωλογική μελέτη περιοχής Κεντρικής Εύβοιας*. Αθήνα: Υπουργείο Γεωργίας.

Γ.Υ.Σ. (1971). Φύλλο Ψαχνά. *Τοπογραφικός Χάρτης Ελλάδας*.

Δάνδολος, Η., & Ζόραπας, Β. (2010). *Καταγραφή και αποτίμηση των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων λεκάνης Βοιωτικού Κηφισσού και υπολεκανών νομού Βοιωτίας - Εύβοιας / Τελική έκθεση*. Αθήνα: Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.

Δημόπουλος, Γ. (2007). *Γεωλογικές μελέτες τεχνικών έργων - υδρογεωλογικές μελέτες*. Θεσσαλονίκη: Αφοι Κυριακίδη.

Δήμος Διρφύων - Μεσσαπίων. (2011). *Στρατηγικός σχεδιασμός δήμου Διρφύων – Μεσσαπίων 2011-2014*. Ψαχνά: Δήμος Διρφύων - Μεσσαπίων.

Ε.Γ.Υ. (2013). *Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Αντολικής Στερεάς Ελλάδας*. Αθήνα: Υ.Π.Ε.Κ.Α.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. (1999). *Κλιματικά στοιχεία των σταθμών της Ε.Μ.Υ (Τόμ. 1)*. Αθήνα: Ε.Μ.Υ.

Ελληνική Γεωλογική Εταιρεία - Ελληνική Επιτροπή Υδρογεωλογίας. (2005). *Πρακτικά συνεδρίου. 7ο Πανελλήνιο Υδρογεωλογικό Συνέδριο*. Αθήνα.

Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2012). *Μόνιμος πληθυσμός Ελλάδος - Απογραφή ΕΛΣΤΑΤ 2011. Εφημερίδα της Κυβέρνησης (3465), 51331 - 51738*.

Ζαχαριάδης, Γ., Στράτης, Ι., Θεμελής, Δ., Ανθεμίδης, Α., & Οικονόμου, Α. (2004). *Ενόργανη Χημική Ανάλυση II*. Θεσσαλονίκη: Ζήτης.

Θεοδώρου, Λ. (1994). Οι υδρογεωλογικές συνθήκες στη λεκάνη του Μεσάπιου ποταμού (Κεντρική Εύβοια) με ιδιαίτερη έμφαση στην επίδραση της θάλασσας στο φρεάτιο ορίζοντα. *Πτυχιακή Μελέτη - Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*.

Καλλέργης, Γ. (1999). *Εφαρμοσμένη - Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία* (Τόμ. Ι - ΙΙ). Αθήνα: ΤΕΕ.

Κατσικάτσος, Γ., Κούκης, Γ., Φυτίκας, Μ., Αναστασόπουλος, Ι., & Κανάρης, Ι. (1981). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας. *Φύλλο χάρτη Ψαχνά - Πήλιον*. Αθήνα: Ι.Γ.Μ.Ε.

Κράνης, Χ., & Αντωνίου, Β. (2003). *Γεωλογικοί Χάρτες*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών - Τμήμα Γεωλογίας.

Μουντράκης, Δ. (1985). *Γεωλογία της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: University studio press.

Μουντράκης, Δ. (1988). *Συνοπτική γεωτεκτονική εξέλιξη του ευρύτερου ελληνικού χώρου*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Σολδάτος, Κ., & Κασώλη - Φουρναράκη, Α. (1986). *Εισαγωγή στη Γεωχημεία*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Σούλιος, Γ. (1986). *Γενική Υδρογεωλογία* (Τόμ. Ι / ΙΙΙ). Θεσσαλονίκη: University studio press.

Στουρνάρας, Γ. (2007). *Νερό - Περιβαλλοντική διάσταση & διαδρομή*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλας.

Τσιούμας, Β., & Ζώραπας, Β. (2004). *Μελέτη για τον εντοπισμό των αιτιών υφαλμύρωσης των υπόγειων νερών του δυτικού τμήματος του κάμπου Ψαχνών Ν. Εύβοιας*. Αθήνα: Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.

Τσίρος, Ι. (2014). *Σύγχρονες τεχνικές και μέθοδοι στη Μετεωρολογία και Κλιματολογία*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Τσόκας, Γ. (2005). *Εισαγωγή στις μεθόδους ανάλυσης και ερμηνείας γεωλογικών παρατηρήσεων*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

ΦΕΚ-892' Β/11-7-2011. (2001). *Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Οδηγία 98/83/ΕΚ*.

Φιλιππίδης, Φ. (2012). *Υδρογεωλογικές συνθήκες της νήσου Λέρου - Διερεύνηση παραγόντων ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων υδάτων. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία - Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*.

Χαριστός, Δ., & Γιούρη - Τσοχατζή, Κ. (2001). *Εργαστηριακές ασκήσεις Χημείας*. Θεσσαλονίκη: Ζήτης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας παραρτήματος 1 - Υπολογισμός υδρολογικού ισοζυγίου περιοχής μελέτης.

Υδρολιθολογικός σχηματισμός	Έκταση σχηματισμού (km ²)	Ποσοστό έκτασης (%)	Ύψος υετού (mm)	Όγκος νερού (m ³)	Συντελεστής κατεΐσδησης (%)	Όγκος νερού κατεΐσδησης (m ³)	Συντελεστής απορροής (%)	Όγκος νερού απορροής (m ³)
Ασβεστόλιθοι	97,06	45	390,20	37.871.587,94	26,00	9.846.612,87	8,00	3.029.727,04
Οφιόλιθοι	26,83	12	390,20	10.468.248,92	4,00	418.729,96	29,00	3.035.792,19
Προσχώσεις	74,33	34	390,20	29.002.442,61	11,00	3.190.268,69	14,00	4.060.341,97
Σχιστόλιθοι, φυλλίτες, κερατόλιθοι	3,83	2	390,20	1.496.160,64	4,00	59.846,43	30,00	448.848,19
Φλύσχης	14,23	7	390,20	5.552.341,93	3,00	166.570,26	29,00	1.610.179,16
ΣΥΝΟΛΟ	216,28	100	390,20	84.390.782,04		13.682.028,19		12.184.888,54
ΠΟΣΟΣΤΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ (%)				100		16,2		14,4

Πίνακας παραρτήματος 2 - Ιδιοτιμές και ολικές διακυμάνσεις παραγοντικής ανάλυσης δειγμάτων περιοχής μελέτης.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,347	54,332	54,332	3,064	38,306	38,306
2	1,095	13,693	68,026	2,378	29,720	68,026
3	,993	12,412	80,438			
4	,837	10,461	90,899			
5	,451	5,640	96,539			
6	,234	2,923	99,462			
7	,034	,424	99,885			
8	,009	,115	100,000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Πίνακας παραρτήματος 3 - Μετεωρολογικά δεδομένα ΕΜΥ σταθμού Χαλκίδας 1974 - 1994.

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ 1 ΕΛΕΓΧΟΥ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΑ 697 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ 38° 28' ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ 23° 36' ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ 5.0 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΑΡΟΜ. - ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ 2.0 ΜΕΤΡΑ														ΠΙΝΑΚΑΣ Α		ΣΕΛΙΔΑ 249							
ΜΗΝΕΣ	Μέση πίεση σε hPa στην επιφ. θάλασσας	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ °C												Μέση σχετική υγρασία %	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή ηλιοφάνειας σε ώρες	Τυπική απόκλιση	Μέση νεφώσι σε όγδοα	ΥΕΤΟΣ			Επισκραυόσα διεφύσηση ανέμου σε κόμβους	Μέση ένταση ανέμου σε κόμβους
		Μέση	Τυπική απόκλιση	Μέση μέγιστη	Τυπική απόκλιση	Μέση ελάχιστη	Τυπική απόκλιση	Απολύτως μέγιστη	Απολύτως ελάχιστη	Μέση των απολύτως μέγιστων	Τυπική απόκλιση	Μέση των απολύτως ελάχιστων	Τυπική απόκλιση						Μέσο ύψος σε χλμ	Μέγιστο 24ωρου σε χλμ	Επικραυόσα διεφύσηση ανέμου σε κόμβους		
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		9,1	1,3	12,7	1,5	5,2	1,5	25,0	-3,0	19,1	2,6	-0,2	1,7	73,4	4,3			4,8	48,7	98,0	B	6,4	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ		9,1	1,2	12,4	1,3	5,1	1,3	21,0	-8,4	19,5	1,3	-0,2	2,2	71,8	4,6			5,3	45,2	36,0	BA	6,7	
ΜΑΡΤΙΟΣ		11,8	1,6	14,8	1,9	6,9	1,4	25,0	-2,6	22,5	1,2	1,6	2,2	69,8	5,9			4,5	50,3	56,4	BA	5,8	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ		16,1	1,6	18,6	2,0	9,9	0,9	34,0	-1,5	27,2	3,0	5,4	2,0	63,5	6,9			3,8	30,9	65,4	BA	5,1	
ΜΑΙΟΣ		20,7	1,2	22,6	1,5	14,3	1,5	35,4	5,4	31,5	1,6	8,8	2,2	60,2	7,1			3,2	24,0	38,6	B	4,5	
ΙΟΥΝΙΟΣ		25,8	0,9	26,4	0,9	18,9	0,9	40,0	8,5	36,5	1,6	13,8	2,1	54,6	7,3			1,8	9,4	17,0	B	4,5	
ΙΟΥΛΙΟΣ		27,8	1,0	27,6	1,2	21,4	1,0	45,0	13,5	39,0	2,8	16,7	1,8	53,1	6,3			1,1	3,9	25,0	B	4,8	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		27,5	1,1	27,2	1,0	21,5	1,0	42,0	15,0	37,0	1,5	16,6	1,6	55,0	6,7			1,0	8,9	30,2	B	5,2	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		24,5	0,9	25,0	0,9	17,9	1,0	37,6	8,4	34,4	1,5	13,4	1,5	58,2	15,8			1,3	2,4	11,2	B	4,1	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		19,7	1,4	21,0	1,9	14,4	1,6	33,0	4,0	29,9	2,0	8,1	2,2	67,5	18,0			3,4	39,9	85,4	B	4,8	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		13,9	1,4	16,0	1,6	9,9	1,5	25,0	-0,5	22,9	1,4	4,0	2,5	74,7	20,0			4,7	66,6	76,0	B	5,9	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		10,5	1,0	13,9	1,2	6,6	1,1	22,0	-2,5	20,0	1,5	1,5	2,0	75,3	19,7			5,0	60,0	47,4	B	6,4	
ΕΤΟΣ		18,0		19,9		12,7		45,0	-8,4	28,3		7,5		64,8				3,3	390,2	98,0		5,3	

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Απολ. Μέγιστη θερμ. 45.0 °C σημειώθηκε την 27-07-87

Απολ. Ελάχιστη θερμ. -8.4 °C σημειώθηκε την 04-01-91

Μέγιστο ύψος υετού 24ώρου 98.0 χλσμ σημειώθηκε την 30-01-94

Πίνακας παραρτήματος 4 - Μετεωρολογικά δεδομένα ΕΜΥ σταθμού Χαλκίδας 1974 - 1994.

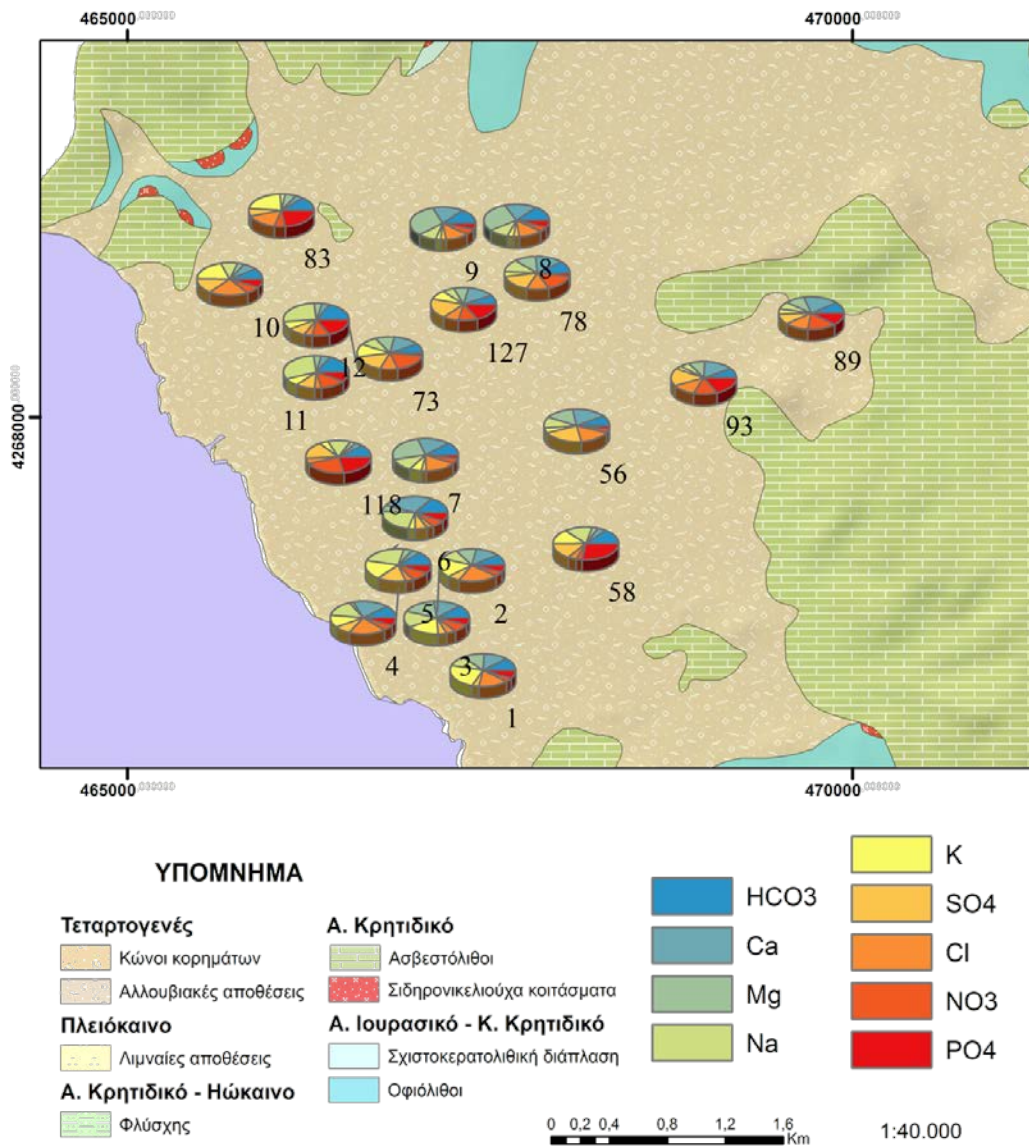
ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ 1 ΕΛΕΓΧΟΥ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΑ 697 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ 38° 28' ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ 23° 36' ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ 5.0 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΑΡΟΜ. - ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ 2.0 ΜΕΤΡΑ															ΣΕΛΙΔΑ 250	
ΠΙΝΑΚΑΣ Β																
DATCLIM ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1974 - 1994																
ΜΗΝΕΣ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΣΗΜΕΙΩΘΗΚΕ															
	Νέφωση (0-1,5)°8	Νέφωση (1,6-6,4)°8	Νέφωση (6,5-8)°8	Υετός	Βροχή	Χιόνι	Καταιγίδα	Χαλάζι	Χιονοσειρές έδαφος	Ομίχλη	Αρόσος	Πάχνη	Ελάχιστη θερμοκρασία < ή = από 0,0 °C	Μέγιστη θερμοκρασία < ή = από 0,0 °C	ταχύτητα ανέμου > ή = από 6 Μποφόρ	ταχύτητα ανέμου > ή = από 8 Μποφόρ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6,6	11,7	12,6	9,3	8,8	0,4	0,6	0,0	0,4	0,1	1,4	2,4	1,8	0,0	0,6	0,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4,9	10,4	12,9	10,4	9,2	1,2	0,6	0,1	0,2	0,1	0,9	2,1	2,6	0,0	0,4	0,0
ΜΑΡΤΙΟΣ	7,3	12,6	11,1	8,4	7,8	0,5	0,4	0,0	0,0	0,1	1,8	0,5	1,1	0,0	0,4	0,0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8,5	15,1	6,4	6,8	6,8	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
ΜΑΙΟΣ	10,1	17,3	3,6	5,8	5,8	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
ΙΟΥΝΙΟΣ	17,1	11,5	1,4	2,9	2,9	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4
ΙΟΥΛΙΟΣ	22,5	8,1	0,4	1,4	1,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	23,5	7,3	0,2	1,8	1,8	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,5
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	20,8	8,6	0,7	1,3	1,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	10,9	13,4	6,6	5,7	5,7	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6,9	11,9	11,1	8,9	8,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	1,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5,9	12,4	12,7	9,3	8,7	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0	1,3	0,9	1,0	0,0	1,1	0,0
ΕΤΟΣ	145,0	140,3	79,7	72,0	69,1	2,2	9,6	0,1	0,6	0,3	9,3	6,1	6,6	0,0	4,8	1,4

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Ο υπολογισμός του ανέμου έγινε με εκτίμηση σε ύψος 2 μέτρ.

Πίνακας παραρτήματος 5 - Προσδιορισμός σφάλματος αναλύσεων νερού περιοχής μελέτης.

δείγμα	HCO ₃ ⁻ (meq/lt)	Ca ⁺² (meq/lt)	Mg ⁺² (meq/lt)	Na ⁺ (meq/lt)	K ⁺ (meq/lt)	SO ₄ ⁻² (meq/lt)	Cl ⁻ (meq/lt)	NO ₃ ⁻ (meq/lt)	PO ₄ ⁻³ (meq/lt)	άθροισμα ανιόντων	άθροισμα κατιόντων	σφάλμα	σφάλμα (%)
56	5,2	4,3912	5,64	1,47	0,04	2,07	2	1,97	0,002	11,23	11,54	-0,0134	-1,34
58	5,6	7,42512	9,26	2,23	0,09	7,96	4,2	1,86	0,002	19,62	19,00	0,0160	1,60
73	6,2	3,91216	5,55	1,99	0,13	1,73	1,8	1,51	0,002	11,24	11,58	-0,0150	-1,50
78	7	3,992	5,15	2,02	0,41	1,49	2	1,14	0,002	11,63	11,58	0,0023	0,23
83	4,8	6,02792	15,44	4,39	0,16	3,06	12	3,31	0,001	23,17	26,02	-0,0578	-5,78
89	5,8	4,47104	3,79	1,01	0,04	0,69	1,6	1,19	0,001	9,28	9,31	-0,0018	-0,18
93	5,4	3,992	4,11	1,06	0,03	1,26	1,6	1,19	0,002	9,45	9,20	0,0135	1,35
118	6,2	7,984	11,67	2,67	0,05	11,54	4,6	1,54	0,002	23,88	22,38	0,0325	3,25
127	6,6	4,3912	4,91	1,76	0,12	1,93	1,6	1,24	0,002	11,36	11,19	0,0079	0,79
123 A	4,8	4,3912	0,42	1,04	0,01	0,26	1	0,25	0,000	6,30	5,86	0,0365	3,65
1	4,9	2,23	3,53	1,14	0,17	0,31	1,6	0,16	0,004	6,97	7,07	-0,0071	-0,71
2	5	2,59	4,17	1,57	0,14	0,53	2,6	0,26	0,004	8,39	8,47	-0,0047	-0,47
3	2,8	2,36	4,21	1,46	0,13	0,33	4,6	0,34	0,003	8,07	8,16	-0,005545287	-0,55
4	6,4	4,47	8,32	2,46	0,09	7,15	2,7	0,34	0,005	16,59	15,34	0,039148137	3,91
5	5,2	7,38	12,79	3,28	0,12	11,18	4,1	4,37	0,004	24,85	23,57	0,026435357	2,64
6	5,9	3,99	10	2,39	0,03	4,29	3	2,63	0,004	15,82	16,41	-0,018305926	-1,83
7	6,5	4,04	7,53	1,91	0,08	2,91	2	2,68	0,002	14,09	13,56	0,019168174	1,92
8	6,5	3,43	6,76	1,52	0,04	2,7	1,3	2,21	0,003	12,71	11,75	0,039247751	3,92
9	6,5	3,35	7,64	1,52	0,03	2,65	1,3	2,61	0,003	13,06	12,54	0,0203125	2,03
10	5	12,73	12,82	18,38	0,17	9,36	26	4,16	0,005	44,52	44,1	0,004739336	0,47
11	5,5	6,31	9,26	2,63	0,37	5,3	2,9	4,94	0,003	18,64	18,57	0,001881215	0,19
12	5,7	5,47	10,08	2,39	0,03	4,26	3,3	4,17	0,007	17,43	17,97	-0,015254237	-1,53



Πίνακας παραρτήματος 6 - Συντεταγμένες σημείων δειγματοληψίας (ΕΓΣΑ 87)

ΔΕΙΓΜΑ	Χ	Ψ
1	467450,432666274	4266272,94686827
2	467135,106838548	4266657,69540642
4	466867,957232612	4266830,01637886
3	467132,127552792	4266657,72291003
5	466865,726494618	4267120,78799766
6	466982,018142993	4267342,53864484
7	467053,929878788	4267741,91696803
8	467451,192579764	4269159,27118433
9	467173,463448191	4269337,65965031
10	465703,632830534	4268953,48622206
11	466344,619858851	4268312,7086167
12	466575,930570989	4268381,5011205
118	466453,599999645	4267728,20062127
56	468096,460292922	4267943,27878361
58	468159,568304309	4267129,79490312
127	467316,217062958	4268780,78268189
83	466060,731682502	4269427,02101588
78	467677,78088225	4268995,82545793
93	468972,616412025	4268272,52243376
123 A	476482,516821576	4273590,18424649
89	469714,631743696	4268719,18814863
73	466811,430267038	4268443,37937571

Χάρτης παραρτήματος 1 - Αναλύσεις νερού δειγμάτων περιοχής μελέτης.

Πίνακας παραρτήματος 7 - Αναλύσεις δειγμάτων νερού περιοχής μελέτης (κύρια στοιχεία και ιχνοενώσεις).

δείγμα	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	TDS (mg/l)
56	88	68.6	33.8	1.6	317.20	99.4	70.92	122.1	0.1	0.1342	27.5	801.59
58	148.8	112.7	51.2	3.4	341.60	382.5	148.94	115.5	0.08	0.4514	28.5	1304.59
73	78.4	67.6	45.7	5	378.20	83.35	63.83	93.5	0.1	0.305	33	815.55
78	80	62.7	46.5	16	427.00	71.5	70.92	70.95	0.1	0.0732	41	845.56
83	120.8	187.8	101	6.1	292.80	147.15	425.53	205.7	0.06	0.8296	38.5	1486.91
89	89.6	46.1	23.2	1.6	353.80	33.15	56.74	73.7	0.04	0.1098	24.75	677.88
93	80	50.0	24.4	1.3	329.40	60.65	56.74	73.7	0.075	0.0976	26.5	676.17
118	160	142.0	61.4	2.11	378.20	555	163.12	95.7	0.085	0	22.75	1557.51
127	88	59.8	40.5	4.7	402.60	92.55	56.74	77	0.093	0.1098	36.5	821.86
123 A	88	5.1	12	0.5	292.80	12.3	35.46	15.4	0.02	0	9.75	461.52
1	44.8	43.0	26.3	6.5	298.90	14.5	56.70	10.2	0.19	/	/	502
2	52	50.8	36	5.5	305.00	25.5	92.2	16.4	0.18	/	/	584
3	47.2	51.3	33.5	5.2	286.70	16	163.2	21.2	0.14	/	/	625
4	89.6	101.3	56.5	3.7	390.40	343.7	95.7	21.2	0.23	/	/	1103
5	148	155.0	75.5	4.5	317.20	537.5	145.4	271.7	0.17	/	/	1656
6	80	121.7	55	1.3	359.90	206.3	106.4	163.3	0.17	/	/	1094
7	81	91.7	44	3	396.50	140	70.9	166.4	0.1	/	/	994
8	68.8	82.2	35	1.4	396.50	130	46	137.3	0.16	/	/	898
9	67.2	93.0	35	1.1	396.50	127.5	46	162	0.14	/	/	923
10	255.2	156.0	422.5	6.8	305.00	450	922	258.7	0.22	/	/	2777
11	126.4	112.6	60.5	14.5	335.50	255	103	306.8	0.15	/	/	1315
12	109.6	122.6	55	1.3	347.70	205	117	258.8	0.35	/	/	1218

Πίνακας παραρτήματος 8 - Αναλύσεις δειγμάτων νερού περιοχής μελέτης (βαρέα μέταλλα - mg/l)

δείγμα	Zn	Co	Cr	Cd	Mn	Ni	Fe	Cu
56	0.04	< 0,001	< 0,001	0.004	0.02	< 0,001	0.016	0.03
58	0.096	< 0,001	< 0,001	0.02	0.008	< 0,001	0.001	0.037
73	0.121	< 0,001	< 0,001	0.003	0.001	< 0,001	0.056	0.045
78	0.043	< 0,001	< 0,001	0.024	0.07	< 0,001	0.95	0.037
83	0.048	< 0,001	< 0,001	0.001	0.007	< 0,001	0.039	0.028
89	0.113	< 0,001	< 0,001	0.002	0.034	< 0,001	0.104	0.022
93	0.017	0.068	< 0,001	0.001	0.001	< 0,001	0.039	0.05
118	0.154	< 0,001	< 0,001	0.009	0.023	< 0,001	0.024	0.052
127	0.029	< 0,001	< 0,001	0.001	0.001	< 0,001	0.06	0.051
123 A	0.134	< 0,001	< 0,001	0.005	0.001	0.081	0.051	0.035