

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΣΤΟΝ
ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΟ ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΤΗΣ
ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΚΙΑΤΟΥ-ΚΟΡΙΝΘΟΥ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΠΟΥΛΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΜΕΣΟΛΛΟΓΙ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1 Νερό γεωργικών χρήσεων- Ποιότητα και προβλήματα.....	5
1.2 ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	6
1.2.1 Οριοθέτηση της περιοχής έρευνας.....	6
1.2.2 Γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης.....	7
1.2.3 Σύντομη ιστορική αναδρομή της ευρύτερης περιοχής έρευνας.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2.1 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	11
2.1.1 Εκτίμηση των ελλιπών παρατηρήσεων.....	11
2.1.2 Έλεγχος ομογένειας βροχομετρικών δεδομένων.....	12
2.1.3 Συσχέτιση βροχοπτώσεων με φυσιογραφικούς γεωγραφικούς παράγοντες και χωρική κατανομή βροχοπτώσεων	12
2.1.4 Μηνιαία πορεία των βροχοπτώσεων	15
2.1.5 Ετήσια πορεία των βροχοπτώσεων.....	15
2.1.6 Θερμοκρασία.....	16
2.1.7 Ηλιακή ακτινοβολία.....	17
2.1.8 Ηλιοφάνεια.....	17
2.1.9 Άνεμοι	18
2.1.10 Ατμοσφαιρική υγρασία	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
3.1 Μεθοδολογία έρευνας.....	20
3.1.1 Διαδικασία συλλογής στοιχείων.....	20
3.1.2 Πηγές άντλησης νερού, μηχανισμοί άντλησης.....	23
3.1.3 Γεωτρήσεις.....	23
3.1.4 Πηγάδια.....	27
3.1.5. Δειγματοληψία Νερού.....	29
3.1.6 Εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	

4.1 Υδρογεωλογία.....	42
4.1.1 Υδρογεωλογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής έρευνας.....	42
4.1.2. Το υδροφόρο σύστημα της Βόχας.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
5.1 Υδροχημεία.....	48
5.1.1. Υδροχημική ανάλυση.....	48
5.1.2. Νιτρορύπανση	48
5.1.3. Κατανομή νιτρικών ιόντων.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
Συμπεράσματα.....	54
Βιβλιογραφία.....	56

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο κομμάτι μεταξύ Κιάτου - Κορίνθου καθώς και στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, στο τμήμα Μηχανολογίας και Υδάτινων πόρων. Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελεί η ανάλυση και διερεύνηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υπόγειων νερών των υδροφόρων οριζώντων της περιοχής. Επιβλέπων καθηγητής ο οποίος συντέλεσε στην καθοδήγηση και ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο Δρ. Γεώργιος Παναγόπουλος. Μέσα από τον πρόλογο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου για την προσφορά επιστημονικού υλικού, γνώσεων και χρόνου που συντέλεσαν στην ολοκλήρωση της εν λόγω πτυχιακής εργασίας. Θα ήθελα επίσης να δώσω τις ευχαριστίες μου στο εργαστηριακό προσωπικό του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας για την καθοριστική συμβολή του στην πραγμάτωση της πτυχιακής εργασίας. Μέσω της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι συμπαντικό να εκφρασθούν οι θερμότερες ευχρηστίες προς τους κατοίκους της περιοχής που συνεργάστηκαν και προσέφεραν την βοήθεια τους.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1. Νερό γεωργικών χρήσεων- Ποιότητα και προβλήματα

Ένα μεγάλο ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα αφορά τη γεωργία. Περίπου το 87% της συνολικής ποσότητας νερού για τη γεωργία, με αρδευτικά δίκτυα που παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες, υδροβόρες μεθόδους άρδευσης και παράνομες γεωτρήσεις. Η γεωργία επηρεάζει τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα του νερού που είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις. Η ρύπανση που προκαλείται στα νερά από τις γεωργικές δραστηριότητες αφορά τη ρύπανση από τα λιπάσματα που έχει σχέση με τον ευτροφισμό των νερών, καθώς και τη ρύπανση φυτοφαρμάκων. Η ρύπανση αυτή φτάνει στα επιφανειακά νερά μέσω της επιφανειακής απορροής με τα νερά της βροχής, ή με την επικοινωνία με τα υπόγεια νερά που εν τω μεταξύ έχουν ρυπανθεί από τη στράγγιση των νερών άρδευσης των αγρών. Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας, μόνο η ρύπανση από τα φυτοφάρμακα και τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική αιτία της κακής ποιότητας του νερού. Η μεταβολή του κλίματος προσθέτει ένα επιπλέον στοιχείο αβεβαιότητας σχετικά με τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων. Λόγω των αναμενόμενων μεταβολών στα ύψη των βροχοπτώσεων, η διαθεσιμότητα γλυκού νερού στο μέλλον αναμένεται να είναι μεγαλύτερη για ορισμένες περιοχές της Ελλάδας. Σχετικά με την ποιότητα των νερών στις αγροτικές περιοχές παρατηρούνται τάση αύξησης της αλατότητας στην παράκτια ζώνη, ιδίως το καλοκαίρι (η θάλασσα μπαίνει μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα) και πτώση στάθμης σε όλες τις περιοχές γεωτρήσεων και αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων από τα λιπάσματα καθώς και φυτοφαρμάκων που ευρέως χρησιμοποιούνται στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις (σε κάποιες περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις είναι δεκαπλάσιες του ορίου για το πόσιμο νερό που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση).

Ένας τομέας όπου νέες πρακτικές και πολιτικές μπορούν να κάνουν τη διαφορά ως προς την αποδοτική χρήση των υδάτων είναι η άρδευση των καλλιεργειών. Στην Ελλάδα οι άνυδρες ή ημιάνυδρες συνθήκες απαιτούν τη χρήση της άρδευσης. Σχεδόν το 80% του νερού που χρησιμοποιείται στη γεωργία αφορά την άρδευση. Ωστόσο, στην άρδευση δεν πρέπει να γίνεται τόσο εντατική χρήση του νερού. Ήδη κάνουν την εμφάνισή τους τα οφέλη της αποδοτικής χρήσης των υδάτων σε ολόκληρη την Ευρώπη τόσο μέσω της αποτελεσματικότητας της μεταφοράς (το ποσοστό του αντλούμενου νερού που παρέχεται στους αγρούς) όσο και μέσω της αποτελεσματικότητας της χρήσης στους αγρούς (το νερό που χρησιμοποιείται πραγματικά από μια καλλιέργεια σε σχέση με τη συνολική ποσότητα νερού που διοχετεύτηκε στην καλλιέργεια). Στην Ελλάδα, για παράδειγμα, τα δίκτυα αυξημένης αποτελεσματικότητας μεταφοράς και διανομής οδήγησαν σε μια

εκτιμώμενη αύξηση 95% της αποδοτικής χρήσης του ύδατος σε σύγκριση με τις μεθόδους άρδευσης που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα.

Η ρύπανση των υδάτων δημιουργείται με την απελευθέρωση σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες ουσιών οι οποίες είτε διαλύονται, είτε κατακάθονται στον πυθμένα. Η κυριότερη πηγή ρύπανσης τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου νερού είναι η γεωργία με τη χρήση των αγροχημικών. Η εντατικοποίηση της γεωργίας με τη μαζική χρήση των αγροχημικών έχει σαν αποτέλεσμα τη μόλυνση των υδάτινων αποδεκτών (ποταμών, λιμνών, υπόγειων υδροφορέων) με υπολείμματα των χημικών φαρμάκων. Αγροτική ρύπανση είναι αυτή που προκαλείται στα νερά από γεωργικές δραστηριότητες και αφορά στη ρύπανση από τα λιπάσματα που σχετίζεται με τον ευτροφισμό των νερών, καθώς και στη ρύπανση από τα φυτοφάρμακα.

1.2.Περιοχή Μελέτης

1.2.1. Οριοθέτηση της περιοχής έρευνας

Η περιοχή έρευνας τοποθετείται στο ΒΑ τμήμα του νομού Κορινθίας και οριοθετείται στα βόρεια από τον Κορινθιακό κόλπο, στα ανατολικά από τα όρια της αρχαίας Κορίνθου και περιλαμβάνει τις περιοχές Άσσου - Λεχάιου, Βόχας, Βέλου και έχοντας σύνορα την εθνική οδό στο νότιο τμήμα της. Στα δυτικό κομμάτι η περιοχή οριοθετείται από τον Ασωπό ποταμό. Η γεωγραφική οριοθέτηση έγινε κυρίως με γεωλογικά, υδρολογικά και υδρογεωλογικά κριτήρια, φροντίζοντας παράλληλα να ακολουθούνται και διοικητικά όρια όπου αυτό ήταν εφικτό. Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται από μεγάλες πεδινές ενότητες, την παράκτια περιοχή μεταξύ Κορίνθου και Κιάτου γνωστή και ως κάμπος της Βόχας.

1.2.2. Γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης

Ο Δήμος Βέλου- Βόχας συστάθηκε με τον Ν. 3582/2010 "Νέα Αρχιτεκτονική της τοπικής αυτοδιοίκησης και αποκεντρωμένης διοίκησης- πρόγραμμα Καλλικράτης" και συγκροτήθηκε από τους πρώην δήμους Βέλου και Βόχας. Έδρα του δήμου είναι το Ζευγολατιό. Ο Δήμος αποτελείται από τρεις δημοτικές Κοινότητες: το

Ζευγολατιό, το Βέλο και το Βραχάτι και δώδεκα ακόμα τοπικές κοινότητες: Ελληνοχώρι, Κοκκώνι, Κρήνες, Νεράντζα, Πουλίτσα, Στιμάγκα, Ταρσινά, Βοχαϊκό, Ευαγγελίστρια, Μπολάτι, Σουληνάρι, Χαλκί.



(1.1)Χάρτης περιοχής μελέτης

Ο Δήμος καταλαμβάνει έκταση 164.85 τ.χλμ από τα οποία το μεγαλύτερο μέρος είναι για γεωργική χρήση (πάνω από το 40%). Ο πληθυσμός του δήμου ανέρχεται στους 18.323 κατοίκους με το μεγαλύτερο ποσοστό να κατοικεί στα πεδινά του δήμου και ένα μικρό (κάτω του 10%) στην ορεινή ζώνη.

	ΔΗΜΟΤΙΚΗ/ ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	
Δ.Ε. ΒΕΛΟΥ	Βέλου	8,973	3.156	Πεδινή	
	Ελληνοχωρίου	10,171	361	Ημιορεινή	
	Κοκκωνίου	3,775	1.179	Πεδινή	
	Κρηνών	7,198	691	Πεδινή	
	Νεράντζης	1,6	616	Πεδινή	
	Πουλλίτσης	5,15	719	Πεδινή	
	Στιμάγκας	35,386	1.068	Ορεινή	
	Ταρσινών	4,699	421	Πεδινή	
	Δ.Ε. ΒΟΧΑΣ	Ζευγολατειού	41,491	4.633	Πεδινή
		Βογαϊκού	5,426	966	Πεδινή
Βραγατίου		3,075	2.951	Πεδινή	
Ευαγγελιστριάς		3,3	261	Πεδινή	
Μπολατίου		5,351	667	Πεδινή	
Σουληναρίου		8,211	280	Ορεινή	
Χαλκείου		21,041	354	Ορεινή	

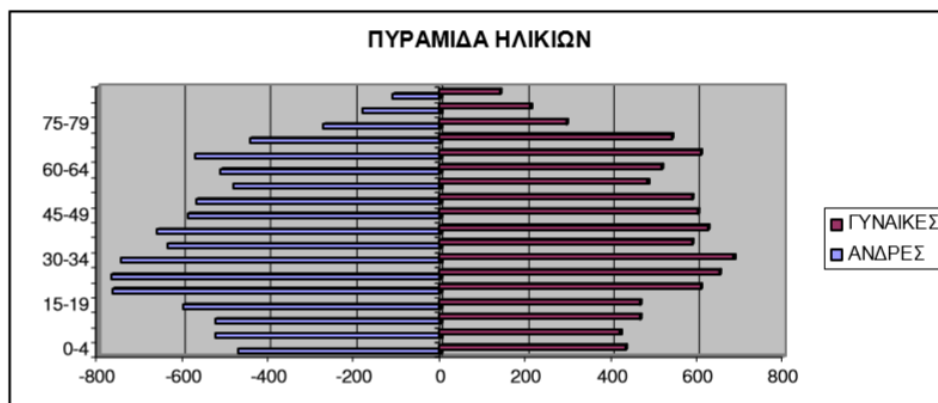
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: ΕΚΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (ΕΣΥΕ 2001)

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Όπως αναφέρθηκε ο πληθυσμός του δήμου ανέρχεται στους 18.323 κατοίκους βάσει όμως τα στοιχεία της απογραφής του 2001. Μόλις πρόσφατα ολοκληρώθηκε η Γενική Απογραφή 2011 τα στοιχεία της οποίας δεν έχουν ακόμα ανακοινωθεί και τα οποία διαφοροποιούν κατά πολύ τα επίσημα του 2001. Εκτιμάται ότι ο πληθυσμός με τα επίσημα στοιχεία της απογραφής του 2011 θα ξεπεράσει τους 20.000 κατοίκους. Η κατανομή ανάμεσα στα δύο φύλλα είναι σχεδόν ισομερής με τους άνδρες να ανέρχονται στους 9.394 και τις γυναίκες στις 8.929.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΚΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ	ΑΝΔΡΕΣ	ΓΥΝΑΙΚΕΣ
0-4	904	470	434
5-9	941	522	419
10-14	992	524	468
15-19	1.065	597	468
20-24	1.372	764	608
25-29	1.418	766	652
30-34	1.429	743	686
35-39	1.222	635	587
40-44	1.283	659	624
45-49	1.188	586	602
50-54	1.152	566	586
55-59	963	480	483
60-64	1.026	509	517
65-69	1.179	570	609
70-74	984	443	541
75-79	564	270	294
80-84	391	179	212
85+	250	111	139
ΣΥΝΟΛΟ	18.323	9.394	8.929

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟ

Στο παρακάτω σχήμα (1.2) απεικονίζεται η πυραμίδα ηλικιών του δήμου. Παρατηρούμε ότι δυναμική παρουσία έχουν οι οικονομικά ενεργοί (από 20 έως 40 ετών) καθώς και σχετικά καλή εικόνα φαίνεται στις μικρές ηλικίες (0-10) γεγονός που δίνει ένα δυναμικό χαρακτήρα στην σύνθεση του πληθυσμού. Μικρότερες αντίθετα είναι οι τιμές στις ηλικίες άνω των 70.



(1.2) Πυραμίδα ηλικιών σε άνδρες και γυναίκες

ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ Κύριο χαρακτηριστικό του νέου δήμου Βέλου- Βόχας είναι ο έντονος αγροτικός χαρακτήρας του. Η πλειοψηφία των οικονομικά ενεργών απασχολείται στον πρωτογενή τομέα, με κυρίαρχη δραστηριότητα την γεωργία κυρίως στην ενδοχώρα (πεδινή μέχρι και ορεινή ζώνη). Σχετικά υψηλό είναι και το ποσοστό των απασχολούμενων στον τριτογενή τομέα και ιδιαίτερα στον τουρισμό κυρίως στις παραλιακές κοινότητες (Βραχάτι, Κοκκώνι, Νεράντζα). Στον δευτερογενή τομέα απασχολείται το μικρότερο μέρος του οικονομικά ενεργού πληθυσμού και αυτό κυρίως στις μεταποιητικές μονάδες, οι οποίες είναι διεσπαρμένες στις περισσότερες κοινότητες.

1.3. Σύντομη ιστορική αναδρομή της ευρύτερης περιοχής έρευνας.

Ο μύθος θέλει δύο μεγάλους Ολύμπιους θεούς να ερίζουν για τον ευλογημένο Κορινθιακό τόπο. Τελικά, ο Απόλλωνας πήρε τον Ακροκόρινθο και ο Ποσειδώνας τον Ισθμό. Πάμπολλοι άλλοι αρχαίοι μύθοι συνδέονται με πόλεις και οικισμούς της περιοχής. Σύμφωνα με αυτούς, το όνομά της η πόλη της Κορίνθου, το οφείλει στον ομώνυμο ήρωα Κόρινθο, ο οποίος ήταν γιος του Μαραθώνα και μακρινός απόγονος του θεού Ερμή. Στην Κόρινθο, σύμφωνα πάντα με τους μύθους, έφτασε κυνηγημένο το βασιλικό ζευγάρι Ιάσων και Μήδεια, εκεί λέει η μία εκδοχή του μύθου, συντελέστηκε το στυγερό έγκλημα της παιδοκτονίας από την πριγκίπισσα της Κολχίδος. Κατόπιν, η παιδοκτόνος, κατέφυγε στο Ηραίο της Περαχώρας για να

κρυφτεί. Στην Κόρινθο, επίσης, κυνηγημένος κατά μία έννοια κι από την ίδια του την τραγική μοίρα έφτασε μωρό ακόμη ο Οιδίποδας, ο οποίος υιοθετήθηκε από τη βασιλική οικογένεια της πόλης και ανατράφηκε ως βασιλόπουλο στην Τενέα. Η Τενέα, οικίστηκε σύμφωνα με το μύθο από Τενέδιους που μετέφερε με τη βία, ο Αγαμέμνων από την Τένεδο κατά την επιστροφή από την Τροία, έτσι άλλωστε δικαιολογείται η ονοματολογική συγγένεια των δύο περιοχών. Η Κορινθία μπορεί να καυχάται και για την πόλη της Σικυώνος. Πόλη πλούσια και κατά καιρούς πολιτικά ισχυρή που δοξάστηκε και ως σπουδαίο καλλιτεχνικό κέντρο. Η περιοχή της Σικυωνίας εμφανίζει συνεχή αλλά και δόκιμη ανθρώπινη παρουσία από την μυκηναϊκή εποχή ως τις μέρες μας. Ονομάστηκε έτσι από τον ομώνυμο ήρωα, γιο του Μαραθώνα και αδελφό του Κόρινθου, που αναφέραμε νωρίτερα. Λίγο νοτιότερα από τη Σικυώνα, στις όχθες του Ασωπού ποταμού, υπάρχει η ακρόπολη της Τιτάνης, η οποία, σύμφωνα με τη μυθολογία, ήταν η πρώτη κατοικία των Τιτάνων και ιδιαιτέρως του θεού Ήλιου. Στην πρώιμη αρχαιότητα ονομαζόταν Εφύρα, πρωτοκατοικήθηκε από το Σίσυφο, ο οποίος καταγράφεται στη μυθολογία μας ως ο μοναδικός άνθρωπος που κατάφερε δύο φορές να ξεγελάσει το θάνατο. Γι' αυτή του την ύβρη, τιμωρήθηκε στον Άδη να κυλά διαρκώς μία πέτρα προς την κορυφή ενός λόφου, που έμοιαζε με τον Ακροκόρινθο, μα πάντα λίγο πριν φτάσει στην κορυφή, ο βράχος να φεύγει από τα χέρια του και να καταλήγει πάλι στους πρόποδες. Ο μύθος θέλει το Σίσυφο να λύνει, τρόπον τινά, το πρόβλημα λειψυδρίας της περιοχής της Κορίνθου χάρη σε μία συμφωνία που συνήψε με τον ποταμό Ασωπό. Ο πονηρός βασιλιάς της Εφύρας αποκάλυψε στον ποτάμιο θεό τον κλέφτη της κόρης του Αίγινας, που δεν ήταν άλλος από το Δία, και ως αντάλλαγμα πήρε μια πηγή πάνω στο βράχο του Ακροκορίνθου. Εγγονός του Σίσυφου είναι ο περίφημος Βελλεροφόντης, ο οποίος κατάφερε να δαμάσει το φτερωτό άλογο Πήγασο και να σκοτώσει με τη βοήθεια των θεών τη Χίμαιρα, το αλλόκοτο πλάσμα με κεφάλι λιονταριού, κορμί κασίικας και ουρά φιδιού. Ο Βελλεροφόντης, όμως, τιμωρήθηκε από τους θεούς με τραγικό θάνατο όταν, φτάνοντας στην ύβρη, όπως ακριβώς ο παππούς του, θέλησε με τον Πήγασο ν' ανέβει στον Όλυμπο και να συμβιώσει με τους θεούς.

Κεφάλαιο 2



2.1. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Έχουν συλλεχθεί στοιχεία σχετικά με βροχοπτώσεις, θερμοκρασία, υγρασία, ηλιοφάνεια, και ανέμους από έξι μετεωρολογικούς σταθμούς (Χαλκί, Σπαθοβούνι, Πετρίο, Αγ. Βασίλειος, Λεόντιο, Βέλο) για την περίοδο 1975-2004. Η πυκνότητα του δικτύου (0,006 σταθμοί ανά km²) είναι ικανοποιητική, αφού είναι περίπου τριπλάσια του μέσου όρου, που προτείνεται για τις πεδινές περιοχές (Beran and Rodier 1985). Οι σταθμοί αυτοί καλύπτουν ένα φάσμα υψομετρικών κλάσεων από τα 20 m έως τα 340 m. Πέντε σταθμοί ανήκουν στην αρμοδιότητα του ΥΠΕΧΩΔΕ, ενώ ένας στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.

2.1.1. Εκτίμηση των ελλιπών παρατηρήσεων

Η εκτίμηση των ελλιπών παρατηρήσεων των βροχομετρικών σταθμών έγινε με χρήση της μεθόδου του κανονικού λόγου (normal ratio method), κατά την οποία η εκτίμηση της ελλείπουσας παρατήρησης ενός σταθμού X βασίζεται στις ταυτόχρονες παρατηρήσεις των σταθμών αναφοράς (1, 2, ..., n) και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_x = \frac{\bar{P}_x}{(n-1)} \left(\frac{P_1}{P_1} + \frac{P_2}{P_2} + \dots + \frac{P_n}{P_n} \right) \quad (2.1)$$

Όπου

P = η ελλείπουσα τιμή βροχόπτωσης στο σταθμό X .

$1P, 2P, \dots, nP$ = η βροχόπτωση στους σταθμούς αναφοράς για την ίδια περίοδο.

P_x = το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό X .

$1P, 2P, \dots, nP$ = το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στους σταθμούς αναφοράς.

n = το πλήθος όλων των σταθμών.

2.1.2. Έλεγχος ομογένειας βροχομετρικών δεδομένων

Οι μεταβολές κάποιων τεχνικών-γεωμετρικών χαρακτηριστικών των βροχομετρικών σταθμών μπορούν να προκαλέσουν μια συστηματική μεταβολή στις παρατηρήσεις, οι οποίες πλέον μετατρέπονται σε ακατάλληλες για επεξεργασία. Για να εξασφαλιστεί λοιπόν η ομοιογένεια των δεδομένων όλων των σταθμών της περιοχής έρευνας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της καμπύλης διπλής μάζας, κατά την οποία οι αθροιστικές ετήσιες τιμές βροχόπτωσης ενός σταθμού συγκρίνονται με τη μέση αθροιστική βροχόπτωση μιας ομάδας γειτονικών σταθμών, οι οποίοι είναι μεταξύ τους ομοιογενείς. Εφόσον δεν υπάρχει άλλη επίδραση, εκτός αυτής των κλιματολογικών μεταβολών, η καμπύλη είναι ευθεία. Η εφαρμογή της ανάλυσης της διπλής μάζας στους βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας έδειξε ότι όλοι οι σταθμοί είναι ομοιογενείς, αφού τα σημεία όλων των γραφημάτων προσομοιώνονται από μία ευθεία γραμμή.

2.1.3. Συσχέτιση βροχοπτώσεων με φυσιογραφικούς γεωγραφικούς παράγοντες και χωρική κατανομή βροχοπτώσεων

Ο βασικότερος παράγοντας που επηρεάζει το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης μιας περιοχής είναι το υψόμετρο της επιφάνειας του εδάφους. Άλλοι παράγοντες μικρότερης όμως σημασίας θεωρούνται, η έκθεση του σταθμού στις αέριες μάζες, ο προσανατολισμός και η υψομετρική διαφορά μεταξύ σταθμού και υψηλότερου σημείου από το σταθμό σε ακτίνα 5 μιλίων κ.ά. (Spreen 1947). Εάν θεωρήσουμε ότι οι παράγοντες αυτοί δεν επιδρούν στη διαμόρφωση του ετησίου ύψους βροχόπτωσης και μοναδικό παράγοντα αποτελεί το υψόμετρο, τότε η μαθηματική σχέση που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη είναι μία εξίσωση πρώτου βαθμού, της μορφής

$$y = ax + b, \quad (2.2)$$

με ανεξάρτητη μεταβλητή το απόλυτο υψόμετρο των σταθμών και εξαρτημένη μεταβλητή το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης. Η σχέση αυτή ονομάζεται εξίσωση της βροχοβαθμίδας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του βροχομετρικού χάρτη μιας περιοχής. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας της σχέσης αυτής

γίνεται με τον υπολογισμό του συντελεστή προσαρμογής (r^2) των δύο μεγεθών, εφαρμόζοντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Η σχέση αυτή θεωρείται ικανοποιητική εφόσον ο συντελεστής προσαρμογής (r^2) είναι μεγαλύτερος από 0.7. Από την εφαρμογή της μεθόδου στην περιοχή έρευνας προέκυψε ότι η βροχοβαθμίδα της περιοχής έρευνας (Εικόνα 6.2) είναι μία εξίσωση της μορφής:

$$y = 0.587 * x + 411,7 \quad (2.3)$$

όπου x είναι το υψόμετρο (m) και

y μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (mm).

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι το ύψος βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 58,6 mm ανά 100m υψομετρικής διαφοράς και το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο επίπεδο της θάλασσας είναι 411,7 mm. Η αντίστοιχη εξίσωση που προσδιορίζεται για όλο το νομό Κορινθίας είναι:

$$y = 0.40 * x + 448 \quad (2.4) \quad (\text{Αντωνάκος 2012})$$

όπου x είναι το υψόμετρο (m) και

y μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (mm).

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι το ύψος βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 40 mm ανά 100m υψομετρικής διαφοράς και το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο επίπεδο της θάλασσας είναι 448 mm.

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι το ύψος βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 58,6 mm ανά 100m υψομετρικής διαφοράς και το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο επίπεδο της θάλασσας είναι 411,7 mm. Η αντίστοιχη εξίσωση που προσδιορίζεται για όλο το νομό Κορινθίας για την περίοδο 1971-1991

$$y = 0.40 * x + 448 \quad (2.5)$$

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι το ύψος βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 40 mm ανά 100m υψομετρικής διαφοράς και το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο επίπεδο της θάλασσας είναι 448 mm.

Ο συντελεστής συσχέτισης της παραπάνω εξίσωσης ανέρχεται σε 0.628, γεγονός που σημαίνει ότι το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης επηρεάζεται σημαντικά και από άλλους παράγοντες εκτός του υψομέτρου της περιοχής. Σημαντικό ρόλο βέβαια παίζει και ο μικρός αριθμός σταθμών. Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην Ελλάδα επηρεάζεται καθοριστικά και από την γεωγραφική θέση δεδομένου ότι εν γένει οι βροχοπτώσεις μειώνονται από βορά προς νότο και από δύση προς ανατολή. Για την καλύτερη μελέτη της χωρικής διακύμανσης των βροχοπτώσεων στο Νομό Κορινθίας εφαρμόσθηκε το γραμμικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης ανάμεσα στο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης και τις γεωγραφικές παραμέτρους κάθε σταθμού, που περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$P = b_0 + b_1\lambda + b_2\phi + b_3H \quad (2.6)$$

Όπου: P = Βροχόπτωση (mm)

λ = το γεωγραφικό μήκος (δεκαδικές μοίρες)

ϕ = το γεωγραφικό πλάτος (δεκαδικές μοίρες)

H = το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας (m)

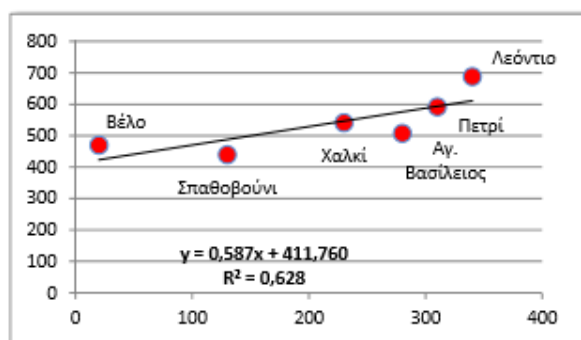
b_0, b_1, b_2, b_3 = οι παράμετροι της εξίσωσης

Το b_0 είναι σταθερά, το b_1 εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης για κάθε μοίρα μετατόπισης προς Α/κα (γεωγραφικό μήκος), το b_2 εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης για κάθε μοίρα μετατόπισης προς Βόρεια (γεωγραφικό πλάτος) και το b_3 εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης για κάθε μέτρο αύξησης του υψομέτρου. Η εφαρμογή του μοντέλου της πολλαπλής παλινδρόμησης ανάμεσα στα μέσα ετήσια ύψη βροχόπτωσης των βροχομετρικών σταθμών και των γεωγραφικών παραγόντων (λ, ϕ) για την περίοδο 1975- 2003 έδωσε την παρακάτω εξίσωση:

$$P = 11.084 - 422,01 \lambda - 27,92 \phi + 0.324 H \quad (2.7) \text{ (Αντωνάκος 2012)}$$

Ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης (coefficient of multiple correlation) ανέρχεται σε 0.93 και ο συντελεστής προσδιορισμού r^2 (r-square) είναι 0.87 που υποδηλώνει ότι το μοντέλο εξηγεί το 87% της διασποράς και με βάση τα επίπεδα εμπιστοσύνης οι μεταβλητές γεωγραφικό μήκος (λ) και το υψόμετρο (H) και λιγότερο το γεωγραφικό πλάτος (ϕ) συμβάλλουν σημαντικά στην πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής P (ετήσια βροχόπτωση). Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει μια ελάττωση κατά 422 mm ανά 1° μετακίνηση προς Α/κα. Με δεδομένο ότι 1° αντιστοιχεί σε 88.5 km προκύπτει μια ελάττωση του ύψους βροχόπτωσης κατά 4.76 mm/km μετατόπισης προς Α/κα. Επίσης προκύπτει μια ελάττωση κατά 27,92 mm ανά 1° μετακίνηση προς Βόρεια. Με δεδομένο ότι 1° αντιστοιχεί σε 111 km, προκύπτει μια ελάττωση του ύψους βροχόπτωσης κατά 0.25 mm/km μετατόπισης προς Βόρεια. Επίσης προκύπτει μια αύξηση της βροχόπτωσης με το υψόμετρο κατά 32.4 mm/100m. Η αντίστοιχη εξίσωση που προσδιορίζεται για όλο το νομό Κορινθίας για την περίοδο 1971-1991 (Βουδούρης, 2001) είναι:

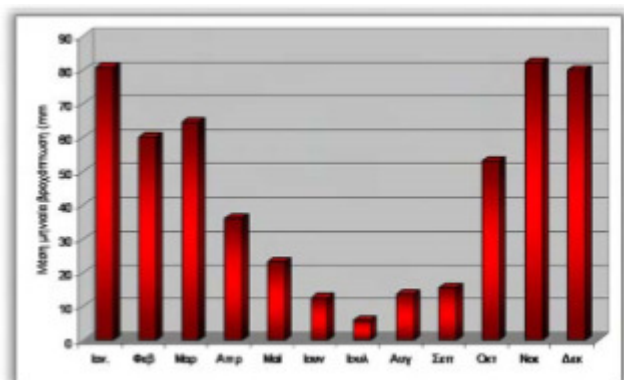
$$P = 11.009 - 414 \lambda - 30,15 \phi + 0.33 H \quad (2.8)$$



(2.1) Διάγραμμα συσχέτισης υψομέτρου και ύψους βροχής για τους μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας Βέλο

2.1.4. Μηνιαία πορεία των βροχοπτώσεων

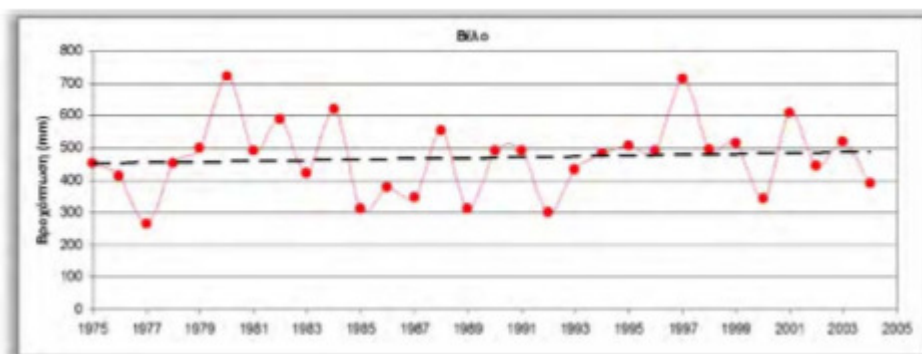
Τα μέσα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης των σταθμών της περιοχής παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα και γραφικά στο διάγραμμα της εικόνας . Όπως φαίνεται από το διάγραμμα ο πλέον υγρός μήνας του έτους είναι ο Νοέμβριος και ακολουθεί ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος. Αντίστοιχα, ο μήνας με τις λιγότερες βροχοπτώσεις, δηλαδή ο ξηρότερος μήνας, είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Όσον αφορά την εποχιακή κατανομή των βροχοπτώσεων το 55% του ετησίου ύψους συγκεντρώνεται στη χειμερινή περίοδο, το 13% στη φθινοπωρινή, το 22% στην εαρινή και μόλις το 10 % στη θερινή περίοδο.



(2.2) Διάγραμμα κατανομής των μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης για την περιοχή

2.1.5. Ετήσια πορεία των βροχοπτώσεων

Για την διερεύνηση της ετήσιας πορείας των βροχοπτώσεων στην περιοχή έρευνας εξετάστηκαν οι τάσεις που παρατηρούνται κατά την τελευταία εικοσαετία (1984 – 2004). Η ευθεία της τάσεως της χρονοσειράς προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης του σταθμού του Βέλου αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο και ο ρυθμός αύξησης ανέρχεται σε 1,65 mm ανά έτος.



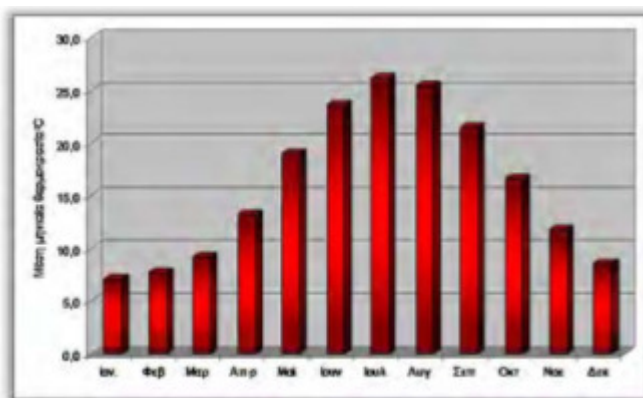
2.3 βροχόπτωση(mm) σε διάφορες χρονολογίες

2.1.6. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα θεωρείται ένα από τα κυριότερα κλιματολογικά στοιχεία, δεδομένου ότι αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ακολουθεί, με κάποια καθυστέρηση, την αντίστοιχη μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας καταγράφονται τις πρώτες απογευματινές ώρες και οι ελάχιστες τις πρώτες πρωινές πριν την ανατολή του ήλιου. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$T_m = 1/4(T_0 + T_6 + T_{12} + T_{18})$$

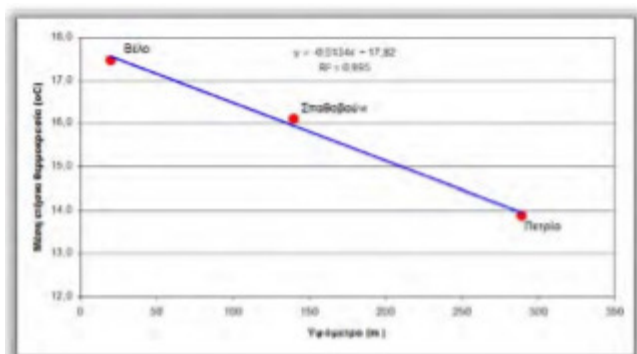
όπου T_8 , T_{14} , T_{20} είναι οι αντίστοιχες τιμές της θερμοκρασίας τις ώρες που δείχνει ο δείκτης. Η μικρότερη ελάχιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας στο σταθμό του Βέλου παρατηρήθηκε το 1992 και ήταν $-3.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, στις 24 Ιανουαρίου 2004 ενώ η αντίστοιχη μέγιστη ημερήσια ήταν $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ στις 23 Ιουλίου 2002. Η μέση μέγιστη και η μέση ελάχιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας στο σταθμό του Βέλου για την περίοδο 1992 – 2005 ήταν $22,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $11,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα. Από τον πίνακα με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες φαίνεται ότι ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος ενώ υπάρχουν έτη κατά τα οποία ψυχρότερος μήνας είναι ο Φεβρουάριος. Ο θερμότερος μήνας για όλους τους σταθμούς είναι ο Ιούλιος και ακολουθεί ο Αύγουστος.



(2.4) Διάγραμμα κατανομής των μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας για την περιοχή έρευνας

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα γενικά ελαττώνεται με το υψόμετρο. Ο ρυθμός της μεταβολής αυτής αποτελεί την «θερμοβαθμίδα». Για τον υπολογισμό της στον νομό Κορινθίας έγινε προσαρμογή στα δεδομένα της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών Βέλου, Σπαθοβουνίου και Πετρίου. Έτσι προκύπτει ότι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια την θάλασσας είναι $17,82\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η ελάττωση της είναι $1,34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ανά 100 m . Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για των υπολογισμό της θερμοκρασίας σε διάφορα υψόμετρα στην περιοχή μελέτης.



(2.5) Διάγραμμα συσχέτισης υψομέτρου και θερμοκρασίας για τους μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας

2.1.7. Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην γη είναι σημαντική γιατί συντελεί στις μεταβολές της θερμοκρασίας και του αέρα και του εδάφους και επομένως επιδρά και στην εξάτμιση. Το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει απευθείας στην επιφάνεια της γης, όταν δεν παρεμβάλλεται κάποια νέφωση, αποτελεί την άμεση ακτινοβολία, ενώ το μέρος εκείνο που διαχέεται στην ατμόσφαιρα και εν συνεχεία προσπίπτει στην επιφάνεια, αποτελεί την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Το άθροισμα της άμεσης με την διάχυτης αποτελεί την ολική ακτινοβολία. Όταν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος η ολική ακτινοβολία που φθάνει στην γη είναι η διάχυτη.

Μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας διατίθενται μόνο από το μετεωρολογικό σταθμό του Βέλου, οι μέσες μηνιαίες τιμές των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα

ΣΤΑΘΜΟΣ	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιο	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.
Βέλο	197,4	260,6	336,6	453,7	513,7	563,1	561	524,5	431,1	290,1	198,9	152,9

Πίνακας 2.1 Μέση ημερήσια ανά μήνα ολική ηλιακή ακτινοβολία [cal/(cm² · day)] στο σταθμό Βέλου

2.1.8. Ηλιοφάνεια

Η διάρκεια της ηλιοφάνειας για μια περιοχή είναι επίσης ένας παράγοντας που επηρεάζει την εξατμισοδιαπνοή, δεδομένου ότι η εξάτμιση ευνοείται κάτω από συνθήκες ηλιοφάνειας, διότι τότε φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας. Στοιχεία για την διάρκεια της ηλιοφάνειας έχουμε από το σταθμό του Βέλου για την περίοδο 1977-2004. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές διάρκειας ηλιοφάνειας ανά μήνα για τους σταθμούς της περιοχής έρευνας. Όπως παρατηρούμε και η ηλιοφάνεια ακολουθεί την ίδια κατανομή με την θερμοκρασία παρουσιάζοντας μέγιστα τον μήνα Ιούλιο και

ελάχιστα τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Το εύρος κύμανσης της παραμέτρου κυμαίνεται από 350 h έως 151 h για τον σταθμό Βέλου.

ΣΤΑΘΜΟΣ	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιο	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ.	Δεκ.
Βέλο	157,6	144,1	184,9	223,9	271,4	315	337,4	340,4	273,2	195,7	151,1	120,8

Πίνακας 2.2 Κατανομή της διάρκειας ηλιοφάνειας ανά μήνα για τον σταθμό της περιοχής έρευνας.

2.1.9. Άνεμοι

Ο άνεμος, η οριζόντια δηλαδή κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα, λόγω διαφοράς στην ατμοσφαιρική πίεση μεταξύ δύο περιοχών, είναι μια ακόμα σημαντική παράμετρος για το υδρολογικό ισοζύγιο μιας περιοχής, αφού επηρεάζει άμεσα την εξατμισοδιαπνοή, αλλά και την ξηρότητα της ατμόσφαιρας. Για την περιοχή έρευνας συλλέχθηκαν στοιχεία για την ένταση και τη κατεύθυνση των ανέμων για τον σταθμό Βέλου, με την μορφή επί της εκατό συχνότητας εμφάνισης. Στους πίνακες παρουσιάζονται οι κατανομές κατευθύνσεων 2.3 και ταχυτήτων ανέμων 2.4 για τον σταθμό της περιοχής. Παρατηρούμε ότι η περιοχή δεν χαρακτηρίζεται γενικά από ισχυρούς ανέμους. Οι τιμές ταχύτητας φθάνουν μέχρι τα 7 Beaufort, ενώ οι επικρατούσες διευθύνσεις στον σταθμό του Βέλου, είναι οι ΒΑ/κοι και οι ανατολικοί άνεμοι .

	Βόρειος	Β.Ανατολικός	Ανατολικός	Ν.Ανατολικός	Νότιος	Ν.Δυτικός	Δυτικός	Β.Δυτικός	Νηνεμία
Βέλο	5,861	14,379	9,78	3,974	7,936	3,711	2,492	5,346	46,521

Πίνακας 2.3 Κατανομή κατευθύνσεων

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Βέλο	46,52	3,43	19,62	13,13	11,14	3,99	1,74	0,39	0	0	0	0

Πίνακας 2.4 Ταχύτητας ανέμων

2.1.10. Ατμοσφαιρική υγρασία

Η ατμοσφαιρική υγρασία είναι η ποσότητα των υδρατμών που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Προέρχεται από τις διαδικασίες της εξάτμισης και της διαπνοής, αλλά η κύρια πηγή προέλευσης είναι η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια της θάλασσας. Αποτελεί ένα σημαντικό κλιματικό παράγοντα, διότι, εκτός του ότι επηρεάζει την εξάτμιση και τη διαπνοή των φυτών, αποτελεί την πηγή όλων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Οι παρατηρήσεις της ατμοσφαιρικής υγρασίας αναφέρονται στην σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Ως σχετική υγρασία

(hr) ορίζεται η εκατοστιαία αναλογία της ποσότητας των υδρατμών που υπάρχουν σε κάποιο χώρο, προς την ποσότητα που θα μπορούσε ο χώρος αυτός να συγκρατήσει υπό κορεσμένες συνθήκες στην ίδια θερμοκρασία. Από τον πίνακα 2.5 φαίνεται ότι ο υγρότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος και ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος. Η μηνιαία κατανομή της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας του αέρα εμφανίζουν αντίθετη πορεία, δηλαδή οι μήνες με τη μέγιστη θερμοκρασία χαρακτηρίζονται από την ελάχιστη σχετική υγρασία και το αντίθετο.

Σταθμός	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ετήσια
Βέλο	73.9	70.6	71.0	66.5	60.4	53.8	51.7	54.1	61.5	68.8	75.6	75.9	65.3

Πίνακας 2.5 Ατμοσφαιρικής υγρασίας ανά μήνα

Κεφάλαιο 3

3.1. Μεθοδολογία έρευνας

3.1.1. Διαδικασία συλλογής στοιχείων

Ως πρώτο στάδιο της πτυχιακής εργασίας στόχος ήταν η εύρεση των σημείων που θα αποτελούσαν το κομμάτι το οποίο θα λαμβάναμε υδρογεωλογικά και υδροχημικά στοιχεία. Κατόπιν έρευνας της αγροτικής περιοχής αλλά και της αστικής περιοχής εντοπίστηκαν τα σημεία όπου και έγινε καταγραφή της τοποθεσίας με χρήση συσκευής GPS. Το επόμενο βήμα ήταν η μέτρηση της στάθμης σε γεωτρήσεις και πηγάδια που βρέθηκαν κατά της διάρκειας της έρευνας με την χρήση σταθμήμετρου γεωτρήσεων και εν συνεχεία καταγραφή των σημείων και των επιμέρους στοιχείων τους και η κωδικοποίησή τους.



3.1) Μέτρηση στάθμης γέτρησης με χρήση σταθμήμετρου



(3.2) Σταθμήμετρο γεωτρήσεων

ΣΤΑΘΜΗΜΕΤΡΟ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ: Είναι συσκευή που μετράμε την στάθμη του νερού της γεώτρησης και μας παρέχει ηχητικό σήμα και οπτική ένδειξη όταν βρει την επιφάνεια του νερού της γεώτρησης.

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΥΔΡΟΣΗΜΕΙΟΥ

ΚΩΔΙΚΟΣ	
ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ	
ΤΗΛΕΦΩΝΟ	
ΘΕΣΗ	
ΕΙΔΟΣ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ	
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΕΓΓΛ'87	X = Y = Z =
Α.Π. Δ.Ε.Η. / ΕΝΔΕΙΞΗ ΜΕΤΡΗΤΗ	
ΒΑΘΟΣ	
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗ	
ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ (REPER)	
ΥΨΟΣ REPER	
ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	
ΣΤΑΘΜΗ ΑΝΤΛΗΣΗΣ	
ΒΑΘΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ	
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ	
ΕΙΔΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ / ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ	
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	
ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	
ΥΔΡΟΦΟΡΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ	
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / ΩΡΑ	
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΑΠΟΓΡΑΦΕΑ	
ΆΛΛΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	

(2.16) Δελτίο απογραφής υδροσημείου για την περιοχή μελέτης

Δελτίο απογραφής υδροσημείου στο οποίο καταγράφονται: κωδικοποίηση του σημείου μελέτης, το είδος καλλιέργειας, ύψος Reper, σημείο μέτρησης, η υδροστατική στάθμη, η ημερομηνία απογραφής του σημείου, ο τύπος της εκμεταλλεύσιμης πηγής (πηγάδι η γεώτρηση) και ο μηχανισμός άντλησης (π.χ. πομώνα) καθώς και τα στοιχεία των ιδιοκτητών όταν αυτό ήταν δυνατό.

3.1.2. Πηγές άντλησης νερού, μηχανισμοί άντλησης

Κατά τη διάρκεια της καταγραφής και έρευνας παρατηρήθηκαν οι εξής πηγές εκμετάλλευσης των υδάτων και οι μηχανισμοί άντλησης αυτών: γεωτρήσεις, πηγάδια καθώς και μηχανισμοί τύπου πομώνας και υποβρύχιοι μηχανισμοί άντλησης.

3.1.3. Γεωτρήσεις

Η γεώτρηση είναι η μέθοδος διατρήσεως του εδάφους σε σημαντικό βάθος με τη διάνοιξη οπών κατάλληλης διαμέτρου για την έρευνα και την αξιοποίηση των πόρων του υπεδάφους, και κυρίως την απευθείας άντληση νερού. Η γεώτρηση εκτελείται με τα κατάλληλα μηχανήματα που ονομάζονται γεωτρύπανα. Για την αδειοδότηση της πραγματοποίησης μιας γεώτρησης νερού αλλά και τον εντοπισμό της ακριβούς θέσης, απαιτείται ειδική μελέτη. Οι γεωτρήσεις νερού είναι το πιο αποτελεσματικό γεωτεχνικό έργο για την αξιοποίηση των υπόγειων υδατικών πόρων. Η εκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών πόρων μέσω των γεωτρήσεων προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα επιφανειακά: **Μπορούν να γίνουν απευθείας αντλήσεις.** Τα επιφανειακά νερά εμφανίζονται τοπικά (λίμνες) ή ακολουθούν συγκεκριμένη πορεία (ποτάμια), ενώ τα υπόγεια νερά καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερες επιφάνειες. Τα επιφανειακά νερά απαιτούν πολλές φορές ιδιαίτερα δαπανηρά συστήματα μεταφοράς, ενώ τα υπόγεια καλύπτουν σχετικά εύκολα την τοπική ζήτηση. **Μεγάλα αποθέματα:** Τα υπόγεια νερά παρουσιάζουν πολύ μικρή μεταβλητότητα στη διάρκεια του χρόνου, ενώ στα επιφανειακά η μεταβλητότητα τους είναι φανερή. Έτσι, τα υδάτινα αποθέματα που αποθηκεύονται στο έδαφος είναι συνήθως μεγάλα και μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες σε διάφορες χρονικές περιόδους. **Κόστος.** Τα έργα συλλογής επιφανειακών νερών έχουν τεράστιο κόστος (φράγματα, ταμιευτήρες, αγωγοί κλπ), ενώ το κόστος λειτουργίας τους είναι συνήθως μικρό. Αντίθετα το κόστος των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης υπόγειων νερών (γεωτρήσεις, αντλιοστάσια κλπ) είναι πολύ χαμηλό, ενώ το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι μεγαλύτερο, ιδιαίτερα όταν η άντληση γίνεται από βαθιά υδροφόρα στρώματα. **Ποιότητα νερού.** Τα υπόγεια νερά είναι λιγότερα εκτεθειμένα στη ρύπανση από τα επιφανειακά. Ωστόσο αν είναι ήδη ρυπασμένα η διαδικασία εξυγίανσης είναι πιο δύσκολη και δαπανηρή.

Υπάρχουν δύο τύποι αντλιών γεώτρησης: ο υποβρύχιος τύπος αντλίας γεώτρησης με υποβρύχιο κινητήρα και η πομώνα, με κινητήρα ξηρού τύπου, που συνδέεται με

την αντλία μέσω ενός μακριού άξονα. Η γεώτρηση σπάνια έχει πολύ μικρό βάθος (κάτω από 8 μ.), ώστε να γίνει άντληση με φυγόκεντρη αντλία. Το βάθος των γεωτρήσεων είναι σχεδόν πάντα μεγαλύτερο από το βάθος αναρρόφησης μιας κοινής φυγόκεντρης αντλίας. Γι' αυτό το λόγο καταφεύγουμε αναγκαστικά σε υποβρύχια αντλία ή πομώνα.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πομώνας

Η πομώνα πλεονεκτεί απέναντι στην υποβρύχια αντλία στα παρακάτω σημεία :

- Μπορεί να αντλήσει μεγαλύτερη ποσότητα νερού.
- Μπορεί να μεταφέρει το νερό σε μεγαλύτερο μανομετρικό ύψος
- Έχει σχετικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης
- Μπορεί να λειτουργήσει με πετρελαιομηχανή στην περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα ηλεκτροδότησης.
- Μπορεί να αντλήσει νερό θολό ή νερό με μεγάλη ποσότητα άμμου

Η ίδια αντλία μειονεκτεί στα εξής σημεία :

- Έχει μεγάλο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης
- Έχει μεγάλο κόστος συντήρησης
- Δεν μπορεί να λειτουργήσει σε μικρές παροχές νερού (κάτω από 8 κυβ. μέτρα την ώρα)

Γι' αυτό το λόγο, όταν έχουμε γεώτρηση με μικρή ποσότητα νερού καταφεύγουμε αναγκαστικά στη λύση της υποβρύχιας αντλίας, με την προϋπόθεση ότι πριν από την τοποθέτησή της θα γίνει καλός καθαρισμός της γεώτρησης με αέρα ή πομώνα ή αντλία με τζιφάρι, ώστε η κανονική αντλία να λειτουργήσει σε καθαρό νερό.

Η άντληση νερού συνηθίζεται περισσότερο για άρδευση και σπάνια για ύδρευση. Σε αυτή την περίπτωση, η επιλογή της αντλίας που θα χρησιμοποιήσουμε, εξαρτάται από την απαιτούμενη ποσότητα νερού, από το μανομετρικό ύψος, από την καθαρότητα του νερού και από τον προβλεπόμενο χρόνο άντλησης. Ανάλογα με τα παραπάνω στοιχεία μπορούμε να οδηγηθούμε στις εξής επιλογές :

- Στην απλή φυγόκεντρη αντλία, όταν το ύψος αναρρόφησης είναι μικρό (κάτω από 8 μ.) και το ολικό μανομετρικό ύψος είναι μέσα στα όρια των δυνατοτήτων αυτής της αντλίας. Στην απλή φυγόκεντρη αντλία το ολικό μανομετρικό ύψος δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 40 μέτρα και η αντλία να έχει την ικανότητα παροχής του απαιτούμενου νερού στο ύψος που θέλουμε.

- Αν το μανομετρικό ύψος άντλησης είναι μεγαλύτερο, πρέπει να καταφεύγουμε σε άλλο τύπο αντλίας (πολυβάθμια, υποβρύχια ή πομώνα) που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις μας με το μικρότερο δυνατό κόστος. Όταν το νερό αντλείται από ποτάμι ή κανάλι, υπάρχει κίνδυνος να θολώσει το νερό ή και να συγκεντρωθεί λάσπη στη θέση άντλησης μετά από κάποια βροχή. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να παίρνονται τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή δυσάρεστων συνεπειών από το θολό νερό, τη λάσπη και γενικά τις φερτές ύλες.

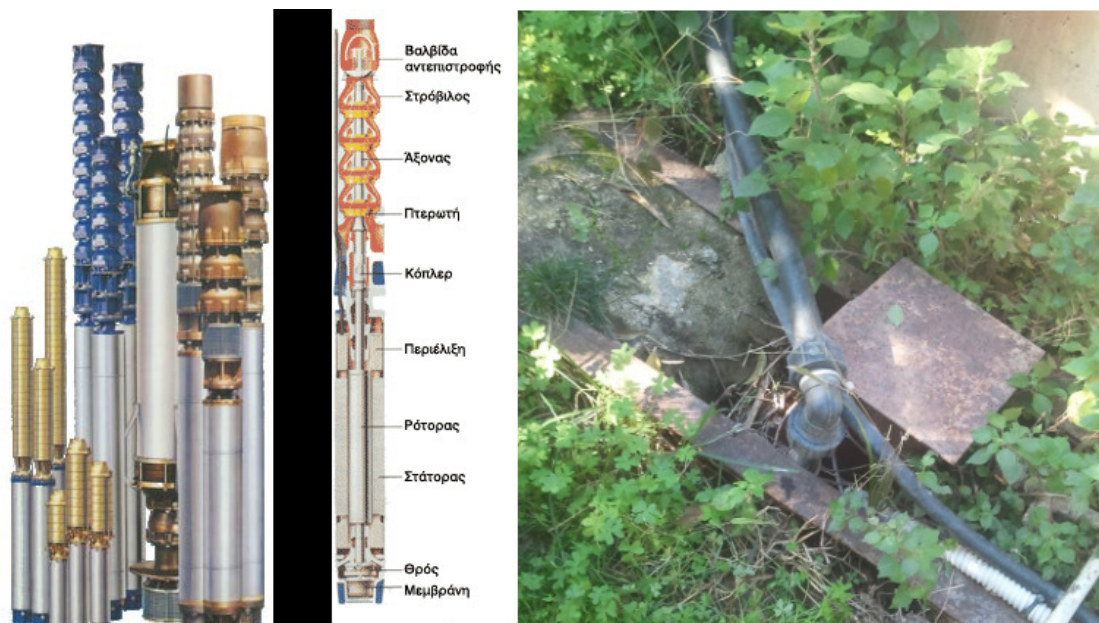
Μέτρα προστασίας:

- Η επιθεώρηση του χώρου άντλησης μετά από κάθε αξιόλογη βροχή
- Η προστασία του στομίου εισαγωγής του νερού (σωλήνας, ποτήρι) από την είσοδο αντικειμένων (σκουπιδιών, ξύλων κλπ) που είναι δυνατόν να βρεθούν μέσα στο νερό. Η τοποθέτηση πλέγματος (σήτας) στο στόμιο αναρρόφησης αποτελεί μια συνηθισμένη και απλή λύση.
- Η δημιουργία σταθερής θέσης αναρρόφησης απαλλαγμένης, στο μέτρο του δυνατού, από φερτές ύλες.
- Η χρησιμοποίηση αντλίας ικανής να λειτουργήσει κάτω από τις δυσμενείς συνθήκες του θολού νερού.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιλογή της πομώνας είναι η δυνατότητα απόσβεσης του κόστους σε λογικό χρόνο και η μονιμότητα του έργου. Η χρήση υποβρύχιας αντλίας προσφέρεται σαν φθηνότερη λύση, με την προϋπόθεση ότι θα εξετασθούν οι υπόλοιποι παράγοντες (μανομετρικό ύψος, παροχή, προστασία από φερτές ύλες, βαθμός απόδοσης κλπ) και κριθεί συμφέρουσα.



(3.3) Τύπος γεώτρησης με πομώνα



(3.4) Τύπος αντλίας γεώτρησης με υποβρύχιο κινητήρα

3.1.4. Πηγάδια

Όταν αντιμετωπίζουμε πρόβλημα άντλησης από πηγάδι, κατά κανόνα καταλήγουμε στην επιλογή μιας κοινής φυγόκεντρης αντλίας, επειδή αποτελεί την πιο οικονομική λύση. Δεν είναι, όμως, πάντα δυνατή η επιλογή της κοινής φυγόκεντρης αντλίας, επειδή πολλές φορές μας επηρεάζουν διάφοροι παράγοντες όπως η άντληση από βαθιά πηγάδια με μεγάλη διακύμανση στάθμης.



(3.5) Άντληση από πηγάδι με πομώνα

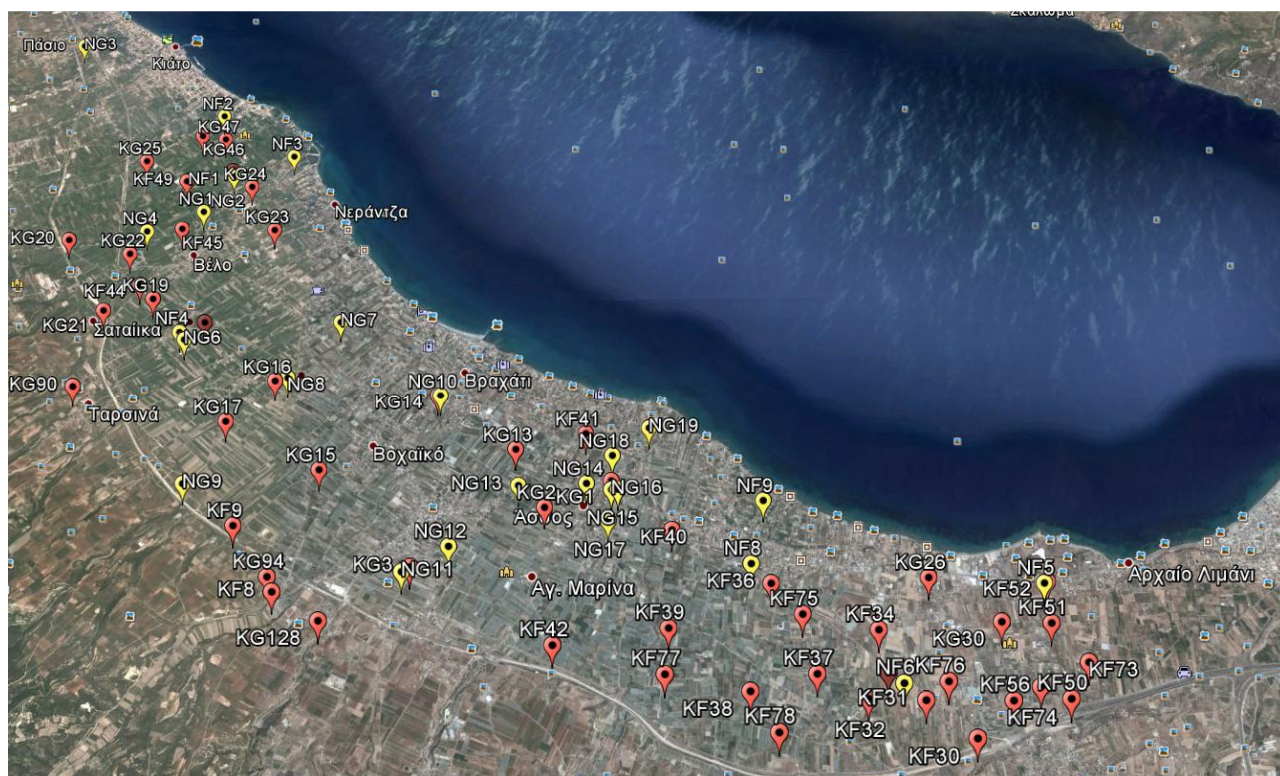


(3.6) Πηγάδι με υποβρύχιο τύπο αντλίας

3.1.5. Δειγματοληψία Νερού

Οι δειγματοληπτικές έρευνες στοχεύουν στη συλλογή: - πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά δυνητικών και υπάρχουσών πηγών νερού - λειτουργικών δεδομένων για την γενική εικόνα στην περιοχή δειγματοληψίας - δεδομένων τα οποία χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση της απόδοσης μιας μεθόδου επεξεργασίας - δεδομένων τα οποία χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή νέων προτεινόμενων μεθόδων - δεδομένων τα οποία απαιτούνται για συμμόρφωση με τις προδιαγραφές ποιότητας. Οι τεχνικές δειγματοληψίας πρέπει να διασφαλίζουν ότι τα δείγματα που συλλέγονται είναι αντιπροσωπευτικά, αναπαραγόμενα και χρήσιμα, διότι τα δεδομένα που προκύπτουν από την ανάλυσή τους χρησιμοποιούνται ως βάση για την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων επεξεργασίας του νερού.

Ειδικότερα η διαδικασία λήψης των δειγμάτων μελέτης έγινε με δειγματοληπτική μέθοδο και αναλογική απόσταση των σημείων λήψης των δειγμάτων με στόχο την αντιπροσωπευτική κάλυψη της περιοχής μελέτης. Ο τρόπος συλλογής των δειγμάτων έγινε με δοχεία 0,5 L PET (κοινό μικρό μπουκάλι εμφιαλωμένου νερού). Στη συνέχεια τα δείγματα κωδικοποιήθηκαν και καταγράφηκε η ημερομηνία δειγματοληψίας. Στη συνέχεια ακολούθησε αποθήκευση των δειγμάτων σε κατάλληλη θερμοκρασία έτσι ώστε να μην υπάρχει αλλοίωση των ποιοτικών στοιχείων τους.



(3.7) Χάρτης απογραφής και δειγματοληψίας

3.1.6. Εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων

Ανάλυση δειγμάτων

Η ανάλυση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογίου. Πρώτο μέλημα πριν την διενέργεια ανάλυσης και επεξεργασίας των δειγμάτων ήταν η διασφάλιση ότι είχαν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα προστασίας για την αποφυγή ατυχημάτων.

Μετά τη μεταφορά των δειγμάτων από το χώρο φύλαξης στο εργαστήριο, τα δείγματα παρατάχθηκαν σε σειρά και διενεργήθηκε διήθηση με χρήση μεμβρανών. Η διήθηση μεμβρανών είναι μια τεχνική, η οποία χρησιμοποιεί ένα φυσικό εμπόδιο, μια πορώδη μεμβράνη ή ένα φίλτρο, για να χωρίσει τα σωματίδια σε ένα υγρό. Τα

σωματίδια χωρίζονται βάσει του μεγέθους και του σχήματός τους με τη χρήση πίεσης και ειδικά σχεδιασμένων μεμβρανών με διαφορετικά μεγέθη πόρων. Αν και υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι διήθησης μεμβρανών (αντίστροφη ώσμωση, νανοδιήθηση, υπερδιήθηση και μικροδιήθηση, κατά σειρά αυξανόμενου μεγέθους πόρων), όλες έχουν ως στόχο να διαχωρίσουν ή να συμπυκνώσουν ουσίες σε ένα υγρό.



(3.8) Εργαστηριακός χώρος και παράταξη δειγμάτων για την διενέργεια ανάλυσης

Διενεργήθηκαν όλοι οι κλασικοί προσδιορισμοί όπως θερμοκρασία, pH, αγωγιμότητα βάση πρότυπων μεθόδων και αφού λήφθηκαν

Εν συνεχεία έγινε επί τόπου έλεγχος των φυσικοχημικών παραμέτρων:

- Θερμοκρασία
- pH
- Αγωγιμότητα

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία επιδρά στην κίνηση των μορίων και για τον λόγο αυτόν είναι πολύ σημαντικό να αντισταθμίσουμε την επίδραση της θερμοκρασίας, ειδικά στις μετρήσεις όπου η ακρίβεια κρίνεται απαραίτητη. Για να αντισταθμίσουμε την επίδραση της θερμοκρασίας χρησιμοποιούμε τον συντελεστή β. Ο συντελεστής αυτός εκφράζεται σε %/°C και μεταβάλλεται αναλόγως του διαλύματος που χρησιμοποιούμε.

Για παράδειγμα:

- Μετράμε την αγωγιμότητα ενός διαλύματος στους 25 °C, η οποία σημειώνεται ως 'C₂₅'.
- Μετράμε την αγωγιμότητα του ίδιου διαλύματος σε μία άλλη θερμοκρασία 't°C', η οποία σημειώνεται ως 'C_t'.
- συντελεστής θερμοκρασίας β υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$\beta = 100 \times \frac{(C_t - C_{25})}{(t^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \times C_{25}}$$

pH στα υγρά διαλύματα

Το pH είναι ένας εύχρηστος τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου πιο σωστά των κατιόντων υδροξονίου (H₃O⁺) σε ένα υδατικό διάλυμα. Πιο συγκεκριμένα, με "pH" συμβολίζεται ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδροξονίου στο διάλυμα. Δηλαδή:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Η ενεργότητα είναι πάντα μικρότερη από τη συγκέντρωση και ορίζεται ως η συγκέντρωση (σε mol/L) ενός ιόντος πολλαπλασιασμένη με το συντελεστή ενεργότητας. Το pH αποτελεί μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας μιας χημικής ουσίας, εξ ου και αναφέρεται ως ενεργός οξύτητα.

Η Αγωγιμότητα στα Υγρά Διαλύματα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλύματος είναι μια μαθηματική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Αγωγιμότητα G είναι το ρεύμα I προς την διαφορά δυναμικού E που εφαρμόζεται σε δυο ηλεκτρόδια μέσα σε ένα διάλυμα. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, το σθένος τους, την κινητικότητά τους, τη συγκέντρωσή τους, τη θερμοκρασία και το ιξώδες του διαλύματος, καθώς και το μέγεθος της διαφοράς δυναμικού, με την οποία γίνεται η μέτρηση. Σε ένα υδατικό διάλυμα, η αγωγιμότητα είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο υγρό. Έτσι λοιπόν, όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση των αλάτων τόσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα. Τα διαλύματα των περισσότερων ανόργανων οξέων και βάσεων και όλων των αλάτων είναι σχετικά καλοί αγωγοί του ρεύματος. Αντίθετα, τα μόρια των οργανικών ενώσεων που δεν διίστανται όταν διαλυθούν στο νερό, άγουν ελάχιστα ή καθόλου το ηλεκτρικό ρεύμα.

Μονάδες

Μετριέται σε Siemens(S) και είναι το αντίστροφο της αντίστασης. Η αγωγιμότητα εξαρτάται από τα γεωμετρικά στοιχεία του αγωγού σύμφωνα με τη σχέση, όπου:

- A = το εμβαδόν της επιφάνειας των ηλεκτροδίων σε cm^2
- l = η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων σε cm
- k = η ειδική αγωγιμότητα, η οποία ισούται με το αντίστροφο της ειδικής αντίστασης(ρ) και εκφράζει την αγωγιμότητα των ιόντων που ευρίσκονται σε κύβο διαλύματος ακμής $1cm$.

Η πιο κοινή μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το Siemens/cm (S/cm), με υποδιαίρεσεις: το microSiemens/cm ($\mu S/cm$) ίσο με $10^{-6} S/cm$ και το milliSiemens/cm (mS/cm) ίσο με $10^{-3} S/cm$. Για όσους δεν θυμούνται: $1 mS/cm = 1000 \mu S/cm$

Η σχέση μεταξύ της αγωγιμότητας και των διαλυμένων αλάτων εκφράζεται (TDS)– αναλόγως της εφαρμογής – κατά προσέγγιση ως εξής:

- Αγγλικοί Βαθμοί : $1,4 \mu S/cm = 1 ppm$ (parts per million $CaCO_3$) ή
- Αμερικανικοί Βαθμοί : $2 \mu S/cm = 1 ppm$ (parts per million $CaCO_3$) όπου $1 ppm = 1 mg/l$, η οποία είναι η μονάδα μέτρησης για τα διαλυμένα άλατα (TDS).

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Τα αγωγιμόμετρα διαχωρίζονται σε 2 κατηγορίες, ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιούν:

- Την αμπερομετρική και
- Την ποτενσιομετρική

Αμπερομετρική

Η αμπερομετρική μέθοδος στα αγωγιμόμετρα χρησιμοποιεί μία γνωστή διαφορά δυναμικού (V) σε δύο ηλεκτρόδια και μετράει το ρεύμα (I) που διαρρέεται μέσω αυτών. Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm: $I = V/R$ όπου R = αντίσταση V = η γνωστή διαφορά δυναμικού I = το ρεύμα (I) που διαρρέεται από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο. Λογικό είναι ότι όσο αυξάνεται το ρεύμα τόσο αυξάνεται και η αγωγιμότητα. Όμως η αντίσταση εξαρτάται από την απόσταση που υπάρχει μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων και την επιφάνειά τους, η οποία επιφάνεια μπορεί να μεταβληθεί λόγω της εναπόθεσης αλάτων ή άλλων υλικών (ηλεκτρόλυση). Για τον λόγο αυτόν η αμπερομετρική μέθοδος συνιστάται για μετρήσεις σε διαλύματα με χαμηλό ποσοστό αλάτων (έως 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Ποτενσιομετρική

Η ποτενσιομετρική μέθοδος των 4 δακτυλίων εκμηδενίζει τα προβλήματα που εμφανίζονται στην αμπερομετρική μέθοδο. Οι δύο ακραίοι δακτύλιοι εφαρμόζουν μια εναλλασσόμενη τάση και δημιουργούν ροή ρεύματος στο διάλυμα. Οι δύο εξωτερικοί δακτύλιοι, μετράνε την τάση που δημιουργείται από τη ροή ρεύματος στο διάλυμα, η οποία είναι ανάλογη της αγωγιμότητας του διαλύματος. Το PVC - υλικό μεταξύ των δακτυλίων - εξασφαλίζει τη σωστή μόνωση, ώστε το ρεύμα να παραμένει σταθερό χωρίς απώλειες. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των 4 δακτυλίων, έχουμε τη δυνατότητα να μετράμε αγωγιμότητα σε διαλύματα έως 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (200 mS/cm).

Ρυθμιστικά Διαλύματα

Θεωρείται ότι τα πεχάμετρα είναι ρυθμισμένα κατά την παραλαβή κάτι που είναι λάθος διότι τα πεχάμετρα είναι ελεγμένα - όχι όμως ρυθμισμένα. Χωρίς ρυθμιστικά διαλύματα η ρυθμίσεις είναι εσφαλμένες. Η ρύθμιση πρέπει να γίνεται τακτικά. Δεν βλάπτει κανέναν να γίνεται και κάθε ημέρα στην έναρξη της εργασίας μας. Ο χρόνος ρύθμισης είναι το πολύ 45 δευτερόλεπτα. Σίγουρα, όμως, σε κανονικές τακτικές μετρήσεις πρέπει να γίνεται 2 φορές την εβδομάδα. Τα περισσότερα πεχάμετρα έχουν ρύθμιση 1 ή 2 σημείων. Σε πιο ειδικά πεχάμετρα βρίσκουμε και ρύθμιση 3 σημείων. Συνιστάται πάντα να γίνεται η ρύθμιση σε 2 σημεία. Ανάλογα σε ποια περιοχή του pH μετράμε (όξινη ή αλκαλική) πρέπει να παρθούν τα αντίστοιχα ρυθμιστικά διαλύματα:

- Όξινη περιοχή : 4.01 και 7.01 (HI 7004L & HI 7007L)
- Αλκαλική περιοχή : 7.01 και 10.01 (HI 7007L & HI 7010L)



(3.9) Ρυθμιστικά διαλύματα

Ρύθμιση οργάνων μέτρησης (Πεχάμετρο – Αγωγιμόμετρο)

Με τη χρήση του ηλεκτροδίου του pH αλλάζουν τα χαρακτηριστικά του και γι' αυτό το λόγο πρέπει να ρυθμίζουμε το πεχάμετρο. Γενικά, η συχνότητα της ρύθμισης εξαρτάται από το τι ακρίβεια θέλετε να έχει το πεχάμετρο. Για μεγάλη ακρίβεια, είναι απαραίτητη η καθημερινή ρύθμιση, πριν την έναρξη των μετρήσεων. Εάν δεν το χρησιμοποιείτε συχνά (1-2 μετρήσεις την εβδομάδα), τότε η ρύθμιση γίνεται πριν την μέτρηση.

Η διάρκεια ζωής του ηλεκτροδίου εξαρτάται από κάποιους παράγοντες :

- Η καταλληλότητα του ηλεκτροδίου ανάλογα με τη χρήση
- Αν τα χημικά που μετρούνε είναι πολύ όξινα ή πολύ αλκαλικά
- Η συχνότητα των μετρήσεων
- Η θερμοκρασία των διαλυμάτων
- Η συντήρηση του ηλεκτροδίου

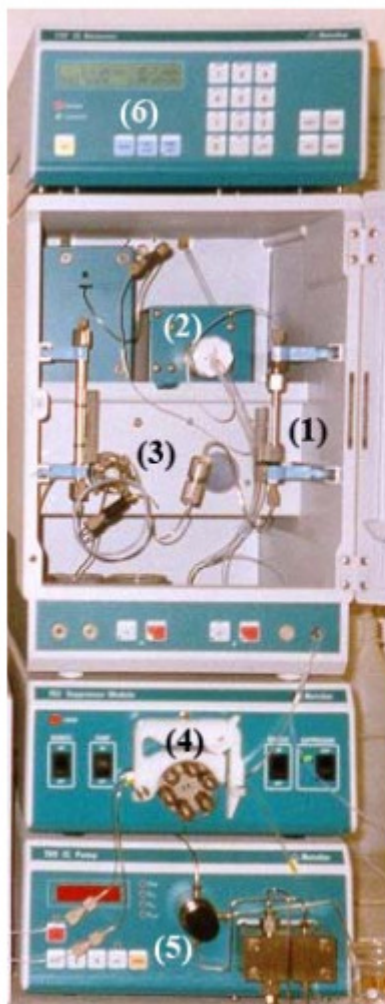
Γενικά, ένα ηλεκτρόδιο το οποίο συντηρείται σωστά και μετράει εργαστηριακά pH νερού θα διαρκέσει κατά μέσο όρο 18-24 μήνες σε συνεχή μέτρηση pH. Στις περισσότερες περιπτώσεις το ρυθμιστικό διάλυμα 7.01 και το ρυθμιστικό διάλυμα 4.0 και 10.01 είναι κατάλληλα για τη ρύθμιση του πεχαμέτρου. Εάν οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται είναι κυρίως σε όξινα διαλύματα, τότε να χρησιμοποιούνται τα ρυθμιστικά διαλύματα 7.01 (HI7007L) και 4.01 (HI7004L). Σε αλκαλικά διαλύματα να χρησιμοποιούνται τα ρυθμιστικά διαλύματα 7.01 (HI7007L) και 10.01 (HI7010L). Μετά τη μέτρηση, το ηλεκτρόδιο πρέπει να ξεπλένεται σε νερό. Για καλύτερα αποτελέσματα θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένα από τα ειδικά καθαριστικά διαλύματα. Ανάλογα με το δείγμα που μετράτε μπορεί να επιλεγθεί το αντίστοιχο διάλυμα καθαρισμού.



(3.10) Διαδικασία ρύθμισης οργάνων μέτρησης

Αναλύσεις νιτρικών ιόντων

Οι αναλύσεις των NO_3 πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του ICS-1100 ολοκληρωμένο σύστημα ιόντων χρωματογραφίας (Dionex).



1. Στήλη χρωματογραφίας
2. Στήλη καταστολής της αγωγιμότητας (suppressor)
3. Διάταξη ανάμιξης σταθερής ποσότητας δείγματος (20 μL) με το διαλύτη έκλουσης (loop)
4. Περισταλτική αντλία της στήλης καταστολής της αγωγιμότητας
5. Αντλία εισαγωγής διαλύματος έκλουσης και δείγματος
6. Αγωγιμόμετρο

(3.11) Σύστημα ιοντικής χρωματογραφίας



(3.12) Ιοντικός Χρωματογράφος

Λοιπός Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Μετρητής θερμοκρασίας, pH, αγωγιμότητας
Αγωγιμόμετρο - Πεχάμετρο



- Ποτήρι ζέσεως

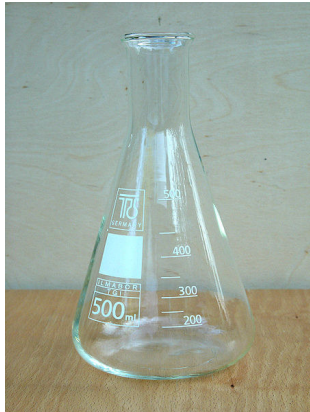
Το ποτήρι ζέσεως είναι ένα απλό δοχείο που χρησιμοποιείται σε χημικά εργαστήρια για την ανάδευση, ανάμιξη και θέρμανση, υγρών συνήθως, χημικών ουσιών.



- Κωνική φιάλη

Η κωνική φιάλη (ή φιάλη Erlenmeyer) είναι μέρος του εργαστηριακού εξοπλισμού ενός εργαστηρίου χημείας. Είναι γυάλινο κωνικό αντικείμενο με

λαιμό που προεξέχει στην κορυφή της για να επιτρέπει το κράτημα της φιάλης από αυτόν. Το σχήμα της επιτρέπει την εύκολη ανάδευση του διαλύματος που περιέχει, κάτι που γίνεται κρατώντας την φιάλη από τον λαιμό και περιστρέφοντας ελαφρά.



- Ογκομετρική φιάλη

Η ογκομετρική φιάλη είναι μέρος του εργαστηριακού εξοπλισμού ενός εργαστηρίου χημείας. Είναι γυάλινη με σφαιρική βάση και ψηλό, λεπτό λαιμό. Συχνά περιλαμβάνει και ένα πώμα από φελλό ή πλαστικό. Η ογκομετρική φιάλη χρησιμοποιείται για την παρασκευή διαλυμάτων των οποίων ο συνολικός όγκος πρέπει να είναι συγκεκριμένος. Η στάθμη στην οποία η φιάλη έχει τον αναφερόμενο όγκο σημειώνεται με έναν δακτύλιο που βρίσκεται στον λαιμό της. Επειδή η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού καμπυλώνεται και σχηματίζει μηνίσκο (παρατηρώντας το από το πλάι) για την σωστή μέτρηση του όγκου πρέπει ο δακτύλιος να βρίσκεται στο κάτω μέρος του μηνίσκου.



- Μαγνητικός αναδευτήρας

Α μαγνητικός αναδευτήρας αποτελείται από έναν μικρό φραγμό μαγνήτης, όποιος είναι κανονικά τυλιγμένος με πλαστικό όπως PTFE και μια στάση ή ένα πιάτο που περιέχει μηχανισμό περιστρεφόμενου μαγνήτη.



- Χωνί



- Σιφώνιο

Το σιφώνιο ή πιπέττα είναι εργαστηριακό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση και μεταφορά όγκου υγρού.



- Υδροβολέας



- Αυτόματος Απιονιστής



Κεφάλαιο 4

Υδρογεωλογία

4.1 Υδρογεωλογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής έρευνας.

Η υδρογεωλογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών πραγματοποιήθηκε με βάση τα υδρολιθολογικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά, ο συνδυασμός των οποίων καθορίζει και την δυναμικότητα της υδροφορίας που αναπτύσσεται εντός των γεωλογικών σχηματισμών. Η κατάταξη αυτή έγινε σύμφωνα με τα πρότυπα της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (Struckmeier and Margat, 1995; Nikas et al., 2010). Σύμφωνα λοιπόν με το πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων, το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών δύναται να καταταγεί σε έξι επιμέρους υδρογεωλογικούς τύπους (τρεις κύριους τύπους με δύο υποκατηγορίες έκαστος), με βάση την παραγωγικότητα- αποδοτικότητα των υδροφόρων, την γεωγραφική και στρωματογραφική τους ευρύτητα, το είδος της υδροπερατότητας (πρωτογενής- δευτερογενής) και βέβαια τα λιθολογικά-ιζηματολογικά τους χαρακτηριστικά. Στην εικόνα 5.3 παρουσιάζεται η κατάταξη αυτή με την χρωματική διαβάθμιση που περιλαμβάνεται στο πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (Struckmeier and Margat, 1995; Nikas et al., 2010), ενώ στις επόμενες παραγράφους πραγματοποιείται κατάταξη των σχηματισμών της περιοχής έρευνας με βάση το πρότυπο αυτό καθώς και περιγραφή των υδρογεωλογικών και υδραυλικών χαρακτηριστικών κάθε σχηματισμού.

- 1. Πορώδη** (κυρίως μη συνεκτικά) πετρώματα 1α. Εκτεταμένοι και με υψηλή απόδοση υδροφόροι.

1.α.1. Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις πεδινών περιοχών. Τα σύγχρονα προσχωματικά υλικά που συναντούμε στην πεδινή ζώνη έχουν πάχος που κυμαίνεται μεταξύ 10 και 30 m και μεταβάλλεται σημαντικά στο χώρο. Αποτελούνται από άμμους, κροκάλες, λατύπες καθώς επίσης και από λεπτομερή αργιλοαμμώδη και πηλοαμμώδη υλικά. Με βάση την μελέτη υπαρχουσών λιθολογικών τομών από γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στην περιοχή, παρατηρείται ότι παρουσιάζουν έντονη ανομοιογένεια και ανισοτροπία με πλευρικές λιθολογικές μεταβάσεις που άλλοτε είναι προσδευτικές κι άλλοτε απότομες. Είναι όμως δυνατόν να αναγνωρισθεί κάποια γενική λιθολογική ομοιομορφία προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Από αδρομερή συστατικά στη νότια περιοχή προς λεπτομερή στη βόρεια. Πιο απότομη μετάβαση προς λεπτομερή υλικά παρατηρείται όταν απομακρυνόμαστε από τις σύγχρονες κοίτες των ποταμών προς τις περιοχές που βρίσκονται μεταξύ τους. Πρόκειται για υδροπερατές αποθέσεις μέσα στις οποίες εμφανίζεται η κύρια υδροφορία της πεδινής παράκτιας ζώνης με φρεάτιο χαρακτήρα και τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας που κυμαίνονται

από 8,64 έως 69,12 m/day. Παρά το γεγονός της ανομοιογένειας στα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά κρίθηκε σκόπιμο η πεδινή παράκτια περιοχή να θεωρηθεί ως μία ενιαία υδρογεωλογική μονάδα.

1.α.2: Σύγχρονες αποθέσεις κοίτης. Οι σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων λόγω του ότι αποτελούνται από αδρομερή υλικά, κυρίως λατύπες και κροκάλες, τα οποία κατά θέσεις σχηματίζουν αναβαθμίδες μικρού πάχους, είναι υδροπερατές και χαρακτηρίζονται από ικανοποιητικές υδραυλικές παραμέτρους ανάλογες η και μεγαλύτερες εκείνων των αλουβιακών αποθέσεων με συνέπεια εντός αυτών να αναπτύσσονται συχνά φρεάτιοι ορίζοντες (Κουμαντάκης, 1999). Ο ρόλος των αποθέσεων αυτών είναι ιδιαίτερα σημαντικός στη λειτουργία και εξέλιξη του υδροφόρου συστήματος της πεδινής ζώνης αφού μέσω αυτών διακινούνται σημαντικές ποσότητες νερού οι οποίες το τροφοδοτούν με υπόγειες πλευρικές μεταγγίσεις.

1β. Τοπικοί ή μικρού πάχους υδροφόροι με υψηλή απόδοση ή εκτεταμένοι αλλά μέτριας απόδοσης υδροφόροι.

1.β.1 Τυρρήνιες αναβαθμίδες. Οι σχηματισμοί εμφανίζονται επιφανειακά κυρίως νότια της εθνικής οδού και έχουν πάχος που κυμαίνεται μεταξύ 20 και 40 μέτρων. Στις περιοχές που εμφανίζονται επιφανειακά δημιουργούν υδροφόρους μικρής δυναμικότητας και πλευρικής εξάπλωσης με φρεάτιο χαρακτήρα. Στις περιοχές που παρουσιάζουν σημαντική εξάπλωση στην επαφή τους με τις υποκείμενες μάργες εμφανίζονται περιοδικές μικροαναβλύσεις. Έχουν μεγάλη σημασία για την τροφοδοσία της πεδινής ζώνης αφού βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία μ' αυτή. Τμήματα των Τυρρήνιων σχηματισμών διατρήθηκαν από γεωτρήσεις στην πεδινή παράκτια ζώνη βόρεια της εθνικής οδού, όπου μαζί με τις υπερκείμενες αλουβιακές αποθέσεις δημιουργούν ενιαία υδροφορία, φρεάτιου χαρακτήρα, η οποία μεταπίπτει σε υπό πίεση η μερικώς υπό πίεση όσο πλησιάζουμε στην ακτογραμμή. Ο σχηματισμός αυτός στα σημεία που έχει επιφανειακή εμφάνιση, μπορεί μαζί με τις επικαλύψεις του να χαρακτηριστεί ως μία αυτόνομη υδρογεωλογική ενότητα, αφού τόσο οι λιθολογικοί χαρακτήρες όσο και η γενικότερη υδρογεωλογική συμπεριφορά που εμφανίζει, τον διαφοροποιεί σημαντικά από τις άλλες ενότητες, ειδικά αυτής των πεδινών προσχώσεων. Παρουσιάζει μέτρια υδραυλικά χαρακτηριστικά με τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας γύρω στα 2 m/day.

1.β.2. Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων Πρόκειται για υδροπερατές αποθέσεις, με περιορισμένο πάχος και φρεάτια υδροφορία με τοπικό μόνο ενδιαφέρον. Ο ρόλος τους είναι σημαντικός διότι αποτελούν ζώνη τροφοδοσίας με πλευρική μετάγγιση για τους υποκείμενους σχηματισμούς της πεδινής ζώνης. Στην πεδινή ζώνη μαζί με τις σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων και τα αλουβιακά υλικά της πεδινής ζώνης αναπτύσσουν ενιαία

2. Συνεκτικά και πορώδη πετρώματα με περιορισμένη ή μη, συγκέντρωση υπόγειων υδάτων – γενικά άνευ πρακτικής σημασίας.

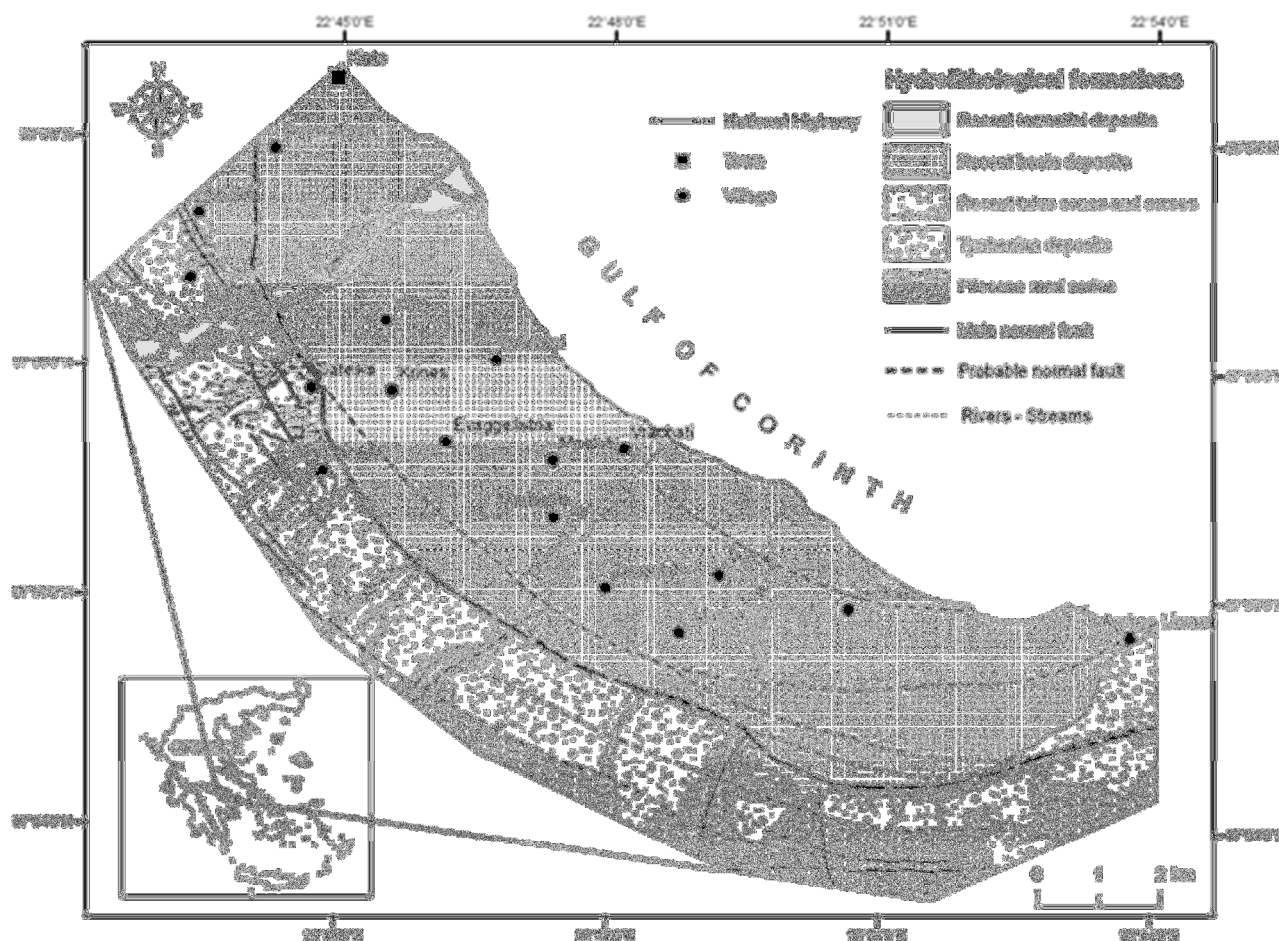
2α. Τοπικής σημασίας υπόγεια νερά κυρίως σε ζώνες διάρρηξης και αποσάθρωσης συνεκτικών πετρωμάτων. Βαθύτεροι υδροφόροι με μέτρια ή υψηλή απόδοση δεν αποκλείονται .

2.α.1. Φλύσχης Ο Φλύσχης των ζωνών Γαβρόβου-Τριπόλεως και Ωλονού-Πίνδου μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά στεγανός σχηματισμός, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις εντός της ψαμμιτικής φάσης ή εντός κερματισμένων ζωνών μπορεί να φιλοξενεί υδροφορία ελάσσονος σημασίας.

2.β. Υδροφόροι χωρίς πρακτική σημασία ή μη υδροφόροι σχηματισμοί

2.β.1 Μάργες. Η σειρά των μαργών είναι πρακτικά υδατοστεγανή με εξαίρεση τοπικού χαρακτήρα περιορισμένη υδροφορία που εμφανίζεται εντός των κοκκωδών ενστρώσεων, δηλαδή των ψαμμιτών, των ψηφίτοπαγών και κροκαλοπαγών που αναπτύσσονται σε διάφορα βάθη με πάχη που δεν ξεπερνούν τα 5-10 μέτρα. Σε τμήματα του μέσου ρου του Ασωπού οι στρώσεις των κροκαλοπαγών, άμμων και ψαμμιτών έχουν ικανό πάχος επιτρέποντας έτσι την ανάπτυξη τοπικής υδροφορίας, η οποία αξιοποιείται από μικρό αριθμό γεωτρήσεων. Στην πεδινή ζώνη αποτελεί το αδιαπέρατο υπόβαθρο του ελεύθερου ή μερικώς υπό πίεση προσχωματικού υδροφόρου Το βάθος που απαντάται στην πεδινή ζώνη κυμαίνεται από 20 m έως 60 m. Κάτω από την σειρά των μαργών ή και εντός αυτής, σε σημαντικό πάχους αδρομερείς διαστρώσεις, αναπτύσσεται κάποια υπό πίεση υδροφορία, η οποία έχει διαπιστωθεί σε γεωτρήσεις μεγάλου βάθους της πεδινής ζώνης (Θέση Τουρκογέφυρα παρόχθια του ποταμού Ασωπού).

4.2. Το υδροφόρο σύστημα της Βόχας



(4.1) Υδρογεωλογικός χάρτης της περιοχής

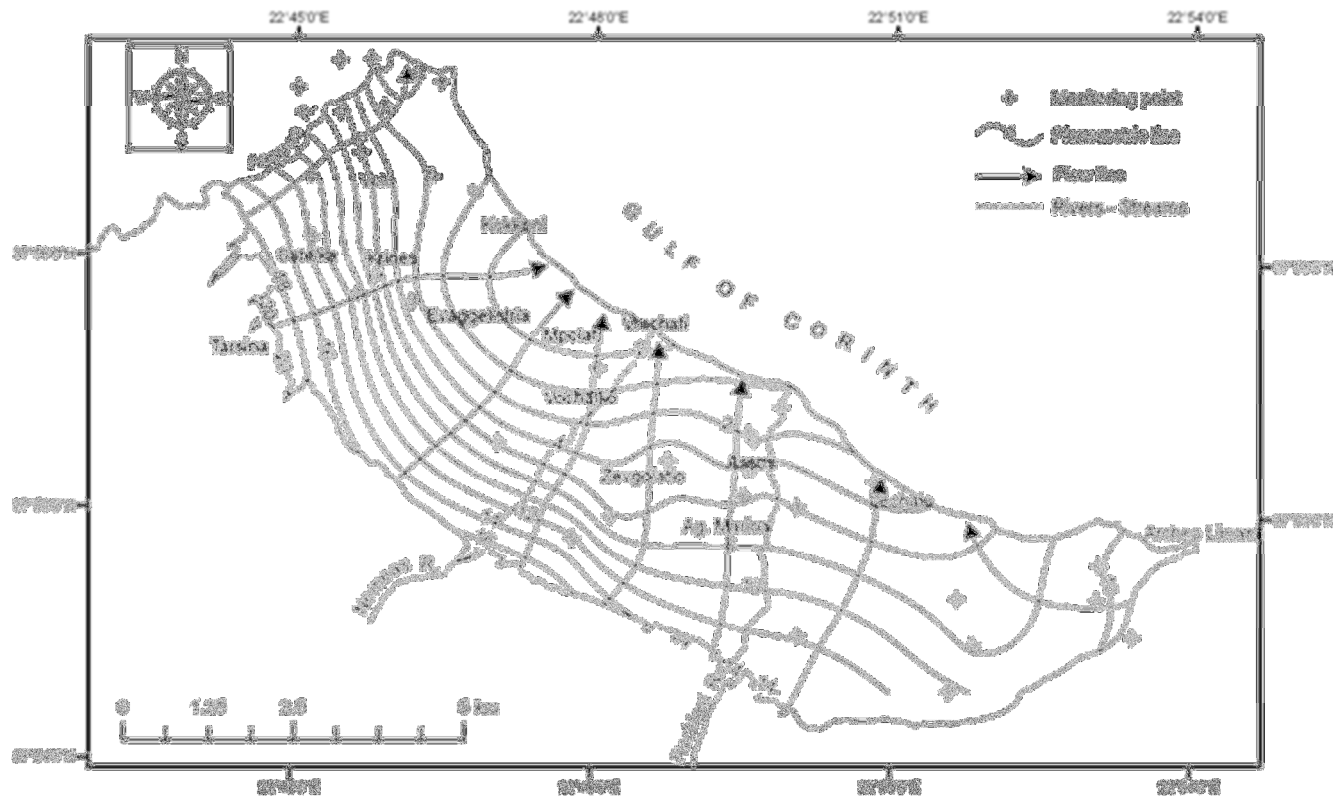
Το υδροφόρο σύστημα της Βόχας αποτελεί τόσο από υδρολογικής-υδρογεωλογικής, όσο και από οικονομικοκοινωνικής πλευράς, το σημαντικότερο υδροφόρο σύστημα της περιοχής έρευνας. Καταλαμβάνει το βόρειο παράκτιο τμήμα της περιοχής έρευνας και οριοθετείται στα νότια από τους οικισμούς Εξαμιλίων, Ξυλοκέρizas, Αρχαίας Κορίνθου, Ελληνοχωρίου, Σικυώνος και Λαλιώτη. Αναπτύσσεται εντός των αλουβιακών σχηματισμών του Ολοκαίνου και των υποκείμενων θαλάσσιων αναβαθμίδων του Τυρρηνίου. Το συνολικό πάχος των σχηματισμών αυτών δεν ξεπερνάει τα 50 μέτρα και η υδροφορία που αναπτύσσεται σε ένα κορεσμένο πάχος 20-30 μέτρων, είναι κατά κανόνα ελεύθερη, η οποία μεταπίπτει κατά τόπους σε υπό πίεση κυρίως στην παράκτια ζώνη. Η ρηξιγενής ζώνη που εκτείνεται κατά μήκος της εθνικής οδού Κορίνθου-Πατρών καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την γεωμετρία και την υδρογεωλογική συμπεριφορά της υδρογεωλογικής ενότητας, δεδομένου ότι βορείως της εθνικής οδού υποβιβάζει το επίπεδο των σχηματισμών κατά αρκετές δεκάδες μέτρα δημιουργώντας πρόσφορες συνθήκες για δημιουργία υδροφόρου

μέσου μεγάλου πάχους και ικανοποιητικής απόδοσης. Νοτίως της εθνικής οδού η υδροφορία αναπτύσσεται αποκλειστικά εντός των θαλάσσιων αναβαθμίδων με μικρότερο κορεσμένο πάχος και μειωμένα υδραυλικά χαρακτηριστικά και απόδοση. Παρά το γεγονός ότι το επίπεδο του υδροφόρου σχηματισμού μεταβάλλεται εκατέρωθεν της ρηξιγενούς ζώνης, τα δύο τμήματα του υδροφόρου συστήματος βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία. Εκτός του εν λόγω ελεύθερου υδροφόρου, σε μεγαλύτερο βάθος που κυμαίνεται από 120 έως και 180 μέτρα, αναπτύσσεται υπό πίεση υδροφόρος εντός αδρομερών στρωμάτων του υποκείμενου σχηματισμού των μαργών, ο οποίος κατά τόπους παρουσιάζει ικανοποιητικές αποδόσεις (Αντωνάκος 2012).

Όπως προκύπτει από τις τομές των γεωτρήσεων, που εντός του υδροφόρου παρουσιάζουν μεγάλη πυκνότητα, το απόλυτο υψόμετρο της οροφής του πρακτικά αδιαπέρατου σχηματισμού των μαργών κυμαίνεται από -20 έως +10 μέτρα, δημιουργώντας σε κάποια τμήματα της παράκτιας ζώνης φυσικά φράγματα έναντι της διείσδυσης του θαλασσινού νερού προς τον υδροφόρο και περιορίζοντας τα φαινόμενα υφαλμύρισης, τα οποία παρατηρούνται παρ' όλα αυτά σε αρκετά μεγάλη έκταση στην παράκτια ζώνη. Η τροφοδοσία του συστήματος γίνεται τόσο με απευθείας κατεύθυνση του νερού της βροχής όσο και επαγωγικά από τους ποταμούς που το διαρρέουν. Η εκφόρτιση του συστήματος γίνεται προς τον Κορινθιακό κόλπο αλλά και μέσω των πολυάριθμων γεωτρήσεων που υπάρχουν στην περιοχή για την κάλυψη αρδευτικών, υδρευτικών και βιομηχανικών αναγκών. Η γενική κατεύθυνση ροής του υπόγειου νερού είναι από νότο προς βορά κάθετα προς την ακτογραμμή, ενώ παρουσιάζονται τοπικές διαφοροποιήσεις στην γενική κατεύθυνση, όπου η ροή του υπόγειου νερού συγκλίνει προς τις κοίτες των ποταμών. Οι πιέσεις που ασκούνται στο σύστημα αυτό είναι τόσο ποσοτικές, από την ύπαρξη πολυάριθμων γεωτρήσεων που οδηγούν σε υπεράντληση για την κάλυψη των καταναλωτικών αναγκών της περιοχής δημιουργώντας ένα ελαφρά αρνητικό ισοζύγιο στον υδροφόρο και εκτεταμένη υφαλμύριση στην παράκτια ζώνη, όσο και ποιοτικές λόγω της εκτεταμένης αστικοποίησης της περιοχής και των έντονων καλλιεργητικών δραστηριοτήτων. Στα πλαίσια της μελέτης αυτής, σχεδιάστηκε ένα δίκτυο από 40 πηγάδια και γεωτρήσεις στον αβαθή προσχωσιγενή υδροφορέα της περιοχής. Ελήφθησαν στοιχεία και μετρήσεις κατά την υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους 2013-2014 (Μάρτιος), προκειμένου να παραχθεί ο πιεζομετρικός χάρτης του υδροφορέα (Εικόνα 4.2). Ο υδροφορέας επαναφορτίζεται από την άμεση διείσδυση του νερού της βροχής και διήθηση του νερού του ποταμών μέσα από τα αδρομερή υλικά της κοίτης τους. Πλευρική τροφοδοσία από το παρακείμενο Τυρρηνικό υδροφορέα είναι μια άλλη σημαντική πηγή ανατροφοδότησης.

Το βάθος υδροφόρου ορίζοντα μειώνεται σταδιακά από 27,1 m στη νοτιοδυτική περιοχή τροφοδοσίας σε 0,72 m στην παράκτια ζώνη εκκένωσης. Τα υπόγεια ύδατα ρέουν προς μια γενική ΝΔ - ΒΑ κατεύθυνση. Η υδραυλική κλίση του υδροφορέα κυμαίνεται μεταξύ 1,2% στη νοτιοδυτική ζώνη εμπλουτισμού και 0,05 ‰ στη

βορειοανατολική ζώνη εκκένωσης, με μέση τιμή 4,3 %, υποδηλώνοντας υψηλό υδροπερατό σχηματισμό.



(3.2) Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής μελέτης

Κεφάλαιο 5

5.1 Υδροχημεία

5.1.1. Υδροχημική ανάλυση

Η υδροχημική έρευνα έχει ως στόχο να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής έρευνας και στον εντοπισμό περιβαλλοντικών προβλημάτων που συνδέονται με την ποιοτική υποβάθμιση του υπόγειου νερού. Η τελευταία μπορεί να οφείλεται είτε σε φυσικά είτε ανθρωπογενή αίτια. Με βάση τα αποτελέσματα των υδροχημικών αναλύσεων, κατασκευάστηκαν υδροχημικά διαγράμματα και υδροχημικοί χάρτες, μέσω των οποίων εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με τις υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής έρευνας, αλλά και σχετικά με το είδος, το μέγεθος και την προέλευση των προβλημάτων ποιοτικής υποβάθμισης του υπόγειου νερού.

5.1.2. Νιτρορύπανση

Τα Νιτρικά είναι μια χημική ένωση του αζώτου και τρία μέρη οξυγόνου που ορίζεται το σύμβολο "NO₃". Είναι η πιο κοινή μορφή του αζώτου που βρίσκεται στο νερό. Άλλες μορφές αζώτου περιλαμβάνουν τα νιτρώδη ιόντα (ένα μέρος του αζώτου και δύο μέρη οξυγόνου - NO₂) και αμμωνία (ένα μέρος του αζώτου και τρία μέρη υδρογόνου - NH₃). Στο νερό, τα νιτρικά δεν προσδίδουν καμία γεύση ή μυρωδιά και μπορούν να ανιχνευθούν μόνο με χημική εξέταση.

Οι κύριες πηγές νιτρορύπανσης προέρχονται κατά κύριο λόγο από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Τη σημαντικότερη πηγή νιτρορύπανσης αποτελούν οι πάσης φύσεως αγροτικές δραστηριότητες, γεωργικές και κτηνοτροφικές. Η υπέρμετρη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγής έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών ενώσεων στο υπέδαφος. Οι υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ενώσεων παρατηρούνται όχι μόνο σε περιοχές με αυξημένη γεωργική δραστηριότητα, αλλά επίσης και σε περιοχές όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση ζωικών αποβλήτων.

Τα νιτρικά άλατα συνήθως εισάγονται στα υπόγεια ύδατα μέσω διάχυτων - μη σημειακών πηγών, οι οποίες μπορεί να είναι δύσκολο να ανιχνευθούν. Αυτές οι πηγές μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Η έκπλυση των χημικών λιπασμάτων
- Η έκπλυση της κοπριάς των ζώων
- Οι διαρροές από απορροφητικούς βόθρους

Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Στα επιφανειακά νερά και ιδίως στις λίμνες και στους κλειστούς κόλπους, η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων αζωτούχων αλλά και φωσφορικών ενώσεων, με τη συνδρομή και της ηλιακής ακτινοβολίας, ενισχύει, συχνά σε υπερβολικό βαθμό, την ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης και φυτικών μικροοργανισμών στο νερό (φυτοπλαγκτόν), δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό το φαινόμενο του ευτροφισμού. Στις συνέπειες του ευτροφισμού περιλαμβάνονται η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα του νερού, η δημιουργία τοξινών που σκοτώνουν τα ψάρια, η παραγωγή ενώσεων που προσδίδουν δυσάρεστη οσμή στο νερό και η εν γένει διαταραχή της οικολογικής ισορροπίας. Στα υπόγεια ύδατα, η νιτρορύπανση εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή αθροιστικής συσσώρευσης νιτρικών, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνουν σε επίπεδα που είναι απαγορευτικά για τη χρήση του νερού για σκοπούς ύδρευσης. Ως οριακή τιμή έχει καθορισθεί από την Ελληνική και Διεθνή νομοθεσία η συγκέντρωση των 50 mg/l, ωστόσο ακόμα και σε μικρότερες συγκεντρώσεις (μεγαλύτερες από 25 mg/l) δημιουργείται προβληματισμός για μακροχρόνια χρήση του νερού για πόση.

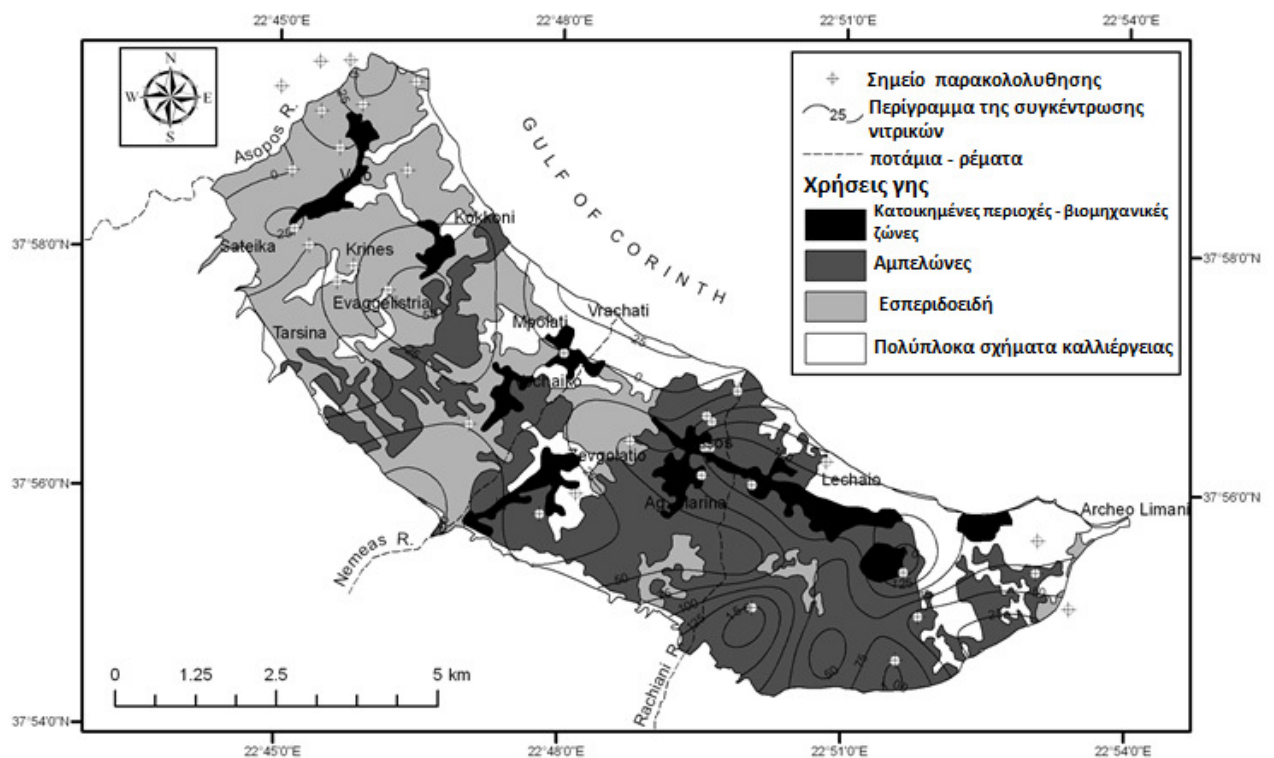
Θεραπεία των υπογείων υδάτων για την απομάκρυνση των νιτρικών μπορεί να πραγματοποιηθεί με φυσικές μεθόδους (εφαρμογή της αντίστροφης ώσμωσης και νανοδιήθησης), χημικές μεθόδους (καταλυτική απομάκρυνση, αβιοτική αποικοδόμηση των νιτρικών ιόντων χρησιμοποιώντας μηδενικού σθένους και ηλεκτρο-κινητικές διαδικασίες) και βιοτεχνολογικών μεθόδων χρήσης των φυτικών λαδιών για την απονιτροποίηση, μείωση της γεωργικής φόρτωσης νιτρικών μέσω μικροβιακών διεργασιών που χρησιμοποιούν θείο και ασβεστόλιθο (αυτοτροφική απονιτροποίηση).

Μολονότι τεχνολογίες είναι διαθέσιμες για το νιτρική απολύμανση του νερού, αυτό είναι κάτι το οποίο θεωρείται δαπανηρό. Έτσι, είναι καλύτερη και αναγκαία η ελαχιστοποίηση της έκλυσης νιτρικών από γεωργικές και μη γεωργικές δραστηριότητες. Με την υιοθέτηση των ακόλουθων βελτιωμένων μεθόδων στη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων, η έκλυση νιτρικών μπορεί να ελαχιστοποιηθεί:

- Υιοθέτηση ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης, δηλαδή υποκατάστατο μέρος των ανόργανων λιπασμάτων με οργανικά λιπάσματα
- Χρήση των λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης
- Χρήση αναστολέων νιτροποίησης
- Χρήση ασφαλών χημικών
- Βελτίωση του συστήματος διαχείρισης των καλλιεργειών
- Επιλογή σωστού συστήματος γεωργίας

5.1.3. Κατανομή νιτρικών ιόντων

Τα υπόγεια ύδατα της περιοχής μελέτης είναι ιδιαίτερα μολυσμένα με νιτρικά ιόντα, ως αποτέλεσμα της εντατικής λίπανσης με αζωτούχα λιπάσματα και των διαρροών από σηπτικούς βόθρους, δεδομένου ότι τα περισσότερα από τα χωριά δεν εξυπηρετούνται από κεντρικά συστήματα αποχέτευσης. Για τη διάκριση των διαφόρων πηγών ρύπανσης, ένα δίκτυο παρακολούθησης που αποτελείται από 51 πηγάδια και αβαθείς γεωτρήσεις επιλέχθηκε για δειγματοληψία νερού. Οι αναλύσεις των νιτρικών ιόντων πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση ιοντικού χρωματογράφου στο Εργαστήριο Γεωλογίας Υδάτινων Συστημάτων του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας. Ο χάρτης κατανομής της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων δημιουργήθηκε μέσω του λογισμικού πακέτου ArcGIS 9.2. Επιπλέον, οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης, που προέρχονται από το πρόγραμμα Corine Land Cover, εισήχθησαν ως ξεχωριστό στρώμα GIS. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον σύνθετο χάρτη της εικόνας 5.1.



5.1 Χάρτης της περιοχής μελέτης χρήσεις γης και οι συγκεντρώσεις νιτρικών για την υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους 2013-2014 (Μάρτιος).

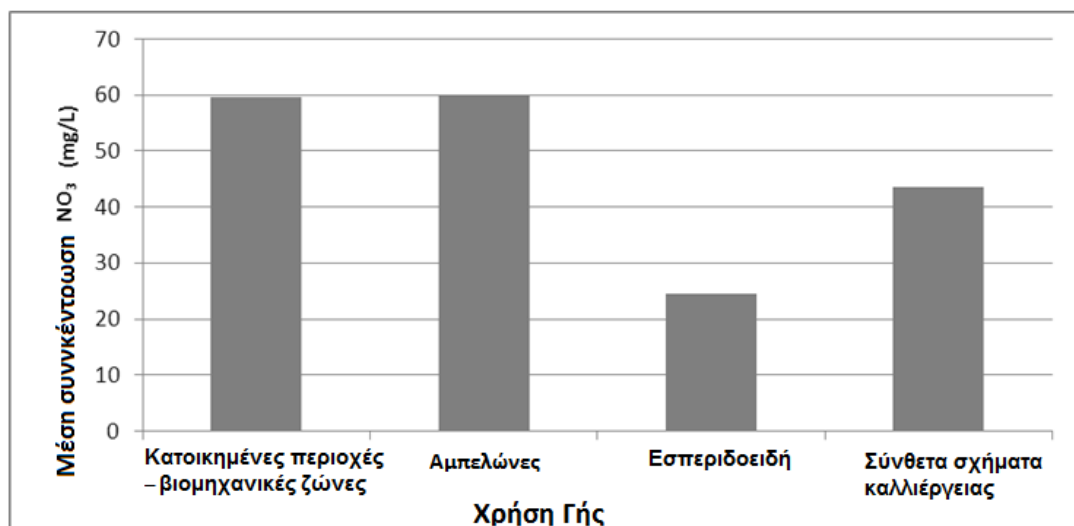
id	xcoord	ycoord	Eidos	Crop	Ημερομηνία	NO ₃ ⁻ (mg/l)
KF32	399755	4196449	Well	Εσπεριδοειδή	28-Nov	97.67
KF34	399887	4197813	Well	Εσπεριδοειδή	28-Nov	155.6
KF37	399117	4197272				72.71
KF39	397427	4197892				35.29
KF40	397540	4199165	Well	Ελιές	1-Dec	3.74
KF41	396507	4200565				3.25
KF44	390450	4203149	Well	Εσπεριδοειδή	25-Nov	28.97
KF46	391477	4205167				1.51
KF46						10.8
KF51	401933	4197795	Well	Ελιές - Αμπέλι	28-Nov	70.24
KF73	402445	4197242	Well	Εσπεριδοειδή	28-Nov	41.18
KF74	401674	4197023				17.63
KF75	399025	4198011				77.87
KF77	397541	4197274	Pomona	Εσπεριδοειδή	28-Nov	153.11
KF78	398609	4196600				37.35
KF9	392164	4199394				51.51
KG13	395612	4200365				26.92
KG15	393155	4200120	Pomona	Εσπεριδοειδή	28-Nov	23.75
KG16	392462	4201510				43.1
KG17	391884	4200907				0
KG18	391370	4202567	Pomona	Ροδακινιές	25-Nov	20.88
KG19	390680	4202887	Pomona	Εσπεριδοειδή	25-Nov	0.52
KG2	395974	4199530				54.85
KG23	392209	4204038	Pomona	Αμπέλια	25-Nov	1.02
KG24	391790	4204854				17.24
KG25	390252	4205350	Pomona	Εσπεριδοειδή	25-Nov	8.33
KG26	400591	4198424				109.43
KG3	406272	4195997				96.53
KG30	401367	4197828				70.56
KG46	390855	4205733	Pomona	Εσπεριδοειδή	25-Nov	64.37
KG47	391319	4205744	Pomona	Εσπεριδοειδή	25-Nov	9.8
NF1	390877	4204967	Well	Εσπεριδοειδή	25-Nov	43.42
NF3	392341	4205412	Well	Ροδακινιές	25-Nov	10.61
NF4	391110	4202316	Well	Εσπεριδοειδή	27-Nov	8.31
NF5	401968	4198298	Pomona	Μηχανουργείο	28-Nov	85.38
NF6	400108	4197125	Well	Εσπεριδοειδή	28-Nov	40.69
NF8	398471	4198681	Well	Εσπεριδοειδή	1-Dec	125.26
NF9	398692	4199529	Well	Οικισμός	1-Dec	83.79
NG10	394628	4201209	Pomona	Οικισμός	28-Nov	0.75
NG12	394804	4199039	Pomona	Αμπέλια	28-Nov	10.31
NG13	395648	4199846	Pomona	Αμπέλια	28-Nov	51.99
NG14	396500	4199846	Pomona	Οικισμός	1-Dec	50.99
NG16	396809	4199747	Υρονrichic	Αμπέλια	1-Dec	101.99
NG17	396756	4199317	Pomona	Εσπεριδοειδή	1-Dec	84.42
NG18	396837	4200233	Pomona	Οικισμός	1-Dec	45.76
NG19	397320	4200618	Pomona	Οικισμός	1-Dec	23.17
NG2	391510	4205061	Borehole	Εσπεριδοειδή	25-Nov	12.94
NG4	390419	4204058	Pomona	Εσπεριδοειδή	25-Nov	0.11
NG6	391900	4202192	Pomona	Εσπεριδοειδή	27-Nov	49.98
NG8	392615	4201556	Pomona	Υδρευση - Πλατεία	27-Nov	44.77

Πίνακας 5.1 Αποτελέσματα αναλύσεων νιτρικών ιόντων

Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης (93,3% του συνόλου) καλύπτεται με εντατικές καλλιέργειες, κυρίως αμπέλια (38,8%) και εσπεριδοειδή (33,3%) και, σε μικρότερο βαθμό, από σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (20,2%). Το υπόλοιπο της περιοχής (7,7%) είναι οικιακές και βιομηχανικές ζώνες. Η μέση συγκέντρωση νιτρικών του υπό μελέτη υδροφορέα είναι 44,3 mg/L, που κυμαίνονται από 0,8 έως 155,6 mg/L. Ο χάρτης 5.1 δείχνει ότι το ανατολικό τμήμα του υδροφορέα, που κυριαρχείται από αμπελώνες, είναι ιδιαίτερα μολυσμένο από νιτρικά άλατα. Η ίδια περιοχή είναι πυκνά κατοικημένη και φιλοξενεί τις περισσότερες από τις τοπικές βιομηχανίες.

Από την άλλη πλευρά, το δυτικό τμήμα χαρακτηρίζεται από χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων, ενώ στις καλλιεργούμενες περιοχές κυριαρχούν τα εσπεριδοειδή. Αυτά τα ευρήματα είναι σύμφωνα με τη γεωστατιστική ανάλυση που παρουσιάζεται στις εικόνες 5.2 , 5.3 και στον Πίνακα 5.2. Από το σχήμα 5.2 μπορεί να φανεί ότι οι υψηλότερες μέσες τιμές των NO₃ παρατηρούνται σε περιοχές που καταλαμβάνεται από αμπέλια (59,7 mg/L) και στις κατοικημένες περιοχές – βιομηχανικές ζώνες (59,5 mg/L). Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις NO₃ παρατηρήθηκαν σε ζώνες που καταλαμβάνονται από εσπεριδοειδή (24,5 mg/L), ενώ τα σύνθετα συστήματα καλλιέργειας δείχνουν ενδιάμεσες τιμές (43,6 mg/L).

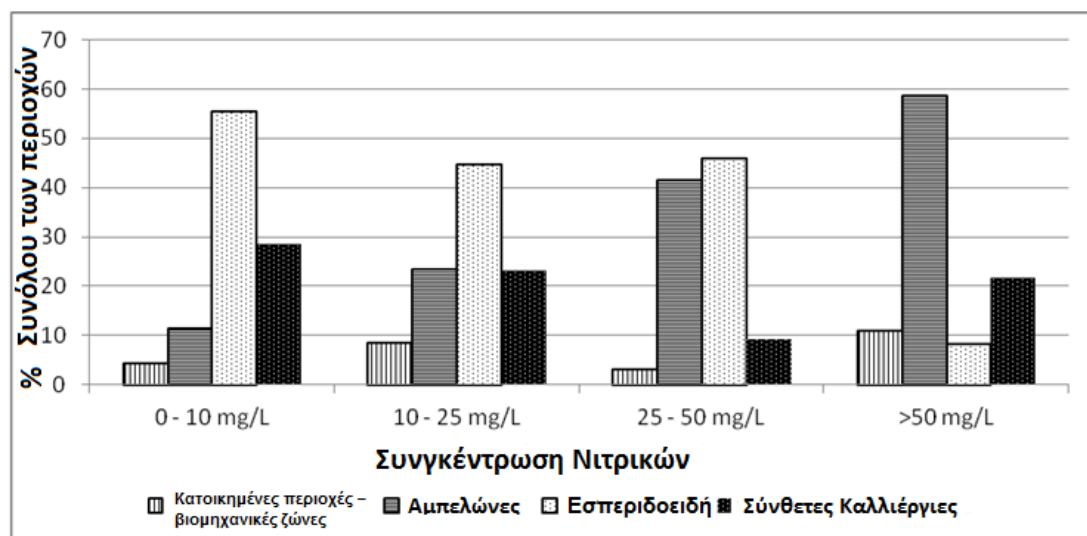
Οι ζώνες με μη ρυπασμένα υπόγεια νερά (0 - 10 mg / L NO₃⁻) αντιστοιχούν στο 13% της συνολικής έκτασης (6,94 km²). Περισσότερο από το ήμισυ των περιοχών αυτών (55,5%) καλλιεργείται με εσπεριδοειδή, ενώ οι αμπελώνες και οι αστικές περιοχές έχουν μόνο ένα μικρό ποσοστό (Πίνακας 5.2). Το ίδιο σχήμα παρατηρείται για τις ζώνες με μέτριες συγκεντρώσεις νιτρικών (10 - 25 mg / L). Οι τιμές νιτρικών ιόντων μεταξύ 25 και 50 mg / L σχετίζονται τόσο με αμπέλια όσο και με εσπεριδοειδή. Από την άλλη πλευρά, οι πλέον ευάλωτες και ιδιαίτερα μολυσμένες ζώνες με νιτρικά (> 50 mg/L) συνδέονται κυρίως με αμπέλια, καθώς σχεδόν το 60% αυτών των περιοχών ασχολούνται με αυτό το είδος της καλλιέργειας. Τα σύνθετα συστήματα καλλιέργειας έχουν μια μέτρια συμμετοχή σε όλες τις κατηγορίες των συγκεντρώσεων νιτρικών αλάτων.



(5.2) Η μέση συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ανάλογα με τη χρήση της γης.

Χρήση Γής	Κλάσεις σύνκέντρωσης νιτρικών			
	0 – 10 mg/L	10 – 25 mg/L	25 – 50 mg/L	>50 mg/L
κατοικημένες περιοχές βιομηχανικές ζώνες	0.31 (4.5%)	1.25 (8.5%)	0.39 (3.1%)	2.1 (11.0%)
Αμπελώνες	0.79 (11.4%)	3.46 (23.5%)	5.21 (41.6%)	11.19 (58.8%)
Εσπεριδοειδή	3.85 (55.5%)	6.6 (44.8%)	5.76 (46.0%)	1.6 (8.4%)
Σύνθετα σχήματα καλλιέργειας	1.99 (28.7%)	3.43 (23.3%)	1.15 (9.2%)	4.13 (21.7%)
Σύνολο	6.94 (100%)	14.74 (100%)	12.51 (100%)	19.02 (100%)

(Πίνακας 5.2) Σύγκριση της συγκέντρωσης νιτρικού ανάλογα με την επιφάνεια των χρήσεων γης



(5.3) Ποσοστιαία αναλογία κάθε τύπου χρήσεως γης σε κλάσεις νιτρικών ιόντων.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων όλων των ερευνητικών εργασιών της παρούσας πτυχιακής με σκοπό την συνοπτική παρουσίαση του ερευνητικού έργου. Η περιοχή έρευνας τοποθετείται στο ΒΑ τμήμα του νομού Κορινθίας και οριοθετείται στα βόρεια από τον Κορινθιακό κόλπο, στα ανατολικά από τα σύνορα της αρχαίας Κορίνθου, ενώ στα νότια οριοθετούμε την περιοχή σύμφωνα με την παλαιά εθνική οδό και δυτικά ορίζουμε ως σύνορα τον ποταμό Ασωπό, χαρακτηρίζοντας έτσι ως κύριο μέρος της μελέτης την περιοχή Βόχας- Βέλου. Βασικός στόχος της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση των υδρολογικών συνθήκων που επικρατούν στην περιοχή μελέτης μας. Στα πλαίσια της μελέτης αυτής έγινε υδροχημικά έρευνα σε ένα δίκτυο από 50 πηγάδια και γεωτρήσεις στον αβαθή προσχωσιγενή υδροφορέα κατά την υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους 2013-2014 (Μάρτιος). Ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας της περιοχής μελέτης είναι ιδιαίτερα μολυσμένος με νιτρικά ιόντα, ως αποτέλεσμα της εντατικής λίπανσης με αζωτούχα λιπάσματα και των διαρροών από απορροφητικούς βόθρους, δεδομένου ότι τα περισσότερα από τα χωριά δεν εξυπηρετούνται από κεντρικά συστήματα αποχέτευσης. Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης (93,3 % του συνόλου) καλύπτεται με εντατικές καλλιέργειες, κυρίως αμπέλια (38,8 %) και εσπεριδοειδή (33,3 %) και, σε μικρότερο βαθμό, από σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (20,2 %). Το υπόλοιπο της περιοχής (7,7 %) είναι οικιακές και βιομηχανικές ζώνες. Η περιοχή που κυριαρχείται από αμπελώνες χαρακτηρίζεται από έντονη νιτρορύπανση. Η ίδια περιοχή είναι πυκνά κατοικημένη και φιλοξενεί τις περισσότερες από τις τοπικές βιομηχανίες. Από την άλλη πλευρά, το δυτικό τμήμα της περιοχής, το οποίο κυριαρχείται από την καλλιέργεια των εσπεριδοειδών, χαρακτηρίζεται από χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων. Στα σύνθετα συστήματα καλλιέργειας παρουσιάζονται ενδιάμεσες τιμές.

Κατά την διενέργεια έρευνας στην περιοχή μελέτης και με την επικοινωνία μελών της περιοχής και λήφθηκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Ακατάσχετη χρήση λιπασμάτων
- Ανεξέλεγκτη χρήση των πηγών άρδευσης
- Χαμηλή ενημέρωση και εκπαίδευση σε θέματα ευαισθητοποίησης και προστασίας
- Ελλιπή μέτρα για την προστασία των υδάτινων πηγών
- Έλλειψη υποδομών

Αν και οι διαρροές των σηπτικών δεξαμενών είναι μια άλλη σημαντική πηγή νιτρικών, η συμβολή τους στη μόλυνση από νιτρικά άλατα στην περιοχή μελέτης είναι μειωμένη λόγω της μικρής έκτασης των αστικών και βιομηχανικών περιοχών σε σχέση με το γεωργικό τομέα οπότε μπορούμε να οδηγηθούμε

εύκολα στο συμπέρασμα ότι η κύρια πηγή μόλυνσης προέρχεται από την αγροτική δραστηριότητα. Η μέση συγκέντρωση των υπογείων υδάτων υπερβαίνει τα 70 mg/L, ενώ οι πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις τεκμηριώνονται σε εκτεταμένες περιοχές της περιφέρειας. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων είναι υψηλότερες στην εποχή της ξηρασίας και θα μειώνονται σταδιακά στην υγρή εποχή. Είναι πλέον επιβεβλημένη μια καταγραφή της εποχιακής διακύμανσης της συγκέντρωσης των νιτρικών και μια ορθολογική πολιτική διαχείρισης των υπόγειων υδατικών πόρων επί τη βάση των αποτελεσμάτων αυτών, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στον υδροφόρο ορίζοντα. Συμφώνα με συγκεκριμένα σχέδια δράσης κατά των υδατικών ρυπάνσεων από νιτρικά άλατα έχουν εμφανιστεί ελπιδοφόρα αποτελέσματα σε υδροφόρες λεκάνες σε περιοχές της Ελλάδας με παρόμοια προβλήματα όσον αφορά την περιβαλλοντική προστασία και την αποκατάσταση.

Βιβλιογραφία

ΑΝΔΡΕΑΣ ΑΝΤΩΝΑΚΟΣ 2012

ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (G.I.S.) ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ

K. S. Voudouris 2006 Groundwater Balance and Safe Yield of the costal aquifer system in NE astern Korinthia, Greece

K. VOUDOURIS, A. PANAGOPOULOS, I. KOUMANTAKIS 2002 NITRATE POLLUTION IN THE COASTAL AQUIFER SYSTEM OF THE KORINTHOS PREFECTURE (GREECE)

G. Panagopoulos¹, V. Bekiari¹, N. Lambrakis², P. Avramidis², C. Nicolaou², D. Koroniotis¹, C. Poullos¹ 2014 HYDROGEOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL RESEARCH OF THE VOCHA ALLUVIAL AQUIFER, KORINTHIA PERFECTURE, GREECE

ICS-1100 Basic Integrated IC System <http://www.dionex.com/en-us/products/ion-chromatography/ic-rfic-systems/ics-1100/lp-72591.html>

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΗΜΟΥ ΒΕΛΟΥ- ΒΟΧΑΣ 2012-2014

http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.velo-vocha.gr%2Findex.php%3Foption%3Dcom_joomdoc%26task%3Ddoc_download%26gid%3D71%26Itemid%3D8&ei=ecyLU4XAPIOFyQOpgYDwCA&usq=AFQjCNHMOKRSZUCenFZafksWUPR8TJbb_A&bvm=bv.67720277,d.bGQ

ΒΙΚΙΠΑΙΔΙΑ Εργαστηριακά όργανα χημείας

http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC_%CF%8C%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%B1_%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82

BUILDNET.GR Επιλογή αντλιών

<http://www.buildnet.gr/default.asp?pid=162&catid=142&artId=50&pg=2>

Beran and Rodier 1985 Hydrological aspects of drought: A contribution to the International Hydrological Programme

Spreen, W. (1947). Determination of the effect of topography upon precipitation. Amer. Geoph. Union 28, 285-290.

Struckmeier, W., Margat, J. (Ed.) (1995): Hydrogeological Maps: a Guide and a Standard Legend. Int. Contribution to Hydrogeol., Vol. 17; Hannover.

Κουμαντάκης Ι., Παναγόπουλος Α., Βουδούρης, Κ., Σταυρόπουλος Ξ., Μαρκαντώνης Κ. (1999a). Υδρογεωλογική έρευνα τεχνητού εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων της παραλιακής και ημιλοφώδους ζώνης Νομού Κορινθίας. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος. ΕΜΠ.

Κουμαντάκης, Ι., Παναγόπουλος, Α., Σταυρόπουλος, Ξ., Βουδούρης, Κ. (1999b). Εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού στο παράκτιο υδροφόρο σύστημα του Βόρειου

τμήματος του Νομού Κορινθίας. Πρακτικά 5^ο Πανελληνίου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου

Βουδούρης, Κ. (2001). Το κλίμα του Νομού Κορινθίας. Εκδ. Καταγράμμα.