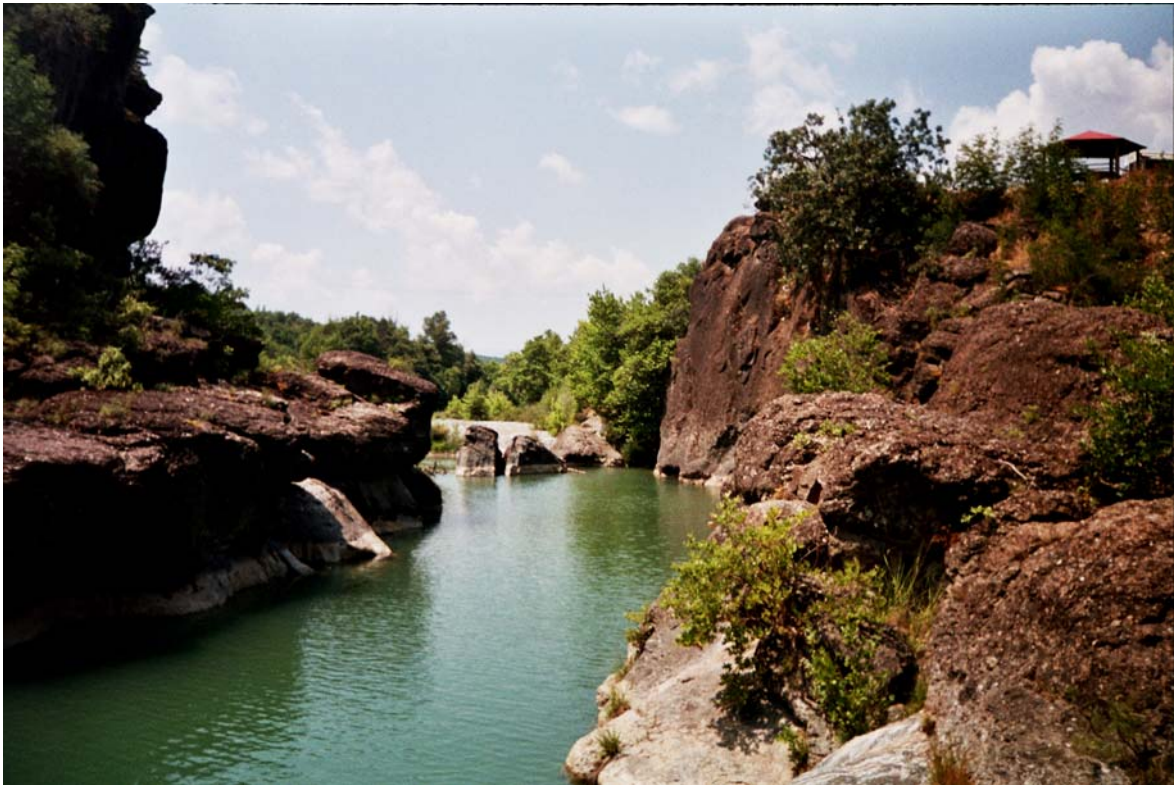


**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**  
**ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Διπλωματική Εργασία

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ**  
**ΚΑΙ ΠΟΣΙΜΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ**

**ΜΠΑΣΔΕΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**



Εξεταστική Επιτροπή:

**Διαμαντόπουλος Ευάγγελος** (Καθηγητής, Επιβλέπων)

**Καρατζάς Γεώργιος** (Καθηγητής)

**Ψυλλάκη Ελευθερία** (Επίκουρος Καθηγήτρια)



## ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Η ακόλουθη εργασία ξεκίνησε κατόπιν παροτρύνσεως του καθηγητή Διαμαντόπουλου Ευάγγελου και δικής μου επιθυμίας για την πραγματοποίηση μίας μελέτης στην περιοχή των Γρεβενών για την οποία και οι δύο τρέφουμε αισθήματα αγάπης.

Οφείλω θερμές ευχαριστίες στους:

Διαμαντόπουλο Ευάγγελο καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος για την επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας, τη δυνατότητα που μου έδωσε για την πραγματοποίησή της και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε σε κάθε δυσκολία που ανέκυπτε.

Κουκουράκη Ελισάβετ, χημικό και υπεύθυνη του εργαστηρίου που εκτός από την παροχή των απαιτούμενων γνώσεων στην εφαρμογή των διαφόρων μεθόδων και λειτουργία των οργάνων, μοιράστηκε τις αγωνίες μου, και μαζί με τους συνεργάτες της με περιέβαλε από την πρώτη ημέρα με ένα φιλικό και απόλυτα συνεργάσιμο κλίμα.

Σιούλη Πέτρο, χημικό μηχανικό και προϊστάμενο της Δ..Ε.Υ.Α Γρεβενών για την καθοδήγηση στην ανάπτυξη του πλάνου της διπλωματικής, την υπόδειξη των σημείων δειγματοληψίας, την επαφή με αντίστοιχες υπηρεσίες της δυτικής Μακεδονίας και την κάθε λογής βοήθεια που μου παρείχε η υπηρεσία του δήμου και ο ίδιος προσωπικά.

Σαμαρά Ζήση, υπάλληλο της Δ.Ε.Υ.Α Γρεβενών που αφιέρωσε πολλές ώρες από τον προσωπικό του χρόνο για την συλλογή των δειγμάτων, πολλές φορές από πολύ δύσκολα σημεία θέτοντας σε κίνδυνο τη σωματική του ακεραιότητα.

## 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ακόλουθη εργασία στόχο έχει τον έλεγχο και την καταγραφή της ποιότητας των υδάτων της ευρύτερης περιοχής του νομού Γρεβενών.

Η πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 9 Μαΐου 2005 και περιελάμβανε 25 δείγματα, ενώ η δεύτερη έλαβε χώρα στις 28 Ιουλίου 2005 με 23 δείγματα. Τα δείγματα προέρχονταν από επιφανειακά, υπόγεια, πόσιμα και νερά φρεατίων του νομού, και μεταφέρθηκαν στα Χανιά με ειδικό ψυγείο που μου παρείχε η Δ.Ε.Υ.Α. Γρεβενών. Τα σημεία των δειγματοληψιών παρέμειναν σταθερά και η διαφορά στον αριθμό τους ανάμεσα στις δύο περιόδους οφείλεται στη ξηρασία του μήνα Ιουλίου, η οποία δεν επέτρεψε την λήψη δειγμάτων από τρία επιφανειακά δείγματα, ενώ παράλληλα προσθέσαμε ένα πόσιμο.

Στο εργαστήριο εξετάστηκαν οι φυσικοχημικές παράμετροι, τα ανιόντα, τα κατιόντα και τα βαρέα μέταλλα. Αναλυτικότερα εξετάστηκαν η ενεργός οξύτητα, η αλατότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η αλκαλικότητα και σκληρότητα, ο ολικός οργανικός άνθρακας, οι συγκεντρώσεις φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νιτρικών, φωσφόρου, θείου, νιτρωδών, καθώς και οι συγκεντρώσεις ασβεστίου, νατρίου, μαγνησίου, χαλκού, μολύβδου, αρσενικού, νικελίου και καδμίου.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδωσαν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά μηνύματα γύρω από την ποιότητα των δειγμάτων. Συγκεκριμένα για τα επιφανειακά ύδατα οι τιμές που μετρήθηκαν στις εκάστοτε παραμέτρους, εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων, ήταν στα όρια καταλληλότητας των πόσιμων υδάτων, όπως αυτά καθορίζονται από την οδηγία 98/83/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα δείγματα από τα πόσιμα και τα φρεάτια χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικής ποιότητας, καθώς οι τιμές των παραμέτρων ήταν όλες εντός ορίων και σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα από αυτά. Τα υπόγεια ύδατα που προέκυψαν από τις γεωτρήσεις του δήμου και τα οποία μέχρι πρόσφατα διέθεταν νερό προς πόση και τους θερινούς μήνες, δεν κρίθηκαν κατάλληλα, καταγράφοντας αρκετές υπερβάσεις στα όρια.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	4
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	6
3.1 Ρύπανση Υδάτων .....	6
3.2 Υγειονομική σημασία παραμέτρων .....	7
<i>Φυσικοχημικές παράμετροι</i> .....	7
<i>Ανιόντα</i> .....	10
<i>Κατιόντα</i> .....	12
<i>Βαρέα μέταλλα</i> .....	14
3.3 Προγενέστερες Μελέτες .....	16
3.4 Νομοθεσία .....	18
3.5 Τα Γρεβενά .....	21
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	25
4.1 Δείγματα .....	25
4.1.1 Επιφανειακά νερά.....	25
4.1.2 Φρεάτια .....	28
4.3 Πόσιμα Νερά .....	29
4.4 Γεωτρήσεις .....	31
4.2 Αναλυτικές Μέθοδοι .....	33
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	39
5.1 Επιφανειακά νερά .....	39
5.2 Φρεάτια .....	47
5.3 Πόσιμα νερά.....	53
5.4 Γεωτρήσεις.....	58
6. Συμπεράσματα .....	65
7. Βιβλιογραφικές αναφορές.....	67

## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Νερό υπέρτατο αγαθό της φύσης, είναι απαραίτητο για κάθε μορφή ζωής πάνω στη γη και για τη διατήρηση αυτής. Είναι γεγονός ότι ο άνθρωπος ανέπτυξε τους πολιτισμούς του πάντοτε δίπλα στο υδάτινο στοιχείο, αντιλαμβανόταν την απόλυτη κυριαρχία του στη φύση, ανάγοντας το σε αντικείμενο λατρείας. Για τον Θαλή, η πρώτη απόλυτη αρχή των πάντων είναι το Ύδωρ. Η ευεργετική επίδραση που έχει στον άνθρωπο καταγράφεται σε πολλά μυστήρια διάφορων θρησκειών (βάπτισμα, αγιασμός).

Το νερό έχει συγκεκριμένες ιδιότητες. Βράζει στους  $100^{\circ}\text{C}$  και πήζει στους  $0^{\circ}\text{C}$ , όταν είναι χημικώς καθαρό. Στη φύση βρίσκεται σε τρεις καταστάσεις, υγρή, στερεά και αέρια. Η πυκνότητα του μεταβάλλεται από τη θερμοκρασία και η μεγαλύτερη τιμή της καταγράφεται  $3,94^{\circ}\text{C}$ . Αυτή η ιδιότητα του επιτρέπει στους πάγους να επιπλέουν πάνω του και να λιώνουν σε αυτό. Επίσης το νερό έχει την ικανότητα να διαλύει μεγάλη ποικιλία ουσιών και μέσω αυτού μεταφέρονται στους διάφορους αποδέκτες του.

Σήμερα το 70% περίπου της υδρογείου καλύπτεται από νερό. Από αυτό μόλις το 0,003% είναι άμεσα διαθέσιμο στον άνθρωπο. Το νερό ακολουθεί ένα συγκεκριμένο κύκλο. Από τα κατακρημνίσματα ένα μέρος εισρέει στο έδαφος και ένα μέρος αυτού εξατμίζεται, ένα άλλο απορροφάται από τα φυτά, συγκρατείται επίσης στο έδαφος ως υγρασία ενώ το υπόλοιπο ρέει με κατεύθυνση τη θάλασσα. Οι υδάτινοι πόροι συγκεντρώνεται και ανακυκλώνεται μέσω αυτής της διαδικασίας, υπό την προϋπόθεση ότι κατά την διάρκεια της δεν επιβαρύνονται με μη αποικοδομήσιμες ή βραδέως αποικοδομήσιμες ενώσεις και η ποσότητα που αντλείται από τα υπόγεια αποθέματα δεν υπερβαίνει το διατιθέμενο από τη φύση νερό. Υπολογίζεται, ότι σήμερα ο μισός πληθυσμός της γης δεν έχει πρόσβαση στο νερό.

Τα αποθαρρυντικά μηνύματα των τελευταίων δεκαετιών για την ποσότητα και την ποιότητα του, αναγκάζουν την ανθρωπότητα να εστιάσει να μελετήσει και να αναλύσει τα προβλήματα που ανακύπτουν υπό νέα βάση. Το πρόβλημα των αποθεμάτων του απασχολούν ιδιαίτερα την επιστημονική κοινότητα ταυτόχρονα με την πληθυσμιακή αύξηση και την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση του. Χαρακτηριστικό είναι ότι το 1950 ο πλανήτης αριθμούσε μόνο 70 πόλεις με πληθυσμό άνω του 1 εκατομμυρίου κατοίκων, ενώ σήμερα ο αριθμός αυτός έχει εξαπλασιαστεί. Η σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων και η προστασία τους είναι τα πρώτα ανα-

γκαία μέτρα. Η άποψη ότι οι επόμενοι πόλεμοι θα γίνουν για το νερό μοιάζει σήμερα πιο ορατή από ποτέ, την ώρα που πολλές μέχρι πρότινος υποανάπτυκτες χώρες αποκτούν ισχυρή θέση στην παγκόσμια οικονομία.

Στη χώρα μας το 87% του νερού καταναλώνεται για γεωργικούς σκοπούς πολλές φορές άσκοπα. Η αλόγιστη χρήση του οφείλεται στις παράνομες γεωτρήσεις, στα κακό-συντηρημένα δίκτυα και σε ακατάλληλες αρδευτικές μεθόδους. Επιπρόσθετα η συγκέντρωση μεγάλου μέρους του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα και η μεγάλη προσέλευση τουριστών στα κατά κόρων ξερά νησιά επιδεινώνουν την κατάσταση. Τα μέτρα που λαμβάνονται αποσκοπούν μόνο στη λύση του προβλήματος της διάθεσης του νερού και όχι στη σωστή διαχείριση του, ενώ οι εκστρατείες ενημέρωσης των πολιτών διαρκούν όσο παραμένει το πρόβλημα και εμφανίζονται ξανά παράλληλα με αυτό.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι να συμβάλει όσο αυτό είναι δυνατόν, στην ανάδειξη και την πιστοποίηση του υδατικού πλούτου, με τον οποίο προίκισε η φύση την περιοχή. Οπωσδήποτε δεν αποτελεί μία πλήρη έρευνα γύρω από τον συγκεκριμένο στόχο, ωστόσο έχει την δυνατότητα να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στη Δ.Ε.Υ.Α Γρεβενών, στους τοπικούς φορείς αλλά και σε μεταγενέστερες μελέτες. Κυρίως όμως αφορά στους κατοίκους των Γρεβενών, που όσο συχνά και να το ακούνε δεν δείχνουν να πείθονται για το γεγονός ότι έχουν την δυνατότητα να καταναλώνουν καθημερινά άριστης ποιότητας νερό, καλύπτοντας της ανάγκες τους με νερά του εμπορίου. Επίσης η περιοχή της Αετιάς αλλά και γενικότερα ο βορειοδυτικός άξονας του νομού, στα πλαίσια της οικονομικής ανάπτυξης της περιοχής και στο όνομα του αγροτουρισμού υφίσταται σήμερα μία ποιοτική υποβάθμιση με συνεχείς ανεγέρσεις ξενοδοχειακών μονάδων, όπου η σωστή διαχείριση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, μοιάζουν με έννοιες που δεν έχουν θέση στα συγκεκριμένα πλάνα.

### 3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### 3.1 Ρύπανση Υδάτων

Ρύπος θεωρείται κάθε ουσία που εμποδίζει την κανονική χρήση του νερού. Τα αίτια τη σημερινής κατάστασης του περιβάλλοντος, οφείλονται στην ξέφρενη αστική και βιομηχανική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών. Η αντιμετώπιση των καθημερινά αναδυόμενων προβλημάτων, έχει ως στόχο την επαναφορά της ισορροπίας ανάμεσα στην αφομοιωτική ικανότητα της φύσης και τα εκλυόμενα ρυπαντικά φορτία. Σήμερα η κατάσταση των ελληνικών πόσιμων υδάτων κρίνεται ικανοποιητική. Οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων είναι κάτω από τα ευρωπαϊκά όρια, επίσης η παρουσία νιτρικών και φωσφορικών, εκτός από συγκεκριμένες περιπτώσεις, είναι σχετικά χαμηλή. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια αυξάνονται με γεωμετρική πρόοδο τα φαινόμενα μόλυνσης. Συγκεκριμένα παρατηρείται μία συνεχής και αυξανόμενη υποβάθμιση των λιμναίων υδάτων. Στα περισσότερα έχει αναπτυχθεί το φαινόμενο του ευτροφισμού, με αποτέλεσμα να καλύπτεται η επιφάνεια των λιμνών από φυτικούς οργανισμούς οι οποίοι καταρρέουν το υπάρχον οικοσύστημα. Υψηλές συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων έχουν καταγραφεί και σε παράκτια ύδατα. Σύμφωνα με στοιχεία της W.W.F 9 από τους 11 <<προστατευόμενους>> υδροβιότοπους χαρακτηρίζονται ρυπασμένοι. Σήμερα η πολιτεία αδυνατεί να εφαρμόσει μια συγκεκριμένη πολιτική-στρατηγική, γύρω από την ρύπανση (μεταβολή των φυσικών χημικών και βιολογικών παραμέτρων) και την μόλυνση (παθογόνοι μικροοργανισμοί) των υδάτων. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιφέρουν αρνητικές επιπτώσεις στα διάφορα οικοσυστήματα, πολλές φορές και μόνιμες. Πολλοί από τους παθογόνους οργανισμούς διατηρούν στο νερό τις μολυσματικές τους ιδιότητες για μεγάλα χρονικά διαστήματα, διατηρώντας παράλληλα την ικανότητα τους να προσβάλλουν τον άνθρωπο τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Στην Ελλάδα οι απορροφητικοί βόθροι που εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται, αποτελούν το χειρότερο μέσω διάθεσης ακάθαρτων νερών μολύνοντας στο φυσικό αποδέκτη, το έδαφος και τα υπόγεια νερά.

Οι πηγές ρύπανσης ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες. Τις σημειακές και τις μη σημειακές πηγές. Οι πρώτες εκβάλλουν ρύπους σε συγκεκριμένα σημεία. Ο εντοπισμός και η διαχείριση τους είναι εύκολη και χαρακτηρίζουν απόβλητα βιομηχανικών μονάδων, πετρελαιοπηγών και εγκαταλελειμμένων ορυχείων. Οι δεύτερες χα-

ρακτηρίζουν πηγές οι οποίες δεν είναι δυνατό να εντοπισθούν. Δημιουργούνται από την διάθεση χημικών σε επιφανειακά νερά, από τη διαρροή ανόργανων λιπασμάτων διαμέσου του χώματος. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι αυτές που κατά κανόνα χρεώνονται της ποιοτικής υποβάθμισης των υδάτων. Τα ακάθαρτα νερά αποχετεύονται συχνά σε ποτάμους, θαλάσσιους αποδέκτες και απορροφητικούς βόθρους όπως συμβαίνει στα γύρω χωριά του σμιξιώτικου ρέματος. Η ρύπανση στα νερά μπορεί επίσης να προκληθεί από γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Στην πρώτη περίπτωση, μέσω των απορροών των καλλιεργειών και εξαιτίας των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων, μεταφέρονται στους αποδέκτες θρεπτικά συστατικά όπως νιτρικά και φωσφορικά άλατα. Στην δεύτερη περίπτωση η ρύπανση είναι κυρίως οργανική από βιομηχανίες τροφίμων, ρύπανση με θρεπτικά συστατικά από βιομηχανίες λιπασμάτων όπως και με βαρέα μέταλλα από χημικές βιομηχανίες. Στην εξεταζόμενη περιοχή δεν συναντάμε ούτε μεγάλες καλλιέργειες ούτε κάποιον τύπο βιομηχανίας.

### **3.2 Υγειονομική σημασία παραμέτρων**

#### ***Φυσικοχημικές παράμετροι***

##### **3.2.1 Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC)**

Τα οργανικά προέρχονται κυρίως από βιομηχανικές, γεωργικές και οικιακές δραστηριότητες. Είναι χημικές ενώσεις που τις συναντάμε στα πλαστικά, τα λιπάσματα τα απορρυπαντικά, έχοντας αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Οργανικά παράγονται επίσης από τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν στη φύση και από την επεξεργασία του νερού.

##### **3.2.2 Συγκέντρωση ιόντων Υδρογόνου (pH)**

Το pH δείχνει αν το υπό εξέταση νερό είναι όξινο ή αλκαλικό, και επηρεάζει την διαβρωτικότητα του. Η πλειοψηφία των νερών στη φύση έχουν τιμές μεταξύ 6 και 9. Νερά με pH μεγαλύτερο του 10 και μικρότερο του 4 προκαλούν βλάβες στο δέρμα. Το επίπεδο της οξύτητας στο νερό είναι σημαντικός παράγοντας για την διατήρηση της χλωρίδας και της πανίδας. Για τα υδάτινα οικοσυστήματα τα ευνοϊκότερα επίπεδα είναι μεταξύ 7 και 8. Όταν το pH σε ένα ρέμα είναι κάτω του 5.5 είναι πολύ όξινο για την επιβίωση των ψαριών, ενώ για τιμές υψηλότερες του 8.6

το περιβάλλον είναι πολύ βασικό. Σε χαμηλές τιμές πετυχαίνεται υψηλή διαλυτότητα στα βαρέα μέταλλα, επιτρέποντας την άμεση απορρόφηση τους από τους υδρόβιους οργανισμούς. Η απότομες αλλαγές δηλώνουν την μόλυνση μίας περιοχής. Το pH στα καθαρά νερά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η γεωλογική δομή της περιοχής, η βλάστηση και η λεκάνη απορροής. Ποτάμια που ρέουν μέσα από έλη και δάση συνήθως παρουσιάζουν χαμηλή οξύτητα, ενώ αυτά που ρέουν μέσα από ασβεστολιθικά πετρώματα έχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε όξινα ανθρακικά άλατα. Επίσης το επίπεδο επηρεάζεται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η όξινη βροχή που προκαλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση, αλλά και από το λιώσιμο του χιονιού που στην πορεία του παρασύρει πολλούς ρυπαντές.

### 3.2.3 Αλκαλικότητα (Alkalinity)

Με τον όρο αλκαλικότητα ορίζουμε το μέτρο της ικανότητας των συστατικών του νερού να αντιδρούν με τα υδρογόνα-κατιόντα ( $H^+$ ). Οφείλεται στην παρουσία όξινων ανθρακικών ιόντων  $HCO_3^-$ , ανθρακικών ιόντων  $CO_3^{2-}$ , και υδροξυλίων  $OH^-$ . Επίσης στην αλκαλικότητα συμβάλει η παρουσία ριζών ασθενών οξέων όπως τα θειώδη  $SO_3^{2-}$  και τα όξινα φωσφορικά  $HPO_4^{2-}$ . Είναι σημαντική στην υδάτινη ζωή γιατί διατηρεί σταθερό το pH και το νερό σε λιγότερο ευπαθή επίπεδα απέναντι στην όξινη βροχή. Οι κύριες πηγές της αλκαλικότητας είναι ορυκτά που περιέχουν άλας ανθρακικού οξέος, όξινο ανθρακικό νάτριο και μείγματα υδροξειδίου τα οποία μειώνουν την οξύτητα του νερού. Η μέτρηση της είναι πολύ σημαντική γιατί μας δίνει την δυνατότητα να γνωρίζουμε την ικανότητα ενός υδροφορέα να εξουδετερώνει τη μόλυνση που υφίσταται από απόβλητα ή από μία όξινη βροχή. Περιοχές πλούσιες σε γρανίτη παρουσιάζουν χαμηλή αλκαλικότητα και ελάχιστη ικανότητα εξουδετέρωσης.

### 3.2.4 Αλατότητα (Salinity)

Ονομάζουμε το σύνολο των διαλυμένων αλάτων στο νερό. Οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να επιβιώνουν σε συγκεκριμένα επίπεδα αλατότητας, ενώ αυτοί που αναπτύσσονται σε αλμυρά ύδατα παρουσιάζουν μία ανεκτικότητα στις αυξομειώσεις της. Η τιμή της επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, ιδιαίτερα σε ξηρές εποχές όπου το νερό εξατμίζεται έχουμε αύξηση της τιμής της, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο αριθμός των ψαριών που ζούνε στα υφάλμυρα νερά. Σε βροχερές ε-

ποχές το αλμυρό νερό αναμιγνύεται με το νερό που προέρχεται από τις κατακρημνίσεις μειώνοντας την τιμή της αλατότητας.

### 3.2.5 Σκληρότητα (Hardness)

Εκφράζει το σύνολο των διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου στο νερό. Σε υψηλές τιμές δεν έχει διαπιστωθεί κίνδυνος στην ανθρώπινη υγεία, αντιθέτως σχετίζεται με τη μείωση καρδιακών παθήσεων. Το σκληρό νερό δεν δημιουργεί αφρό στο σαπούνι, αφήνει υπολείμματα στις σωληνώσεις, δεν έχει καλή γεύση και εμποδίζει το καλό βράσιμο των φαγητών. Επίσης σε βιομηχανίες φαρμακευτικών προϊόντων και βυρσοδεψίας προκαλούν ζημιές στο τελικό προϊόν. Η σκληρότητα στα πόσιμα νερά κυμαίνεται από 80 έως 150 (mg/l  $\text{CaCO}_3$ )

### 3.2.6 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Conductivity)

Ως ηλεκτρική αγωγιμότητα ορίζουμε την ικανότητα του νερού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ικανότητα του αυτή εξαρτάται από την συγκέντρωση των ιόντων, το σθένος και τη μετράμε σε  $\mu\text{S}/\text{sec}$ . Τα πολύ καθαρά νερά παρουσιάζουν χαμηλές συγκεντρώσεις. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα νερά μεταβάλλεται από την παρουσία στο νερό ανιόντων, όπως χλωριούχων, νιτρικών, θεικών, φωσφορικών και από την παρουσία κατιόντων, όπως νάτριο, μαγνήσιο, ασβέστιο και σίδηρο. Επίσης σημαντικό ρόλο στη μετρούμενη τιμή παίζει η θερμοκρασία. Τα ζεστά νερά έχουν υψηλότερες τιμές από τα κρύα, για τον λόγο αυτό οι μετρήσεις γίνονται πάντα σε θερμοκρασία 25 βαθμών Κελσίου ( $25^\circ\text{C}$ ). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί ένα βασικό παράγοντα στην αξιολόγηση της ποιότητας του νερού. Όσο μεγαλύτερες τιμές έχουμε, τόσα περισσότερα είναι τα διαλυμένα άλατα στο νερό. Για χαμηλές τιμές στα οικοσυστήματα, παρατηρούμε ταυτόχρονα έλλειψη θρεπτικών συστατικών ή χαμηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου και μαγνησίου. Στα ποτάμια η ηλεκτρική αγωγιμότητα καθορίζεται αρχικά από την γεωλογική δομή της περιοχής, μέσα από την οποία ρέει το νερό. Ποτάμια τα οποία ρέουν μέσα από πετρώματα πλούσια σε γρανίτη, τείνουν να έχουν χαμηλές τιμές γιατί τα αδρανή συστατικά του δεν άγουν το ρεύμα. Αντίθετα ποτάμια που ρέουν μέσα από χώμα λάσπη και ακαθαρσίες, έχουν υψηλές τιμές χάρη στα συστατικά που περιέχουν και τα οποία άγουν το ρεύμα.

## **Ανιόντα**

### **3.2.7 Φθοριούχα ( $F^-$ )**

Το φθόριο συναντάται περισσότερο στα υπόγεια νερά παρά στα επιφανειακά, σαν φθοριούχο άλας. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις, προέρχεται από βιομηχανίες παραγωγής χάλυβα, αλουμινίου, γυαλιού και λιπασμάτων. Σε μικρές συγκεντρώσεις ( $1\text{mg/l}$ ), θεωρείται βασικό ιχνοστοιχείο για την ανάπτυξη του ανθρώπου. Είναι ωφέλιμο γιατί εμποδίζει τη δημιουργία της τερηδόνας, συντελεί στην καλύτερη ανάπτυξη της αδαμαντίνης με αποτέλεσμα να περιορίζεται η απώλεια των δοντιών σε μεγάλα ποσοστά (60%-70%). Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις συναντάμε στα πόσιμα νερά, ανέρχονται στα  $10\text{ mg/l}$  και προκαλούν φθορίωση και βλάβες στα οστά. Το ανώτερο επιτρεπτό όριο της Ε.Ε είναι  $1.5\text{ mg/l}$ . Στα νερά που δεν έχουν φθόριο προστίθενται φθοριούχα και φθοροπιριτικές ενώσεις.

### **3.2.8 Χλωριούχα ( $Cl^-$ )**

Τα χλωριούχα είναι ένα μίγμα αλάτων. Συχνά τα συναντάμε στη φύση με τη μορφή νατρίου, καλίου και ασβεστίου. Προέρχονται από τη διάβρωση που προκαλεί το νερό σε πετρώματα που περιέχουν χλωριούχα, και επειδή είναι πολύ ευκίνητα και ευδιάλυτα εισδύουν στα υπόγεια νερά. Προκύπτουν, από βιομηχανικά απόβλητα, από λιπάσματα, από τη διείσδυση θαλασσινού νερού στους υδάτινους αποδέκτες και από απόβλητα μονάδων επεξεργασίας ελαίων. Δεν έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν γλυφή γεύση στο πόσιμο νερό σε συγκεντρώσεις των  $250\text{ mg/l}$ . Τα χλωριούχα μπορούν να μολύνουν πηγές φρέσκου νερού, ποτάμια και λίμνες, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις θέτουν σε κίνδυνο την επιβίωση των εκάστοτε βιοκοινοτήτων.

### **3.2.9 Βρωμιούχα ( $Br^-$ )**

Η ανίχνευση ιόντων βρωμίου, οφείλεται κυρίως στην διείσδυση του θαλασσινού νερού στους υπόγειους υδροφορείς και στις κατακρημνίσεις στις παράκτιες περιοχές. Τα βρωμιούχα δεν είναι επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η χαμηλή περιεκτικότητα των ελληνικών υδάτων σε οργανικό άνθρακα καθιστά την παρουσία τους πολύ σημαντική. Αυτό συμβαίνει γιατί στις βιομηχανίες εμφιαλώσεως νερού η απολύμανση πετυχαίνεται μέσω της οζωνίωσης. Το όζον αντιδρά με τα βρωμιούχα και τα οξειδώνει σε βρωμικά, η τοξικότητα των οποίων είναι πολύ υψη-

λή. Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία περιορίζει την συγκέντρωσή των βρομικών στα πόσιμα νερά στα 10 ppb.

#### 3.2.10 Νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ )

Η συγκέντρωση νιτρικών στη φύση ανιχνεύεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Σε αερόβιες συνθήκες διεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Αποτελούν το τελικό στάδιο της οξειδωσης της αμμωνίας, η οποία παράγεται κατά την αποσύνθεση φυτικών και ζωικών οργανισμών. Η παρουσία τους στα νερά δείχνει χρόνια ρύπανση. Μολυσμένα νερά και λιπάσματα παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών. Επίσης τα συναντάμε στην ατμόσφαιρα, καταλήγοντας στο έδαφος μέσω των κατακρημνίσεων, στα ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα και στα απορρίμματα. Στο περιβάλλον του στομάχου προκαλούν νιτροζοενώσεις που είναι καρκινογόνες. Αποτελούν θρεπτικό συστατικό των φυτών και μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλούν ταχεία ανάπτυξη των φυκιών και των φυτών, μεταβάλλοντας σημαντικά την ποιότητα του νερού και αυξάνοντας τη θολότητα και τη θερμοκρασία του. Όταν τα φυτά πεθαίνουν και αρχίζει η αποδόμιση τους, τα βακτήρια χρησιμοποιούν όλο το διαθέσιμο οξυγόνο θέτοντας σε κίνδυνο τη διαβίωση των ψαριών και των υπόλοιπων φυτών, προκαλώντας εντέλει αλυσιδωτές αντιδράσεις με επιβλαβείς επιπτώσεις. Σε συνδυασμό με υψηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών επιταχύνεται το φαινόμενο του ευτροφισμού, αλλάζοντας ουσιαστικά την χλωρίδα και την πανίδα του οικοσυστήματος. Τέλος, επηρεάζουν το ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, ενώ σε συγκεκριμένες συνθήκες και σε συγκεντρώσεις των 10 mg/l αποβαίνουν τοξικά στα ζώα.

#### 3.2.11 Φωσφορικά ( $\text{PO}_4^-$ )

Τα φωσφορικά πέρα από θρεπτική ουσία μπορεί να μετατραπούν σε μολυντή για τα φυτά. Στα φυσικά νερά παρουσιάζονται ως φωσφορικό άλας. Στη φύση συναντάμε τα οργανικά και τα ανόργανα φωσφορικά άλατα. Είναι απαραίτητα στοιχεία της ζωής ιδιαίτερα για τα φυτά, η ανάπτυξη των οποίων σε μία περιοχή καθορίζεται από την ποσότητα των φωσφορικών σε αυτά. Σε ένα οικοσύστημα τα ανόργανα φωσφορικά άλατα αυξάνονται παράλληλα με την αύξηση των φυτών και των άλγεων. Ταυτόχρονα αυξάνεται και το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), παράγοντας που έχει μεγάλη επιρροή στην ποιότητα του νερού. Όπως και τα νιτρικά συμβάλλουν στην ανάπτυξη των άλγεων αλλά μπορούν κατά την διάρκεια

της αποσύνθεσης των φυτών να εξαντλήσουν τα αποθέματα οξυγόνου, επιφέροντας επιβλαβή αποτελέσματα για το οικοσύστημα (ευτροφισμός). Η προέλευση των φωσφορικών στη φύση οφείλεται κυρίως σε ανθρώπινες δραστηριότητες όπως λιπάσματα, ζωικά και ανθρώπινα απόβλητα, και τα βιομηχανικά απόβλητα.

#### 3.2.12 Θειικά ( $\text{SO}_4^{-2}$ )

Τα Θειικά υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες στα φυσικά νερά αφού αποτελούν συστατικό πολλών ορυκτών. Είναι ένα από τα βασικότερα διαλυμένα στοιχεία στο νερό της βροχής. Χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανίες σαν κροκιδωτικά, υπάρχουν στα λιπάσματα και στα εντομοκτόνα. Επίσης από την ατμόσφαιρα εναποτίθενται στο έδαφος με τη μορφή όξινης βροχής. Τα θειικά άλατα του νατρίου και του ασβεστίου προκαλούν διαβρώσεις στις σωληνώσεις των δικτύων. Σε συγκεντρώσεις άνω των 700 mg/l προκαλούν δυσάρεστη γεύση, ενώ θειικό ασβέστιο άνω των 600 mg/l έχει καθαρτική δράση όταν αναμιγνύεται με το κάδμιο και το ασβέστιο.

#### 3.2.13 Νιτρώδη ( $\text{NO}_2^-$ )

Τα νιτρώδη αποτελούν ενδιάμεσο στάδιο της οξείδωσης της αμμωνίας και είναι ασταθή στο περιβάλλον. Σε αντίθεση με τα νιτρικά η παρουσία τους δείχνει πρόσφατη ρύπανση και δεν είναι συνηθισμένη. Έχουν τις ίδιες επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, αποτρέποντας την οξυγόνωση των ιστών του ανθρωπίνου σώματος.

### **Κατιόντα**

#### 3.2.14 Μαγνήσιο (Mg)

Το μαγνήσιο είναι ένα από τα σημαντικότερα μεταλλικά στοιχεία του ανθρωπίνου σώματος. Συναντάτε σε μεγάλη αφθονία και αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες της υγείας. Το 50 % του συνολικού μαγνησίου εντοπίζεται στα κόκαλα, το άλλο μισό στα κύτταρα των ιστών και των οργάνων, ενώ μόλις το 1% βρίσκεται στο αίμα. Το Μαγνήσιο αποτελεί βασικό στοιχείο για πάνω από 300 βιοχημικές αντιδράσεις στο σώμα. Η παρουσία του σ' αυτό επιτρέπει τη σωστή λειτουργία των μυών και των νεύρων, το σταθερό ρυθμό του καρδιακού παλμού και υποστηρίζει ένα υγιές ανοσοποιητικό σύστημα. Τελευταίες έρευνες δείχνουν ότι το μαγνήσιο μειώνει τον κίνδυνο καρκίνου του παχέους εντέρου στις γυναίκες, ότι η έλ-

λειτουργία του μπορεί να προκαλέσει μείωση της μνήμης, ενώ η παρουσία του σε αφθονία βελτιώνει τις γνωστικές μας λειτουργίες. Η λήψη του από τον άνθρωπο γίνεται μέσω της τροφής και του νερού. Συνεπώς η παρουσία του σε αυτά είναι πολύ σημαντική για την ανθρώπινη υγεία. Οι καθημερινές ανάγκες του ανθρώπινου οργανισμού ανέρχονται σε 400mg. Νερά με συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 125mg έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες.

### 3.2.15 Ασβέστιο (Ca)

Το 99% του ασβεστίου βρίσκεται στα οστά και στα δόντια. Συμμετέχει στη ρύθμιση της σωστής καρδιακής λειτουργίας, είναι απαραίτητο στοιχείο για την πήξη του αίματος και σχετίζεται με τη μυϊκή σύσπαση. Ανιχνεύεται σε όλα τα νερά και η παρουσία του οφείλεται στην διάβρωση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, γύψου, στη διήθηση του χώματος, στα βοθρολύματα και στα βιομηχανικά απόβλητα. Αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της σκληρότητας στο νερό. Η συγκέντρωση του στο νερό δεν περιορίζεται σε κάποια όρια αφού δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Οι καθημερινές ανάγκες του ανθρώπου σε ασβέστιο κυμαίνονται από 0.7 σε 2 gr την ημέρα. Για μικρές ποσότητες τοξικών ουσιών παρουσιάζει μια ευεργετική αντιτοξική συμπεριφορά, αποτρέποντας μέσω μίας άμεσης αντίδρασης την απορρόφηση των επιβλαβών ουσιών βελτιώνοντας παράλληλα τις συνθήκες ζωής των υδάτινων οργανισμών.

### 3.2.16 Νάτριο (Na)

Το νάτριο μαζί με το κάλιο αποτελούν ρυθμιστή της οσμωτικής πίεσης των κυττάρων και συμμετέχει στη μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων σε αυτά. Σχετίζεται με τη λειτουργία του μυϊκού συστήματος και οι ανάγκες του οργανισμού υπερκαλύπτονται από μία συνηθισμένη διατροφή. Επίσης ελέγχει τα επίπεδα του νερού στο σώμα και τη μεταβίβαση του νευρικού ερεθίσματος σε αυτό. Στα πόσιμα νερά η συγκέντρωση του δεν υπερβαίνει τα 20 mg/l ενώ το όριο του ανέρχεται στα 200 mg/l. Επίσης το συναντάμε σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις έως 500 mg/l.

## **Βαρέα μέταλλα**

### **3.2.17 Χαλκός ( Cu)**

Ο χαλκός θεωρείται ένα από τα πιο βασικά ιχνοστοιχεία, διότι λαμβάνει μέρος στο σχηματισμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Επίσης αποτελεί μέρος πολλών ένζυμων, αποτελεί βασικό στοιχείο του ανθρώπινου μεταβολισμού, είναι αντιφλεγμονώδες, αντιρρευματικό και δρα στο σχηματισμό μελανίνης. Πολλές φορές συναντάμε μεγάλες ποσότητες χαλκού στο νερό γιατί διαβρώνονται οι χάλκινοι σωλήνες παλαιών δικτύων. Ο χαλκός οξειδώνεται επιφανειακά αλλά το οξείδιο του μένει προσκολλημένο πάνω στο μέταλλο, ενώ δεν διαλύεται σε ουδέτερο νερό. Διαλύεται σε όξινο περιβάλλον και με ορισμένα οξέα, δημιουργώντας δηλητηριώδεις ενώσεις. Οι χάλκινες σωληνώσεις αποφεύγεται να τοποθετούνται πλάι σε σιδερένια αντικείμενα γιατί μακροπρόθεσμα προκαλείται φθορά. Επίσης δεν τοποθετούνται κοντά σε σκυροδέματα με αμμωνιακές προσμίξεις. Η αντοχή τους στην διάβρωση, από τους διάφορους παράγοντες του νερού θεωρείται πολύ υψηλή εκτός των περιπτώσεων που το νερό είναι όξινο. Η αυξημένη τιμή του pH επηρεάζει το χαλκό, γι' αυτό προστίθεται στο νερό του δικτύου κατάλληλη οργανική πρόσμιξη. Το πόσιμο νερό δεν προσβάλλει τα οξείδια του χαλκού, ενώ η παρουσία του προσδίδει χρώμα και στυπτική γεύση σε αυτό και δεν έχει βλαβερές επιπτώσεις στην υγεία. Το κεντρικό συμβούλιο υγείας συνιστά στα χάλκινα υδρευτικά δίκτυα το άνοιγμα το βρυσών, αρχικά για τουλάχιστον 6 ώρες ώστε να τρέξει αρκετό νερό πριν διατεθεί προς πόση. Συχνή χρήση νερού που περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού αφήνει μπλε-πράσινες κηλίδες σε νεροχύτες και έπιπλα μπάνιου. Υψηλές συγκεντρώσεις συναντάμε σπάνια σε υπόγεια νερά εκτός και αν ο υδροφορέας διασχίζει μεταλλεύματα χαλκού

### **3.2.18 Νικέλιο (Ni)**

Το νικέλιο ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων και είναι το εικοστό τέταρτο σε αφθονία στοιχείο της φύσης. Η παρουσία του σε επιφανειακά νερά δικαιολογείται από τη χρήση του σε βιομηχανίες παρασκευής ανοξειδωτων αντικειμένων. Στο πόσιμα νερά το επιτρεπτό όριο είναι 20 µg/L, ενώ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις είναι επικίνδυνες για την για την δημόσια υγεία. Σε μακροχρόνια έκθεση προκαλούνται βλάβες στη καρδιακή λειτουργία, στο ήπαρ και ερεθισμοί στο δέρμα. Το νικέλιο είναι το πιο ευκίνητο από τα βαρέα μέταλλα στο νερό. Συνήθως αναμιγνύεται με άλλα στοιχεία όπως το χλώριο και το θείο. Τα μείγματα αυτά είναι ευ-

διάλυτα στο νερό, δίνοντας μία χαρακτηριστική πράσινη απόχρωση. Όταν βρίσκεται στα απόβλητα διεισδύει στα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά, ιδιαίτερα σε όξινες συνθήκες. Ωστόσο, επειδή οι συγκεντρώσεις του στα υπό εξέταση νερά είναι συνήθως πολύ χαμηλές, η μέτρηση του γίνεται όταν κρίνεται απαραίτητο. Το ποσοστό που μετράτε συνήθως στα πόσιμα νερά είναι κοντά στα 2μg/l.

#### 3.2.19 Αρσενικό (As)

Το αρσενικό είναι τοξικό και καρκινογόνο στοιχείο. Η τοξικότητα του εξαρτάται από τη φυσική και τη χημική του μορφή, τη συγκέντρωση, τον χρόνο έκθεσης και τον τρόπο εισαγωγής στον ανθρώπινο οργανισμό. Δεν διαλύεται εύκολα στο νερό αλλά συγκεντρώσεις μεταξύ 70 και 180 μg μπορούν να αποβούν θανατηφόρες. Σε μικρότερες συγκεντρώσεις προκαλεί βλάβες στο γαστρικό, το αναπνευστικό και το νευρικό σύστημα, ενώ προκαλεί και αλλοιώσεις στο δέρμα. Το αρσενικό καταλήγει στα επιφανειακά και υπόγεια νερά από τα μεταλλεία, αφού υπάρχει σε όλα τα μεικτά θειούχα ορυκτά, από την καύση ορυκτών καυσίμων και τα εντομοκτόνα. Επίσης παράγεται από ηφαιστιογενείς δράσεις και από την αποσύνθεση της φυτικής ύλης. Η οριακή συγκέντρωσή του στα πόσιμα νερά είναι 10μg/l.

#### 3.2.20 Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος αποτελεί επίσης ένα πολύ τοξικό στοιχείο. Προέρχεται από απόβλητα ορυχείων, βιομηχανιών και από τη διάβρωση μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων. Στη ατμόσφαιρα, ποσότητες μολύβδου υπάρχουν από τον τετρααιθυλιούχο μόλυβδο που προστίθεται στην βενζίνη σαν αντικροκιδωτικό. Αυτός είναι και ο λόγος χρήσεως της αμόλυβδης βενζίνης. Είναι δηλητήριο με συσσωρευτική δράση και προκαλεί βλάβες στον εγκέφαλο, στο συκώτι και το νευρικό σύστημα.

#### 3.2.21 Κάδμιο (Cd)

Είναι τοξικό μέταλλο που το συναντάμε σε θειούχα ορυκτά, ενώ στα φυσικά νερά βρίσκεται σε θαλάσσια ιζήματα και σε αιωρούμενα στερεά. Πηγές του καδμίου στο νερό είναι τα βιομηχανικά απόβλητα και η διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων. Ποσότητες καδμίου συναντάμε σε δίκτυα ύδρευσης μαλακού νερού και χαμηλού pH, επειδή τα νερά αυτά είναι διαβρωτικά και η διαλυτότητα του καδμίου στο νερό εξαρτάται από το pH και τη σκληρότητα. Σε μη ρυπασμένα νερά, οι συγκε-

ντρώσεις του είναι κάτω του 1μg/l. Το κάδμιο στα ζώα προκαλεί καρκίνο ενώ στον άνθρωπο προσβάλλει το συκώτι, τα νεφρά, τη σπλήνα και το θυρεοειδή αδένα.

### 3.3 Προγενέστερες Μελέτες

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τα υπόγεια και τα επιφανειακά ύδατα θα συγκριθούν με αυτά της μελέτης της Ευθυμίας Παπαδοπούλου-Μουρκίδου καθηγήτριας Α.Π.Θ (2002) Πίνακας 3.3.1 και 3.3.2. Τα πόσιμα και τα νερά των φρεατίων, θα συγκριθούν με αποτελέσματα προγενέστερων μελετών των Δ.Ε.Υ.Α Γρεβενών, Καστοριάς, Κοζάνης (2005) Πίνακας 3.3.3.

**Πίνακας 3.3.1:** Αποτελέσματα μετρήσεων υπόγειων υδάτων Κομοτηνής – Ξάνθης - Ορεστιάδας

Παράμετροι	Κομοτηνή	Ξάνθη	Ορεστιάδα
pH	7,40-7,80	6,30-7,40	6,90-7,40
Αλκαλικότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l	193-312	172-803	121-465
Αλατότητα (ppm)	200-500	300-2.350	-
Σκληρότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l	33,10-377	142,50-1143	226-382
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα μS/cm	869-1381	349-4245	613-1507
Φθοριούχα (ppb)	145-524	181-399	378-887
Χλωριούχα (ppm)	126,90-271,10	14,10-831,80	29,50-99,40
Βρωμιούχα (ppb)	163-815	24-2824	126-228
Νιτρικά(ppm)	0,63-27,53	1,40-57,45	0,20-69,95
Φωσφορικά (ppb)	38-117	68-299	57-1692
Θειικά (ppm)	3-43	10-185	11-231
Νιτρώδη (ppb)	5-43	1-35	7-182
Μαγνήσιο (ppm)	6,60-61	16,30-142,75	24,10-68,10
Ασβέστιο (ppm)	3,90-58	29,80-222,90	47,50-95,50
Νάτριο (ppm)	70,70-161,40	18,65-532,10	34,90-62,90
Χαλκός (ppb)	100	100	100
Νικέλιο (ppb)	2-16,60	3,60-12,25	3,40-15,40
Μόλυβδος (ppb)	1-5,50	4,33-7,99	1,30-8,40
Αρσενικό (ppb)	0,60-35,10	0,50-3,08	0,80-7,20
Κάδμιο (ppb)	0,50-0,60	0,50-1,75	0,50

**Πίνακας 3.3.2:** Αποτελέσματα μετρήσεων επιφανειακών υδάτων κεντρικής και δυτικής Μακεδονίας

Παράμετροι	Νέστος	Αξιός	Λουδίας	Στρυμόνας	Αλιάκμονας	Πηνειός
pH	8,2-8,4	8,2-8,4	7,9	8,3-8,6	8,0-8,6	7,9-8,3
Αλκαλικότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l	93-108	180-195	270	134-169	181-254	185-255
Αλατότητα (ppm)	-	90-170	-	580	100	100-300
Σκληρότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l	76-97	155-180	424	116-243	156-235	187-253
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα μS/cm	192-232	437-499	997	321-1483	339-504	479-495
Φθοριούχα (ppb)	175-219	642-753	373	273-370	60-130	100-140
Χλωριούχα (ppm)	4,3-4,9	12,6-19,2	280	8,9-202	5,4-8,2	9,3-12,8
Βρωμιούχα (ppb)	130-180	82-147	385	72-290	90-197	150-240
Νιτρικά(ppm)	1-2,78	7,14-7,95	3,87	2,63-5,39	1,67-7,25	5,82-7,01
Φωσφορικά (ppb)	46-79	569-633	463	189-210	50-240	150-190
Θειικά (ppm)	13-15	38-48	113	36-102	15-29	185-255
Νιτρώδη (ppb)	16-21	35-65	115	27-80	20-230	70-110
Μαγνήσιο (ppm)	6	18-20	67	15-39	16-39	30-36
Ασβέστιο (ppm)	21-29	44-45	59	24-42	3-41	40-51
Νάτριο (ppm)	6	14-24	508	16-159	6-10	9-16
Χαλκός (ppb)	100	100	100	100	100	100-120
Νικέλιο (ppb)	5,56-6,48	5,36-7,22	9,15	4,89-6,08	5,3-9,8	5,87-9,53
Μόλυβδος (ppb)	2,21-3,28	2,57-3,38	2,60	2,11-287	2,5-4,6	1,59-4,61
Αρσενικό (ppb)	0,50	0,8-1,11	1,57	1,67-2,13	0,5-0,7	0,53-1,06
Κάδμιο (ppb)	0,54-0,63	0,87-1,15	0,83	0,55-1,01	0,5-0,6	0,50-0,77

**Πίνακας 3.3.3:** Αποτελέσματα μετρήσεων πόσιμων υδάτων Γρεβενών - Κοζάνης - Καστοριάς

Παράμετροι	Γρεβενά	Κοζάνη	Καστοριά
TOC (ppm)	-	0,22-0,27	0,54
pH	7,65-7,80	7,32-7,83	7,10-7,80
Αλκαλικότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l	195,30-213,60	-	-
Αλατότητα (ppm)	-	-	-
Σκληρότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l	-	-	-
Ηλεκτρική Αγωγι- μότητα μS/cm	328-341	499-772	300-400
Φθοριούχα (ppb)	-	0-110	<220
Χλωριούχα (ppm)	1,77-6,20	27-33	2,90-3,30
Βρωμιούχα (ppb)	-	-	110
Νιτρικά(ppm)	<10	3-9	3,20-8,40
Φωσφορικά (ppb)		-	-
Θειικά (ppm)	7,70-12	58-71	5,20-33
Νιτρώδη (ppb)	<7	<30	20-94
Μαγνήσιο (ppm)	16,40-19,44	-	6,90-15,80
Ασβέστιο (ppm)	49,10	-	54,60-65,20
Νάτριο (ppm)	3,12-3,40	12,30-12,60	2,80-3,20
Χαλκός (ppb)	-	0	-
Νικέλιο (ppb)	<20	0	-
Μόλυβδος (ppb)	<10	0	-
Αρσενικό (ppb)	-	0	<1,70-5,60
Κάδμιο (ppb)	<1	0	0,10

### 3.4 Νομοθεσία

Η κοινή υπουργική απόφαση (Υ2/2600/2001 – ΦΕΚ – 892 Β’/11-7-01), σχετικά με την ποιότητα των πόσιμων νερών, πάρθηκε σε συμμόρφωση προς την οδηγία (98/83/ΕΚ) του συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1998. Στόχος των νέων διατάξεων είναι να καθορίσουν τις βασικές προδιαγραφές ποιότητας των νερών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Η οδηγία με την καθιέρωση κριτηρίων υγιεινής και καθαριότητας, αποσκοπεί στην προστασία των πόσιμων νερών εξαιρουμένου των μεταλλικών και των θερα-

πτευτικών νερών. Σύμφωνα με αυτήν, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να μεριμνούν ούτως ώστε τα πόσιμα νερά να μην περιέχουν συγκεντρώσεις μικροοργανισμών ή άλλων ουσιών επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία. Επίσης θα πρέπει να τηρούν τις ελάχιστες μικροβιολογικές, χημικές και ραδιενεργές απαιτήσεις που καθορίζονται από αυτή.

Τα κράτη μέλη, πέρα από τα απαραίτητα μέτρα που εγγυώνται τα παραπάνω, οφείλουν να καθορίσουν τις παραμετρικές τιμές και να αντιστοιχούν τουλάχιστον στις τιμές που διευκρινίζονται στην οδηγία. Για τις παραμέτρους που δεν εμφανίζονται στην οδηγία, τα κράτη μέλη καλούνται να καθορίσουν οριακές τιμές για την προστασία της δημόσιας υγείας. Επίσης υποχρεούνται να προβαίνουν σε τακτικούς ελέγχους σύμφωνα με τις προσδιοριζόμενες μεθόδους ή άλλες ισοδύναμες. Για περιπτώσεις όπου ανιχνεύεται υπέρβαση των οριακών τιμών στα υπό εξέταση νερά, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να λάβουν διορθωτικά μέτρα για την αποκατάσταση αυτών, απαγορεύοντας την διάθεσή τους ή περιορίζοντας την χρήση τους. Παράλληλα θα πρέπει να ενημερώσουν τους πολίτες τόσο για τα μέτρα, όσο και για το μέγεθος της ποιοτικής υποβάθμισης.

Η οδηγία παρέχει την δυνατότητα θέσπισης παρεκκλίσεων στις παραμετρικές τιμές έως κάποια μέγιστη τιμή, υπό την τήρηση συγκεκριμένων προϋποθέσεων όπως: οι παρεκκλίσεις να μην θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία, να μην υπάρχει άλλος ενδεδειγμένος τρόπος διάθεσης του πόσιμου νερού και η παρέκκλιση να είναι περιορισμένης χρονικής διάρκειας (3 ετών). Η εκχώρηση της παρέκκλισης πρέπει να συνοδεύεται πάντοτε από εμπειριστατωμένη μελέτη, ενώ το κράτος μέλος θα πρέπει να ενημερώνει το πληθυσμό της περιοχής και την Επιτροπή.

Τα χρησιμοποιούμενα υλικά σε νέες εγκαταστάσεις παρασκευής ή διάθεσης πόσιμου νερού, δεν μπορούν να περιέχονται στο πόσιμο νερό πέρα από κάποιο αναπόφευκτό επίπεδο. Κάθε πέντε χρόνια η Επιτροπή επανεξετάζει τις καθορισμένες παραμέτρους υπό το φως των επιστημονικών και τεχνολογικών εξελίξεων, ενώ κάθε τρία χρόνια δημοσιεύονται εκθέσεις προς τους καταναλωτές σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού. Σε προθεσμία πέντε ετών το ανώτερο, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίσουν, την σύμφωνα με την οδηγία, ποιότητα του νερού. Η προθεσμία αυτή μπορεί να παρατεθεί για χρονικό διάστημα που δεν ξεπερνά τα τρία χρόνια.

Η οδηγία 80/778/ΕΟΚ έχει καταργηθεί από τις 25 Δεκεμβρίου 2003 και αντικαταστάθηκε από την 98/83/ΕΟΚ και τα κράτη μέλη υποχρεούνται να την εφαρμό-

σουν από την στιγμή που θα προβούν στις απαραίτητες ενέργειες προς εναρμόνιση με αυτή. Στον Πίνακα 3.4.1 παρατίθενται τα όρια των φυσικοχημικών παραμέτρων, των ανιόντων των κατιόντων και των βαρέων μετάλλων.

**Πίνακας 3.4.1 :** Όρια φυσικοχημικών παραμέτρων, ανιόντων κατιόντων και βαρέων μετάλλων

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
TOC	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
pH	$\geq 6,5$ και $\leq 9,5$	Μονάδες pH
Αλκαλικότητα	μη δραστικό	-
Αλατότητα	μη δραστικό	-
Σκληρότητα	μη δραστικό	-
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	2500	$\mu\text{S cm}^{-1}$ στους 20°C
Φθοριούχα	1,5	mg/l
Χλωριούχα	250	mg/l
Βρωμιούχα	μη δραστικό	-
Νιτρικά	50	mg/l
Φωσφορικά	μη δραστικό	-
Θειικά	250	mg/l
Νιτρώδη	0,50	mg/l
Μαγνήσιο	μη δραστικό	-
Ασβέστιο	μη δραστικό	-
Νάτριο	200	mg/l
Χαλκός	2,0	mg/l
Νικέλιο	20	$\mu\text{g/l}$
Μόλυβδος	10	$\mu\text{g/l}$
Αρσενικό	10	$\mu\text{g/l}$
Κάδμιο	5,0	$\mu\text{g/l}$

### 3.5 Τα Γρεβενά

Ο Νομός Γρεβενών βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Μακεδονίας χωροθετημένος στον άξονα σύνδεσης Ηπείρου, Μακεδονίας και Θεσσαλίας. Ανήκει στο τμήμα της Δυτικής Μακεδονίας και από το 1961, οπότε και υφίσταται, αποτελεί τον νεότερο νομό της χώρας (μέχρι τότε υπάγονταν στο νομό Κοζάνης).

Ο νομός Γρεβενών παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη:



Η πόλη των Γρεβενών είναι χτισμένη σε υψόμετρο 534μ ανατολικά της βόρειας Πίνδου στις όχθες του Γρεβενίτη ποταμού, παραπόταμου του Αλιάκμονα. Η πόλη αριθμεί 15.000 κατοίκους ενώ ο νομός 35.000. Το κλίμα χαρακτηρίζεται από ψυχρούς χειμώνες με πολλές βροχές, χιονοπτώσεις και δροσερά καλοκαίρια. Σήμα κατατεθέν της πόλης είναι το ρολόι στο κέντρο της.

Ο νομός διακρίνεται από μεγάλα βουνά, πυκνά δάση και καθαρά νερά. Τα Γρεβενά προσφέρονται για χειμερινό τουρισμό και χαρακτηρίζονται από τον πλούσιο λαογραφικό πολιτισμό τους. Αριθμούνται 17 μεγάλα πέτρινα γεφύρια τα οποία έχουν ανακηρυχθεί ιστορικά μνημεία, χάρη στη σπάνια αρχιτεκτονική τους. Χτίστηκαν από λαϊκούς αυτοδίδακτους τεχνίτες. Επίσης, υπάρχουν πολλές Βυζαντινές εκκλησίες και μοναστήρια. Πιο ξακουστά αυτά της Ζάβορδας στο οποίο βρέθηκε το μοναδικό λεξικό του Μεγάλου Φωτίου, της Αγίας Ευαγγελίστριας, ο Άγιος Γεώργιος της Κατάκαλης, της Παναγίας στο ομώνυμο χωρίο και του Αγίου Αθανασίου στη Σαμαρίνα, γνωστό για την αγιογραφική του σχολή.

Επιφανειακά ευρήματα που έχουν εντοπισθεί στην περιοχή από σποραδικές έρευνες γύρω από τους σημερινούς οικισμούς, συνηγορούν στη διαρκή παρουσία ενός οικιστικού ιστού που ανάγεται στα Παλαιολιθικά χρόνια. Η περιοχή στην οποία οριοθετείται σήμερα ο νομός στα αρχαία χρόνια ήταν μοιρασμένη. Το πεδινό τμήμα αποτελούσε το δυτικό μέρος της μακεδονικής Ελιμείας, το ορεινό ανήκε στις ανατολικές επικράτειες της Τυμφαίας.

Στο νομό Γρεβενών το υδάτινο στοιχείο κυριαρχεί με πολλά ποτάμια και εκατοντάδες παραπόταμους. Οι δύο μεγαλύτεροι ποταμοί είναι ο Αλιάκμονας και ο Βενέτικος (χύνεται στον Αλιάκμονα), ενώ την πόλη διασχίζει ο Γρεβενίτης (χύνεται στον Αλιάκμονα). Η πόλη των Γρεβενών υδροδοτείται από το Σμιξιώτικο ρέμα. Στην περιοχή της Αετιάς αντλείται νερό σε βάθος 80m και από εκεί ξεκινά το υδρευτικό δίκτυο της πόλης διανύοντας μία απόσταση περίπου 30 χιλιομέτρων έως αυτή. Το γιγαντιαίο, για τα δεδομένα των Γρεβενών, έργο κατασκευάστηκε το 1992 ενώ κατά καιρούς έχουν γίνει βελτιωτικά έργα από την Δ.Ε.Υ.Α. Γρεβενών. Σήμερα μελετάται η κατασκευή τεχνητής λίμνης στην περιοχή της Αετιάς με απώτερο σκοπό την Υδροδότηση της Θεσσαλονίκης και μέρους της Θεσσαλίας. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από πολύς καλής ποιότητας πόσιμο νερό και υπόγεια ύδατα, ενώ τα επιφανειακά νερά δεν χαρακτηρίζονται ιδιαίτερος επιβαρημένα. Σε αυτό συμβάλει και η γεωλογική δομή της περιοχής.

Η χλωρίδα της περιοχής απαρτίζεται από ένα πλήθος διαφορετικών δασών. Οικοσυστημάτων φυλλοβόλων πλατύφυλλων που απαντώνται σε υψόμετρο 1200μ, τα οποία έχουν υποστεί τις δυσμενείς ανθρώπινες επιδράσεις εξαιτίας της αλόγιστης αποψίλωσης και των εκχερσώσεων. Οικοσυστήματα ψυχροβιότερων φυλλοβόλων πλατύφυλλων, που απαρτίζονται από δάση οξιάς σε πυριτικά πετρώματα και σε υψόμετρο 900 μέχρι 1800μ. Οικοσυστήματα μαύρης Πεύκης εμφανίζονται σε οφιολιθικά πετρώματα. Τα οικοσυστήματα αυτά κατά το παρελθόν έχουν υποστεί ισχυρή ανθρώπινη επίδραση εξαιτίας της αλόγιστης βοσκής των κτηνοτρόφων. Οικοσυστήματα ψυχρόβιων κωνοφόρων όπου εμφανίζεται η Λευκόδερμη Πεύκη ή ρόμπολο, τα συναντάμε από τα 1400 ως τα 2000μ. Εξωζωνικά οικοσυστήματα που εξαπλώνονται σε υψόμετρο 1200μ. Η ευρύτερη περιοχή αποτελεί τμήμα των λεκανών απορροής του Βενέτικου και του Αλιάκμονα και περιέχει Λεύκες, διάφορα είδη Ιτιάς και Κλήθρας. Εξω-δασικά οικοσυστήματα με ποώδη βλάστηση που έχει υποβαθμιστεί επειδή οι περιοχές αυτές αποτελούν τα θερινά βοσκοτόπια των κτηνοτρόφων.

Στα Γρεβενά, τα μανιτάρια εκτός από κομμάτι της χλωρίδας, αποτελούν ξεχωριστό κομμάτι της τοπικής παράδοσης. Εμφανίζονται εκατοντάδες είδη στα δάση που μαζί με τους θαμνότοπους, τα λιβάδια και τις όχθες των ποταμών προσφέρουν ιδανικούς βιότοπους για την ανάπτυξή τους

Η πανίδα της περιοχής είναι πλούσια και περιλαμβάνει αρκετά σπάνια είδη όπως η προστατευόμενη καφέ αρκούδα (ο αριθμός τους στην περιοχή δεν ξεπερνά τις 20), η Βίδρα, ο Λύγκας και το αγριόγιδο. Επίσης υπάρχουν αγριογούρουνα, λαγοί, ζαρκάδια, αγριόγατοι, λύκοι, ασβοί και κουνάβια. Πλούσια είναι και η ορνιθοπανίδα η οποία αριθμεί δέκα είδη αρπακτικών και οκτώ είδη δρυοκολάπτης. Στην περιοχή του Εθνικού δρυμού της Πίνδου παρατηρήθηκε ένα ζευγάρι Βασιλαετών που είναι από τα πιο σπάνια πουλιά της Ευρώπης. Συνολικά έχουν καταγραφεί 122 είδη πουλιών. Μεγάλη είναι και η ερπετοπανίδα της περιοχής με 28 είδη ερπετών και αμφίβιων. Στα νερά των ποταμών αναπτύσσεται πλούσια ιχθυοπανίδα και περιλαμβάνει δύο είδη πέστροφας, μπριάνες και κεφαλόπουλα κ.α.

Τα Γρεβενά είναι ευρέως γνωστά για τον Εθνικό δρυμό της Πίνδου. Ο δρυμός βρίσκεται είκοσι χιλιόμετρα νότια του χωριού Περιβόλι και θεσμοθετήθηκε ως Εθνικός δρυμός το 1966. Στα όρια του περικλείει έκταση 69.000 στρεμμάτων. Από αυτή τα 35.500 αποτελούν τον πυρήνα του δρυμού, ενώ τα υπόλοιπα την προστατευόμενη περιοχή γύρω από αυτόν. Ο δρυμός είναι γνωστός με το όνομα Βάλια Κάλντα που στη βλάχικη διάλεκτο σημαίνει “ζεστή κοιλάδα”. Στο δρυμό συναντώνται πλούσια και διάφορων ειδών δάση, ενώ πέρα από τη χλωρίδα πλούσια είναι και η πανίδα. Επίσης ο δρυμός είναι το νοτιότερο τμήμα εξάπλωσης της δασικής Πεύκης στην Ευρώπη. Τα ποτάμια διασχίζουν την κοιλάδα με σημαντικότερο από αυτά το Αρκουδόρεμα που αποτελεί παραπόταμο του Αώου ποταμού. Στα ποτάμια συναντάμε τα δύο είδη πέστροφας, ενώ σε αυτή κατοικούν όλα τα είδη των αρπακτικών πουλιών, όπως των πουλιών του δάσους, των νυκτόβιων καθώς και πολλά ερπετά. Στη Φλέγκα υπάρχουν δύο μικρές λίμνες (δρακόλιμνες), που έχουν ολόκληρο το χρόνο νερό και είναι από τα ξεχωριστά αξιοθέατα της περιοχής, γιατί βρίσκονται σε υψόμετρο 1900μ

Σε απόσταση 45 χιλιομέτρων δυτικά της πόλης των Γρεβενών και 6km πάνω από το χωριό της Σμίξης, βρίσκεται το χιονοδρομικό κέντρο Βασιλίτσας, ένα από τα ομορφότερα της Ελλάδας. Η όλη περιοχή είναι εντεταγμένη στο δίκτυο ‘NATURA 2000’

Ο βόρειος άξονας του νομού περικλείει πολλά μονοπάτια, όπως το διεθνές ορειβατικό μονοπάτι Ε6 το οποίο βρίσκεται στο χάρτη αλλά είναι χαραγμένο και στο έδαφος. Το συγκεκριμένο ξεκινά από τη Κοπεγχάγη και καταλήγει στην Πελοπόννησο.

## 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 4.1 Δείγματα

Για τον έλεγχο της ποιότητας των πόσιμων, υπογείων, επιφανειακών και των υδάτων των φρεατίων του δήμου Γρεβενών και της ευρύτερης περιοχής ελήφθησαν δείγματα από τις εξής περιοχές:

#### 4.1.1 Επιφανειακά νερά

Τα επιφανειακά δείγματα λήφθηκαν με τη σειρά που παρουσιάζονται



#### 1. Γέφυρα Σμίξης

Το ποτάμι της Σμίξης βρίσκεται αμέσως μετά το χωριό Σμίξη Γρεβενών. Το ρεύμα της Σμίξης πηγάζει κοντά στο χιονοδρομικό κέντρο Γρεβενών, διασχίζει τη Σμίξη και κατευθύνεται στο χάνι του Λόλα, περιοχή στην οποία πραγματοποιείται άντληση νερού σε βάθος 80 μέτρων. Η λήψη δείγματος στο σημείο αυτό αποσκοπούσε στην εξακρίβωση της ποιότητας του νερού αμέσως μετά το χωριό .

#### 2. Ποτάμι Σμίξης

Η λήψη του δείγματος έγινε ακριβώς πάνω από το σημείο στο οποίο πραγματοποιείται η άντληση του νερού. Κτηνοτροφικές μονάδες εναποθέτουν τα λύματά τους στο Σμιξιώτικο ρέμα και η γύρω περιοχή αποτελεί βοσκότοπο για κοπάδια ζώων.

### *3. Φιλιππιώτικο ρέμα*

Το Φιλιππιώτικο ρέμα πηγάζει στην περιοχή ανάμεσα στο χιονοδρομικό κέντρο Γρεβενών και στο μνημείο Αννίτσας. Πήρε το όνομα του από το χωριό Φιλιππαιοί Γρεβενών γιατί ρέει κοντά του. Το Φιλιππιώτικο ρέμα συνδέεται με το Σμιξιώτικο σχηματίζοντας δέλτα αμέσως μετά το σημείο όπου πραγματοποιείται η άντληση του νερού.

### *4. Επιφανειακό δείγμα από το 1<sup>ο</sup> φρεάτιο της Αετιάς*

Το φρεάτιο αυτό βρίσκεται στο χάνι του Λόλα κοντά στο χωριό Αετιά. Η Δ.Ε.Υ.Α. Γρεβενών κατασκεύασε λιθοφράγματα στη περιοχή αυτή όταν διαπίστωσε την εισροή επιφανειακού νερού στο φρεάτιο. Η λήψη του δείγματος είχε σκοπό τον έλεγχο της ποιότητας του νερού που συγκεντρώνεται γύρω από τα λιθοφράγματα και την σύγκρισή του με αυτά του Σμιξιώτικου και του Φιλιππιώτικου ρέματος.

### *5. Ποταμός Γρεβενίτης μετά το εργοστάσιο της Πίνδου*

Ο ποταμός Γρεβενίτης διασχίζει την πόλη των Γρεβενών και προκύπτει από την ένωση δύο μικρότερων ποταμών στην αρχή, στους οποίους στη συνέχεια προστίθεται ένας μικρότερος από την δυτική πλευρά της πόλης. Η δειγματοληψία έγινε πριν τη ζεύξη των δύο πρώτων ποταμών αμέσως μετά το εργοστάσιο της Πίνδου, το οποίο τότε δεν ήταν σε λειτουργία και δεν εξακριβώθηκε η μόλυνση των υδάτων που θα πραγματοποιούνταν. Στην δεύτερη δειγματοληψία το συγκεκριμένο ρέμα είχε στερέψει

### *6. Ποταμός Γρεβενίτης μετά το κοιμητήριο*

Το σημείο αυτό βρίσκεται αμέσως μετά την ζεύξη των δύο μικρότερων ποταμών και σε σχέση με το προηγούμενο δείγμα παρεμβάλετε ένα εργοστάσιο ξυλείας.

### *7. Ποταμός Γρεβενίτης στη γέφυρα της Καλαμπάκας*

Το δείγμα αυτό πάρθηκε από τη γέφυρα στην έξοδο της πόλης προς τον νομό Τρικάλων. Σε σχέση με το προηγούμενο δείγμα παρεμβάλλονται μικρές ιδιωτικές επιχειρήσεις.

#### *8. Ποταμός Γρεβενίτης στη γέφυρα εργατικών κατοικιών*

Το δείγμα αυτό ελήφθη πριν την ένωση του ποταμού αυτού με το Γρεβενίτη για να υπολογίσουμε το ρυπαντικό φορτίο με το οποίο εμπλουτίζεται ο Γρεβενίτης

#### *9. Ποταμός Γρεβενίτης στη ράμπα του βιολογικού καθαρισμού*

Το δείγμα αυτό είναι το τελευταίο από το Γρεβενίτη, από το οποίο εξάγουμε το τελικό συμπέρασμα για το συνολικό φορτίο που συγκεντρώνεται. Το ποτάμι ρέει δίπλα από τον νέο-ανεγειρόμενο βιολογικό καθαρισμό και θα αποτελέσει τον τελικό αποδέκτη της τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

#### *10. Ποταμός Βενέτικος*

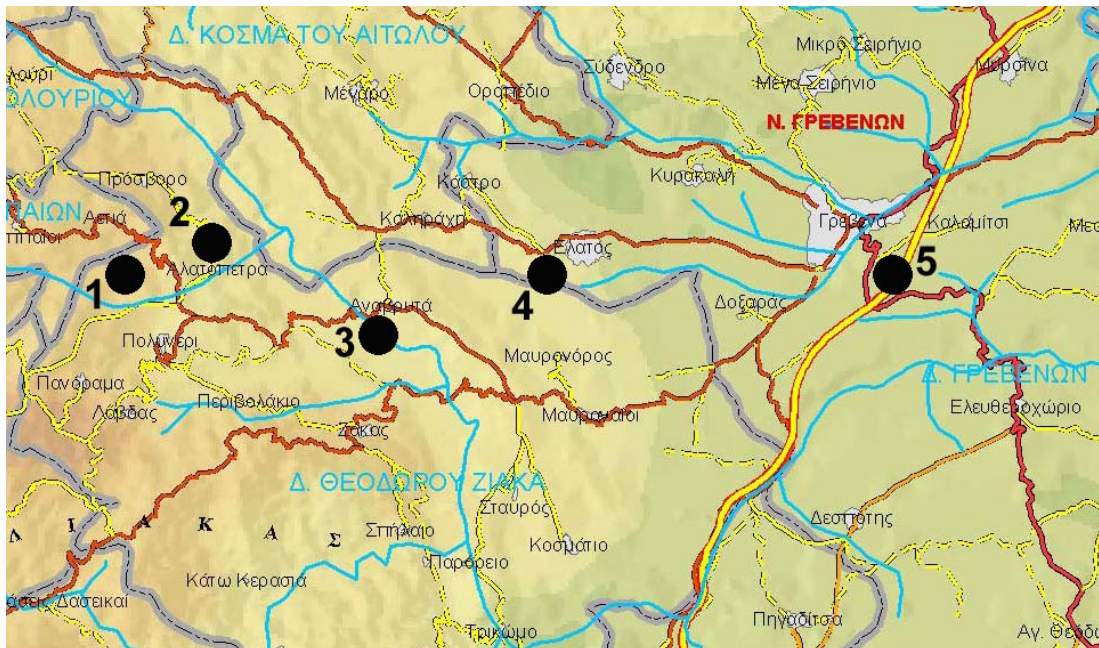
Ο Βενέτικος ποταμός είναι αποτέλεσμα της ένωσης μικρότερων ποταμών και ρέει πέντε χιλιόμετρα νότια της πόλης των Γρεβενών. Είναι ο δεύτερος σε μέγεθος, μετά τον Αλιάκμονα του νομού Γρεβενών. Γύρω του αναπτύσσεται ένα από τα βασικότερα οικοσυστήματα της περιοχής ενώ χρησιμοποιείται και για τουριστικές δραστηριότητες.

#### *11. Ποταμός Αλιάκμονας*

Ο Αλιάκμονας διασχίζει το νομό Γρεβενών προερχόμενος βορειότερα από το νομό Κοζάνης, κατόντη σχηματίζει την τεχνητή λίμνη του Πολύφυτου και καταλήγει στο Θερμαϊκό κόλπο. Το δείγμα ελήφθη από την γέφυρα στο χωριό Πόρος Γρεβενών.

#### 4.1.2 Φρεάτια

Τα φρεάτια λήφθηκαν με την σειρά που παρουσιάζονται:



##### 1. Δείγμα φρεατίου Αειτιάς

Το δείγμα από το φρεάτιο της Αειτιάς ήταν και το πρώτο δείγμα αμέσως μετά τις καλλιέργειες για να διαπιστώσουμε την ποιότητα του αντλούμενου νερού.

##### 2. Φρεάτιο Αλατόπετρας

Το φρεάτιο βρίσκεται στο χωριό της Αλατόπετρας Γρεβενών και το δείγμα είχε σκοπό τον έλεγχο της ποιότητας του νερού με το οποίο υδροδοτείται το χωριό Αλατόπετρα και τη σύγκριση του με το προηγούμενο δείγμα για πιθανή διαρροή του δικτύου.

##### 3. Φρεάτιο Αναβρυτών

Το φρεάτιο αυτό βρίσκεται στη μέση της διαδρομής από τις καλλιέργειες του Σμιξιώτικο ρέματος προς τη πόλη των Γρεβενών και πλησίον του χωριού Αναβρυτά Γρεβενών.

#### 4. Φρεάτιο Ελάτου

Το Φρεάτιο Ελάτου είναι το τελευταίο πριν τη πόλη των Γρεβενών. Στο σημείο αυτό ο αγωγός χωρίζεται σε τρεις επί μέρους προς κάθε κατεύθυνση της πόλης και βρίσκεται κοντά στο χωριό Έλατος Γρεβενών.

#### 5. Υδραγωγείο Αγίας Παρασκευής

Στο υδραγωγείο της Αγίας Παρασκευής καταλήγει ο ένας από τους τρεις αγωγούς που προκύπτουν από τον κύριο και τροφοδοτεί την νοτιοανατολική πλευρά της πόλης των Γρεβενών. Με το συγκεκριμένο δείγμα ελέγξαμε την ποιότητα του νερού πριν την διάθεσή του στην πόλη.

### 4.3 Πόσιμα Νερά

Τα πόσιμα νερά ελήφθησαν από σημεία της πόλης των Γρεβενών όπως παρουσιάζονται στον ακόλουθο χάρτη:



### *1. Κέντρο της πόλης*

Λάβαμε δείγμα από το κέντρο της πόλης, το πλέον πολυσύχναστο μέρος γύρω από το οποίο στεγάζονται δεκάδες καφετερίες και εστιατόρια.

### *2. 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο*

Δείγμα από το νότιο κομμάτι της πόλης και το οποίο αντιπροσωπεύει την ποιότητα του νερού με το οποίο καλύπτουν τις καθημερινές τους ανάγκες εκατοντάδες μαθητές.

### *3. Εργατικές κατοικίες*

Αυτό το δείγμα λήφθηκε από τη δυτική πλευρά της πόλης όπου στεγάζονται οι εργατικές κατοικίες και οι κάτοικοι τους στην συντριπτική τους πλειονότητα καταναλώνουν νερά του εμπορίου.

### *4. Περιοχή Μερά*

Δείγμα από την ανατολική πλευρά της πόλης όπου στεγάζεται η νομαρχία Γρεβενών με εκατοντάδες υπαλλήλους και το 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο.

### *5. Τέρμα δικτύου*

Το δείγμα αυτό βρίσκεται έξω από τα όρια της πόλης και απέναντι από τον βιολογικό καθαρισμό, για αυτό τον λόγο δεν περιλαμβάνεται στο χάρτη της πόλης. Προστέθηκε στην δεύτερη δειγματοληψία έπειτα από παρότρυνση του προϊσταμένου της Δ.Ε.Υ.Α.

#### 4.4 Γεωτρήσεις

Οι γεωτρήσεις παρουσιάζονται στους ακόλουθους δύο χάρτες



##### 1. Γεώτρηση Βαρκά

Η γεώτρηση αυτή βρίσκεται βόρεια της πόλης των Γρεβενών και σε περιόδους ξηρασίας ενισχύει το υδρευτικό δίκτυο.

##### 2. Γεώτρηση Καστράκι

Η γεώτρηση αυτή κατασκευάσθηκε τελευταία χρονολογικά. Βρίσκεται στο ομώνυμο ασύλλιο νότια της πόλης και από αυτό πήρε το όνομά της.

### *3. Γεώτρηση Αγίας Παρασκευής*

Η γεώτρηση αυτή βρίσκεται λίγα μόλις μέτρα από το υδραγωγείο της περιοχής και ο σκοπός της είναι να ενισχύει κυρίως τις γύρω αγροτικές περιοχές. Βρίσκεται νότια της πόλης των Γρεβενών σε υπερυψωμένο σημείο.

### *4. Γεώτρηση Ωδείο- Μερας*

Η γεώτρηση αυτή βρίσκεται δίπλα από το κτίριο όπου στεγάζεται η Δ.Ε.Υ.Α. Γρεβενών και εξυπηρετεί την ανατολική πλευρά της πόλης.

### *5. Γεώτρηση Βαρόσι- Μάνα*

Η γεώτρηση βρίσκεται κοντά στο σημείο όπου γίνεται ο αρχικός διαχωρισμός του αρχικού αγωγού που έρχεται από την περιοχή της Αετιάς και εξυπηρετεί την περιοχή Βαρόσι. Βρίσκεται νοτιοδυτικά της πόλης και η περιοχή είναι υπερυψωμένη σε σχέση με την υπόλοιπη πόλη. Στην πρώτη δειγματοληψία ελήφθη δείγμα από βρύση εντός της περιοχής στην οποία βρισκόταν η γεώτρηση η οποία όμως περιλαμβανόταν στο δίκτυο της πόλης και έτσι τα αποτελέσματα κρίθηκαν ανεπαρκή.

### *Παρατηρήσεις*

Η κάθε σειρά δειγματοληψιών πραγματοποιήθηκε από σταθερό σημείο. Συνολικά έγιναν δύο δειγματοληψίες μία στις αρχές Μαΐου και μία στα τέλη Ιουλίου. Στη πρώτη μετρήθηκαν 24 δείγματα και στην δεύτερη 23. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι τρία ποτάμια που επισκεφθήκαμε στις αρχές Μαΐου, είχαν στερέψει στα τέλη Ιουλίου. Επίσης η πρώτη δειγματοληψία στη γεώτρηση Μάνα- Βαρόσι ακυρώθηκε, γιατί η βρύση από την οποία πήραμε δείγμα αποτελούσε μέρος του δικτύου. Τέλος στη δεύτερη δειγματοληψία, λάβαμε έπειτα από υπόδειξη της Δ.Ε.Υ.Α. Γρεβενών ένα ακόμα δείγμα πόσιμου νερού, από το τέρμα του δικτύου. Για τη συλλογή των δειγμάτων και στις δύο δειγματοληψίες χρησιμοποιήθηκαν πλαστικές φιάλες του μισού λίτρου. Στην δεύτερη δειγματοληψία όπου και μετρήθηκε ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα μπουκάλια των 15ml τα οποία περιείχαν 150 μl υδροχλωρικού οξέος 2N. Η κάθε δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε διάστημα δύο ημερών. Μέχρι την ολοκλήρωση της το κάθε δείγμα φυλάσσονταν σε ψυγείο. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στα Χανιά με ει-

δικό φορητό ψυγείο και διατηρήθηκαν σε ψυγείο του εργαστηρίου έως το τέλος των χημικών αναλύσεων.

#### 4.2 Αναλυτικές Μέθοδοι

Η επιλογή των φυσικών και χημικών παραμέτρων έγινε με βάση το είδος των δειγμάτων, τις ανάγκες της μελέτης και τον προσφερόμενο υλικοτεχνικό εξοπλισμό του εργαστηρίου. Οι φυσικοχημικές παράμετροι που επελέγησαν ήταν ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), η ενεργός οξύτητα pH, η αλατότητα, ηλεκτρική αγωγιμότητα, η αλκαλικότητα και η σκληρότητα. Τα ανιόντα ήταν τα φθοριούχα, χλωριούχα, βρωμιούχα, νιτρικά, φωσφορικά, θειικά και τα νιτρώδη. Τα κατιόντα ήταν αυτά του ασβεστίου, νατρίου, μαγνησίου, χαλκού, σιδήρου, μολύβδου, αρσενικού, νικελίου και καδμίου.

Οι παραπάνω παράμετροι παρατίθενται στους πίνακες 4.1 και 4.2.

**Πίνακας 4.1:** Φυσικοχημικές παράμετροι

<b>Φυσικοχημικές παράμετροι</b>	<b>Μονάδες</b>
TOC	ppm
Ενεργός οξύτης	pH
Αλατότητα	ppm
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	μS/cm
Αλκαλικότητα	mgCaCO <sub>3</sub> /L
Σκληρότητα	mgCaCO <sub>3</sub> /L

**Πίνακας 4.2:** Χημικές παράμετροι

Χημικές παράμετροι	Μονάδες
Φθοριούχα	ppm
Χλωριούχα	ppm
Βρωμιούχα	ppm
Νιτρικά	ppm
Φωσφορικά	ppm
Θειικά	ppm
Νιτρώδη	ppm
Ασβέστιο	ppm
Νάτριο	ppm
Μαγνήσιο	ppm
Χαλκός	ppb
Μόλυβδος	ppb
Αρσενικό	ppb
Νικέλιο	ppb
Κάδμιο	ppb

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων είναι οι παρακάτω:

#### 4.2.1 Ενεργός Οξύτητα

Το pH των δειγμάτων προσδιορίστηκε με χρήση του πεχάμετρου μάρκας CRISON μοντέλο 2002. Πριν από την έναρξη κάθε σειράς μετρήσεων γινόταν βαθμονόμηση του οργάνου με χρήση ρυθμιστικών διαλυμάτων σε pH 4 και 7.

#### 4.2.2 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα / Αλατότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η αλατότητα των δειγμάτων μετρήθηκε με το αγωγιμόμετρο της εταιρείας CRISON .

#### 4.2.3 Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα των δειγμάτων προσδιορίστηκε σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο 2320B “titration method” η οποία στηρίζεται στην ποτενσιομετρική τιτλοδότηση του δείγματος με υδροχλωρικό οξύ μέχρι η τιμή του pH να γίνει 4.5 (APHA, AWWA, WEF, 1992).

Ο υπολογισμός της αλκαλικότητας προκύπτει από τη σχέση:

$$\text{Alkalinity, mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{A * N * 50000}{ml(\text{sample})}$$

όπου: A = mL οξέος που καταναλώθηκαν

N = κανονικότητα οξέος

#### 4.2.4 Σκληρότητα

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έγινε σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο 2340C “EDTA Titrimetric Method” η οποία στηρίζεται στην τιτλοδότηση του δείγματος με EDTA (APHA, AWWA, WEF, 1992).

Ο υπολογισμός της σκληρότητας βασίστηκε στη σχέση:

$$\text{Hardness (EDTA) as mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{A * 1000}{ml(\text{sample})}$$

όπου: A = mL οξέος που καταναλώθηκαν

#### 4.2.5 Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)

Ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα έγινε με τη χρήση του αναλυτή ολικού άνθρακα της εταιρείας SHIMADZU μοντέλο 5000A. Τα δείγματα κατά τη λήψη τους είχαν οξινιστεί (1% HCl 2N) για την μετατροπή του ανόργανου άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα. Στη συνέχεια το όργανο πραγματοποιούσε air sparging για 10 λεπτά αποβάλλοντας το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Έτσι ο οργανικός άνθρακας ταυτίζεται με τον ολικό οργανικό άνθρακα και το όργανο μετρώντας τις μη πτητικές οργανικές ουσίες (NPOC) μας έδωσε τις τιμές του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC). Η βλάβη του οργάνου κατά τη διάρκεια της πρώτης δειγματοληψίας δεν μας επέτρεψε την ανάλυση των δειγμάτων της. Για τον ποσοτικό προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκε καμπύλη αναφοράς βασισμένη σε πρότυπα διαλύματα με

εύρος συγκεντρώσεων 0 – 2,5 ppm. Η εξίσωση που την περιέγραφε φαίνεται παρακάτω:

$$\text{TOC} = (\text{Area}/3745,1) - 35,029$$

#### 4.2.6 Ανάλυση ανιόντων

Η μέτρηση των φθοριούχων, των χλωριούχων, των βρωμιούχων, των νιτρικών, των φωσφορικών, των νιτρωδών και των θειικών ανιόντων πραγματοποιήθηκε με χρήση της ιοντικής χρωματογραφίας. Η παραπάνω συσκευή είναι προϊόν της εταιρείας Dionex, μοντέλο DX-500. Στη μέθοδο ανάλυσης των παραπάνω ανιόντων ο διαλύτης έκλουσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  9Mm, η αντλία ήταν ισοκρατική (μοντέλο IP 20), ο ανιχνευτής ήταν αγωγιμομετρικός (μοντέλο CD 20), η αναλυτική στήλη είχε μήκος 25cm (AS9HC) και έφερε προστήλη μήκους 5cm (AG9HC) και ο βρόγχος εισαγωγής του δείγματος ήταν 25μL. Η αντλία διατηρεί σταθερή τη ροή του διαλύτη έκλουσης στο 1 ml/min και ο ανιχνευτής δουλεύει σε διάφορα επίπεδα ευαισθησίας (ranges) ανάλογα το εύρος των συγκεντρώσεων κάθε μεθόδου. Τέλος η επεξεργασία των χρωματογραφημάτων γινόταν μέσω του software “Chemstation”.

Τα ιόντα αναγνωρίζονται στη στήλη μέσω του χρόνου κατακράτησής τους, ο οποίος είναι χαρακτηριστικός για κάθε ανιόν και φαίνεται στον Πίνακα 4.3.

**Πίνακας 4.3:** Χρόνοι κατακράτησης ανιόντων

Ανιόν	Χρόνος κατακράτησης (min)
Φθοριούχα	3,73 - 3,81
Χλωριούχα	6,69 - 6,83
Νιτρώδη	7,88 – 8,06
Βρωμιούχα	10,72 - 11,9
Νιτρικά	13,47 - 14,34
Φωσφορικά	17 – 18,46
Θειικά	19,98 – 21,03

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των ιόντων σε κάθε δείγμα εφαρμόζονταν η μέθοδος anions 2' με την οποία εντοπίζονταν ανιόντα συγκεντρώσεως 2.5 - 120 ppm, η μέθοδος anions 8' για συγκεντρώσεις 600ppb - 3ppm. Για συγκεντρώσεις

χαμηλότερες των 600 ppb και μέχρι το όριο ανίχνευσης κάθε ανιόντος, χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι: μία για τα νιτρώδη (anions 80) και μία για τα υπόλοιπα ανιόντα (anions 8). Σε κάθε μέθοδο εφαρμόσθηκε η μέθοδος των πρότυπων ευθειών (calibration curve method) με βάση τον πίνακα των συγκεντρώσεων πρότυπων διαλυμάτων (πίνακας βαθμονόμησης, calibration table). Οι πίνακες βαθμονόμησης όλων των μεθόδων καθώς και ένα χρωματογράφημα πρότυπου διαλύματος 10 ppm σε κάθε ανιόν φαίνονται στο Παράρτημα Α.

#### 4.2.7 Ανάλυση κατιόντων και βαρέων μετάλλων

Οι μετρήσεις των κατιόντων του ασβεστίου, νατρίου, μαγνησίου, σιδήρου καθώς και οι μετρήσεις των βαρέων μετάλλων χαλκός, μόλυβδος, αρσενικό, νικέλιο και κάδμιο, πραγματοποιήθηκαν με χρήση του φασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης. Η παραπάνω συσκευή είναι προϊόν της εταιρείας Analytik Jena, μοντέλο AAS 6 Vario. Οι μεν μετρήσεις των κατιόντων έγιναν με την τεχνική της φλόγας, οι δε μετρήσεις των βαρέων μετάλλων με φούρνο γραφίτη.

Αρχικά τα δείγματα οξινίζονταν με νιτρικό οξύ. Πριν ξεκινήσει η διαδικασία του οργάνου, προθερμαίναμε τις λάμπες (λυχνίες) κοίλης καθόδου, τις οποίες θα χρησιμοποιούσαμε για την αναγνώριση των κατιόντων και βαρέων μετάλλων. Η φλόγα χρησιμοποιούσε ως καύσιμο ακετυλένιο, με σταθερή πίεση 0.7 bar, και ως οξειδωτικό αέρα. Λόγω των χαμηλών συγκεντρώσεών τους, ο χαλκός, ο σίδηρος, ο μόλυβδος, το αρσενικό, το νικέλιο και το κάδμιο μετρήθηκαν στον φούρνο γραφίτη με αδρανές αέριο αργό.

Τα μήκη κύματος κάθε στοιχείου παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4.

**Πίνακας 4.4:** Μήκη κύματος κατιόντων και βαρέων μετάλλων

Κατιόν – Βαρύ μέταλλο	Μήκος κύματος (nm)
Μαγνήσιο	285,2
Ασβέστιο	422,7
Νάτριο	589,0
Χαλκός	324,8
Νικέλιο	232,0
Μόλυβδος	217,0
Αρσενικό	193,7
Κάδμιο	228,8

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό εφαρμόσθηκε η μέθοδος των πρότυπων ευθειών ή ευθειών βαθμονόμησης (calibration curve method) με βάση τις απορροφήσεις πρότυπων διαλυμάτων τα οποία είχαν παρασκευασθεί στο εύρος των αναμενόμενων συγκεντρώσεων για κάθε μέταλλο. Το όργανο έκανε τρεις μετρήσεις απορρόφησης σε κάθε δείγμα, από τον μέσο όρο των οποίων γινόταν ο υπολογισμός της συγκέντρωσης κάθε μετάλλου βάση της κατάλληλης ευθείας βαθμονόμησης. Οι πρότυπες ευθείες για κάθε μέταλλο παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.

## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1 Επιφανειακά νερά

Η ανάλυση των επιφανειακών υδάτων στο εργαστήριο μας έδωσαν τη δυνατότητα να διαπιστώσουμε τα επίπεδα των ρυπαντικών φορτίων και την επιρροή αυτών στα εκάστοτε οικοσυστήματα και στην τοπική κοινωνία. Ο Γρεβενίτης διασχίζει την πόλη με τα επίπεδα της ρύπανσης να σχετίζονται άμεσα με τις δραστηριότητες των ανθρώπων γύρω από αυτόν. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων στις φυσικοχημικές παραμέτρους φαίνονται στον Πίνακα 5.1.

**Πίνακας 5.1:** Ανάλυση φυσικοχημικών παραμέτρων επιφανειακών υδάτων

Δείγμα	TOC ppm		pH		Αλκαλικότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l		Αλατότητα ppm		Σκληρότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l		Ηλεκτρική Αγωγιμότητα μS/cm	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Γέφυρα Σμίξης	-	1,01	7,97	8,50	83	147,50	89	165	87	166	169	307
Ποτάμι Σμίξης	-	1,60	7,97	8,25	79,50	141,50	85	150	84	145	163	280
Φιλιππιώτικο Ρέμα	-	-	8,23	-	147,5	-	162	-	154	-	305	-
1 <sup>ο</sup> Φρεάτιο Αετιάς	-	-	8,00	-	92,5	-	98	-	103	-	188	-
Γρεβενίτης εργοστάσιο Πίνδου	-	-	8,12	-	478	-	480	-	540	-	885	-
Γρεβενίτης κοιμητήριο	-	3,80	8,14	8,10	345	364	366	422	392	402	680	778
Γρεβενίτης γέφυρα Καλαμπάκας	-	0,72	7,97	8,28	336	371	347	427	366	400	645	787
Γρεβενίτης γέφυρα εργ. κατοικιών	-	1,42	8,12	7,75	358	379	390	457	402	422	721	842
Γρεβενίτης ράμπα βιολογικού	-	9,38	7,33	7,45	377	396	372	440	388	384	690	815
Βενέτικος	-	1,97	8,20	8,37	127,5	197,50	137	210	136	200	260	390
Αλιάκμονας	-	2,09	8,10	8,18	171	210	202	251	191	234	380	470

Σημαντικό στοιχείο είναι ότι τα σημεία δειγματοληψιών έχουν συγκεκριμένη ακολουθία και μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτή μία σημαντική αυξομείωση στις τιμές των μετρούμενων παραμέτρων.

Μετρήσεις ολικού οργανικού άνθρακα πραγματοποιήθηκαν μόνο κατά τη διάρκεια της δεύτερης δειγματοληψίας. Η μέγιστη τιμή μετρήθηκε στη ράμπα του βιολογικού με 9,38 ppm, επειδή ανάντη του σημείου δειγματοληψίας χύνονται τα λύματα της πόλης. Οι υπόλοιπες κυμάνθηκαν από 0,72 έως 3,80 ppm.

Τα επίπεδα του pH δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο δειγματοληψίες. Μέγιστη τιμή βρέθηκε στο δείγμα από τη γέφυρα της Σμίξης, αυξημένη τη δεύτερη περίοδο κατά 0,53 (7,97 – 8,50). Και στις δύο δειγματοληψίες οι τιμές που λάβαμε ήταν παραπλήσιες μεταξύ τους. Η τιμή από τη ράμπα του βιολογικού καθαρισμού διαφέρει από αυτές των άλλων δειγμάτων και είναι σχετικά πιο όξινη (7,33 – 7,45) εξαιτίας της λειτουργίας εργοταξίου, λίγα μέτρα πριν από το σημείο της δειγματοληψίας. Το pH στα επιφανειακά δείγματα της κεντρικής και δυτικής Μακεδονίας ήταν πιο βασικό, από 7,9 έως 8,6.

Οι τιμές της αλκαλικότητας παρέμειναν σταθερές. Σε κάποιες περιπτώσεις, αν και περιμέναμε μία αύξηση, η τιμή παρέμεινε σταθερή (περίπτωση ράμπας βιολογικού, γέφυρας Καλαμπάκας, κοιμητηρίων και εργατικών κατοικιών). Αντίθετα οι τιμές διπλασιάζονται στις περιπτώσεις της γέφυρας (83-147,50 mgCaCO<sub>3</sub>/l) και του ποταμού της Σμίξης (79,50-141,50 mgCaCO<sub>3</sub>/l). Η αύξηση αυτή δεν θεωρείται σημαντική γιατί οι μετρούμενες τιμές είναι πολύ χαμηλές. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις αύξηση ήταν αναμενόμενη. Η αλκαλικότητα των συγκρίσιμων τιμών μετρήθηκε σε πιο χαμηλά επίπεδα με εύρος τιμών από 93 έως 255 mgCaCO<sub>3</sub>/l.

Η αλατότητα, λόγω των κλιματολογικών αλλαγών παρουσίασε αναμενόμενη αύξηση κατά τη δεύτερη δειγματοληψία. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε, σε αντίθεση με τις τιμές κοντά στην πόλη, ότι οι τιμές στον ορεινό άξονα ήταν πολύ χαμηλές. Χαρακτηριστικές αυτών, ήταν της γέφυρας και του ποταμού της Σμίξης, του Φιλιππιώτικου ρέματος και του πρώτο φρεατίου της Αετιάς. Γεωγραφικά τοποθετούνται στην ευρύτερη περιοχή μεταξύ Σμίξης και Αετιάς σε υψόμετρο άνω των 1300 μέτρων αιτιολογώντας έτσι τις χαμηλές τιμές. Κατά την πρώτη περίοδο, στα συγκεκριμένα δείγματα οι τιμές κυμαίνονται στα 100 ppm ενώ στην δεύτερη και μόνο για τις δύο πρώτες περιπτώσεις μετρήθηκαν 150 ppm. Οι συγκρίσιμες τιμές είναι πλησιέστερες σε αυτές των δειγμάτων του ορεινού άξονα και του Βενέτικου και Αλιάκ-

μονα ποταμού. Παρατηρούμε ότι η αλατότητα των δειγμάτων του Γρεβενίτη συγκρίνεται μόνο με αυτή του ποταμού Στρυμόνα (580ppm).

Οι τιμές της σκληρότητας, κυμάνθηκαν στα ίδια χαμηλά επίπεδα με αυτά των άλλων παραμέτρων. Χαρακτηριστικό και αυτής της ανάλυσης οι χαμηλές τιμές στα δείγματα του της γέφυρα ( 84-145 mgCaCO<sub>3</sub>/l) και του ποταμού της Σμίξης (87-166 mgCaCO<sub>3</sub>/l). Μέγιστη τιμή αυτή των 540 CaCO<sub>3</sub>/l από τον Γρεβενίτη ποταμό στο ύψος του εργοστασίου της Πίνδου. Τα συγκρίσιμα μεγέθη της σκληρότητας είναι πιο μικρά. Οι τιμές του Γρεβενίτη αντιστοιχούν σε αυτές του Λουδία ο οποίος κρίνεται αρκετά επιβαρυνμένος με ρυπαντικό φορτίο.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα, τηρουμένων των αναλογιών για κάθε περίπτωση, παρέμεινε σε σταθερά επίπεδα. Χαμηλότερες τιμές αυτές της γέφυρας (163-280 μS/cm) και του ποταμού της Σμίξης (169-307 μS/cm ) και υψηλότερη αυτή του Γρεβενίτη στο ύψος του εργοστασίου της Πίνδου (885 μS/cm). Στα ποτάμια της κεντρικής και δυτικής Μακεδονίας ανιχνεύονται υψηλότερες τιμές, από 192 έως 1483 μS/cm οπότε και οι συγκεντρώσεις των όξινων και μη ανθρακικών ιόντων και των υδροξυλίων είναι υψηλότερη.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των ανιόντων φαίνονται στον Πίνακα 5.2.

Φθοριούχα άλατα, βρέθηκαν σε μικρές συγκεντρώσεις. Το εύρος τιμών της πρώτης δειγματοληψίας στον Γρεβενίτη ποταμό ήταν από 0,15 έως 0,31 ppm. Εξαιρείται το δείγμα των εργατικών κατοικιών που ανήκει στο ένα από τα δύο ποτάμια που τον συνθέτουν. Στα δείγματα του βόρειου άξονα μετρήθηκαν υψηλές τιμές συγκεντρώσεων, μεγαλύτερη εκείνη του ποταμού Σμίξης (0,85 ppm) της πρώτης δειγματοληψίας. Σημαντικό στοιχείο είναι, ότι με εξαίρεση τα δείγματα από τον ποταμό Βενέτικο και τη ράμπα του βιολογικού καθαρισμού, όλα τα υπόλοιπα της δεύτερης δειγματοληψίας παρουσιάστηκαν με μικρή μείωση. Τα συγκρίσιμα μεγέθη κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα τιμών (0,1-0,75 ppm).

Τα χλωριούχα άλατα περιμετρικά της πόλης μετρήθηκαν από 7,65 έως 17,44 ppm κατά την πρώτη δειγματοληψία και από 13,35 έως 24,37 ppm στη δεύτερη. Υψηλότερη τιμή αυτή στο δείγμα της ράμπας του βιολογικού καθαρισμού με τιμή 17.5 και 24.3ppm, με πιθανή αιτία τα απόβλητα που διατίθενται στον υδροφορέα από κοντινά εργοτάξια. Τα δείγματα του ορεινού άξονα περιείχαν σαφώς χαμηλότερες συγκεντρώσεις, από 2,15 έως 8,67 ppm στη γέφυρα της Σμίξης. Στα δείγματα των ποταμών του Αλιάκμονα και του Βενέτικου σημειώθηκαν σημαντικές αυξή-

σεις των συγκεντρώσεων. Οι συγκρίσιμες τιμές δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές. Εξαίρεση ο ποταμός Στριμόνας στον οποίο ανιχνεύθηκαν 202 ppm.

Βρωμιούχα άλατα δεν βρέθηκαν σε κανένα από τα δείγματα σε συγκεντρώσεις υψηλότερες των 100 ppb. Αντίθετα στους ποταμούς Λουδία (0,38 ppm) και Στρυμόνα (0,29 ppm) μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις.

Τα νιτρικά άλατα περιορίστηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Στα δείγματα του βόρειου άξονα οι συγκεντρώσεις μετρήθηκαν από 0,25 έως 0,66 ppm. Στον Γρεβενίτη ποταμό οι τιμές κυμάνθηκαν από 1,88 έως 19,29 ppm. Στο δείγμα της ράμπας του βιολογικού έχουμε μία σημαντική πτώση στην τιμή από τα 8,67 ppm της πρώτης περιόδου στα 1,8 ppm της δεύτερης. Μείωση καταγράφηκε επίσης στο δείγμα των κοιμητηρίων από τα 11,07 στα 5,96 ppm. Στα Βενέτικο οι συγκεντρώσεις που ανιχνεύθηκαν ήταν πολύ χαμηλές επειδή ο ποταμός δεν διασχίζει την πόλη και η επιβάρυνση που υφίσταται είναι ελάχιστη (0,30-0,48 ppm). Οι συγκεντρώσεις των συγκρίσιμων δειγμάτων δεν παρουσίασαν σημαντικές αποκλίσεις.

Φωσφορικά άλατα δεν ανιχνεύθηκαν σε υψηλές συγκεντρώσεις. Μόνο στο δείγμα της ράμπας του βιολογικού καθαρισμού κατά την δεύτερη δειγματοληψία μετρήθηκαν 7.76 ppm. Την τιμή αυτή δικαιολογεί το γεγονός, ότι ανάντη του σημείου δειγματοληψίας χύνονται τα λύματα της πόλης. Στα δείγματα του ορεινού άξονα κάθε μέτρηση μας έδωσε τιμή μικρότερη των 100 ppb. Η μέγιστη τιμή που λάβαμε από τον Γρεβενίτη ήταν στις εργατικές κατοικίες με 2.75 ppm. Τα φωσφορικά των συγκρίσιμων δειγμάτων ήταν λιγότερα. Μέγιστη τιμή αυτή στον ποταμό Αξιό (0,63 ppm)

Τα θειικά άλατα μετρήθηκαν στις υψηλότερες συγκεντρώσεις από όλα τα ανιόντα. Στα δείγματα του Γρεβενίτη οι τιμές κυμάνθηκαν από 26,74 έως 59,61 ppm ενώ στη περιοχή της Σμίξης και της Αετιάς οι συγκεντρώσεις περιορίστηκαν από τα 4,64 έως τα 14,93 ppm. Οι συγκρίσιμες τιμές ήταν υψηλότερες με εύρος τιμών 13 έως 255 ppm με τους ποταμούς Πηνειό (255) και Λουδία (133) να παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές. Αιτία αυτών χρήση λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων.

Νιτρώδη εντοπίστηκαν μεμονωμένα σε συγκεκριμένα δείγματα. Στον Γρεβενίτη ποταμό στο ύψος του βιολογικού καθαρισμού, στην την πρώτη δειγματοληψία και μάλιστα σε υψηλή συγκέντρωση 3,39 ppm. Την ύπαρξη τους δικαιολογεί η παρουσία εργοταξίων κοντά στην περιοχή της δειγματοληψίας, τα οποία όπως έχει καταγραφεί υποβαθμίζουν αρκετά την ποιότητα των υδάτων . Στο πρώτο φρεάτιο

της Αετίας σε λιμνάζοντα ύδατα γύρω από αυτό. Η τιμή που μετρήθηκε ανέρχεται 0,29 ppm. Επίσης στον Γρεβενίτη, στην περιοχή των εργατικών κατοικιών κατά την δεύτερη δειγματοληψία βρέθηκαν 0,31 ppm. Παραπλεύρως του ποταμού καλλιεργούνται χωράφια και πιθανότατα οι γεωργοί κάνουν χρήση επικίνδυνων φυτοφαρμάκων. Στα αντίστοιχα δείγματα της κεντρική και δυτικής Μακεδονίας οι τιμές είναι παρόμοιες.

**Πίνακας 5.2:** Ανιόντα επιφανειακών υδάτων

Δείγμα	Φθοριούχα (ppm)		Χλωριούχα (ppm)		Βρωμιούχα (ppm)		Νιτρικά (ppm)		Φωσφορικά (ppm)		Θειικά (ppm)		Νιτρώδη (ppm)	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Γέφυρα Σμίξης	0,69	<0,05	4,34	8,67	<0,1	<0,1	0,66	0,45	<0,1	<0,1	4,64	7,83	<0,25	<0,25
Ποτάμι Σμίξης	0,85	0,65	4,30	6,08	<0,1	<0,1	0,25	0,44	<0,1	<0,1	6,02	9,32	<0,25	<0,25
Φιλιππιώτικο Ρέμα	0,44	-	3,47	-	<0,1	-	<50	-	<0,1	-	14,93	-	<0,25	-
1 <sup>ο</sup> Φρεάτιο Αετιάς	0,10	-	2,15	-	<0,1	-	0,28	-	<0,1	-	7,50	-	0,29	-
Γρεβενίτης εργοστάσιο Πίνδου	0,31	-	7,65	-	<0,1	-	10,71	-	<0,1	-	59,61	-	<0,25	-
Γρεβενίτης κοιμητήριο	0,2	<0,05	10,40	13,35	<0,1	<0,1	11,07	5,96	0,29	<0,1	43,78	34,23	<0,25	<0,25
Γρεβενίτης γέφυρα Καλαμπάκας	0,3	<0,05	8,96	16,56	<0,1	<0,1	14,10	17,25	1,58	<0,1	38,18	26,74	<0,25	<0,25
Γρεβενίτης γέφυρα εργατικών κατοικιών	0,55	0,16	8,36	13,55	<0,1	<0,1	15,10	19,29	2,75	<0,1	52,53	36,34	<0,25	0,31
Γρεβενίτης ράμπα βιολογικού	0,15	0,60	17,44	24,37	<0,1	<0,1	8,67	1,88	1,75	7,76	45,76	32,36	3,39	<0,25
Βενέτικος	0,2	0,66	4,76	11,07	<0,1	<0,1	0,30	0,48	<0,1	<0,1	8,55	14,64	<0,25	<0,25
Αλιάκμονας	0,69	0,14	7,93	10,94	<0,1	<0,1	5,20	7,68	<0,1	<0,1	28,97	25,60	<0,25	<0,25

Τα αποτελέσματα των κατιόντων και των βαρέων μετάλλων φαίνονται στον Πίνακα 5.3.

Οι συγκεντρώσεις μαγνησίου, ασβεστίου και νατρίου στα επιφανειακά νερά ήταν απόλυτα συμβατές με την ακολουθία που περιμέναμε και στις δύο δειγματοληψίες. Αρχικά στα δείγματα της περιοχής Σμίξης – Αετιάς οι τιμές των παραμέτρων ήταν πολύ χαμηλές ενώ κατευθυνόμενοι προς την πόλη των Γρεβενών, και ενώ οι υδροφορείς ρέουν ανάμεσα από διάφορα πετρώματα, οι τιμές αυξάνονται. Στους ποταμούς Αλιάκμονα και Βενέτικο ανάμεσα στις δύο περιόδους παρατηρείται μικρή αύξηση των τιμών ενώ σε κάποιες περιπτώσεις οι τιμές των παραμέτρων παραμένουν αμετάβλητες. Οι συγκρίσιμες τιμές δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές, Μοναδική αυτή του ποταμού Λουδία που η συγκέντρωση του νατρίου ανιχνεύθηκε στα 508 ppm.

Υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων όπως χαλκός, μόλυβδος, αρσενικό, νικέλιο και κάδμιο θα δήλωναν σημαντική ποιοτική υποβάθμιση των επιφανειακών υδάτων. Χαλκός ανιχνεύθηκε στο δείγμα του Φιλιππιώτικου ρέματος (1,17 ppb) και στον Αλιάκμονα (1,64 ppb). Συγκεντρώσεις νικελίου άνω του 1 ppb, περιείχαν μόνο τα δείγματα της πρώτης δειγματοληψίας με μέγιστη τιμή στις εργατικές κατοικίες (4,95 ppb). Οι τιμές αυτές αιτιολογούνται από τη συχνή του παρουσία σε επιφανειακά ορυκτά και από το γεγονός ότι πρόκειται για το πιο ευκίνητο μέταλλο στη φύση. Τα υπόλοιπα βαρέα μέταλλα μόλυβδος, αρσενικό, νικέλιο και κάδμιο δεν ανιχνεύθηκαν σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του 1 ppb σε κανένα δείγμα. Στα συγκρίσιμα δείγματα βρέθηκαν μικρές συγκεντρώσεις μολύβδου από 2,21 έως 4,61 ppb, αρσενικού από 0,50 έως 1,11 ppb και καδμίου από 0,50 έως 1,15 ppb.

**Πίνακας 5.3:** Κατιόντα και βαρέα μέταλλα επιφανειακών υδάτων

Δείγμα	Μαγνήσιο (Mg) ppm		Ασβέστιο (Ca) ppm		Νάτριο (Na) ppm		Χαλκός (Cu) ppb		Νικέλιο (Ni) ppb	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Γέφυρα Σμίξης	14,14	70,14	6,59	18,61	1,91	6,54	<1	<1	3,02	<1
Ποτάμι Σμίξης	11,96	63,40	12,13	24,92	2,13	6,34	<1	<1	2,08	<1
Φιλιππιώτικο Ρέμα	9,46	-	38,71	-	9,07	-	1,17	-	<1	<1
1 <sup>ο</sup> Φρεάτιο Αειάς	12,56	-	17,45	-	2,99	-	<1	-	1,20	<1
Γρεβενίτης εργοστάσιο Πίνδου	56,29	-	42,77	-	8,17	-	<1	-	4,35	<1
Γρεβενίτης κοιμητήριο	46,87	74,05	41,73	81,77	10,45	9,86	<1	<1	4,72	<1
Γρεβενίτης γέφυρα Καλαμπάκας	49,89	85,06	33,02	32,02	7,83	11,04	<1	<1	2,86	<1
Γρεβενίτης γέφυρα εργ. κατοικιών	45,99	76,89	55,54	32,01	10,98	8,22	<1	<1	4,95	<1
Γρεβενίτης ράμπα βιολογικού	46,34	84,35	50,34	30,88	12,43	13,05	<1	<1	3,07	<1
Βενέτικος	21,65	72,81	16,92	16,67	4,13	9,94	<1	<1	2,63	<1
Αλιάκμονας	13,59	63,41	45,43	69,71	7,24	7,44	1,64	<1	2,31	<1

## 5.2 Φρεάτια

Λάβαμε δείγματα από τα πέντε φρεάτια που έχουν κατασκευαστεί, στην πορεία του νερού από την περιοχή της Αετίας έως τα Γρεβενά. Σκοπός μας ήταν να εξετάσουμε την ποιότητα των υδάτων και να εντοπίσουμε πιθανές διαρροές στο δίκτυο. Παράλληλα εξετάσαμε το νερό με το οποίο υδρεύονται τα αντίστοιχα χωριά. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων στις φυσικοχημικές παραμέτρους των δειγμάτων, με τη σειρά που λήφθηκαν, φαίνονται στον Πίνακα 5.4.

**Πίνακας 5.4:** ανάλυση φυσικοχημικών παραμέτρων φρεατίων

Δείγμα	TOC ppm		pH		Αλκαλικότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l		Αλατότητα ppm		Σκληρότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l		Ηλεκτρική Αγωγιμότητα μS/cm	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Φρεάτιο Αετίας	-	1,35	7,70	7,81	131,50	187	151	203	141	197	285	380
Φρεάτιο Αλατόπετρας	-	0,58	7,60	8,10	142	166	153	172	151	166	295	320
Φρεάτιο Αναβρυτών	-	0,85	7,70	8,13	142	165	157	173	148	170	296	326
Φρεάτιο Ελάτου	-	0,83	7,80	8,15	144	164	155	170	149	169	300	318
Υδραγωγείο Αγίας Παρα- σκευής	-	1,40	7,90	7,82	144	180	151	191	150	180	296	360

Ο ολικός Οργανικός άνθρακας μετρήθηκε μόνο κατά τη δεύτερη δειγματοληψία και οι τιμές κυμαίνονται από 0,58 έως 1,40 ppm. Η χαμηλότερη τιμή ανιχνεύθηκε στο φρεάτιο της Αλατόπετρας ενώ η υψηλότερη στο υδραγωγείο της Αγίας Παρασκευής.

Τα επίπεδα του pH δεν παρουσίασαν μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Οι τιμές που λάβαμε ήταν μεταξύ 7,60 και 7,90 και 7,81 και 8,15 για κάθε δειγματοληψία αντίστοιχα. Η μικρή αύξηση αιτιολογείται από το ξηρό κλίμα του μήνα Αυγούστου.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της Αλκαλικότητας σχεδόν για όλα τα δείγματα της πρώτης περιόδου ήταν 144 mgCaCO<sub>3</sub>/l. Μικρότερη τιμή αυτή στο φρεάτιο της Αετίας με 131,50 mgCaCO<sub>3</sub>/l. Στη δεύτερη περίοδο η Αλκαλικότητα αυξήθηκε ελάχιστα, φτάνοντας στη μέγιστη τα 187 mgCaCO<sub>3</sub>/l. Οι τιμές που λάβαμε, αναλογιζόμενοι ότι επρόκειτο για πόσιμα νερά ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητικές.

Η Αλατότητα μετρήθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Στην πρώτη δειγματοληψία οι τιμές των δειγμάτων κυμάνθηκαν από 151 έως 157 ppm. Στη δεύτερη με μικρή αύξηση, η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο Φρεάτιο της Αετιάς με 203 ppm. Ανάμεσα στις δύο περιόδους αναμέναμε την αύξηση αυτή, λόγω διαφοράς των κλιματολογικών συνθηκών.

Η Σκληρότητα εξαιτίας των ελάχιστων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου, που ήταν διαλυμένα στα δείγματα, κυμάνθηκε στα χαμηλά επίπεδα της αλατότητας. Κατά την πρώτη περίοδο τα αποτελέσματα των μετρήσεων περιορίστηκαν από τα 141 έως τα 151 mg CaCO<sub>3</sub>/l ενώ στη δεύτερη από τα 166 έως τα 197 mg CaCO<sub>3</sub>/l.

Η Ηλεκτρική Αγωγιμότητα ανάμεσα στις δύο δειγματοληψίες παρουσίασε μικρή αύξηση, που δικαιολογείται από την αύξηση των ανιόντων και των κατιόντων Πίνακες 5.5 και 5.6

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των ανιόντων φαίνονται στον Πίνακα 5.5.

Φθοριούχα άλατα βρέθηκαν σε μικρές συγκεντρώσεις. Μόνο στο δείγμα της πρώτης δειγματοληψίας από το φρεάτιο της Αλατόπετρας μετρήθηκαν 1,15 ppm όταν το ανώτατο επιτρεπτό όριο είναι 1,5 ppm. Οι υπόλοιπες τιμές κυμάνθηκαν από 0,17 έως 0,71 ppm ενώ βρέθηκαν δείγματα που μας έδωσαν συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,05 ppm.

Τα Χλωριούχα άλατα κυμάνθηκαν στην πρώτη δειγματοληψία από 2,56 έως 4,37 ppm ενώ στη δεύτερη παρατηρήθηκε μία μικρή αύξηση από τα 4,15 έως τα 6,31 ppm όταν το ανώτατο όριο είναι 250 ppm.

Βρωμιούχα άλατα δεν ανιχνεύθηκαν σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 100 ppb σε κανένα δείγμα των δύο δειγματοληψιών.

Τα νιτρικά ανιχνεύθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Στην πρώτη δειγματοληψία η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στο φρεάτιο της Αετιάς με 0,74 ppm ενώ στη δεύτερη στο φρεάτιο των Αναβρυτών με 0,83 ppm, με ανώτατο επιτρεπτό όριο τα 50 ppm. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ήταν αναμενόμενες για τους εξής λόγους. Το νερό των φρεατίων αντλείται στην περιοχή της Αετιάς από μεγάλο βάθος και στην συγκεκριμένη περιοχή δεν υπάρχουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Φωσφορικά άλατα όπως και βρωμιούχα δεν μετρήθηκαν σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 100 ppb. Οι χαμηλές τιμές δικαιολογούνται, καθώς τα συγκεκριμένα ύδατα δεν έρχονται σε επαφή με λιπάσματα, ανθρώπινα ή βιομηχανικά απόβλητα.

Τα Θεικά άλατα περιορίστηκαν σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 10,33 έως 19,71 ppm, με το όριο στα πόσιμα νερά να είναι 250 ppm.

Νιτρώδη δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα δείγμα, αποδεικνύοντας ότι δεν λαμβάνει χώρα κάποια πρόσφατη μόλυνση.

**Πίνακας 5.5:** ανιόντα φρεατίων

Δείγμα	Φθοριούχα (ppm)		Χλωριούχα (ppm)		Βρωμιούχα (ppm)		Νιτρικά (ppm)		Φωσφορικά (ppm)		Θειικά (ppm)		Νιτρώδη (ppm)	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Φρεάτιο Αετιάς	0,6	0,17	4,37	4,15	<0,1	<0,1	0,74	0,58	<0,1	<0,1	14,74	19,71	<0,25	<0,25
Φρεάτιο Αλατόπετρας	1,15	<0,05	3,96	4,42	<0,1	<0,1	0,33	0,41	<0,1	<0,1	11,10	11,32	<0,25	<0,25
Φρεάτιο Αναβρυτών	0,32	0,35	3,33	3,72	<0,1	<0,1	0,31	0,83	<0,1	<0,1	11,50	12,63	<0,25	<0,25
Φρεάτιο Ελάτου	0,22	0,29	2,56	6,31	<0,1	<0,1	0,2	0,26	<0,1	<0,1	10,33	11,55	<0,25	<0,25
Υδραγωγείο Αγίας Παρα- σκευής	0,71	<0,05	4,20	5,65	<0,1	<0,1	0,6	0,82	<0,1	<0,1	11,13	11,26	<0,25	<0,25

Τα αποτελέσματα των κατιόντων και των βαρέων μετάλλων φαίνονται στον Πίνακα 5.6.

Μαγνήσιο ανιχνεύθηκε σε διαφορετικές συγκεντρώσεις ανάμεσα στις δύο δειγματοληψίες. Στην πρώτη το εύρος των συγκεντρώσεων ήταν από 10,43 έως 12,73 ppm ενώ στη δεύτερη από 49,54 έως 76 ppm. Αναλογιζόμενοι τις καθημερινές ανάγκες του ανθρωπίνου οργανισμού, οι οποίες ανέρχονται σε 400 mg, οι συγκεντρώσεις μαγνησίου που μετρήθηκαν κρίνονται επαρκείς.

Η παρουσία ασβεστίου στα δείγματα ήταν σταθερή. Στην πρώτη δειγματοληψία οι συγκεντρώσεις παρέμειναν ίδιες για όλα τα δείγματα, από 38,27 έως 40,56ppm. Στη δεύτερη, με κάποιες αυξομειώσεις οι τιμές κυμάνθηκαν από 29,12 έως 58,74 ppm, με μέγιστη τιμή στο φρεάτιο της Αλατόπετρας. Περιοριστικό όριο για τις συγκεντρώσεις ασβεστίου δεν υπάρχει.

Το νάτριο ανιχνεύθηκε σε χαμηλά επίπεδα. Στην πρώτη δειγματοληψία οι συγκεντρώσεις του μετρήθηκαν μεταξύ των 4,31 και 5,09 ppm, ενώ στη δεύτερη μεταξύ των 7,36 και 11,24 ppm με την μέγιστη τομή να καταγράφεται στο υδραγωγείο της Αγίας Παρασκευής. Οι τιμές που μετρήθηκαν είναι πολύ μικρότερες του ανώτατου ορίου που είναι 200 ppm.

Χαλκός ανιχνεύθηκε μόνο σε δύο δείγματα της πρώτης δειγματοληψίας. Στο υδραγωγείο της Αγίας Παρασκευής(5,63 ppb) και στο φρεάτιο Ελάτου(2,14 ppb). Το ανώτατο επιτρεπτό όριο είναι 2 ppm, συνεπώς οι μετρούμενες συγκεντρώσεις είναι ακίνδυνες για τη δημόσια υγεία.

Τα υπόλοιπα βαρέα μέταλλα μόλυβδος, αρσενικό, νικέλιο και κάδμιο δεν ανιχνεύθηκαν σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του 1 ppb σε κανένα δείγμα.

**Πίνακας 5.6:** Κατιόντα και βαρέα μέταλλα φρεατίων

Δείγμα	Μαγνήσιο (Mg) ppm		Ασβέστιο (Ca) ppm		Νάτριο (Na) ppm		Χαλκός (Cu) ppb		Νικέλιο (Ni) ppb	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Φρεάτιο Αετιάς	10,43	76	38,27	31,02	5,09	10,87	<1	<1	<1	<1
Φρεάτιο Αλατόπετρας	12	61,97	39,63	58,74	4,31	8,43	<1	<1	<1	<1
Φρεάτιο Αναβρυτών	11,96	49,54	39,32	30,21	4,50	7,36	<1	<1	<1	<1
Φρεάτιο Ελάτου	12,73	60,90	40,18	29,12	4,35	7,62	2,14	<1	<1	<1
Υδραγωγείο Αγίας Παρασκευής	11,80	73,52	40,56	33	4,41	11,24	5,63	<1	<1	<1

### 5.3 Πόσιμα νερά

Τα δείγματα των πόσιμων υδάτων λήφθηκαν απευθείας από τα άκρα του δικτύου ύδρευσης της πόλης των Γρεβενών. Στην πρώτη δειγματοληψία συλλέχθηκαν τέσσερα δείγματα στα οποία προστέθηκε ένα πέμπτο στην δεύτερη, έπειτα από υπόδειξη της Δ.Ε.Υ.Α. Γρεβενών. Οι αναλύσεις των δειγμάτων ήταν οι πλέον σημαντικές γιατί προσδιόρισαν την ποιότητα του νερού που καταναλώνεται ημερησίως από τους πολίτες της πόλης. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων στις φυσικοχημικές παραμέτρους φαίνονται στον Πίνακα 5.7.

**Πίνακας 5.7:** ανάλυση φυσικοχημικών παραμέτρων πόσιμων υδάτων

Δείγμα	TOC ppm		pH		Αλκαλικότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l		Αλατότητα ppm		Σκληρότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l		Ηλεκτρική Αγωγιμότητα μS/cm	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Κέντρο της πόλης	-	0,69	7,71	7,95	144	199	145	250	152	241	268	465
1 <sup>ο</sup> Γυμνάσιο	-	2,37	7,78	7,85	143,50	213	146	260	152	268	270	490
Εργατικές κατοικίες	-	0,77	7,80	8,13	145	254	148	210	150	208	277	390
Περιοχή Μερά	-	3,14	7,79	7,90	145,50	227	140	225	152	223	263	420
Τέρμα δικτύου	-	0,79	-	7,77	-	200	-	215	-	203	-	403

Οι μετρήσεις του Ολικού Οργανικού Άνθρακα παρουσίασαν μεγάλο φάσμα τιμών. Στα δείγματα της κεντρικής πλατείας, των εργατικών κατοικιών και στο τέρμα του δικτύου ανιχνεύθηκαν τιμές κοντά στα 0,70 ppm. Στο δείγμα του Μερά μετρήθηκαν 3.1 ppm και στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο 2,3 ppm. Όριο για τα επίπεδα του ολικού οργανικού άνθρακα δεν ορίζεται, ενώ μέτρα λαμβάνονται μετά από ασυνήθιστη μεταβολή των τιμών. Δυστυχώς το όργανο του αναλυτή δεν ήταν διαθέσιμο κατά την πρώτη δειγματοληψία και δεν υπάρχουν συγκρίσιμες τιμές. Στα συγκρίσιμα δείγματα οι τιμές κυμάνθηκαν σε μικρότερα επίπεδα από 0,22 έως 0,54 ppm.

Τα επίπεδα του pH ήταν σταθερά και στις δυο δειγματοληψίες. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 7,71 έως 8,13 και κρίνονται ικανοποιητικές. Οι συγκρίσιμες τιμές δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές.

Η αλκαλικότητα κατά την πρώτη δειγματοληψία παρέμεινε σταθερή για όλα τα δείγματα στα  $145 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$  ενώ στην δεύτερη σημειώνεται μικρή αύξηση με τις τιμές να διαμορφώνονται από 199 έως  $254 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ . Η μεγαλύτερη διαφορά παρουσιάστηκε στο δείγμα των εργατικών κατοικιών όπου είχαμε μία αναμενόμενη αύξηση,  $110 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ , λόγω των κλιματικών αλλαγών. Τιμές αλκαλικότητας από προγενέστερες αναλύσεις είχαμε μόνο από τα Γρεβενά με τις τιμές που μετρήθηκαν να είναι παραπλήσιες ( $195,30 - 213,60 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ ).

Η συγκεντρώσεις της αλατότητας δεν ξεπέρασαν κατά την πρώτη περίοδο τα 148 ppm ενώ η μέγιστη τιμή για την δεύτερη ήταν στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο τα 260 ppm. Επίσης καταγράφεται μια μικρή διαφορά στα επίπεδά της στη δεύτερη δειγματοληψία. Στα άκρα της πόλης και συγκεκριμένα στις εργατικές κατοικίες και στο τέρμα του δικτύου μετρήθηκαν 215 ppm ενώ στο κέντρο της πόλης και το 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο 255 ppm. Η αύξηση των τιμών οφείλεται στο ξηρό περιβάλλον και στην υψηλή θερμοκρασία του μήνα Αυγούστου όπου ανιχνεύονται περισσότερα διαλυμένα άλατα. Μετρήσεις αλατότητας δεν περιέχονταν στις προγενέστερες μελέτες.

Η σκληρότητα μετρήθηκε σε όλα τα δείγματα της πρώτης δειγματοληψίας στα  $152 \text{ CaCO}_3/\text{l}$ , ενώ σε αυτά της δεύτερης διαπιστώθηκε μικρή αύξηση. Υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο με  $268 \text{ CaCO}_3/\text{l}$  όπου για τα δεδομένα των πόσιμων υδάτων παραμένει πολύ χαμηλή. Υψηλές τιμές σκληρότητας δεν έχει διαπιστωθεί ότι έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Συγκρίσιμα μεγέθη δεν υπάρχουν καθώς όπως και η αλατότητα, η σκληρότητα δεν μετρήθηκε στις προγενέστερες μελέτες.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στην πρώτη περίοδο μετρήθηκε κατά μέσο όρο στα  $270 \mu\text{S}/\text{cm}$  ενώ στην δεύτερη στα περισσότερα δείγματα παρουσιάστηκε αύξηση  $200 \mu\text{S}/\text{cm}$  με μέγιστη τιμή αυτή στο 1<sup>ου</sup> Γυμνάσιο με  $490 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Το όριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι  $2500 \mu\text{S}/\text{cm}$ , συνεπώς δεν τίθεται σε κίνδυνο η δημόσια υγεία. Από τις συγκρίσιμες τιμές υψηλότερη τιμή καταγράφηκε σε δείγμα από την πόλη της Κοζάνης με  $772 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των ανιόντων φαίνονται στον Πίνακα 5.8.

Η συγκέντρωση των φθοριούχων αλάτων στα δείγματα, πλην αυτού των εργατικών κατοικιών, ήταν πολύ χαμηλή. Στην περίπτωση αυτή το δείγμα κατά την πρώτη δειγματοληψία πλησίασε το όριο του 1,5 ppm με συγκέντρωση 1,01 ppm, ενώ στη δεύτερη η συγκέντρωση μειώθηκε στα 0,74 ppm. Οι υπόλοιπες τιμές κυμάνθηκαν από μικρότερες των 0,05 έως 0,68 ppm. Οι συγκεντρώσεις αυτές δεν ε-

μπνέουν ανησυχία αφού το φθόριο σε συγκεντρώσεις του 1 ppm θεωρείται βασικό ιχνοστοιχείο για τον ανθρώπινο οργανισμό. Οι συγκεντρώσεις των συγκρίσιμων δειγμάτων περιορίστηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα με μέγιστη τιμή στην πόλη της Καστοριάς τα 110 ppb. Προγενέστερες μετρήσεις από τα Γρεβενά δεν υπήρχαν.

Οι μετρήσεις των αλάτων χλωρίου ήταν πολύ μικρότερες του ορίου των 250 ppm. Οι μέγιστες τιμές κάθε περιόδου ανιχνεύθηκαν στη κεντρική πλατεία (6,08-9,48ppm) ενώ για τα υπόλοιπα δείγματα το εύρος τιμών ήταν από 1,86 έως 7,91 ppm. Από τις συγκρίσιμες τα συγκεντρώσεις ξεχώρισαν αυτές από την Κοζάνη, με εύρος τιμών από 27 έως 33 ppm.

Βρωμιούχα άλατα, όπως και σε δείγματα άλλων κατηγοριών δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα δείγμα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 100 ppb. Στην πόλη της Καστοριάς βρέθηκαν 0,11 ppm.

Οι ποσότητες νιτρικών της πρώτης δειγματοληψίας μετρήθηκαν σε συγκεντρώσεις ppb όταν το όριο τους στα πόσιμα νερά είναι 50 ppm. Η μέγιστη τιμή 0,46 ppbm βρέθηκε στη κεντρική πλατεία. Κατά την δεύτερη δειγματοληψία, καταγράφηκε σημαντική αύξηση που έφτασε έως τα 10 ppm. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 5,14 έως 10,32 ppm και οφείλονται στην περίοδο ξηρασίας του μήνα Αυγούστου και στην αποδόμηση πολλών φυτών. Στην πόλη της Κοζάνης και της Καστοριάς βρέθηκαν συγκεντρώσεις από 3 έως 9 ppm και από 3,20 έως 8,40 ppm αντίστοιχα.

Φωσφορικά άλατα, στην πρώτη περίοδο δεν εντοπίστηκαν σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 100 mg/L. Στην δεύτερη ανιχνεύθηκαν σε δύο δείγματα. Στο 1<sup>ο</sup> Γυμνασίου 91,27 ppm) και στην κεντρική πλατεία (0,6 ppm). Οι τιμές αυτές δεν δικαιολογούν μόλυνση του δικτύου από λιπάσματα και απόβλητα. Συγκρίσιμες συγκεντρώσεις δεν βρέθηκαν.

Τα θειικά μετρήθηκαν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Η οριακή τιμή τους είναι 250 ppm, ενώ κατά. Κατά την πρώτη δειγματοληψία η μέση τιμή των δειγμάτων ήταν 10 ppm και στην δεύτερη 13 ppm. Τα νερά που συλλέγονται στην περιοχή της Αετιάς, δεν διαβρώνουν ορυκτά που περιέχουν θειικά άλατα και συνεπώς δεν ανιχνεύθηκαν σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Υψηλές τιμές καταγράφονται στην πόλη της Κοζάνης από 58 έως 71 ppm και της Καστοριάς 33 ppm.

Νιτρώδη δεν εντοπίσθηκαν σε κανένα δείγμα. Αντίθετα ανιχνεύθηκαν στην πόλη της Καστοριάς(0,09 ppm).

**Πίνακας 5.8:** ανιόντα πόσιμων υδάτων

Δείγμα	Φθοριούχα (ppm)		Χλωριούχα (ppm)		Βρωμιούχα (ppm)		Νιτρικά (ppm)		Φωσφορικά (ppm)		Θειικά (ppm)		Νιτρώδη (ppm)	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Κέντρο της πόλης	0,27	0,68	6,08	9,48	<0,1	<0,1	0,46	10,32	<0,1	0,6	10,37	12,20	<0,25	<0,25
1 <sup>ο</sup> Γυμνάσιο	<0,05	<0,05	1,86	6,93	<0,1	<0,1	0,40	9,68	<0,1	1,28	9,71	12,23	<0,25	<0,25
Εργατικές κατοικίες	1,01	0,74	4,98	6,58	<0,1	<0,1	0,45	6,91	<0,1	<0,1	11,12	11,76	<0,25	<0,25
Περιοχή Μερά	0,19	0,78	2,47	7,91	<0,1	<0,1	0,39	7,87	<0,1	<0,1	10,46	13,12	<0,25	<0,25
Τέρμα δικτύου	-	0,26	-	5,75	<0,1	<0,1	-	5,14	-	<0,1	-	11,39	<0,25	<0,25

Τα αποτελέσματα των κατιόντων και των βαρέων μετάλλων φαίνονται στον Πίνακα 5.9.

Οι συγκεντρώσεις μαγνησίου στην πρώτη δειγματοληψία μετρήθηκαν από 11,56 έως 12,36 ppm. Στη δεύτερη σημειώθηκε σημαντική αύξηση 61,62 έως τα 85,42 ppm. Το μαγνήσιο δεν έχει οριακή τιμή και η παρουσία του σε υψηλές συγκεντρώσεις δεν προκαλεί αρνητικά αποτελέσματα στην εύρυθμη λειτουργία του ανθρωπίνου οργανισμού. Οι συγκρίσιμες τιμές είναι μικρότερες. Το εύρος τους κυμαίνεται από 6,90 έως 19,44 ppm.

Η παρουσία ασβεστίου στα δείγματα των δύο δειγματοληψιών ήταν σταθερή στα 33 ppm. Εξαίρεση αποτέλεσε το δείγμα στο το τέρμα δικτύου όπου ανιχνεύθηκαν 45 ppm. Την συγκέντρωση ασβεστίου, δεν περιορίζει κάποια οριακή τιμή αφού δεν έχουν διαπιστωθεί αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι συγκρίσιμες τιμές ήταν στα ίδια επίπεδα.

Το νάτριο μετρήθηκε σε χαμηλές συγκεντρώσεις και στις δύο δειγματοληψίες. Στην πρώτη το εύρος των τιμών ήταν από 3,10 έως 3,82 ppm και στη δεύτερη από 7,69 έως 12,50 ppm. Το όριο για τα πόσιμα νερά είναι 200 ppm. Οι συγκεντρώσεις των συγκρίσιμων δειγμάτων δεν παρουσίασαν διαφορές.

Συγκέντρωση χαλκού άνω του 1 ppb ανιχνεύθηκε στο δείγμα των εργατικών κατοικιών της πρώτης δειγματοληψίας. Μετρήσαμε 6,41 ppb και το όριο είναι 2 ppm. Η τιμή αυτή ήταν αναμενόμενη γιατί στην συγκεκριμένη περιοχή το δίκτυο ύδρευσης έχει κατασκευαστεί από σωλήνες χαλκού. Η μετρούμενη τιμή δεν δικαιολογεί την αποστροφή των κατοίκων στο πόσιμο νερό και τη κατανάλωση αποκλειστικά εμφιαλωμένου νερού. Συγκρίσιμες συγκεντρώσεις χαλκού δεν υπήρχαν.

Για τα υπόλοιπα βαρέα μέταλλα μόλυβδος αρσενικό νικέλιο και κάδμιο δεν ανιχνεύθηκαν συγκεντρώσεις άνω του 1 ppb σε κανένα δείγμα. Ωστόσο έχουν ανιχνευθεί συγκεντρώσεις αρσενικού 5,60 ppb στην πόλη της Καστοριάς.

**Πίνακας 5.9:** κατιόντα και βαρέα μέταλλα πόσιμων υδάτων

Δείγμα	Μαγνήσιο (Mg) ppm		Ασβέστιο (Ca) ppm		Νάτριο (Na) ppm		Χαλκός (Cu) ppb		Νικέλιο (Ni) ppb	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Κέντρο της πόλης	11,88	61,62	34,50	33,59	3,82	9,06	<1	<1	<1	<1
1 <sup>ο</sup> Γυμνάσιο	11,56	84,71	33,89	34,05	3,57	12,50	<1	<1	<1	<1
Εργατικές κατοικίες	11,68	85,42	33,28	32,31	3,73	10,88	6,41	<1	<1	<1
Περιοχή Μερά	12,36	72,98	33,28	33,12	3,10	7,87	<1	<1	<1	<1
Τέρμα δικτύου	-	70,67	-	45,16	-	7,69	-	<1	<1	<1

#### 5.4 Γεωτρήσεις

Τα δείγματα της συγκεκριμένης κατηγορίας, προέρχονται από πέντε γεωτρήσεις που κατασκεύασε και χρησιμοποιεί η Δ.Ε.Υ.Α Γρεβενών τους θερινούς μήνες όταν τα επίπεδα του διαθέσιμου υδάτινου όγκου είναι χαμηλά. Οι γεωτρήσεις είναι διεσπαρμένες περιμετρικά της πόλης ώστε να μπορεί να εξυπηρετηθεί όλο το δίκτυο. Στην πρώτη δειγματοληψία δεν εξήχθησαν αποτελέσματα από την γεώτρηση του Βαροσίου γιατί έπειτα από λάθος εκτίμηση λάβαμε δείγμα από το δίκτυο. Η σημασία των αποτελεσμάτων είναι πολύ σημαντική. Μας δίνει μία εκτενέστερη εικόνα για την ποιότητα των υπόγειων υδάτων που διασχίζουν την πόλη και κατά συνέπεια των νερών που διατίθενται προς πόση τους θερινούς μήνες. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων στις φυσικοχημικές παραμέτρους φαίνονται στον Πίνακα 5.10.

**Πίνακας 5.10:** ανάλυση φυσικοχημικών παραμέτρων υπόγειων υδάτων

Δείγμα	TOC ppm		pH		Αλκαλικότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l		Αλατότητα ppm		Σκληρότητα mgCaCO <sub>3</sub> /l		Ηλεκτρική Αγωγιμότητα μS/cm	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Βαρκά	-	1,20	7,50	7,81	489	328	548	500	564	344	996	917
Καστράκι	-	0,68	7,50	7,51	378	369	385	411	388	382	710	760
Αγίας Παρα- σκευής	-	1,09	7,70	7,78	377	365	375	403	410	380	695	745
Ωδείο – Με- ράς	-	1,91	7,72	7,87	324	375	346	404	356	372	643	745
Βαρόσι - Μάνα	-	1,56	-	7,97	-	337	-	456	-	466	-	840

Οι τιμές του ολικού οργανικού άνθρακα μετρήθηκαν από 0,68 έως 1,91 ppm. Κρίση των αποτελεσμάτων μπορεί να γίνει έπειτα από ασυνήθιστη μεταβολή. Το όργανο του αναλυτή δεν ήταν διαθέσιμο κατά την πρώτη δειγματοληψία και δεν υπάρχουν συγκρίσιμες τιμές. Συγκρίσιμες τιμές δεν υπήρχαν.

Τα επίπεδα του pH ήταν χαμηλά για όλα τα δείγματα και των δύο δειγματοληψιών και κυμάνθηκαν από 7,5 έως 7,97. Μέγιστη τιμή αυτή στη γεώτρηση του Βαροσίου. Οι τιμές ήταν παραπλήσιες με αυτές των πόσιμων υδάτων. Στα δείγματα από την πόλη της Ξάνθης και της Ορεστιάδας βρέθηκαν όξινα νερά, με pH 6,3 και 6,9 αντίστοιχα.

Η αλκαλικότητα δεν παρουσίασε μεγάλο εύρος τιμών. Η γεώτρηση στα Βαρκά κατά την πρώτη περίοδο, μας έδωσε την υψηλότερη τιμή όλων με 490 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Οι υπόλοιπες τιμές κυμάνθηκαν από 324 έως 378 CaCO<sub>3</sub>/l και ήταν διπλάσιες από αυτές των πόσιμων υδάτων. Οι συγκρίσιμες τιμές ήταν υψηλότερες, με εύρος τιμών από 172 έως 803 mgCaCO<sub>3</sub>/l.

Η αλατότητα εκτός του δείγματος στα Βαρκά μετρήθηκε από 346 έως 456 ppm. Για το δείγμα αυτό οι τιμές που λάβαμε ήταν 500 και 548 ppm για κάθε δειγματοληψία οπότε και τα διαλυμένα άλατα στην περίπτωση αυτή θα ήταν πολλά περισσότερα σε σχέση με αυτά των άλλων δειγμάτων. Τα επίπεδα των συγκρίσιμων τιμών είναι παρόμοια με εξαίρεση ένα δείγμα από γεώτρηση στην πόλη της Ξάνθης στο οποίο η αλατότητα μετρήθηκε στα 2.350 ppm.

Η σκληρότητα κυμάνθηκε μεταξύ των 356 και 564 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Τα περισσότερα άλατα ασβεστίου και μαγνησίου ανιχνεύθηκαν στο πρώτο δείγμα από τη γεώτρηση

των Βαρκών(564  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ) με την οριακή τιμή να είναι τα 500  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ . Υψηλές τιμές σκληρότητας δεν έχει διαπιστωθεί ότι θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία ενώ αυτές που βρέθηκαν ήταν διπλάσιες από των πόσιμων υδάτων και αιτιολογούνται παρακάτω από τις συγκεντρώσεις ασβεστίου και μαγνησίου. Το εύρος τιμών των συγκρίσιμων επιφανειακών υδάτων ήταν πολύ μεγάλο. Σε αυτά ανιχνεύθηκαν πολύ χαμηλές τιμές, όπως στην Κομοτηνή (33,10  $\text{mgCaCO}_3/\text{l}$ ), και πολύ μεγάλων όπως συνέβη στην πόλη της Ξάνθης με 1143  $\text{mgCaCO}_3/\text{l}$ .

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των γεωτρήσεων μας έδωσε τις υψηλότερες τιμές από κάθε κατηγορία δειγμάτων. Σε σχέση με αυτές των πόσιμων υδάτων, αυτές των γεωτρήσεων ήταν τριπλάσιες. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 643 έως 996  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και οι υψηλότερες καταγράφηκαν στα Βαρκά(996-917). Το όριο για τα πόσιμα νερά είναι 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  όμως για τα δεδομένα της περιοχής αυτές οι τιμές θεωρούνται ιδιαίτερα υψηλές και τις συναντάμε σε νερά με πολλά διαλυμένα άλατα, ανιόντα και κατιόντα. Οι τιμές των συγκρίσιμων δειγμάτων ήταν υψηλότερες. Σε δείγματα από την Κομοτηνή, την Ξάνθη, και την Ορεστιάδα ανιχνεύθηκαν 1381, 4245 και 1507  $\mu\text{S}/\text{cm}$  αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των ανιόντων φαίνονται στον Πίνακα 5.11.

Τα φθοριούχα ανιχνεύθηκαν σε μεγάλο εύρος τιμών και διαπιστώθηκαν μικρές αλλαγές στις συγκεντρώσεις των δύο δειγματοληψιών. Το όριο του 1,5 ppm δεν ξεπεράστηκε σε κανένα δείγμα, εκτός από τη γεώτρηση του Μερά (1,05 ppm) κατά την πρώτη δειγματοληψία. Στη δεύτερη η συγκέντρωση μειώθηκε στα 0,06 ppm. Στα υπόλοιπα δείγματα ανιχνεύθηκαν τιμές μικρότερες των 0,05 ppm έως 0,58 ppm Σε σχέση με τα πόσιμα δεν σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές. Οι συγκεντρώσεις των συγκρίσιμων δειγμάτων δεν παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις.

Τα χλωριούχα μετρήθηκαν σε αναμενόμενες συγκεντρώσεις. Στο δείγμα από τα Βαρκά καταγράφηκαν οι υψηλότερες τιμές (32,28-91,14 ppm). Στα υπόλοιπα δείγματα ανιχνεύθηκαν χλωριούχα από 10,71 έως 18,40 ppm, ενώ το όριο για τα πόσιμα νερά είναι 250 ppm. Οι υψηλές τιμές των χλωριούχων στο δείγμα των Βαρκών δικαιολογούν και τις υψηλές τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και την αλατότητας. Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριούχων ανιχνεύθηκαν σε δείγματα από τις πόλεις της Κομοτηνής (271,10 ppm) και της Ξάνθης (831,80 ppm).

Βρωμιούχα άλατα άνω των 100 ppb βρέθηκαν μόνο στο δείγμα των Βαρκών και συγκεκριμένα στη δεύτερη δειγματοληψία σε συγκέντρωση 0,55 ppm. Υψηλές τι-

μές βρέθηκαν σε δείγματα από την Κομοτηνή (0,81 ppm) και την Ξάνθη (2,82 ppm).

Η συγκέντρωση των νιτρικών ήταν αρκετά υψηλή. Στο δείγμα των Βαρκών της πρώτης περιόδου ανιχνεύθηκαν 47,77 ppm, με το όριο στα πόσιμα νερά να είναι 50 ppm και να τίθεται σε κίνδυνο η δημόσια υγεία. Στη δεύτερη δειγματοληψία η συγκέντρωση μειώθηκε στα 7,85 ppm, εξαιτίας της παύσης χρήσεως φυτοφαρμάκων από τους γεωργούς. Στα υπόλοιπα δείγματα οι τιμές κυμάνθηκαν από 7,85 έως 39,41 ppm στο δείγμα του Βαροσίου. Στα συγκρίσιμα δείγματα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές.

Φωσφορικά δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα δείγμα σε συγκέντρωση άνω των 100 ppb. Αντιθέτων υψηλές τιμές βρέθηκαν στην Ξάνθη (0,3 ppm) και στην Ορεστιάδα (1,69 ppm), εξαιτίας χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις πάνω από τους υπό εξέταση υπόγειους υδροφορείς.

Τα Θειικά σε συγκεκριμένα δείγματα ανιχνεύθηκαν σε υψηλά επίπεδα. Στο δείγμα από τα Βαρκά της πρώτης δειγματοληψίας βρέθηκαν 48,05 ppm και στο δείγμα από το Βαρόσι 49,65 ppm ενώ το όριο στα πόσιμα νερά είναι 250 ppm. Οι τιμές που λάβαμε σε σχέση με αυτές των πόσιμων υδάτων ήταν διπλάσιες. Χαρακτηριστικό και αυτής της μέτρησης η μεγάλη διαφορά τιμών ανάμεσα στις δύο δειγματοληψίες του δείγματος από τα Βαρκά (48,05 – 11,84 ppm). Οι συγκρίσιμες τιμές ήταν υψηλότερες, με τις αντίστοιχες μέγιστες να είναι τετραπλάσιες, Ορεστιάδα (231 ppm).

Νιτρώδη δεν ανιχνεύθηκαν σε συγκεντρώσεις ανώτερες των 0,25 ppm, όπως χαμηλές ήταν και οι τιμές των συγκρίσιμων δειγμάτων.

**Πίνακας 5.11:** ανιόντα υπόγειων υδάτων

Δείγμα	Φθοριούχα (ppm)		Χλωριούχα (ppm)		Βρωμιούχα (ppm)		Νιτρικά (ppm)		Φωσφορικά (ppm)		Θεϊκά (ppm)		Νιτρώδη (ppm)	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Βαρκά	0,26	0,58	32,28	91,14	<0,1	0,55	47,77	7,85	<0,1	<0,1	48,05	11,84	<0,25	<0,25
Καστράκι	0,14	<0,05	18,40	16,38	<0,1	<0,1	10,69	9,96	<0,1	<0,1	9,23	9,48	<0,25	<0,25
Αγίας Παρασκευής	0,09	0,13	11,42	11,82	<0,1	<0,1	15,17	17,06	<0,1	<0,1	11,05	12,83	<0,25	<0,25
Ωδείο - Μεράς	1,05	0,06	15,97	18,31	<0,1	<0,1	22,10	24,57	<0,1	<0,1	14,42	26,88	<0,25	<0,25
Βαρόσι - Μάνα	-	0,16	-	10,71	<0,1	<0,1	-	39,41	<0,1	<0,1	-	49,65	<0,25	<0,25

Τα αποτελέσματα των κατιόντων και των βαρέων μετάλλων φαίνονται στον Πίνακα 5.12.

Τα μαγνήσιο ανιχνεύθηκε σε υψηλότερές συγκεντρώσεις από αυτές των πόσιμων υδάτων. Οι τιμές τις πρώτης δειγματοληψίας ήταν τετραπλάσιες, με το εύρος τιμών να κυμαίνεται από 42,25 έως 50,60 ppm ενώ αυτές τις δεύτερης 82,75 έως 92,52 ppm. Οι υψηλές αυτές συγκεντρώσεις, δεν είναι επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία. Οι συγκρίσιμες συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα τιμών. Μέγιστη τιμή από την πόλη της Ξάνθης με 142,75 ppm.

Οι συγκεντρώσεις ασβεστίου μετρήθηκαν στα ίδια επίπεδα με αυτές των πόσιμων υδάτων. Εξαίρεση αποτέλεσαν τα δείγματα, της πρώτης δειγματοληψίας από τα Βαρκά (50,33 ppm) και της δεύτερης από την Αγία Παρασκευή (72,63 ppm). Οι υπόλοιπες τιμές περιορίστηκαν από 16,63 έως 41,60 ppm. Αιτιολογούνται έτσι οι υψηλότερες τιμές σκληρότητας που λάβαμε για τα δείγματα των γεωτρήσεων σε σχέση με αυτά των πόσιμων υδάτων, αφού η παρουσία ασβεστίου και μαγνησίου επιδρά καταλυτικά στην αύξηση της τιμής της σκληρότητας του νερού. Υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου ανιχνεύθηκαν στη Ξάνθη (222.90 ppm). Για τα υπόλοιπα δείγματα δεν καταγράφονται σημαντικές διαφορές.

Τα ιόντα Νατρίου περιορίστηκαν στα δείγματα σε τιμές από 6,37 έως 13,62 ppm, πολύ πιο χαμηλές από το όριο των 200 ppm που επιβάλλει η Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Στα δείγματα από την Κομοτηνή (161,40 ppm), την Ξάνθη (532,10 ppm) και την Ορεστιάδα (62,90 ppm) καταγράφονται πού υψηλότερες συγκεντρώσεις νατρίου,

Συγκέντρωση χαλκού άνω του 1 ppb ανιχνεύθηκε μόνο στο δείγμα του Μερά με 1,1 ppb, τιμή που δεν αποτελεί κίνδυνο για την δημόσια υγεία. Οι αντίστοιχες τιμές από τα συγκρίσιμα δείγματα δεν λαμβάνονται υπόψη, αφού φαίνεται ότι η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είχε κατώτατο όριο τα 100ppb.

Συγκεντρώσεις νικελίου βρέθηκαν στα δείγματα των γεωτρήσεων Βαρκά(3,75 ppb), Αγίας Παρασκευής (8,99-2,86 ppb) και Μερά (2 ppb). Η οριακή τιμή για τα πόσιμα νερά είναι 20 ppb. Στα δείγματα των πόσιμων υδάτων δεν είχε μετρηθεί συγκέντρωση μεγαλύτερη του 1 ppb. Στα συγκρίσιμα δείγματα οι τιμές κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα.

Τα υπόλοιπα βαρέα μέταλλα μόλυβδος αρσενικό και κάδμιο δεν ανιχνεύθηκαν σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του 1 µg/L σε κανένα δείγμα. Μόλυβδος ανιχνεύ-

θηκε στην Ξάνθη (7,99 ppb) και στην Ορεστιάδα (8,40 ppb) και υψηλή συγκέντρωση αρσενικού στη Κομοτηνή (35,10 ppb).

**Πίνακας 5.12:** κατιόντα και βαρέα μέταλλα γεωτρήσεων

Δείγμα	Μαγνήσιο (Mg) ppm		Ασβέστιο (Ca) ppm		Νάτριο (Na) ppm		Χαλκός (Cu) ppb		Νικέλιο (Ni) ppb	
	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7	9/5	28/7
Βαρκά	50,60	84,17	50,33	19,83	13	13,62	<1	<1	3,75	<1
Καστράκι	46,16	83,82	39,52	21,41	11,60	12,53	<1	<1	<1	<1
Αγίας Παρασκευής	45,81	92,52	41,60	72,63	6,37	9,79	<1	<1	8,99	2,86
Ωδείο - Μεράς	42,25	84,88	33,69	29,52	10,95	12,26	1,1	<1	2	<1
Βαρόσι - Μάνα	-	82,75	-	16,63	-	11,77	-	<1	<1	-

## 6. Συμπεράσματα

Η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων κρίνεται αρκετά καλή. Ποιοτικά, πιο υποβαθμισμένος κρίνεται ο Γρεβενίτης ποταμός. Συγκεκριμένα στις αναλυόμενες παραμέτρους, οι τιμές που λάβαμε ήταν υψηλότερες από τα υπόλοιπα δείγματα, παρουσιάζοντας σχετική σταθερότητα στα διάφορα δείγματα του ποταμού. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων στα δείγματα του ποταμού Σμίξης, του Φιλιππιώτικου ρέματος, του Βενέτικου και του Αλιάκμονα είναι παρόμοια με αυτά των ποταμών της κεντρικής και δυτικής Μακεδονίας με τη διαφορά ότι στα τελευταία ανιχνεύθηκαν μικρές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, όπως μόλυβδος, αρσενικό και κάδμιο.

Η ποιότητα των πόσιμων υδάτων και των φρεατίων κρίνεται άριστη. Σε καμία παράμετρο δεν καταγράφηκε υπέρβαση των οριακών τιμών, όπως αυτές καθορίζονται από την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αντιθέτως οι ανιχνεύσιμες τιμές ήταν πολύ μικρότερες. Οι τιμές της σκληρότητας, οι οποίες στα ορεινά χωριά είναι πολύ χαμηλές, μας υπενθυμίζουν την διαφορά που διαπίστωναν οι κάτοικοι πολλά χρόνια πριν, στην ποσότητα του αφρού του σαπουνιού ανάμεσα στα χωριά και τις πόλεις. Στην περιοχή των εργατικών κατοικιών επιβεβαιώθηκαν οι προβλέψεις για πιθανή παρουσία χαλκού (6,41 ppb). Η συγκέντρωση αυτή οφείλεται στην ύπαρξη παλαιού δικτύου ύδρευσης από σωλήνες χαλκού. Στις τιμές των δειγμάτων των γειτονικών πόλεων (Κοζάνη, Καστοριά) καταγράφονται αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριούχων, θειικών, νιτρικών όπως και συγκεντρώσεις αρσενικού (Καστοριά 5,60 ppb). Γενικότερα οι πολίτες των Γρεβενών δυσπιστούν απέναντι στην ποιότητα του νερού, κυρίως λόγω της θολότητας που παρουσιάζει σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων. Στις αρχές Αυγούστου 2005 όπου και πραγματοποιήθηκε η δεύτερη δειγματοληψία η Δ.Ε.Υ.Α. Γρεβενών πραγματοποίησε έργα διήθησης του νερού στην περιοχή της Αετιάς όπου και συλλέγεται. Έκτοτε το συγκεκριμένο πρόβλημα έπαψε να υφίσταται.

Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων δεν κρίνεται ικανοποιητική, αναλογιζόμενοι ότι διατίθενται προς πόση. Συγκεκριμένα, η γεώτρηση στα Βαρκά είναι η πιο επιβαρυνμένη στην οποία ανιχνεύθηκαν κατά την πρώτη δειγματοληψία 47,77 ppm με το όριο στα πόσιμα νερά να είναι τα 50 ppm. Επίσης, καταγράφηκε υψηλή τιμή σκληρότητας 564 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Στην γεώτρηση του Μερά ανιχνεύθηκαν 1,05 ppm φθοριούχων με το όριο να περιορίζει την συγκέντρωση τους στα 1,5 ppm. Σε σύγκριση με τα υπόγεια νερά του γεωγραφικού διαμερίσματος της Θράκης, αυτά των Γρεβε-

νών είναι πιο καθαρά. Οι εξεταζόμενοι παράμετροι σε αυτά μετρήθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα. Σημειώθηκε υπέρβαση του ορίου της ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) στην Ξάνθη (4245  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) και υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, όπως μολύβδου στην Ορεστιάδα (840 ppb) και αρσενικού στην Κομοτηνή (35,10 ppb) με τα αντίστοιχα όρια στα πόσιμα νερά να είναι τα 10 ppb.

## 7. Βιβλιογραφικές αναφορές

1. APHA, AWWA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18<sup>th</sup> Ed (1992)
2. Οικονομόπουλος Αλέξανδρος. Ρύπανση και Έλεγχος Ρύπανσης Νερών Κρήτη (2001)
3. Παπά Γεωργία. Υγειονομική Σημασία των Χημικών Παραμέτρων στο Νερό. Αθήνα (2001)
4. Παπαδοπούλου – Μουρκίδου Ευθυμία. Πρόγραμμα Ελέγχου Ποιότητας Επιφανειακών υδάτων στη Μακεδονία – Θράκη. Α.Π.Θ (2002)
5. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Γρεβενών. Πίνδος – Γρεβενά. Αθήνα (1998)
6. Στέφος Δημήτριος – Καραγιάννης Νικόλας. Βόρεια Πίνδος - Ν. Γρεβενών (2000)
7. Δικτυακός τόπος <http://www.wwf.gr/>
8. Δικτυακός τόπος <http://www.greenpeace.gr/>
9. Δικτυακός τόπος <http://tovima.dolnet.gr/>
10. Δικτυακός τόπος <http://ec.europa.eu/environment/water>