

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ
ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ
ΧΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ
ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΑΡΙΣΣΟΥ Ν. ΑΧΑΪΑΣ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΖΑΝΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ (Α.Μ. 6370)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και έχει ως αντικείμενο την εργαστηριακή μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού.

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η εκτίμηση της ποιότητας δειγμάτων νερού που προέρχονται από την λεκάνη απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού και συγκεκριμένα από το τμήμα της περιοχής αυτής που ανήκει στο νομό Αχαΐας.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παναγόπουλο Γεώργιο για την υπόδειξη του θέματος καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Ζανιάς Βασίλειος
Μάιος 2017

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής
Ζανιάς Βασίλειος

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει σαν θέμα την εκτίμηση της ποιότητας δειγμάτων νερού μέσω της εκτέλεσης μιας σειράς εργαστηριακών δοκιμών.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά κριτήρια με τα οποία αξιολογείται η ποιότητα του αρδευτικού νερού.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η περιοχή από την οποία έγινε η δειγματοληψία του νερού.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές πειραματικές τεχνικές με τις οποίες γίνεται η ανάλυση και μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1. Γενικά.....	1
2. Ο Κύκλος του Νερού.....	3
1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ	
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Κριτήρια Ποιότητας Αρδευτικού Νερού.....	8
2. Η ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΕΙΡΟΥ-ΒΕΡΓΑ-ΠΗΝΕΙΟΥ	
2.1 Γεωγραφική Θέση.....	13
2.2 Κλίμα.....	15
2.2.1 Βιοκλιματικοί Όροφοι.....	15
2.2.2 Βροχοπτώσεις-Κατακρημνίσματα.....	16
2.2.3 Ισοζύγια Ύδατος.....	18
2.3 Φυσικοποιημένες Απορροές.....	21
2.4 Ύδατινοι Πόροι.....	23
2.4.1 Ποτάμια.....	23
2.4.2 Λίμνες.....	24
2.4.3 Παράκτια Ύδατα.....	26
2.4.4 Μεταβατικά Ύδατα.....	27
2.4.5 Υπόγεια Ύδατα.....	29
2.5 Γεωλογικές και Υδρογεωλογικές Συνθήκες.....	31
2.6 Περιβάλλον και Οικολογία.....	32

2.7 Ανθρωπογενή Χαρακτηριστικά.....	34
2.7.1 Χρήσεις Γης.....	34
2.7.2 Χρήσεις Νερού.....	36
2.8 Ποιοτική και Ποσοτική Κατάσταση των Υπόγειων Υδάτων	36
2.9 περιβαλλοντικοί Στόχοι.....	41
2.10 Πρόγραμμα Μέτρων.....	42
2.10.1 Βασικά Μέτρα.....	43
2.10.2 Συμπληρωματικά Μέτρα.....	44
2.11 Περιβαλλοντικά Μέτρα στην Περιοχή Λαρισσού.....	45
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	
3.1 Προσδιορισμός της Αγωγιμότητας του Νερού.....	48
3.2 Αλκαλικότητα-Όξινα Ανθρακικά Ιόντα.....	50
3.3 Μέτρηση Ολικής Σκληρότητας.....	55
3.4 Προσδιορισμός Ασβεστίου.....	62
3.5 Προσδιορισμός Μαγνησίου.....	66
3.6 Προσδιορισμός Νατρίου και Καλίου.....	66
3.7 Ογκομετρικός Προσδιορισμός Ιόντων Χλωρίου σε Δείγμα Νερού με τη Μέθοδο Mohr.....	68
3.8 Υπολογισμός Θεικών Ιόντων.....	72
3.9 Προσδιορισμός Νιτρικών και Νιτρωδών Ιόντων.....	78
3.10 Φασματοφωτομετρικός Προσδιορισμός Σιδήρου.....	79
3.11 Προσδιορισμός Μαγγανίου.....	82
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	83
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	101

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Το νερό είναι ίσως το σημαντικότερο αγαθό που μας χαρίζει η φύση. Είναι απαραίτητο στοιχείο για την επιβίωση κάθε οργανισμού πάνω στη Γη. Η ποσότητα του νερού (και στις τρεις φυσικές καταστάσεις) που υπάρχει στη Γη υπολογίζεται ότι είναι της τάξης των 1.336.800.000 km³. Το 98% περίπου αυτής της ποσότητας είναι το αλμυρό νερό των θαλασσών. Αν επιπλέον αφαιρέσουμε και το ποσοστό που βρίσκεται αποθηκευμένο στους παγετώνες, απομένει ένα αρκετά μικρό απόθεμα, που αντιστοιχεί στο γλυκό επιφανειακό και στο υπόγειο νερό για την κάλυψη των ολοένα και αυξανόμενων αναγκών.

Πίνακας 1 Κατανομή της ποσότητας του νερού [2]

I. Κατά κατάσταση

- Υγρή 97,85%
- Στερεή 2,15%
- ...
- Αέρια (...)

II. Κατά Περιβάλλον

- Θάλασσες 1.300.000.000 km³
- Παγετώνες 28.000.000 km³
- Ατμόσφαιρα 12.700 km³
- Γλυκό ηπειρωτικό νερό 8.290.000 km³
- Λίμνες – Ποτάμια 224.230 km³
- Υπόγειο Νερό 8.065.000 km³

Οι ανάγκες σε νερό δεν αφορούν μόνο το πόσιμο νερό αλλά και την ανάγκη για βιομηχανικό και αρδευτικό νερό που είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη της βιομηχανίας και της γεωργίας.

Η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων μέσω του μεγάλου αριθμού γεωτρήσεων και πηγαδιών, ειδικά στις αγροτικές περιοχές, έχει ως αποτέλεσμα αρνητικές συνέπειες για τα υδατικά αποθέματα. Συγκεκριμένα, παρατηρείται πτώση της στάθμης του υδροφορέα, μείωση της παροχής ή και ολική στείρευση των πηγών, καθίζηση του εδάφους και εμφάνιση ρωγμών καθώς επίσης και διεύδυση της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές με αποτέλεσμα την υφαλμύριση του υδροφόρου ορίζοντα. Επίσης η νιτρορύπανση, η οποία προκαλείται από την εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων στη γεωργία προκαλεί την υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού.

Στα παραπάνω πρέπει βεβαίως να προστεθεί και η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων που προκαλείται από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Είναι λοιπόν φανερό ότι η μείωση των αποθεμάτων και η ποιοτική υποβάθμιση του νερού είναι ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα της εποχής μας το οποίο πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα. Έτσι κρίθηκε αναγκαία η θέσπιση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου συνολικής διαχείρισης των υδατικών πόρων από την Ευρωπαϊκή Ένωση με αποτέλεσμα την έκδοση της οδηγίας 2000/60/ΕΕ για τα ύδατα γενικά και της οδηγίας 2006/118/ΕΕ για τα υπόγεια ύδατα ειδικότερα. Οι οδηγίες αυτές εντάχθηκαν στο Ελληνικό δίκαιο και αποτέλεσαν το έναυσμα για την κατάρτιση διαχειριστικών σχεδίων για κάθε περιοχή της χώρας.

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται πειραματικά δείγματα νερού

που προέρχονται από τη λεκάνη απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού με σκοπό την εκτίμηση της ποιότητας του νερού που χρησιμοποιείται στην περιοχή αυτή κυρίως για άρδευση.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται συνοπτικά ο κύκλος του νερού και παρατίθενται ορισμένοι πολύ χρήσιμοι ορισμοί όρων και εννοιών που χρησιμοποιούνται ευρέως στα κεφάλαια που ακολουθούν.

2. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο κύκλος του νερού (υδρολογικός κύκλος) περιγράφει την κίνηση του νερού πάνω από την επιφάνεια της γης, πάνω στην επιφάνεια της γης και κάτω από αυτή.



Σχήμα 1 Ο κύκλος του νερού [2].

Το νερό φτάνει στην επιφάνεια της γης σαν βροχή, χιόνι, χαλάζι, δροσιά, κ.τ.λ. γνωστά στο σύνολο τους σαν ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Στην συνέχεια έχει να ακολουθήσει τους εξής δρόμους:

- Να διαπεράσει την επιφάνεια του εδάφους, να κινηθεί στην εδαφική— ζώνη και να φτάσει στους υδροφόρους ορίζοντες. Η ποσότητα αυτή είναι γνωστή σαν κατείσδυση.
- Να ρεύσει επιφανειακά και παραλαμβανόμενο από το υδρογραφικό— δίκτυο (ποτάμια) να εκχυθεί στη θάλασσα (ή σε λίμνες). Η ποσότητα αυτή που ρέει επιφανειακά και τελικά χύνεται στη θάλασσα είναι η επιφανειακή απορροή.
- Να εξατμισθεί από την επιφάνεια του εδάφους, από την ελεύθερη-επιφάνεια του υδρογραφικού δικτύου ή των λιμνών ή των θαλασσών ή ακόμα και να διαπνευσθεί από τα φυτά που το αντλούν από το υπέδαφος. Αυτή η ποσότητα συνιστά την εξατμισοδιαπνοή.

Τα επιφανειακά υδατικά συστήματα διακρίνονται στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

- Ποταμοί: Συστήματα εσωτερικών υδάτων τα οποία ρέουν, κατά το πλείστον στην επιφάνεια του εδάφους αλλά το οποίο μπορεί για ένα μέρος της διαδρομής του να ρέει υπογείως.
- Λίμνες: Συστήματα στάσιμων εσωτερικών υδάτων.
- Μεταβατικά ύδατα: Συστήματα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου ποταμών τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά λόγω της γειτνίασής τους με παράκτια ύδατα αλλά τα οποία μπορεί να επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκού νερού.
- Παράκτια: τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μίας γραμμής της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων και τα οποία κατά περίπτωση εκτείνονται μέχρι του απώτερου ορίου των μεταβατικών υδάτων.

Εκτός των παραπάνω κατηγοριών, τα Συστήματα Επιφανειακών Υδάτων διακρίνονται ως προς το βαθμό επέμβασης των ανθρώπων σε αυτά, σε:

- Φυσικά υδατικά συστήματα
- Τεχνητό υδατικό σύστημα (ΤΥΣ): «ένα σύστημα επιφανειακών υδάτων που δημιουργείται με δραστηριότητα του ανθρώπου» (Ορισμός σύμφωνα με Άρθρο 2, παρ. 8 Οδηγίας 2000/60/ΕΚ).
- Ιδιαίτερος τροποποιημένο υδατικό σύστημα (ΙΤΥΣ): «ένα σύστημα επιφανειακών υδάτων του οποίου ο χαρακτήρας έχει μεταβληθεί ουσιαστικά λόγω φυσικών αλλοιώσεων από τις δραστηριότητες του ανθρώπου και το οποίο ορίζεται από το κράτος μέλος» (Ορισμός σύμφωνα με Άρθρο 2, παρ. 9 Οδηγίας 2000/60/ΕΚ).

Λεκάνη απορροής (ή υδρολογική λεκάνη) ενός ποταμού ονομάζεται το τμήμα εκείνο της επιφάνειας του εδάφους πάνω στο οποίο τα νερά που ρέουν επιφανειακά φέρονται με το υδρογραφικό δίκτυο στην κοίτη του ποταμού, ο οποίος τα οδηγεί στη θάλασσα απευθείας ή μέσω άλλου ποταμού, του οποίου είναι παραπόταμος.

Υδροκρίτης ή υδροκριτική γραμμή) είναι η γραμμή που καταδεικνύει τα όρια μιας λεκάνης απορροής που την χωρίζουν από μια γειτονική λεκάνη απορροής, ουσιαστικά το νοητό όριο μεταξύ δύο γειτονικών λεκανών απορροής.

Υπόγειο νερό (Groundwater) είναι το νερό εκείνο το οποίο γεμίζει τα κενά (πόρους, χάσματα, καρστικές οπές) των πετρωμάτων. Κινείται υπό την επίδραση της βαρύτητας, έχει κυρίως μετεωρική προέλευση και μπορεί να διακριθεί σε:

- Νερό της κατείσδυσης
- Νερό ροής
- Νερό βάθους ή βαθύ νερό (απολιθωμένο νερό), αυτό μπορεί να είναι παλιό νερό (vadose) ή νέο νερό (juvenile), π.χ. μαγματικό νερό.

Υδροφόρο στρώμα (aquifer) είναι το γεωλογικό στρώμα, το οποίο είναι κορεσμένο σε νερό, μαζί με το περιεχόμενο νερό. Επομένως το

υδροφόρο στρώμα έχει προς τα πάνω μία επιφάνεια κορεσμού, η επιφάνεια αυτή λέγεται υδροφόρος ορίζοντας. Είναι δηλαδή μία επιφάνεια (πραγματική ή εικονική) όπου η πίεση του νερού είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Πρόκειται δηλαδή για μια υδροστατική στάθμη.

Υδροφορέας είναι το πέτρωμα ή ο γεωλογικός σχηματισμός που περιέχει εκμεταλλεύσιμο νερό.

Υφαλμύριση είναι η ανάμιξη των υπογείων υδάτων με θαλασσινό. Συνέπειες της υφαλμύρισης είναι η αύξηση του διαλυμένου άλατος (χλωριούχου νατρίου, NaCl), στα υπόγεια νερά και τελικά της υποβάθμισης της ποιότητας των "καθαρών" υδάτων.

1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μια πολύ μικρή ποσότητα του συνολικού νερού που υπάρχει στη γη είναι διαθέσιμη για αρδευτική χρήση. Η περιορισμένη ποσότητα του νερού που είναι διαθέσιμο, καθώς επίσης και η καταλληλότητά του για άρδευση αποτελούν σημαντικούς περιοριστικούς παράγοντες για την γεωργική ανάπτυξη μιας περιοχής. Η ποιότητα του αρδευτικού νερού έχει πολύ σημαντική επίδραση στην απόδοση των καλλιεργειών.

Ανεξάρτητα από την πηγή προέλευσης το νερό περιέχει υλικά σε μορφή διαλυμένων ή αιωρούμενων στερεών. Παραδείγματος χάριν, το νερό που προέρχεται από το λιώσιμο του χιονιού ή από απορροές ορεινών όγκων περιέχει πολύ μικρές ποσότητες αλάτων, ενώ τα υπόγεια νερά παράκτιων περιοχών ή τα νερά που προέρχονται από επεξεργασία υγρών αποβλήτων περιέχουν άλατα σε πολύ υψηλότερα επίπεδα.

Η ποσότητα και η φύση αυτών των υλικών σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές, κλιματικές συνθήκες και το είδος των καλλιεργειών για τις οποίες προορίζεται καθορίζουν την χρησιμότητα και την ποιότητα του νερού. Για παράδειγμα καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε περιοχές με ήπιο κλίμα στη διάρκεια του καλοκαιριού μπορούν να ανεχθούν υψηλότερη αλατότητα στο νερό άρδευσης σε σχέση με καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε ξηροθερμικές συνθήκες.

Για το χαρακτηρισμό της ποιότητας νερού χρησιμοποιούνται, διάφοροι δείκτες όπως είναι:

- η αρχική περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα,
- το ποσό των αιωρούμενων στερεών και
- το ποσό των ρύπων (pollutants) λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η αρχική περιεκτικότητα του αρδευτικού νερού σε διαλυτά άλατα είναι δυνατό να μεταβληθεί λόγω της περιεκτικότητας των εδαφών μέσω των οποίων διέρχεται κατά την μεταφορά του στην αρδευόμενη έκταση. Τα αιωρούμενα στερεά που περιέχονται στο αρδευτικό νερό προέρχονται από διάβρωση των περιοχών. Η ποσότητά τους επηρεάζεται από τη σύνθεση των υλικών (πετρωμάτων και εδάφους) και από την αιτία της διάβρωσης. Οι ρύποι που διεισδύουν στο αρδευτικό νερό προέρχονται κυρίως από υπολείμματα χημικών ουσιών που χρησιμοποιούν οι αγρότες όπως τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα.

Είναι φανερό ότι το είδος και η ποσότητα των ουσιών που περιέχονται στο αρδευτικό νερό δεν είναι δυνατόν από μόνα τους να καθορίσουν απόλυτα την ποιότητα και την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού. Έτσι, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες όπως η αντοχή των φυτών, οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους, το βιολογικό ισοζύγιο στο έδαφος, η υπάρχουσα τεχνολογία των αρδεύσεων και η δυνατότητα για στράγγιση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πολύ συχνά η ποιότητα αρδευτικού νερού καθορίζεται με βάση τα άλατα που περιέχει. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις η ποιότητα νερού συνδέεται αποκλειστικά με την αλατότητα του νερού και την περιεκτικότητά του σε νάτριο.

1,2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στην προηγούμενη ενότητα έγινε μία απλή περιγραφή της έννοιας της ποιότητας του αρδευτικού νερού. Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε με λεπτομέρεια τις παραμέτρους που εξετάζονται με σκοπό τον αυστηρό καθορισμό της ποιότητας. Οι σημαντικότερες παράμετροι που χρησιμοποιούνται ως κριτήρια για την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού είναι:

- η αλατότητα
- η περιεκτικότητα σε νάτριο
- η περιεκτικότητα σε ανθρακικά ανιόντα, και σε στοιχεία όπως χλώριο και βόριο
- η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα υλικά και
- η περιεκτικότητα σε βιοκτόνα

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι παραπάνω παράμετροι δεν χρησιμοποιούνται όλες μαζί για την ταξινόμηση του αρδευτικού νερού σε κατηγορίες. Επίσης, δυστυχώς, δεν υπάρχει ένα κοινό αποδεκτό σύστημα ταξινόμησης του αρδευτικού νερού. Τα βασικά κριτήρια ποιότητας του αρδευτικού νερού παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια.

1) Αλατότητα

Καθορίζεται από την ολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων και μετράται μέσω της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) του νερού. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του νερού σε άλατα τόσο μεγαλύτερη είναι η ειδική ηλεκτρική του αγωγιμότητα. Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται σε μονάδες $\mu\text{mho/cm}$ και οι μετρήσεις γίνονται στους 25°C . Η χρήση αρδευτικού νερού υψηλής αλατότητας ενέχει τον κίνδυνο αλάτωσης του εδάφους με δυσάρεστες συνέπειες για τις καλλιέργειες. Το νερό άρδευσης με βάση την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα κατατάσσεται σε τέσσερις κατηγορίες ποιότητας:

1. Κατηγορία C1. EC μικρότερη των $250 \mu\text{mho/cm}$ στους 25°C , περιεκτικότητα σε άλατα μικρότερη των 160 ppm , κίνδυνος αλατώσεως μικρός
2. Κατηγορία C2. EC μεταξύ 250 και $750 \mu\text{mho/cm}$ στους 25°C , περιεκτικότητα σε άλατα μεταξύ 160 έως 480 ppm , κίνδυνος αλατώσεως μέσος
3. Κατηγορία C3. EC μεταξύ 750 και $2250 \mu\text{mho/cm}$ στους 25°C , περιεκτικότητα σε άλατα 480 έως 1470 ppm , κίνδυνος αλατώσεως μεγάλος
4. Κατηγορία C4. EC μεγαλύτερη των $2250 \mu\text{mho/cm}$ στους 25°C , περιεκτικότητα σε άλατα μεγαλύτερη 1470 ppm , κίνδυνος αλατώσεως πολύ μεγάλος.

Για τον προσδιορισμό της αλατότητας χρησιμοποιούνται και άλλοι δείκτες όπως:

- το σύνολο των διαλυμένων στερεών (Total dissolved solids, TDS) που εκφράζεται σε mg/l ή ppm .
- η ενεργός αλατότητα (effective salinity, ES) που εκφράζεται σε meq/l ή ppm .

Το σύνολο των διαλυμένων στερεών TDS μπορεί να μετρηθεί με την εξάτμιση ορισμένου όγκου νερού. Το TDS σχετίζεται με την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα με την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{TDS (ppm)} = 640 \cdot \text{EC (mmho/cm)}$$

Η σχέση αυτή ισχύει για τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μέχρι 10 mmho/cm .

2) Περιεκτικότητα σε Νάτριο

Το νάτριο επιδρά στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους όπως η διαπερατότητα, η διηθητικότητα και η καταλληλότητα για γεωργική χρήση. Επειδή η επίδραση του νατρίου τόσο στο έδαφος όσο και στις καλλιέργειες είναι σημαντική, η περιεκτικότητα σε Νάτριο χρησιμοποιείται ως δείκτης της ποιότητας του αρδευτικού νερού.

Η ποσότητα του διαλυτού νατρίου (Na^+) σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των διαλυτών επίσης κατιόντων ασβεστίου (Ca^{++}) και μαγνησίου (Mg^{++}) δίνεται από τον λεγόμενο λόγο προσροφήσεως νατρίου (SodiumAbsorptionRatio) γνωστό με τα αρχικά S.A.R που προτάθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας των Η. Π. Α. Ο S.A.R. ορίζεται από τη σχέση:

$$S.A.R. = \frac{[Na^+]}{\sqrt{[Ca^{++}] + [Mg^{++}]}}$$

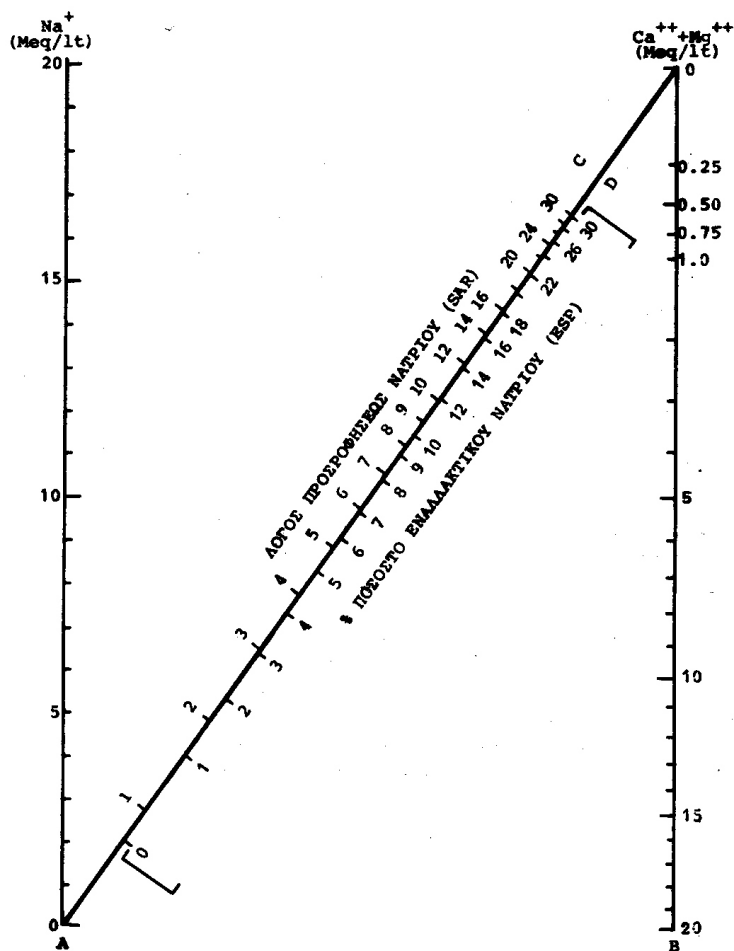
όπου οι συγκεντρώσεις των κατιόντων μετρούνται σε meq/l.

Ο προσδιορισμός του S.A.R. γίνεται συνήθως γραφικά κάνοντας χρήση του νομογραφήματος που απεικονίζεται στο σχήμα 1.1.

Η τιμή του S.A.R. εκφράζει την ενεργητικότητα των ιόντων νατρίου και καθορίζει την ικανότητα εναλλαγής τους με κατιόντα ασβεστίου και μαγνησίου που έχουν προσροφηθεί από το έδαφος. Το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ έχει κάνει μία ταξινόμηση όπου για ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα 100 $\mu mho/cm$, με βάση την τιμή του S.A.R. διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες:

- Κατηγορία 1: S.A.R. < 10, κίνδυνος νατρίου μικρός
- Κατηγορία 2: $10 \leq S.A.R. < 18$, κίνδυνος νατρίου μέσος
- Κατηγορία 3: $18 \leq S.A.R. < 26$, κίνδυνος νατρίου μεγάλος
- Κατηγορία 4: S.A.R. ≥ 26 , κίνδυνος νατρίου πολύ μεγάλος

Οι τέσσερις αυτές κατηγορίες μεταβάλλονται για διαφορετικές τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού.



Σχήμα 1.1 Νομογράφημα για τον προσδιορισμό της, τιμής S.A.R. νερού αρδεύσεως καθώς και για τον προσδιορισμό της τιμής του E.S.P. ενός εδάφους που βρίσκεται σε ισορροπία με το νερόαρδεύσεως[3]

Από την τιμή του S.A.R μπορεί να υπολογιστεί ο βαθμός αλκαλίωσης του εδάφους (ή αλλιώς ποσοστό εναλλακτικού νατρίου, Exchangeable Sodium Percentage-E.S.P.). Το E.S.P. ορίζεται ως το ποσοστό (%) του προσροφημένου Na από τα κολλοειδή του εδάφους, προς την ολική σε κατιόντα εναλλακτική ικανότητα σε meq/100gr εδάφους:

$$E.S.P. = \frac{[Na^+]}{[Na^+] + [K^+] + [Ca^{++}] + [Mg^{++}]} \cdot 100\%$$

Η τιμή του E.S.P. μπορεί να υπολογιστεί και από το νομογράφημα του σχήματος 1.1.

3) Περιεκτικότητα, σε Ανθρακικά Ανιόντα, Χλώριο και Βόριο

Για την εκτίμηση της επίδρασης των ανθρακικών ιόντων (όξινων και ουδέτερων) στην ποιότητα του αρδευτικού νερού ορίζεται μία ποσότητα που ονομάζεται Υπολειμματικό Ανθρακικό Νάτριο (Residual Sodium Carbonate, RSC) η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$RSC = [CO_3^{--}] + [HCO_3^-] - [Ca^{++}] - [Mg^{++}]$$

Για την εκτίμηση της επίδρασης του RSC πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο τύπος του εδάφους.

Τα ιόντα Χλωρίου δεν έχουν σημαντική, επίδραση στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και δεν απορροφούνται από το έδαφος. Αυτός είναι ο λόγος που δεν χρησιμοποιήθηκαν αρκετά για την ταξινόμηση του αρδευτικού νερού σε κατηγορίες.

Το βόριο ακόμα και σε μικρή ποσότητα στο εδαφικό διάλυμα είναι τοξικό και επιδρά αρνητικά στα φυτά και την παραγωγή. Το βόριο του εδαφικού διαλύματος προέρχεται κατά κυρίως από το νερό αρδύσεως και άρα είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε εξ αρχής την περιεκτικότητας του αρδευτικού νερού σε βόριο.

4) Περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά

Η ύπαρξη σημαντικών ποσοτήτων αιωρούμενων υλικών στο αρδευτικό νερό έχει δυσμενείς επιπτώσεις σε διάφορους τομείς.

Στα αρδευτικά συστήματα καταιονισμού συγκεντρώνονται στα φύλλα των φυτών καταστρέφοντάς τα. Επίσης είναι δυνατόν να προκαλέσουν έμφραξη των σταλλακτήρων του αρδευτικού συστήματος. Τέλος, μπορεί να προκαλέσουν έμφραξη των πόρων του εδάφους με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαπερατότητα του εδάφους και πολλές φορές να προκαλούνται δυσκολίες στο φύτευμα των σπόρων.

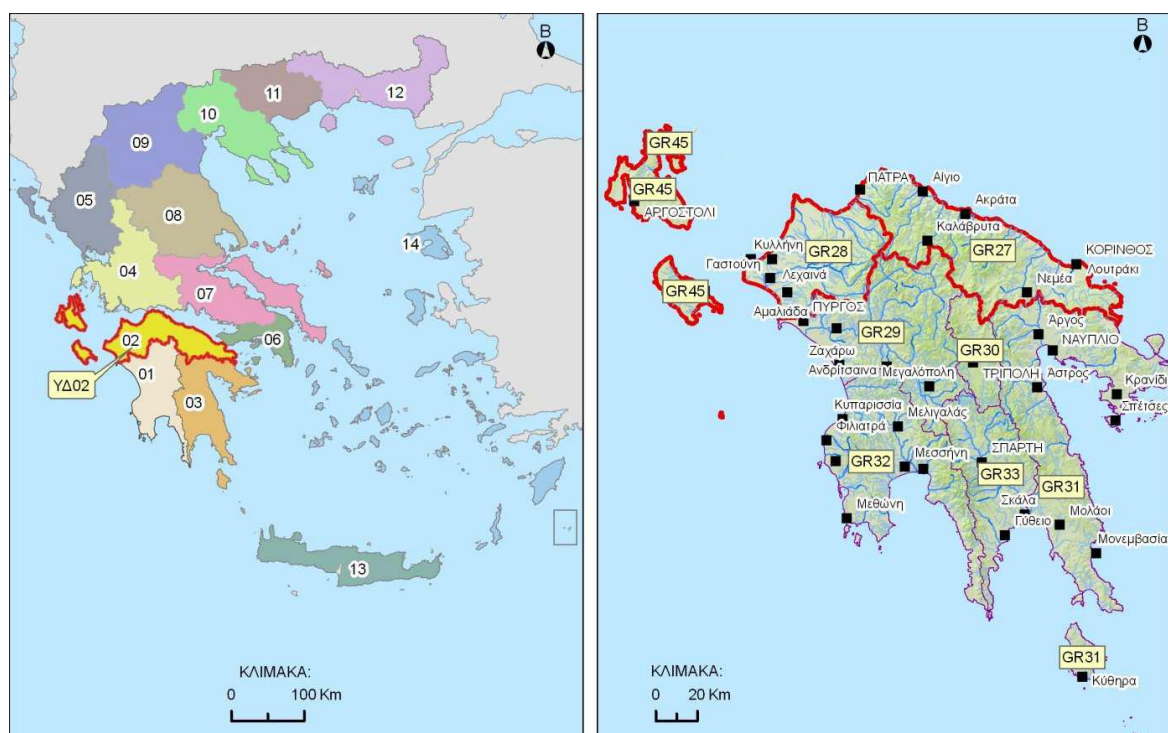
5) Περιεκτικότητα σε βιοκτόνα

Τα βιοκτόνα είναι ισχυρά δηλητήρια που χρησιμοποιούνται στη γεωργία με σκοπό την προστασία των καλλιεργειών από ανεπιθύμητα φυτά (ζιζάνια), μικροοργανισμούς και ασθένειες. Η χρήση βιοκτόνων στη γεωργία προκαλεί μόλυνση των επιφανειακών και των υπόγειων νερών. Είναι επικίνδυνα κυρίως λόγω του ότι χαρακτηρίζονται από μεγάλο χρόνο βιοαποικοδόμησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη βιολογική μεγέθυνσή τους μέσα στους διάφορους οργανισμούς που εισέρχονται.

2. Η ΛΕΚΑΝΗΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΕΙΡΟΥ-ΒΕΡΓΑ-ΠΗΝΕΙΟΥ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

Το Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου, με τον κωδικό αριθμόΥΔ 02 είναι ένα από τα δεκατέσσερα υδατικά διαμερίσματα, στα οποία διαιρέθηκε η Ελλάδα σύμφωνα με το Νόμο 1739/1987 (ΦΕΚ 201/Α/20-11- 1987). Το Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου οριοθετείται στο χερσαίο τμήμα του από τον υδροκρίτη που ξεκινά από το ακρωτήριο Κατάκολο, συνεχίζει στους ορεινούς όγκους Φολόη, Λάμπεια, Ερύμανθο, Αροάνεια, στο υψίπεδο Καλαβρύτων, στο νότιο όριο της κλειστής λεκάνης Φενεού, στους ορεινούς όγκους του Ολιγύρτου, Λύρκειου και Ονειών, και καταλήγει στο ακρωτήριο Τραχήλι μέσω των κορυφών Τραπεζώνα και Πολίτη στην Κορινθία. Περιλαμβάνει επίσης και τα νησιά Κεφαλονιά, Ζάκυνθο και Ιθάκη. Η έκταση του Υδατικού Διαμερίσματος είναι 7396,55 km² και περιλαμβάνει τμήματα των Περιφερειών Πελοποννήσου, Δυτικής Ελλάδας και Ιονίων Νήσων με ποσοστά έκτασης 28%, 54% και 18% αντίστοιχα. Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο του ΥΔ 02 χαρακτηρίζεται γενικά ορεινό (υψόμετρο 600 έως 2400 m) και απότομο στο εσωτερικό, ημιορεινό (100 έως 600 m) στην εξωτερική του περίμετρο και πεδινό (0 έως 100 m) στη παράκτια ζώνη του. Το Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου αποτελείται από τις Λεκάνες Απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού (GR28), Ρεμάτων Παραλίας Β. Πελοποννήσου (GR27) και Κεφαλονιάς-Ιθάκης-Ζακύνθου (GR45), σύμφωνα με την υπ'αριθμ. 706/2010 (ΦΕΚ 1383/Β/2-9-10) Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων.



Σχήμα 2.1 Το Υδατικό διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου [1].

Πίνακας 2.1. Λεκάνες Απορροής υπαγόμενες στο Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου[1]

Λεκάνη Απορροής	Κωδικός	Έκταση (χλμ ²)
Ρεμάτων Παραλίας Β. Πελοποννήσου	GR27	3.685
Πείρου – Βέργα – Πηνειού	GR28	2.423
Κεφαλονιάς – Ιθάκης – Ζακύνθου	GR45	1.310

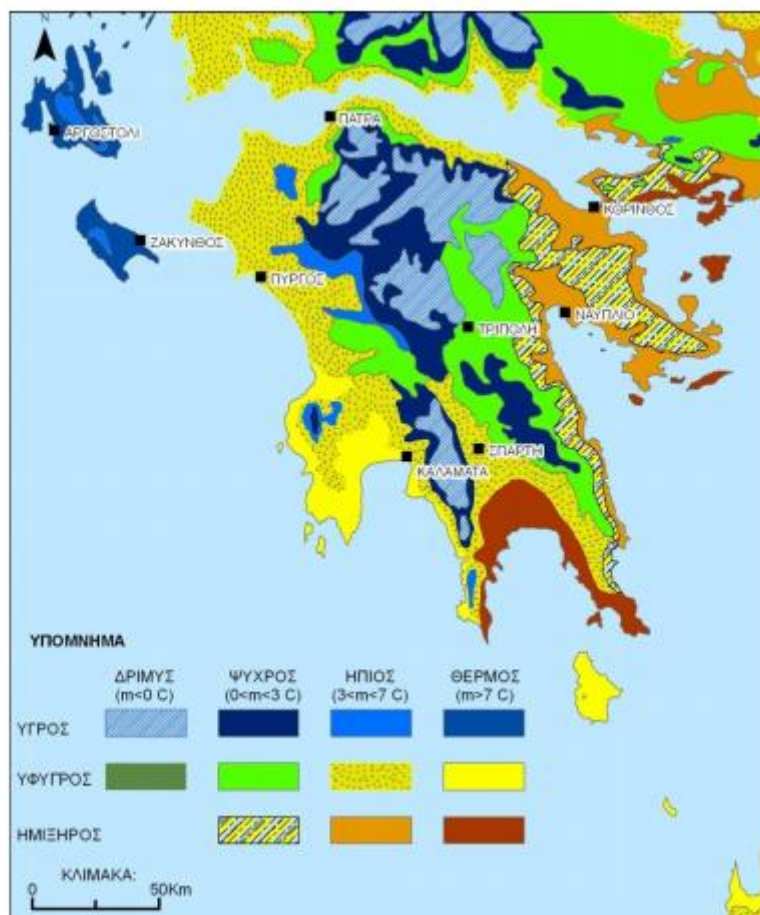
Η Λεκάνη Απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Πελοποννήσου. Στα ανατολικά της βρίσκεται η Λεκάνη Απορροής Ρεμάτων Παραλίας Β. Πελοποννήσου και στα νότια και νοτιοανατολικά της βρίσκεται η Λεκάνη Απορροής Αλφειού (GR29) του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ 01). Η έκταση της Λεκάνης Απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού είναι 2.423 km². Η Λεκάνη αυτή εκτείνεται στις Περιφερειακές Ενότητες Αχαΐας και Ηλείας.

Τα γεωγραφικά σύνορα της Λεκάνης Απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού είναι στα ανατολικά οι ορεινοί όγκοι των Δήμων Πατρέων και Ερυμάνθου (δυτικά του Παναχαϊκού όρους), στα νότια οι ορεινοί όγκοι Φολόης, Λάμπειας και Ερυμάνθου, στα δυτικά ο πορθμός Ζακύνθου, στα βορειοδυτικά ο Κόλπος Κυλλήνης και στα βόρεια ο Πατραϊκός Κόλπος.

2.2 ΚΛΙΜΑ

2.2.1 Βιοκλιματικοί Όροφοι

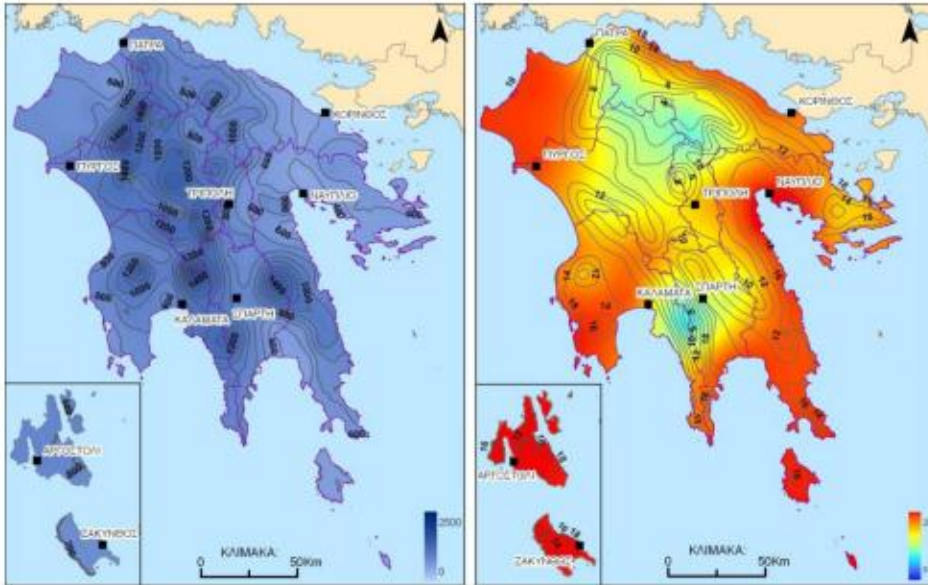
Ο χαρακτηρισμός του κλίματος μιας περιοχής πραγματοποιείται με βάση τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις. Στο Σχήμα 2.2 φαίνεται ο χάρτης βιοκλιματικών ορόφων της Πελοποννήσου συνολικά. Ο χάρτης αυτός έχει προκύψει από την επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων και έχει συνταχθεί από τις υπηρεσίες του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ) .



Σχήμα 2.2. Χάρτης βιοκλιματικών ορόφων για την περιοχή της Πελοποννήσου [1].

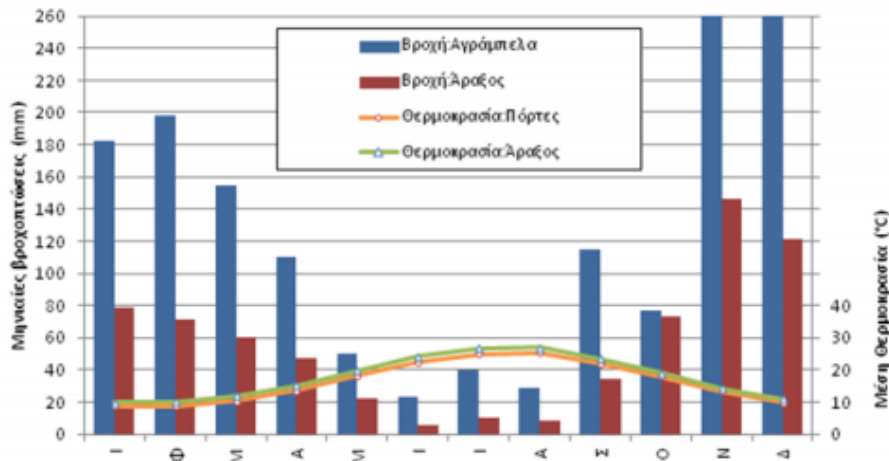
2.2.2 Βροχοπτώσεις-Κατακρημνίσματα

Στο Σχήμα 2.3 παρουσιάζεται η κατανομή των βροχοπτώσεων στην Πελοπόννησο. Τα στοιχεία προκύπτουν από την ανάλυση των διαθέσιμων υδρομετεωρολογικών δεδομένων που λαμβάνονται από τους σταθμούς που έχουν εγκαταστήσει στην περιοχή διάφοροι φορείς όπως η ΕΜΥ, η ΔΕΗ και το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ).



Σχήμα 2.3 Κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης και της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην Πελοπόννησο.

Τα κατακρημνίσματα στην περιοχή της λεκάνης GR28 είναι σημαντικά. Φτάνουν περίπου τα 780 mm το χρόνο στα βορειοανατολικά της λεκάνης και έως περίπου τα 1000 mm το χρόνο στα νοτιοδυτικά της λεκάνης. Οι βροχές είναι λιγότερες στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης και σημαντικότερες στις περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου. Παρατηρείται μία σαφής συσχέτιση ανάμεσα στις βροχοπτώσεις και το υψόμετρο. Τα ανωτέρω μέσα ετήσια κατακρημνίσματα αντιστοιχούν κατά προσέγγιση σε έναν όγκο 1,57 δισεκατομμύρια m^3 νερού ανά χρόνο, το οποίο τροφοδοτεί τον υδρολογικό κύκλο της λεκάνης, όπως παρουσιάζεται παρακάτω. Το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων παρατηρείται στο χρονικό διάστημα από τον Οκτώβριο έως και τον Μάρτιο. Περισσότερο υγρός μήνας είναι ο Δεκέμβριος και πιο ξηρός είναι ο Ιούνιος. Αντίστοιχα, η μέση υπερετήσια δυναμική εξατμισοδιαπνοή έχει εκτιμηθεί σε 477 mm. Στις ορεινές περιοχές του Ερυμάνθου και των Αροανείων το ύψος βροχής κυμαίνεται μεταξύ 800mm και 1200mm, ενώ στις κορυφές μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 1600mm. Στα ανάντη τμήματα των ποταμών το ύψος βροχής κυμαίνεται από 600 έως 800 mm ενώ στις παράλιες περιοχές το ύψος βροχής βρίσκεται στο διάστημα από 400 έως 600mm.



Σχήμα 2.4. Μέση μηνιαία βροχόπτωση και μέση μηνιαία θερμοκρασία σε σταθμούς της λεκάνης GR28.

2.2.3 Ισοζύγια Ύδατος

Η βασική εξίσωση που περιγράφει το υδατικό ισοζύγιο για φυσικές συνθήκες χωρίς απολήψεις νερού από τα επιφανειακά ή υπόγεια υδατικά συστήματα είναι η εξής:

$$\text{Κατακρημνίσματα} + \text{Εισροές} = \text{Εξατμισοδιαπνοή} + \text{Μικτή απορροή} \quad (2.1)$$

Κατακρημνίσματα

Εισάγεται η μέση επιφανειακή βροχόπτωση, όπως υπολογίζεται από τα δεδομένα βροχόπτωσης.

Εισροές

Αφορά τις επιπλέον ποσότητες νερού που εισάγονται σε κάθε λεκάνη από γειτονικές λεκάνες μέσω της εκφόρτισης των πηγών.

Εξατμισοδιαπνοή

Είναι η ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από το έδαφος και διαπνέεται από τα φυτά.

Μικτή απορροή

Η μικτή απορροή περιλαμβάνει τις παρακάτω συνεισφορές:

- Επιφανειακή απορροή. Η ποσότητα της επιφανειακής απορροής προκύπτει είτε ως άμεση απορροή του νερού της κατακρήμνισης είτε ως συνεισφορά του εκφορτιζόμενου νερού της υποδερμικής ζώνης.
- Υπόγεια απορροή. Η ποσότητα κατείσδυσης υπολογίζεται ως ποσοστό επί της βροχόπτωσης λαμβάνοντας υπόψη τους γεωλογικούς σχηματισμούς κάθε λεκάνης και υπολογίζοντας ένα σταθμισμένο συντελεστή κατείσδυσης για καθεμία από αυτές. Η υπόγεια απορροή αποτελεί ένα ποσοστό της ποσότητας αυτής, η οποία επανατροφοδοτεί την επιφανειακή απορροή.
- Διαφυγές υπόγειου νερού. Οι διαφυγές αποτελούν την υπόλοιπη ποσότητα της ποσότητας που κατεισδύει, η οποία χάνεται από τα όρια της εξεταζόμενης λεκάνης και εισρέει σε κάποια άλλη λεκάνη.

Καθαρή απορροή

Η καθαρή απορροή περιλαμβάνει τις παρακάτω συνεισφορές:

- Επιφανειακή απορροή. Η ποσότητα της επιφανειακής απορροής προκύπτει είτε ως άμεση απορροή του νερού της κατακρήμνισης είτε ως συνεισφορά του εκφορτιζόμενου νερού της υποδερμικής ζώνης.
- Υπόγεια απορροή. Η ποσότητα κατείσδυσης υπολογίστηκε ως ποσοστό επί της βροχόπτωσης λαμβάνοντας υπόψη τους γεωλογικούς σχηματισμούς κάθε λεκάνης και υπολογίζοντας ένα σταθμισμένο συντελεστή κατείσδυσης για καθεμία από αυτές. Η υπόγεια απορροή αποτελεί ένα ποσοστό της ποσότητας αυτής, η οποία επανατροφοδοτεί την επιφανειακή απορροή.
- Διηθήσεις νερού στο υπέδαφος (σε όποιο υδατικό σύστημα εμφανίζεται το φαινόμενο αυτό)

Με βάση τα παραπάνω η καθαρή απορροή προκύπτει από το τύπο:

$$\text{Καθαρή απορροή} = \text{Επιφανειακή απορροή} + \text{Υπόγεια απορροή} - \text{Διηθήσεις} \quad (2.2)$$

Για τον υπολογισμό των παραπάνω παραμέτρων αξιοποιούνται τα δεδομένα που συλλέγονται από μετεωρολογικούς και υδρομετρικούς σταθμούς που διατηρούν στην περιοχή διάφοροι φορείς όπως η ΔΕΗ, η ΕΜΥ, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, και το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ). Τέτοιου είδους στοιχεία μπορούν να ληφθούν και από την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ), η οποία καταγράφει και επεξεργάζεται υδρολογικά και μετεωρολογικά δεδομένα για όλη την Ελλάδα.

Στον πίνακα 2.2 που ακολουθεί έχουν συγκεντρωθεί οι παράμετροι του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής GR28.

Πίνακας.2.2 Υδατικό ισοζύγιο λεκανών απορροής της Λεκάνης Απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού

ΛΑΠ (GR28)	Λεκάνη (χλμ ²)	Κατακρημνίσματα (εκ. μ ³)	Εισροές (εκ. μ ³)	Εξατμισοδιαπνοή (εκ. μ ³)	Μικτή φυσική απορροή (εκ. μ ³)	Καθαρή φυσική απορροή (εκ. μ ³)
Βέργας	122	91	0	66	25	20
Ιορδάνης	103	92	0	58	34	24
Λαρισσός (Μάννα)	144	103	0	75	28	27
Πείρος	490	382	0	236	146	107
Πηνειός	912	917	10	478	449	306
Υπόλοιπα GR28	653	585	0	337	248	171
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ	2.423	2.169	10	1.249	930	655

2.3 ΦΥΣΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ

ο υπολογισμός της φυσικοποιημένης απορροής για κάθε υπολεκάνη γίνεται πολλαπλασιάζοντας την υπολογισμένη καθαρή απορροή που παρουσιάζεται παραπάνω, επί το λόγο της έκτασης κάθε υπολεκάνης υδατικού συστήματος και όλων των ανάντη υπολεκανών, προς την έκταση της συνολικής λεκάνης του εκάστοτε ποταμού. Εκτός από την ετήσια χρονική βάση, εκτιμήθηκε και η μέση φυσικοποιημένη απορροή για τη θερινή περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου. Για τον υπολογισμό του συντελεστή προσδιορισμού μέσης θερινής απορροής σε κάθε υδατικό σύστημα, χρησιμοποιούνται οι μηνιαίες τιμές από τις διαθέσιμες μετρήσεις παροχής σε αξιόπιστους υδρομετρικούς σταθμούς. Στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι φυσικοποιημένες ετήσιες και θερινές απορροές που υπολογίστηκαν αθροιστικά για κάθε υδατικό σύστημα. Η απορροή αυτή προκύπτει από τη συνάθροιση της απορροής της ίδιας της λεκάνης ενός συγκεκριμένου υδατικού συστήματος με όλες τις ανάντη λεκάνες η απορροή των οποίων καταλήγει στο υδατικό σύστημα που εξετάζεται.

Πίνακας 2.3 Φυσικοποιημένα ετήσια και θερινή απορροή των υδατικών συστημάτων στη ΛΑΠ Ποταμών Πείρου-Βέργα-Πηνειού [1]

Κωδικός ΥΣ	Όνομα ΥΣ	Λεκάνη ΥΣ	Επιφάνεια Λεκάνης απορροής ΥΣ (km^2)	Αβροκρατική ετήσια φυσική απορροή ΥΣ (εκ. μ^3)	Αβροκρατική θερινή φυσική απορροή ΥΣ (εκ. μ^3)
GR0228R000100001N	ΙΟΡΔΑΝΗΣ Ρ.	Ιορδάνης	103,01	23,96	1,74
GR0228R000201002N	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	168,63	303,74	11,25
GR0228R000201003N	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	10,24	256,89	9,46
GR0228R000201004H	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	14,18	253,35	9,33
GR0228R000202005N	ΒΕΛΤΣΑΪΚΟ Ρ.	Πηνειός	17,28	5,98	0,22
GR0228R000203009N	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	3,28	113,24	4,17
GR0228R000203010N	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	8,55	112,11	4,13
GR0228R000204006N	ΛΑΔΩΝ ΠΗΝΕΙΑΙΟΣ Π.	Πηνειός	37,09	82,04	3,02
GR0228R000204007N	ΛΑΔΩΝ ΠΗΝΕΙΑΙΟΣ Π.	Πηνειός	194,16	69,22	2,55
GR0228R000204008N	ΛΑΔΩΝ ΠΗΝΕΙΑΙΟΣ Π.	Πηνειός	6,02	2,08	0,08
GR0228R000205012N	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	4,62	83,16	3,06
GR0228R000205013N	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	21,72	81,56	3,00
GR0228R000206011N	ΒΥΛΙΣΣΟΣ Ρ.	Πηνειός	75,16	25,99	0,96
GR0228R000207015N	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	89,15	40,88	1,50
GR0228R000207016N	ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	Πηνειός	29,08	10,05	0,37
GR0228R000208014N	ΣΚΟΥΡΟΠΟΤΑΜΟΣ Ρ.	Πηνειός	95,94	33,17	1,22
GR0228R000401021N	ΠΕΙΡΟΣ Π.	Πείρος	5,14	106,85	6,96
GR0228R000402022N	ΣΕΡΔΙΝΗ Ρ.	Πείρος	133,78	30,72	2,00
GR0228R000403023N	ΠΕΙΡΟΣ Π.	Πείρος	10,92	76,75	5,00
GR0228R000404024N	ΠΑΡΑΠΕΙΡΟΣ Ρ.	Πείρος	18,06	27,99	1,82
GR0228R000404025N	ΠΑΡΑΠΕΙΡΟΣ Ρ.	Πείρος	44,16	14,27	0,93
GR0228R000404026N	ΠΑΡΑΠΕΙΡΟΣ Ρ.	Πείρος	17,96	4,12	0,27
GR0228R000405027N	ΠΕΙΡΟΣ Π.	Πείρος	202,29	50,07	3,26
GR0228R000405028N	ΠΕΙΡΟΣ Π.	Πείρος	15,73	3,61	0,24
GR0228R000700017N	ΒΕΡΓΑΣ Ρ.	Βέργας	122,15	20,13	2,24
GR0228R000900018N	ΜΑΝΝΑ Ρ.	Λαρισσός (Μάννα)	17,28	26,64	2,96
GR0228R000900019N	ΜΑΝΝΑ Ρ.	Λαρισσός (Μάννα)	13,80	23,27	2,59
GR0228R000900020N	ΜΑΝΝΑ Ρ.	Λαρισσός (Μάννα)	112,67	21,98	2,44
GR0228L000000001N	ΛΙΜΝΗ ΛΑΜΙΑ	ΛΙΜΝΗ ΛΑΜΙΑ	33,94	6,62	0,74
GR0228L000000002H	ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΑΣΤΕΡΙΟΥ	ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΑΣΤΕΡΙΟΥ	41,70	23,84	1,55
GR0228L000000003H	ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΠΗΝΕΙΟΥ	ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΠΗΝΕΙΟΥ	91,31	248,44	9,14

2.4ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ

2.4.1Ποτάμια

Οι κύριοι ποταμοί του Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου είναι ο Πηνειός και ο Πείρος. Πέρα από αυτούς, υπάρχουν κι άλλοι μικρότεροι ποταμοί ή ρέματα, που σε πολλές μελέτες θεωρούνται αρκετά σημαντικοί ώστε να συγκροτήσουν ποτάμια υδατικά συστήματα. Στο Σχήμα 2.5 απεικονίζονται οι κυριότεροι ποταμοί και ρέματα του Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου καθώς και οι σημαντικότεροι από τους παραποτάμους τους. Ο Πίνακας 2.4 περιέχει στοιχεία που αφορούν στους κυριότερους ποταμούς και ρέματα της ΛΑΠ GR28. Συγκεκριμένα, στον πίνακα αναγράφεται το μήκος της κύριας κοίτης κάθε ποταμού/ρέματος και η έκταση της λεκάνης απορροής του. Στη συνέχεια, ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή για καθένα από τα σημαντικότερα ποτάμια και ρέματα της ΛΑΠ GR28.

Πίνακας 2.4 Κυριότεροι ποταμοί στη Λεκάνη Απορροής GR28

ΟΝΟΜΑ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΡΙΑΣ ΚΟΙΤΗΣ (χλμ)	ΕΚΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ (χλμ ²)
ΠΗΝΕΙΟΣ Π.	80,88	911,56
ΠΕΙΡΟΣ Π.	42,61	489,74
ΜΑΝΝΑ Ρ.	19,52	143,75
ΒΕΡΓΑΣ Ρ.	21,55	122,15
ΙΟΡΔΑΝΗΣ Ρ.	22,80	103,01



Σχήμα 2.5 Κυριότεροι ποταμοί Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου.

2.4.2 Λίμνες

Στο Σχήμα 2.6 απεικονίζονται οι κυριότερες λίμνες του Υδατικού Διαμερίσματος βόρειας Πελοποννήσου.



Σχήμα 2.6 Κυριότερες λίμνες Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου.

Ο Πίνακας 2.5 που ακολουθεί, περιέχει στοιχεία για τις κυριότερες λίμνες στη ΛΑΠ GR28. Συγκεκριμένα, στον πίνακα αναγράφεται η έκταση κάθε λίμνης και η έκταση της λεκάνης απορροής της.

Πίνακας 2.5 Κυριότερες λίμνες στη Λεκάνη Απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού

ΟΝΟΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΛΙΜΝΗΣ (χλμ ²)	ΕΚΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ (χλμ ²)
ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΠΗΝΕΙΟΥ	19,85	718,51
ΛΙΜΝΗ ΛΑΜΙΑ	2,04	33,94
ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΑΣΤΕΡΙΟΥ	1,63	103,82

2.4.3 Παράκτια ύδατα

Στο Σχήμα 2.7 παρουσιάζονται τα παράκτια ύδατα του Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου. Στον πίνακα 2.6 δίνονται στοιχεία για τα παράκτια ύδατα της ΛΑΠ GR28. Τα στοιχεία αυτά αφορούν στην έκταση που καταλαμβάνουν τα παράκτια ύδατα καθώς και στο μήκος της ακτογραμμής, στην οποία αντιστοιχούν. Η σειρά, με την οποία αναγράφονται στον πίνακα, αντιστοιχεί στη σειρά με την οποία συναντώνται κατά μήκος των παραλίων της ΛΑΠ, ξεκινώντας από το βορειοανατολικότερο σημείο της και καταλήγοντας στο νοτιοδυτικότερο.

Πίνακας 2.6 Παράκτια ύδατα στη Λεκάνη Απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού [1]

ΟΝΟΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ (χλμ ²)	ΜΗΚΟΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (χλμ)
ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	317,22	50,08
ΑΚΡ. ΑΡΑΞΟΥ	11,67	6,78
ΚΟΛΠΟΣ ΚΥΛΛΗΝΗΣ	108,09	38,84
ΑΚΤΕΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΣΤΟ ΔΙΑΥΛΟ ΖΑΚΥΝΘΟΥ	87,25	49,97



Σχήμα 2.7 Παράκτια ύδατα Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου.

2.4.4 Μεταβατικά ύδατα

Στο Σχήμα 2.8 απεικονίζονται τα μεταβατικά ύδατα του Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι ως μεταβατικά ύδατα χαρακτηρίζονται οι σημαντικότερες λιμνοθάλασσες και οι εκβολές των μεγαλύτερων ποταμών σε κάθε ΛΑΠ.



Σχήμα 2.8. Μεταβατικά ύδατα Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου.

Στον πίνακα 2.7 καταγράφονται τα κυριότερα μεταβατικά ύδατα της ΛΑΠ GR28 καθώς και η έκτασή τους.

Πίνακας 2.7 Μεταβατικά ύδατα στη Λεκάνη Απορροής Πείρου-Βέργα-Πηνειού.

ΟΝΟΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ (χλμ ²)
ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΚΟΤΥΧΙΟΥ	7,00
ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΛΟΓΡΙΑΣ	5,63
ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΠΑΠΑ (ΆΡΑΞΟΣ)	4,04
ΕΚΒΟΛΗ ΠΕΙΡΟΥ Π.	0,49

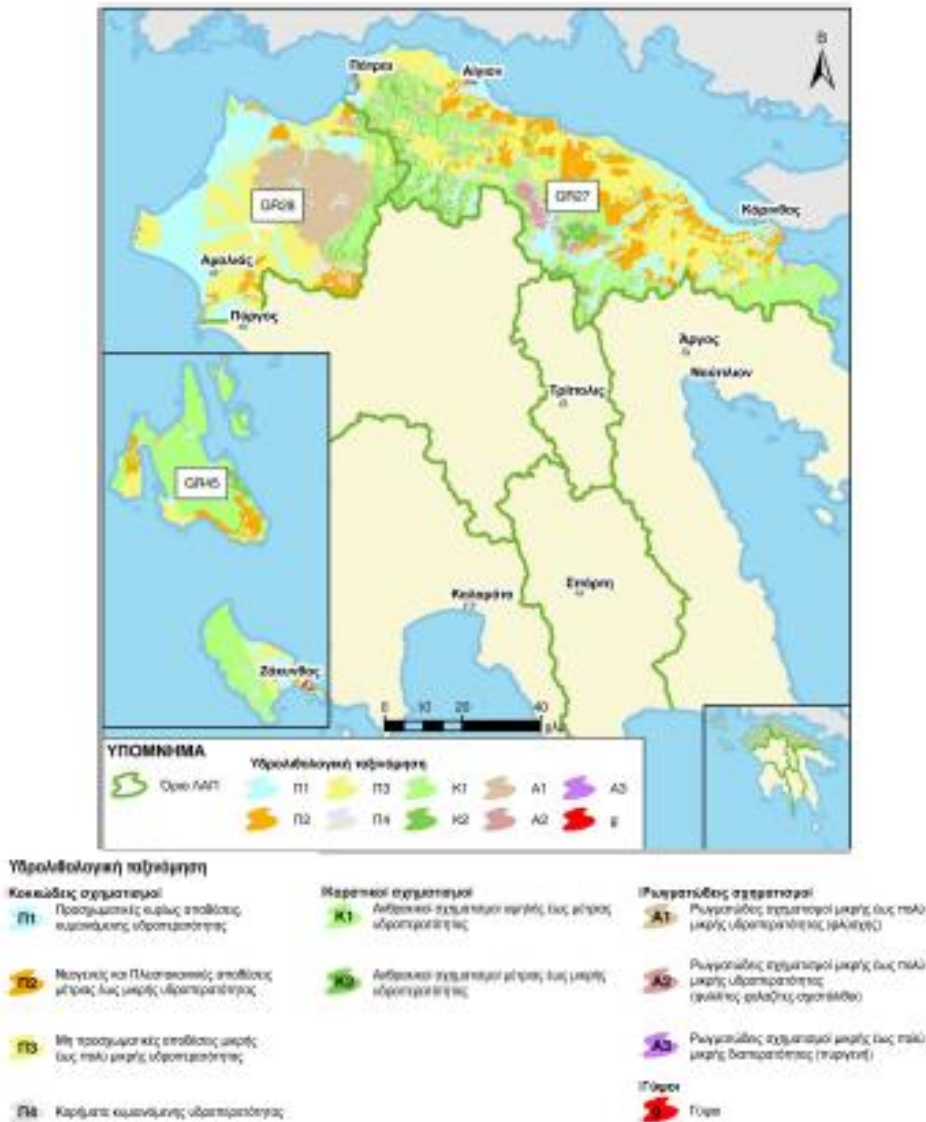
2.4.5 Υπόγεια ύδατα

Αρχικό κριτήριο για το διαχωρισμό των υπογείων υδατικών συστημάτων αποτελεί η υδρολιθολογική συμπεριφορά των σχηματισμών που φιλοξενούν τις υπόγειες υδροφορίες. Διακρίνονται έτσι οι παρακάτω κατηγορίες:

Καρστικά συστήματα υπογείων υδάτων. Στα συστήματα αυτά η κυκλοφορία του υπόγειου νερού γίνεται μέσω του δευτερογενούς πορώδους (ρωγμές, καρστικά κενά) που προέρχεται κυρίως από τη διάλυση των ανθρακικών σχηματισμών. Περιλαμβάνονται εδώ οι υπόγειες υδροφορίες που φιλοξενούνται στους ασβεστολίθους και τα μάρμαρα.

Κοκκώδη συστήματα υπογείων υδάτων. Στα συστήματα αυτά η κυκλοφορία του υπόγειου νερού γίνεται μέσω του πρωτογενούς πορώδους (πορώδες κόκκων). Περιλαμβάνονται εδώ οι υπόγειες υδροφορίες που φιλοξενούνται στις σύγχρονες και νεογενείς αποθέσεις.

Ρωγματώδη συστήματα υπογείων υδάτων. Στα συστήματα αυτά η κυκλοφορία του υπόγειου νερού γίνεται μέσω του δευτερογενούς πορώδους (ρωγμές, διακλάσεις, τεκτονισμένες ζώνες κλπ). Περιλαμβάνονται εδώ οι ασθενείς υπόγειες υδροφορίες τοπικού χαρακτήρα που φιλοξενούνται στο μανδύα αποσάθρωσης και στις ζώνες τεκτονισμού των στρωμάτων του φλύσχη, των φυλλιτών χαλαζιτών, των σχιστολίθων και των στρωμάτων Τυρού.



Σχήμα 2.9. Υδρολιθολογικός χάρτης Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου.

Κάποια από τα υπόγεια υδατικά συστήματα περιλαμβάνουν περισσότερους του ενός τύπους υδροφοριών (καρστικός, κοκκώδης, ρωγματώδης). Πέραν των αρχικών αυτών υδρολιθολογικών κριτηρίων διαχωρισμού, λαμβάνονται επίσης υπόψη στοιχεία έκτασης, σπουδαιότητας, χρήσεων, πιέσεων, αλληλεξαρτήσεις με επιφανειακά συστήματα και οικοσυστήματα, υφαλμύρισης κ.τ.λ. Στο Σχήμα 2.9 παρουσιάζεται ο υδρολιθολογικός χάρτης του Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου, όπου διακρίνονται οι επιμέρους τύποι υδροφοριών.

2.5 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ-ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η περιοχή της λεκάνης απορροής των ποταμών Πηνειού-Βέργα-Πείρου αποτελείται τόσο από τους αλπικούς σχηματισμούς των γεωτεκτονικών ζωνών Ιονίου, Τρίπολης και Πίνδου στα ορεινά και ανατολικά όσο και από τις σύγχρονες τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις που έχουν πληρώσει τα τεκτονικά βυθίσματα στα δυτικά και νότια της λεκάνης.

Συνοπτικά παρατηρούνται οι παρακάτω σχηματισμοί:

Ιόνιος ζώνη

Συναντάται στην περιοχή του ακρωτηρίου του Αράξου να αναδύεται από τις σύγχρονες αποθέσεις και περιλαμβάνει μεσοστρωματώδεις ασβεστολίθους με πυριτιολίθους και στρώματα του φλύσχη στην περιοχή της Λακκόπετρας. Μικρή εμφάνιση ασβεστολίθων της Ιόνιας ζώνης συναντάται επίσης στο ακρωτήρι Κουνουπελάκι.

Ζώνη Τρίπολης

Περιλαμβάνει μικρή εμφάνιση ασβεστολίθων στο όρος Σκόλις και εκτεταμένες εμφανίσεις ψαμμιτών και κροκαλοπαγών με παρεμβολές ιλυολίθων του φλύσχη και κεντρικό τμήμα της λεκάνης μεταξύ των ποταμών Πηνειού και Πείρου (κροκαλοπαγή Μόρβης).

Ζώνη Πίνδου

Συναντάται στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης με διάταξη από βορρά προς νότο στους ορεινούς όγκους Ερύμανθου-Παναχαϊκού και περιλαμβάνει λεπτοπλακώδεις ασβεστολίθους, κερατολίθους και στρώματα του φλύσχη. Παρουσιάζονται τα στρώματα εντόνως πολυπτυχωμένα και διαρηγμένα.

Μεταλλικοί σχηματισμοί του νεογενεούς και τεταρτογενούς

Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν πληρώσει τα τεκτονικά βυθίσματα της Δ. Πελοποννήσου. Αποτελούνται από εναλλαγές αδρομερών υλικών (κροκάλες, κροκαλοπαγή, άμμοι) με πλέον λεπτομερή υλικά (άργιλοι, μάργες, ιλύες).

Στη λεκάνη των ποταμών Πείρου-Βέργα-Πηνειού αναπτύσσονται κατά μήκος των ακτών συστήματα αμμοθινών τα οποία συμβάλλουν στην ανάπτυξη των λιμνών και λιμνοθαλασσών της περιοχής. Όλοι οι ανωτέρω σχηματισμοί και ιδιαίτερα οι αλπικοί, έχουν υποστεί την επίδραση επανειλημμένων τεκτονικών γεγονότων που είχαν ως αποτέλεσμα τόσο την πτύχωση και διάρρηξη των σχηματισμών όσο και τις ευρύτερες μετακινήσεις ζωνών με χαρακτηριστικό παράδειγμα την επώθηση της ζώνης της Πίνδου επί της ζώνης Τρίπολης. Η έντονη τεκτονική καταπόνηση των ανθρακικών σχηματισμών σε συνδυασμό με τις εναλλαγές διαπερατών και αδιαπέρατων ζωνών έχουν συμβάλει στη διαμόρφωση των επιμέρους υδρογεωλογικών συστημάτων και λεκανών. Πολλές φορές τα κύρια ποτάμια και ρέματα της περιοχής κινούνται κατά μήκος των τεκτονικών αυτών διαρρήξεων.

2.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Η χλωρίδα και η πανίδα της λεκάνης απορροής των ποταμών Πείρου-Βέργα-Πηνειού παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία καθώς στην περιοχή αναπτύσσονται σημαντικοί ορεινοί όγκοι (όρος Ερύμανθος), ιδιαίτερης σημασίας δάση αλλά και πολύ σημαντικά υδατικά συστήματα όπως είναι η τεχνητή λίμνη Πηνειού, η λιμνοθάλασσα του Κοτυχίου, η λιμνοθάλασσα Καλογριάς και το έλος Πάπα. Η χλωρίδα της περιοχής είναι σημαντική, καθώς εμφανίζει υψηλό βαθμό φυτοκάλυψης αλλά και παρουσία σημαντικών οικολογικά περιοχών. Απαντώνται τα περισσότερα είδη θάμνων και αυτοφυών δένδρων που υπάρχουν στην Ελλάδα και συστήματα αμιγούς και μεικτής βλάστησης τα οποία βρίσκονται σε παραλιακές, πεδινές, ημιορεινές και ορεινές περιοχές της λεκάνης. Ένα μοναδικής οικολογικής αξίας οικοσύστημα απλώνεται γύρω από το δάσος της Στροφυλιάς, που είναι και ένα από τα μεγαλύτερα δάση της

Μεσογείου. Στο δάσος απαντώνται ζώα και σπάνια είδη ορνιθοπανίδας που προστατεύονται στην Ευρώπη από τη διεθνή συνθήκη Ραμσάρ. Το δάσος της Στροφυλιάς χωρίζει τη λίμνη του Πρόκοπου από το Ιόνιο πέλαγος. Λοφίσκοι από άμμο κατά μήκος της ακτής «φτιαγμένοι» από το κύμα και τα θαλάσσια ρεύματα δεν αφήνουν τα νερά των χειμάρρων να βγουν στη θάλασσα. Έτσι σχηματίστηκαν η λίμνη του Πρόκοπου και η λιμνοθάλασσα Κοτύχι. Η περιοχή είναι φυσικό ιχθυοτροφείο με λαβράκια, κέφαλους και χέλια και προστατεύεται από τη συνθήκη Ραμσάρ (1971). Στις όχθες της λίμνης υπάρχει παρατηρητήριο πουλιών. Το σύμπλεγμα της Στροφυλιάς, της λιμνοθάλασσας Κοτυχίου και της λίμνης του Πρόκοπου που εκτείνεται σε μήκος 15 km συμπληρώνει η λιμνοθάλασσα του Πάπα, η οποία αποτελεί από παλιά πολύ σημαντικό φυσικό ιχθυοτροφείο.

Στην περιοχή υπάρχουν αρκετές προστατευόμενες περιοχές οι οποίες ανήκουν κυρίως στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000. Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης υφίσταται ο Φορέας Διαχείρισης Υγροτόπων Κοτυχίου-Στροφυλιάς για τη διοίκηση και διαχείριση της προστατευόμενης περιοχής με σκοπό τη διατήρηση της οικολογικής της αξίας και την αειφόρο ανάπτυξή της. Σύμφωνα με το Ν. 3044 (ΦΕΚ 197/Α/27-08-2002), άρθρο 13, συστήνονται 25 Φορείς Διαχείρισης (ΦΔ) προστατευόμενων περιοχών, ένας εκ των οποίων είναι ο Φορέας Διαχείρισης Υγροτόπων Κοτυχίου-Στροφυλιάς με σκοπό τη διατήρηση της οικολογικής της αξίας και την αειφόρο ανάπτυξή της σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στο Ν. 2742/99 «Χωροταξικός σχεδιασμός & αειφόρος ανάπτυξη & άλλες διατάξεις».

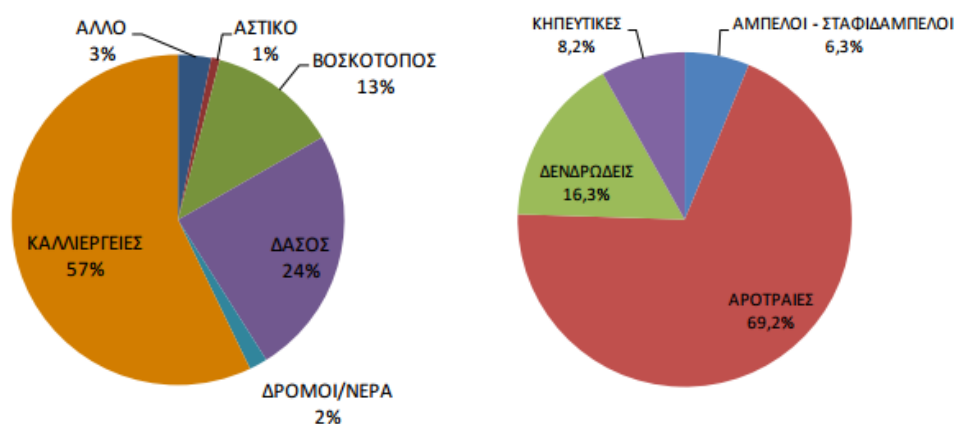
2.7 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.7.1 Χρήσεις Γης

Στην περιοχή της ΛΑΠ Πείρου-Βέργα-Πηνειού διακρίνονται οι παρακάτω βασικές κατηγορίες χρήσεων γης:

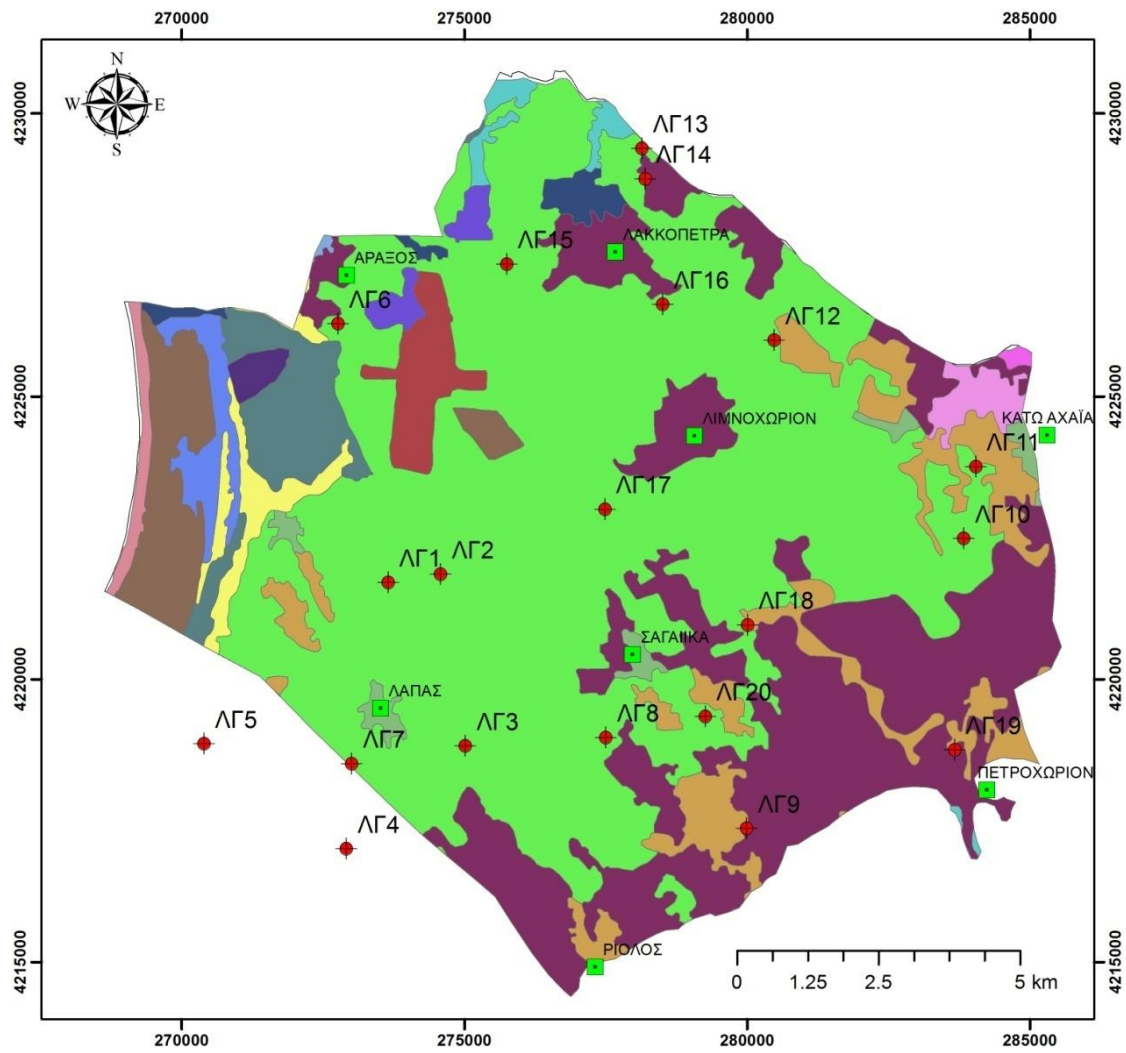
- ✓ Δάση και δασικές εκτάσεις, σε ποσοστό 24%.
- ✓ Γεωργική γη, σε ποσοστό 57%.
- ✓ Βοσκότοποι, σε ποσοστό 13% και
- ✓ αστικές και άλλες χρήσεις, σε ποσοστό 6%.

Συνολικά, στην περιοχή της ΛΑΠ Πείρου-Βέργα-Πηνειού, υπάρχουν σημαντικές γεωργικές, δασικές και ημιδασικές εκτάσεις, που κατανέμονται με βάση την επιφάνειά τους επί της συνολικής έκτασης της λεκάνης, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 2.13 Κατανομή χρήσεων γης και καλλιεργειών στη ΛΑΠ Πείρου-Βέργα-Πηνειού.

Στην περιοχή μελέτης, δηλαδή στην υδρογεωλογική ενότητα Λαρισσού οι χρήσεις γης καταγράφονται στο χάρτη του Σχήματος 2.14.



ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

- | | |
|---|---|
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Βιομηχανική ζώνη | Φυσικοί βοσκότοποι |
| Αεροδρόμιο | Σκληροφυλλική βλάστηση |
| Λατομική ζώνη | Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις |
| Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη | Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Βάλτοι |
| Ελαιώνες | Αλυκές |
| Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας | Συλλογές υδάτων |
| Γεωργική γη με εκτάσεις φυσικής βλάστησης | |

Σχήμα 2.14 Χάρτης χρήσεων γης στην υδρογεωλογική ενότητα Λαρισσού

2.7.2 Χρήσεις Νερού

Στο σύνολο του Υδατικού Διαμερίσματος οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού για όλες τις δραστηριότητες και χρήσεις ανέρχονται περίπου σε 501 εκατομμύρια m^3 . Στη γεωργία (αρδευθείσες εκτάσεις), που είναι και ο βασικός χρήστης νερού, καταναλώνεται περίπου το 83% (416 εκατομμύρια m^3) των συνολικών αναγκών νερού, στη βιομηχανία το 1,7% (8,3 εκατομμύρια m^3), στην ύδρευση 13,9% (69,7 εκατομμύρια m^3) και στην κτηνοτροφία 1,3% (6,5 εκατομμύρια m^3).

Στην ΛΑΠ Πείρου-Βέργα-Πηνιού οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού για όλες τις δραστηριότητες και χρήσεις ανέρχονται σε περίπου 281,5 εκατομμύρια m^3 . Στην γεωργία (αρδευθείσες εκτάσεις) που είναι και ο βασικός χρήστης νερού καταναλώνεται το 90% (253,5 εκατομμύρια m^3) των συνολικών αναγκών νερού, στη βιομηχανία το 2 % (5,9 εκατομμύρια m^3), στην ύδρευση 6,7% (18,7 εκατομμύρια m^3) και στην κτηνοτροφία 1,2% (3,3 εκατομμύρια m^3)

2.8 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Με βάση το άρθρο 3 της υπουργικής απόφασης ΥΑ/Αρ.Οικ.1811/ΦΕΚ3322/Β'/30.12.2011 σε εφαρμογή της παραγράφου 2 του Άρθρου 3 της υπ' αριθμ.: 39626/2208/Ε130/2009 κοινής υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ Β' 2075) ορίζονται ανώτερες αποδεκτές τιμές και δείκτες ρύπανσης για τις ακόλουθες ουσίες που ενδέχεται να απαντούν στη φύση ή/και να είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

Οι συγκεντρώσεις που αναγράφονται στον επόμενο πίνακα αναφέρονται σε επιτρεπτές συγκεντρώσεις που δεν αφορούν χημικές επιβαρύνσεις που οφείλονται σε αυξημένες φυσικές τιμές υποβάθρου λόγω γεωλογικών αιτιών.

Στο υδατικό διαμέρισμα της Βόρειας Πελοποννήσου εντοπίστηκαν σε κάποια υπόγεια υδατικά συστήματα αυξημένες τιμές θεικών (SO_4),

αγωγιμότητας και χλωριόντων (Cl⁻) που δεν οφείλονται σε ανθρωπογενείς παράγοντες, σύμφωνα με την ανάλυση των υφιστάμενων πιέσεων, και διερευνάται η πιθανή φυσική τους προέλευση.

Πίνακας 2.13 Ανώτερες αποδεκτές τιμές και δείκτες ρύπανσης [1]

Παράμετρος	Ανώτερες Αποδεκτές Τιμές (ΑΑΤ)
Νιτρικά (NO ₃)	50 mg/l
Ολικά Φυτοφάρμακα	0,5 μg/l
Δραστικές ουσίες φυτοφαρμάκων	0,1 μg/l
Αρσενικό (As)	10 μg/l
Καδμιο (Cd)	5 μg/l
Μόλυβδος (Pb)	25 μg/l
Υδράργυρος (Hg)	1 μg/l
Αμμώνιο	0,5 mg/l
Αγωγιμότητα	2500 μS/cm
Χλωριόντα (Cl ⁻)	250 mg/l
Θειικά	250 mg/l
Σύνολο συνθετικών ουσιών (τριχλωροαιθυλένιο και τετραχλωροαιθυλένιο)	10 μg/l
pH	6,5-9,5
Νιτρώδη	0,5 mg/l
Νικέλιο (Ni)	20 μg/l
Χρώμιο (Cr)	50 μg/l
Αργίλιο (Al)	200 μg/l

Πολλές φορές, η αυξημένη παρουσία θεικών οφείλεται στην παρουσία γύψων τόσο στα στρώματα των Τριαδικών λατυποκροκαλοπαγών της Ιονίου ζώνης, όσο και στα στρώματα των Νεογενών αποθέσεων. Όπως επίσης και η αυξημένη παρουσία αγωγιμότητας και χλωριόντων πέραν της υφαλμύρινσης που οφείλεται σε υπεραντλήσεις συνδέεται, στα καρστικά κυρίως υπόγεια συστήματα και με παλαιογεωγραφικά-γεωλογικά αίτια. Στις περιπτώσεις αυτές ακόμα και μικρές επεμβάσεις, πολλές φορές επιδεινώνουν περαιτέρω τη χημική κατάσταση της υπόγειας υδροφορίας.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, κατά τον έλεγχο των υδατικών αυτών συστημάτων καθορίζονται νέες αυξημένες αποδεκτές τιμές που θα χρησιμοποιούνται για το συγκεκριμένο σύστημα, τόσο για τα θειικά, όσο και για τα χλωριόντα. Αυτές οι συγκεντρώσεις, θα αποτελούν τα φυσικά όρια συγκεντρώσεων υποβάθρου για τον προσδιορισμό της χημικής κατάστασης του συγκεκριμένου υπόγειου υδατικού συστήματος..

Η αξιολόγηση της ποσοτικής κατάστασης στηρίζεται στην αξιολόγηση της διακύμανσης της υπόγειας στάθμης, στις μετρήσεις παροχών των πηγών και ειδικότερα στην εκτίμηση-καταγραφή των υπερετήσιων τάσεων που καταγράφονται τόσο στις γεωτρήσεις όσο και στις πηγές.

Με βάση την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (ΟΠΝ), η αξιολόγηση των τάσεων που διαμορφώνονται στην κύμανση της υπόγειας στάθμης ενός ΥΥΣ, πρέπει να πραγματοποιείται με παράλληλη μελέτη της κύμανσης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, η/και των χλωριόντων, σε περιπτώσεις παράκτιων ή γειτνιαζόντων με τη θάλασσα ΥΥΣ (όπου υπάρχει κίνδυνος θαλάσσιας διείσδυσης λόγω διατάραξης της υδροδυναμικής ισορροπίας και τελικά υποβάθμισης της χημικής κατάστασης του θιγόμενου ΥΥΣ). Η μελέτη-αξιολόγηση της μεταβολής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της συγκέντρωσης των χλωριόντων έχει συμπεριληφθεί στο στάδιο αξιολόγησης της χημικής κατάστασης των ΥΥΣ. Η ποσοτική κατάσταση των ΥΥΣ έχει πρακτική αξία, πολλές φορές, στις περιπτώσεις εκείνες που έχει ήδη διαπιστωθεί, πρόβλημα με τη χημική κατάσταση (χαρακτηρισμός: κακή). Στην περίπτωση κακής χημικής κατάστασης, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των παράκτιων υδροφορέων, που οφείλεται στην αύξηση των χλωριόντων, επιβάλλεται η μελέτη-αξιολόγηση της ποσοτικής κατάστασης του ΥΥΣ γιατί συνήθως συνοδεύεται και από την ποσοτική του υποβάθμιση.

Τα στοιχεία που συλλέγονται ανά υπόγειο υδατικό σύστημα και επεξεργάζονται είναι :

- αντλούμενη ποσότητα νερού ετησίως για κάθε χρήση (π.χ. ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία)
- κατανομή και πυκνότητα θέσεων υδροληψίας – σύνδεση με τα υπόγεια υδατικά συστήματα
- συλλογή μετρήσεων στάθμης και παροχών πηγών των υπόγειων υδροφορέων, σύνταξη διαγραμμάτων μεταβολής στάθμης και παροχών με το χρόνο

- σύνταξη ισοζυγίων ανά υπόγειο υδατικό σύστημα
- σύγκριση των μέσων ετήσιων ρυθμιστικών αποθεμάτων με τις μέσες ετήσιες αντλήσεις και φυσικές εκφορτίσεις ή πλευρικές μεταγίσεις.

Στο υδατικό διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου οριοθετήθηκαν ανά υδρολογική λεκάνη τα παρακάτω υπόγεια υδατικά συστήματα.

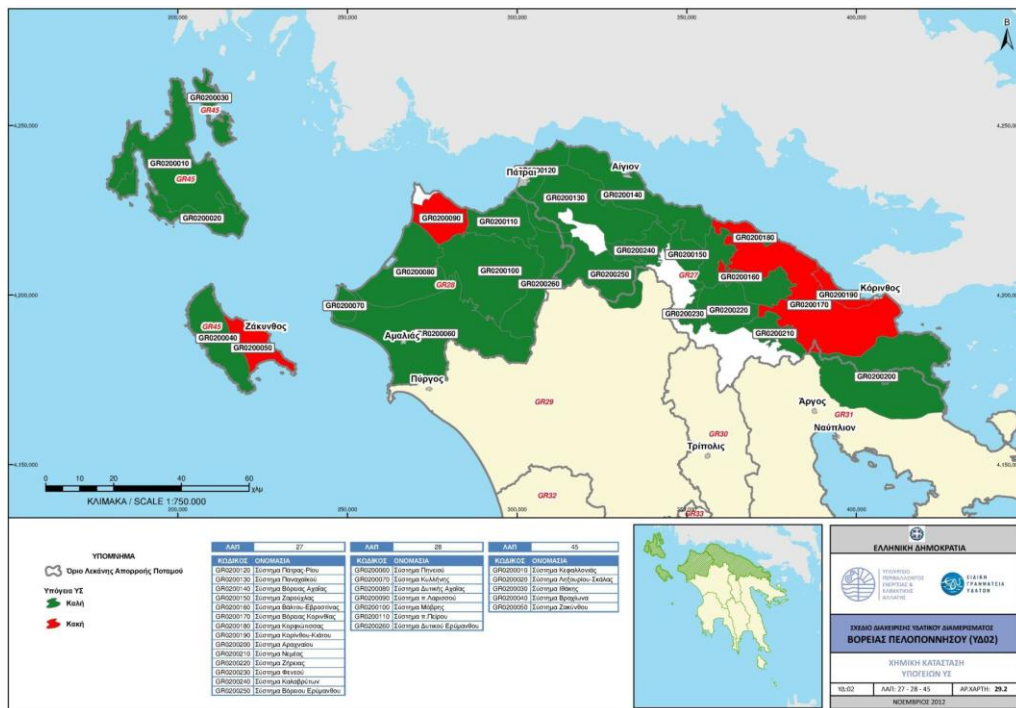
Πίνακας2.14 Υπόγεια υδατικά συστήματα ΥΔ 02 [1]

Υδρολογική λεκάνη	Αριθμός υπόγειων υδατικών συστημάτων	Αριθμός υπόγειων υδατικών συστημάτων για περαιτέρω διερεύνηση
Λεκάνη Βόρειας Πελοποννήσου (GR27)	14	5
Λεκάνη Πηνειού – Βέργα – Πείρου (GR28)	7	4
Λεκάνη Κεφαλονιάς – Ιθάκης – Ζακύνθου (GR45)	5	2

Στον παρακάτω πίνακα για κάθε υπόγειο υδατικό σύστημα της ΛΑΠ GR28 δίνεται η προσδιορισμένη χημική και ποσοτική κατάσταση του και σημειώνονται και οι υπάρχουσες τάσεις ρύπανσης ή πτώσης στάθμης λόγω υπεραντλήσεων. Σημειώνονται επίσης τα συστήματα που παρουσιάζουν αυξημένες τιμές φυσικού υποβάθρου και οι νέες αυξημένες τιμές των Ανώτερων Αποδεκτών Τιμών για αυτά.

Πίνακας 2.15 Ποσοτική-χημική κατάσταση υπογείων υδάτων στη Λεκάνη Απορροής GR28 [1]

Κωδικός ΥΓΣ	Όνομα ΥΓΣ	Ποσοτική κατάσταση	Χημική κατάσταση	Τάση Πτώση στάθμης	Τάση αύξησης ρύπων	Τοπικές Υπερβάσεις ιχνοστοιχείων	Νέα αυξημένη Ανώτερη Αποδεκτή Τιμή λόγω αυξημένων τιμών φυσικού υποβάθρου
GR0200060	Σύστημα Πηνειού	■ Καλή	■ Καλή	Όχι	-	Fe, Mn	
GR0200070	Σύστημα Κυλλήνης	■ Καλή	■ Καλή	Όχι	Όχι	-	
GR0200080	Σύστημα Δυτικής Αχαΐας	■ Καλή	■ Καλή	Ναι	-	Mn	
GR0200090	Σύστημα π.Λαρισσού	■ Κακή	■ Κακή (Cl: 23 - 503, SO4: 3 - 693, NO3: 5 - 78 mg/l)	Ναι	-	Fe, Mn	
GR0200100	Σύστημα Μόβρης	■ Καλή	■ Καλή	Όχι	Όχι	-	
GR0200110	Σύστημα π.Πείρου	■ Καλή	■ Καλή	Όχι	-	Mn	
GR0200260	Σύστημα Δυτικού Ερύμανθου	■ Καλή	■ Καλή	Όχι	Όχι	-	



επόμενους δύο διαχειριστικούς κύκλους και την ολοκλήρωσή τους τα έτη 2021 και 2027, αντίστοιχα. Το 2027 αποτελεί την καταληκτική ημερομηνία για την επίτευξη των γενικών και ειδικών περιβαλλοντικών στόχων, με την επιφύλαξη των παραγράφων 5, 6 και 7 του Άρθρου 4 της Οδηγίας που αφορούν σε εξαιρέσεις που σχετίζονται με την επίτευξη λιγότερο αυστηρών περιβαλλοντικών στόχων, την προσωρινή επιδείνωση της κατάστασης που απορρέει από φυσικά αίτια ή από ανωτέρα βία ή με νέες τροποποιήσεις που οδηγούν στη μη επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων.

Οι κύριοι περιβαλλοντικοί στόχοι, σύμφωνα με το Άρθρο 4 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, για τα υπόγεια ύδατα είναι οι ακόλουθοι:

1. η εφαρμογή απαραίτητων μέτρων ώστε να προληφθεί ή να περιορισθεί η διοχέτευση ρύπων σε αυτά καθώς και η υποβάθμιση της κατάστασης όλων των υπόγειων υδάτων,
2. η προστασία, αναβάθμιση και αποκατάσταση όλων τα υπόγειων υδατικών συστημάτων, με τη διασφάλιση ισορροπίας μεταξύ των εκφορτίσεων (φυσική ή μέσω αντλήσεων) και της ανατροφοδότησης των υπόγειων υδάτων,
3. η εφαρμογή απαραίτητων μέτρων ώστε να αναστραφεί κάθε σημαντική και έμμονη ανοδική τάση συγκέντρωσης οποιουδήποτε ρύπου, η οποία οφείλεται σε ανθρώπινη δραστηριότητα, προκειμένου να μειωθεί η ρύπανση των υπόγειων νερών σταδιακά.

2.10 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΡΩΝ

Το Πρόγραμμα Μέτρων συνιστά μέρος του Σχεδίου Διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού. Αποτελεί το «μηχανισμό» επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων που τίθενται στο Σχέδιο Διαχείρισης. Η διάκριση τους σε βασικά και συμπληρωματικά διαμορφώνει δύο επίπεδα παρεμβάσεων: α) στο πρώτο επίπεδο (βασικά μέτρα) οργανώνονται οι ενέργειες εκείνες που προκύπτουν από την Κοινοτική νομοθεσία που σχετίζεται με την περιβαλλοντική προστασία, καθώς επίσης και οι βασικές ενέργειες που τεκμαίρονται από την Οδηγία 2000/60/ΕΚ. Το πρώτο επίπεδο διασφαλίζει τις στοιχειώσεις απαιτήσεις προστασίας των υδατικών συστημάτων αποτρέποντας την υποβάθμιση τους β) στο δεύτερο επίπεδο (συμπληρωματικά μέτρα) εντάσσονται οι επιπρόσθετες

ενέργειες που πρέπει να γίνουν για εκείνα τα υδατικά συστήματα που υπάρχει κίνδυνος μη επίτευξης των περιβαλλοντικών τους στόχων το 2015.

Το πρόγραμμα Βασικών μέτρων αποτελεί ένα εργαλείο για την προστασία του συνόλου των υδατικών πόρων. Συγκεκριμένα τα προτεινόμενα μέτρα έχουν καθολική εφαρμογή και όχι μόνο σε εκείνα τα ΥΣ που είναι αντικείμενο προστασίας, σύμφωνα με την ΟΠΥ. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η προστασία του συνόλου των υδατικών πόρων (πχ μικρά ρέματα που δεν πληρούν τα κριτήρια της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ για τον χαρακτηρισμό ως ΥΣ).

2.10.1 Βασικά μέτρα

Σύμφωνα με την παρ.3 του άρθρου 11 της Οδηγίας σαν βασικά μέτρα ορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται για την προστασία των υδατικών οικοσυστημάτων. Τα βασικά μέτρα στην πλειοψηφία αποτελούν προληπτικές ενέργειες ώστε να εξασφαλισθεί ο έλεγχος της ρύπανσης στην πηγή μέσω του καθορισμού οριακών τιμών εκπομπών και περιβαλλοντικών ποιοτικών προτύπων. Ουσιαστικά υλοποιούν τις απαιτήσεις του άρθρου 10 της Οδηγίας για τη συνδυασμένη προσέγγιση που αποσκοπεί στον έλεγχο των σημειακών και των διάχυτων πηγών ρύπανσης. Παράλληλα μέσα από το Πρόγραμμα βασικών μέτρων επιδιώκεται η χρήση οικονομικών μέσων για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων των υδατικών συστημάτων και τέλος η περαιτέρω προστασία των υδάτων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση με τον καθορισμό ζωνών προστασίας και ελέγχου των απολήψεων.

Βασικά Μέτρα που αφορούν στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα:

- Εφαρμογή της ανάκτησης κόστους. Προτείνονται μέτρα που κρίνονται κατάλληλα για τους σκοπούς του Άρθρου 9 της Οδηγίας και του άρθρου 8 του Π.Δ 51/2007
- Προώθηση αποδοτικής και αειφόρου χρήσης του νερού, ώστε να αποφευχθεί η απόκλιση από τους περιβαλλοντικούς στόχους του Άρθρου 4 της οδηγίας.
- Ικανοποίηση του Άρθρου 7 της Οδηγίας και του Άρθρου 7 του Π.Δ 51/2007 συμπεριλαμβανομένων μέτρων για διασφάλιση της ποιότητας του νερού ώστε να μειωθούν οι απαιτήσεις καθαρισμού του, προς παραγωγή πόσιμου νερού και προτάσεων για τον καθορισμό ζωνών ασφαλείας για τα υδατικά αυτά συστήματα.

- Έλεγχος απολήψεων επιφανειακού και υπόγειου νερού και της αποθήκευσης επιφανειακού νερού
- Έλεγχος τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων συμπεριλαμβανομένης και της σχετικής αδειοδότησης
- Σημειακές πηγές απορρίψεων που ενδέχεται να προκαλέσουν ρύπανση
- Διάχυτες πηγές απορρίψεων ικανές να προκαλέσουν ρύπανση
- Αντιμετώπιση αρνητικών επιπτώσεων στην κατάσταση του ύδατος
- Αποτροπή της απόρριψης ρύπων απευθείας στα υπόγεια νερά αλλά και προσδιορισμός των περιπτώσεων που επιτρέπεται απευθείας απόρριψη όπως αναφέρονται στο Άρθρο 11, παρ. 3(ι) της Οδηγίας και στο Άρθρο 12, Παρ. 4 (ι έως ιζ) του ΠΔ 51/2007
- Εξάλειψη της ρύπανσης επιφανειακών υδάτων από ουσίες προτεραιότητας και τη σταδιακή μείωση της ρύπανσης από επικίνδυνες ή άλλες ουσίες που μπορεί να εμποδίσει την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων.

2.10.2 Συμπληρωματικά μέτρα

Συμπληρωματικά μέτρα είναι τα μέτρα που καταρτίζονται και τίθενται σε εφαρμογή επιπλέον των βασικών μέτρων, με σκοπό την επίτευξη των στόχων που καθορίζονται στο άρθρο 4.της Οδηγίας.

Πέραν των βασικών μέτρων που αναφέρονται στα επιφανειακά και υπόγεια ΥΣ προτάθηκαν και κάποια συμπληρωματικά μέτρα για τα υδατικά συστήματα που βρίσκονται σε κακή (ποσοτική ή ποιοτική κατάσταση για τα ΥΥΣ και ποιοτική για τα επιφανειακά ΥΣ), όπως επίσης και σε εκείνα γενικότερα τα Υδατικά Συστήματα που η μη λήψη συμπληρωματικών μέτρων θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιθανή χειροτέρευση της κατάστασής τους.

Τα οριζόντια συμπληρωματικά μέτρα για τα υπόγεια υδατικά συστήματα είναι τα εξής:

- Κατάρτιση κανόνων προστασίας καταβοθρών.
- Μέτρα ειδικής προστασίας σε περιοχές ΥΥΣ όπου υπάρχουν θερμομεταλλικά και ιαματικά νερά

- Πρόγραμμα διερευνητικής παρακολούθησης ποιοτικής κατάστασης στα υπόγεια υδατικά συστήματα και στα επιφανειακά σώματα στις περιοχές υφιστάμενων ΧΥΤΑ.
- Τοποθέτηση λειτουργικής βάνας στις αρτεσιανές γεωτρήσεις
- Έλεγχος ποιοτικής κατάστασης αδειοδοτούμενων υδροληπτικών έργων σε συστήματα με υψηλές τιμές φυσικού υποβάθρου (χλωρίοντα, θειικά)
- Ορισμός κατ' αρχήν ζωνών περιορισμού ανόρυξης νέων γεωτρήσεων για νέες χρήσεις νερού καθώς και επέκτασης αδειών υφισταμένων χρήσεων στα παράκτια Υπόγεια Υδατικά Συστήματα που παρατηρούνται φαινόμενα Υφαλμύρισης.
- Καθορισμός και οριοθέτηση περιοχών ΥΥΣ που παρουσιάζουν κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρισης ή παρουσιάζουν τοπική υφαλμύριση.

2.11 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΑΡΙΣΣΟΥ

Για το Σύστημα π.Λαρισσού (GR0200090) οι μελέτες που έχουν γίνει έχουν δώσει τα παρακάτω στοιχεία για την ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υπόγειων υδάτων:

Ποιοτικά Προβλήματα: Τοπικές επιβαρύνσεις NO_3 λόγω αγροτικών δραστηριοτήτων

Χημική Κατάσταση: Κακή (Cl 23-503, SO_4 3-693, NO_3 5-78 mg/L)

Είδος υδροφορέα: κοκκώδης

Μέση ετήσια τροφοδοσία: $26.0 \cdot 10^6 \mu^3$

Μέσες ετήσιες απολήψεις: $33.0 \cdot 10^6 \mu^3$

Άρδευση: $31.60 \cdot 10^6 m^3$

Ύδρευση: $1.30 \cdot 10^6 m^3$

Βιομηχανία: $0.10 \cdot 10^6 m^3$

Ποσοτική κατάσταση: Κακή

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος στην εν λόγω περιοχή εφαρμόστηκαν τα παρακάτω συμπληρωματικά μέτρα:

1. Ορισμός κατ' αρχήν ζωνών περιορισμού ανόρυξης νέων γεωτρήσεων για νέες χρήσεις νερού καθώς και επέκτασης αδειών υφισταμένων

χρήσεων στα παράκτια Υπόγεια Υδατικά Συστήματα που παρατηρούνται φαινόμενα Υφαλμύρισης.

Στα παράκτια ΥΥΣ που έχει προσδιορισθεί ότι βρίσκονται σε κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρισης ή παρουσιάζουν τοπική υφαλμύριση που προέρχεται από ανθρώπινες πιέσεις (υπεραντλήσεις) λαμβάνονται περιοριστικά μέτρα για την κατασκευή νέων υδροληπτικών έργων (γεωτρήσεις, πηγάδια) υπόγειων νερών καθώς και για την επέκταση των αδειών υφιστάμενων χρήσεων. Μέχρι την ακριβή οριοθέτηση των ζωνών περιορισμού με βάση τις ειδικές υδρογεωλογικές μελέτες που θα πρέπει να συνταχθούν, προτείνεται η θεσμοθέτηση των κάτωθι παράκτιων ζωνών απαγορεύσεων ανόρυξης νέων γεωτρήσεων για νέες χρήσεις νερού καθώς και επέκτασης αδειών υφιστάμενων χρήσεων:

- Για τα καρστικά συστήματα : 300μ,
- Για τα κοκκώδη ελεύθερης πιεζομετρικής επιφάνειας : 200μ,
- Για τα κοκκώδη υπό πίεση : 100μ,

Σε ειδικές περιπτώσεις (π.χ. ύδρευση, γεωτρήσεις ιχθυοκαλλιεργειών και αφαλάτωσης κ.α) μπορεί να δίνεται άδεια ανόρυξης νέας γεώτρησης μετά την υποβολή υδρογεωλογικής έκθεσης η μελέτης και θετική γνωμοδότηση από τη Διεύθυνση Υδάτων. Τα ανωτέρω αναφέρονται στο υπό εκμετάλλευση υπόγειο σύστημα και όχι στη χωρική και μόνο θέση του νέου υδροληπτικού έργου. Οι ανωτέρω περιορισμοί αποσκοπούν στον περιορισμό της επέκτασης της υφαλμύρισης στα παράκτια συστήματα. Στις περιπτώσεις των παράκτιων καρστικών συστημάτων με εκτεταμένη φυσική υφαλμύριση, μέσω των κανονιστικών αποφάσεων, οι ζώνες περιορισμού αυτές μπορούν να επεκταθούν περαιτέρω με ευθύνη των Διευθύνσεων Υδάτων δεδομένου ότι αφορούν το υπό εκμετάλλευση υπόγειο σύστημα και όχι τη χωρική και μόνο θέση του πιθανού νέου υδροληπτικού έργου.

Οι ζώνες με περιορισμούς ή απαγορεύσεις υδροληπτικών έργων θα καθορισθούν από Ειδική Υδρογεωλογική μελέτη. Από την απαγόρευση εξαιρούνται οι ειδικές περιπτώσεις που αφορούν, με προτεραιότητα, στην εκτέλεση έργων για ύδρευση με χρήση πόσιμου ύδατος καθώς και άλλες ειδικές περιπτώσεις όπως π.χ. γεωτρήσεις ιχθυοκαλλιεργειών, πηγάδια άντλησης νερού για εργοστάσια αφαλάτωσης κ.α. Στις περιπτώσεις αυτές, η αδειοδότηση γίνεται μετά την υποβολή τεκμηριωμένης υδρογεωλογικής μελέτης που θα εξετάζεται και θα εγκρίνεται από τις αρμόδιες Διευθύνσεις Υδάτων. Οι προδιαγραφές για τις προαναφερθείσες υδρογεωλογικές μελέτες θα καθοριστούν από τις συναρμόδιες αρχές υπό το συντονισμό της ΕΓΥ.

2. Καθορισμός και οριοθέτηση περιοχών ΥΥΣ που παρουσιάζουν κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρισης ή παρουσιάζουν τοπική υφαλμύριση.

Στα παράκτια ΥΥΣ που είναι σε κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρισης ή παρουσιάζουν τοπική υφαλμύριση θα πρέπει να συνταχθούν ειδικές υδρογεωλογικές μελέτες για τον ακριβή καθορισμό των ορίων απαγόρευσης εκτέλεσης νέων υδροληψιών και επεκτάσεων του μετώπου υφαλμύρισης, ώστε στη ζώνη αυτή να ληφθούν μέτρα για σταδιακή αποκατάσταση μέσω όχι μόνο απαγόρευσης νέων γεωτρήσεων αλλά μείωσης έως και κατάργησης των αντλήσεων των υφισταμένων χρήσεων, δίνοντας προτεραιότητα στην εξεύρεση εναλλακτικών λύσεων κάλυψης των αρδευτικών αναγκών τους. Οι προδιαγραφές για τις προαναφερθείσες υδρογεωλογικές μελέτες θα καθοριστούν από τις συναρμόδιες αρχές υπό το συντονισμό της ΕΓΥ.

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Γνωρίζουμε ότι η αγωγιμότητα του νερού εξαρτάται από τη συγκέντρωση των μεταλλικών στοιχείων σε αυτό. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση τόσο μεγαλύτερη αγωγιμότητα έχει το νερό (που σημαίνει η ικανότητα του δείγματος του νερού να άγει το ρεύμα). Αυτή η ικανότητα βέβαια εξαρτάται από τη θερμοκρασία μέτρησης το σθένος και την ολική τους συγκέντρωση. Για τα φυσικά μεταλλικά νερά δεν υπάρχει ορισμός αγωγιμότητας, ενώ για τα επιτραπέζια νερά (πχ τα εμφιαλωμένα), το όριο είναι 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 20°C. Υπάρχουν περιπτώσεις βέβαια που οι μετρήσεις γίνονται και στους 25°C στα εμφιαλωμένα νερά, πράγμα που δυσκολεύει τη σύγκρισή τους.

Μέθοδοι μέτρησης

Η μέτρηση της αγωγιμότητας του νερού γίνεται με δύο μεθόδους:

α) Αμπερομετρική μέθοδος

Με τη μέθοδο αυτή στα αγωγιμόμετρα εφαρμόζουμε διαφορά δυναμικού (V) σε δύο ηλεκτρόδια και μετράμε το ρεύμα (I) που διέρχεται μεταξύ αυτών. Λόγω του νόμου του Ωμ ισχύει:

$$I = \frac{V}{R} \quad (3.1)$$

όπου

R =αντίσταση,

V =η διαφορά δυναμικού και

I = η ένταση του ρεύματος που περνάει από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο.



Εικόνα 3.1 Αγωγιμόμετρο [6].

Βέβαια η αντίσταση R εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων και την επιφάνειά τους. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε μετρήσεις διαλυμάτων τα οποία έχουν χαμηλά ποσοστά αλάτων και η αγωγιμότητά τους, φτάνει μέχρι και $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

β) Ποτενσιομετρική μέθοδος

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τέσσερις δακτυλίους και εξαλείφει τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην αμπερομετρική μέθοδο. Μέσω των δύο ακραίων δακτυλίων εφαρμόζεται μία εναλλασσόμενη τάση, η οποία δημιουργεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο διάλυμα. Με τους δύο εξωτερικούς δακτυλίους μετράται η τάση που δημιουργείται εξαιτίας της

ροής ρεύματος στο διάλυμα. Η τάση αυτή είναι ανάλογη της αγωγιμότητας του διαλύματος. Συνεπώς, από τη μέτρηση της τάσης μπορούμε να υπολογίσουμε την αγωγιμότητα. Είναι σημαντικό μεταξύ των δακτυλίων να παρεμβάλλεται μονωτικό υλικό ώστε το ρεύμα να παραμένει σταθερό, χωρίς απώλειες. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή τη μέθοδο τη χρησιμοποιούμε για μετρήσεις σε διαλύματα που παρουσιάζουν αγωγιμότητα μέχρι και 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (200 mS/cm).

3.2 ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ-ΟΞΙΝΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ΙΟΝΤΑ

Αλκαλικότητα είναι η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει τα οξέα. Αποτελεί το μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας του νερού που οφείλεται στα ιόντα, δηλαδή:

$$A = (\text{HCO}_3^-) + 2(\text{CO}_3^{2-}) + (\text{OH}^-) - (\text{H}^+) \text{ greq/lit}$$

Η αλκαλικότητα των υδάτων εκφράζεται με δύο τρόπους:

i) Ως αλκαλικότητα φαινολοφθαλείνης που αντιστοιχεί στην ογκομέτρηση δείγματος νερού με γνωστό διάλυμα οξέος παρουσία δείκτη φαινολοφθαλείνης που αλλάζει χρώμα σε $\text{pH} = 8,3$.

ii) Ως ολική αλκαλικότητα που αντιστοιχεί στην ογκομέτρηση δείγματος νερού παρουσία δείκτη ηλιανθίνης που αλλάζει χρώμα σε $\text{pH} = 4,3$. Κατά τον πρώτο τρόπο προσδιορίζονται κυρίως όξινα ανθρακικά ιόντα, ενώ κατά τον δεύτερο τρόπο προσδιορίζονται τα όξινα ανθρακικά καθώς και τα ανθρακικά ιόντα.

Επίσης εκτός της ρυθμιστικής ικανότητας, η αλκαλικότητα έχει και μερικές άλλες ενδιαφέρουσες όψεις. Δηλαδή δεσμεύει βαριά τοξικά μέταλλα και ταπεινώνει σημαντικά την τοξικότητά τους. Μειώνει επίσης την διαβρωτικότητα του νερού κάτι που είναι πολύ χρήσιμο αφού οι υψηλές τιμές διαβρωτικότητας είναι ανεπιθύμητες στη βιομηχανία. Όπως είναι γνωστό, η υψηλή αλκαλικότητα στο αρδευτικό νερό μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να αποβεί επιζήμια. Αυτό οφείλεται στις υψηλές συγκεντρώσεις

των υδατανθράκων που μπορούν να προκαλέσουν μόνιμη μείωση της διαπερατότητας των κόκκων του εδάφους..

Για τη μέτρηση της αλκαλικότητας του νερού χρησιμοποιείται η μέθοδος της τιτλοδότησης (titration). Η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη στα πόσιμα, επιφανειακά και υφάλμυρα νερά καθώς επίσης και στα οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα. Η τιτλοδότηση μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από την περιοχή τιμών της αλκαλικότητας. Πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλος όγκος δείγματος για να αποφευχθούν μεγάλοι όγκοι τιτλοδότησης (πάνω από 50 ml). Η βασική αρχή της μεθόδου είναι η τιτλοδότηση ενός μη-επεξεργασμένου δείγματος έως ένα τελικό σημείο σε pH4.5, το οποίο προσδιορίζεται ηλεκτρομετρικά.

Όργανα-Σκεύη

- Πεχάμετρο ή ηλεκτρονικός τιτλοδότης που χρησιμοποιεί ένα γυάλινο ηλεκτρόδιο και μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια 0.5 μονάδων το pH. Απαιτείται κανονικοποίηση και ρύθμιση του οργάνου σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Χρησιμοποιούμε μία κωνική φιάλη κατάλληλου μεγέθους ώστε ο κενός χώρος πάνω από το διάλυμα να είναι ο ελάχιστος δυνατός.
- Χρησιμοποιούμε ένα λαστιχένιο πώμα με οπές για το ηλεκτρόδιο του pH και την προχοΐδα.
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Σιφόνια
- Ογκομετρικές φιάλες
- Προχοΐδες από βοριοπυριτικό γυαλί (pyrex).

Αντιδραστήρια

Διάλυμα ανθρακικού νατρίου περίπου 0.05N. Διαλύουμε 2.5 gNa₂CO₃ (μετά από ξήρανση στους 250 °C για 4 ώρες και ψύξη σε ξηραντήρα) σε ογκομετρική φιάλη 1 λίτρου και αραιώνουμε.

Πρότυπο οξύ (θειικό ή υδροχλωρικό) 0.1N. Αραιώνουμε 3 ml πυκνό H_2SO_4 ή 8.3 ml πυκνό HCl σε ένα λίτρο αποσταγμένο νερό. Κανονικοποιούμε ως προς 40 ml διαλύματος 0.05N Na_2CO_3 που περιέχει 60 ml αποσταγμένο νερό με ποτενσιομετρική τιτλοδότηση σε pH περίπου 5. Ανυψώνουμε το ηλεκτρόδιο και το ξεπλένουμε με νερό μέσα στο ποτήρι ζέσεως. Βράζουμε το διάλυμα ελαφρά για 3-5 λεπτά κάτω από ένα γυάλινο κάλυμμα. Ψύχουμε το διάλυμα σε θερμοκρασία δωματίου. Ξεπλένουμε το κάλυμμα μέσα στο ποτήρι ζέσεως. Συνεχίζουμε την τιτλοδότηση μέχρι τελικό pH 4.5.

Η κανονικότητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$N = \frac{A \cdot B}{53 \cdot C} \quad (3.2)$$

όπου:

A= τα γραμμάρια Na_2CO_3 που ζυγίστηκαν στο 1 λίτρο

B= τα ml του διαλύματος Na_2CO_3

C= τα ml του οξέος που χρησιμοποιήθηκαν μέχρι το τελικό σημείο.

Πρότυπο οξύ (θειικό ή υδροχλωρικό) 0.02N. Αραιώνουμε 200 ml του πρότυπου οξέος 0.1N σε 1 λίτρο αποσταγμένο νερό. Κανονικοποιούμε με ποτενσιομετρική τιτλοδότηση 15 ml διαλύματος Na_2CO_3 0.05N.



Εικόνα 3.2 Μέτρηση αλκαλικότητας.

Μέτρηση

Μέγεθος δείγματος:

1. Χρησιμοποιούμε έναν αρκετά μεγάλο όγκο τιτλοδότη (>20 ml) σε 50 ml προχοΐδα ώστε να έχουμε καλή ακρίβεια ενώ συγχρόνως κρατάμε τον όγκο αρκετά μικρό ώστε να πετύχουμε απότομο τελικό σημείο.
2. Για <1000 mgCaCO₃/L χρησιμοποιούμε τιτλοδότη 0.02N.
3. Για >1000 mgCaCO₃/L χρησιμοποιούμε τιτλοδότη 0.1N.

4. Είναι χρήσιμο να γίνει μία προκαταρκτική τιτλοδότηση.

Ποτενσιομετρική τιτλοδότηση:

5. Τοποθετούμε το δείγμα σε κωνική φιάλη με σιφώνιο έχοντας την άκρη του κοντά στον πυθμένα της κωνικής φιάλης.

6. Μετράμε το pH του δείγματος.

7. Προσθέτουμε το πρότυπο οξύ, προσέχοντας η ανάδευση να γίνεται σωστά αλλά συγχρόνως ελαφρά ώστε να επιτρέπεται η επίτευξη ισορροπίας.

8. Τιτλοδοτούμε μέχρι pH4.5 και καταγράφουμε τον όγκο του τιτλοδότη.

Υπολογισμός

Η αλκαλικότητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Αλκαλικότητα} \frac{mg}{L} \text{CaCO}_3 = \frac{A \cdot N \cdot 50000}{ml \text{ sample}} \quad (3.3)$$

όπου:

A= ml του πρότυπου οξέος

N= κανονικότητα (N) του πρότυπου οξέος.

Η μέτρηση των όξινων ανθρακικών ιόντων γίνεται μεογκομέτρηση με διάλυμα H₂SO₄. Μετά την εξουδετέρωση των ανθρακικών ιόντων CO³⁻, παρουσία φαινολοφθαλείνης, ακολουθεί η τιτλοδότηση των όξινων ανθρακικών ιόντων HCO³⁻, παρουσία πορτοκαλόχρου δείκτη, του μεθυλενίου. Από την ποσότητα σε ml του διαλύματος H₂SO₄ που καταναλώνεται κατά την τιτλοδότηση των CO³⁻, βρίσκουμε την ποσότητα που χρειάστηκε για την εξουδετέρωση των όξινων ανθρακικών ιόντων.

3.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ

Ο όρος σκληρότητα αναφέρεται στο σύνολο των αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου, με ιόντα χλωρίου, θειικά, ανθρακικά και υδρογονανθρακικά.

Ανάλογα με τη φύση των αλάτων αυτών η σκληρότητα διακρίνεται σε:

- παροδική σκληρότητα: οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παρουσία των υδρογονανθρακικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$).
- μόνιμη σκληρότητα: οφείλεται στην παρουσία ευδιάλυτων αλάτων του Ca και Mg, κυρίως θεικών αλάτων, αλλά και σε μικρότερο βαθμό χλωριούχων αλάτων, νιτρικών αλάτων κλπ. που δεν μπορούν να απομακρυνθούν με βρασμό.
- ολική σκληρότητα: ονομάζεται το άθροισμα της παροδικής και της μόνιμης σκληρότητας του νερού.

Η «σκληρότητα» του νερού γίνεται απευθείας αντιληπτή με διάφορους τρόπους:

- Από μια "γλοιώδη" αίσθηση στο νερό, όταν έλθει σε επαφή με το δέρμα.
- Από την ελάττωση ή την απουσία αφρού κατά τη χρήση των απορρυπαντικών.
- Από το σχηματισμό αποθέσεων στους σωλήνες, στις αποχετεύσεις και στους βραστήρες νερού.
- Από τη δημιουργία λευκού ιζήματος κατά τον βρασμό του νερού.

Μονάδες σκληρότητας νερού

- 1 Γερμανικός βαθμός, $1^{\circ}\text{d} = 1 \text{ mgCaO} / 100 \text{ mLH}_2\text{O}$
- 1 Γαλλικός βαθμός, $1^{\circ}\text{f} = 1 \text{ mgCaCO}_3 / 100 \text{ mLH}_2\text{O}$
- 1 Αμερικανικός βαθμός, $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mgCaCO}_3 / 1 \text{ LH}_2\text{O}$

Κλίμακα σκληρότητας νερού

- 0 - 4°d πολύ μαλακό
- 4 - 8°d μαλακό
- 8 - 18°d μέτρια σκληρό
- 18 - 30°d σκληρό
- $> 30^{\circ}\text{d}$ πολύ σκληρό

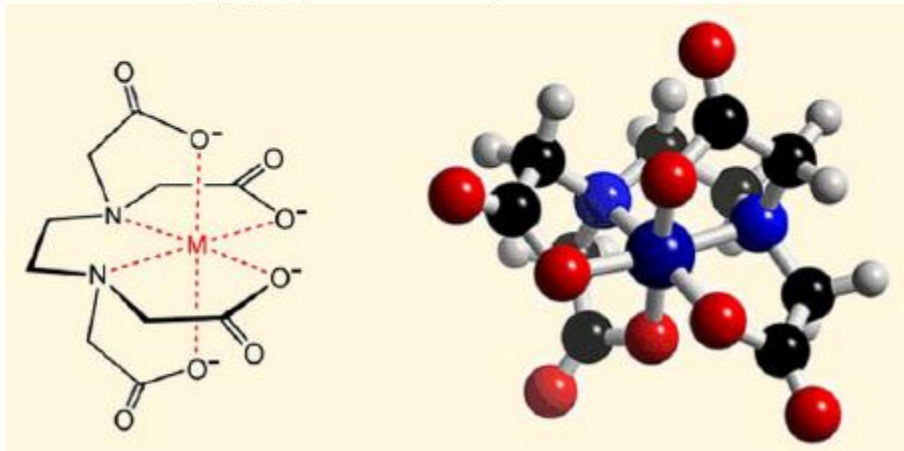
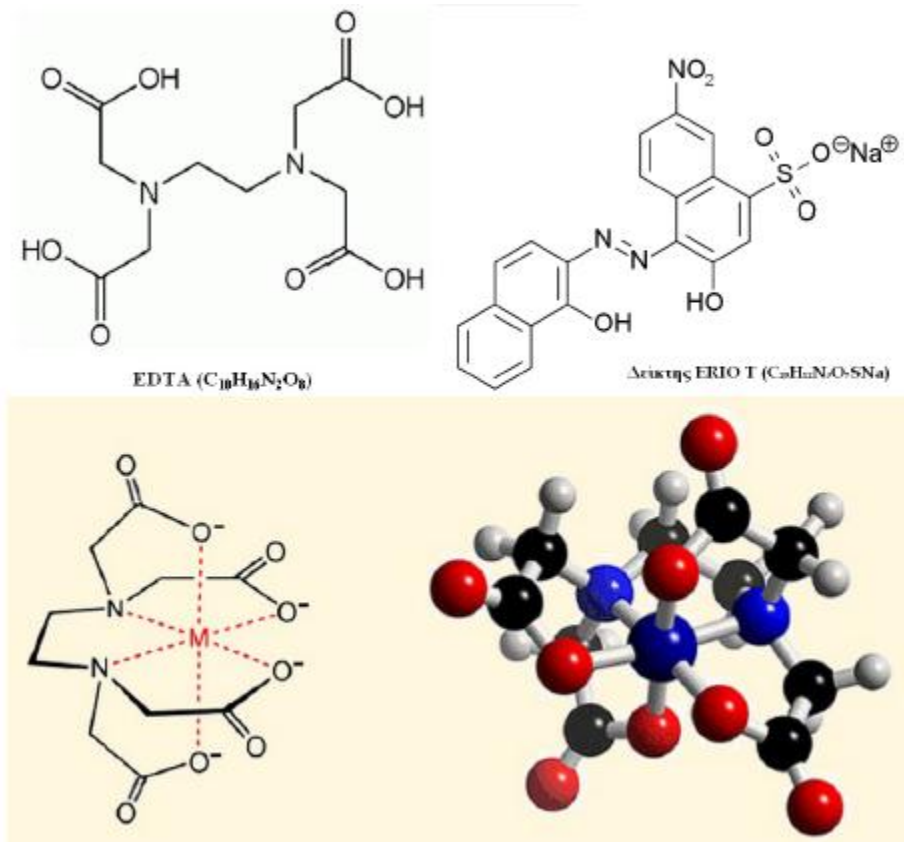
Η περιεκτικότητα σε άλατα του νερού έχει επίσης ιδιαίτερη αξία και στη βιομηχανική, αρδευτική, εργαστηριακή και οικιακή του χρήση. Τα όρια της σκληρότητας για τα πόσιμα νερά είναι 100-500 mg/L. Τα σκληρά νερά έχουν γλυφή γεύση. Κατά γενική αντίληψη η σκληρότητα δεν έχει άμεση δυσμενή επίδραση στην υγεία, αν και ορισμένοι παραδέχονται ότι μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα νεφρά ή εντερικές ανωμαλίες. Το κυριότερο μειονέκτημα του σκληρού νερού για τις οικιακές χρήσεις είναι η μεγάλη κατανάλωση σαπουνιού. Για πολλές βιομηχανίες το σκληρό νερό είναι τελείως ακατάλληλο, γιατί δημιουργεί ανωμαλίες στη λειτουργία των λεβήτων. Γι' αυτό γίνεται συνήθως αποσκλήρυνση του νερού, όταν η σκληρότητά του υπερβαίνει ορισμένα όρια

Πίνακας 3.1 Συντελεστές μετατροπής μονάδων σκληρότητας

	mmol/Λιόντων	meq/Λιόντων	Γερμανικοί βαθμοί °d	Γαλλικοί βαθμοί °f	ppmCaCO ₃
1 mmol/Λιόντων	1,00	2,00	5,60	10,00	100,0
1 meq/L ιόντων	0,50	1,00	2,80	5,00	50,0
1 Γερμανικός βαθμός °d	0,18	0,357	1,00	1,78	17,8
1 Γαλλικός βαθμός °f	0,10	0,20	0,560	1,00	10,0
1 ppm CaCO ₃	0,01	0,02	0,056	0,100	1,00

Για τη μέτρηση της ολικής σκληρότητας του νερού χρησιμοποιείται η μέθοδος της τιτλοδότησης (titration). Η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη στα πόσιμα, επιφανειακά και υφάλμυρα νερά καθώς επίσης και στα οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα. Η τιτλοδότηση μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από την περιοχή τιμών της σκληρότητας. Συνιστάται να χρησιμοποιείται στην περίπτωση δειγμάτων που δεν περιέχουν πάνω από 25mg/LCaCO₃ για να αποφευχθούν μεγάλοι όγκοι τιτλοδότησης.

Ο προσδιορισμός της ολικής σκληρότητας γίνεται με συμπλοκομετρική τιτλοδότηση με τη χρήση του πρότυπου αντιδραστηρίου EDTA (EthyleneDiamineTetraaceticAcid δηλαδή Αιθυλενο-Διαμινο-ΤετραοξικόΟξύ ή εδετικό οξύ με μοριακό τύπο $C_{10}H_{16}N_2O_8$) και δείκτη μελανού εριοχρώματος ERIO-T (EriochromBlack T με μοριακό τύπο $C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$).



Σχήμα 3.1 Σύμπλοκο μετάλλου M με το EDTA. Το μόριο του EDTA περιβάλλει σαν "κλωβός" το μεταλλικό ιόν και γι' αυτό το λόγο σχηματίζει σταθερά σύμπλοκα σχεδόν με το σύνολο των μεταλλικών κατιόντων [5].



Εικόνα 3.3 Μέτρηση σκληρότητας νερού.

Κατά την τιτλοδότηση τα ιόντα του ασβεστίου και του μαγνησίου δεσμεύονται από το EDTA. Το χαρακτηριστικό μπλε τελικό σημείο της τιτλοδότησης (ογκομέτρησης) επιτυγχάνεται όταν προστίθεται επαρκής ποσότητα πρότυπου διαλύματος EDTA ώστε τα μεταλλικά ιόντα (κυρίως ιόντα Ca^{2+} ή Mg^{2+}) του προς τιτλοδότηση δείγματος να δημιουργήσουν σύμπλοκα με το EDTA και αφήνοντας ελεύθερο το μόριο του μεταλλοχρωμικού δείκτη ERIO T το δείγμα αποκτά μπλε χρώμα.

Όργανα-Σκεύη

Τυπικός εξοπλισμός εργαστηριακής τιτλοδότησης, δηλαδή:

- Προχοΐδα, ορθοστάτης, σύνδεσμος και μεταλλική λαβίδα
- Ογκομετρικοί κύλινδροι
- Κωνική φιάλη των 250mL
- Ποτήρι ζέσης των 250mL
- Σιφόνιο πλήρωσης των 10 ml και ελαστικό ποίρε (πληρωτής σιφωνίων).

Διαδικασία Προσδιορισμού

A) Ρυθμιστικό Διάλυμα

Διαλύουμε 1.179g EDTA και 644 mg $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ σε 50 ml αποσταγμένο νερό. Στη συνέχεια προσθέτουμε το διάλυμα αυτό σε ογκομετρική φιάλη 250 ml που περιέχει 16.9 g NH_4Cl και 143 ml πυκνό NH_4OH με ανάδευση και αραιώνουμε με αποσταγμένο νερό.

Το αποθηκεύουμε σε σφιχτά κλεισμένη πλαστική φιάλη.

B) Αναστολέας

Σκόνη NaCN . Ξεπλένουμε τα σκεύη, τα διαλύματα ή τα δείγματα που περιέχουν NaCN στην αποχέτευση χρησιμοποιώντας μεγάλες ποσότητες νερού. Διασφαλίζουμε ότι δεν υπάρχουν οξέα τα οποία θα μπορούσαν να απελευθερώσουν αέριο HCN .

Γ) Δείκτης

Αναμειγνύουμε 0.5 g Eriochrom Black T με 100 g NaCl . Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.

Δ) Πρότυπο Διάλυμα Τιτλοδότησης EDTA 0.02N

Διαλύουμε 3.723 g EDTA σε αποσταγμένο νερό. Μεταφέρουμε το διάλυμα σε ογκομετρική φιάλη 1000 ml και αραιώνουμε με αποσταγμένο νερό. Ελέγχουμε την κανονικότητα με τιτλοδότηση πρότυπου διαλύματος ασβεστίου. Το διάλυμα φυλάσσεται σε πλαστική φιάλη.

E) Βαθμονόμηση Τιτλοδότησης

Τοποθετούμε 10 ml πρότυπου διαλύματος ασβεστίου 0.02N σε κωνική φιάλη με 50 ml αποσταγμένο νερό. Προσθέτουμε 1 ml ρυθμιστικού διαλύματος. Προσθέτουμε περίπου 0.2 g σκόνης δείκτη, η οποία έχει ζυγιστεί σε κεραμική κάψα.

Τιτλοδοτούμε αργά με συνεχή ανάδευση ώστε να εξαφανιστεί τελείως το κοκκινωπό χρώμα. Το τελικό χρώμα θα είναι μπλε όπως έχει ήδη αναφερθεί. Η συνολική διάρκεια της τιτλοδότησης δεν πρέπει να υπερβεί τα 5 λεπτά από τη στιγμή της προσθήκης του buffersolution.

ΣΤ) Μέτρηση

1. Τοποθετούμε 25 ml δείγματος σε κωνική φιάλη, εξουδετερώνουμε με NH_4OH κανονικότητας 1N έως ότου το pH να γίνει περίπου 7 και αραιώνουμε μέχρι περίπου τα 50 ml.
2. Προσθέτουμε 1-2 ml ρυθμιστικού διαλύματος.
3. Εάν το τελικό σημείο δεν είναι απότομο προσθέτουμε αναστολέα αντίδρασης.
4. Προσθέτουμε περίπου 0.2 g σκόνης δείκτη, η οποία έχει ζυγιστεί σε κεραμική κάψα.
5. Τιτλοδοτούμε αργά με συνεχή ανάδευση ώστε να εξαφανιστεί τελείως το κοκκινωπό χρώμα και να γίνει μπλε.

Z) Διόρθωση Παρεμβολών

Η παρεμβολή μερικών ιόντων μετάλλων προκαλεί ασθενές χρώμα ή μη διακριτά τελικά σημεία. Για να μειώσουμε το φαινόμενο αυτό προσθέτουμε αναστολέα στο βήμα 4.

Υπολογισμός

Η ολική σκληρότητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Hardness (EDTA)} \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 = \frac{A \cdot N \cdot 50000}{\text{ml sample}} \quad (3.4)$$

όπου:

A= mlEDTA

N= κανονικότητα (N) του EDTA.

3.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ

Η μέτρηση γίνεται με τιτλοδότηση. Η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη στα πόσιμα, επιφανειακά και υφάλμυρα νερά καθώς και στα οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα. Το χαμηλότερο όριο προσδιορισμού της μεθόδου είναι περίπου 0.5 mg/LCaCO₃, το ανώτερο όριο ανίχνευσης μπορεί να επεκταθεί σε όλες τις συγκεντρώσεις με αραίωση του δείγματος. Προτείνεται το δείγμα μέτρησης να μην περιέχει περισσότερο από 25 mgCaCO₃ (500 mg/LCaCO₃ ή 200 mg/LCa).

Τα ιόντα ασβεστίου του δείγματος δεσμεύονται με την προσθήκη Δινατριούχου Αιθυλενοδιαμινοτετραοξικού οξέος (disodiumethylenediaminetetraacetate, Na₂EDTA). Το τελικό σημείο της αντίδρασης προσδιορίζεται με χρήση ενός δείκτη, ο οποίος συμπλοκοποιείται μόνο με το ασβέστιο.

Το στρόντιο και το βάριο προκαλούν παρεμβολές ενώ αλκαλικότητα μεγαλύτερη από 30 mg/L μπορεί να προκαλέσει ένα δυσδιάκριτο τελικό σημείο. Η παρεμβολή του μαγνησίου μειώνεται ή εξαλείφεται με την ανύψωση του pH μεταξύ 12-13, οπότε καθιζάνει ως υδροξείδιο του μαγνησίου.

Υλικά και Όργανα

Τυπικός εξοπλισμός εργαστηριακής τιτλοδότησης.

Αντιδραστήρια

- Υδροξείδιο του νατρίου, NaOH, 1 N ή 4 N.
- Δείκτες

Πολύ δείκτες είναι διαθέσιμοι, τόσο με προετοιμασία τους στο εργαστήριο όσο και έτοιμοι του εμπορίου, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Δύο από αυτούς περιγράφονται εδώ.

- ✓ Δείκτης Μουρεξίδιο (Murexide, ammoniumpurpurate): Αλλάζει το χρώμα από ροζ σε μωβ. Διαλύουμε 150 mg σκόνης σε 100 g απόλυτης αιθυλενικήςγλυκόλης (ethyleneglycol). Εάν προτιμάται η ξηρή σκόνη, αναμιγνύουμε 200 mg Μουρεξίδιο με 100 g στερεό NaCl και λειοτριβείται μέχρι μεγέθους 40 έως 50 mesh (0.3 – 0.4 mm). Τιτλοδοτούμε αμέσως μετά την προσθήκη του δείκτη διότι είναι ασταθής κάτω από αλκαλικές συνθήκες.
- ✓ Δείκτης ρυθμιστικός σε δισκία $[\text{NH}_4\text{Cl}+(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$: Προσθέτουμε ένα δισκίο δείκτη.
 - Πρότυπο διάλυμα τιτλοδότησης EDTA, 0.02 N: Διαλύουμε 3.723 gr EDTA disodium άλας σε αποσταγμένο νερό. Μεταφέρουμε το διάλυμα σε 1000 ml ογκομετρική φιάλη και αραιώνουμε μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο νερό. Ελέγχουμε την κανονικότητα με τιτλοδότηση πρότυπου διαλύματος ασβεστίου. Το διάλυμα φυλάσσεται σε πλαστική φιάλη. Ελέγχουμε περιοδικά λόγω βαθμιαίας υποβάθμισης του διαλύματος.
 - Πρότυπο διάλυμα ασβεστίου 0.02 N (400 mg/LCa^{2+}): Τοποθετούμε 1.000 g άνυδρο ανθρακικό ασβέστιο σε μία κωνική φιάλη 500 ml. Προσθέτουμε, λίγο κάθε φορά, 1+1 HCl έως ότου όλο το CaCO_3 διαλυθεί. Προσθέτουμε 200 ml αποσταγμένο νερό. Βράζουμε το διάλυμα για μερικά λεπτά ώστε να εξαχθεί το CO_2 . Έπειτα ψύχεται. Τέλος, το διάλυμα μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη 1 L και αραιώνεται με αποσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή.

Βαθμονόμηση τιτλοδότησης

Τοποθετούμε 10.0 ml πρότυπου διαλύματος Ca, 0.02 N σε κωνική φιάλη που περιέχει περίπου 50 ml αποσταγμένο νερό. Προσθέτουμε 1 ml ρυθμιστικό διάλυμα. Προσθέτουμε ποσότητα σκόνης δείκτη Μουρεξίδιο περίπου 0.2 g, την οποία έχουμε ζυγίσει μέσα σε κεραμική κάψα. Τιτλοδοτούμε αργά με συνεχή ανάδευση έως ότου το τελευταίο κοκκινωπό απαλό χρώμα εξαφανιστεί, προσθέτοντας τις τελευταίες μερικές σταγόνες σε χρονικά διαστήματα 3-5 δευτερολέπτων. Στο τελικό σημείο το χρώμα είναι μπλε. Η συνολική διάρκεια της τιτλοδότησης δεν πρέπει να υπερβεί τα 5 λεπτά από τη στιγμή προσθήκης του buffersolution.

$$N \text{ of EDTA} = \frac{0.2}{ml \text{ of EDTA}} \quad (3.5)$$

Ρυθμιστικό διάλυμα

Διαλύουμε 1.179 gr disodium EDTA (analytical reagent grade) και 644 mg $MgCl_2 \cdot H_2O$ (ή 780 mg $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) σε 50 ml αποσταγμένο νερό. Έπειτα, προσθέτουμε το διάλυμα αυτό σε μία ογκομετρική φιάλη 250 ml που περιέχει 16.9 gr NH_4Cl και 143 ml πυκνό NH_4OH με ανάδευση και τέλος αραιώνουμε μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο νερό.

Εναλλακτικά (όταν ο αριθμός των μηνιαίων αναλύσεων είναι μικρότερος από 50), διαλύουμε 0.4716 gr disodium EDTA (analytical reagent grade) και 257.6 mg $MgCl_2 \cdot H_2O$ (ή 312 mg $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) σε 20 ml αποσταγμένο νερό. Έπειτα, προσθέτουμε το διάλυμα αυτό σε μία ογκομετρική φιάλη 100 ml που περιέχει 6.76 gr NH_4Cl και 57.2 ml πυκνό NH_4OH με ανάδευση και τέλος αραιώνουμε μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο νερό.

Το αποθηκεύουμε σε σφιχτά κλεισμένη πλαστική φιάλη. Το διάλυμα είναι σταθερό για περίπου 1 μήνα. Διανέμουμε με σιφόνιο με πούαρ. Το πετάμε όταν 1 ή 2 ml τους buffer αποτυγχάνουν να ρυθμίσουν το pH του δείγματος σε 10.0 ± 0.1 .

Δείκτες

Δείκτης I: Αναμιγνύουμε μαζί 0.5 g Eriochrome Black T και 100 g NaCl. Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.

Δείκτης II: Αναμιγνύουμε 0.5 g EriochromeBlackT με 4.5 g hydroxylaminehydrochloride. Διαλύουμε σε 100 ml 95% αιθανόλη ή ισοπροπανόλη.

Διαδικασία Μετρήσεων

1. Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο του δείγματος των 50 ml που θα τιτλοδοτηθεί πρέπει να είναι 5 – 10 mg (δηλαδή 100 – 200 mg/LCa²⁺). Κατά συνέπεια, θα πρέπει να γίνει αραίωση για υψηλότερες συγκεντρώσεις ασβεστίου.
2. Εάν η αλκαλικότητα είναι > 300 mg/LCaCO₃ και δεν μπορεί να μειωθεί με αραίωση λόγω χαμηλής συγκέντρωσης ασβεστίου τότε πρέπει να ελαττωθεί με οξίνιση, ενός λεπτού βρασμού και ψύξη.
3. Τοποθετούμε 50.0 ml δείγματος σε κωνική φιάλη.
4. Προσθέτουμε 2.0 ml διαλύματος NaOH 4 N ή επαρκή όγκο ώστε να παραχθεί pH 12 έως 13 στο δείγμα όγκου 50 ml. Στα φυσικά νερά επαρκούν 2.0 ml NaOH 4 N ενώ στα οξινισμένα δείγματα ο όγκος του NaOH ανέρχεται σε 3.5 έως 4.0 ml.
5. Αναδεύουμε στο μαγνητικό αναδευτήρα. Προσθέτουμε ένα δισκίο του ρυθμιστικού δείκτη.
6. Τιτλοδοτούμε αμέσως με συνεχή ανάδευση μέχρι το τελικό σημείο, οπότε το δείγμα από κόκκινο γίνεται πράσινο. Ελέγχουμε ότι δεν γίνεται περαιτέρω αλλαγή του χρώματος προσθέτοντας 1 έως 2 σταγόνες τιτλοδότη μετά την καταγραφή της κατανάλωσης στο τελικό σημείο, σύμφωνα με την πρώτη εκτίμηση.
7. Τιτλοδοτούμε σιγά με συνεχή ανάδευση με EDTA μέχρι η τελευταία κοκκινωπή χροιά εξαφανιστεί. Κανονικά, το διάλυμα είναι μπλε στο τελικό σημείο.

Υπολογισμοί

$$\text{Ολικό ασβέστιο } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Ca} \right) = \frac{A \cdot N \cdot 20,040}{\text{ml sample}} \quad (3.6)$$

Όπου:

A = ml EDTA

N = κανονικότητα (N) του EDTA

$$\text{Σκληρότητα ασβεστίου } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3\right) = \frac{A \cdot N \cdot 50,000}{\text{ml sample}} \quad (3.7)$$

Όπου:

A = mlEDTA

N = κανονικότητα (N) του EDTA

3.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ

Έχοντας προσδιορίσει την ολική σκληρότητα, δηλαδή το άθροισμα των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου στα διάφορα δείγματα, και στη συνέχεια τη συγκέντρωση των ιόντων του ασβεστίου με τη μέθοδο της προηγούμενης ενότητας, είναι πολύ εύκολο να υπολογιστεί η περιεχόμενη ποσότητα των ιόντων μαγνησίου με αφαίρεση. Με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα ελέγχεται αν απαιτείται αραιώση ή όχι στα δείγματά μας.

3.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΑΤΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΛΙΟΥ

Ο προσδιορισμός των ιόντων Na^+ πραγματοποιήθηκε με την χρήση του φλογοφωτόμετρου στα 410 nm. Για την μετατροπή των ενδείξεων του οργάνου δημιουργείται καμπύλη με την χρήση πρότυπων διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης νατρίου εύρους 0-30ppm. Τα προς εξέταση δείγματα τα αραιώσαμε κατάλληλα, ώστε η συγκέντρωσή τους να βρίσκεται μέσα στο εύρος των τιμών του οργάνου.



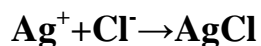
Εικόνα 3.4 Το φλογοφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις.

Στην μέθοδο αυτήν συγκεκριμένος όγκος δείγματος νερού τοποθετείται στις ειδικές γυάλινες κυβέτες προστίθεται το αντιδραστήριο και μετά την ανακίνηση και την πάροδο του απαραίτητου χρόνου τα τοποθετούσαμε στην ειδική υποδοχή του οργάνου για την μέτρηση.

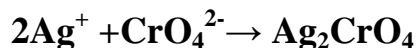
Ο προσδιορισμός των ιόντων K^+ πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο, όπως των ιόντων Na^+ , με τη μόνη διαφορά ότι το μήκος κύματος εδώ ήταν 770nm και το εύρος μέτρησης των δειγμάτων 0-10 ppm.

3.7 ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΟΝΤΩΝ ΧΛΩΡΙΟΥ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΜΟΗΡ.

Με τη μέθοδο του Mohr, ο προσδιορισμός των ιόντων χλωρίου (Cl^-) επιτυγχάνεται με την ογκομέτρησή τους σε αλκαλικό περιβάλλον με το διάλυμα AgNO_3 και με το χρωμικό κάλιο (5% w/v K_2CrO_4). Τα προστιθέμενα ιόντα αργύρου αντιδρούν με τα ιόντα χλωρίου με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός κιτρινόλευκου διαλύματος AgCl .



Όταν όλα τα ιόντα χλωρίου έχουν πλέον ενωθεί με τα πρώτα ιόντα αργύρου τα οποία έχουν προστεθεί, τα ιόντα αργύρου αρχίζουν να αντιδρούν με το χρωμικό κάλιο σχηματίζοντας ένα ροζ-καφεκίτρινο διάλυμα (Ag_2CrO_4).



Αυτό σημαίνει ότι τα ιόντα χλωρίου έχουν εξαντληθεί και συνεπώς σε αυτό το στάδιο της αντίδρασης, μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο των ιόντων χλωρίου.

Στο δείγμα του διαλύματος θα πρέπει να γίνει έλεγχος pH το οποίο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 7 και 10. Σε περίπτωση που το διάλυμα έχει μικρότερο pH γίνεται πρόσθεση μικρής ποσότητας διαλύματος NaOH , NH_3 , ή H_2SO_4 (1-2ml) και ελέγχεται με την προσθήκη μιας σταγόνας δείκτη φαινολοφθαλενης. Αν το pH είναι μεγαλύτερο του 8, η φαινολοφθαλεΐνη προσδίδει στο διάλυμα κόκκινο χρώμα. Η περιοχή pH στην οποία μεταβάλλεται το χρώμα του δείκτη είναι μεταξύ 8,2 και 10. Το pH δείχνει αν το νερό είναι όξινο ή αλκαλικό. Είναι γνωστό ότι νερά με $\text{pH} > 10$ ή $\text{pH} < 4$ προκαλούν ερεθισμό στα μάτια και στο δέρμα. Συγκεκριμένα το pH δεν δημιουργεί άμεσα πρόβλημα στην υγεία του ανθρώπου, αλλά επηρεάζει τη διαβρωτικότητα του νερού.

Υλικά και όργανα

- Προχοΐδα των 50 ml
- Κωνική φιάλη των 250 ml
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 100 ml
- Σιφόνιο των 100 ml
- Μαγνητικός αναδευτήρας

Αντιδραστήρια

- **Διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,01 N.** Παρασκευάζεται με διάλυση 1,6988 g AgNO_3 ανά λίτρο διαλύματος. Το διάλυμα αυτό διατηρείται σε σκιερό μέρος και η κανονικότητά του ελέγχεται με πρότυπα διαλύματα NaCl ή KCl 0.01N.
- **Δείκτης χρωμικού καλίου 5%.** Παρασκευάζεται με διάλυση 5 g K_2CrO_4 σε 100 ml νερού.
- **Διαλύματα H_2SO_4 , NaOH , Na_2CO_3 , NH_3 0.1N.**
- **Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης.** Παρασκευάζεται με διάλυση 0,5 g δείκτη ανά 100 ml διαλύματος αλκοόλης 50%.
- **Διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης σε Cl^- (0,01 N).** Παρασκευάζεται με διάλυση 0,5846 g NaCl σε 1L νερό.



Εικόνα 3.5 Μέτρηση ιόντων χλωρίου.

Διαδικασία προσδιορισμού

Από το δείγμα νερού, λαμβάνονται με το σιφόνιο 100 ml και μεταφέρονται σε κωνική φιάλη των 250 ml. Ακολουθεί η μέτρηση του pH, το οποίο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 7 και 10. Αν είναι μικρότερο, τότε προσθέτουμε διάλυμα (H_2SO_4 ή NaOH ή NH_3 1N) ώστε το pH του διαλύματος να γίνει $\text{pH} \approx 8,2$ για να γίνει η επεξεργασία.

Δηλαδή, προστίθενται σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης και αν το δείγμα παραμείνει άχρωμο, προστίθενται σταγόνες Na_2CO_3 0.1N, μέχρι να γίνει ρόδινο. Στη συνέχεια προστίθεται μια σταγόνα H_2SO_4 0.1N για να αποχρωματιστεί το δείγμα μας και γίνεται μέτρηση του pH ώστε $\text{pH} \approx 8,2$. Στο τέλος προστίθενται 3-5 σταγόνες δείκτη χρωμικού καλίου K_2CrO_4 στο διάλυμα και αυτό αποκτά κίτρινο χρώμα και ογκομετρείται με μεγάλη προσοχή με διάλυμα AgNO_3 0.01N μέχρι την αλλαγή του χρώματος σε ροζ-καφεκίτρινο.

Υπολογισμοί

Η συγκέντρωση του Cl^- σε mg/L στο νερό άρδευσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$[\text{Cl}^-] \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = [(A - B) \cdot N \cdot 35450] / \text{ml sample} \quad (3.8)$$

Όπου:

- A ml τιτλοδότησης για το δείγμα
- B ml τιτλοδότησης για τυφλό
- N = Η ακριβής κανονικότητα του προτύπου διαλύματος AgNO_3 που προσδιορίζεται τιτλοδοτώντας το με το ανωτέρω διάλυμα NaCl (0.01N).

3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

Η συγκέντρωση των θεικών ιόντων (SO_4^{2-}) μετράται με τη θολερομετρική μέθοδο. Για τον υπολογισμό των θεικών ιόντων εκμεταλλευόμαστε την απορρόφηση του φωτός από το αιωρούμενο στο νερό άλας θεικού βαρίου. Η απορρόφηση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την εξασθένηση της έντασης της διερχόμενης φωτεινής ακτινοβολίας από το δείγμα του νερού.

Γενικά η απουσία διαύγειας σε ένα υγρό δείγμα ονομάζεται θολότητα. Πιο συγκεκριμένα θολότητα είναι η αντίσταση του νερού στη διέλευση του φωτός και οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη λεπτόκοκκων σωματιδίων τα οποία βρίσκονται εν αιωρήσει μέσα στο νερό. Η θολότητα είναι η περισσότερο μεταβαλλόμενη παράμετρος ποιότητας του νερού, η οποία πολύ συχνά καθορίζει και τη μέθοδο επεξεργασίας που θα επιλεγεί για το νερό. Η μέτρηση της θολότητας του νερού είναι πολύ σημαντική γιατί τα σωματίδια που αιωρούνται στο νερό μπορεί να απορροφήσουν επιβλαβείς ουσίες. Επίσης αν υπάρχει θολότητα, η απολύμανση του νερού δεν είναι αποτελεσματική γιατί πολλοί παθογόνοι οργανισμοί εγκλωβίζονται στα σωματίδια που αιωρούνται και έτσι προστατεύονται από το απολυμαντικό.

Για τη μέτρηση χρησιμοποιείται φασματοφωτόμετρο. Το φασματοφωτόμετρο χρησιμοποιείται γενικά στα βιοχημικά εργαστήρια για τη μέτρηση της συγκέντρωσης ουσιών μέσα σε ένα υγρό διάλυμα. Το φως που χρησιμοποιείται στο φασματοφωτόμετρο επιλέγεται να έχει συγκεκριμένο μήκος κύματος ή έστω να ανήκει να ανήκει σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό το μήκος κύματος αντιστοιχεί στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που απορροφάται από τα μόρια της ουσίας την οποία θέλουμε να μετρήσουμε.

Το φως που παράγεται από ένα λαμπτήρα κατευθύνεται με μία ορισμένη ισχύ προς ένα υδατικό διάλυμα που περιέχει μία ουσία της οποίας θέλουμε να μετρήσουμε τη συγκέντρωση. Το υδατικό διάλυμα απορροφάει τμήμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και έτσι η ακτινοβολία που

απομακρύνεται από αυτό έχει ισχύ μικρότερη από την αρχική κατά A λόγω της απορρόφησης του φωτός από τη διαλυμένη ουσία.

Σύμφωνα με το νόμο Lambert-Beer Η απορρόφηση του φωτός (A) και η συγκέντρωση της ουσίας (C) συνδέονται με την σχέση:

$$A = a b C \quad (3.9)$$

όπου:

C είναι η συγκέντρωση της ουσίας σε g/l

b είναι το μήκος διανυθείσας διαδρομής μέσα στο διάλυμα (στην πράξη αντιστοιχεί στο πάχος της κυψελίδας που είναι συνήθως 1 cm)

a είναι σταθερά αναλογίας η οποία ονομάζεται απορροφητικότητα και εξαρτάται από τη διαλυμένη ουσία.

Τα μεγέθη a και b σε κάθε μέτρηση είναι σταθερά με αποτέλεσμα η απορρόφηση A να είναι ανάλογη της συγκέντρωσης C

Τα βασικά μέρη ενός φασματοφωτόμετρου είναι:

1. Η λυχνία παραγωγής φωτός (εκπομπός φωτός). Χρησιμοποιούνται διάφορες λυχνίες ανάλογα με το φάσμα του φωτός (UV, Vis, IR) που θέλουμε να παράγουμε (προσπίπτουσα ακτινοβολία).

2. Το όργανο παραγωγής μονοχρωματικής ακτινοβολίας. Όπως είπαμε η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που θα διέλθει από το διάλυμα πρέπει να έχει συγκεκριμένο μήκος κύματος τέτοιο ώστε να απορροφάται από την ουσία που θέλουμε να μετρήσουμε. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση ειδικών οργάνων όπως είναι οι α) μονοχρωμάτορες, β) φίλτρα γ) πρίσματα και δ) φράγματα περιθλάσεως.

3. Κυψελίδες. Οι κυψελίδες είναι μικρά γυάλινα κυλινδρικά ή ορθογώνια σωληνάκια μέσα στα οποία τοποθετείται το διάλυμα που θέλουμε να μετρήσουμε. Είναι συγκεκριμένου πάχους και διαμέτρου και κατασκευάζονται από διάφορα υλικά (όχι μόνο γυαλί) ανάλογα με το

χρησιμοποιούμενο μήκος κύματος. Οι κυβελίδες πρέπει να διατηρούνται σχολαστικά καθαρές αφού η παραμικρή ακαθαρσία θα επηρεάσει σημαντικά την μέτρηση μας.

4.Φωτοκύτταρο (ανιχνευτής φωτός). Είναι το όργανο που μετράει την ακτινοβολία που διέρχεται μέσα από το διάλυμα.



Εικόνα 3.6Φασματοφωτόμετρο.

Η θολερομετρική μέθοδος είναι εφαρμόσιμη στα πόσιμα και στα επιφανειακά νερά καθώς και στα υγρά απόβλητα. Είναι κατάλληλη ανεξάρτητα από την τιμή της συγκέντρωσης των θεικών ιόντων αλλά για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων χρησιμοποιούμε δείγμα που δεν περιέχει πάνω από $40\text{mgSO}_4/\text{L}$. Το ελάχιστο όριο ανίχνευσης είναι $4\text{mgSO}_4/\text{L}$.

Για την εφαρμογή της θολερομετρικής μεθόδου, τα θειικά ιόντα ενώνονται, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, με χλωριούχο βάριο (BaCl_2) ώστε να δημιουργηθούν κρύσταλλοι άλατος θεικού βαρίου (BaSO_4) ομοιόμορφου μεγέθους οι οποίοι αιωρούνται στο νερό.

Το φασματοφωτόμετρο ρυθμίζεται στα 420nm . Πρέπει να σημειωθεί ότι εάν ένα δείγμα περιέχει διαλυμένα υλικά και κυρίως υλικά που προσδίδουν χρώμα δημιουργούνται παρεμβολές στην τιμή που μετράει το φασματοφωτόμετρο. Επίσης, συγκεντρώσεις πυριτίου πάνω από 500mg/L προκαλούν παρεμβολές. Οι παρεμβολές μπορούν να μετρηθούν με χρήση τυφλών δειγμάτων χωρίς προσθήκη χλωριούχου βαρίου.

Υλικά και Όργανα

- Μαγνητικός αναδευτήρας μεταβλητής ταχύτητας ανάδευσης
- Μαγνητική ράβδος
- Φασματοφωτόμετρο
- Κυψελίδες των 10ml
- Χρονόμετρο (εκτός εάν διαθέτει ο αναδευτήρας)
- Κουτάλι μέτρησης χωρητικότητας 0.2 έως 0.3ml
- Κεραμική κάψα
- Εργαστηριακός ζυγός
- Σιφόνια
- Ογκομετρικές φιάλες
- Ποτήρια ζέσεως
- Αποσταγμένο νερό

Αντιδραστήρια

- Αλάτι ένυδρου χλωριούχου βαρίου $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Μαλακτικό (conditioning) αντιδραστήριο. Μέσα σε ποτήρι ζέσεως των 500ml βάζουμε 150ml αποσταγμένο νερό, 15ml πυκνό HCl , 50ml αιθανόλη ή ισοπροπανόλη 95% και 37.5g NaCl . Προσθέτουμε 25ml γλυκερίνης και ανακατεύουμε.
- Πρότυπο διάλυμα θειικών ιόντων από Na_2SO_4 . Διαλύουμε 147.9 mg άνυδρου από Na_2SO_4 σε αποσταγμένο νερό μέσα σε ογκομετρική φιάλη 1L. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει πρότυπο διάλυμα συγκέντρωσης $100\text{mgSO}_4/\text{L}$.

Μέτρηση πρότυπων διαλυμάτων-Βαθμονόμηση

Τυφλό δείγμα-μηδενισμός οργάνου

- Μέσα σε ποτήρι ζέσεως των 250 ml βάζουμε 50 ml αποσταγμένου νερού και 2.5 ml μαλακτικού και αναμιγνύουμε με το μαγνητικό αναδευτήρα.
- Μεταγγίζουμε 10 ml του παραπάνω διαλύματος σε κυψελίδα των 10 ml του φασματοφωτομέτρου.
- Ορίζουμε το μήκος κύματος στα 420nm και τοποθετούμε την κυψελίδα στο φασματοφωτόμετρο.
- Πατάμε το κουμπί Zero για να επιτύχουμε το μηδενισμό του οργάνου.

Παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων

- Από το πρότυπο διάλυμα των $100\text{mgSO}_4/\text{L}$ παρασκευάζουμε πρότυπα διαλύματα 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 mgSO_4/L με αραιώση.

Μέτρηση πρότυπων διαλυμάτων

- Μέσα σε ποτήρι ζέσεως των 250ml τοποθετούμε 50ml πρότυπου διαλύματος και 2.5ml μαλακτικού αντιδραστήριου και αναμιγνύουμε στο μαγνητικό αναδευτήρα.
- Κατά τη διάρκεια της ανάμιξης προσθέτουμε 0.45g BaCl_2 και συνεχίζουμε την ανάμιξη για ακριβώς 1 λεπτό με σταθερή ταχύτητα.

- Μεταγγίζουμε το διάλυμα στην κυψελίδα και μετράμε ακριβώς 5 λεπτά.
- Τοποθετούμε την κυψελίδα στο φασματοφωτόμετρο και καταγράφουμε τη μέτρηση απορρόφησης.
- Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα για όλα τα πρότυπα διαλύματα που έχουμε παρασκευάσει.
- Με βάση τις παραπάνω μετρήσεις κατασκευάζουμε το διάγραμμα απορρόφησης-συγκέντρωσης. Υπολογίζουμε τη γραμμική σχέση μεταξύ απορρόφησης και συγκέντρωσης.

Διαδικασία Μετρήσεων

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ίδια με τη μέτρηση των πρότυπων διαλυμάτων. Εάν η τιμή απορρόφησης που διαβάζουμε στο φασματοφωτόμετρο είναι μεγαλύτερη από 1.15abs, αραιώνουμε το δείγμα ώστε η απορρόφηση να φτάσει περίπου στις 0.50abs. Ελέγχουμε την αξιοπιστία της καμπύλης βαθμονόμησης μετρώντας ένα πρότυπο διάλυμα κάθε 3-4 δείγματα.

Υπολογισμοί

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση της καμπύλης βαθμονόμησης μετατρέπουμε την τιμή της απορρόφησης σε τιμή συγκέντρωσης (mgSO_4/L). Εάν έχει προηγηθεί αραιώση του δείγματος, τότε πολλαπλασιάζουμε την υπολογισθείσα συγκέντρωση με τον συντελεστή αραιώσης.

3.9 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση των νιτρικών στο εργαστήριο βασίζεται στην αναγωγή με κάδμιο. Η επίδραση του καδμίου επί των νιτρικών προκαλεί τη ποσοτική μετατροπή τους σε νιτρώδη. Τα νιτρώδη αντιδρούν σε όξινο περιβάλλον με το σουλφονικό οξύ, για να δώσουν ένα ενδιάμεσο διαζωνικό άλας. Στη συνέχεια, η αντίδραση με το N-ethylenediamine μας δίνει ένα έγχρωμο σύμπλοκο. Στη θέση του N-ethylenediamine χρησιμοποιήθηκε το gentisticacid, που σχηματίζει τελικά ένα σύμπλοκο κίτρινου χρώματος.

Η ένταση του χρώματος του συμπλόκου αποτελεί μέτρο της συγκέντρωσης των νιτρικών στο δείγμα και μετριέται με το φασματοφωτόμετρο, με δίοδο του φωτός μήκους κύματος 550nm, από κυβέτα. Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται με τη δημιουργία καμπύλης ενδείξεων του οργάνου- συγκεντρώσεων πρότυπων διαλυμάτων.

Στα νιτρώδη έχουμε την εμφάνιση ενός κόκκινου-ροζ χρώματος με την δημιουργία δεσμού από sulfanilicdiazotizedmeN-αιθυλενοδιαμίνη. Ουσιαστικά ακολουθούμε την ίδια συλλογιστική πορεία εκτέλεσης με την προηγούμενη μέθοδο αλλάζοντας μόνο τα αντιδραστήρια που προσθέτουμε. Αν οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων είναι μεγαλύτερες από το εύρος της μεθόδου γίνεται αραίωση.

3.10ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΙΔΗΡΟΥ

Ο φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός ιχνοποσοτήτων κατιόντων διαφόρωνμετάλλων βασίζεται στην συμπλοκοποίηση τους με ειδικά οργανικά αντιδραστήρια.

Προτιμώνται αντιδραστήρια τα οποία έχουν τις παρακάτω ιδιότητες:

- (i) να είναι εκλεκτικά ως προς το προσδιοριζόμενο μεταλλοκατιόν
- (ii) να αντιδρούν ταχύτατα μαζί τους προς σχηματισμό σταθερών συμπλόκων
- (iii) να μην επηρεάζεται η θέση της ισορροπίας στην αντίδραση συμπλοκοποίησης από μικρές μεταβολές στις πειραματικές συνθήκες, όπως το pH, η ιονική ισχύ, η θερμοκρασία κ.τ.λ.

Το σχηματιζόμενο σύμπλοκο θα πρέπει:

- (i) να έχει μεγάλη τιμή μοριακής απορρόφησης (ϵ) στο υπεριώδες ή το ορατό φάσμα
- (ii) να υπακούει στον νόμο του Beer για μία ευρεία περιοχή συγκεντρώσεων και
- (iii) το φάσμα απορρόφησης του να μην επικαλύπτει τα φάσματα απορρόφησης του υποκατάστατη και του μεταλλοκατιόντος

Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου αντιδραστηρίου για τα κατιόντα του δισθενήσιδήρου είναι η 1,10-φαινανθρολίνη (και τα παράγωγά της), $C_{12}H_8N_2$. Η φαινανθρολίνη αντιδρά με το ιόν του Fe(II) προς σχηματισμό του συμπλόκου $[Fe(C_{12}H_8N_2)_3]^{2+}$, το οποίο ονομάζεται *φερροΐνη* και έχει κόκκινο χρώμα. Το σύμπλοκο αυτό είναι πολύ σταθερό και παρουσιάζει σε μήκος κύματος $\lambda=510$ nm έντονη απορρόφηση ($\epsilon = 1,27 \times 10^4$). Η απορρόφηση αυτή είναι πρακτικά ανεξάρτητη του pH στην περιοχή 2-9 και μεταβάλλεται λίγο με το μήκος κύματος στην περιοχή 460-520 nm.

Υπάρχουν κάποια ιόντα τα οποία δρουν παρεμποδιστικά για τον ποσοτικό προσδιορισμό του σιδήρου, είτε σχηματίζοντας συμπλόκα με την φαινανθρολίνη (Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} κ.τ.λ.) ή με τον σίδηρο (CN^- , F^- , PO_4^{3-}), είτε καθιζάνοντας σαν αδιάλυτες ενώσεις (Ag^+ , Bi^{3+} , κ.τ.λ.). Με την χρήση καλυπτικών αντιδραστηρίων αίρεται η παρεμποδιστική δράση πολλών κατιόντων, όπως π.χ. με μίγμα κιτρικού οξέος και EDTA για τα ιόντα Ag^+ , Cu^{2+} και Ni^{2+} .

Αντιδραστήρια

α. Αποσταγμένο νερό (χωρίς ίχνη σιδήρου)

β. Υδροχλωρικό οξύ πυκνό, HCl, περιεκτικότητας < 0,00005% σε σίδηρο

γ. Διάλυμα υδροξυλαμίνης 10%: Διαλυτοποίηση 10g NH₂OH.HCl σε 100mL αποσταγμένου νερού

δ. Ρυθμιστικό διάλυμα οξικού αμμωνίου: Διαλυτοποιούμε 250 g NH₄C₂H₃O₂ σε 150 mL αποσταγμένο νερό. Προσθέτουμε 700 mL παγόμορφο οξικό οξύ.

ε. Διάλυμα οξικού νατρίου: 2M (1L)

στ. Διάλυμα φαινανθρολίνης: Διαλυτοποιούμε 100 mg 1,10-phenanthroline hydrochloride σε 100 mL αποσταγμένου νερού με συνεχή ανάδευση.

ζ. Διάλυμα εργασίας σιδήρου (stock iron solution) με περιεκτικότητα 200μg Fe/ 1.00 mL διαλύματος. Χρησιμοποιούμε θειικό ή εναμμώνιο θειικό σίδηρο, δηλ. προσθέτουμε 2mL

πυκνού H₂SO₄(πολύ προσεκτικά) σε λίγο αποσταγμένο νερό και διαλυτοποιούμε το άλας του σιδήρου. Προσθέτουμε σε σταγόνες 0,1N KMnO₄ για μόνιμη εμφάνιση ελαφρώς ροζ χρώματος (100mL stock solution).

η. Πρότυπα διαλύματα σιδήρου, (1,00 mL = 10,0 μgFe). Πρέπει να παρασκευάζονται καθημερινά με αραιώση του διαλύματος εργασίας, καθώς δεν είναι σταθερά. Παίρνουμε μεσιφώνιο 5 mL από το διάλυμα εργασίας σε μία ογκομετρική φιάλη των 100 mL και αραιώνουμε μέχρι την χαραγή με αποσταγμένο νερό.

Διαδικασία Μετρήσεων

A. Κατασκευή της πρότυπης καμπύλης (καμπύλη αναφοράς)

Παρασκευάζουμε διαλύματα 1 έως 5 μgFe /mL τελικού διαλύματος παίρνοντας με σιφώνιο 5,0, 7,5, 10,0, 12,5, 15,0, 20,0, 22,5 και 25,0 mL από το πρότυπο διάλυμα σε ογκομετρικές φιάλες των 10 mL. Προσθέτουμε 0,1 mL διαλύματος NH₄OH.HCl και 5 σταγόνες διαλύματος οξικού νατρίου σε κάθε φιάλη. Διαλύουμε με αποσταγμένο νερό περίπου στα 7 mL, προσθέτουμε 5 mL διαλύματος φαινανθρολίνης και αραιώνουμε στα 10 mL. Αναμιγνύουμε πολύ καλά και αφήνουμε το διάλυμα να παραμείνει για 10 min.

Μετράμε την απορρόφηση κάθε διαλύματος στα 510 nm ως προς αποσταγμένο νερό (μάρτυρας). Αντιστοιχώντας την μετρούμενη τιμή απορρόφησης έναντι της συγκέντρωσης (μgFe /mL) για κάθε πρότυπο διάλυμα φτιάχνουμε την καμπύλη αναφοράς ή πρότυπη καμπύλη.

B. Υπολογισμός της συνολικής συγκέντρωσης Σιδήρου σε άγνωστο διάλυμα

Αναμιγνύουμε το δείγμα πολύ καλά και στην συνέχεια παίρνουμε με σιφόνιο 5,0 mL σε μια φιάλη των 25 mL. Προσθέτουμε 0,5 mL πυκνό HCl και 0,1 mL διαλύματος υδροξυλαμίνης. Προσθέτουμε μερικά γυάλινα σφαιρίδια (glassbeads) και θερμαίνουμε μέχρι βρασμού (συνεχίζουμε τον βρασμό μέχρι να πάρουμε τελικό όγκο διαλύματος 1-2 mL).

Ψύχουμε σε θερμοκρασία δωματίου και μεταφέρουμε σε ογκομετρική φιάλη των 10 mL. Προσθέτουμε 1 mL ρυθμιστικού διαλύματος οξικού αμμωνίου, 1-2 mL διαλύματος φαινανθρολίνης και αραιώνουμε με απεσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή. Αναμιγνύουμε καλά και αφήνουμε το διάλυμα για 10 έως 15 min ώστε να έχουμε μέγιστη ανάπτυξη του χρώματος.

Φωτομετρούμε στα 510 nm χρησιμοποιώντας σαν "τυφλό" διάλυμα που περιέχει όλα τα παραπάνω αντιδραστήρια εκτός από σίδηρο. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία τρεις φορές και μέσω της καμπύλης αναφοράς υπολογίζουμε την συνολική συγκέντρωση του σιδήρου στο άγνωστο διάλυμα.

Γ. Υπολογισμός της συγκέντρωσης Σιδήρου (II) σε άγνωστο διάλυμα

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του Fe(II), προσθέτουμε 0,2 mL πυκνού HCl σε 5 mL δείγματος ώστε να αποφευχθεί η οξείδωση. Προσθέτουμε 2 mL διαλύματος φαινανθρολίνης και 1 mL διαλύματος οξικού αμμωνίου με συνεχή ανάδευση. Αραιώνουμε στα 10 mL και φωτομετρούμε σε χρονικό διάστημα 10 min.

Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία τρεις φορές και μέσω της καμπύλης αναφοράς υπολογίζουμε την συγκέντρωση του Σιδήρου (II) στο άγνωστο διάλυμα.

Υπολογισμοί

Βάσει των πειραματικών μας αποτελεσμάτων, τα οποία καταγράφονται σε πίνακα κατασκευάζουμε την πρότυπη καμπύλη ή καμπύλη αναφοράς με τις μετρούμενες τιμές στην απορρόφηση στον άξονα των y και τις γνωστές τιμές στην συγκέντρωση ή τη μάζα στον άξονα των x.

Με βάση την εξίσωση που προέκυψε από την καμπύλη αναφοράς, αλλά και γραφικά, υπολογίζουμε την συγκέντρωση του ολικού σιδήρου στο άγνωστο διάλυμα.

3.11 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ

Για τον προσδιορισμό του μαγγανίου στο νερό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος PAN. Η μέθοδος αυτή είναι μία γρήγορη και ιδιαίτερα ακριβής πειραματική διαδικασία για τον προσδιορισμό μικρών ποσοτήτων μαγγανίου. Αρχικά χρησιμοποιείται ασκορβικό οξύ για την αναγωγή όλων των οξειδωμένων μορφών του μαγγανίου σε Mn^{2+} . Στη συνέχεια προστίθεται αντιδραστήριο κυανιούχου αλκαλίου για την αποφυγή παρεμβολών. Τέλος, προστίθεται ο δείκτης PAN ο οποίος παρουσία των ιόντων Mn^{2+} σχηματίζει ένα σύμπλοκο πορτοκαλί χρώματος. Οι μετρήσεις γίνονται στα 560 nm.

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον πίνακα 4.1 είναι συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων για όλα τα δείγματα που συλλέχθηκαν.

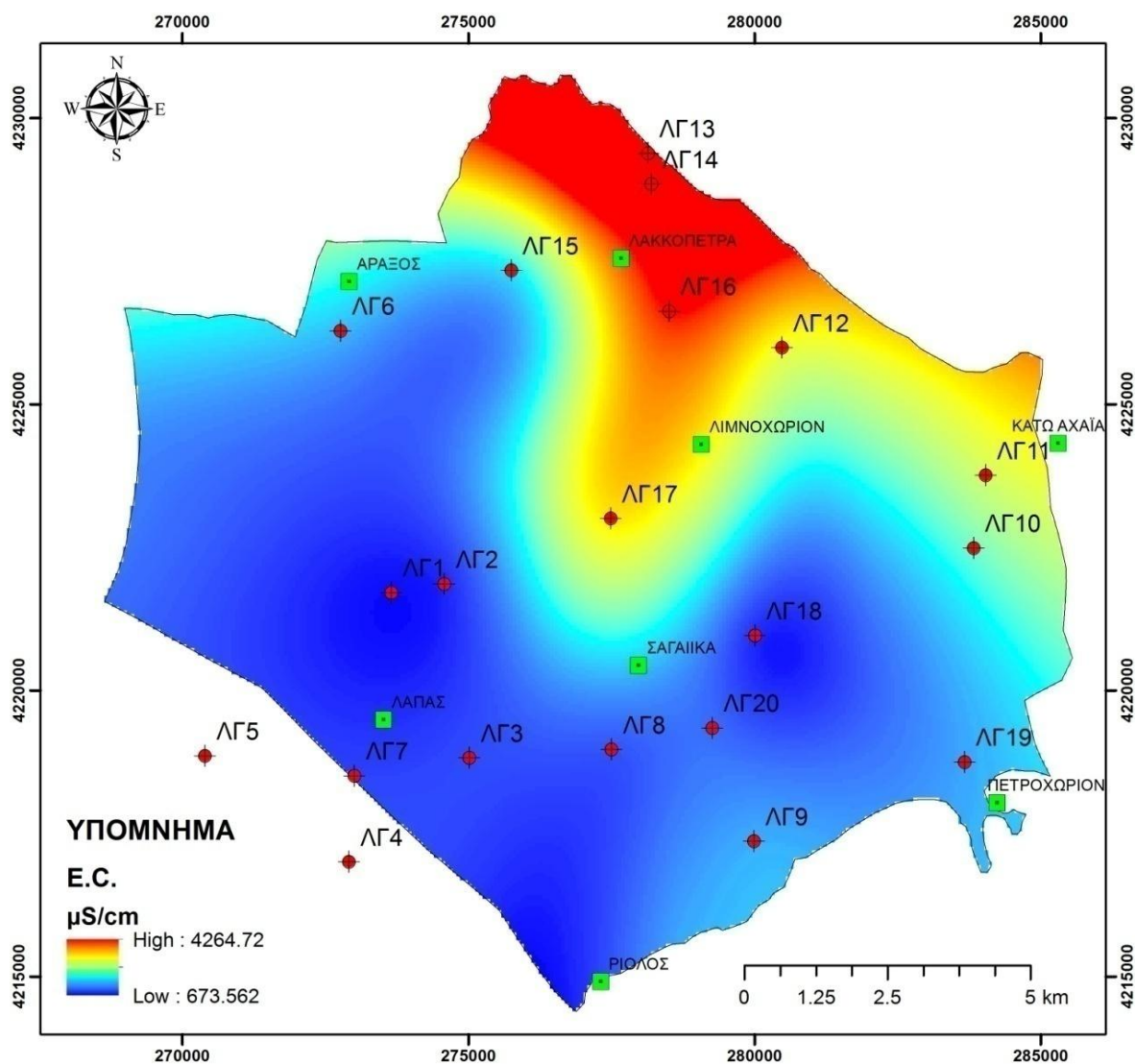
Στους χάρτες της ΛΑΠ Πείρου-Βέργα-Πηνειού που ακολουθούν δείχνονται παραστατικά οι περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένες τιμές των παραπάνω παραμέτρων σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

Στο σχήμα 4.1 βλέπουμε το χάρτη της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Στην περιοχή που είναι σημειωμένη με κόκκινο χρώμα (περιοχή Λακκόπετρας) οι τιμές της αγωγιμότητας είναι αυξημένες ενώ στην περιοχή που είναι σημειωμένη με μπλε χρώμα οι τιμές της αγωγιμότητας βρίσκονται εντός των φυσιολογικών επιπέδων.

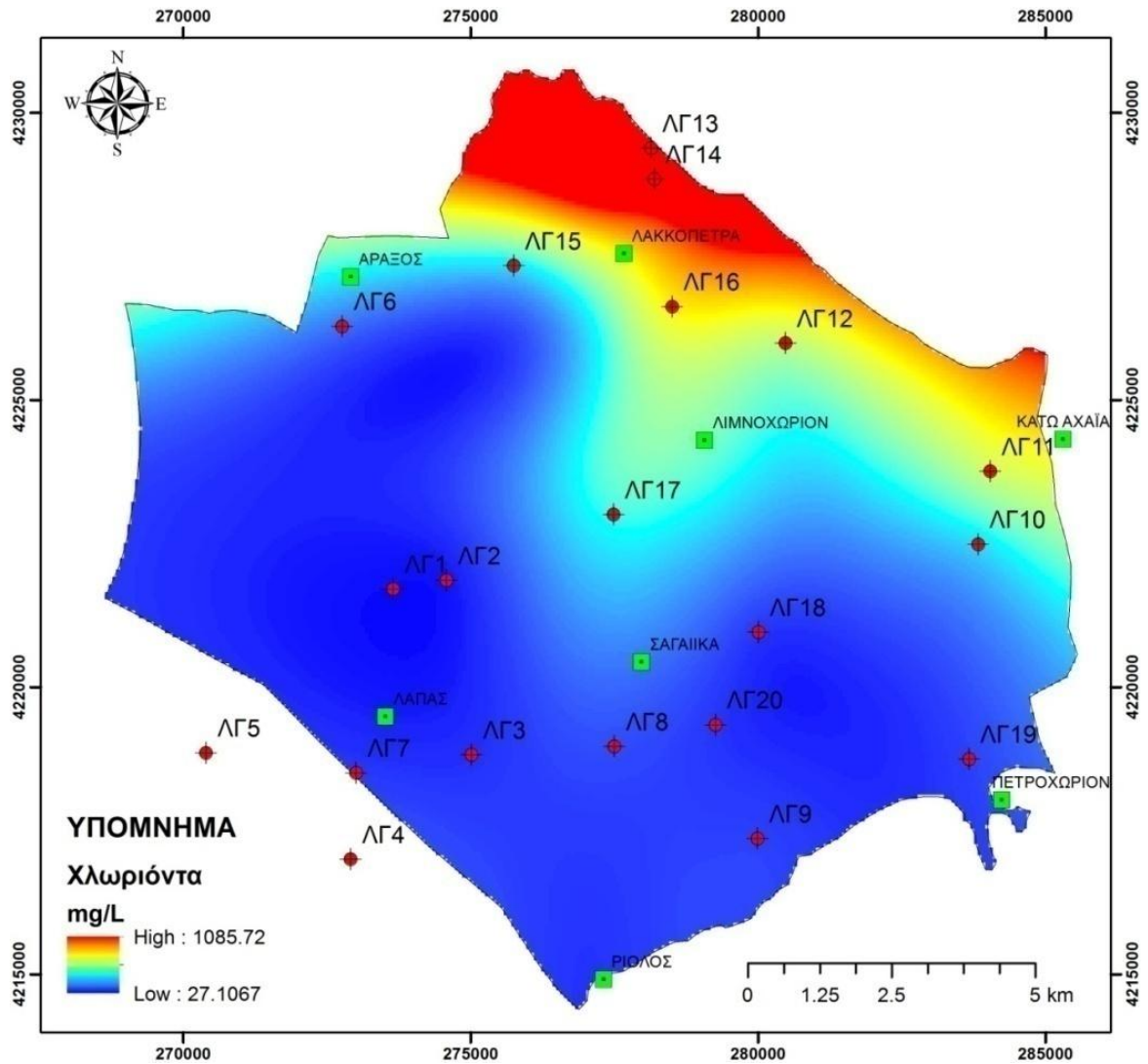
Η αύξηση της αγωγιμότητας συνδέεται με την παλαίωση μιας υδάτινης μάζας εξαιτίας της αύξησης των θρεπτικών συστατικών της (ευτροφισμός). Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα στα γλυκά νερά τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική παραγωγικότητα και η συσσώρευση ιόντων σε αυτή. Όταν απόβλητα και ρύποι εισέρχονται σε μια υδάτινη μάζα τροποποιούν την αγωγιμότητα. Ειδικά αν οι ρύποι περιλαμβάνουν ιόντα όπως ανθρακικά, θειικά, χλωρίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου και φωσφόρου. Απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού αποτελεί ένδειξη ρύπανσης.

Πίνακας 4.1 Πειραματικά αποτελέσματα

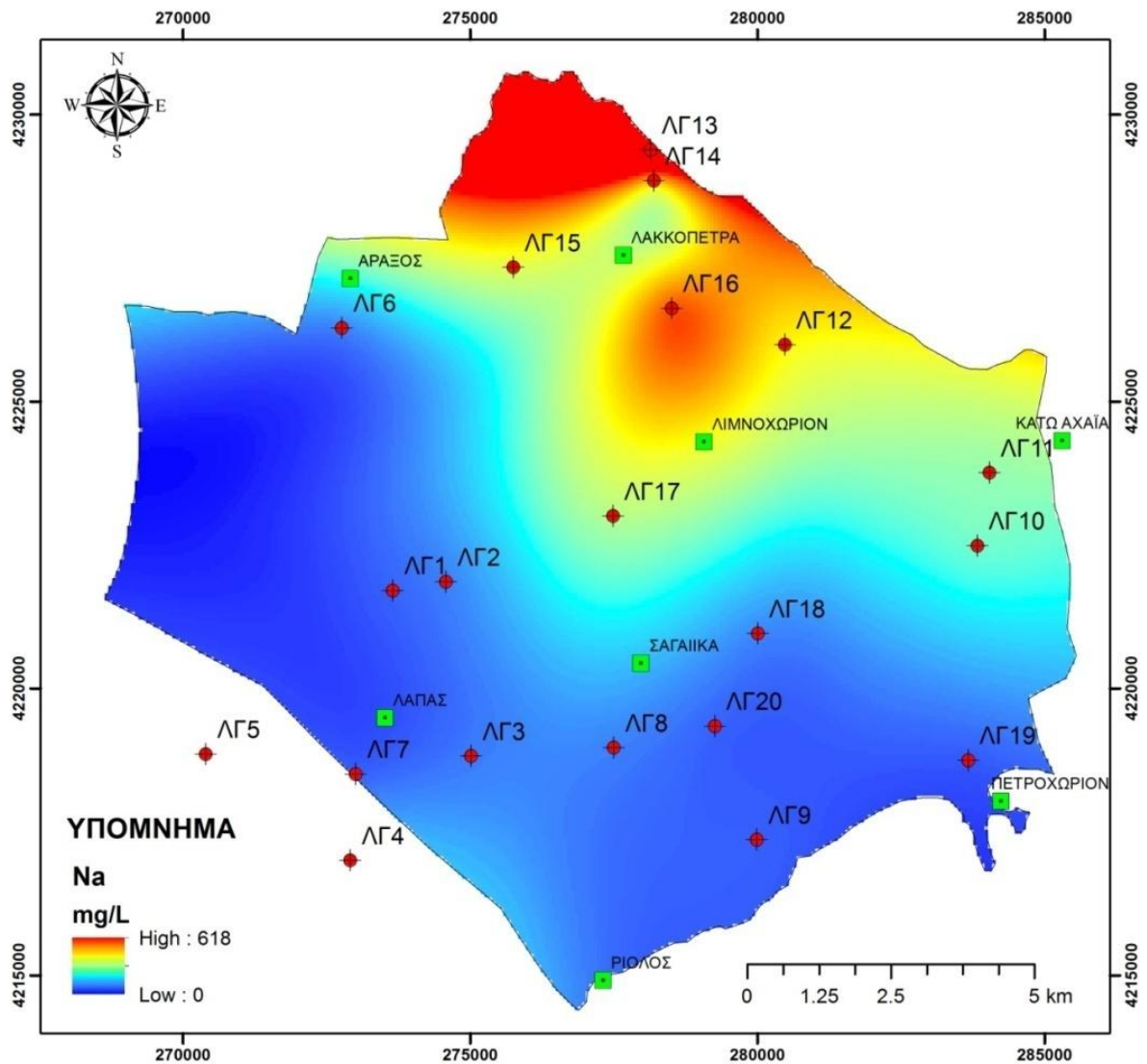
Κωδικός	xcoord	Ycoord	E.C.	Σκληρότητα	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	T. Fe	T. Mn	SAR
			μS/cm	mg/L CaCO ₃	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
ΛΓ1	273657	4221716	680	292	85	19,4	21,2	1,3	352,6	28,4	0	4,43	0,003	0,17	0,108	0,54
ΛΓ2	274584	4221862	732	304	109	7,7	32,2	1,6	368,4	32,0	0	0,00	0,007	0,32	0,060	0,80
ΛΓ3	275021	4218826	823	360	112	19,5	29,4	0,7	411,1	44,4	4	2,21	0,000	0,03	0,100	0,67
ΛΓ4	272918	4217007	849	244	236	0,0	69,3	0,9	360,0	76,3	4	0,44	0,000	0,2	0,094	1,24
ΛΓ5	270399	4218862	860	380	106	28,1	26,9	0,9	411,1	55,0	4	1,33	0,007	0,04	0,157	0,60
ΛΓ6	272769	4226292	1122	412	122	26,1	33,7	3,9	73,2	85,2	129	124,00	0,003	0	0,028	0,72
ΛΓ7	273012	4218512	803	484	138	33,9	20,5	0,5	423,3	49,7	59	3,10	0,016	0,04	0,104	0,41
ΛΓ8	277507	4218972	850	364	91	33,3	32	0,8	363,6	62,0	13	1,33	0,007	0,06	0,041	0,73
ΛΓ9	279997	4217368	1087	516	149,1	35,0	19,4	0,4	377,0	55,0	69	42,07	0,010	0	0,020	0,37
ΛΓ10	283839	4222494	1423	508	147,5	34,0	93	0,4	394,1	147,3	85	34,10	0,003	0,07	0,037	1,79
ΛΓ11	284051	4223765	1704	636	162	56,4	104,4	4,3	356,0	255,6	117	0,00	0,062	0,08	0,286	1,80
ΛΓ12	280483	4225998	1842	584	168	40,0	162,3	4,4	377,0	243,2	115	58,01	0,013	0	0,027	2,92
ΛΓ13	278144	4229394	3954	980	271	73,8	414	7,8	332,0	896,4	190	91,23	0,010	0,03	0,038	5,75
ΛΓ14	278202	4228855	3305	1140	357,5	60,1	189	3,5	287,0	621,0	161	200,17	0,016	0,01	0,065	2,43
ΛΓ15	275757	4227347	1242	312	128	0,0	142	9,4	346,5	154,4	66	0,00	0,026	0,04	0,043	3,45
ΛΓ16	278512	4226633	2520	724	192,4	59,3	224,5	1,7	355,0	310,6	245	118,24	0,020	0,03	0,000	3,63
ΛΓ17	277493	4223012	1954	712	210	45,6	117	20,4	238,0	174,0	225	152,34	0,013		0,052	1,91
ΛΓ18	280016	4220963	741	348	133	3,8	34,4	3,2	317,0	48,0	19	0,00	0,000	0,09	0,112	0,80
ΛΓ19	283678	4218755	1070	540	144,3	43,7	17	0,9	348,0	55,0	72	48,71	0,020	0,04	0,021	0,32
ΛΓ20	279269	4219349	917	436	131,5	26,2	20,5	0,8	349,0	48,0	60	3,10	0,010	0,07	0,026	0,43



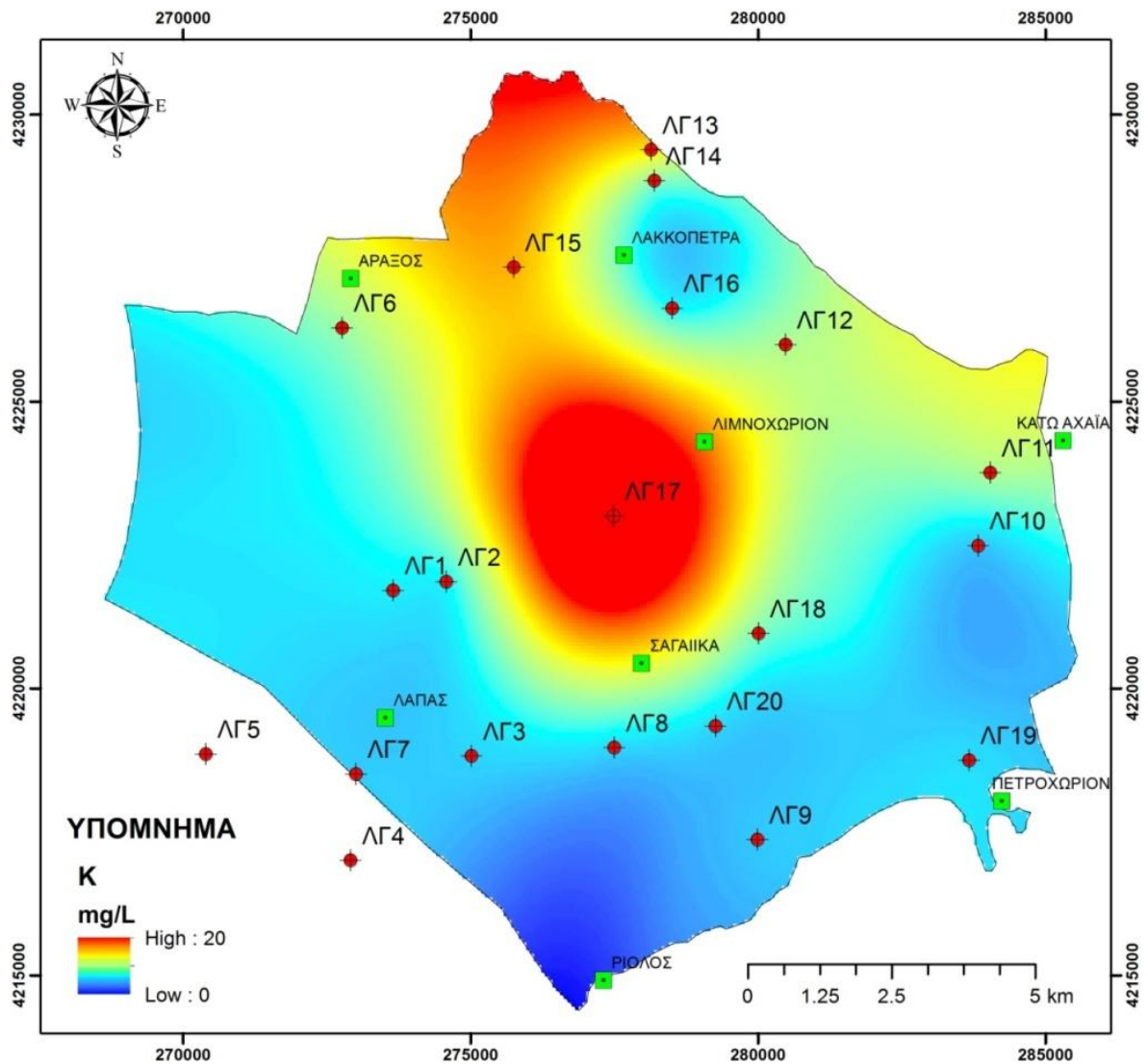
Σχήμα 4.1 Χάρτης κατανομής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή της Λακκόπετρας (γεωτρήσεις ΛΓ13, ΛΓ14, ΛΓ16). Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



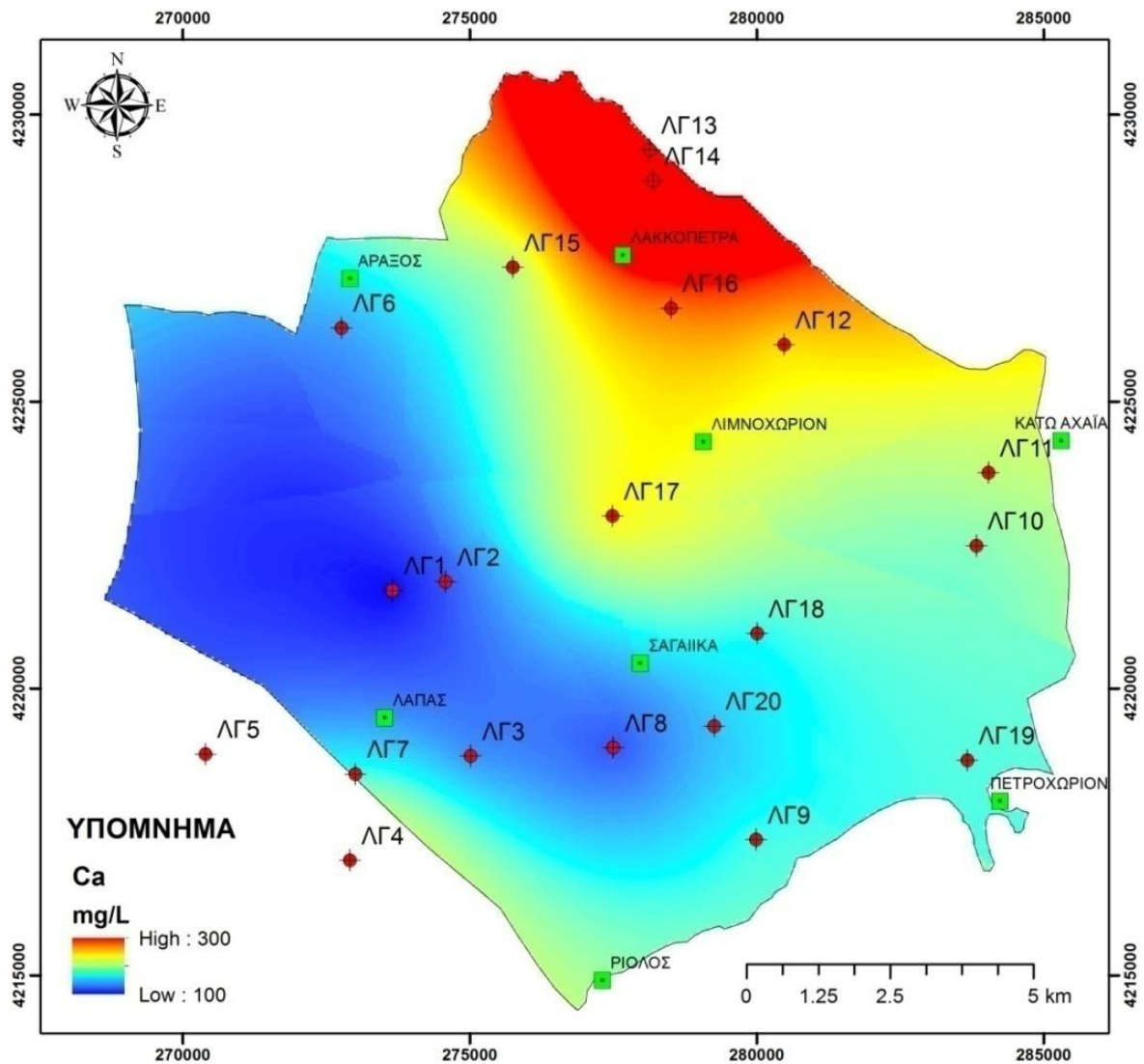
Σχήμα 4.2 Χάρτης κατανομής των χλωριόντων στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή βόρεια της Λακκόπετρας (γεωτρήσεις ΛΓ13, ΛΓ14). Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



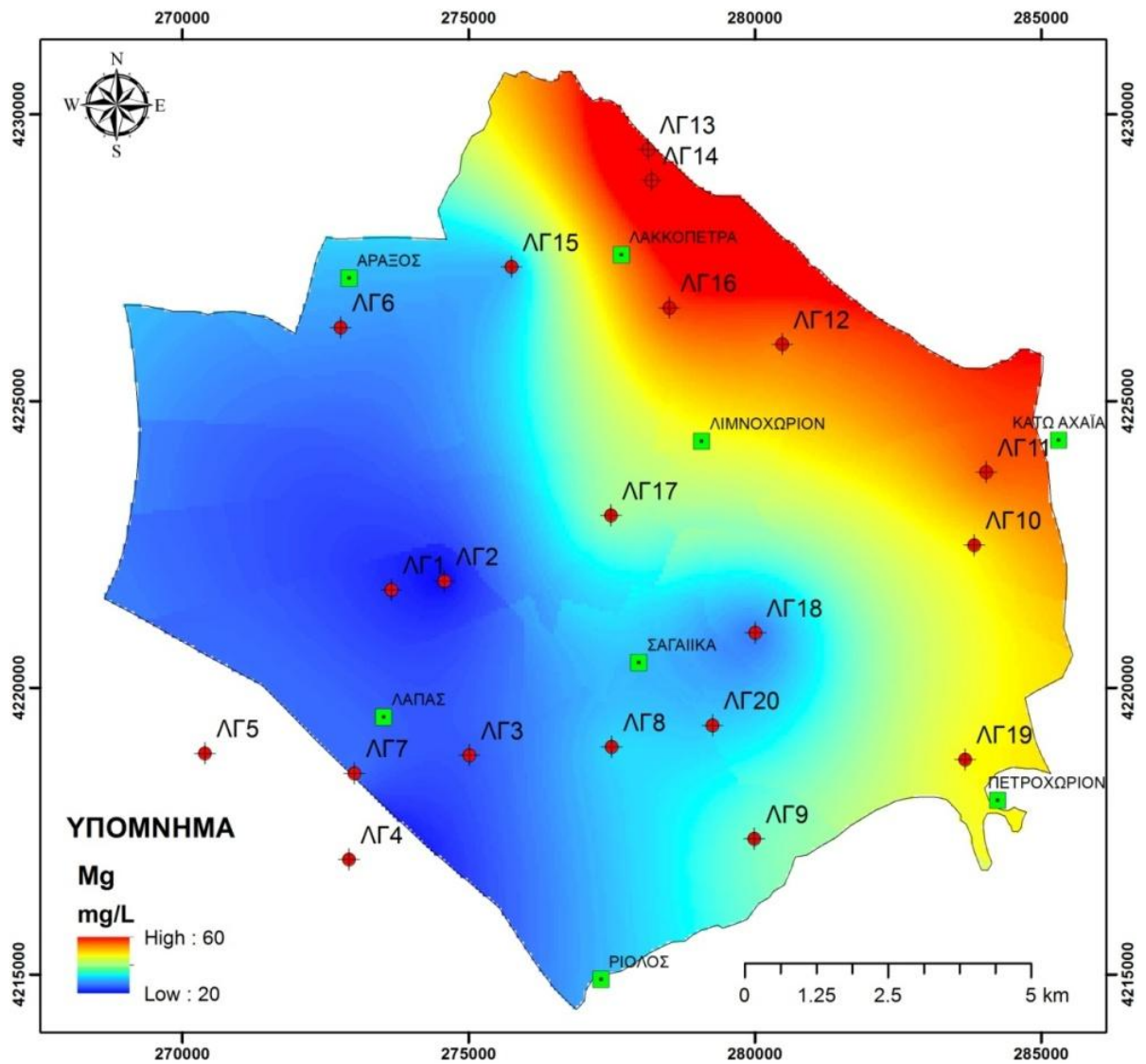
Σχήμα 4.3 Χάρτης κατανομής του νατρίου στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή βόρεια της Λακκόπετρας (γεωτρήσεις ΛΓ13, ΛΓ14). Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



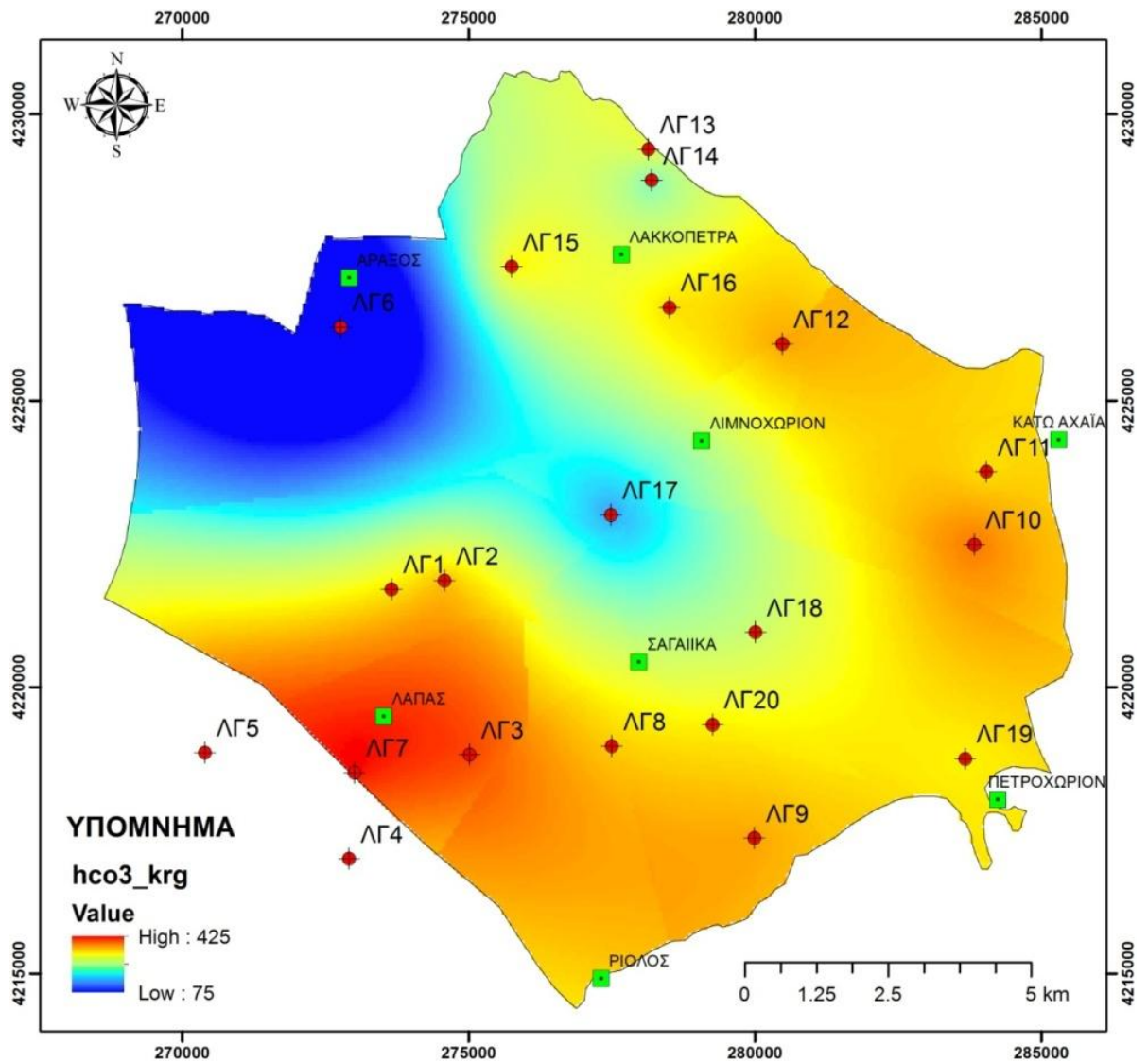
Σχήμα 4.4 Χάρτης κατανομής του καλίου στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή του Λιμνοχωρίου (γεώτρηση ΛΓ17). Στην περιοχή του Ριόλου (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



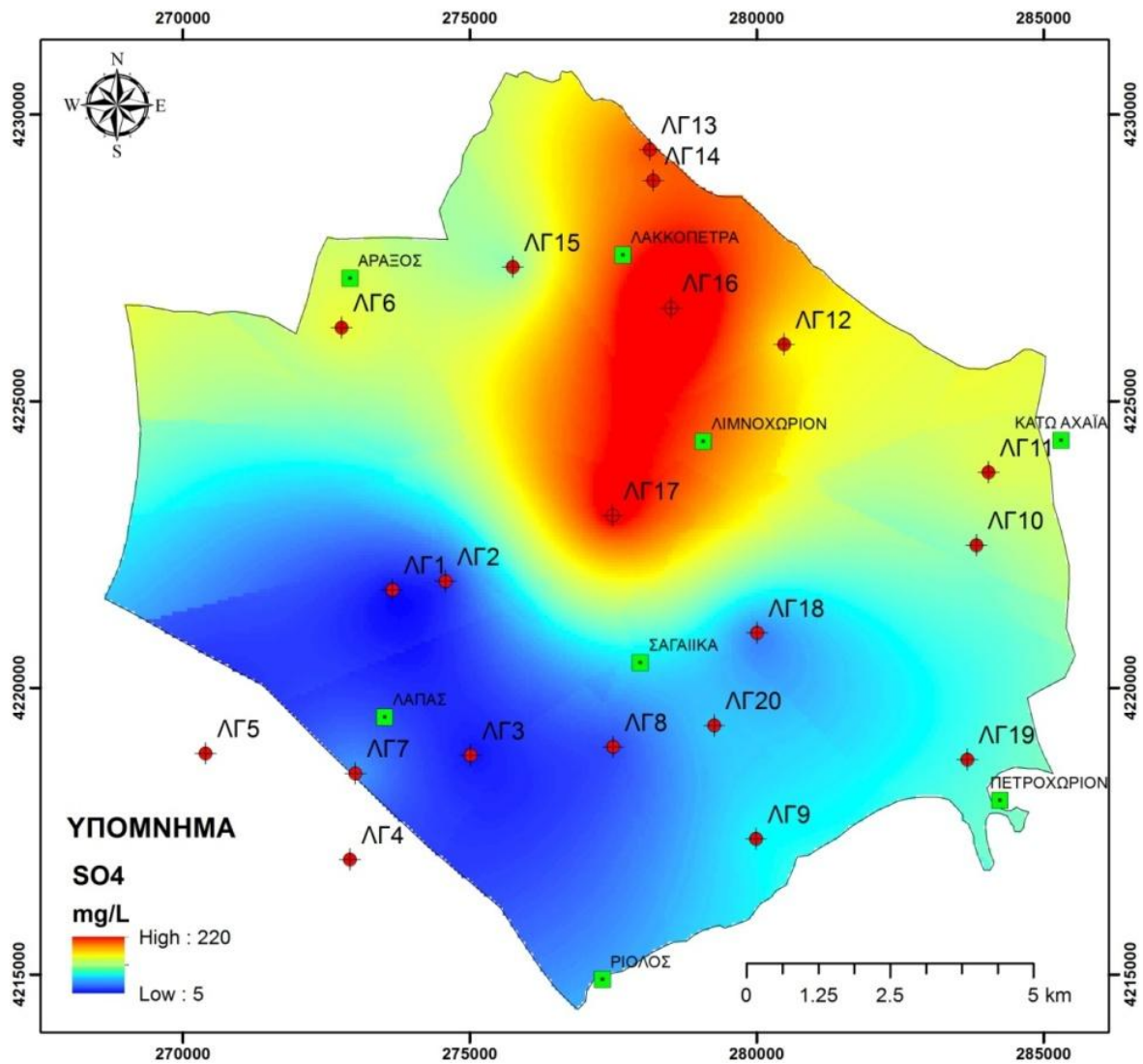
Σχήμα 4.5 Χάρτης κατανομής του ασβεστίου στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή της Λακκόπετρας (γεωτρήσεις ΛΓ13, ΛΓ14). Στην περιοχή νότια του Αράξου (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



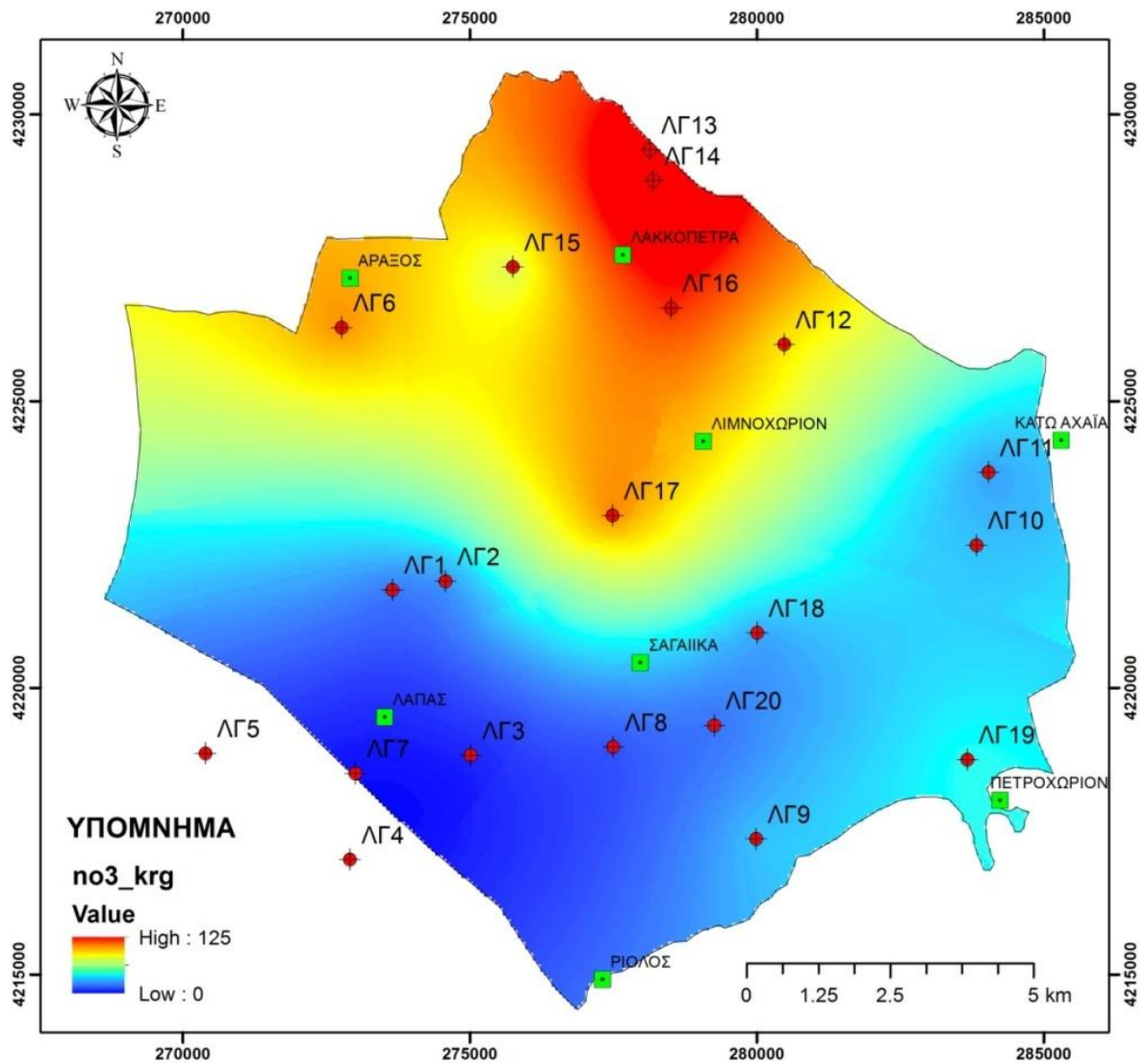
Σχήμα 4.6 Χάρτης κατανομής του μαγνησίου στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή της Λακκόπετρας (γεωτρήσεις ΛΓ13, ΛΓ14, ΛΓ16). Στην περιοχή του Λάπα (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



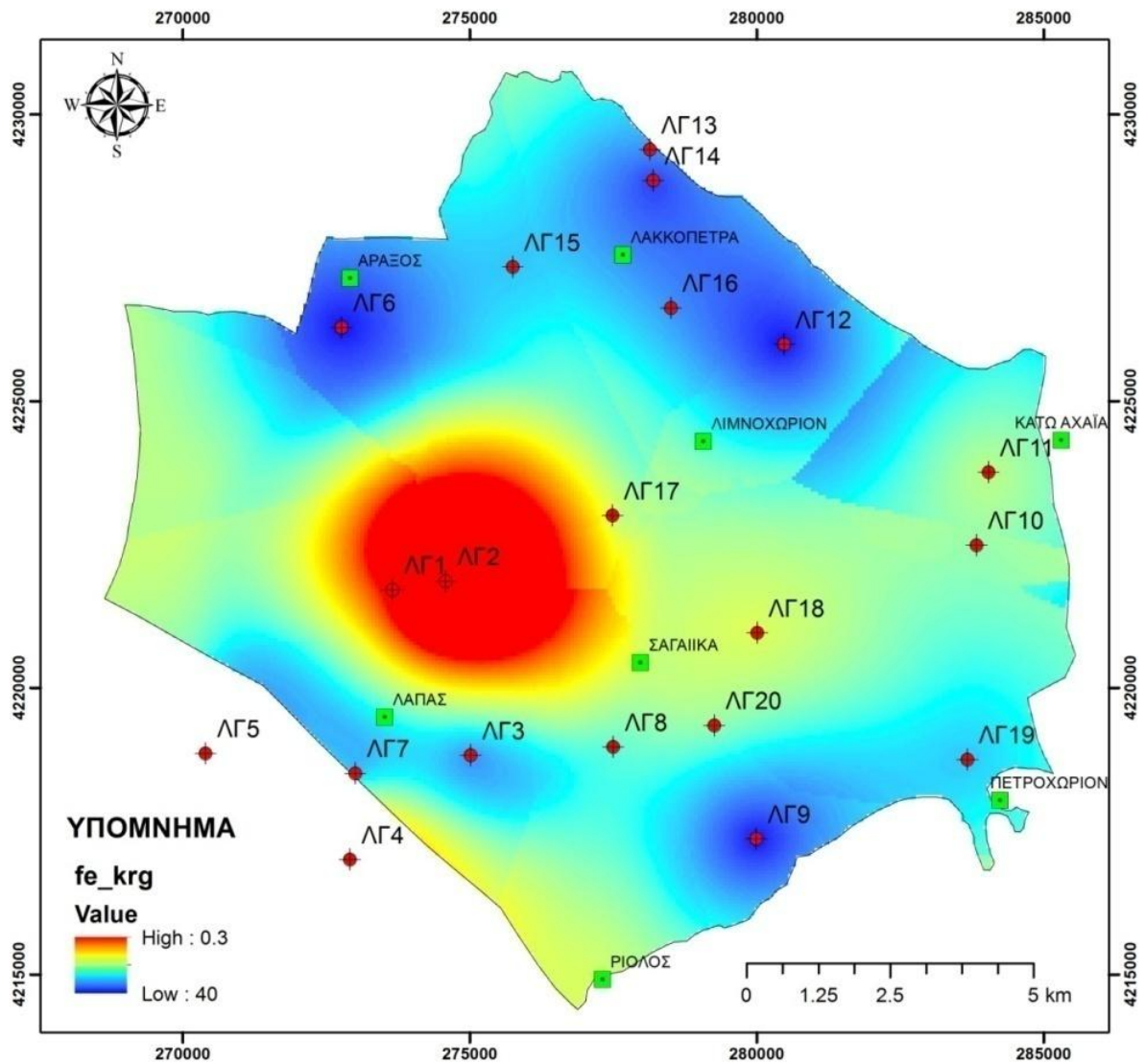
Σχήμα 4.7 Χάρτης κατανομής των όξινων ανθρακικών στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε μόνο στην περιοχή του Λάπα (γεώτρηση ΛΓ7). Στην περιοχή του Αράξου (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



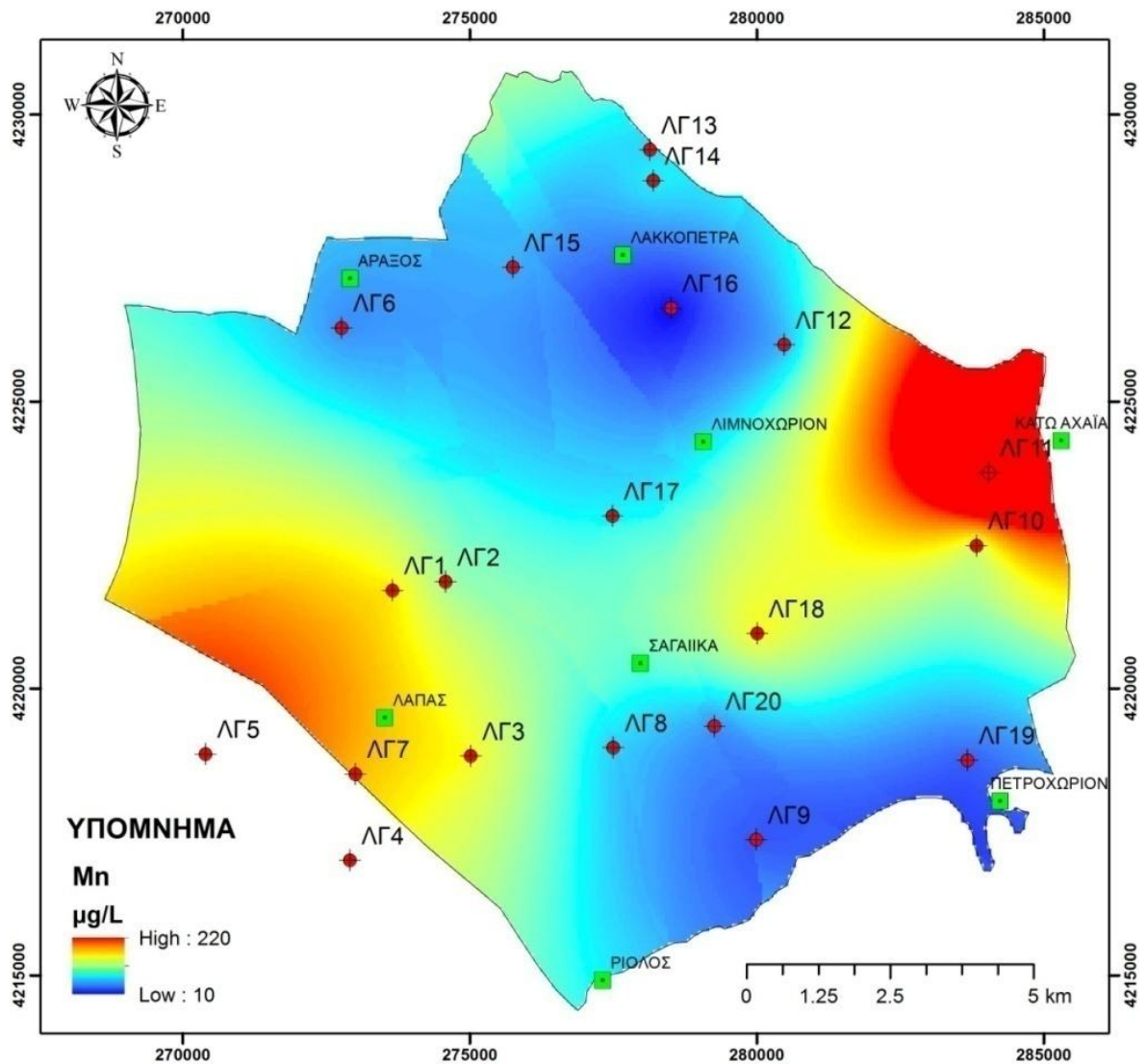
Σχήμα 4.8 Χάρτης κατανομής των θεικών στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή Λακκόπετρας-Λιμνοχωρίου (γεωτρήσεις ΛΓ16, ΛΓ17). Στην περιοχή του Λάπα (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



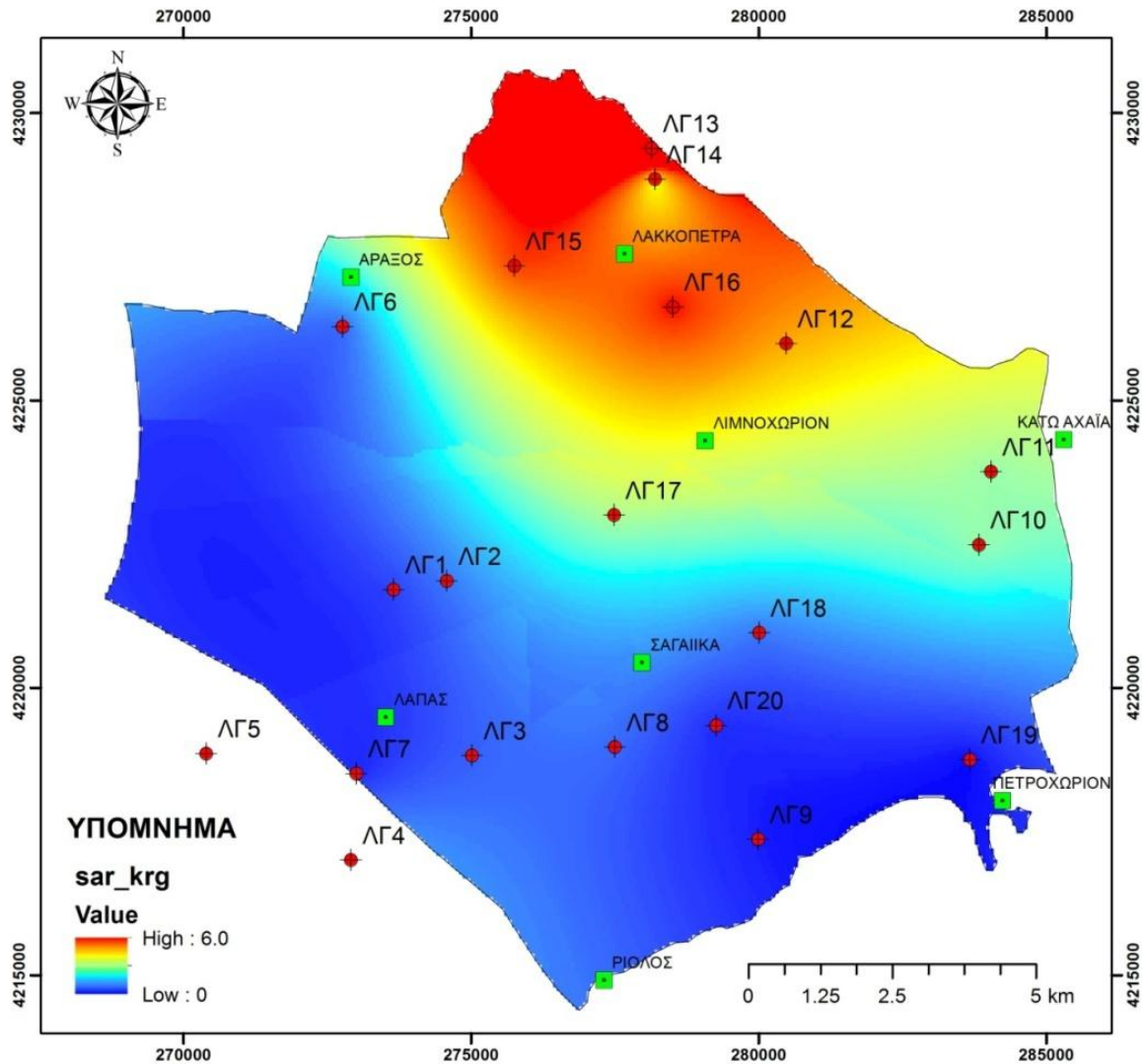
Σχήμα 4.9 Χάρτης κατανομής των νιτρικών στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή της Λακκόπετρας (γεωτρήσεις ΛΓ13, ΛΓ14, ΛΓ16). Στην περιοχή του Λάπα (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



Σχήμα 4.10 Χάρτης κατανομής του σιδήρου στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή των γεωτρήσεων ΛΓ1, ΛΓ2. Στις γεωτρήσεις ΛΓ6, ΛΓ9, ΛΓ12, ΛΓ16 (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



Σχήμα 4.11 Χάρτης κατανομής του μαγγανίου στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή της Κάτω Αχαΐας (γεώτρηση ΛΓ11). Στην περιοχή της Λακκόπετρας και στην περιοχή του Πετροχωρίου (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.



Σχήμα 4.12 Χάρτης κατανομής του SAR στο νερό της περιοχής του Λαρισσού. Υψηλές τιμές (κόκκινο χρώμα) έχουμε στην περιοχή της γεώτρησης ΛΓ13. Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής (μπλε χρώμα) οι τιμές είναι μέσα στα προβλεπόμενα όρια.

Στα σχήματα 4.4 και 4.9 οι αυξημένες συγκεντρώσεις σε κάλιο και νιτρικά στην περιοχή που είναι σημειωμένη με κόκκινο χρώμα οφείλονται στην εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων και στη ρίψη βοθρολυμάτων.

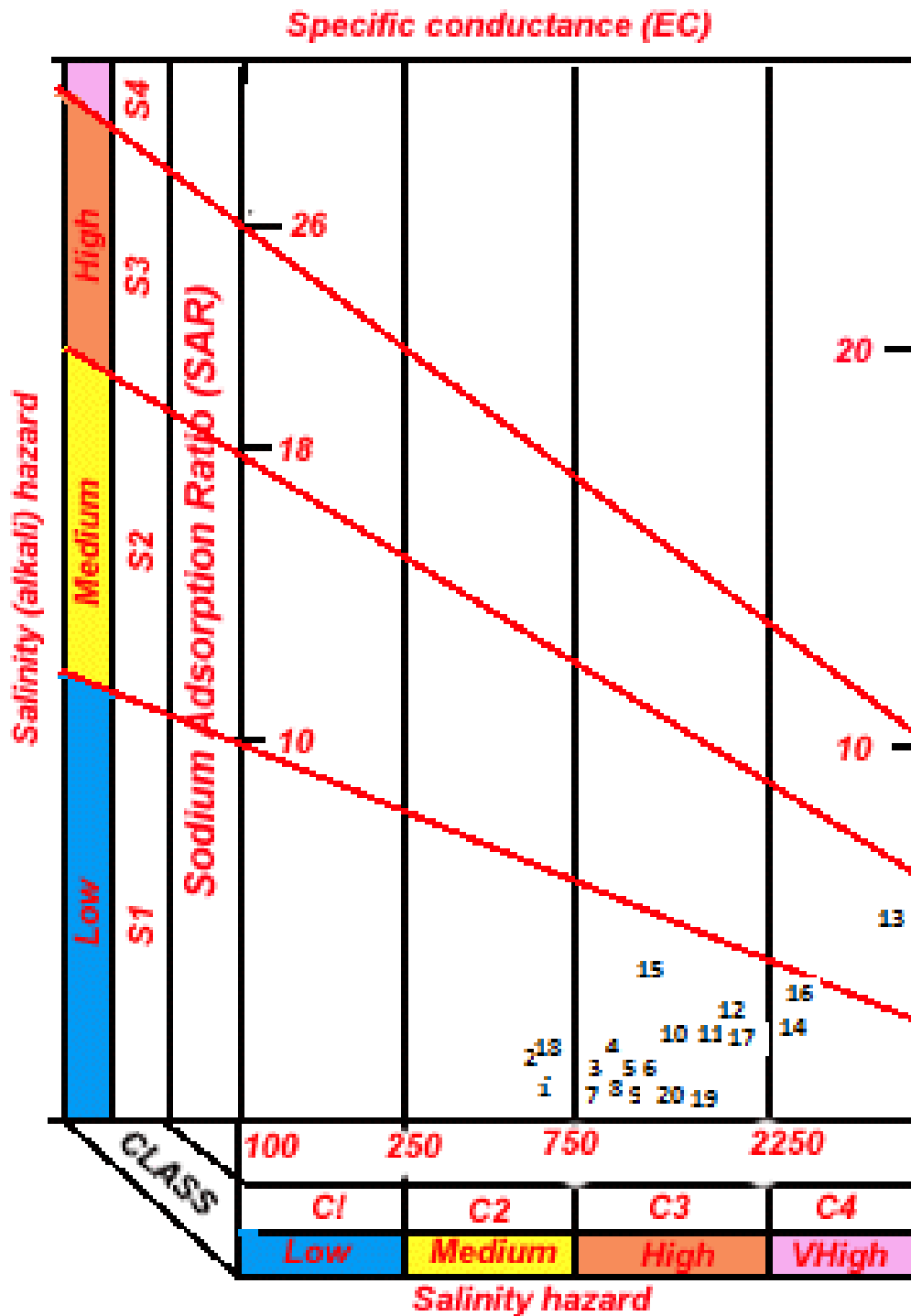
Στα σχήματα 4.1, 4.2 και 4.3 οι αυξημένες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας καθώς και οι αυξημένες συγκεντρώσεις σε νάτριο και χλωριόντα δείχνουν ότι υπάρχει έντονη υφαλμύριση του νερού στην περιοχή που είναι σημειωμένη με κόκκινο χρώμα.

Στο σχήμα 4.8 φαίνονται οι περιοχές στις οποίες τα υπόγεια ύδατα έχουν αυξημένη συγκέντρωση θεικών. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η γενική αντίληψη είναι ότι το φαινόμενο αυτό δεν συνδέεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά έχει φυσικά αίτια. Είναι πιθανόν να οφείλεται στην παρουσία γύψων στα πετρώματα των περιοχών αυτών.

Η συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου (σκληρότητα) καθώς και άλλων πολυσθενών μετάλλων όπως το μαγγάνιο και ο σίδηρος συνδέεται με τα πετρώματα της περιοχής. Οι περισσότερες από αυτές τις ουσίες αποκτώνται καθώς το νερό της βροχής περνάει από τα διάφορα πετρώματα. Τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου βρίσκονται σε αρκετά ιζηματογενή πετρώματα όπως ο ασβεστίτης και ο ασβεστόλιθος. Επίσης απαντώνται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών προϊόντων καθώς και σε κοινά συστατικά τροφίμων.

Με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τον SAR γίνεται η ποιοτική ταξινόμηση του νερού άρδευσης σύμφωνα με το σύστημα του Αμερικανικού Υπουργείου Γεωργίας. Με βάση το σύστημα αυτό, τα νερά κατατάσσονται σε 16 κατηγορίες καταλληλότητας νερού για άρδευση των καλλιεργειών όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (διάγραμμα Richards). Στο διάγραμμα αυτό έχουν τοποθετηθεί τα 20

δείγματα που μετρήθηκαν στην παρούσα εργασία. Στον πίνακα 4.2 φαίνεται αναλυτικά η περιγραφή κάθε κατηγορίας υδάτων.



Σχήμα 4.13 Απεικόνιση των 20 δειγμάτων στο διάγραμμα Richards.

Πίνακας 4.2 Κατηγορίες υδάτων σύμφωνα με το διάγραμμα Richards [9].

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ
C1-S1	Νερό πολύ καλής ποιότητας με χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Κατάλληλο
C1-S2 C2-S1	Νερό καλής ποιότητας. Κατάλληλο για άρδευση με εξαίρεση ευαίσθητα φυτά στα άλατα ή εδάφη με κακή στράγγιση.
C2-S2 C1-S3 C3-S1	Νερό μέσης ποιότητας . Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση με περιορισμούς
C1-S4 C2-S3 C3-S2 C4-S1	Νερό μέσης προς κακής ποιότητας . Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε ανθεκτικές σε άλατα καλλιέργειες και σε στραγγιζόμενα εδάφη.
C2-S4, C4-S2 C3-S3	Νερό κακής ποιότητας. Δεν συνίσταται η χρήση του. Παρόλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αυστηρούς περιορισμούς σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη και φυτά ανθεκτικά στα άλατα . Κίνδυνος αύξησης της αλατότητας του εδάφους . Συνίσταται περιοδική έκπλυση των αλάτων.
C3-C4, C4-S3	Νερό κακής ποιότητας. Δεν συνίσταται η χρήση του Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση κάτω από αυστηρούς περιορισμούς
C4-S4	Νερό πολύ κακής ποιότητας .Η εφαρμογή του για άρδευση καθίσταται απαγορευτική

Τα περισσότερα από τα δείγματα βρίσκονται στην περιοχή C3-S1, πολύ λίγα στις περιοχές C2-S1 και C4-S1 και μόνο ένα δείγμα ανήκει στην κατηγορία C4-S2.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, σε ολόκληρη την περιοχή του Λαρισσού υπάρχει υφαλμύριση των υπόγειων υδάτων, κυρίως λόγω της υπεράντλησης από γεωτρήσεις. Για αυτό το λόγο έχει απαγορευθεί η ανόρυξη νέων γεωτρήσεων σε ολόκληρη την περιοχή. Σύμφωνα με την παρούσα μελέτη μόνο στην περιοχή Λακόπετρας-Λιμνοχωρίου παρατηρείται έντονη υφαλμύριση των υδάτων λόγω της υπεράντλησης από τις υπάρχουσες γεωτρήσεις. Αντίθετα, στο υπόλοιπο τμήμα της περιοχής του Λαρισσού η ποιότητα των υδάτων παραμένει σε καλά έως πολύ καλά επίπεδα. Επισημαίνεται ότι η περιοχή αυτή είναι υψηλής παραγωγικότητας και υπάρχουν μεγάλες καλλιέργειες αγροτικών προϊόντων. Η απαγόρευση των γεωτρήσεων έχει δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στους αγρότες της περιοχής δεδομένου ότι δεν υπάρχει άλλος εναλλακτικός τρόπος άρδευσης των καλλιεργειών, ειδικά του χειμερινούς μήνες για τα θερμοκηπιακά προϊόντα.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι κρατικές υπηρεσίες διαχείρισης των υδάτων θα πρέπει να αναθεωρήσουν τα όρια της περιοχής θέσπισης συμπληρωματικών μέτρων. Η χαρακτηριζόμενη ως «κόκκινη περιοχή» πρέπει να περιοριστεί στην ευρύτερη περιοχή Λακκόπετρας – Λιμνοχωρίου. Στην υπόλοιπη περιοχή του Λαρισσού θα πρέπει να ισχύουν τα περιοριστικά μέτρα που έχουν θεσπιστεί για την υπόλοιπη περιοχή της ΛΑΠ Πείρου – Βέργα – Πηνειού, δεδομένου ότι η ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υδάτων χαρακτηρίζεται ως **καλή**.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1] Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Σχέδιο διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου, ΦΕΚ 1004 σελ. 15347-17210, 24 Απριλίου 2013.
- 2] Ζαγγανά Ε., Υδροχημεία, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών 2015, <https://eclass.upatras.gr/courses/GEO360/>.
- 3] Τσακίρης Γ., Υδατικοί Πόροι-Ποιότητα Αρδευτικού Νερού, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ 2004.
- 4] Παναγόπουλος Γ., Σημειώσεις Εργαστηρίου Γενικής Χημείας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.
- 5] Καγιάρας Ν., Προσδιορισμός της Ολικής Σκληρότητας του Νερού, Ε.Κ.Φ.Ε. Ν. Ευρυτανίας.
- 6] Νταρακάς Ε., Εργαστηριακές Μέθοδοι Αποτίμησης Ποιότητας Νερού και Λυμάτων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ 2016.
- 7] Χατζηκιοσεγιάν Α., Σημειώσεις Υγιεινής Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Αθήνας 2013.
- 8] Panagopoulos G., Lambrakis N., Chalvantzis C., Bekiari V. and Avramidis P., ASSESSING THE SUITABILITY OF GROUNDWATER FOR DRINKING AND AGRICULTURAL USES IN THE ZACHARO BASIN, SW PELOPONNESUS, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τόμος L, 2016, Πρακτικά 14^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Μάιος 2016.

9] Αλεξανδρής Σ., Ποιότητα Νερού Άρδευσης-Ισοζύγιο και Έκπλυση Αλάτων στο Έδαφος, Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.