

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**  
**ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Ph.D.**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**  
**ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΛΙΤΑΙΝΑ ΑΝΤΩΝΙΟΥ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΘΕΣΣΑΛΙΚΟΥ ΚΑΜΠΟΥ**



**ΒΟΛΟΣ 2008**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:  
ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Ph.D.

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΛΙΤΑΙΝΑ ΑΝΤΩΝΙΟΥ

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΘΕΣΣΑΛΙΚΟΥ ΚΑΜΠΟΥ**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

**ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΜΑΡΙΑ.**, Καθηγήτρια Π.Θ

**ΔΗΜΗΡΚΟΥ ΑΝΘΟΥΛΑ.,** Av.Καθηγήτρια Π.Θ

**ΤΣΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ.,** Av.Καθηγητής Π.Θ

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κ.Σακελλαρίου –Μακραντωνάκη Μαρία.

Τώρα που η επίπονη, αλλά και η ταυτόχρονα συναρπαστική προσπάθεια έφθασε στο τέλος της, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους, η συμβολή των οποίων, η βοήθεια τους και η υποστήριξη τους ήταν πολύτιμη για μένα.

Πρώτα απ' όλους, νοιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω, την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη για την συνεχή επιστημονική καθοδήγηση και ηθική στήριξη της στη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Εκτός από την επιστημονική της υπόσταση, έχει ήθος και ανθρωπιά, που της προσδίδει ακόμα μεγαλύτερη αξία.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κ.Δημήρκου Ανθούλα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον κ.Τσιρόπουλο Νικόλαο, Αναπληρωτή Καθηγητη της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις σημαντικές υποδείξεις τους ,που συνέλαβαν ουσιαστικά στη διεκπαιρέωση της παρούσας διατριβής, καθώς και για το χρόνο που αφιέρωσαν και την εποικοδομητική κριτική που άσκησαν ως μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής.

Επίσης,την Δρ Νατάσα Αγγελάκη και τον μεταπτυχιακό φοιτητή Δημήτριο Δημάκα του Εργαστηρίου της Γεωργική Υδραυλικής των οποίων η συμβολή στην πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας ήταν καθοριστική.

Ενα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον κ. Φλωρά Σταμάτη ,Αναπληρώτη Ερευνητή ΕΘΙΑΓΕ για τη σημαντική του συμβολή στη δημιουργία των ψηφιακών θεματικών χαρτών καθώς και για τις χρήσιμες συμβουλές του.

Ευχαριστώ τέλος, το προσωπικό της Γραμματείας του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών και βεβαίως την οικογένεια μου, που ανέχθηκαν να κάνω τον μαθητή.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<b>ΣΕΛΙΔΕΣ</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>8</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>10</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Γενικά.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Το νερό στη γη.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Υδρολογικός κύκλος.....</b>	<b>17</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-.ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Γενικά.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Κριτήρια ποιότητας.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Άπο το βρόχινο νερό στο υπόγειο νερό.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Όξινο υπόγειο νερό.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5 Παράγοντες που ελέγχουν την ποιότητα του υπογείου νερού.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6 Πηγές αλατότητας του υπόγειου νερού.....</b>	<b>28</b>
<b>2.7 Υφαλμύρωση υπόγειου υδροφορέα.....</b>	<b>31</b>
<b>2.8 Είσοδος νιτρικών ιόντων στο υπόγειο νερο.....</b>	<b>33</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Γενικά.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 Ρύπανση υπογείων υδάτων.....</b>	<b>36</b>

3.3 Πηγές ρύπανσης υπογείου νερού.....	37
3.4 Ευαισθησία των υδροφόρων σε εξωτερική ρύπανση.....	39
3.5 Η τύχη των ρύπων στους υδροφόρους.....	40
3.6 Επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον.....	41
3.7 Νιτρορύπανση υπόγειων υδάτων στην Ελλάδα.....	43
3.8 Απονίτρωση υπογείων νερών.....	46
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.-ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ.....</b>	<b>50</b>
4.1 Τα νιτρικά ιόντα στο περιβάλλον. Ο κύκλος του N <sub>2</sub> .....	52
4.2 Νιτροποίηση.....	52
4.3 Απονιτροποίηση.....	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.-ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ,ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ.....</b>	<b>57</b>
5.1 Γενικά.....	57
5.2 Άμεση και έμμεση κατανάλωση πόσιμου νερού.....	58
5.3 Νερό και διατροφή.....	59
5.4 Έλλειψη πόσιμου νερού.....	59
5.5 Οικονομική αξία του νερού.....	61
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ.....</b>	<b>64</b>
6.1 Εισαγωγή.....	64
6.2 Όρια παραμέτρων.....	64
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ. 69</b>	
7.1 Ανθρωπογενες περιβάλλον.....	69
7.2 Φυσικό περιβάλλον.....	70
7.2.1 Γεωλογικά στοιχεία.....	70
7.2.2 Υδρολογικά στοιχεία.....	71
7.2.3 Κλιματολογικά στοιχεία .....	72

7.2.4 Δίκτυο Natura 2000.....	76
7.2.5 Πηγές Ρύπανσης.....	80
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8-ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....</b>	<b>80</b>
<b>8.1 Δειγματοληψία υδάτων.....</b>	<b>80</b>
<b>8.2 Εργαστηριακές αναλύσεις.....</b>	<b>81</b>
8.2.1 Προσδιορισμός τιμής pH.....	82
8.2.2 Προσδιορισμός τιμής EC.....	83
8.2.3 Χρωματογραφικές τεχνικές.....	84
8.2.4 Προσδιορισμός νιτρικών και νιτρωδών ιόντων.....	90
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9-ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....</b>	<b>93</b>
<b>9.1 Γενικά.....</b>	<b>93</b>
<b>9.2 Ορισμός Γ.Σ.Π.....</b>	<b>95</b>
<b>9.3 Αναφορά στα πρότυπα διαχείρισης βάσεων δεδομένων.....</b>	<b>98</b>
<b>9.4 Μεθοδολογία σχεδιασμού βάσεως δεδομένων.....</b>	<b>98</b>
<b>9.5 Vector και raster στα Γ.Π.Σ.....</b>	<b>104</b>
<b>9.6 Δημιουργία θεματικών χαρτών.....</b>	<b>105</b>
<b>9.7 Μετάβαση από τις βάσεις δεδομένων στα Γ.Π.Σ και τους χάρτες.....</b>	<b>107</b>
<b>9.8 Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης.....</b>	<b>112</b>
<b>9.9 Δημιουργία θεματικών χαρτών των περιοχών για κάθε μήνα.....</b>	<b>115</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>116</b>
<b>10.1 Περιοχή Αγριάς.....</b>	<b>116</b>
<b>10.2 Περιοχή Κ.Λεωνίων.....</b>	<b>118</b>
<b>10.3 Περιοχή Πλατανιδίων.....</b>	<b>120</b>
<b>10.4 Περιοχή Κ.Γατζέας.....</b>	<b>122</b>
<b>10.5 Περιοχή Καλών Νερών.....</b>	<b>124</b>
<b>10.6 Περιοχή Αφύσου.....</b>	<b>126</b>
<b>10.7 Περιοχή Α.Ιωάννη.....</b>	<b>128</b>
<b>10.8 Περιοχή Χορευτου.....</b>	<b>130</b>

10.9 Περιοχή Μηλεών.....	132
10.10 Περιοχή Τσαγκαράδας.....	134
10.11 Περιοχή Μουρεσίου.....	136
10.12 Περιοχή Ανηλίου.....	140
10.13 Περιοχή Μακρυράχης.....	142
10.14 Περιοχή Ζαγοράς.....	144
10.15 Περιοχή Χανιών.....	146
10.16 Περιοχή Μακρυνίτσας.....	148
10.17 Περιοχής Πορταριάς.....	150
10.18.Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	152

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	159
---	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	163
-------------------	-----

.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	168
------------------	-----

I.Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων .....	169
II.Ψηφιακοί χάρτες NO3.....	174
III.Ψηφιακοί χάρτες NO2.....	193

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μεγάλο πρόβλημα στη σύγχρονη εποχή είναι η ρύπανση και η μόλυνση του περιβάλλοντος (έδαφος, ύδωρ, ατμόσφαιρα). Η ρύπανση του περιβάλλοντος οδηγεί στην αλλοίωση και την υποβάθμιση των φυσικών πόρων καθώς και προβλήματα στη δημόσια υγεία. Αφότου έγινε αντιληπτός ο κίνδυνος από τη ρύπανση του περιβάλλοντος ο άνθρωπος άρχισε να παίρνει τα πρώτα μέτρα προστασίας του.Γι' αυτό δημιουργήθηκαν διάφοροι εξειδικευμένοι επιστημονικοί κλάδοι με σκοπό τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την ανάπτυξη μεθόδων αντιρύπανσης.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων, του pH και της ECw σε πόσιμο νερό περιοχών του Ν.Μαγνησίας καθώς και η δημιουργία θεματικών χαρτών νιτρικών και νιτρωδών ιόντων με τη βοήθεια των ΓΣΠ (GIS). Για τη δημιουργία των θεματικών χαρτών χρησιμοποιήθηκαν δεκαεφτά σημεία δειγματοληψίας, τα οποία καθορίστηκαν με δέκτη GPS( Global Position System). Επίσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Arc View 9.1 Desktop και για τη γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων εφαρμόστηκε η μέθοδος Kriging.

Οι δειγματοληψίες παραγματοποιήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008 περιλαμβάνοντας την ίδια μέρα για κάθε μήνα, την συλλογή τριών δειγμάτων απο κεντρικά σημεία κάθε χωριού, τα οποία καθορίστηκαν με δέκτη GPS (Global Position System) , δηλαδή σύνολο 36 ανά μήνα από δεκαεφτά περιοχές του Ν. Μαγνησίας.Η δειγματοληψία γινόταν κατά αυτόν το τρόπο για να διαπιστώσουμε οτι το νερό προέρχεται από το δίκτυο ύδρευσης και όχι από γεώτρηση ή θερμοσίφωνα .Οι τιμές τους βρέθηκαν ίδιες με μία απόκλιση ως προς το τρίτο δεκαδικό ψηφίο.Τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα μετρήθηκαν με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ενώ το pH και η Ecw μετρήθηκαν άμεσα στο πεδίο δειγματοληψίας με φορητά όργανα του εργαστηρίου.

Σημαντικό ρόλο παίζει η δειγματοληψία ώστε το αποτέλεσμα της ανάλυσης να ανταποκρίνεται στη πραγματικότητα.Τα δείγματα μεταφέρθηκαν ταχύτατα στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μέσα σε φορητά ψυγεία στα οποία η θερμοκρασία διατηρήθηκε χαμηλότερη από 4°C ώστε να προφυλαχθούν από αλλοιώσεις ως προς το είδος και την ποιότητα των χαρακτηριστικών τους.



Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρξαν υπερβάσεις στις συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων σύμφωνα με την οδηγία 98/93 Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οποία ενσωματώθηκε από την Ελληνική νομοθεσία με την ΚΥΑ Υ2/2600/2001(ΦΕΚ 892Α /11-1-2001) ενώ οι τιμές του pH και της E<sub>sw</sub> βρέθηκαν μέσα στα επιτρεπτά όρια σύμφωνα με την παραπάνω οδηγία. Συγκεκριμένα υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών βρέθηκαν την άνοιξη και το καλοκαίρι ενώ το φθινόπωρο και το χειμώνα οι τιμές ήταν ιδιαίτερα χαμηλές. Τα νιτρώδη ιόντα βρέθηκαν σε υψηλές τιμές κατά κύριο λόγο το φθινόπωρο και το χειμώνα ενώ σε κάποιες περιοχές παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές την άνοιξη αλλά και κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι απαραίτητο για τη ζωή του ανθρώπων, τόσο γιατί αποτελεί το βασικότερο είδος διατροφής, όσο και γιατί αποτελεί μία από τις απαραίτητες πρώτες ύλες της πρωτογενούς παραγωγής, όπως είναι η γεωργία, η κτηνοτροφία, και της δευτερογενούς παραγωγής, όπως η βιομηχανία. Αποδεικνύεται ότι το νερό, ως φυσικός πόρος που συμμετέχει σε κάθε παραγωγική διαδικασία, έχει υπεισέλθει δυναμικά και προσδιορίζει πλέον τη δυνατότητα ή την αδυναμία επέκτασης των παραγωγικών δραστηριοτήτων, καθορίζοντας και την αποδοτικότητα τους. Συγχρόνως, καθώς ο πληθυσμός της γης αυξάνεται και η παραγωγή αγαθών αναπτύσσεται και εντατικοποιείται, το νερό γίνεται συνεχώς πολυτιμότερο.



**Εικ 1.1**

Το νερό ως φυσική πρώτη ύλη, δεν αποτελεί καρπό μιας συγκομιδής, όπως άλλοι φυσικοί πόροι, ενώ έχει μια ιδιαίτερη κοινωνική και πολιτισμική αξία. Το μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας της γης καλύπτεται από νερό, το οποίο όμως στο μεγαλύτερο ποσοστό του είναι πλούσιο σε διαλυμένα άλατα με συνέπεια να είναι ακατάλληλο για κάλυψη ανθρωπίνων αναγκών. Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό υπογείου και επιφανειακού νερού είναι κατάλληλο για χρήση από τον άνθρωπο. Αξίζει επίσης να παρατηρήσουμε ότι η ανανέωση του νερού, το οποίο είναι κατάλληλο για ανθρώπινη χρήση, σε ένα περιορισμένο χώρο ή μία

τοπική κοινωνία εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν κάθε χρόνο, από τη φυσική προσφορά και τη ζήτηση του από τους χρήστες και τις παρεμβάσεις του ανθρώπου ιδιαίτερα στα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Οι επιβλαβείς αλλοιώσεις στην ποιότητα του νερού έχουν ως συνέπεια πολλές φορές την απαγόρευση της χρήσης του ή τουλάχιστον το περιορισμό των δυνατοτήτων χρησιμοποίησής τους.

### ***-Ιστορική σημασία του νερού στην οικονομική και κοινωνική εξέλιξη***

Εδώ και πάνω από δύο εκατομμύρια χρόνια, με βάση τα μέχρι τώρα γνωστά στοιχεία, είναι βεβαιωμένη η παρουσία του ανθρώπου πάνω στον πλανήτη μας. Το χρονικό αυτό διάστημα είναι ελάχιστο, συγκριτικά με τα 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια που είναι η ηλικία της γης. Αιτία για τη δημιουργία της κοινωνίας και επιλέον για την ανάπτυξη των πρώτων πολιτισμών πάνω στη ΓΗ, δηλαδή των κοιτίδων του πολιτισμού μας ήταν κατά κύριο λόγο το νερό.

Το λιώσιμο των πάγων της τελευταίας εποχής των παγετώνων της γης (24.000-17.000 π.Χ) και τις κατακλυσμαίες βροχές που ακολούθησαν διαδέχτηκε μια εποχή ξηρασίας των τότε σαβάνων (10.000-6.000 π.Χ). Η κατάσταση αυτή οδήγησε τον άνθρωπο να αποσυρθεί σε περιοχές που υπήρχαν μεγάλα αποθέματα νερού και τέτοιες περιοχές ήταν τότε των ποταμών Νείλου, Τίγρη, Ευφράτη και Κίτρινου ποταμού.

Έτσι ο νομάδας προϊστορικός άνθρωπος που μέχρι τώρα ήταν συλλέκτης, κυνηγός και βοσκός, αναγκάστηκε να γίνει μόνιμα εγκαταστημένος γεωργός. Με τη μόνιμη εγκατάσταση του μεσολιθικού ανθρώπου, άρχισε και η νεολιθική εποχή σε αυτές τις περιοχές (6.000-5.000 π.χ), δηλαδή η εποχή εκείνη την οποία χαρακτήρισε ο γερμανός ανθρωπολόγος και φιλόσοφος Hebert Kuhn σαν τη μεγαλύτερη επανάσταση της ανθρωπότητας.

Η συνεχώς αυξανόμενη ξηρασία ανάγκασε τον άνθρωπο, που μέχρι τώρα ζούσε ασυναίσθητα και συνεπώς "αμέριμνα" να βγάζει έκτοτε το ψωμί του με τον "ιδρώτα του προσώπου του". Μια μόνιμη εγκατάσταση στις περιοχές αυτές κάτω από δύσκολες τοπογραφικές, κλιματολογικές και υδρολογικές συνθήκες, είχε σαν προϋπόθεση τη συγκέντρωση των ανθρώπων αυτών σε ομάδες εργασίας και κοινότητες, όπου με προγραμματισμένες και συντονισμένες πράξεις θα αντιμετώπιζονταν όχι μόνον οι ανάγκες ύδρευσης του πληθυσμού και άρδευσης των καλλιεργειών, αλλά και οι κίνδυνοι που διέτρεχαν οι άνθρωποι αυτοί από τις καταστροφικές πλημμύρες των μεγάλων ποταμών και από τη θάλασσα. Με ομαδική εργασία άρχιζαν να κατασκευάζουν αναχώματα για την προστασία από τις πλημμύρες, φράγματα για την αποθήκευση του νερού προς άρδευση, ύδρευση σε περιόδους ξηρασίας, υπόγειους υδαταγωγούς κ.λ.π. Τελικά η ανάγκη διαχείρισης των υδατικών πόρων και ελέγχου των εκτεταμένων υδραυλικών εγκαταστάσεων

οδήγησε τους ανθρώπους εκείνους στη δημιουργία των πρώτων συναιτερισμών και κοινοτήτων. Στην Αίγυπτο της εποχής των Φαραώ (2.000 π.Χ) κατασκευάστηκε, με φράγμα στο Νείλο, η τεχνητή λίμνη Μεριίδα, επιφάνειας περίπου 700 Km<sup>2</sup>. Ο μυθικός πλούτος της Αιγύπτου της εποχής εκείνης οφειλόταν κυρίως στην ορθολογική διαχείριση των νερών του Νείλου.

Επίσης κατά την αρχαιότητα η ύδρευση των κατοίκων αποτελούσε μία από τις σοβαρότερες υποθέσεις της πολιτείας και οι εγκαταστάσεις ύδρευσης και αποχέτευσης προκαλούν ακόμη και σήμερα το θαυμασμό μας για την τελειότητα τους. Όχι δίχως λόγο λοιπόν οι αρχαιολόγοι κρίνουν το ύψος του πολιτισμού ενός αρχαίου λαού από την εύρεση ανάλογων εγκαταστάσεων ύδρευσης και αποχέτευσης. Η Ρώμη για παράδειγμα το 100 μ.Χ χρειαζόνταν 400.000 m<sup>3</sup> νερού ημερησίως, ποσότητα που είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτήν που χρειάζεται μία σημερινή πόλη 1,5 εκατ. κατοίκων.

Η παραμέληση της διαχείρισης του νερού οδήγησε στον αφανισμό πολλών κρατών. Στη Σρι Λάνκα αναπτύχθηκε ένας πολιτισμός υψηλής στάθμης μόνο κατά την εποχή που η διαχείριση του νερού αποτελούσε μία από τις σοβαρότερες υποθέσεις της πολιτείας. Το ίδιο μπορούμε να πούμε και για τους κατά τον μεσαίωνα ακμάζοντας πολιτισμούς των Μάγια, των Ατζέκων και των Ίνκας στη Κεντρική και Νότια Αμερική. Σε όλο τον κόσμο αλλά και στην πατρίδα μας, η καταστροφή των δασών που σε πολλές περιοχές συνεχίζεται δυστυχώς ανελέητα μέχρι σήμερα, έχει ως αποτέλεσμα τη διάβρωση των εδφών και τη δημιουργία εκτεταμένων περιοχών χωρίς χλωρίδα.

Αλλά και στη μοντέρνα βιομηχανική μας εποχή το νερό είναι ένας ουσιώδης παράγοντας για την ανάπτυξη της οικονομίας μας. Η αύξηση της γεωργικής και βιομηχανικής παραγωγής έχει ως προϋπόθεση την ύπαρξη αρκετού και καλής ποιότητας νερού. Όμως τα τελευταία χρόνια η βίαιη παρέμβαση του ανθρώπου, τόσο στη δυναμική παρουσία της ζωής, όσο και σε κάθε μορφή περιβαλλοντικής ισορροπίας, έχει πάρει ανησυχητικές διαστάσεις. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον υδρολογικό κύκλο και γενικά συνθέτουν την έννοια "περιβάλλον" βρίσκονται σε μια κατάσταση που δεν έχει προηγούμενο στην ιστορία του πλανήτη μας.

Πολλά είναι τα σημάδια που μας προειδοποιούν για τις αδυναμίες μας να προχωρήσουμε πάνω στο δρόμο που ακολουθούσαμε μέχρι τώρα. Ξέρουμε πολύ καλά ότι δεν μπορούμε να ζήσουμε χωρίς το νερό, τη φύση, την ιστορία και την παράδοση. Ωστόσο κάθε μέρα που περνά δεν κάνουμε τίποτα άλλο από το να δρούμε έτσι ώστε να εκμηδενίζουμε τη δυνατότητα του πλανήτη μας να ικανοποιεί ποσοτικά και ποιοτικά τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του ανθρώπινου είδους.

Είναι πιθανόν η γη να επιζήσει, όπως επέζησε τόσα δισεκατομμύρια χρόνια και άντεξε σε πολυάριθμες αλλαγές και ανακατάξεις. Είναι επίσης πιθανόν ο καταπληκτικός της μικρόκοσμος να μπορέσει να αντέξει και στα βαριά πλήγματα που το ανθρώπινο είδος

καταφέρει καθημερινά στο υδάτινο και φυσικό περιβάλλον. Όμως εκατομμύρια οργανισμοί είναι καταδικασμένοι και μαζί με αυτούς και η δυναμική ισοροπία που επιτρέπει και την επιβίωση του είδους μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

### ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ

#### 1.1 Γενικά

Το νερό αποτελεί το βασικότερο είδος διατροφής για τον άνθρωπο και συγγόνως συμμετέχει σχεδόν σε κάθε παραγωγική διαδικασία. Ως φυσική πρώτη ύλη το νερό δεν αποτελεί τον καρπό μιας συγκομιδής και η ανανέωση του σε ένα περιορισμένο χώρο αποτελεί συνάρτηση των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν, των ανθρώπινων παρεμβάσεων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του και της φυσικής προσφοράς και της ζήτησης από τους χρήστες.

Κατά την διάρκεια της χρήσης του αναπόφευκτα παρεμβαίνουμε στα δύο κύρια χαρακτηριστικά του νερού, την ποιότητα και την ποσότητα, ενώ η παρέμβαση αυτή έχει προκαλέσει πολυάριθμα περιβαλλοντικά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά οφείλονται στις πρακτικές των αρδευτικών έργων, στις αλλαγές του επιφανειακού νερού από διάφορες ανθρώπινες κατασκευές, στα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τις μεγάλες κατασκευές φραγμάτων, τεχνικών έργων (δρόμοι, γέφυρες κ.λ.π) με αλλαγές στο ανάγλυφο και στον υδρολογικό κύκλο.



Εικ 1.2

Συνοπτικά μπορούμε να διακρίνουμε και να περιγράψουμε τα προβλήματα υδάτινων πόρων σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Προβλήματα που οφείλονται στην άνιση κατανομή στο χώρο και στο χρόνο της φυσικής προσφοράς και ζήτησης του νερού
- Προβλήματα που δημιούργησε το είδος της ανάπτυξης και η διοικητική οργάνωση που ακολουθήθηκε, η οποία δεν παρείχε τη δυνατότητα συντονισμού και ενιαίας πολιτικής.
- Προβλήματα που δημιουργούνται από την έλλειψη ευαισθησίας και παιδείας του απλού πολίτη-χρήστη σχετικά με την ποιοτική και ποσοτική διαχείριση του νερού.

Χαρακτηριστικά της ανεπάρκειας υδάτινων πόρων στη χώρα μας είναι η σύγκρουση στη πράξη των συμφερόντων και δραστηριοτήτων των αρμόδιων φορέων χρήσης. Γίνεται φανερό λοιπόν ότι πρόκειται για ένα σύνθετο πρόβλημα που το αποτελούν και το συντηρούν πολλαπλές κοινωνικές παράμετροι και αντιθέσεις.

## 1.2 Το νερό στη ΓΗ

Όπως είναι γνωστό τα  $\frac{3}{4}$  της επιφάνειας της γησκαλύπτονται από νερό. Το σύνολο όλων των υδάτινων αποθεμάτων που υπάρχουν στη γη χαρακτηρίζεται ως υδρόσφαιρα. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού της υδρόσφαιρας (περίπου 97,3%) κατανέμεται στους ωκεανούς και τις θάλασσες. Το υπόλοιπο 2,7% κατανέμεται στις ηπείρους, όπου το μεγαλύτερο βρίσκεται στους παγετώνες των οροσειρών και στην Ανταρκτική.



**Εικ 1.3** Κατανομή του νερού στη γή.

Το νερό που υπάρχει στην ατμόσφαιρα ισούται με ένα εκατοστό του χιλιοστού της συνολικής ποσότητας της υδρόσφαιρας, όμως η επίδραση του στις κλιματολογικές

συνθήκες των διαφόρων περιοχών είναι αποφασιστικής σημασίας. Στον πίνακα 1 φαίνεται η κατανομή του νερού στην υδρόσφαιρα.

#### **Πίνακας 1** Κατανομή του νερού στην ατμόσφαιρα

<b>Υδρόσφαιρα(συνολικά)</b>	$136 * 10^7 \text{ Km}^3$
Ωκεανοί	$132 * 10^7 \text{ Km}^3$
Παγετώνες-Πάγοι	$2,93 * 10^7 \text{ Km}^3$
Υπόγεια νερά	$0,84 * 10^7 \text{ Km}^3$
Λίμνες-Ποτάμια	$0,023 * 10^7 \text{ Km}^3$
Ατμόσφαιρα	$0,013 * 10^7 \text{ Km}^3$

#### **Ετήσια εξάτμιση**

Ωκεανοί	$0,035 * 10^7 \text{ Km}^3$
Έδαφος	$0,007 * 10^7 \text{ Km}^3$

#### **Ετήσια βροχόπτωση**

Ωκεανοί	$0,032 * 10^7 \text{ Km}^3$
Έδαφος	$0,010 * 10^7 \text{ Km}^3$

Το νερό έχει μοναδικές ικανότητες που είναι ουσιώδεις για τη ζωή, πολλές από τις οποίες οφείλονται στην ικανότητα του να σχηματίζει δεσμούς υδρογονου. Το νερό είναι ιδανικός διαλύτης για πολλά υλικά. Έτσι είναι το μεταφορικό μέσο για τα θρεπτικά συστατικά και τα αποκρίματα στις διεργασίες της ζωής. Επίσης έχει πολύ μεγάλη θερμοχωρητικότητα με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται αισθητά η θερμοκρασία του παρά μόνο με την απόχυση σχετικά μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας. Εξαιτίας αυτών των ιδιοτήτων του αλλά και ότι καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της ΓΗΣ (θάλασσες, ποτάμια, λίμνες) είναι είδος πρώτης ανάγκης αλλά και η βασική πλουτοπαραγωγική πηγή για τον άνθρωπο (θαλάσσιες μεταφορές αλιεία, υδατοκαλλιέργειες, άρδευση και ύδρευση, τουρισμός κ.λ.π), όμως παράλληλα είναι και ο τελικός αποδέκτης των περισσοτέρων ουσιών που ρυπαίνουν το περιβάλλον. Τα τελευταία 50 χρόνια έχουν αρχίσει συστηματικές μελέτες αναφορικά με τη ρύπανση των νερών. Υπάρχουν μελέτες που προσδιορίζουν την προέλευση, την κατανομή και την επίδραση των επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο οικοσύστημα, διαπιστώνουν τη συγκέντρωση βλαβερών ουσιών στους οργανισμούς, καθορίζουν ανώτατες τιμές για τις



επικίνδυνες ουσίες, αναπτύσσουν μεθόδους ανάλυσης και συστήματα για τον έλεγχο της ρύπανσης και αναπτύσσουν τεχνικές για τη πρόληψη και την καταπολέμηση της ρύπανσης.

Επίσης, για τη χώρα μας είναι αρκετά επίκαιρη τα τελευταία έτη, η επείγουσα λήψη πρακτικών μέτρων, για το πρόβλημα που έχει αρχίσει να εμφανίζεται από την εισχώρηση-εισβολή του θαλασσινού νερού (υφαλμύρωση) προς τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, ιδιαίτερα στις παράκτιες πεδιάδες και στα νησιά. Εξάλλου, και οι εκτεταμένες πυρκαγιές διαφοροποιούν πλέον, περισσότερο ή λιγότερο το κλιματικό και υδατικό καθεστώς των περιοχών με συνέπεια να αναμένεται η εμφάνιση ακραίων φαινομένων, όπως πλημμύρες, ξηρασία, ερημοποίηση κλπ.

### 1.3 Ο Κύκλος του Νερού

Τα νερά της βροχής και γενικότερα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα συμβάλλουν στις επιφανειακές απορροές και συλλογές του νερού. Με την κατείδυσή τους τροφοδοτούνται με νερό τα εδάφη, οι ρίζες των φυτών, τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα, ενώ με τις απώλειες του νερού μέσω της διαπνοής των φυτών και της εξάτμισης του νερού από κάθε ελεύθερη επιφάνεια εμπλουτίζεται ο ατμοσφαιρικός αέρας με υδραμούς και υγρασία. Όλα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι, ομίχλη κ.ά), εξαιτίας των δραστηριοτήτων της σημερινής κοινωνίας (βιομηχανικές, αγροτικές, αστικές), περιέχουν σημαντικές ποσότητες από ανόργανες και οργανικές ενώσεις. Έτσι, όταν αυτό το νερό με τη μορφή της βροχής, του χιονιού και της υγρασίας ακόμη, πέφτει πάνω στο έδαφος, διαλύει ένα μέρος από τα συστατικά του, διαβρώνει το έδαφος και τελικά το συμπαρασύρει μακρύτερα.



Εικ 1.4 Υδρολογικός κύκλος (Πηγή USGS)

Ακολουθως, το νερό με τα προϊόντα της αποσάρθρωσης του εδάφους, μέσα από επίγειες και υπόγειες οδούς μεταφοράς εμπλουτισμένο με διαλυμένα και αιωρούμενα συστατικά, καταλήγει στους διάφορους αποδέκτες-υδατοσυλλογές όπως είναι τα ποτάμια, οι χείμαρροι, οι λίμνες, οι λιμνοθάλασσες, κάθε υγροτοπική περιοχή και τελικά οι παράκτιες περιοχές της θάλασσας. Κατά την πιο πάνω διαδρομή του, συμβαίνουν επιπλέον βιογεωχημικές αντιδράσεις οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη μεταβολή της ποιότητας και της ποσότητας των θρεπτικών και άλλων συστατικών που ήδη βρίσκονται στις υδατοσυλλογές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

### ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

#### 2.1 Γενικά

Η ποιότητα του υπογείου νερού αναφέρεται στη χημική του σύσταση με τα αιωρούμενα και διαλυμένα υλικά και στην ενεργειακή του κατάσταση, με τη μορφή θερμότητας και της ραδιενεργού ακτινοβολίας. Η διαμόρφωση σύστασης της ποιότητας του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης είτε άμεσα με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα υπογείων νερών (π.χ., εισροή θαλασσινού νερού). Η χημική σύσταση του φυσικού υπόγειου νερού εξαρτάται μόνον από τις φυσικές διαδικασίες και είναι αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής και γεωχημικής ιστορίας του. Η επίδραση της ανθρώπινης επέμβασης έγινε σημαντική σχετικά πρόσφατα και προσδιορίζεται σε περιοχές με συστηματική “χρήση” της γης, όπως συμβαίνει στις αστικοποιημένες περιοχές, τα μεταλλεία και τις αγροτικές περιοχές. Η κυριότερη αιτία μεταβολής της ποιότητας του υπόγειου νερού είναι η σκόπιμη ή η τυχαία εισαγωγή των στερεών και υγρών αποβλήτων κάτω από την επιφάνεια ή πάνω στη επιφάνεια του εδάφους. Λόγω του μεγάλου αριθμού των ουσιών που υπάρχουν στο νερό, η ποιότητα του υπόγειου νερού μπορεί πρακτικά να εφαρμοστεί με πολλές παραμέτρους.

Η σπουδαιότητα αυτών των ουσιών εξαρτάται από τη χρήση του νερού. Για παράδειγμα, η αλατότητα αποτελεί σπουδαία παράμετρο αν το νερό χρησιμοποιείται για πόσιμο, για άρδευση και για ορισμένες βιομηχανικές χρήσεις, αλλά όχι για αναψυχή. Η εντατική χρησιμοποίηση των φυσικών υδατικών πόρων και η μεγάλη παραγωγή αποβλήτων στη σύγχρονη κοινωνία, αποτελούν απειλή για τη ποιότητα των υπόγειων νερών. Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών μπορεί να συμβεί σε μεγάλη έκταση από πηγές ρύπανσης που καταλαμβάνουν μεγάλες επιφάνειες ή είναι κατανεμημένες στο χώρο όπως είναι η βαθιά διήθηση στις εντατικοποιημένες γεωργικές εκτάσεις, ή μπορεί να προκληθεί από σημειακές πηγές, όπως είναι η σηπτικές δεξαμενές, οι χωματερές, τα νεκροταφεία, τα μεταλλεία και οι διαρροές από τις εγκαταστάσεις των πετρελαιοειδών ή από ατυχήματα που μπορεί να προκαλέσουν εισροή ρύπων στο περιβάλλον κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

## 2.2 Κριτήρια ποιότητας

Όλα τα υπόγεια νερά περιέχουν διαλυμένα άλατα, που τα έχει πάρει το νερό κατά τη διαδρομή του μέσα από τα πετρώματα. Εξάλου οι ποιοτικές απαιτήσεις των διαφόρων καταναλωτών νερού ποικίλουν σημαντικά. Για τη δημιουργία κριτηρίων ποιότητας του νερού, πρέπει να καθορίζονται με αξιοπιστία οι περιεκτικότητες σε χημικά, βιολογικά, φυσικά και ραδιενεργά συστατικά και να καθιερώνονται σταθερά πρότυπα για την παρουσίαση και σύγκριση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων. Η παρουσία αερίων διαλυμένων στο νερό είναι επικίνδυνη αν δεν αναγνωρισθεί έγκαιρα. Γενικά ιδιότητες που μπορεί να κάνουν το νερό τελείως ακατάλληλο για κάποια συγκεκριμένη χρήση, π.χ ύδρευση, μπορεί να μην επηρεάζουν την καταλληλότητα για άλλες χρήσεις, π.χ βιομηχανική κ.λ.π. Τα κριτήρια ποιότητας νερού καθορίζονται κατα συνέπεια, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται το υπόγειο νερό. Τα πιο συνηθισμένα χαρακτηριστικά είναι:

### -Φυσικά χαρακτηριστικά

- Θολότητα
- Σύνολο διαλυμένων(TDS) και αιωρούμενων (TSS) στερεών
- Οσμή
- Θερμοκρασία
- Χρώμα

### -Χημικά χαρακτηριστικά

- Ανόργανα συστατικά
  1. Συνήθη ιόντα:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$
  2. Λιγότερο συνήθη ιόντα:  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{B}_3\text{O}_3$ ,  $\text{B}^{3-}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{HSO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HP}(\text{O})_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$
  3. Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή:  $\text{SiO}_2$
  4. Ανόργανα εισαγόμενα από τον άνθρωπο:  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Se}$ ,  $\text{Ag}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$
  5. Θρεπτικά εισαγόμενα από τον άνθρωπο: Ενώσεις αζώτου και φωσφόρου

## 6. Οργανικές ενώσεις

Η μέτρηση των οργανικών ενώσεων γίνεται με τον εργαστηριακό προσδιορισμό των COD (χημικά απαιτούμενο Οξυγόνο), TOC (ολικός οργανικός άνθρακας), TOD (ολικά απαιτούμενο οξυγόνο), BOD (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο).

1) *Φυσικές οργανικές ενώσεις*: πρωτεΐνες, υδρογονάνθρακες, λιπίδια

2) *Συνθετικές οργανικές ενώσεις*: επιφανειοδραστικά, φυτοφάρμακα, διαλυτικά, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες κ.λπ.

- Ραδιενέργεια
- pH, Eh, σκληρότητα, ηλεκτρική αγωγιμότητα και αλκαλικότητα
- Αέρια: N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub> κ.α.
- Βιολογικά χαρακτηριστικά: (Βακτήρια, ιοί, μύκητες, φύκη, πρωτόζωα, σκώληκες, τροχόζωα, καρκινοειδή κ.α.)

### 2.3 Από το βρόχινο στο υπόγειο νερό

Η σύνθεση του βρόχινου νερού καθορίζεται από την προέλευση των υδρατμών και από τα ιόντα που προσλαμβάνονται ή χάνονται από το νερό κατά τη μεταφορά τους στην ατμόσφαιρα. Κοντά στην ακτή το βρόχινο νερό μοιάζει με αραιωμένο θαλασσινό νερό. Καθώς η απόσταση από την ακτή αυξάνει, η συγκέντρωση ιόντων που προέρχονται άμεσα από το θαλασσινό νερό μειώνεται. Κατά τον Ridder (1978), στην Ολλανδική ακτή η συγκέντρωση χλωριόντων στο βρόχινο νερό είναι υψηλή (περίπου 30 mg/l), ενώ μειώνεται εκθετικά με την απόσταση από την ακτή, φτάνοντας τα 1-2 mg/l σε απόσταση 200-400 χλμ. (πίνακας 3).

Η εικόνα που λαμβάνεται όταν η δειγματοληψία περιορίζεται στους βροχογράφους ή τα βροχόμετρα δεν είναι αντιπροσωπευτική, δοθέντος ότι κατά τις ξηρές περιόδους, όταν ο «δειγματολήπτης» είναι συνεχώς ανοικτός, μαζί με το βρόχινο νερό συλλέγονται και «αερολύματα», δηλαδή αερομεταφερόμενοι ρύποι, αλλά και ακαθαρσίες από πτηνά (Galloway-Likens, 1978). Η δειγματοληψία του βρόχινου νερού θα πρέπει να γίνεται μόνο κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης.

**Πίνακας 2.1.** Συγκέντρωση ορισμένων συστατικών στο βρόχινο νερό σε σχέση με την απόσταση από τη θάλασσα, σε mg/l (UNESCO, 1975)

Συστατικό	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ca	1,43	1,18	2,74	1,80	1,56	1,91
Mg	1,79	0,40	0,52	0,37	0,27	0,22
Na	18,4	2,36	0,74	0,36	0,19	0,16
K	0,78	0,37	0,33	0,26	0,76	0,38
NH <sub>3</sub>	0,39	0,79	0,80	0,70	0,29	0,38
Cl	37,6	4,52	2,00	0,88	0,65	0,28
NO <sub>3</sub>	1,64	1,59	2,12	1,73	0,80	1,28

(1) *Westerland*: 0,2 km από την ακτή, (2) *Schlesswig*: 50 km από την ακτή, (3) *Braunschweig*: 450 km από την ακτή, (4) *Augustenberg*: 800 km από την ακτή, (5) *Hohenspeissenberg*: 900 km από την ακτή, (6) *Retz*: 1200 km από την ακτή.

Στις περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα οι ισχυρές εκπομπές αερίων NO<sub>x</sub> και SO<sub>2</sub> έχουν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του βρόχινου νερού σε NO<sub>3</sub> και SO<sub>4</sub> - λόγω οξειδωσης τους στην ατμόσφαιρα και μετατροπής τους σε HNO<sub>3</sub> και H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Τα πιο πάνω οξέα κατεβάζουν το pH του βρόχινου νερού και το μετατρέπουν σε «όξινη βροχή». Από την άλλη μεριά η έντονη γεωργική δραστηριότητα με τη διασπορά στο έδαφος λιπασμάτων και κοπριάς, έχει ως συνέπεια την παραγωγή βάσης της μορφής NH<sub>4</sub>OH, η οποία εξατμιζόμενη αποτελεί πηγή εμπλουτισμού του βρόχινου νερού σε NH<sup>+</sup> που η συγκέντρωση του από 0,002 μπορεί να ξεπεράσει τα 128 μmol/l. Αλλά η φυσική βάση υπάρχει επίσης στη σκόνη.

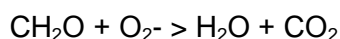
Ο ασβεστίτης που αφθονεί στα εδάφη, μεταφερόμενος ως σκόνη στην ατμόσφαιρα συντελεί στην υψηλή περιεκτικότητα της «ηπειρωτικής» βροχής σε Ca<sup>2+</sup>. Μόνο τοπικά όμως αυξημένες εκπομπές ασβεστίτη, π.χ. από εργοστάσια τσιμέντου στα οποία χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη μαργαϊκό υλικό από ανοικτούς δανειοθαλάμους, προκαλούν αλλαγές του pH του βρόχινου νερού. Στην περίπτωση που δεν επαρκεί η ποσότητα του CaCO<sub>3</sub>, που συνήθως προέρχεται από τη σκόνη του NH<sub>4</sub>OH που προέρχεται από εξάτμιση από κοπριάς, για την εξουδετέρωση των πλεονασματικών SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> και NO<sub>3</sub> βιομηχανικής προέλευσης, που απαντούν ως θειικό και νιτρικό οξύ, οι εναπομένουσες ποσότητες των πιο πάνω οξέων με τη μορφή H<sup>+</sup> καθορίζουν το pH του βρόχινου νερού.

Η επίδραση της χημικής σύστασης του βρόχινου νερού, της απόθεσης αλάτων «εν ξηρώ», της εποχικής διακύμανσης της κατείδυσης, της ξηρασίας κ.λπ., στο χημισμό των υπόγειων νερών είναι πιο ορατή στην ακόρεστη ζώνη και ιδιαίτερα όταν τα πετρώματα δεν περιέχουν ισχυρώς αντιδρώντα ορυκτά όπως είναι τα ανθρακικά.

Μεγάλες διακυμάνσεις της συγκέντρωσης TDS οφείλονται κυρίως στις μεταβολές της συγκέντρωσης Na και Cl, θαλάσσιας προέλευσης, ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές. Στις περιοχές αυτές εκτιμάται (Appelo-Postma, 1994), ότι ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταφοράς θαλασσινού νερού μέσα από την ακόρεστη ζώνη ανέρχεται σε 5 m. Κατά τις βροχοπτώσεις αρχίζει η κατείδυση και ταυτόχρονα η απόπλυση των αλάτων, που απετέθησαν κατά την προηγηθείσα ξηρή περίοδο, και η μεταφορά τους στην κορεσμένη ζώνη. Κατά την υγρή εξάλλου περίοδο, ιδιαίτερα στον Ελληνικό χώρο, οι καταιγίδες που ως επί το πλείστον προέρχονται από τις θαλάσσιες περιοχές, αποθέτουν μεγάλες ποσότητες χλωριούχου νατρίου.

## 2.4 Όξινο υπόγειο νερό

Οι αναφορές στην παρουσία όξινου υπόγειου νερού συνεχώς πληθαίνουν, ιδιαίτερα σε περιοχές του πλανήτη μας με μεγάλη βιομηχανική ανάπτυξη, στις οποίες απουσιάζουν από τους υδροφόρους τα ανθρακικά. Έχουν σημειωθεί σε αμμώδεις υδροφόρους στην Ολλανδία τιμές του pH που φθάνουν μέχρι και 4 (Appelo et al, 1982). Η δημιουργία «όξινων υδροφόρων» μπορεί να οφείλεται σε πολλές αιτίες ανάμεσα στις οποίες κυριαρχούν η παραγωγή CO<sub>2</sub> και οι διεργασίες του ριζικού συστήματος στο έδαφος, σύμφωνα με την αντίδραση:



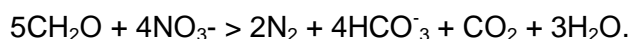
Η κατώτερη τιμή του pH, που οφείλεται στις διαδικασίες αυτές δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 4,6, ακόμα και αν απουσιάζει οποιαδήποτε ουδέτερη ζώνη. Κατά συνέπεια το βασικότερο ρόλο στη δημιουργία όξινου υπόγειου νερού παίζουν οι ανθρωπογενείς επιδράσεις. Η όξινη βροχή που οφείλεται στην καύση υδρογονανθράκων και γενικώς απολιθωμένων καυσίμων, παράγει οξειδία του αζώτου και του θείου. Τα τελευταία οξειδώνονται στην ατμόσφαιρα και στη συνέχεια «κατακρημνίζονται» ως αραιωμένα διαλύματα νιτρικού και θειικού οξέως, προκαλώντας έτσι μείωση του pH. Έχει αναφερθεί (Appelo, 1985), ότι στο διάστημα 1938-1980 το pH του βρόχινου νερού στην Ολλανδία έχει μειωθεί κατά μία μονάδα, ενώ συνοδεύεται και από σημαντική αύξηση των θειικών και αζωτούχων ενώσεων. Ακολούθως, οι διαδικασίες της εξατμισοδιαπνοής προκαλούν αύξηση της οξύτητας, λόγω συμπύκνωσης του διαλύματος, το οποίο στην συνέχεια εισερχόμενο στην κορεσμένη ζώνη μειώνει το pH του υπόγειου νερού. Η επίδραση της εξατμισοδιαπνοής μπορεί να εκτιμηθεί αν πολλαπλασιαστούν οι συγκεντρώσεις του βρόχινου νερού με έναν «συντελεστή συμπύκνωσης λόγω εξατμισοδιαπνοής», («evapotranspiration concentration factor»), που η τιμή του έχει εκτιμηθεί σε 3. Η μείωση του pH οφείλεται επίσης σε μεγάλο ποσοστό στην οξείδωση του NH<sub>4</sub><sup>+</sup>



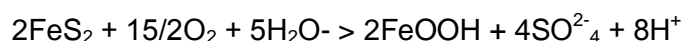
Μία δεύτερη ανθρωπογενής «παραγωγή» όξινου υπόγειου νερού είναι η υπερβολική χρήση αμμωνίας και κοπριάς ως λιπασμάτων. Η οξειδωση της  $\text{NH}_3$  γίνεται σύμφωνα με την αντίδραση:



Όταν τα φυτά καταναλώσουν όλη την ποσότητα των νιτρικών, η παραγωγή πρωτονίων λόγω των οξειδωτικών διεργασιών εξισορροπείται από την παραγωγή  $\text{HCO}_3^-$  λόγω της απονίτρωσης:



Η τρίτη σημαντική ανθρωπογενής επίδραση είναι η οξειδωση των πυριτών. Ο υποβιβασμός της στάθμης του υδροφόρου εκθέτει τις μικρές έστω ποσότητες πυριίτη ( $\text{FeS}_2$ ) σε οξειδωση:



Η αντίδραση αυτή είναι η ισχυρότερη από όσες δημιουργούν συνθήκες παραγωγής οξέος, πλην όμως η όξινη βροχή είναι ο βασικότερος παράγων δημιουργίας όξινου υπόγειου νερού. Παράγων που επιδρά αρνητικά στην παραγωγή όξινου υπόγειου νερού είναι η παρουσία ανθρακικών ορυκτών. Υδροφόροι με νερό χαμηλής αλκαλικότητας είναι πιο ευπρόσβλητοι στη μετατροπή τους σε όξινους. Τέτοιοι υδροφόροι είναι οι υδροφόροι σε γρανίτες, σε όξινα μαγματικά πετρώματα και σε χαλαζίτες. Λιγότερο ευαίσθητοι είναι οι υδροφόροι σε βασικά και υπερβασικά μαγματικά πετρώματα.

Οι κυριότερες διαδικασίες, που καθιστούν τους υδροφόρους λιγότερο ευπρόσβλητους στη μείωση του pH τους, είναι:

- ♦ η διάλυση των υδροξειδίων του αργιλίου και ίσως και του  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- ♦ η ιοντική ανταλλαγή του αργιλίου και πιθανώς και πρωτονίων
- ♦ η αποσάθρωση πρωτογενών πυριτικών αλάτων.

Η πιο πάνω ανασταλτική δράση, στη δημιουργία όξινων υδροφόρων, μπορεί να συνοψισθεί στην αντίδραση  $\text{Al}(\text{OH})_3 \leftrightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$ , όπου  $\text{Al}(\text{OH})_3$  είναι τα προϊόντα αποσάθρωσης των ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων ή αργιλικά ορυκτά.

Η προσθήκη υδράσβεστου στο έδαφος ελαττώνει την πιθανότητα δημιουργίας όξινου υπόγειου νερού.



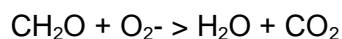
## 2.5 Παράγοντες που ελέγχουν την ποιότητα του υπόγειου νερού

Η ποιότητα των υπόγειων νερών ελέγχεται από πληθώρα παραγόντων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

♦ **Εξάτμιση-Εξατμισοδιαπνοή:** οδηγούν σε αύξηση των ιοντικών συγκεντρώσεων αναλογικά προς την ποσότητα του νερού που εξατμίζεται. Η περίσσεια της βροχόπτωσης μπορεί να υπολογιστεί με βάση τη συγκέντρωση  $Cl^-$  δοθέντος ότι τα  $Cl^-$  δεν επηρεάζονται από άλλους παράγοντες ή διαδικασίες.

♦ **Εκλεκτική πρόσληψη ιόντων από τη χλωρίδα,** τα οποία αποθηκεύονται στη βιομάζα. Έχει αναφερθεί (Likens et al, 1977) ότι η χλωρίδα στην περιοχή του Hubbard Brook προσλαμβάνει ετησίως 64 kg καλίου ανά εκτάριο, ενώ το επιφανειακό νερό άρδευσης από το υδρόρευμα περιέχει μόνο 1,9 kg καλίου ανά εκτάριο. Ο φωσφόρος συμμετέχει επίσης ενεργά στις διαδικασίες της εκλεκτικής πρόσληψης σε αντίθεση με τα Mg και S. Η χλωρίδα προσροφά επιπλέον αέρια από την ατμόσφαιρα όπως  $SO_2$ ,  $NH_3$  και  $NO_2$  τα οποία ενσωματώνονται στα φυτά, ενώ το πλεόνασμα απομακρύνεται με τη βροχή.

♦ **Αποσύνθεση οργανικής ύλης,** είναι η αντίθετη προς την προηγούμενη διαδικασία. Τα φυτά εκδηλώνουν εποχικές μεταβολές στην πρόσληψη και απελευθέρωση ιόντων, ενώ τα νεαρά φυτά ενσωματώνουν περισσότερα στοιχεία από τα ώριμα και γερασμένα. Η αποσύνθεση οργανικής ύλης είναι μια οξειδωτική αντίδραση, που μπορεί να λάβει χώρα στο έδαφος, αλλά και μέσα στους υδροφόρους (π.χ., τύρφη, λιγνίτης κ.λπ.), σύμφωνα με την αντίδραση (σχηματικά):



Η αποσύνθεση οργανικής ύλης στον υδροφόρο μπορεί να διεγείρει σημαντικές αντιδράσεις, όπως η αναγωγή των οξειδίων του Fe, των θειικών και των νιτρικών, ή ο σχηματισμός μεθανίου. Επιπρόσθετα η παραγωγή  $CO_2$  μπορεί να επηρεάσει σημαντικά αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχουν ανθρακικά ορυκτά.

♦ **Αποσάθρωση-Διάλυση** ανθρακικών, πυριτικών και εβαποριτών ( Πίνακας 4).

**Πίνακας 2.2** Οι κυριότερες διαδικασίες αύξησης ή μείωσης της ιοντικής συγκέντρωσης στο νερό (Appelo-Postma, 1994 με τροποποιήσεις).

α/α	Στοιχείο	Διαδικασία	Παράγοντες που καθορίζουν το όριο της
1	Na <sup>+</sup>	Διάλυση-ιοντική ανταλλαγή στα παράκτια υδροφόρα	Κινητική αποσάθρωσης πυριτικών
2	K <sup>+</sup>	Διάλυση-προσρόφηση - αποσύνθεση	Διαλυτότητα αργιλικών ορυκτών-αφομοίωση από
3	Mg <sup>2+</sup>	Διάλυση	Διαλυτότητα αργιλικών ορυκτών
4	Ca <sup>2+</sup>	Διάλυση	Διαλυτότητα ασβεστίτη
5	Cr	Εξατμισοδιαπνοή	Κανένα
6	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Πίεση εδαφικού CO <sub>2</sub> -αποσάθρωση	Αποσύνθεση οργανικής ύλης
7	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Διάλυση-Οξειδωση	Απομάκρυνση με αναγωγή
8	NO <sub>3</sub>	Οξειδωση	Απομάκρυνση με αναγωγή-αφομοίωση από
9	Si	Διάλυση-προσρόφηση	Διαλυτότητα χαλκιδόνιου-πυριτόλιθων
10	Fe	Αναγωγή	Δυναμικό οξειδοαναγωγής, διαλυτότητα Fe <sup>3+</sup> , σιδηρίτης, πυρίτες (σουλφίδια)
11	PO <sub>4</sub>	Διάλυση	Διαλυτότητα απατίτη, Fe, αργιλοφωσφορικών, βιολογική αφομοίωση

υπόγειο νερό των ανθρακικών πετρωμάτων (ασβεστόλιθοι-μάργες) είναι πλούσιο σε Ca<sup>2+</sup> ή Mg<sup>2+</sup> και HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, των εβαποριτών σε SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> και Ca<sup>2+</sup>, των υπερβασικών πετρωμάτων που περιέχουν υψηλά ποσοστά ολιβίνη και πυροξένων σε Mg<sup>2+</sup>, των δολομιτών σε Ca<sup>2+</sup> και Mg<sup>2+</sup> σε περίπου ίσες ποσότητες. Η σχέση ανάμεσα στον τύπο (χημισμό) του νερού και τον τύπο του πετρώματος από το οποίο διέρχεται είναι εμφανής στα διαγράμματα του Piper. Η υψηλή περιεκτικότητα του υπόγειου νερού σε Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> και Cl<sup>-</sup>, υποδηλώνει την προέλευση του από

πυριγενή πετρώματα. Στα πετρώματα που κυριαρχεί ο δυσδιάλυτος χαλαζίας, η σύνθεση του υπόγειου νερού είναι παρόμοια με αυτή του βρόχινου (Πιν.5). Στα πετρώματα αυτά οι παράγοντες που ελέγχουν την ποιότητα του υπόγειου νερού είναι ο χημισμός του βρόχινου νερού και η εξατμισοδιαπνοή. Το TDS στο νερό των ασβεστόλιθων, των ηφαιστιτών και των αμμοχάλικων είναι ανεξάρτητο της απορροής λόγω της ταχύτατης διάλυσης των ορυκτολογικών τους συστατικών. Στην περίπτωση αυτή, ο «χρόνος παραμονής» του νερού στο υδροφόρο στρώμα δεν παίζει σημαντικό ρόλο.

Η συγκέντρωση χλωριόντων στις δασικές περιοχές είναι αρκετά υψηλότερη, λόγω της ξηράς απόθεσης τους, από ότι στις χέρσους. Ο παράγων όμως που καθορίζει κατά κύριο λόγο στο χημισμό του υπόγειου νερού είναι η διάλυση των ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων, αλλά και οι αλληλεπιδράσεις νερού και πετρωμάτων.

**Πίνακας 2.3.** Συνήθεις ιοντικές συγκεντρώσεις σε μη ρυπασμένο νερό και η πηγή προέλευσης (Appelo-Postma, 1994)

Στοιχείο	Συγκέντρωση mmol/l	Προέλευση
Na <sup>+</sup>	0,1-2	Άστριοι, ορυκτό αλάτι, ζεόλιθοι, ατμόσφαιρα
K <sup>+</sup>	0,01-0,2	Άστριοι, μαρμαρυγίες
Mg <sup>2+</sup>	0,05 - 2	πυρόξενοι, αμφίβολοι, ολιβίνης, μαρμαρυγίες δολομίτες
Ca <sup>2+</sup>	0,05-5	Ανθρακικά, γύψος, άστριοι, πυρόξενοι, αμφίβολοι
Cl	0,05 - 2	Ορυκτό αλάτι, ατμόσφαιρα
HCO <sub>3</sub>	0-5	Ανθρακικά, οργανική ύλη
NO <sub>3</sub>	0,001 - 0,2	Ατμόσφαιρα, οργανική ύλη
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0, 01 -1	Ατμόσφαιρα, γύψος, σουλφίδια
SiO <sub>2</sub>	0,02-1	Πυριτικά
Fe <sup>2+</sup>	0-0,5	Πυριτικά, σιδηρίτες, υδροξείδια, σουλφίδια
Ολικά PO <sub>4</sub>	0-0,02	Οργανική ύλη, φωσφορικά

Οι συγκεντρώσεις εδώ αντιπροσωπεύουν τη διαλυτότητα των ορυκτολογικών συστατικών. Αντίθετα, ο χημισμός του νερού των γρανιτικών και ψαμμιτικών πετρωμάτων εξαρτάται από το «χρόνο παραμονής» και την απορροή. Δηλαδή ο ρυθμός διάλυσης των ορυκτολογικών συστατικών του γρανίτη (άστριοι, μαρμαρυγίες και χαλαζίας) είναι της ίδιας τάξης με τον «χρόνο παραμονής» του νερού (πολύ αργή «κινητική διαλυτότητας»).

♦ **Απόθεση ορυκτών.** Η αποσάθρωση των πυριτικών ορυκτών οδηγεί στη δημιουργία δευτερογενών αργιλικών ορυκτών (αργιλιοπυριτικά ορυκτά με ή χωρίς κατιόντα). Καθώς η διεργασία της αποσάθρωσης προχωρεί, τα αργιλικά ορυκτά αρχικά χάνουν τα κατιόντα και ακολούθως το Si, μέχρις ότου παραμείνουν τα αδιάλυτα υδροξείδια του Al. Αν στο μητρικό πέτρωμα υπάρχει δισθενής Fe, τότε δημιουργούνται οξειδία του Fe. Στα ξηρά κλίματα η εξάτμιση οδηγεί στη δημιουργία της ακολουθίας ασβεσίτη, γύψου και χλωριούχου νατρίου.

♦ **Αντιδράσεις ιοντικής ανταλλαγής,** ανάμεσα σε διαλυμένα κατιόντα και στα συμπλέγματα ανταλλακτών (διείσδυση θάλασσας, επέκταση πλούμιου ρύπανσης, κατείσδυση όξινης βροχής). Ανταλλάκτες είναι τα αργιλικά ορυκτά, τα αποσαθρωμένα ορυκτά και η οργανική ύλη. Το «σύμπλεγμα-ανταλλάκτης» μπορεί να περιέχει κατιόντα τριακόσιες φορές περισσότερα από την υγρή φάση.

♦ **Ανάμιξη διαφορετικών νερών** στις πηγές ή τις ζώνες διήθησης. Η διασπορά μπορεί να προκαλέσει ανάμιξη ρυπασμένου νερού με καθαρό νερό.

♦ **Ανθρωπογενείς δραστηριότητες** όπως χρήση NaCl και απορρυπαντικών, χρήση λιπασμάτων, βελτιωτικών εδάφους και φυτοφαρμάκων, αλλά και διαρροές από σκουπιδότοπους (απόπλυση βαρέων μετάλλων ή τοξικών οργανικών, μετανάστευση στραγγίσματος κ.λπ.).

Η επίδραση των γεωργικών δραστηριοτήτων προκαλεί μεταβολές του υπόγειου νερού κατά την κατακόρυφο έννοια. Υψηλές συγκεντρώσεις NO<sub>3</sub> στο πάνω τμήμα των υδρογεωτρήσεων οφείλονται στην έντονη λίπανση με λιπάσματα και κοπριά στα ανάντι της υδρογεώτρησης.

## 2.6 Πηγές αλατότητας του υπόγειου νερού

Όλα τα υπόγεια νερά περιέχουν διαλυμένα άλατα που η συγκέντρωσή τους κυμαίνεται από 25 mg/l ή και λιγότερο ακόμη και στις πηγές μέσα σε πυριτικά πετρώματα, μέχρι πάνω από 300.000 mg/l σε υπεράλμυρα νερά («σαλαμούρες»).

Το είδος και η συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων εξαρτάται από τη φύση των πετρωμάτων μέσω των οποίων κινείται το υπόγειο νερό, την ταχύτητα ροής κ.λπ. Κατά κανόνα τα υπόγεια νερά παρουσιάζουν υψηλότερη συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων από τα επιφανειακά νερά, γιατί τα

πρώτα βρίσκονται μεγαλύτερο χρόνο σε επαφή με ευδιάλυτα υλικά στα γεωλογικά στρώματα. Τα ευδιάλυτα αυτά άλατα προέρχονται κυρίως από τη διάλυση υλικών των πετρωμάτων.

Η οξυανθρακική ρίζα, που είναι συνήθως το επικρατέστερο ανιόν στα υπόγεια νερά, προέρχεται από το διοξείδιο του άνθρακα, που ελευθερώνεται κατά την οργανική αποσύνθεση στο έδαφος. Οι τιμές της αλατότητας είναι μεγαλύτερες εκεί που η κίνηση του νερού είναι μικρότερη. Έτσι, η αλατότητα γενικά αυξάνει με το βάθος. Μια συνηθισμένη γεωχημική ακολουθία στα υπόγεια νερά, είναι εκείνη, κατά την οποία κοντά στην επιφάνεια απαντούν οξυανθρακικά νερά, για να μεταπέσουν σε χλωριούχα στους βαθύτερους σχηματισμούς.

Το νερό της βροχής, που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους, περιέχει πολύ μικρές ποσότητες διαλυμένων αλάτων (Πίνακας 6.). Όταν φθάσει στην επιφάνεια, το νερό αντιδρά με τα ορυκτά του εδάφους και των πετρωμάτων, με τα οποία έρχεται σε επαφή. Η ποσότητα και ο τύπος των ορυκτών υλικών που διαλύονται, εξαρτώνται από τη χημική σύσταση και τη δομή των πετρωμάτων, από το pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής Eh του νερού (Back-Hansaw, 1965). Το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα που προέρχεται τόσο από την ατμόσφαιρα όσο και από οργανικές διασπάσεις στο έδαφος, αυξάνει τη διαλυτική ικανότητα του νερού, καθώς το τελευταίο κινείται στο υπέδαφος (Hem, 1970). Το υπόγειο νερό εμπλουτίζεται σε άλατα, τα οποία προέρχονται από τα διαλυτά συστατικά των πετρωμάτων μέσα από τα οποία κινείται.

Το πλεόνασμα του αρδευτικού νερού που εισέρχεται στον υδροφόρο συχνά προσθέτει συμπληρωματικές ποσότητες από άλατα. Το νερό που περνά από τη ζώνη των ριζών σε καλλιεργούμενες περιοχές, περιέχει συνήθως πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αλάτων, από το αρχικό νερό. Η αύξηση αυτή των αλάτων προέρχεται κατά κύριο λόγο από τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής, η οποία προκαλεί συμπύκνωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων

Επιπρόσθετα, διαλυτά υλικά του εδάφους, λιπάσματα και εκλεκτική απορρόφηση ορισμένων αλάτων από τα φυτά, μεταβάλλουν τη συγκέντρωση των αλάτων των διηθούμενων νερών. Οι παράγοντες που ελέγχουν την αύξηση αυτή των αλάτων στο υπόγειο νερό, είναι η υδροπερατότητα του εδάφους, η δυνατότητα στράγγισης του αρδευτικού νερού και η ποσότητα του χρησιμοποιούμενου νερού, το κλίμα και το είδος της καλλιέργειας.

Υψηλές αλατότητες συναντώνται σε εδάφη και υδροφόρους των ξηρών γενικά κλιμάτων, όπου η **έκπλυση** από τη βροχή είναι ασήμαντη, ώστε να προκαλέσει διάλυση των αλάτων. Περιοχές με κακή στράγγιση, ιδιαίτερα, λεκάνες που έχουν εσωτερική στράγγιση, συχνά παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων. Επίσης μερικές περιοχές περιέχουν υπολείμματα ιζηματογενών αποθέσεων σε αλμυρά νερά και είναι γνωστές σαν "**badlands**", δηλαδή πρόκειται για υποβαθμισμένα (άγονα) εδάφη. Σ' αυτά, η έλλειψη παραγωγικότητας οφείλεται και στην περίσσεια αλάτων στο έδαφος και στο νερό.

Τοπικά, η απορρόφηση αερίων μαγματικής προέλευσης, εμπλουτίζει με διαλυμένα «μεταλλικά» συστατικά το υπόγειο νερό (π.χ., θερμομεταλλικές πηγές). Το **απολιθωμένο**

**νερό**, είναι συνήθως, πλούσιο σε μεταλλικά συστατικά, μια και το νερό αυτό προέρχεται από το αρχικά εγκλωβισμένο στα ιζηματογενή στρώματα, από την εποχή της απόθεσης των τελευταίων, αν και η χημική του σύσταση έχει αλλάξει σε σχέση με την αρχική, με διάφορες χημικές και φυσικές διεργασίες που έχουν λάβει χώρα.

Το υπόγειο νερό που περνά μέσα από μαγματικά πετρώματα, διαλύει μικρές μόνο ποσότητες ορυκτών, λόγω του χαμηλού βαθμού διαλυτότητας αυτών των πετρωμάτων. Το διηθούμενο νερό της βροχής περιέχει διοξείδιο του άνθρακα που προέρχεται από την ατμόσφαιρα, το οποίο αυξάνει τη διαλυτική ενέργεια του νερού. Τα πυριτικά άλατα των εκρηξιγενών πετρωμάτων προσθέτουν στο νερό διοξείδιο του πυριτίου.

Τα ιζηματογενή πετρώματα είναι πιο διαλυτά από τα μαγματικά πετρώματα. Σημαντικές πηγές ορυκτών ουσιών, στα ιζηματογενή πετρώματα, είναι οι άστριοι, οι διάφορες μορφές του ανθρακικού ασβεστίου και οι «εβαπορίτες» (γύψος-ανυδρίτης). Λόγω της υψηλής διαλυτότητας τους, σε συνδυασμό με την αφθονία τους στο στερεό φλοιό της γης, τα ιζηματογενή πετρώματα συνεισφέρουν, αυτά κατά κύριο λόγο, στον εμπλουτισμό των υπόγειων νερών σε διαλυμένα άλατα. Κατά κανόνα, τα κατίοντα που προέρχονται από ιζηματογενή πετρώματα, είναι το ασβέστιο και το νάτριο, ενώ τα συνηθέστερα ανιόντα είναι η οξυανθρακική και η θειική ρίζα.

Στις συνηθέστερες περιπτώσεις, τα χλωριόντα απαντούν σε μικρές ποσότητες. Οι πιο σημαντικές πηγές χλωριούχων είναι τα λύματα, το απολιθωμένο νερό και το θαλασσινό νερό, που συχνά μολύνει τους παράκτιους υδροφόρους.

Καμιά φορά η νιτρική ρίζα είναι ένα σημαντικό φυσικό συστατικό, όμως οι ψηλές συγκεντρώσεις της, συχνά, αποτελούν δείκτη κάποιας ρύπανσης.

Στις ασβεστολιθικές περιοχές τα επικρατούντα ιόντα είναι η δισανθρακική ρίζα και το ασβέστιο.

Μια σημαντική πηγή αλατότητας των υπόγειων νερών στις παράκτιες περιοχές είναι τα άλατα των αερολυμάτων που προέρχονται από τη διεπιφάνεια αέρα-νερού πάνω από τη θάλασσα. Η απόθεση των αλάτων γίνεται είτε με καθίζηση είτε με πτώση, απουσία υγρασίας. Έχει υπολογισθεί, ότι στις παράκτιες περιοχές, η κατά την πιο πάνω διαδικασία απόθεση χλωρίου, κυμαίνεται από 4-20 kg/εκτάριο το χρόνο. Η απόθεση μειώνεται προς την ενδοχώρα, εκθετικά, με την απόσταση από τη θάλασσα. Μετρήσεις στο Ισραήλ έδωσαν τη σχέση :  $M_a = 110 e^{-0,0133 d}$ , όπου  $M_a$  η ποσότητα χλωρίου που αποτίθεται το χρόνο σε kg/εκτάριο και  $d$  η απόσταση από τη θάλασσα σε km.

Στις ξηρές περιοχές, όπου η επιφανειακή απορροή είναι μικρή και η εξατμισοδιαπνοή μεγάλη, η αερομεταφερόμενη απόθεση αλάτων γίνεται ακόμη πιο σημαντική.

Η κύρια προέλευση των διαφόρων χημικών συστατικών του υπόγειου νερού που καθορίζουν την αλατότητά του είναι:

♦ SiO<sub>2</sub>: Αποσάθρωση των αστρίων, σιδηρομαγνησιούχων και αργιλικών ορυκτών, άμορφου SiO<sub>2</sub> και οπάλιου.

♦ Ολικός Fe: Από τα μαγματικά πετρώματα με διάλυση των αμφιβόλων, σιδηρομαγνησιούχων μαρμαρυγιών καθώς και των FeS, FeS<sub>2</sub> και Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Από τα ψαμμιτικά πετρώματα με διάλυση οξειδίων, ανθρακικών, σουλφιδίων του Fe και αργιλικών ορυκτών.

♦ Μη: Από το έδαφος, τα ιζήματα και τα μεταμορφωμένα πετρώματα, ιδιαίτερα εκείνα που είναι πλούσια σε μαρμαρυγίες, αμφιβόλους και κεροστίλβες.

♦ Ca: Από διάλυση αμφιβόλων, αστρίων, γύψου, πυρόξενων, αραγωνίτη, ασβεσίτη, δολομίτη και αργιλικών ορυκτών.

♦ Mg: Από διάλυση αμφιβόλων, ολιβίνη, πυρόξενων, δολομίτη, μαγνησίτη και αργιλικών ορυκτών.

♦ Na: Από διάλυση αστρίων, κυρίως αλβίτη, αργιλικών ορυκτών, NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> • 10 H<sub>2</sub>O και από βιομηχανικά απόβλητα.

♦ K: Από διάλυση αστρίων, αστριοειδών μερικών μαρμαρυγιών και τέλος αργιλικών ορυκτών.

♦ CO<sub>3</sub> και HCO<sub>3</sub>: από διάλυση ασβεστόλιθων και δολομιτών.

♦ Al: Από διάλυση των αργιλοπυριτικών ορυκτών ηφαιστειακών και μαγματικών πετρωμάτων, καθώς και αστρίων των πυριτικών πετρωμάτων.

♦ Θολότητα: Από αιωρούμενη άργιλο και ιλύ.

♦ SO<sub>4</sub>: Από την οξειδωση θειούχων ενώσεων (σουλφιδίων) αλλά και από τη διάλυση γύψου και ανυδρίτη.

♦ Cl: Από τη διάλυση κυρίως NaCl, KCl και δευτερευόντως μαγματικών πετρωμάτων.

♦ F: Από τη διάλυση κεροστίλβης, απατίτη, φθορίτη και μαρμαρυγιών.

♦ NO<sub>3</sub>: Από την ατμόσφαιρα, τα υπολείμματα της χλωρίδας, την κοπριά και τα λιπάσματα

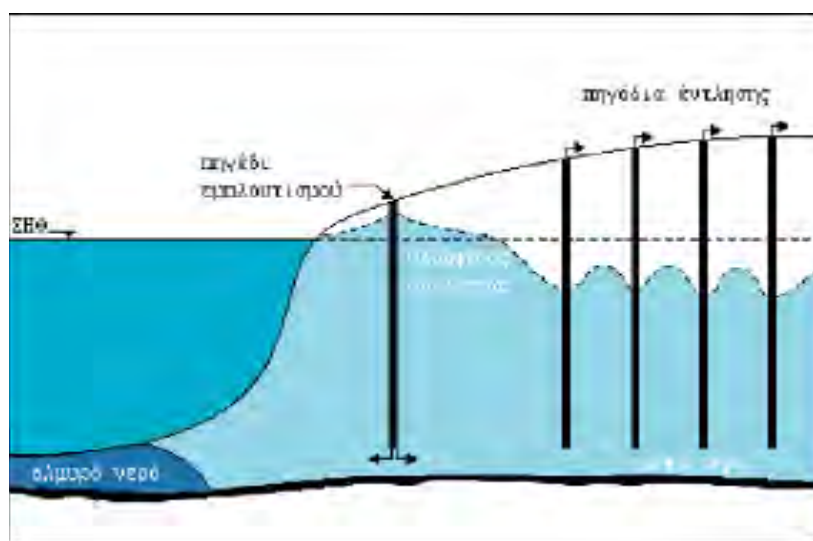
♦ TDS: Από τα διαλυμένα στο βρόχινο νερό άλατα.

## 2.7 Υφαλμύρωση υπόγειου υδροφορέα

Η εκμετάλλευση και διαχείριση των υπόγειων νερών των παράκτιων υδροφορέων είναι άμεσα συνδεδεμένη με το φαινόμενο της διείσδυσης της θάλασσας σε αυτούς, δηλαδή της εισροής θαλάσσιου νερού στο σύστημα των εν λόγω υδροφορέων. Η εισροή αυτή μπορεί να είναι μόνιμη ή συνηθέστερα μη μόνιμη ροή. Έτσι το αλμυρό νερό αντικαθιστά ίσες ποσότητες γλυκού νερού. Αποτέλεσμα της διείσδυσης αυτής της θάλασσας είναι η υφαλμύρωση των υδροφορέων αυτών.

Με τον όρο «υφαλμύρωση υπόγειων υδροφορέων» εννοείται η ύπαρξη όχι μόνο γλυκού αλλά και υφάλμυρου νερού στους υδροφορείς αυτούς. Αιτία ύπαρξης της υφαλμύρωσης μπορεί να είναι γεωλογικοί παράγοντες, συνήθως όμως το φαινόμενο παρατηρείται κατά τη διείσδυση του θαλάσσιου νερού στους παράκτιους υδροφορείς. Η διείσδυση αλμυρού νερού σε παράκτιους υδροφορείς μπορεί να οφείλεται τόσο σε φυσικούς παράγοντες (πχ., ανύψωση της στάθμης της θάλασσας), όσο και σε ανθρωπογενείς (υπεραντλήσεις) ή πολλές φορές συνδυασμό και των δύο. Η υφαλμύρωση υπόγειων υδροφορέων αποτελεί ειδική περίπτωση υπόγειας ροής και αφορά συγκεκριμένους υδροφορείς, με γνωστά υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά. Όταν ο ρυθμός άντλησης σε φρέατα κοντά στη θάλασσα υπερβεί το ρυθμό φυσικής ή τεχνητής επαναφόρτισης του υδροφορέα, τότε το θαλάσσιο νερό εισρέει στους υδροφορείς, καταστρέφοντάς τους από πηγή πόσιμου νερού. Πρέπει να τονισθεί ότι το φαινόμενο δεν μπορεί να θεωρηθεί αναστρέψιμο, γι' αυτό η αντιμετώπισή του συνδέεται πρακτικά με πρόβλεψη και ορθή διαχείριση.

Το πρόβλημα της υφαλμύρωσης στις περισσότερες περιπτώσεις αναγνωρίζεται από τους υπεύθυνους υδρογεωλόγους και μηχανικούς. Συνήθως όμως είναι άγνωστη η έκτασή του, λόγω έλλειψης στοιχείων. Δεν είναι δηλαδή εύκολη η ποσοτικοποίηση του προβλήματος. Κατά την εισροή της θάλασσας σε έναν υδροφορέα συνθήκες μόνιμης ροής στην πραγματικότητα δεν αποκαθίστανται εύκολα.



Εικ.2.1



Επιπλέον τις περισσότερες φορές το πρόβλημα φθάνει σε ανεπίτρεπτα όρια και τα κατάλληλα μέτρα δεν παίρνονται εγκαίρως. Η εφαρμογή των μέτρων αυτών είναι συνήθως συνδεδεμένη με οικονομικούς, κοινωνικούς, νομικούς και πολιτικούς παράγοντες και αυτό δυσχεραίνει ιδιαίτερα το πρόβλημα.

Προβλήματα υφαλμύρωσης παρατηρούνται σε μεγάλη περιφερειακή ή μικρή τοπική κλίμακα. Στην πρώτη περίπτωση επηρεάζονται μεγαλύτερες εκτάσεις από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως πχ., από εγγειοβελτιωτικά έργα. Λέγοντας μικρή κλίμακας προβλήματα, εννοείται η επίδραση που παρατηρείται στην διεπιφάνεια αλμυρού-γλυκού νερού στην περιοχή γύρω και κάτω από ένα φρέαρ άντλησης (upconing).

## **2.8 Είσοδος νιτρικών ιόντων στο υπόγειο νερό.**

Τόσο τα νιτρικά ιόντα όσο και τα νιτρώδη σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, αποτελούν χρήσιμα θρεπτικά στοιχεία των υδάτινων συστημάτων, αλλά η παρουσία τους στο πόσιμο νερό είναι ανεπιθύμητη γιατί συνδέεται με την παρουσία ανεπιθύμητων οργανικών ενώσεων. Η διεργασία της μετατροπής των οργανικών ενώσεων του αζώτου σε νιτρικά είναι έργο βακτηρίων τόσο αερόβιων όσο και αναερόβιων. Η παρουσία των νιτρικών ιόντων στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα οφείλεται στα υγρά και στα αέρια αστικά, βιομηχανικά και αγροτικά απόβλητα τα οποία καταλήγουν στα νερά μέσω της βροχής (υγρή κατακρήμνιση από την ατμόσφαιρα και απόπλυση εδαφών), αλλά και μέσω ακατάλληλης διάθεσης των αποβλήτων στο υδάτινο περιβάλλον.

Τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα έχουν συνδεθεί με το φαινόμενο του ευτροφισμού αλλά και με προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων και των ζώων. Για παράδειγμα, τα νιτρικά είναι τοξικά για μηρυκαστικά ζώα και τα νιτρώδη ιόντα παρεμποδίζουν τη μεταφορά οξυγόνων στους ιστούς, λόγω του σχηματισμού σταθερών ενώσεων με την αιμογλοβίνη του αίματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

#### 3.1 Γενικά

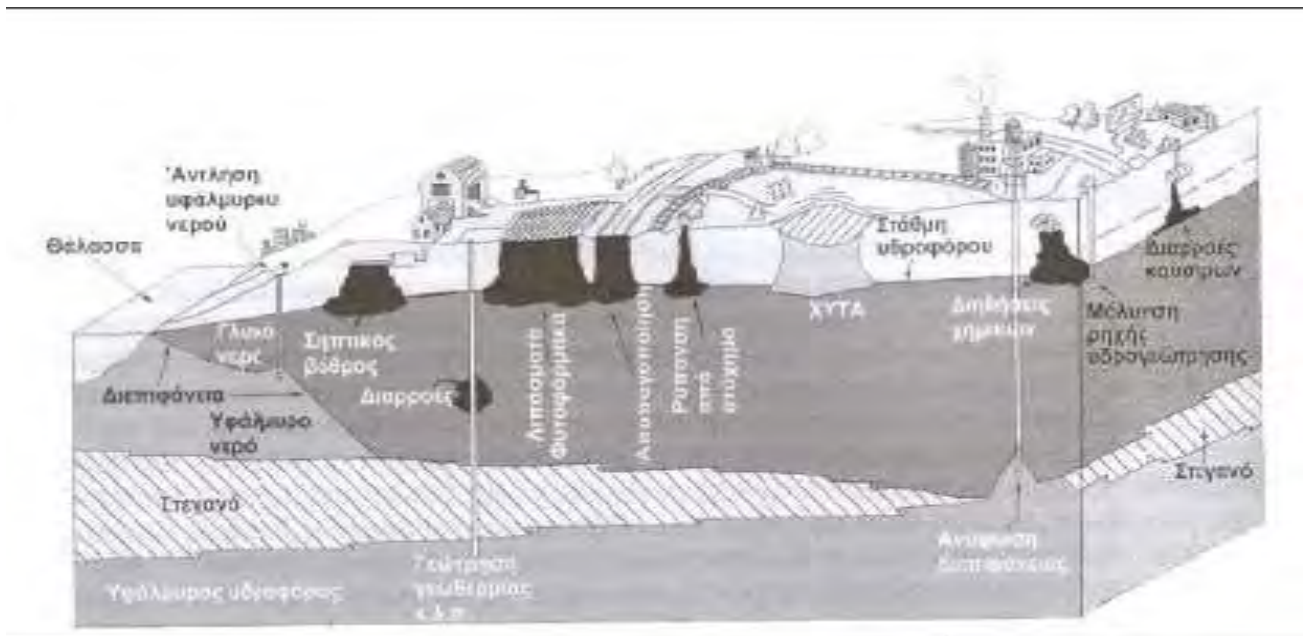
Η ρύπανση των υπόγειων νερών προκαλείται από ανόργανες και οργανικές χημικές ουσίες και από μικροοργανισμούς. Οι πιο συχνά παρατηρούμενες ανόργανες ουσίες που μπορεί να αποτελέσουν ρύπους είναι τα νιτρικά, τα χλωριούχα και τα θειικά ιόντα, τα οξέα και τα βαρέα μέταλλα. Υπάρχουν πάρα πολύ διαφορετικές ουσίες στα υπόγεια νερά, λόγω του μεγάλου αριθμού τους, που παράγονται από τις χημικές βιομηχανίες και τις μεγάλες εμπορικές εφαρμογές τους. Από αυτές άλλες διαλύονται και μεταφέρονται με το νερό, ενώ άλλες δεν διαλύονται όπως τα πετρελαιοειδή, αλλά μεταφέρονται με το νερό επιπλέοντας ή βυθισμένες μέσα στη μάζα του.

Ο κίνδυνος της ρύπανσης των υπόγειων νερών προέρχεται από το μεγάλο αριθμό φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων που αποθηκεύονται, μεταφέρονται και διασκορπίζονται πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, από αυτά μερικά μπορούν να μετακινηθούν στα βαθύτερα στρώματα.

Μεγάλοι όγκοι υγρών αποβλήτων διηθούνται βαθιά από λεκάνες απορρόφησης που δημιουργούνται σε συνδυασμό με δεξαμενές αποθήκευσης, ενώ από τις κακές συνδέσεις υπονόμων για τη μεταφορά λυμάτων μπορεί να συμβεί διαρροή προς το έδαφος. Επίσης μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα, διαφορετικού βαθμού ρύπανσης οι λεκάνες εξάτμισης των βιομηχανικών αποβλήτων, οι χωματερές και οι θέσεις που συσσωρεύονται τα σκουπίδια, που κυμαίνονται από μια μικρή υποβάθμιση μέχρι και τη δημιουργία σοβαρών προβλημάτων, από επικίνδυνες συγκεντρώσεις των τοξικών βαρέων μετάλλων, οργανικών ουσιών ή ραδιενεργών υλικών. Τα βαθιά φρεάτια σε βαθείς αλατούχους υδροφόρους που χρησιμοποιούνται για την εναπόθεση βιομηχανικών αποβλήτων σπάνια προκαλούν ρύπανση.

Στις περιοχές εξόρυξης του πετρελαίου το βασικό πρόβλημα είναι τα εγκαταλειμμένα φρεάτια και σε μικρότερο βαθμό η ανεπαρκής διαχείριση των παραγωγικών φρεατίων και των φρεατίων εναπόθεσης. Οι γεωργικές δραστηριότητες, που έχουν σχέση με τη μεγάλη καλλιέργεια εκτάσεων, προκαλούν συσσώρευση ρύπων, όπως τα νιτρικά και τα διαλυμένα άλατα σε μία μεγάλη περιοχή σε αντίθεση με τα σχετικά τοπικά προβλήματα που δημιουργούν οι περισσότερες σημειακές πηγές ρύπανσης.

Οι ποιοτικές διαφοροποιήσεις των υπογείων νερών προκαλούνται και εξαρτώνται από ένα μεγάλο αριθμό φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Στους φυσικούς παράγοντες περιλαμβάνονται η γεωλογία του εδάφους, η τοπογραφία, το κλίμα και η υπόγεια υδρολογία που καθορίζουν την κατεύθυνση, την ταχύτητα μεταφοράς και την αραίωση των ρύπων. Οι χημικές διαδικασίες που επηρεάζουν τις μεταβολές των ρύπων είναι η προσρόφηση των ιόντων και των ρύπων από τα στερεά και τα οργανικά υλικά του εδάφους που είναι μεγαλύτερη στα αργιλώδη και πηλώδη εδάφη από ότι στα αμμώδη και τα χαλικιώδη εδάφη, οι αντιδράσεις μετασχηματισμού των ουσιών σε άλλες ουσίες και οι αντιδράσεις διαλυτοποίησης τους και καταβύθισης τους. Οι βιοαποικοδομήσιμες ουσίες εξαρτώνται από την παρουσία των κατάλληλων ειδών μικροοργανισμών και από το μέγεθος του πληθυσμού τους. Τα πολυσθενικά ιόντα όπως τα βαρέα μέταλλα και τα ορθοσφωρικά μπορούν να απομακρυνθούν με τη προσρόφηση τους από τα αργιλώδη υλικά του εδάφους, ενώ τα μονοσθενικά ιόντα όπως του βορίου, του χλωρίου και τα νιτρικά είναι αρκετά ευκίνητα και διέρχονται ανηπερέαστα από τα κοκκώδη εδάφη. Αντίθετα οι οργανικές ουσίες συχνά μετασχηματίζονται σε άλλες πιο απλές υπό την επίδραση των φυσικοχημικών και βιολογικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους



**Σχήμα 3.1 Μηχανισμοί ρύπανσης (Καλλέργης 1999).**

Ο κίνδυνος που εμπεριέχει η διάθεση αποβλήτων στο περιβάλλον εξαρτάται από το είδος της ουσίας, την ποσότητα, τα χαρακτηριστικά τους και τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκαλέσουν στο περιβάλλον και στον άνθρωπο. (Yong et al 1992). Τα απόβλητα διακρίνονται σε τοξικά και επικίνδυνα (toxic and hazardous). Ως επικίνδυνα απόβλητα (hazardous waste) θεωρούνται τα στερεά απόβλητα τα οποία λόγω της

ποσότητας, της συγκέντρωσης ή των φυσικών, χημικών και μολυσματικών χαρακτηριστικών τους μπορεί:

- Να προκαλέσουν ή να συνεισφέρουν σημαντικά στην αύξηση της θνησιμότητας ή στην αύξηση σοβαρών ασθενειών.
- Να δημιουργήσουν ουσιώδη παρουσία ή δυνατό κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου ή του περιβάλλοντος όταν χειρίζονται με ακατάλληλο τρόπο, αποθηκεύονται, μεταφέρονται ή αποτίθενται ή διαχειρίζονται.

Ο όρος τοξικά (toxic) χρησιμοποιείται για ουσίες που προκαλούν θάνατο ή σοβαρές βλάβες στους ανθρώπους και τα ζώα.

Για να καθοριστούν τα επίπεδα ή ο βαθμός επικινδυνότητας πρέπει να καθοριστούν οι όροι της μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης (maximum permissible concentration MPC), η θανατηφόρος δόση του 50% (lethal dose fifty LD<sub>50</sub>) και η θανατηφόρος συγκέντρωση του 50% (lethal dose fifty LC<sub>50</sub>) και το μέσο όριο (medium threshold –TLM).

Το νερό είτε προέρχεται από τις βροχοπτώσεις είτε από τα υγρά απόβλητα που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας μεταφοράς των ρύπων μέσα στο έδαφος. Το επιφανειακό νερό διηθείται στο έδαφος και διαμέσου της ακόρεστης ζώνης κινείται προς τους υπόγειους υδροφορείς, όπου διακλαδίζεται προς διάφορες διευθύνσεις ανάλογα με τις συνθήκες ροής που επικρατούν στον υδροφορέα. Το ρυπασμένο νερό ακολουθεί τις καθορισμένες διαδικασίες κίνησης του υπογείου νερού. Με την παρέλευση του χρόνου το ρυπασμένο νερό μειώνεται μέσα στον υδροφορέα ή οδηγείται σε ένα φρεάτιο ή εξέρχεται στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα(ποτάμια, λίμνες, θάλασσα).

Η εμμονή της ρύπανσης του υπογείου νερού είναι μία άλλη πολύ σοβαρή πλευρά της υποβάθμισης του. Αυτό μπορεί να φανεί από τη σύγκριση του χρόνου παραμονής των επιφανειακών νερών που είναι μερικές ημέρες με τον αντίστοιχο των υπόγειων νερών που είναι της τάξης των δεκαετιών ή εκατονταετιών. Άρα ένας ρύπος που δεν μετασχηματίζεται ή προσροφάται στο έδαφος μπορεί να παραμείνει σαν παράγοντας υποβάθμισης για μία μεγάλη περίοδο.

### **3.2 Ρύπανση υπόγειων υδάτων**

Το υπόγειο νερό είναι γενικώς, λιγότερο τρωτό απέναντι σε εξωτερική ρύπανση από το επιφανειακό νερό. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι το υπόγειο νερό είναι απρόσβλητο στη ρύπανση. Απεναντίας, όταν το υπόγειο νερό ρυπανθεί, τόσο ο περιορισμός της ρύπανσης, όσο και η απορρύπανση είναι πολύ πιο δύσκολη από ό,τι στα επιφανειακά νερά, το κόστος είναι πολύ υψηλό και συχνά η ρύπανση δεν είναι αντιστρεπτή, τουλάχιστον στην "κλίμακα

του μηχανικού". Οποιαδήποτε χημικτρενσκηττευδιάλυτη στο νερό, που εισέρχεται στο έδαφος, είναι "εν δυνάμει" ρύπος του υπόγειου νερού.

Ο κατάλογος των ρύπων του υπόγειου νερού είναι πολύ μακρύς. Μερικοί ρύποι, όπως π.χ. το As, προέρχονται από τα πετρώματα της λιθόσφαιρας. Η συγκέντρωση αλάτων στο υπόγειο νερό είναι σχετικώς υψηλή και προέρχεται από τη διάλυση από το νερό ορυκτολογικών συστατικών, τα οποία διαλύονται κατά την πορεία του νερού μέσω των πετρωμάτων. Οι ρύποι του υπόγειου νερού ανήκουν τόσο στη κατηγορία των οργανικών, όσο και σε εκείνη των ανόργανων ρύπων. Οι οργανικοί ρύποι μεγάλου μοριακού βάρους κινούνται βραδύτερα προς το υπόγειο νερό από τους ρύπους μικρού μοριακού βάρους. Διαφορετικός είναι επίσης ο τρόπος μετανάστευσης, ανάλογα με την πυκνότητα τους. Οι ρύποι μικρού μοριακού βάρους, π.χ. οι LNAPLs, επιπλέουν στην επιφάνεια του υδροφόρου, ενώ οι DNAPLs κινούνται προς τον πυθμένα του υδροφόρου.

Οι ανόργανοι ρύποι είναι ολιγομελέστεροι από τους οργανικούς, αποτελούν όμως σημαντικές πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών. Το αλάτι, π.χ., που χρησιμοποιείται το χειμώνα προκειμένου να αποφευχθεί το πάγωμα του χιονιού, συχνά οδεύει στους ελεύθερους ρηχούς υδροφόρους. Η κίνηση των ανόργανων ρύπων είναι περισσότερο προβλέψιμη από τους οργανικούς. Στους ανόργανους ρύπους ανήκουν μεταλλικά στοιχεία (βαρέα και συνήθη), τα θρεπτικά (ενώσεις αζώτου και φωσφόρου), προερχόμενα από τη χρήση λιπασμάτων και από τα λύματα, τα ραδιονουκλεΐδια και τέλος τα αμέταλλα.

Οι ραδιενεργοί ρύποι (ραδιονουκλεΐδια) είναι επικίνδυνοι όχι τόσο λόγω των χημικών τους ιδιοτήτων, αλλά κυρίως λόγω της ραδιενέργειας που εκπέμπουν κατά τη μεταστοιχείωση τους. Το πιο σύννηθες ραδιενεργό στοιχείο που εντοπίζεται στο υπόγειο νερό είναι το ραδόνιο, το οποίο είναι αέριο ευδιάλυτο στο νερό, προερχόμενο από τη λιθόσφαιρα.

### **3.3 Πηγές ρύπανσης του υπόγειου νερού**

Η ρύπανση των υδροφόρων και του υπόγειου νερού μπορεί να προκληθεί από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές.

#### **- Φυσικές πηγές ρύπανσης**

Η πιο διαδεδομένη φυσική πηγή ρύπανσης είναι η διάλυση ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων, από το νερό που κινείται στο έδαφος. Αυτό συνεπάγεται τον εμπλουτισμό του νερού σε τοξικά μέταλλα, όπως τα As, Fe, Mn Cu κ.ά., αλλά και σε ορυκτά όπως ο αμίαντος.

## - Ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης

Έχουν καταγραφεί περισσότερες από τριάντα διαφορετικές πηγές ρύπανσης του υπόγειου νερού, από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι πηγές αυτές μπορεί να είναι **σημειακές ή διάχυτες**. Οι πιο συνηθισμένες από αυτές τις πηγές ρύπανσης είναι η διάθεση στερεών και υγρών αποβλήτων στο έδαφος και το υπέδαφος, όπως οι σκουπιδοτόποι, οι δεξαμενές διάθεσης αποβλήτων, επιφανειακές και υπόγειες, η διοχέτευση χημικών ή άλλων αποβλήτων σε γεωτρήσεις έκχυσης, η αποθήκευση αποβλήτων, τα σηπτικά συστήματα, η χρησιμοποίηση λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων, η υφαλμύρωση λόγω υπεράντλησης, κ.λπ.

Τα σηπτικά συστήματα προσφέρουν στους υδροφόρους και στο υπόγειο νερό βακτήρια, ιούς, νιτρικά, φωσφορικά, χλωριούχα, συνθετικές οργανικές ενώσεις και επιφανειοδραστικές ενώσεις. Το στράγγισμα από τους σκουπιδοτόπους μολύνει τους υδροφόρους με ιχνοστοιχεία, οξέα, πτητικές οργανικές ενώσεις και παρασιτοκτόνα.

Οι επιφανειακές δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ή/και επεξεργασία υγρών αποβλήτων, μεταχειρισμένων λιπαντικών, αποβλήτων από λιοτρίβια, κτηνοτροφικών και βιομηχανικών αποβλήτων και ιλύος, αποτελούν σημαντικές πηγές ρύπανσης προς τους υδροφόρους. Ιδιαίτερα επικίνδυνες είναι οι γεωτρήσεις έκχυσης, δοθέντος ότι οι ρύποι εισάγονται απευθείας στο υπέδαφος. Οι ρύποι που προέρχονται από αυτή την πηγή είναι αιωρούμενα στερεά, διαλυμένα στερεά, βακτήρια, Na, K, C1, νιτρικά, φωσφορικά, Pb και οργανικές ενώσεις, μεταξύ των οποίων και τα παρασιτοκτόνα. Η υπερβολική χρήση παρασιτοκτόνων στα γήπεδα του γκολφ, καθώς και στους χώρους που καλύπτονται από γκαζόν, οδήγησε σε πολλές περιπτώσεις τους ρύπους αυτούς, που είναι πολύ τοξικοί, στο υπόγειο νερό.

Οι διαρροές από τις υπόγειες δεξαμενές υγρών καυσίμων κυρίως, που εξυπηρετούν σχεδόν το σύνολο των σταθμών υγρών καυσίμων, αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης του υπεδάφους και των υδροφόρων, ακόμα και των πηγών, όπως έχει αποδειχθεί από σχετικά επεισόδια, αλλά και χρόνια γεγονότα, π.χ. στον Ασπρόπυργο, κ.α. Σπανιότερες είναι οι περιπτώσεις υπόγειας αποθήκευσης τοξικών οργανικών, οι διαρροές των οποίων έχουν προκαλέσει εξαιρετικά τοξική ρύπανση του υπεδάφους.

Μια άλλη πηγή ρύπανσης του υπεδάφους είναι ο ενταφιασμός άχρηστων φυτοφαρμάκων, μια μέθοδος αρκετά προσφιλή για την απομάκρυνση τοξικών οργανικών από τη βιόσφαιρα. Δυστυχώς, έχουν σημειωθεί περιπτώσεις ρύπανσης ακόμα και πηγών από τοξικές οργανικές ενώσεις, λόγω υπεδάφιας διάθεσης τους. Ιδιαίτερα επικίνδυνη είναι η απόρριψη τοξικών ρύπων σε ανενεργά μεταλλεία ή λατομεία που αναπτύσσονται συνήθως σε βραχομάζες, όπου οι διαδικασίες μείωσης της ρύπανσης είναι ασήμαντες και η ταχύτητα διάδοσης της ρύπανσης μέσω των ασυνεχειών του πετρώματος εξαιρετικά υψηλή.

Τα ατυχήματα κατά τις μεταφορές υγρών καυσίμων και τοξικών οργανικών ενώσεων είναι σημαντική πηγή ρύπανσης των υδροφόρων και του υπόγειου νερού, κυρίως όσον αφορά στις συνέπειες, δοθέντος ότι αποτελούν απρόβλεπτα επεισόδια, που η αντιμετώπιση τους δεν είναι εύκολη.

Η υπερβολική και συστηματική χρήση λιπασμάτων εμπλουτίζει τους υδροφόρους, με ενώσεις του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου, οι οποίες είναι τοξικές, ιδιαίτερα τους ρηχούς ελεύθερους. Ιδιαίτερα επικίνδυνη είναι η χρήση παρασιτοκτόνων και κυρίως των ζιζανιοκτόνων, καθώς και των μυκητοκτόνων, που εφαρμόζονται κατ' ευθείαν στο έδαφος και από εκεί μπορεί να φτάσουν στον υδροφόρο και στο υπόγειο νερό. Εξαιρετικά τοξικές είναι επίσης οι επιστροφές άρδευσης, οι οποίες, καθώς διεισδύουν προς το υπέδαφος, διαλύουν και αποπλύνουν το έδαφος και μεταφέρουν τοξικούς ρύπους στο υπόγειο νερό.

### **3.4 Ευαισθησία των υδροφόρων σε εξωτερική ρύπανση**

Η τρωτότητα του υπόγειου νερού σε εξωτερική ρύπανση είναι συνάρτηση:

- ♦ του πάχους και της φύσης της ακόρεστης ζώνης. Είναι μεγαλύτερη, όταν το πάχος της ακόρεστης ζώνης είναι μικρό και αποτελείται από αμμώδη και γενικά από χοντρόκοκκα υλικά, ενώ είναι μικρότερη, όταν το πάχος της ακόρεστης ζώνης είναι μεγαλύτερο και συνίσταται από λεπτόκοκκα, ιδιαίτερα από αργιλικά υλικά.
- ♦ του τύπου του υδροφόρου. Είναι ασήμαντη στους αρτεσιανούς υδροφόρους και μεγάλη στους ελεύθερους, ρηχούς, κυρίως, υδροφόρους. Ιδιαίτερα τρωτοί είναι οι υδροφόροι σε καρστικά ή σε υδροφόρα σε διαρρηγμένες βραχομάζες.
- ♦ της παρουσίας φυσικών οργανικών υλικών στο έδαφος. Η παρουσία φυσικής οργανικής ύλης στην ακόρεστη ζώνη μειώνει την τρωτότητα και αυξάνει την ικανότητα αφομοίωσης της ρύπανσης.
- ♦ του βαθμού ευκολίας ή δυσκολίας βιοαποικοδόμησης των ρύπων.
- ♦ της απόστασης του υδροφόρου ή του υδροληπτικού έργου από την πηγή ρύπανσης και του χρόνου παραμονής του νερού στο έδαφος μέχρι να φτάσει στον υδροφόρο ή στο έργο υδροληψίας.
- ♦ του ρυθμού εμπλουτισμού του υδροφόρου. Υψηλοί ρυθμοί εμπλουτισμού αυξάνουν την τρωτότητα των υδροφόρων.
- ♦ της έντασης της εξαμισοδιαπνοής, η οποία μπορεί να μειώσει το ρυθμό κατείσδυσης ρύπων προς την κορεσμένη ζώνη.

### 3.5 Η τύχη των ρύπων στους υδροφόρους

Όταν ο ρύπος είναι ευδιάλυτος στο νερό και δεν αντιδρά με τη στερεά ύλη στην οποία περιλαμβάνεται και το υλικό του υδροφόρου, τότε αλληλεπιδρά με το υπόγειο νερό. Ο πιο πάνω ρύπος χαρακτηρίζεται ως ανθεκτικός (conservative) που κινείται με την ίδια περίπου ταχύτητα που κινείται και το νερό. Από το σημείο εισόδου του ρύπου στο σύστημα ροής στον υδροφόρο, ο ρύπος κινείται με ρεύματα μεταφοράς. Η μετανάστευση των ρύπων με διάχυση, δηλαδή από περιοχές υψηλής χημικής συγκέντρωσης σε περιοχές χαμηλής συγκέντρωσης του συγκεκριμένου ρύπου, είναι πολύ μικρότερη. Κατά την κίνηση του μέσω της στερεάς φάσης, ο ρύπος εκτείνεται κάθετα προς τη διεύθυνση ροής, δηλαδή με πλευρική διασπορά, καθώς και κατά τη διεύθυνση ροής του νερού, δηλαδή με επιμήκη διασπορά. Οι ρύποι μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τη στερεά ύλη με ποικίλους τρόπους. Μπορεί να προσροφηθούν, όταν αποτελούν ηλεκτρικά δίπολα, ή να ανταλλάγουν με ιόντα της στερεάς ύλης. Λόγω αλληλεπίδρασης με τη στερεά φάση, προκαλείται επιβράδυνση της μετανάστευσης της ρύπανσης. Όταν ο ρύπος είναι αδιάλυτος ή ελάχιστα διαλυτός στο νερό, η βασική ιδιότητα που ελέγχει την αλληλεπίδραση με το νερό και τη στερεά φάση είναι η πυκνότητα του ρύπου, η οποία καθορίζει κατά πόσον η ρύπανση θα επηρεάσει το επιφανειακό στρώμα του υπόγειου νερού στον υδροφόρο ή στον πυθμένα του υδροφόρου και το υπόγειο νερό, στη βαθύτερη αναγωγική ζώνη.

Ο ρύπος μπορεί να αντιδράσει π.χ. με την επένδυση ΧΥΤΑ και να μεταβάλει την υδροπερατότητά της. Τούτο είναι ιδιαίτερα αισθητό αν η επένδυση είναι αργιλική. Το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο σοβαρό από το γεγονός ότι, κατά κανόνα, ταυτίζεται η υδροπερατότητά των υλικών με τη διαπερατότητα τους απέναντι σε υγρούς ρύπους. Ο ρύπος μπορεί να αντιδράσει με το υπόγειο νερό και να προκύψουν νέες ενώσεις. Έτσι, π.χ., η υδρόλυση οργανικών μορίων ή μεταλλικών ιόντων δημιουργεί νέα χημικά είδη, που μπορεί να έχουν τελείως διαφορετικές ιδιότητες από τις αρχικές ενώσεις. Η παρουσία στο υπόγειο νερό αιωρούμενων σωματιδίων σημαίνει την παροχή καταφυγίου σε υδρομεταφερόμενους μικροβιακούς ρύπους, οι οποίοι μπορεί να προκαλέσουν βιοαποικοδόμηση οργανικών ρύπων ή ακόμη και σημαντικές ασθένειες στον άνθρωπο, όταν το νερό, στο οποίο περιέχονται, χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο. Περισσότερα από 120 είδη ιών του εντέρου, απεκκρίνονται μαζί με τα περιττώματα του ανθρώπου και απομακρύνονται με τα αστικά απόβλητα.



### 3.6 Επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών προκαλείται από την ασυνήθιστα μεγάλη ποσότητα ανόργανων και οργανικών χημικών ουσιών, και βιολογικών δεικτών που το καθιστούν ακατάλληλο για μία σειρά από ωφέλιμες χρήσεις. Η παρουσία τοξικών ουσιών είναι από τα πιο σοβαρά προβλήματα όταν αυτό προσδιορίζεται για οικιακές και αγροτικές ανάγκες. Το αρσενικό για παράδειγμα είναι δηλητήριο που επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων, ενώ η περίσσεια βορίου είναι επιζήμια για τις γεωργικές καλλιέργειες. Στο πόσιμο νερό σπουδαίο κριτήριο ποιότητας είναι η παρουσία ή όχι παθογόνων για τον άνθρωπο μικροοργανισμών. Η παρουσία κολοβακτηριδίων που βρίσκονται σε μεγάλους αριθμούς στα περιπτώματα των ανθρώπων και ζώων, δείχνει πιθανή παρουσία και άλλων μικροοργανισμών που προακλούν ασθένειες. Από τα μέταλλα ο χαλκός προκαλεί προβλήματα στο δέρμα και στους βλεννογόνους, ο υδράργυρος προσροφάται στο γαστρεντερικό σύστημα και επηρεάζει το νευρικό σύστημα, το κάδμιο εισέρχεται από το αναπνευστικό και γαστρεντερικό σύστημα προακλώνοντας πνευμονικό οίδημα, βήχα, δυσκολία στην αναπνοή και πόνους στο στήθος. Το πιο επικίνδυνο θεωρείται το κάδμιο το οποίο περιέχεται στα φωσφορικά λιπάσματα. Τα φυτά απορροφούν σημαντικές ποσότητες καδμίου, το οποίο συσσωρεύεται σε αυτά. Ακολούθως μέσω της τροφικής αλυσίδας μεταφέρεται στον άνθρωπο από τη βρώση λαχανικών ή των καρπών αλλά και από το πόσιμο νερό. Στο τελευταίο είναι δυνατόν να αυξηθεί η συγκέντρωση καδμίου από την διάβρωση ακατάλληλων για τη διάθεση νερού σωλήνων. Στον πίνακα 5 δίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο πόσιμο νερό και των νερών υποστήριξης της υδρόβιας ζωής, σύμφωνα με τη U.S.EPA (1992)

**Πίνακας 3.1.** Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο πόσιμο νερό και το νερό υποστήριξης της υδρόβιας ζωής σύμφωνα με την U.S.EPA(1992).

	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg
Πόσιμο νερό.(mg/l)	5	100	1000	15	2
Νερό για την					
υδρόβια ζωή,(mg/l)	12	100	20	100	0.005

Οι ανόργανες ενώσεις και τα άλατα που περιέχονται στο νερό άρδευσης παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον στη γεωργία, σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα. Τα κριτήρια ποιότητας που χρησιμοποιούνται σε αυτήν τη περίπτωση, έχουν σχέση με τα ολικά διαλυμένα στερεά, τα χλωριόντα, το νάτριο, το βόριο και τα όξινα ανθρακικά. Στον πίνακα 6 δίνεται μία κατάταξη νερών ως προς την περιεκτικότητα σε άλατα.

**Πίνακας 3.2.** Κατάταξη νερών ως προς την περιεκτικότητα σε άλατα, τη χρήση και την προέλευση τους. (Rhoades et al.)

	EC(dS/M)	TDS(mg/l)	κλάση νερού
Πόσιμο και αρδευτικό νερό	<0,7	<0,5	γλυκό
Αρδευτικό νερό	0,7-2,0	0,5-1,5	υφάλμυρο
Στραγγιστικό νερό πρωτεουσών τάφρων και υπόγειο	2.0-10.0	1.5-7.0	μέσης αλατότητας
Στραγγιστικό νερό δευτερευουσών τάφρων και υπόγειο	10.0-25.0	7.0-15.0	υψηλής αλατότητας
Πολύ αλατούχο	20.0-45.0	15.0-35.0	πολύ αλατούχο

Η ρύπανση από τις οργανικές χημικές ενώσεις αναφέρεται στα παράγωγα του πετρελαίου, τις φαινολικές ενώσεις και τα φυτοφάρμακα. Η βενζίνη και άλλοι υδρογονάνθρακες προέρχονται από τη διαρροή δεξαμενών, από ρωγμές στους αγωγούς μεταφορών ή από το πλύσιμο των δαπέδων των διυλιστηρίων και πρατηρίων υγρών καυσίμων. Οι φαινόλες που βρίσκονται στα απόβλητα των διυλιστηρίων ή χημικών βιομηχανιών, φθάνουν στα υπόγεια νερά σε συγκεντρώσεις λίγων μικρογραμμαρίων στο λίτρο. Τα φρεάτια του πόσιμου νερού που έχουν ρυπανθεί με τα παράγωγα του πετρελαίου ή με φαινόλες είναι προτιμότερο να εγκαταλείπονται παρά να γίνεται προσπάθεια αποκατάστασης. Τα φυτοφάρμακα μπορούν να εκπλυθούν προς τα υπόγεια νερά με την άρδευση σε περίσσεια ή με τις βροχοπτώσεις και όταν δεν αποικοδομούνται μπορούν να επανεμφανιστούν στα φρεάτια άρδευσης ή του ποσιμου νερού που βρίσκονται κοντά στις καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Όταν τα υπόγεια νερά χρησιμοποιούνται για οικιακές χρήσεις, τα προβλήματα υγείας που σχετίζονται με τη μόλυνση τους παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ο πιο

συνηθισμένος κίνδυνος είναι η βρεφική μεθαιμογλοβιναιμία που προκαλείται από υψηλή συγκέντρωση των νιτρικών στο νερό. Ορισμένες χημικές ενώσεις μπορεί να προκαλέσουν καρκινογενέσεις. Το αρσενικό, το κάδμιο και ο μόλυβδος προκαλούν ορισμένες ασθένειες, ενώ η μολυσματική ηπατίτιδα αποδίδεται σε παθογόνους εντερικούς μύκητες.

### 3.7 Νιτρορύπανση υπόγειων υδάτων στην Ελλάδα

Την υγειονομική σημασία των αζωτούχων ενώσεων στο πόσιμο νερό αποφάσισε να εξηγήσει στους πολίτες της περιοχής μας το υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, το οποίο σύμφωνα με πληροφορίες έχει ήδη αποστείλει στις αρμόδιες υπηρεσίες σχετικό έγγραφο οδηγιών, για τις επιπτώσεις στη δημόσια υγεία από την παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων νιτρικών στο πόσιμο νερό.

Η ενημέρωση γίνεται σε έξι κατευθύνσεις οι οποίες έχουν ως εξής:

1. Το άζωτο (N) είναι συστατικό του κυτταρικού πρωτοπλάσματος και αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τις βιοχημικές διεργασίες. Στο νερό βρίσκεται αρχικά με τη μορφή οργανικών ενώσεων (κύρια πρωτεϊνών και ουρίας), σύντομα όμως ένα σημαντικό μέρος υδρολύεται σε αμμωνία (NH<sub>3</sub>) και εμφανίζονται οι δύο μορφές (NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) σε αναλογία που εξαρτάται από τον χρόνο και την οξύτητα του νερού. Το αμμωνιακό άζωτο με αλυσιδωτές αντιδράσεις παρουσία νιτροζομονάδων και νιτροβακτηρίων, υπό αερόβιες συνθήκες, μετατρέπεται σε νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) και τελικά σε νιτρικά (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ιόντα. Η διεργασία αυτή είναι γνωστή ως νιτροποίηση.

2. Η παρουσία ενώσεων του αζώτου (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) στα υπόγεια και επιφανειακά νερά, που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου νερού, οφείλεται στη διάθεση υγρών ή στερεών αποβλήτων (απορροφητικοί βόθροι, στοές, τάφροι, στραγγίσματα χώρων υγειονομικής ταφής κ.λπ.) και στη λίπανση καλλιεργειών, παρότι δεν αποκλείεται η προέλευσή τους να είναι γεωλογική, γεγονός όμως πολύ σπάνιο. Συνεπώς η ύπαρξη μορφών αζώτου στο νερό θεωρείται ως ένδειξη ρύπανσης και ειδικότερα η παρουσία αμμωνίας σημαίνει πρόσφατη και πιο επικίνδυνη επικοινωνία με πηγή μόλυνσης, ενώ τα νιτρώδη και νιτρικά περισσότερο παρελθούσα και παλιά ρύπανση αντίστοιχα.

3. Σύμφωνα με τα εγχειρίδια του ΠΟΥ "GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY VOL 1 και 2" τα νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) είναι τοξικά και προκαλούν μεθαιμοσφαιριναιμία στα βρέφη (κυάνωση, blue baby disease). Έχει διαπιστωθεί ότι τα νιτρώδη μετατρέπουν την αιμογλοβίνη σε μεθαιμογλοβίνη με αποτέλεσμα την ανεπαρκή οξυγόνωση των ιστών (ανοξία) και την εμφάνιση κυάνωσης στο δέρμα. Τα νιτρικά (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) δεν είναι τοξικά, αλλά επειδή είναι δυνατόν

να αναχθούν σε νιτρώδη στο πεπτικό σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού, όπου επικρατούν όξινες συνθήκες, προκαλούν κι αυτά κυάνωση στα βρέφη. Στους ενήλικους δεν συναντάται το πρόβλημα αυτό, αλλά πιθανολογείται ότι ορισμένες μορφές καρκίνου σχετίζονται με την παρουσία των νιτρικών, εξαιτίας του σχηματισμού νιτροζαμινών, που είναι γνωστές ισχυρές καρκινογόνες ουσίες. Για την προστασία λοιπόν της Δημόσιας Υγείας έχουν προταθεί οριακές τιμές συγκέντρωσης νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνίας στο πόσιμο νερό, οι οποίες έχουν υιοθετηθεί από την Ευρώπη και τη χώρα μας με σχετικές διατάξεις. Τέλος υπενθυμίζεται ότι τα νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνία αποτελούν δείκτες πιθανής μόλυνσης και η ανίχνευσή τους στο πόσιμο νερό, σε τιμές που προσεγγίζουν τα ανώτερα επιτρεπόμενα όρια, απαιτεί την διενέργεια ολοκληρωμένης υγειονομικής αναγνώρισης.



**Χάρτης3.1** Νιτρορύπανσης υπόγειων υδάτων Θεσσαλίας (ΕΘΙΑΓΕ 2002)



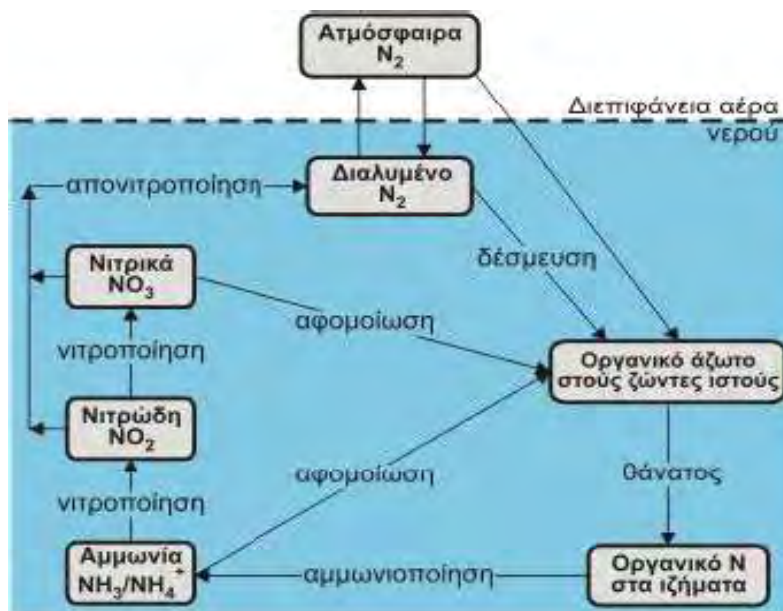
Χάρτης 3.2 Νιτρορύπανσης υπόγειων υδάτων Θεσσαλίας (ΕΘΙΑΓΕ 2005)

### 3.8. Απονίτρωση υπόγειων νερών

Η αμμωνία, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα οργανικά σύμπλοκα του αζώτου και το αέριο άζωτο είναι οι πιο σημαντικές μορφές του αζώτου στο υδάτινο περιβάλλον. Οι σχέσεις και οι μετασχηματισμοί τους δίνονται στο Σχήμα 2.

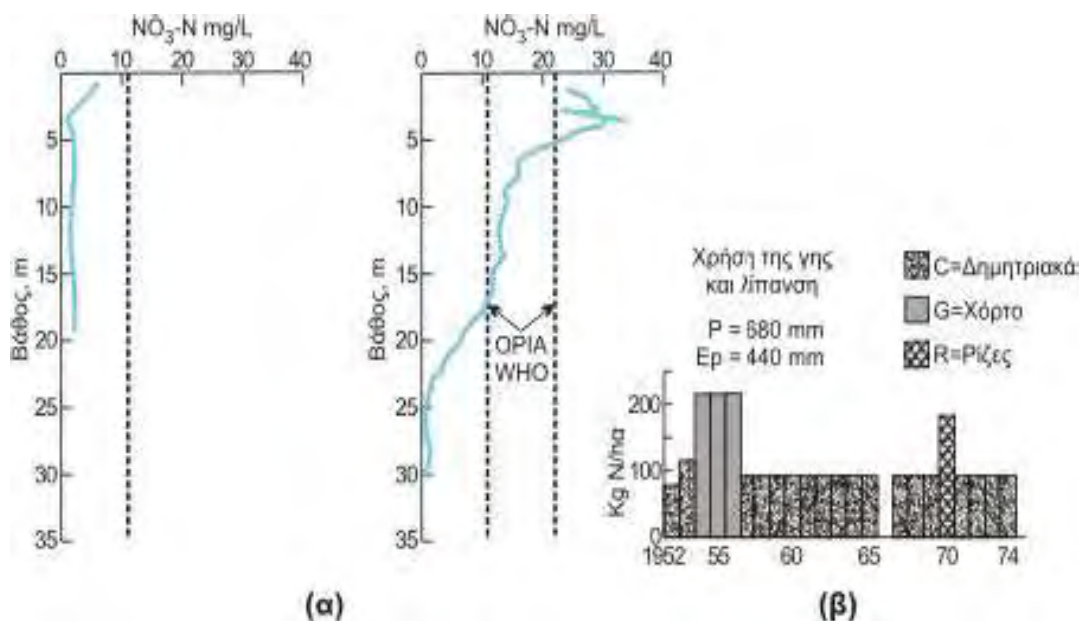
Τα νιτρικά η πιο οξειδωμένη μορφή του αζώτου και στα υδατικά διαλύματα είναι χημικά ανενεργά. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών, εκφρασμένες σε άζωτο ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) σε μη ρυπασμένα επιφανειακά νερά κυμαίνονται σε τιμές μικρότερες του 1 mg/L. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 1 mg/L υποδηλώνουν ανθρωπογενείς επιδράσεις, όπως αστικά λύματα και απορροή από αστικές και γεωργικές εκτάσεις.

Η νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης, είναι μια σημαντική αιτία ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων νερών (Σχ. 3.3). Οι συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3$  είναι μικρότερες όταν παρεμβάλλεται αργιλικό στρώμα στην ακόρεστη ζώνη και μειώνονται με το βάθος κάτω από τη στάθμη του υπόγειου νερού. Γενικά οι αβαθείς υδροφόροι ορίζοντες ρυπαίνονται από νιτρικά ιόντα σε μεγαλύτερο βαθμό από τους βαθύτερους υδροφόρους.



Σχήμα 3.2 Είσοδος  $\text{NO}_3$  στο υδάτινο περιβάλλον

Από το Σχ. 3.3 προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις νιτρικού αζώτου στον αγρό με το γρασίδι χωρίς λίπανση είναι  $<6\text{mg/L}$ . Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις του νιτρικού αζώτου στους αγρούς που λιπαίνονται υπερβαίνουν τα  $10\text{ mg/L}$ . Η υπερβολική λίπανση μπορεί να προκαλέσει την έκπλυση των νιτρικών στο υπόγειο νερό.



Σχήμα 3.3: Κατανομή νιτρικών στο έδαφος: α) για μεγάλη περίοδο αγρανάπαυσης χωρίς λίπανση και β) με λίπανση μετά από μικρής διάρκειας αγρανάπαυση (Young & Gray, 1978).

Για την αποκατάσταση εφαρμόζονται οι εξής τεχνικές (Καλλέργης, 2000):

### 1) Φυσική απονίτρωση

Εφαρμόζεται διακοπή της λίπανσης ή μείωση αυτής εφαρμόζοντας τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Kariotis et al., 2001). Οι κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής (ΚΥΑ 16190/1335/97, ΦΕΚ 519B/25-6-1997) αποβλέπουν στη μείωση της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης και περιλαμβάνουν κανόνες σχετικά με τις χρονικές περιόδους κατά τις οποίες δεν ενδείκνυται η διασπορά λιπασμάτων στο έδαφος, τη διασπορά λιπασμάτων σε επικλινή ή σε κορεσμένα εδάφη, κοντά σε υδάτινα ρεύματα κ.λπ. Επιπλέον περιλαμβάνουν την κατάρτιση σχεδίων λίπανσης ανά αγρόκτημα, την τήρηση αρχείων για τη χρήση των λιπασμάτων και τη διαχείριση της χρήσης γης.

Σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ευπρόσβλητες ζώνες (Σχ. 9.5), σύμφωνα με την ΚΥΑ 19562/1906/99 (ΦΕΚ 1575B/5-8-1999), όπως το Αργολικό πεδίο, η λεκάνη Κωπαΐδας, η λεκάνη του Πηνειού Ηλείας και η πεδιάδα Θεσσαλίας συντάσσονται σχέδια δράσης, ώστε να μειωθεί η ρύπανση των νερών.

Ο χρόνος απορρύπανσης εξαρτάται από την αρχική συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων, το πάχος και το πορώδες του υδροφόρου ορίζοντα και την κατείσδυση και δίνεται από την σχέση (Yertsever, 1983):

$$t = - t_r / I_n(c/c_0) \quad (4)$$

όπου:  $t_r$  = ο χρόνος παραμονής του ρυπασμένου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα,

που είναι ίσος με  $t_r = Dn/l$

$D$  = το πάχος του υδροφόρου

$n$  = το πορώδες

$I$  = η κατείσδυση (ετήσιος εμπλουτισμός του υδροφόρου)

$C_0$  = η αρχική συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων και

$C$  = η συγκέντρωση απορρύπανσης (~15 mg/L) σε χρόνο  $t$  μετά τη διακοπή της λίπανσης.

Σύμφωνα με τους Λαμπράκη κ.ά (1998), Voudouris et al. (2004) ο χρόνος απορρύπανσης από νιτρορύπανση, μετά την πλήρη διακοπή της λίπανσης, σε ελεύθερους υδροφόρους ορίζοντες από διάφορες περιοχές της Πελοποννήσου ανέρχεται σε 16-60 χρόνια.

## **2) Ιοντοανταλλαγή**

Γίνεται ιοντοανταλλαγή μεταξύ των ιόντων  $\text{NO}_3^-$  και  $\text{Cl}^-$ , όταν το νερό περνάει από συνθετικές ρητίνες. Εφαρμόζεται κυρίως η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης συνολικά για αφαλάτωση και απονίτρωση. Κατ' αυτήν το νερό περνώντας από μια ημιπερατή μεμβράνη, κατακρατούνται τα νιτρικά ιόντα. Μειονέκτημα είναι η απόφραξη των μεμβρανών.

## **3) Ηλεκτροδιάλυση**

Εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση και τα ιόντα διέρχονται επιλεκτικά μέσω ημιπερατών μεμβρανών.

## **4) Χημική απονίτρωση**

Προστίθεται αργίλιο σε υδατικό διάλυμα πλούσιο σε νιτρικά ιόντα και μέσω μιας σειράς αντιδράσεων παράγεται ελεύθερο άζωτο ή αμμωνία. Αν το τελικό προϊόν είναι η αμμωνία, γίνεται αεροδιαχωρισμός και ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

## **5) Βιολογική απονίτρωση**

Χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί, οι οποίοι καταναλώνουν το άζωτο ως θρεπτική ουσία. Άλλη τεχνική είναι η δημιουργία βιομάζας από φύκη, που τρέφονται με νιτρικά.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### ΤΑ ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ

#### 4.1 Τα νιτρικά ιόντα στο περιβάλλον. Ο κύκλος του N<sub>2</sub>

Το άζωτο είναι τόσο για τα φυτά, όσο και για τον άνθρωπο ο πιο κοινός περιοριστικός παράγοντας ανάπτυξης (Ανδρεδάκης 1998 , βιβλιογ.σελ 163)

Πολλά συστατικά των ζωντανών κυττάρων περιέχουν άζωτο όπως πρωτεΐνες αμινοξέα, νουκλειικά οξέα, πουρίνες πυριμιδίνες, αλκαλοειδή, βιταμίνες κ.α.

Τα άτομα του αζώτου αυτών των ενώσεων προκύπτουν κύρια από τον **κύκλο του αζώτου** (Σχ 4.1), ο οποίος ξεκινά από τα αποθέματα του αζώτου της ατμόσφαιρας.

Το άζωτο αφαιρείται από την ατμόσφαιρα κυρίως με τη διαδικασία της **αζωτοδέσμευσης** και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της **απονιτροποίησης**. Εκτιμάται ότι 25 \* 10<sup>6</sup> τόνοι αζώτου αφαιρούνται ετησίως από τα εδάφη των Η.Π.Α με την απονιτροποίηση και την έκπλυση των εδαφών και 3\*10<sup>6</sup> τον. αζώτου προστίθενται ετησίως, υπό μορφή λιπασμάτων (λιπάσματα, κοπριά, ούρα) για την αποκατάσταση της γονιμότητας. Επίσης ένα

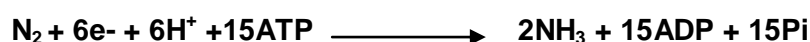
άλλο ισοδύναμο ποσό προστίθεται με τη βροχόπτωση με ενυδάτωση των οξειδίων του αζώτου που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα με τις ηλεκτρικές εκκενώσεις. Το πιο σημαντικό τμήμα  $10 \cdot 10^6$  τον. αζώτου επιστρέφει με βιολογική δέσμευση του αζώτου.

Το άζωτο, αν και απαρτίζει το 79% του ατμοσφαιρικού αέρα είναι θρεπτικό στοιχείο σε ανεπάρκεια για τις καλλιέργειες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μορφή του  $N_2$  στην ατμόσφαιρα είναι αδρανής και άχρηστη για τους περισσότερους ζωντανούς οργανισμούς. Μόνο όταν το άζωτο ενωθεί με άλλα στοιχεία όπως οξυγόνο ή υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους οργανισμούς. Η δέσμευση του αζώτου σε χρήσιμες μορφές γίνεται:

- Στη φύση με την αζωτοδέσμευση (βιολογική δέσμευση) και τις ηλεκτρικές εκκενώσεις.
- Στη βιομηχανία με τη σύνθεση της αμμωνίας (μέθοδος Haber)

Στη φύση η αζωτοδέσμευση γίνεται από μερικά γένη βακτηρίων (και κυανοπράσινων φυκών). Τα ανώτερα φυτά δεν ανέπτυξαν την ικανότητα για αζωτοδέσμευση, αν και μερικά συμμετέχουν έμμεσα με συμβίωση με τα βακτήρια. Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή των ψυχανθών με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*. Άλλα βακτήρια συμβιώνουν με άλλους ξενιστές και άλλα ζουν ελεύθερα στο έδαφος ή στο νερό. Ανάμεσα τους έχουμε αερόβια, αναερόβια αλλά και φωτοσυνθετικά βακτήρια.

Όλοι οι παραπάνω οργανισμοί δεσμεύουν το άζωτο δίνοντας αμμωνία σε φυσιολογικές συνθήκες  $25^\circ C$  και πίεση 1 Atm. σύμφωνα με την αντίδραση :

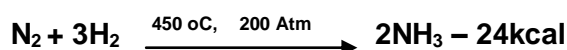


Η ενέργεια για την αντίδραση προέρχεται από την διάσπαση της γλυκόζης που δίνει ATP. Το ATP υδρολύεται κατά την διάρκεια της αναγωγής του  $N_2$  και τα  $H^+$  που αποδεσμεύονται μετατρέπονται με καταλυτική δράση σε  $H_2$ .

Το βασικό ένζυμο της αζωτοδέσμευσης είναι η **νιτρογενάση**, το οποίο αποτελείται από δύο πρωτεϊνικά τμήματα : μία μολυβδαινο-σιδηροπρωτεΐνη (μολυβδοφερεδοξίνη) και μία σιδηροπρωτεΐνη (αζωφερεδοξίνη) . Πιστεύεται ότι η Fe – πρωτεΐνη δρα ως δεξαμενή ηλεκτρονίων, ενώ η MoFe – πρωτεΐνη είναι αυτή που συναρμόζεται με το  $N_2$ , πιθανώς μέσω του Mo

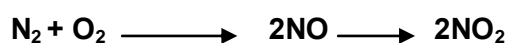
Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι η αναγωγή του  $N_2$  σε  $NH_3$  γίνεται κατά στάδια, στα οποία σχηματίζονται ως ενδιάμεσα προϊόντα διιμίνη ( $NH=NH$ ) και υδραζίνη ( $NH_2NH_2$ )

Βιομηχανικά το άζωτο δεσμεύεται προς αμμωνία, σύμφωνα με την αντίδραση Haber και στη συνέχεια μετατρέπεται σε νιτρικά :



Οι έντονες συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης και ο καταλύτης δείχνουν πόσο σταθερό είναι το μόριο του  $\text{N}_2$ , το οποίο όμως διασπάται σε εντελώς ήπιες συνθήκες με τη δράση της νιτρογενάσης, στη βιολογική δέσμευση. Για το λόγο αυτό το ένζυμο της νιτρογενάσης έχει τύχει μεγάλης προσοχής και ευρείας μελέτης.

Τέλος, νιτρικά ιόντα σχηματίζονται στις ηλεκτρικές εκκενώσεις κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Στις έντονες συνθήκες που δημιουργούνται σχηματίζονται οξειδία του αζώτου τα οποία ενυδατώνονται προς νιτρικά ιόντα.

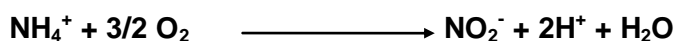


Παρόλο που οι παραπάνω διαδικασίες είναι σημαντικές στην οικονομία του αζώτου, το μέγιστο ποσό αζώτου δεσμεύεται με βιολογικό τρόπο. Η μορφή των νιτρικών ιόντων  $\text{NO}_3^-$ , είναι η πλέον οξειδωμένη μορφή του αζώτου με αρ.οξειδ. +5. Η διαδικασία οξειδωσης της  $\text{NH}_3$ , αλλά και άλλων μορφών σε νιτρικά ιόντα ονομάζεται νιτροποίηση.

## 4.2 Νιτροποίηση

Η νιτροποίηση είναι μία εξαιρετικά σημαντική διαδικασία στα νερά και στο έδαφος. Τα ιόντα  $\text{NH}_4^+$  στα νερά και στο έδαφος μετατρέπονται ενζυματικά πρώτα σε νιτρώδη και μετά σε νιτρικά. Παρόλο που το άζωτο βρίσκεται στις βιολογικές ενώσεις κυρίως ως  $-\text{NH}_2$ , με αριθμό οξειδωσης -3, στα υδατικά συστήματα και σε θερμοδυναμική ισορροπία με τον αέρα είναι κυρίως με βαθμό οξειδωσης +5, δηλ. κυρίως ως  $\text{NO}_3^-$ .

Η διαδικασία της νιτροποίησης αποτελείται από δύο διαδοχικά ενζυματικά στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι η μετατροπή των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρώδη, με το βακτήριο ***Nitrosomonas***. Τα νιτρώδη που σχηματίζονται οξειδώνονται αμέσως ενζυματικά από μία δεύτερη ομάδα βακτηρίων που ονομάζεται ***Nitrobacter***.

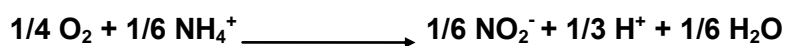




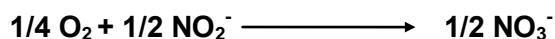
Και τα δύο είδη των ειδικά εξειδικευμένων ομάδων βακτηρίων είναι υποχρεωτικά αερόβια που σημαίνει ότι λειτουργούν μόνο παρουσία οξυγόνου και επίσης είναι αυτότροφα, δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιήσουν διάφορα ανόργανα υλικά που μπορούν να οξειδωθούν, ως δότες ηλεκτρονίων, για τη παραγωγή της απαιτούμενης σε αυτά μεταβολικής ενέργειας. Στην περίπτωση μας ως δότες ηλεκτρονίων χρησιμοποιούνται τα αμμωνιακά και νιτρώδη ιόντα.

Και τα δύο στάδια της νιτροποίησης απελευθερώνουν ένα σημαντικό ποσό ελεύθερης ενέργειας που είναι περίπου το ίδιο και για τα δύο στάδια.

Σε pH =7.00 και σε αερόβιες συνθήκες η μετατροπή 1 electron - mole αμμωνιακού αζώτου σε νιτρώδη δίνει :



η δε μετατροπή των νιτρωδών σε νιτρικά δίνει ανά electron - mole :



Σε κανονικές συνθήκες η δεύτερη αντίδραση ακολουθεί την πρώτη, έτσι το αμμωνιακό άζωτο μετατρέπεται σε νιτρικά και αποφεύγεται η συσσώρευση των νιτρωδών, τα οποία σε συγκεντρώσεις ακόμα και λίγων ppm, είναι εξαιρετικά τοξικά σε φυτά και ζώα.

Η συνολική αντίδραση της νιτροποίησης γραμμένη για ένα electron - mole ,



έχει σταθερά ισορροπίας  $K=10^{7.59}$ .

Από θερμοδυναμική λοιπόν άποψη η αντίδραση της νιτροποίησης είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή.

Είναι αξιοσημείωτο ότι ανεξάρτητα από την πηγή των αμμωνιακών (αζωτοδέσμευση, λίπανση, λύματα κ.τ.λ) η νιτροποίηση προκαλεί μείωση του pH των νερών και εδαφών.

Στα επιφανειακά νερά τα φυτά συνεχώς προσλαμβάνουν άζωτο σε διάφορες μορφές , αλλά προτιμούν την μορφή της αμμωνίας, διότι με αυτή τη μορφή εισέρχεται άμεσα στους

βιοσυνθετικούς κύκλους. Η μορφή των νιτρικών κοστίζει ενεργειακά διότι πρέπει πρώτα το φυτό να την αναγάγει σε αμμωνιακά ιόντα. Γενικά το φυτοπλανγκτόν προσλαμβάνει αμμωνία, έως ότου η συγκέντρωση της πέσει σε χαμηλά επίπεδα και μετά αρχίζει να χρησιμοποιεί τα νιτρικά.

#### - Συνθήκες που επιδρούν στην νιτροποίηση

Τα βακτήρια της νιτροποίησης είναι πολύ πιο ευαίσθητα στις περιβαλλοντικές συνθήκες σε σύγκριση με τους ετερότροφους οργανισμούς που απελευθερώνουν το αμμώνιο από τις οργανικές αζωτούχες ενώσεις. Μερικές από τις συνθήκες που επιδρούν στη διαδικασία της νιτροποίησης είναι :

- **Συγκέντρωση των αμμωνιακών:** Νιτροποίηση θα συμβεί εάν υπάρχουν αμμωνιακά ιόντα. Παράγοντες όπως υψηλός λόγος C/N που εμποδίζει την απελευθέρωση των αμμωνιακών, εμποδίζει και τη νιτροποίηση. Υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας ή ουρίας είναι τοξικές για τα βακτήρια *Nitrobacter*. Χωρίς τα βακτήρια αυτά τα νιτρώδη δεν οξειδώνονται σε νιτρικά, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται σε τοξικές συγκεντρώσεις στα νερά και στο έδαφος.

- **Αερισμός :** Όπως αναφέρθηκε τα βακτήρια της νιτροποίησης είναι υποχρεωτικά αερόβια, επομένως οι αερόβιες συνθήκες είναι απαραίτητες για την μετατροπή των αμμωνιακών σε νιτρικά.

- **Η πηγή του άνθρακα :** Τα νιτροποιητικά βακτήρια είναι αυτότροφοι οργανισμοί και δεν χρειάζονται οργανική ύλη είτε σαν πηγή άνθρακα είτε σαν πηγή ενέργειας. Συνήθως χρησιμοποιούν CO<sub>2</sub> ή διττανθρακικά ιόντα σαν πηγή άνθρακα για τις μεταβολικές τους ανάγκες.

- **Θερμοκρασία :** Ιδανική θερμοκρασία για τη νιτροποίηση είναι 20 - 30°C. Η νιτροποίηση είναι πολύ αργή σε χαμηλές θερμοκρασίες και διακόπτεται κάτω από τους 5°C. Επίσης, σε υψηλές θερμοκρασίες πάνω από τους 35°C ο ρυθμός της επιβραδύνεται και διακόπτεται σε θερμοκρασίες πάνω από τους 50°C.

#### 4.3 Απονιτροποίηση

Η απονιτροποίηση είναι η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη και στη συνέχεια σε οξείδια του αζώτου και τελικά σε άζωτο κατά το σχήμα:



Απουσία οξυγόνου, τα νιτρικά χρησιμοποιούνται από διάφορους μικροοργανισμούς (βακτήρια) σαν ένας εναλλακτικός δέκτης ηλεκτρονίων. Τα βακτήρια ( *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, και *Achromobacter* ) αυτά είναι αναερόβια και ετερότροφα δηλαδή παίρνουν ενέργεια και άνθρακα από την οξείδωση των οργανικών ουσιών. Υπάρχουν και αυτότροφα βακτήρια (*Thiobacillus denitrificans*) που παίρνουν την απαραίτητη ενέργεια από την οξείδωση των θειούχων σε θειικά.

Το άζωτο είναι ένα βασικό συστατικό των πρωτεϊνών και κάθε οργανισμός που χρησιμοποιεί άζωτο από τα νιτρικά για τη σύνθεση των πρωτεϊνών πρέπει πρώτα να ανάγει το άζωτο των νιτρικών από τον αριθμό οξείδωσης +5 σε αριθμό οξείδωσης -3 της αμινομάδας (-NH<sub>2</sub>). Η αναγωγή αυτή που είναι η πλήρης αναγωγή του αζώτου και απαιτεί 8 ηλεκτρόνια ανά άτομο άζωτου, είναι υποχρεωτική για τα φυτά, αλλά αντιπροσωπεύει μικρό μέρος του αζώτου που ανάγεται στη φύση μικροβιακά.

Γενικά το νιτρικό άζωτο ανάγεται σε νιτρώδη , λειτουργώντας σαν δέκτης ηλεκτρονίων, κατά την εξίσωση :



Το νιτρικό ιόν είναι ένας καλός αποδέκτης ηλεκτρονίων απουσία οξυγόνου, παρόλο που στη παραπάνω αντίδραση η απόδοση ελευθερης ενέργειας ανά electron - mole είναι μόνο τα 2/3 της απόδοσης, εάν ήταν οξυγόνο το οξειδωτικό. Στα νερά, η έκταση αυτής της δράσης είναι μειωμένη λόγω της μικρής συγκέντρωσης των νιτρικών, επιπλέον η δράση των νιτρωδών είναι τοξική και εμποδίζει την ανάπτυξη πολλών βακτηρίων. Η προσθήκη νιτρικού νατρίου σε λιμνοδεξαμενές επεξεργασίας λυμάτων είναι απαραίτητη, όταν έχουν δημιουργηθεί αναερόβιες συνθήκες διότι το νιτρικό ιόν αποτελεί μία εφεδρική πηγή οξυγόνου και αποκαθιστά τη κανονική ανάπτυξη των βακτηρίων.

Μιά άλλη ειδική περίπτωση αναγωγής των νιτρικών είναι αυτή που οδηγεί στο σχηματισμό αερίου αζώτου. Σε pH=7.00 η απόδοση ελευθερης ενέργειας ανά electron - mole της αντίδρασης :



είναι - 2.84 kcal και είναι μικρότερη από την απόδοση της μετατροπής των νιτρικών σε νιτρώδη.

Επίσης είναι συνηθισμένη η αναγωγή των νιτρικών σε αέριο  $N_2O$ . Το  $N_2O$  είναι ένα σχετικά αδρανές αέριο που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά. Η βιοχημεία του σχηματισμού του δεν έχει ακόμα ερμηνευθεί αλλά φαίνεται ότι προκύπτει από πλευρικές δράσεις κατά την απονιτροποίηση. Σαν αέριο το  $N_2O$  συνήθως απελευθερώνεται από τα νερά προς την ατμόσφαιρα. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν αποδείξεις ότι το  $N_2O$  σχηματίζεται και κατά την οξειδωση της αμμωνίας σε νιτρικά στα επιφανειακά νερά των ωκεανών. Το υποξείδιο του αζώτου, όπως και τα άλλα οξειδία του έχουν σημαντική συμβολή στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Να σημειώσουμε ότι η αναλογία του στον αέρα είναι περίπου 0.31 ppm και σύμφωνα με μελέτες, ο ρυθμός αύξησης του είναι 0.25% κάθε χρόνο.

Στο έδαφος η απονιτροποίηση συμβαίνει κάτω από τις παρακάτω συνθήκες:

- πρέπει να υπάρχει έτοιμη οργανική ύλη για να αποικοδομηθεί.
- ο αέρας του εδάφους πρέπει να περιέχει λιγότερο από 10% οξυγόνο ή λιγότερο από 0.2 mg/l  $O_2$  στο υδατικό διάλυμα.
- θερμοκρασία από 2 έως 50°C, με ευνοϊκότερη τη θερμοκρασία 25 - 35°C
- πολύ όξινα εδάφη (pH<5) παρεμποδίζουν τη γρήγορη απονιτροποίηση και δημιουργούν συνθήκες όπου το κυρίαρχο προϊόν της αναγωγής των νιτρικών να είναι το  $N_2O$ .

Γενικά στο έδαφος όταν τα επίπεδα του οξυγόνου είναι πολύ χαμηλά, το τελικό προϊόν της απονιτροποίησης είναι το αέριο άζωτο( $N_2$ ). Αξίζει όμως να σημειωθεί, ότι κάτω από τις μεταβαλλόμενες συνθήκες αερισμού του εδάφους δημιουργούνται επίσης τα αέρια οξειδία του αζώτου  $N_2O$  και  $NO$ . Η αναλογία ανάμεσα στα διάφορα αέρια προϊόντα της απονιτροποίησης εξαρτάται από το pH, τη θερμοκρασία, τη έλλειψη του οξυγόνου και τη συγκέντρωση των νιτρικών και νιτρωδών. Για παράδειγμα η παραγωγή του  $N_2O$  ευνοείται όταν η συγκέντρωση των νιτρικών και νιτρωδών είναι υψηλή και η συγκέντρωση του οξυγόνου δεν είναι τόσο χαμηλή. Σε πολύ όξινες συνθήκες σχεδόν ολοκληρωτικά σχηματίζεται  $N_2O$ . Το  $NO$  βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα και κυρίως σε όξινες συνθήκες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ,ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

#### 5.1 Γενικά

Για να αναπτύξει το σώμα του και να διασφαλίσει το μεταβολισμό και τις διάφορες λειτουργίες του, ο άνθρωπος αντλεί τα απαραίτητα στοιχεία από το εξωτερικό περιβάλλον, κυρίως μέσα από τη τροφή του. Η τροφή πρέπει να παρέχει στον άνθρωπο συστατικά, όπως είναι τα αμινοξέα, οι βιταμίνες και τα ανόργανα άλατα, τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και τη διατήρηση των κυττάρων και των ιστών του, καθώς και πηγές χημικής ενέργειας με τη μορφή γλυκιδίων, λιπιδίων και πρωτεϊνών. Το πιο απαραίτητο θρεπτικό συστατικό εξακολουθεί να παραμένει το νερό. "Ζωτικότερον γης, ύδωρ" είπε ο Αριστοτέλης.

Το ανθρώπινο σώμα λειτουργεί μέσα από ένα "κυκλοφοριακό χείμαρρο", ο οποίος μεταφέρει τα θρεπτικά συστατικά στα διάφορα σημεία του.





**Εικ.5.1**

Το νερό εισέρχεται στο σώμα μας ως πόσιμο , ή με συνδυασμό με άλλες τροφές ή ποτά μεταφέροντας ανόργανα άλατα σε ποσότητες πολύ μικρές σε σχέση με την ποσότητα του , των οποίων όμως η ευνοϊκή ή δυσμενής επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό είναι σημαντική.Οι ενήλικες χρειάζονται ημερησίως 35 gr έως 50 gr νερού για κάθε κιλό βάρος του σώματος τους κάτω από κανονικές κλιματολογικές συνθήκες , ενώ τα νήπια κάτω από τις ίδιες συνθήκες χρειάζονται αντίστοιχα 100 gr έως 150 gr , δηλαδή τρεις φορές περισσότερο από ότι οι ενήλικες.Αυτός είναι ένας βασικός λόγος που τα παιδιά γενικά είναι περισσότερο ευαίσθητα σε ασθένειες που μεταδίδονται με νερό.

## **5.2 Άμεση και έμμεση κατανάλωση πόσιμου νερού**

Κατά κανόνα ,ένα μέρος από την ημερήσια ποσότητα πόσιμου νερού που καταναλώνεται δε λαμβάνεται υπόψη από το τοπικό δίκτυο ύδρευσης αλλά από μη τοπικές πηγές νερού , όπως είναι τα ποτά, οι μπίρες, τα εμφιαλωμένα νερά και οι τροφές.

**Πίνακας 5.1 Προέλευση του νερού που προσλαμβάνει ο άνθρωπος**

Προέλευση	Μέση υπολογιζόμενη ποσότητα (% του ολικού)
1.Τοπική ύδρευση (πόσιμο νερό ,καφές κ.α)	60
2.Μη τοπικό πόσιμο νερό	10

(μπύρες, αναψυκτικά, εμφιαλωμένο νερό)	
3. Τροφές (γάλα, κρασί, λαχανικά κ.α)	30

Ο πίνακας δείχνει το σχετικά σπουδαίο ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου του διαθέσιμου κατά τόπους νερού ύδρευσης, επειδή περισσότερη από τη μέση ποσότητα νερού που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για τη διατροφή του τη παίρνει από το δίκτυο ύδρευσης. Δείχνει όμως επίσης ότι το μη πόσιμο νερό καλύπτει ποσοστό πολύ μικρότερο του 10% της ημερήσιας διατροφής. Τα στοιχεία αυτά είναι της δεκαετίας του 1980 και σίγουρα με τη πάροδο του χρόνου η συμμετοχή του μη τοπικού πόσιμου νερού θα αυξάνει συνεχώς σαν ποσοστό στην διατροφή του Έλληνα.

### 5.3 Νερό και διατροφή

#### -Νιτρικά-Νιτρώδη

Η παρουσία  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , στο πόσιμο νερό, αποτελεί ένδειξη ρύπανσης τους και οι επιπτώσεις των ιόντων αυτών στον ανθρώπινο οργανισμό είναι μόνο αρνητικές. Αναλυτικότερα, αν και τα νιτρικά είναι αδρανή μετατρέπονται στη στοματική κοιλότητα σε νιτρώδη με τη βοήθεια του ενζύμου νιτρική υδρογονάση. Τα νιτρώδη είναι δραστικά και μπορούν να ενωθούν με άλλες ενώσεις και να δώσουν καρκινογόνα παράγωγα όπως είναι οι νιτροζαμίνες. Επίσης, τα  $\text{NO}_2^-$  μετατρέπουν την αιμοσφαιρίνη σε μεθαιμοσφαιρίνη, η οποία αδυνατεί να παραλάβει και να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς. Οι περιπτώσεις θανάτου από μεθαιμοσφαιρίνια είναι σπάνιες, γιατί ο οργανισμός διαθέτει τις καταλάσες που οξειδώνουν τα  $\text{NO}_2^-$  σε  $\text{NO}_3^-$ , ενώ τρία ενζυμικά συστήματα βοηθούν στον επανασχηματισμό της αιμοσφαιρίνης. Γι' αυτό συγκεντρώσεις νιτρικών μέχρι 45 mg/l δεν εγκυμονούν ιδιαίτερους κινδύνους για ενήλικες. Έχουν σημειωθεί όμως θάνατοι βρεφών, επειδή τα βρέφη δεν διαθέτουν τους παραπάνω μηχανισμούς, ενώ καταλώνουν 10 φορές περισσότερο νερό ανά μονάδα βάρους τους σε σχέση με τους ενήλικες. Η ανώτερη παραδεκτή συγκέντρωση για τα  $\text{NO}_2^-$ , είναι 0,1 mg/l.

### 5.4 Έλλειψη πόσιμου νερού

Το πόσιμο νερό δεν αντιστοιχεί στα υδατικά αποθέματα του πλανήτη. Οι προσβάσιμες πηγές αναννέωσιμου γλυκού νερού, δηλαδή τα ποτάμια, οι λίμνες και οι υπόγειοι υδροφορείς αντιστοιχούν μόνο στο 1/1000 των συνολικών παγκοσμίως υδατικών αποθεμάτων.

Από τις πηγές αυτές έχουμε ήδη εξαντλήσει το 50% των αποθεμάτων, ενώ πολλές υδρολογικές λεκάνες υφίστανται τις συνέπειες της ρύπανσης, της υπερεκμετάλλευσης και των πολιτικών διενέξεων (National Geographics 1992)



**Εικ.5.2**

*-Ο κόσμος διψάει:*

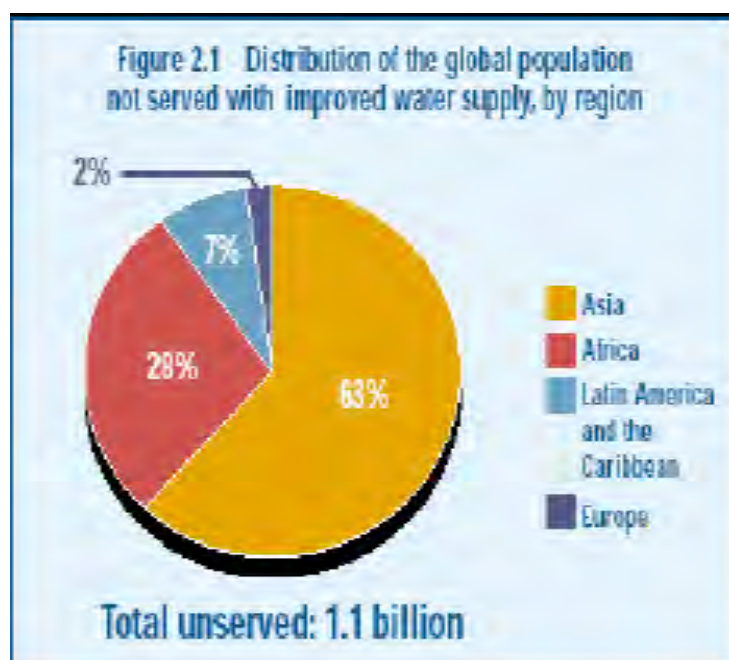
- Στην Αιθιοπία μόνο το 12 % του νομίμου πληθυσμού έχει πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό και βασικές υποδομές υγιεινής.
- Στην πόλη του Μεξικού η υπεράντληση έριξε τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα περισσότερο από 20 m προκαλώντας σημαντικές καθιζήσεις.
- Στην περιοχή του Καλοχωρίου, στο Ν.Θεσσαλονίκης, η υπεράντληση προκάλεσε σημαντικές καθιζήσεις και υφαλμύριση των υπόγειων υδροφορέων με εισχώρηση της θάλασσας στους εδαφικούς σχηματισμούς της παραλιακής ζώνης, σε μεγάλο πλάτος



**Εικ.5.3**

*-Υπάρχει ανάγκη πόσιμου νερού.*

- Πρέπει να γίνει σαφές ότι το 1/3 του πληθυσμού της γης ζει σε χώρες όπου τα αποθέματα γλυκού νερού δεν επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες ή
- Περισσότερο από 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό
- Οι αριθμοί αυτοί αναμένονται να αυξηθούν την επομένη 25αετία.



**Σχήμα 5.1.** Κατανομή 1,1 δισεκατομμυρίων ανθρώπων που δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό

## 5.5 Οικονομική αξία του νερού

Σε άμεση συνάρτηση με την πολιτική της διαχείρισης της ζήτησης, βρίσκεται η οικονομική θεώρηση του νερού και η ανάγκη κοστολόγησής του σύμφωνα με την πλήρη αξία του. Η αναγνώριση της οικονομικής αξίας των φυσικών πόρων και συνεπώς και του νερού, αποτελεί όπως είναι γνωστό, κεντρικό στοιχείο της παραδοχής της Αειφόρου Ανάπτυξης για το Περιβάλλον. Το νερό, ως υποκείμενο στο νόμο της προσφοράς και της ζήτησης, έχει μια οικονομική αξία σε όλες τις ανταγωνιστικές του χρήσεις και αυτό θα πρέπει να αναγνωρισθεί προκειμένου να γίνει εφικτή η εκτίμηση της πραγματικής του αξίας.

Το κόστος του καθαρισμού του νερού, το κόστος της απορρύπανσης και της αποκατάστασης των υδατικών συστημάτων που έχουν υποβαθμιστεί, καθώς και το κόστος της μεταφοράς νερού από μακριά σε περιπτώσεις εξάντλησης των τοπικών υδατικών αποθεμάτων υπενθυμίζουν, έστω και εκ των υστέρων, ότι η κάθε λογής επέμβαση στους υδατικούς πόρους, είτε με τη μορφή της χρήσης είτε με τη μορφή της ρύπανσης του νερού, υπόκειται στους νόμους της Οικονομίας, μια και έχει ένα κόστος που αργά ή γρήγορα οι πολίτες θα κληθούν να καταβάλουν. Η αναγνώριση της οικονομικής αξίας του νερού έχει συστηματικά υποβαθμιστεί μέχρι σήμερα σε όλον τον κόσμο, με την υποτιμολόγηση ή ακόμη και την δωρεάν παροχή του στις περισσότερες περιπτώσεις.

Το γεγονός αυτό οδήγησε αντίστοιχα και σε υποτίμηση της πραγματικής αξίας του νερού από μέρος των χρηστών ή τουλάχιστον δεν βοήθησε καθόλου στη διαδικασία εκτίμησης και αξιολόγησης της πραγματικής του αξίας και αυτή φαίνεται να είναι η αιτία των περισσότερων υδατικών προβλημάτων στις μέρες μας. Οι κύριοι χρήστες, αυτοί δηλαδή που καταναλώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες, (είναι γνωστό το 70% του νερού που καταναλώνεται παγκόσμια είναι το νερό των αγροτικών χρήσεων, ενώ το 23% το νερό των βιομηχανικών), πληρώνουν το νερό που καταναλίσκουν από ελάχιστα έως καθόλου. Το αποτέλεσμα είναι σπατάλη νερού, αλλά και ποιοτική υποβάθμισή του, αφού η ακολουθούμενη πολιτική δεν συμβάλλει στην εκτίμηση της πραγματικής αξίας του πολύτιμου και σε ανεπάρκεια βρισκόμενου αγαθού. Από την άλλη πλευρά, η πρακτική αυτή οδηγεί σε μεγάλη κοινωνική αδικία, αφού στρέφεται άμεσα εις βάρος κυρίως όσων αναγκάζονται να πληρώνουν για να έχουν πρόσβαση σε νερό καλής ποιότητας, και οι οποίοι ας σημειωθεί ότι συνήθως ευθύνονται για ένα μικρό ποσοστό της κατανάλωσης, (μόλις 7-8% για αστικές χρήσεις). Η υποτίμηση της αξίας του νερού έχει ακόμη οδηγήσει σε παροχή χαμηλών υπηρεσιών μεταφοράς, καθαρισμού και διανομής του, καθώς οι πολίτες δεν είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για τη βελτίωση αυτών των υπηρεσιών.

Βεβαίως η αντιμετώπιση του νερού ως οικονομικού αγαθού δεν είναι συνώνυμη ούτε με κατακόρυφες αυξήσεις στα τιμολόγια με αρνητικά σε ό,τι αφορά στην κοινωνική αποδοχή

των μέτρων αποτελέσματα, ούτε με μονεταριστικές πρακτικές με αποκλειστικό σκοπό τη συγκέντρωση επιπλέον εσόδων για την κάλυψη των ελλειμμάτων της δημοσιονομικής πολιτικής. Ανεξάρτητα πάντως από τον τρόπο με τον οποίο θα ασκηθεί η οικονομική πολιτική και άσχετα από το εάν κάποιες κατηγορίες πολιτών υποχρεωθούν τελικά να πληρώσουν ή όχι, το πραγματικό κόστος του νερού θα πρέπει να γίνεται πάντοτε φανερό και να υπολογίζεται ακόμη και σε περιπτώσεις κρατικών ή άλλης μορφής επιδοτήσεων.

Η πλήρης αξία του νερού υπολογίζεται με την αναγνώριση, τον υπολογισμό και την ένταξη στην οικονομική αξιολόγηση των εξής βασικών παραγόντων:

1. Άμεσο κόστος
2. Κόστος ευκαιρίας
3. Περιβαλλοντικό κόστος

Το άμεσο κόστος, έχει τη μορφή του κόστους κεφαλαίου, του κόστους εργασίας και του κόστους των διοικητικών και άλλων ρυθμίσεων που είναι απαραίτητες για τη συλλογή, τη μεταφορά, την επεξεργασία και τη διανομή του νερού. Το άμεσο κόστος αποτελεί και τη συνήθη μέχρι σήμερα πρακτική, μια και η τιμολόγηση του νερού λαμβάνει υπόψη της μόνον αυτό το κόστος, υπολογίζοντας στην τελική τιμή του νερού μόνον τις δαπάνες της αξιοποίησής του και αγνοώντας οτιδήποτε σχετίζεται με την αξία αυτού καθεαυτού του φυσικού πόρου. Το κόστος ευκαιρίας, αντιστοιχεί στην πλέον πολύτιμη εναλλακτική χρήση του νερού, και όταν λαμβάνεται υπόψη αποκαθιστά την ισχύ του οικονομικού νόμου της ζήτησης και της προσφοράς. Το περιβαλλοντικό κόστος τέλος, με τη μορφή των διαφυγόντων κερδών εξ αιτίας της εξάντλησης ή της υποβάθμισης του νερού, αποδίδει στον φυσικό πόρο την περιβαλλοντική του αξία, συμπληρώνοντας την κοστολόγησή του σύμφωνα με την πλήρη αξία του. Αυτό που θα κρίνει πάντως την επιτυχία της πολιτικής κοστολόγησης του νερού σύμφωνα με την πλήρη αξία του, είναι το κατά πόσον θα επιτευχθεί να γίνει κοινή συνείδηση στους πολίτες ότι αυτή δεν αποτελεί ένα ακόμη εισπρακτικό μέσον από μέρους του κράτους και δεν στοχεύει πουθενά αλλού, παρά μόνο στην προστασία του πολύτιμου φυσικού αγαθού από τη σπάταλη χρήση και την ποιοτική υποβάθμιση. Η προβολή του κοινωνικού χαρακτήρα του τελικού στόχου, που είναι η βελτίωση της ποιότητας και των συνθηκών της ζωής, καθώς και του γεγονότος της αποκατάστασης της σημερινής κοινωνικής αδικίας, (άλλοι να σπαταλούν και να ρυπαίνουν το νερό και άλλοι να αναγκάζονται να πληρώνουν για να το μεταφέρουν από μακριά ή να το καθαρίζουν), είναι στοιχεία που θα πρέπει να αξιοποιηθούν κατάλληλα για υιοθέτηση μιας σύγχρονης πολιτικής του νερού.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ**

#### **6.1 Γενικά**

Το νερό, που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση δεν πρέπει να περιέχει χημικές ουσίες και μικροοργανισμούς σε ποσότητες που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην υγεία. Πρέπει να είναι ασφαλές και ακίνδυνο για την υγεία, να μην είναι θολό και να μην έχει χρώμα και δυσάρεστη οσμή και γεύση. Πρέπει να είναι ασφαλές και ακίνδυνο για την υγεία, να μην είναι θολό και να μην έχει χρώμα και δυσάρεστη οσμή και γεύση.

Η τοποθεσία, η κατασκευή, η λειτουργία και η επίβλεψη μιας πηγής υδροληψίας(πηγές, δεξαμενές, επεξεργασία και διανομή νερού) πρέπει να είναι τέτοιες που να

αποκλείουνοποιαδήποτε ρύπανση και του νερού. Οι περισσότερες χώρες στον κόσμο έχουν καθιερώσει πρότυπα ποιότητας του πόσιμου νερού που εφαρμόζουν στην επικράτειά τους και χρησιμοποιούν μεθόδους ανάλυσης και έκφρασης των αποτελεσμάτων παρόμοιες για να είναι εύκολη η σύγκριση μεταξύ τους.

Επίσης, επιδημίες από ασθένειες υδρικής προέλευσης μπορεί να αποφευχθούν εάν γίνονται αυστηροί έλεγχοι από τους υπευθύνους των συστημάτων υδροληψίας και τισαρμόδιες αρχές υγείας, όσον αφορά την ποιότητα του πόσιμου νερού. Σύμφωνα με τηνΥγειονομική Διάταξη, “**πόσιμο νερό**” νοείται το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε με προηγούμενη επεξεργασία, είτε όχι, οποιαδήποτε και αν είναι η προέλευσή του.

## 6.2 Όρια Παραμέτρων

Από τις χημικές αναλύσεις του πόσιμου νερού έχει διαπιστωθεί ότι στο τελευταίο απαντούν ως ρύποι καρκινογόνες ή “εν δυνάμει” καρκινογόνες ή τοξικές ενώσεις.Η συνηθέστερη προέλευση τους είναι η απόρριψη στο περιβάλλον επεξεργασμένων ή ανεπεξέργαστων αποβλήτων.Η βιομηχανία μπορεί επίσης να συμβάλει στην εισαγωγή ορισμένων ρύπων στην ατμόσφαιρα,από την οποία επανεισάγονται στο έδαφος,στα επιφανειακά και υπόγεια νερά μέσω της βροχόπτωσης.

Το 1998 η Ευρωπαϊκή Ένωση αναθεώρησε τα κριτήρια της ποσιμότητας του νερού εκδίδοντας την υπ.αρίθμ 98/93 ΕΚ Οδηγία,της 3ης Νοεμβρίου 1998 “**σχετικά με την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης**” η οποία συμπεριλαμβάνει και το νερό που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων, ενώ εξαιρεί τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα νερά φαρμακευτικών ιδιοτήτων για τα οποία έχουν θεσπιστεί ειδικοί κανόνες (Οδηγία 80/777 για τα μεταλλικά νερά και Οδηγία 65/65 για το νερό που θεωρείται φαρμακευτικό ιδιοσκεύασμα).Επίσης μπορεί να εξαιρείται το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης που λαμβάνεται από συγκεκριμένη πηγή παροχής μικρότερης απο 10 m<sup>3</sup> /24ωρο ή που εξυπηρετεί λιγότερα από 50 άτομα.Η οδηγία αυτή ενσωματώθηκε από την Ελληνική Νομοθεσία με την έκδοση της ΚΥΑ Υ2/2600/2001(ΦΕΚ 892Α /11-1-2001).Συνοπτικά τα κυριότερα σημεία της πιο πάνω οδηγίας και της αντίστοιχης ΚΥΑ έχουν ως εξής:

### A Μικροβιολογικές παράμετροι

#### A1 Νερο δικτύου



Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100 ml)
Escherichia coli (E.coli)	0
Εντερόκοκκοι	0

A2 .Για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία, ισχύουν τα ακόλουθα:

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
Escherichia coli (E.coli)	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22 <sup>0</sup> C	100/ml
Αριθμός αποικιών σε 37 <sup>0</sup> c	20/ml

### **B Χημικές παράμετροι**

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ακρυλαμίδιο	0,10	mg/l
Αντιμόνιο	5,0	mg/l
Αρσενικό	10	mg/l
Βενζόλιο	1,0	mg/l
Βενζο-α-πυρένιο	0,01,	mg/l
Βόριο	1,0	mg/l
Βρώμικα	10	mg/l
Κάδμιο	5,0	mg/l

Χρώμιο	50	mg/l
Χαλκός	2,0	mg/l
Κυανιούχα	50	mg/l
1,2 -διχλωροαιθάνιο	3,0	mg/l
Επιχλωρυδρίνη	0,10	mg/l
Φθοριούχα	1,5	mg/l
Μόλυβδος	10	mg/l
Υδράργυρος	1,0	mg/l
Νικέλιο	20	mg/l
Νιτρικά	50	mg/l
Νιτρώδη	0,50	mg/l

### Γ.Ενδεικτικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Αργίλιο	200	mg/l
Αμμώνιο	0,50	mg/l
Χλωριούχα	250	mg/l
Clostridium perfringens (συμπεριλαμβανομένων των σπόρων)	0	Αριθμός/100 ml
Χρώμα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές	

	και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αγωγιμότητα	2500	$\mu\text{S cm}^{-1}$ στους $20^{\circ}\text{C}$
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	$\geq 6,5$ και $\leq 9,5$	Μονάδες pH
Σίδηρος	200	$\mu\text{g/l}$
Μαγγάνιο	50	$\mu\text{g/l}$
Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Οξειδωσιμότητα	5	$\text{mg}/\text{IO}_2$
Θειικά	250	$\text{mg/l}$
Νάτριο	200	$\text{mg/l}$
Γεύση	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αριθμός αποικιών σε $22^{\circ}\text{C}$ και $37^{\circ}\text{C}$	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Κολοβακτηριοειδή	0	Αριθμός/100 ml
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	

**Πίνακας 6.1** Συμβολή του πόσιμου νερού στην ημερήσια λήψη από τον οργανισμό μερικών χημικών συστατικών (Appelo-Postma, 1994 με τροποποιήσεις)

Συστατικό	Συμβολή στη λήψη από τον οργανισμό (%)	Μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση (mg/l)	Συμπτώματα-Παρατηρήσεις
Mg <sup>2+</sup>	3-10	50	Διάφορα Mg/SO <sub>4</sub>
Na <sup>+</sup>	1-4	175	
Cl <sup>-</sup>	2-15	300	Αλμυρή γεύση, Τοξικό >600 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		250	Διάφορα
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		50	Ασθένεια κυάνωσης βρεφών
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		0.1	
F	10-50	1.7	
As	περίπου 3%	0.05	Ασθένεια
Al	-	0.2	Οξείωση / Κροκιδωση
Cu	6-10	0.1	<3 mg/l στα κουνούρια δίκτυο
Zn	ασήμαντη	0.1	≤5 mg/l στα κουνούρια δίκτυο
Cd		0.005	
Pb		0.05	
Cr	20-30	0.05	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

## ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

### 7.1 Ανθρωπογενές περιβάλλον

Ο Νομός Μαγνησίας βρίσκεται στο ΝΑ τμήμα της Θεσσαλίας και αποτελείται από ηπειρωτικό τμήμα, τα νησιά των Β. Σποράδων, καθώς και κάποια ακατοίκητα μικρότερα νησάκια και βραχονησίδες. Έχει συνολική έκταση 2.638 km<sup>2</sup>. Συνορεύει προς νότο με το Νομό Φθιώτιδος, Β. ΒΔ με το Νομό Λάρισας, ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος και ΝΑ από τον Παγασητικό κόλπο. Μεγάλο μέρος του νομού είναι ορεινό (45%). Οι μεταβολές του αναγλύφου και οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές στο νομό διαμορφώνουν τέσσερις κατηγορίες τοπίου (Βαβίζος κ.ά., 1997):

- Ορεινό τοπίο με κυρίαρχη τη δασική βλάστηση
- Ημιορεινό, όπου παρατηρείται μίξη χαμηλής και αραιής δασικής βλάστησης με φρυγανότοπους και με καλλιέργειες.
- Αγροτικό τοπίο με κυρίαρχες τις δενδρώδεις καλλιέργειες
- Αγροτικό με κυρίαρχες τις αροτραίες καλλιέργειες (πεδινές περιοχές).

Το ορεινό τμήμα του νομού καταλαμβάνει το 32% της συνολικής έκτασής του, το ημιορεινό το 47% , ενώ το πεδινό το 21%.

Όσον αφορά στις χρήσεις γης, αυτές σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ (Απογραφή 2001) οι χρήσεις γης στον νομό κατανέμονται ως εξής

**Πίνακας 7.1 Χρήσεις γης**

Καλλιεργούμενη-αγροναπαυόμενη γη	34,09%
Δάση	19,17%
Βοσκότοποι (δημόσιοι, κοινοτικοί, ιδιωτικοί)	41,50%
Οικισμοί –κτίρια-δρόμοι	4,14%
Νερά	0,91%
Λοιπά	0,19%

Το μεγαλύτερο τμήμα των δασών (91,93%) καταλαμβάνουν πλατύφυλλα είδη (μαζί με τα αείφυλλα πλατύφυλλα), ενώ τα κωνοφόρα συμμετέχουν κατά 7,38% και τα μικτά κατά 0,69% στη σύνθεση των δασών του νομού. Το 19% των δασών είναι δημόσια, το 26,5% ανήκει σε δήμους, το 35,4% είναι διακατεχόμενα και το 7% μοναστηριακά.



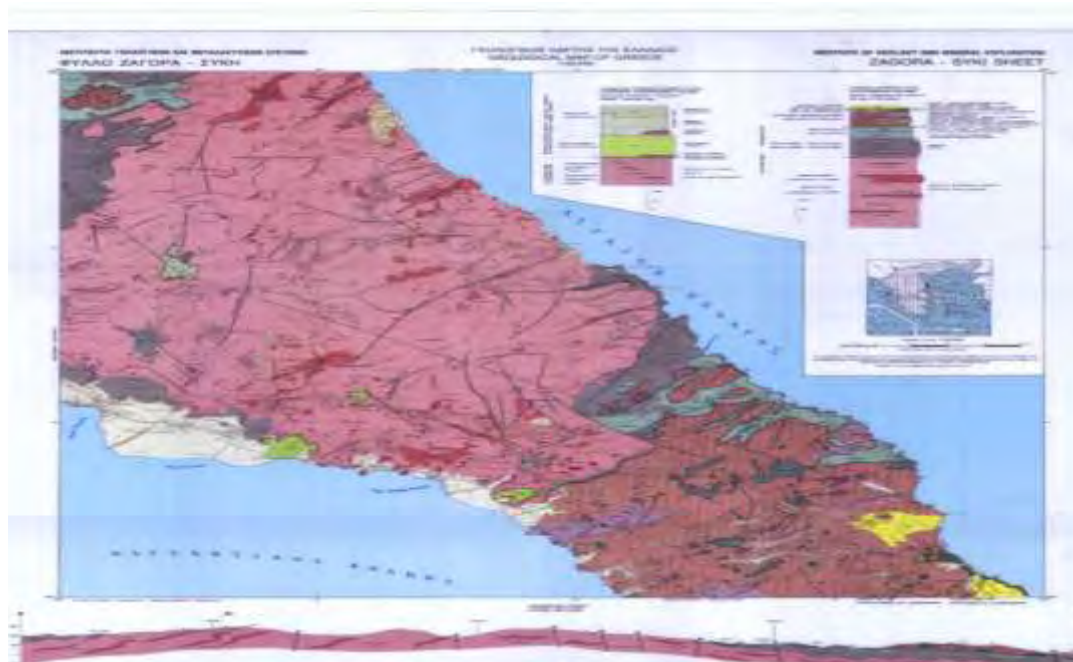
Χάρτης 7.1 Χρήσεις γης Ν. Μαγνησίας

## 7.2 Φυσικό περιβάλλον

### 7.2.1 Γεωλογικά στοιχεία

Η περιοχή του νομού Μαγνησίας ανήκει στην Πελαγονική ζώνη και αποτελείται από αλούβια ολοκαίνου στα παράλια, τεταρτογενείς θαλάσσιους και λιμναίους σχηματισμούς μη διαχωριζόμενους στην περιοχή της πρώην λίμνης Κάρλας, νεογενείς λιμναίες αποθέσεις κροκαλοπαγών μαργών και αργίλου με στρώματα λιγνίτη στην περιοχή του Αλμυρού, φλύσχη σε Βελεστίνο, Σκιάθο και Σκόπελο, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, βιοσπαρουδίτες (Τριαδικού και Κατ. Ιουρασικού) και δολομίτες με τοπική εμφάνιση της φάσης Hallstatt στο Μαυροβούνι, Πήλιο και Χλωμό Όρος, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, βιοσπαρουδίτες Α. Κρητιδικού στο Βελεστίνο, στο ακρωτήρι Τρίκερι, Α. Πήλιο (μεταμορφωμένοι), Γιούρα, Κυρα-Παναγιά, Αλόνησο, Περιστέρα, Παλούκι Σκοπέλου. Στο Ν. Πήλιο, Σκιάθο, Αγκίστρι, περιοχή Βελανιδιά ΒΑ Ν. Αγχιάλου εμφανίζεται σχιστοκερατολιθική διαπλαση (κερατόλιθοι, ψαμμίτες, πηλίτες, φακοί ασβεστολίθων και εγλωβισμένα στρώματα οφιολίθων. Στο Κ. Πήλιο υπάρχουν οφθαλμογενέσι, γνεύσι, σχιστόλιθοι, αμφιβολίτες (Παλαιοζωϊκού-Τριαδικού), οφιολίθοι στην περιοχή του Βελεστίνου, βασάλτης πλειοκαίνου στις Μικροθήβες και τέλος

πρασινοσχιστόλιθοι, φυλλίτες και γραουβάκες στη Β. Σκόπελο και στην περιοχή Πτελεού-Γαβριανής-Δρυμώνα (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1984).



**Χάρτης 7.2** Γεωλογικό υπόβαθρο Ν. Μαγνησίας (ΦΥΛΛΟ ΓΥΣ ΖΑΓΟΡΑ)

Η χερσόνησος έχει έντονο ανάγλυφο (κυρίως ημιορεινό και ορεινό) και η μορφολογία του χαρακτηρίζεται από τη γειννιάσή του με το Αιγαίο.

Το τοπίο εμφανίζει σημαντική ποικιλομορφία (καλλιέργειες, φρυγανότοποι, θαμνώνες, δάση, παράκτιες περιοχές, οικισμοί, χείμαρροι). Τα πετρώματα στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής είναι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, φυλλίτες και γνεύσιοι καθώς και μάρμαρα, ενώ σποραδικά εμφανίζονται ασβεστολιθικά πετρώματα και φλύσχης.

Όσον αφορά στα εδάφη, στο Πήλιο επικρατούν οι ερυθρές, μελανόφαιες και φαιές ρετζίνες, τα ποτζολικά και δασικά εδάφη, τα οποία είναι πλούσια σε οργανικές ουσίες.

### 7.2.2 Υδρολογικά στοιχεία

Το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής αποστραγγίζει λεκάνες απορροής με έκταση περίπου 1.506km<sup>2</sup> με μέγιστο υψόμετρο 1.529m, παρουσιάζει ιδιαίτερη πυκνότητα, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι η συντριπτική πλειοψηφία των υδατορευμάτων δεν είναι συνεχούς ροής και παρουσιάζει έντονα φαινόμενα χειμαρρικότητας. Υπάρχουν βέβαια και υδατορεύματα που συντηρούνται από πηγές (Κακόρεμα, Μέγα, Φελούκα, Κισσιώτικο, Βρύχωνας, Κουφάλας, Κακοσκάλι και Πλατανόραμα) (Βαβίζος κ.ά., 1996). Το μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής, οι χιονοπτώσεις, τα πετρώματα και η πυκνή βλάστηση της περιοχής δημιουργούν ευνοϊκές προϋποθέσεις για την εμφάνιση πολυάριθμων πηγών, από τις οποίες γίνεται κατά κύριο λόγο η υδροληψία σε όλα τα δημοτικά διαμερίσματα και τους οικισμούς

που βρίσκονται εντός της περιοχής. Ο αριθμός των πηγών με ικανοποιητική παροχή (> 35 m<sup>3</sup>/h) είναι σημαντικός και η δίατά τους είναι σχετικά σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στις πεδινές εκτάσεις, υπάρχουν αρκετές γεωτρήσεις, που στοχεύουν στην ικανοποίηση των αυξημένων απαιτήσεων κυρίως του γεωργικού τομέα.

Στο νομό υπάρχουν αρκετοί χείμαρροι και ρέματα (Χολόρεμα, Πλατανόρεμα, Ξηριάς, Κραυσίνδωνας, Άναυρος, Βρύχωνας κ.λπ.), καθώς και πηγές μεγάλης παροχής των οποίων τα ύδατα χρησιμοποιούνται για ύδρευση και άρδευση. Οι λεκάνες απορροής που καλύπτουν το νομό είναι τέσσερις (ΕΛΚΕΠΑ 1989) :

1. Περιοχή λεκανών απορροής Κραυσίδωνα, Ξηριά βόλου και Ανάυρου. Περιλαμβάνει τους Δήμους Βόλου και Νέας Ιωνίας, την Α΄ΒΙΠΕ και ορισμένους οικισμούς όπως την Άλλη Μεριά, τα Μελισσιάτικα, τις Γλαφυρές, το Σέσκλο, το Διμήνι και τις Αλυκές.
2. Λεκάνη απορροής της Κάρλας. Περιλαμβάνει το Δήμο Βελεστίου, το υπόλοιπο μέρος της ΒΙΠΕ εκτός από το Διμήνι και το Σέσκλο και τους οικισμούς Στεφανοβίκειο, Κανάλια, Κερασιά, Άγιος Γεώργιος Φερρών.
3. Περιοχή παράκτιων ρεμάτων της χερσονήσου του Πηλίου που εκβάλουν στον Παγασητικό. Περιλαμβάνει την πλευρά του Πηλίου από Αγριά μέχρι Μηλίνα.
4. Περιοχή που περιλαμβάνει τα παράκτια ρέματα Μαυροβουνίου και Πηλίου που εκβάλουν στο Αιγαίο.

### **7.2.3 Κλιματολογικά στοιχεία**

Όσον αφορά στο κλίμα, στο Α. Πήλιο είναι υγρό, στο ΝΑ και Β. ύφυγρο και στο ΝΔ ημίξηρο. Στην περιοχή του Αλμυρού το κλίμα είναι ηπειρωτικό και μεταβάλλεται σε μεσογειακό στο ανατολικό τμήμα. Ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος και ο θερμότερος ο Ιούλιος. Στις πεδινές περιοχές το ύψος βροχής κυμαίνεται από 400-600 mm, ενώ στα ορεινά και ημιορεινά της Όθρυος και του Πηλίου από 600-1200 mm.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων πάνω στις κλιματικές παραμέτρους θα χρησιμοποιήσουμε τα στοιχεία του κλιματολογικού

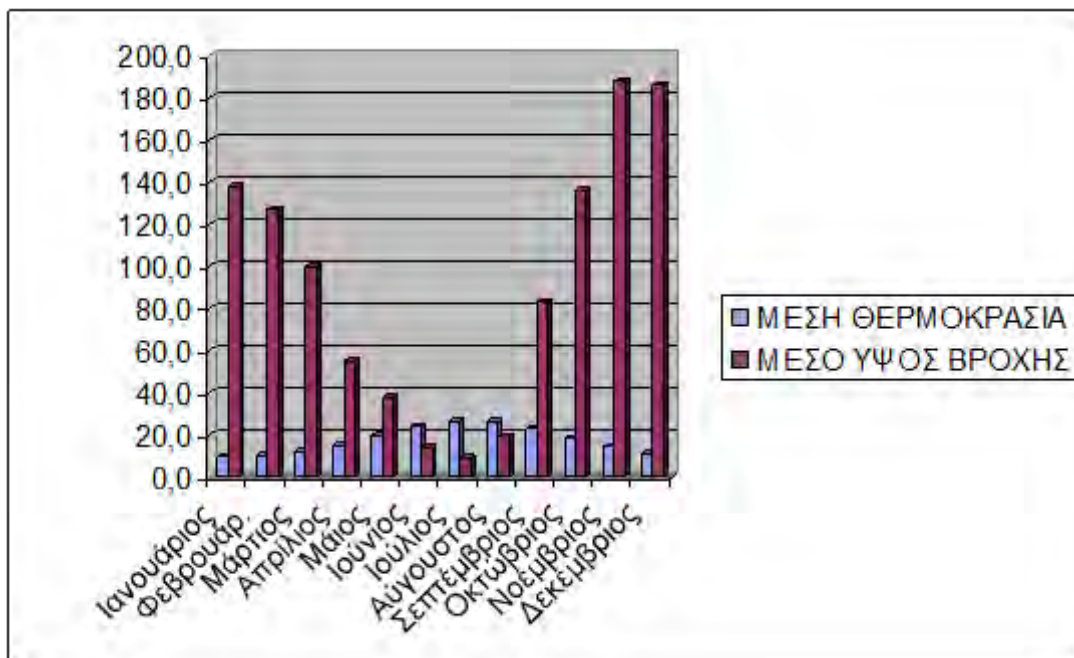


**Πίνακας 7.1** .Θερμοκρασίες Μ.Σ. Αγχιάλου περιόδου 1970-1996 (ΕΜΥ).

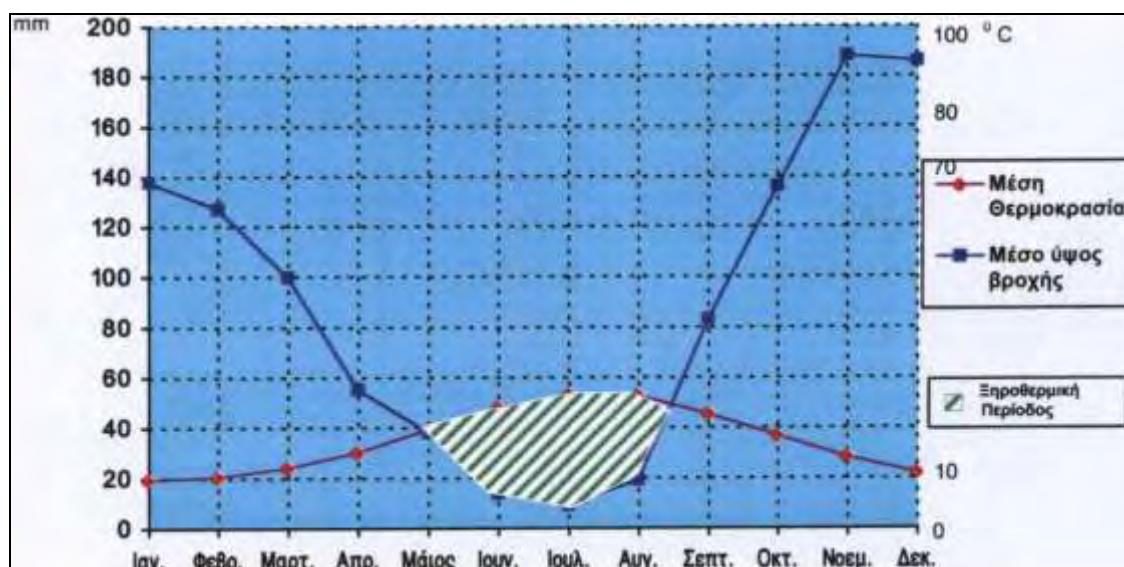
Μήνας	Θερμοκρασία				
	Μέση	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη	Απόλυτη μέγιστη	Απόλυτη ελάχιστη
Ιανουάριος	9,7	13,9	5,1	20,5	-4,5
Φεβρουάριος	10,2	14,2	5,6	22,4	-4,6
Μάρτιος	12,0	16,0	6,8	26,0	-4,4
Απρίλιος	15,0	19,1	9,3	28,0	-0,1
Μάιος	19,6	23,7	12,9	33,8	3,6
Ιούνιος	23,9	27,9	16,4	35,8	8,7
Ιούλιος	26,4	30,9	18,4	42,4	10,0
Αύγουστος	26,3	31,3	18,8	40,7	11,3
Σεπτέμβριος	22,7	27,6	16,5	37,8	7,2
Οκτώβριος	18,4	23,2	13,4	33,0	2,8
Νοέμβριος	14,2	18,7	9,8	26,2	-2,2
Δεκέμβριος	11,1	15,4	6,7	22,0	-3,0
<b>Μέσος όρος</b>	<b>17,5</b>	<b>21,8</b>	<b>11,6</b>	<b>30,7</b>	<b>2,1</b>

**Πίνακας 7.2** Ύψος βροχοπτώσεων Μ.Σ. Αγχιάλου περιόδου 1970-1996 (ΕΜΥ)

Μήνας	Ύψος βροχοπτώσεων (mm)	
	Μέση μηνιαία	Μέγιστη (24 ώρες)
Ιανουάριος	137,8	87,1
Φεβρουάριος	127,1	68,4
Μάρτιος	99,9	83,2
Απρίλιος	55,1	76,5
Μάιος	37,9	59,1
Ιούνιος	13,8	64,0
Ιούλιος	9,2	44,6
Αύγουστος	19,3	87,6
Σεπτέμβριος	83,2	183,5
Οκτώβριος	136,1	129,1
Νοέμβριος	188,2	130,6
Δεκέμβριος	186,0	101,9
<b>Συνολική</b>	<b>1093,6</b>	



Σχήμα 7.1: Μέση θερμοκρασία και ύψος βροχής Μ.Σ. Αγκιάλου



Σχήμα 7.2: Ομβροθερμικό διάγραμμα BAGNOULS-GAUSSSEN Μ.Σ. Αγκιάλου

### -Χιόνι – Παγετός

Χαλάζι εμφανίζεται από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Μάιο ενώ παγετός εμφανίζεται από το Νοέμβριο μέχρι και τον Μάρτιο.

### -Άνεμοι

Οι επικρατέστεροι άνεμοι στην περιοχή είναι οι βόρειοι (ποσοστό 30,72%), οι νοτιοανατολικοί (ποσοστό 12,88%), οι νότιοι (ποσοστό 9,90%) και οι βορειοδυτικοί (ποσοστό 7,69%), ενώ το ποσοστό νηνεμίας στην περιοχή ξεπερνά το 44% (Πίνακας 10).

Από πλευράς εντάσεως επικρατέστερες είναι αυτές των 2 Beaufort (ποσοστό 19,318%), με ακόλουθες εντάσεις 3 Beaufort (ποσοστό 15,278%) και 4 Beaufort (ποσοστό 9,407). Τέλος αξ σημειωθεί ότι και στις μεγάλες εντάσεις, όπως και σε αυτές των 3,4 και 5 Beaufort επικρατούν οι νοτιοανατολικοί άνεμοι.

Έντασ	Διεύθυνση ανέμου								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Σύνολο
0									44,734
1	0,52	0,71	1,45	1,07	0,95	0,55	1,17	0,66	7,120
2	6	2	7	3	3	9	2	8	19,318
3	1,47	1,30	2,71	4,08	2,86	1,50	2,58	2,78	15,278
4	8	3	6	5	9	0	5	2	9,407
5	1,33	0,47	1,12	3,88	2,72	1,47	1,87	2,37	2,793
6	6	1	8	8	7	8	3	7	1,009
7	1,11	0,14	0,50	2,53	2,05	0,82	0,79	1,43	0,253
8	7	2	4	0	9	1	9	5	0,055
9	0,23	0,02	0,11	0,86	0,83	0,27	0,14	0,31	0,022
10	0	2	0	5	2	4	2	8	0,011
	0,04	0,01	0,03	0,32	0,34	0,12	0,04	0,08	
	4	1	3	9	0	0	4	8	
	0,00	0,00	0,01	0,08	0,09	0,03	0,01	0,01	
	0	0	1	8	9	3	1	1	
	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	
	0	0	1	1	1	1	0	1	
	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	
	0	0	0	1	1	0	0	0	
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
	0	0	0	0	0	1	0	0	

**Σχήμα 7.3.** Ετήσια συχνότητα διεύθυνσης και δύναμης ανέμου επί τοις εκατό σε κλίμακα Beaufort κατά την περίοδο 1955-1992



**Χάρτης 7.1** Κλιματολογικών συνθηκών Νομού Μαγνησίας

#### 7.2.4 Δίκτυο Natura 2000

Η περιοχή «Όρος Πήλιο και παράκτια θαλάσσια ζώνη» έχει συμπεριληφθεί στο παραπάνω Δίκτυο και περιλαμβάνει 19 τύπους οικοτόπων, οι οποίοι περιλαμβάνουν

θαλάσσιες και παράκτιες περιοχές, περιοχές εσωτερικών υδάτων και δάση. Το τμήμα του όρους του Πηλίου που έχει συμπεριληφθεί στον Εθνικό κατάλογο του Δικτύου «ΦΥΣΗ 2000» αφορά τμήματα των Δήμων Πορταριάς, Αγγιάς, Αρτέμιδας, Μηλεών, Κάρλας, κοινότητας Μακρινίτσας και ολόκληρους της Δήμους Ζαγοράς και Μουρεσίου και καταλαμβάνει έκταση 30.487 Ha.

Η ποιότητα και η σημασία της περιοχής του Πηλίου καθορίζονται από οικολογικές, οικονομικές, ιστορικές και αισθητικές παραμέτρους. Η οικολογική του αξία έγκειται στην ποικιλία βιοτόπων με καλή έως άριστη δομή και κατάσταση διατήρησης που υποστηρίζουν πλούσιες σε είδη κοινωνίες. Η περιοχή συνδυάζει την πυκνή δασική βλάστηση –φυλλοβόλα και παραποτάμια δάση- και την αναπτυσσόμενη μακία βλάστηση καθώς και της παράκτιους και θαλάσσιους βιότοπους του Αιγαίου.

Οι τύποι οικοτόπων που έχουν καταγραφεί είναι 19: Αμμοσύρσεις που καλύπτονται διαρκώς από θαλασσινό νερό μικρού βάθους, εκτάσεις θαλάσσιου βυθού με βλάστηση (Ποσειδώνειες), Ύφαλοι, Μονοετής βλάστηση μεταξύ των ορίων πλημμυρίδας και αμπώτιδας, απόκρημνες βραχώδεις ακτές με βλάστηση στη Μεσόγειο (με ενδημικά *Limonium spp.*), οι ποταμοί της Μεσογείου με μόνιμη ροή: *Paspalo-Agrostidion* με πυκνή βλάστηση με μορφή παραπετάσματος από *Salix* και *Populus alba* κατά μήκος των ακτών της, ποταμοί της Μεσογείου με περιοδική ροή, διαπλάσεις με *Juniperus communis* σε ασβεστούχους χερσότοπους ή λειμώνες, συστάδες δάφνης, χαμηλές διαπλάσεις με *Eurhorbia* κοντά σε απόκρημνες βραχώδεις ακτές, διάσπαρτοι υποβαθμισμένοι πουρναρότοποι, φρύγανα, δάση σκληροφύλλων, θαλάσσια σπήλαια εξολοκλήρου ή κατά το ήμισυ κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, δάση οξυάς (*Fagus moesiaca*), δάση καστανιάς, δάση δρυός (*Quercus frainetto*), δάση πλατάνου (*Platanion orientalis*), Δάση αριάς (*Quercus ilex*).

Η χλωρίδα του Πηλίου είναι πλούσια σε κοινά είδη, αλλά συμπεριλαμβάνει και ενδημικά και σπάνια είδη. Παρόμοια και η πανίδα της περιοχής είναι ενδιαφέρουσα. Έχουν καταγραφεί πολλά είδη ασπόνδυλων, μεταξύ αυτών ενδημικά και σπάνια είδη, της τα *Lucanus cervus* και *Cordulegaster heros*. Επιπλέον η περιοχή φιλοξενεί σπάνια και προστατευόμενα είδη αμφιβίων και ερπετών. Τέλος, τα θαλάσσια σπήλαια στο Αιγαίο αποτελούν καταφύγια και τόπο αναπαραγωγής για τη Μεσογειακή φώκια.

Η οικονομική αξία της περιοχής συνίσταται σε δύο πλουτοπαραγωγικές πηγές: α) την καλλιέργεια μήλων και ελιάς, αλλά και άλλων οπωροφόρων και ανθέων και β) τον τουρισμό. Οι δύο αυτές δραστηριότητες υποστηρίζουν τα χωριά και της τοπικές κοινωνίες. Το Πήλιο και η γύρω περιοχή κατοικούνται συνεχώς από τα αρχαία χρόνια κι έχουν μακρά ιστορία και πολιτιστική παράδοση που εξελίσσονται ενεργά μέχρι σήμερα. Στα χωριά του Πηλίου διατηρείται η τοπική παραδοσιακή αρχιτεκτονική που αποτελεί κομμάτι του φυσικού περιβάλλοντος. Η σπάνια αισθητική αξία της περιοχής εστιάζεται σ' αυτήν ακριβώς την

αρμονία ανθρώπινης παρουσίας και περιβάλλοντος και στο συνδυασμό του ορεινού και παραθαλάσσιου τοπίου. Συμπερασματικά, το Πήλιο είναι της τύπος όπου διατηρείται η καλή κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και ταυτόχρονα δραστηριοποιείται της σημαντικός αριθμός κατοίκων. (Ντάφης κ.ά.,1997)

### 7.2.5 Πηγές Ρύπανσης

#### *-Πόσιμο νερό*

Παρατηρείται πρόβλημα υφαλμύρωσης σε αρκετές περιοχές (Χρυσή ακτή Παναγίας, Διμήνι, Αγριά, Μηλίνα, πολεοδομικό συγκρότημα και ευρύτερη περιοχή Βόλου), η οποία οφείλεται κυρίως σε ανθρωπογενείς αιτίες (π.χ. υπεράντληση νερού για αρδευτικούς και/ή υδρευτικούς σκοπούς). Ακόμη σε περιοχές όπου γίνεται εντατική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, η περίσσεια νιτρικών ιόντων καταλήγει στους υδάτινους αποδέκτες (π.χ. Παγασητικό), προκαλώντας περιστασιακά το φαινόμενο του ευτροφισμού ή/και περνούν στον υπόγειο υδροφόρα. Στην περιοχή του Δήμου Αλμυρού σε δείγματα νερού από γεωτρήσεις βρέθηκαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών (Τριζώνη 2004 βιβλιογρ.σελ 164).

Υφαλμύρωση παρατηρείται επίσης στην ευρύτερη περιοχή νότια του Αλμυρού, η οποία οφείλεται κατά ένα μέρος σε φυσικές αιτίες (φυσικά κατάλοιπα αλάτων στα πετρώματα), υποβοηθείται όμως σημαντικά από τις υπεραντλήσεις. Πρόβλημα αλάτωσης του υδροφόρα εντοπίζεται και στην περιοχή Στεφανοβικείου-Ριζομούλου-Βελεσίνου, εξαιτίας υπεράντλησης.

Η κατασκευή του ταμιευτήρα της Κάρλας θα είναι καθοριστική για την ανάσχεση των υφισταμένων μετώπων υφαλμύρωσης και την αποτροπή άλλων (Θάνος 1996, βιβλιογ. σελ 163).

Σε μερικές πηγές κοντά σε οικισμούς που δεν καλύπτονται από αποχετευτικό δίκτυο παρατηρείται μικροβιακή μόλυνση από την διείσδυση αστικών λυμάτων λόγω της εκτεταμένης χρήσης απορροφητικών βόθρων.

#### *-Ρύπανση από ελαιτριβεία*

Στο νομό Μαγνησίας λειτουργούν 50 ελαιτριβεία στις περιοχές Αγριάς Αφήσσου, Νέας Αγχιάλου – Αλμυρού (Αχίλλειο), Νότιου Πηλίου, Βόλου και Σκοπέλου. Το μεγαλύτερο πρόβλημα επικεντρώνεται στην ανατολική πλευρά του Παγασητικού (από Αγριά μέχρι Αφησο), ενώ στο Πήλιο και στις Σποράδες δεν φαίνεται να δημιουργείται αξιοσημείωτο πρόβλημα ρύπανσης (Παυλίδης 1994,βιβλιογρ.σελ 164). Σύμφωνα πάλι με τον Παυλίδη (1994), στο νομό Μαγνησίας οι τελικοί αποδέκτες των αποβλήτων των ελαιουργείων είναι το έδαφος (επιφανειακά ή υπόγεια), η θάλασσα (Παγασητικός, Αιγαίο) και οι χείμαρροι. Όσον αφορά στους χείμαρρους, αν είναι μόνιμης ή συνεχούς ροής με παροχή μεγαλύτερη από 8-

10 lt/sec, τότε η διαλυτική ικανότητα της παροχής είναι ικανή να υποβιβάσει το οργανικό φορτίο σε επιθυμητές τιμές, αφού διαθέτει και ικανή κινητική – οξυγονωτική ικανότητα. Για τη διάθεση στο έδαφος απαιτούνται αδιαπέρατα εδάφη, αλλά και πάλι υπάρχει η οσμητική ρύπανση. Η διάθεση στη θάλασσα θεωρείται βέλτιστη, δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια λειτουργίας των ελαιοτριβείων (Νοέμβριος-Μάρτιος), ο κυματισμός εξουδετερώνει το ρυπαντικό φορτίο και η προσωρινή οπτική ρύπανση δεν επηρεάζει την τουριστική δραστηριότητα. Επιβάλλεται βέβαια ο καθορισμός της μέγιστης ανεκτής ανά μονάδα χρόνου ποσότητας ελαιουργικού αποβλήτου η οποία καθορίζεται από διάφορους παράγοντες.

#### *-Ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων*

Σημαντικές πιέσεις στο χερσαίο περιβάλλον της Μαγνησίας προκαλούνται από την παρουσία περισσότερων από 100 ανεξέλεγκτων ή ημιελεγχόμενων χώρων απόθεσης αστικών απορριμμάτων (Κούγκολος, 2000 βιβλιογ.σελ164). Ένας μεγάλος αριθμός χωματερών βρίσκεται μέσα ή κοντά σε ρέματα, χειμάρρους ή δασικές εκτάσεις, είναι ορατές από το οδικό δίκτυο και από οικισμούς και γεινιάζουν με σημαντικούς αρχαιολογικούς χώρους. Η εξυγίανση των παραπάνω χώρων θεωρείται επιβεβλημένη καθώς μία χωματερή μπορεί να εξακολουθήσει να παράγει περιβαλλοντικά προβλήματα στο έδαφος την χλωρίδα, την πανίδα και τα νερά, ακόμη και 30 χρόνια μετά την παύση λειτουργίας της (Κόλλιας, 1993, βιβλιογ.σελ 164).

#### *-Παγασητικός*

Από μικροβιολογικής πλευράς το λιμάνι του Βόλου είναι επιβαρυμένο. Σύμφωνα με τους (Koungolos et al.2000 βιβλιογ.σελ164),από οικοτοξικολογικής πλευράς, η κατάσταση των νερών του Παγασητικού δεν είναι ιδανική, αφού στην ιδανική κατάσταση η θνησιμότητα του θαλάσσιου οργανισμού *Artemia franciscana*, θα ήταν μηδενική. Σε αρκετές περιοχές η τοξικότητα ήταν μεγαλύτερη από 10%.

#### *-Ατμοσφαιρική ρύπανση*

Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη (Σουμπέκας και Σπυρίδης 2004, βιβλιογ.σελ 164 ), οι συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων  $\leq 10 \mu\text{m}$  στην περιοχή του Βόλου (μετρήσεις της NAM και των μελετητών), ξεπέρασαν κατά πολύ τις οριακές μέσες συγκεντρώσεις που έχει ορίσει η Ε.Ε. Όσον αφορά στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (TSP), έχουν παρατηρηθεί υπερβάσεις των θεσμοθετημένων οριακών τιμών από μετρήσεις της ΔΕΥΑΜΒ (1996), σε ορισμένες θέσεις (κοντά στο εργοστάσιο ΑΓΕΤ-ΗΡΑΚΛΗΣ). Όσον αφορά στους αέριους ρύπους διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ), οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ) και όζον ( $\text{O}_3$ ), σύμφωνα με στοιχεία της Ν.Α.Μ., οι μέγιστες τιμές όζοντος εμφανίζονται κατά τη θερινή περίοδο, ενώ το χειμώνα λόγω της λειτουργίας των κεντρικών θερμάνσεων παρατηρούνται αυξημένες τιμές  $\text{SO}_2$

Τις πρωινές ώρες (7-10 π.μ.) παρατηρείται αυξημένη ρύπανση από NO<sub>x</sub>, CO και SO<sub>2</sub>, λόγω της λειτουργίας καυστήρων, βιομηχανικών λεβήτων και αυξημένης κυκλοφορίας οχημάτων. Επίσης αέριοι ρύποι (αιωρούμενα σωματίδια και SO<sub>2</sub>) εκπέμπονται και από τη Χαλυβουργία Θεσσαλίας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο**

### **8.ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ**

#### **8.1 Δειγματοληψία**

Τα δείγματα των υδάτων συλλέγησαν από 17 χωριά του Ν.Μαγνησίας από τον Απριλίο του 2007 μέχρι τον Μάρτιο του 2008 και συγκεκριμένα απο:Αγριά, Κ.Λεχώνια, Πλατανίδια, Κάτω Γατζέα, Καλά Νερά, Άφυσος, Αγ.Ιωάννης, Χορευτό, Μηλιές, Τσαγκαράδα, Μούρεσι, Ανήλιον , Μακρυράχη, Ζαγορά, Χάνια, Μακρυνίτσα και Πορταριά.

Συγκεκριμένα γινόταν συλλογή τριών δειγμάτων την ίδια ημέρα για κάθε μήνα από κεντρικά σημεία (καταστήματα και κατοικίες) κάθε περιοχής, τα οποία καθορίστηκαν με δέκτη GPS, με στόχο να διαπιστώσουμε ότι το νερό προέρχεται μόνο από το δίκτυο ύδρευσης και όχι κατά κύριο λόγο από κάποια ιδιωτική γεώτρηση ή από θερμοσίφωνα. Οι τιμές τους βρέθηκαν ίδιες με μία απόκλιση ως προς το τρίτο δεκαδικό ψηφίο.Χλωρίωση γίνεται για την απομάκρυνση παθογόνων μικροοραγνισμών οι οποίοι είναι επικίνδυνοι για την υγεία των ανθρώπων.

Οι ακριβείς θέσεις σημείων δειγματοληψίας κάθε περιοχής παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα σε προβολικό σύστημα ΕΣΓΑ 87.

#### **Πίνακας 8.1 Συνταγμένες των σημείων δειγματοληψίας κάθε περιοχής**



	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΣΓΑ 87	
ΠΕΡΙΟΧΗ	Χ	Ψ
Αγριά	0414369	4354732
Κάτω Λεχώνια	0417125	4353615
Πλατανίδια	0418378	4353343
Κάτω Γατζέα	0422231	4351409
Καλά Νερά	0423813	4351050
Άφυσσος	0427764	4347076
Αγ.Ιωάννης	0427646	4363101
Χορευτό	0424380	4367028
Μηλιές	0427002	4352834
Τσαγαράδα	042887	4358379
Μούρεσι	0425752	4360753
Ανήλιον	0425770	4363395
Μακρυράχη	0424634	4364293
Ζαγορά	0422660	4366312
Χάνια	0418619	4360934
Μακρυνίτσα	0412898	4361604
Πορταριά	0413421	4360062

Αφήναμε το νερό να τρέξει για 2 λεπτά ώστε να καθαρίσει ο σωλήνας από το στάσιμο νερό και τα εγκλωβισμένα αέρια. Ρυθμίζεται η παροχή της βρύσης στα όρια του 0,5 lt ανά λεπτό και τοποθετούμε τη φιάλη δειγματοληψίας κάτω από τη βρύση ώστε να υπερχειλίσει ίσος όγκος με τον όγκο του δείγματος κατά 10 φορές.

## 8.2 Εργαστηριακές αναλύσεις ύδατος

Τα δείγματα του ύδατος συγκεντρώθηκαν σε απολυμασμένα δοχεία πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας, όγκου 1L, αποφεύχθηκαν τα υάλινα γιατί περιέχουν αλκάλια, δρουν ως ασθενείς ιοανταλλάκτες και ως πηγές φθορίου. Τα δοχεία πλύθηκαν πολύ καλά πριν τη δειγματοληψία, με αραιό διάλυμα απορρυπαντικού και ξεπλύθηκαν αρκετές φορές με αποσταγμένο ύδωρ. Κατά τη δειγματοληψία τα δοχεία ξεπλύθηκαν 2-3 φορές με το ύδωρ της δειγματοληψίας. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν ταχύτατα στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μέσα σε φορητά ψυγεία στα οποία η θερμοκρασία διατηρήθηκε χαμηλότερη από 4°C ώστε να προφυλαχθούν από αλλοιώσεις ως προς το είδος και την ποιότητα των χαρακτηριστικών τους.

Οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούν τις εξής παραμέτρους, το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα.

- Οι μετρήσεις του pH πραγματοποιήθηκαν άμεσα στο πεδίο της δειγματοληψίας με φορητό όργανο τύπου H8424 HANNA.
- Οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας πραγματοποιήθηκαν άμεσα στο πεδίο της δειγματοληψίας με φορητό όργανο τύπου WTW-L196 .
- Ο προσδιορισμός των ανιόντων πραγματοποιήθηκε με την ιοντική χρωματογραφία της στήλης εναλλαγής ιόντων σε συνδυασμό με ανιχνευτή ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του οίκου της Metrohm. Η μέθοδος της ιοντικής χρωματογραφίας είναι μια καινούρια μέθοδος προσδιορισμού διαφόρων παραμέτρων (κατιόντων και ανιόντων), αναφέρεται και αναγνωρίζεται επίσημα στην τελευταία έκδοση του Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water Prepared by A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F., 2001.

Στον πίνακα 8.1 παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι παράμετροι και οι μέθοδοι με τις οποίες εξετάστηκαν στα δείγματα ύδατος.

**Πίνακας 8.1** Παράμετροι και μέθοδοι προσδιορισμού

Παράμετρος	Μέθοδος
pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα	Φορητά όργανα στο πεδίο δειγματοληψίας
Νιτρικά, νιτρώδη,	Ιοντική Χρωματογραφία

### 8.2.1 Προσδιορισμός της τιμής του pH

Ο προσδιορισμός του pH, είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση των υδάτων και αποβλήτων (Mudrich et al., 1996). Σε δεδομένη θερμοκρασία το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα ή το βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Στα φυσικά ύδατα η τιμή του pH κυμαίνεται από 6,5 ως 8,5. Το pH μετράται ηλεκτρομετρικά, με τη χρήση ειδικών οργάνων.

Υψηλές συγκεντρώσεις από μικροοργανισμούς και φύκη προκαλούν γρήγορες καταβυθίσεις διαλυμένων μεταλλικών ιόντων και ελατώνουν έτσι τη συγκέντρωσή τους στην υγρή φάση. Επειδή αλλάζουν οι ρυθμοί της φωτοσύνθεσης και αναπνοής παρατηρείται μεταβολή της τιμής του pH. Γι' αυτό το λόγο οι μετρήσεις του pH πραγματοποιήθηκαν άμεσα στο πεδίο της δειγματοληψίας με φορητό όργανο τύπου WTW-196, με ηλεκτρόδιο Ag-AgCl, σταθερού δυναμικού και ενσωματωμένο θερμομέτρο στους 25<sup>0C</sup>. Τα δεδομένα εκφράστηκαν με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου.



**Εικ.8.1** Φορητό Πεχάμετρο τύπου H 8424 HANNA.

### 8.2.2 Προσδιορισμός της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E<sub>sw</sub>)

Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα και εξαρτάται από την ολική συγκέντρωση των ιονιζομένων ουσιών,

που περιέχονται στο δείγμα. Στα καθαρά ύδατα η αγωγιμότητα κυμαίνεται από 50-1500  $\mu\text{mhos/cm}$ .

Η τιμή της αγωγιμότητας αποτελεί μια ένδειξη για τις τιμές των συγκεντρώσεων των διαλυμένων μετάλλων. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιείται σαν δείκτης παρακολούθησης της διακύμανσης των τιμών των συγκεντρώσεων. Μια άλλη προσέγγιση για να εκτιμηθεί το σύνολο των κατιόντων ( $\text{meq/L}$ ) που υπάρχουν σ' ένα δείγμα ύδατος είναι δυνατή, πολλαπλασιάζοντας την ηλεκτρική αγωγιμότητα με κάποιο συντελεστή

. Η μέτρηση αυτής της παραμέτρου γίνεται με όργανα που ονομάζονται αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετρούν την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος, αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, γέφυρα Wheatstone και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν απευθείας την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Επειδή η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας επηρεάζεται από τη θερμοκρασία ο σωστότερος τρόπος μέτρησης είναι στο πεδίο με φορητά όργανα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε με φορητό όργανο τύπου WTW-LF 196 στους  $25^{\circ\text{C}}$ .

Πολλοί ερευνητές, όπως οι Dean (1985) και Schoemaker et. al. (1989) υποστηρίζουν την αξία των μετρήσεων των παραμέτρων pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο πεδίο των δειγματοληψιών, αφού με τη χρήση αξιόπιστων φορητών οργάνων μειώνονται οι παράγοντες υποβάθμισης του δείγματος του ύδατος και λαμβάνεται μια ρεαλιστικότερη τιμή μέτρησης από ότι στο εργαστήριο.



**Εικ 8.2** .Φορητό όργανο μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας

### 8.2.3 . Χρωματογραφικές τεχνικές

Οι χρωματογραφικές τεχνικές έρχονται να καλύψουν κυρίως την ανάγκη πολύπλοκων οργανικών μιγμάτων.(Λιοδάκης 1998, βιβλ. σελ 165 ). Η χρωματογραφία είναι κατ' ουσία

μέθοδος διαχωρισμού. Ο διαχωρισμός στηρίζεται στη διαφορετική κατανομή των συστατικών του μίγματος σε ένα σύστημα κινητικής και ακίνητης φάσης. Αποτέλεσμα αυτού είναι άλλα συστατικά του δείγματος να κατακρατούνται περισσότερο και άλλα λιγότερο χρόνο στο χρωματογραφικό σύστημα. Η πρώτη μορφή χρωματογραφίας εισήχθη από το Ρώσο βοτανολόγο Twett το 1906 και ήταν μια μορφή υγρής χρωματογραφίας σε στήλη ανάλογη μ' αυτή που εικονίζεται στο σχήμα Α. Ο Twett χρησιμοποίησε ως υλικό πλήρωσης (ακίνητη φάση) ανθρακικό ασβέστιο σε μορφή σκόνης και στην κορυφή της στήλης πρόσθετε πετρελαϊκό αιθέρα (κινητή φάση). Το δείγμα των χρωστικών, του οποίου το διαχωρισμό μελέτησε, δημιουργούσε κατά την εκκλουση του έγχρωμες ζώνες κατά μήκος της στήλης. Αυτός είναι ο λόγος που η μέθοδος ονομάστηκε χρωματογραφία.

Σήμερα, με τον όρο χρωματογραφία εννοούμε ένα πλήθος τεχνικών διαχωρισμού που βασίζονται στη διαφορετική κατανομή των συστατικών του υπό διαχωρισμό μίγματος μεταξύ κινητής φάσης και μιας στατικής φάσης. Αν η κινητική φάση είναι αέρια έχουμε την αέρια χρωματογραφία Gas Chromatography GC) αν είναι υγρή, την υγρή χρωματογραφία (liquid chromatography LG) και αν είναι αέρια σε υπερκρίσιμη κατάσταση, π.χ. CO<sub>2</sub> στους 50 °0 και πίεση μεγαλύτερη από 15 MPa, την υπερκρίσιμη ρευστή χρωματογραφία (Supercritical Fluid Chromatography, SFC.) Όσον αφορά τη στατική φάση, αυτή μπορεί να είναι στερεό (S) ή υγρό (L) μηχανικά ή χημικά προσδεμένο σε ένα στερεό υπόστρωμα. Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν ανάλογα με τη φυσική κατάσταση της υγρής και αέριας φάσης, η αέρια υγρή χρωματογραφία (GLS), η υγρή στερεή χρωματογραφία (LSC) κλπ.

Ο διαχωρισμός των συστατικών ενός μίγματος με χρωματογραφικές μεθόδους είναι αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης δύο φάσεων, μιας στατικής και μιας κινούμενης σε σχέση με τη στατική. Τα συστατικά που πρόκειται να διαχωριστούν κινούνται κατά μήκος της στατικής φάσης με τη βοήθεια της κινούμενης με διαφορετικές ταχύτητες. Την ταχύτητα με την οποία κινείται κάθε συστατικό την καθορίζει ο συντελεστής κατανομής K ο οποίος δίνεται από τη σχέση  $K=C_s / C_m$  όπου C<sub>s</sub>, C<sub>m</sub> η συγκέντρωση του συστατικού στη στατική και κινούμενη φάση αντίστοιχα.

Οι χρωματογραφικές τεχνικές μπορούν να ταξινομηθούν με βάση το μηχανισμό διαχωρισμού σε:

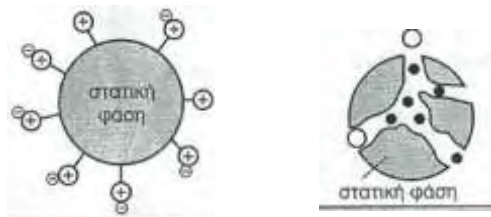
**1. Χρωματογραφία προσρόφησης** (absorption chromatography), όταν ο διαχωρισμός βασίζεται στη διαφορετική προσρόφηση των συστατικών του δείγματος στην επιφάνεια της ακίνητης φάσης, που είναι συνήθως διοξείδιο του πυριτίου (σίλικα

**2. Χρωματογραφία κατανομής** (partition ή absorption chromatography), που στηρίζεται στη διαφορετική κατανομή των συστατικών του δείγματος μεταξύ της κινητής και στατικής



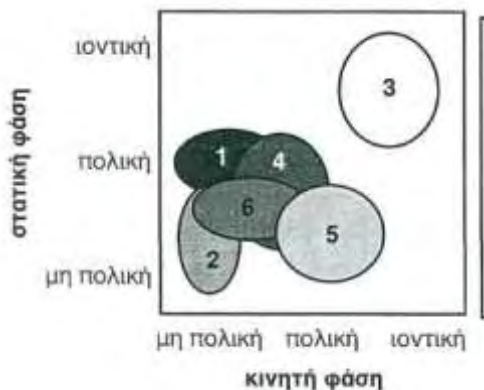
φάσης.

**3.Χρωματογραφία ιόντων** (ion chromatography), όπου τα ιόντα του δείγματος εναλλάσσονται με τα ιόντα της στατικής φάσης.



#### 4.Χρωματογραφία

**μοριακού αποκλεισμού** (molecular exclusion chromatography), όπου τα μόρια του δείγματος διαχωρίζονται με βάση το μέγεθος τους, με τα μεγάλα μόρια να εξέρχονται πρώτα. Αντίθετα, τα μικρά μόρια "περιπλανώνται" στους πόρους του πληρωτικού υλικού και συγκρατούνται περισσότερο.



Χρωματογραφία προσρόφησης LSC

- 1.Χρωματογραφία κατανομής GLC
- 2.Χρωματογραφία ιόντων
- 3.Χρωματογραφία κατανομής LLC
- 4.Χρωματογραφία μοριακού αποκλεισμού
- 5.Χρωματογραφία υπερκρίσιμου ρευστού.

**Σχήμα 8.1** Ταξινόμηση χρωματογραφικών μεθόδων σε συσχέτισμό με την πολικότητα της στατικής και κινούμενης φάσης.

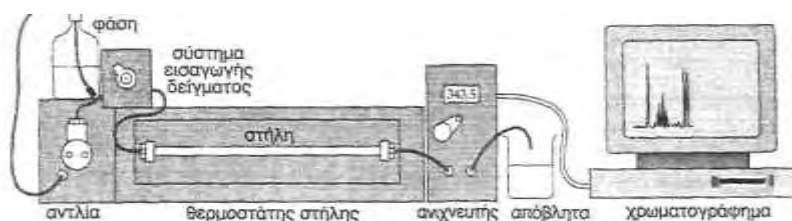
Με βάση τη διάταξη της διακρίνεται σε χρωματογραφία στήλης (column chromatography, όπου η ακίνητη περιέχεται σε κυλινδρική στήλη και σε επίπεδηχρωματογραφία (planar chromatography), όπου η ακίνητη φάση είναι σε επίπεδο. Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν, η χρωματογραφία χάρτου (Paper chromatography PC) και η χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (Thin Layer Chromatography), Διαχωρισμοί με αέρια χρωματογραφία μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο σε στήλη, ενώ με υγρή χρωματογραφία σε στήλη, σε χαρτί ή σε λεπτή στοιβάδα.

Η στατική φάση μπορεί να είναι στερεή ή υγρή και να έχει μορφή στήλης, φύλλου διηθητικού ηθμού ή πλάκας επιστρωμένης με κατάλληλο υλικό. Η κινούμενη φάση μπορεί να είναι υγρή ή αέρια οπότε προκύπτει η υγρή ή η αέρια χρωματογραφία αντίστοιχα. Οι

συνδυασμοί ιδιοτήτων και φάσεων οδηγούν στις διάφορες χρωματογραφικές μεθόδους διαχωρισμού.

### - Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης

Σταθμός για την ανάπτυξη της χρωματογραφίας αποτέλεσε η δεκαετία του 1960. Την περίοδο αυτή, αναπτύχθηκε η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC). Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται διαγραμματικά τα βασικά τμήματα ένας υγρού χρωματογράφου υψηλής απόδοσης.



**Σχήμα 8.2:** Διαγραμματική απεικόνιση υγρού χρωματογράφου υψηλής απόδοσης

### -Χρωματογραφική στήλη ,στατική φάση

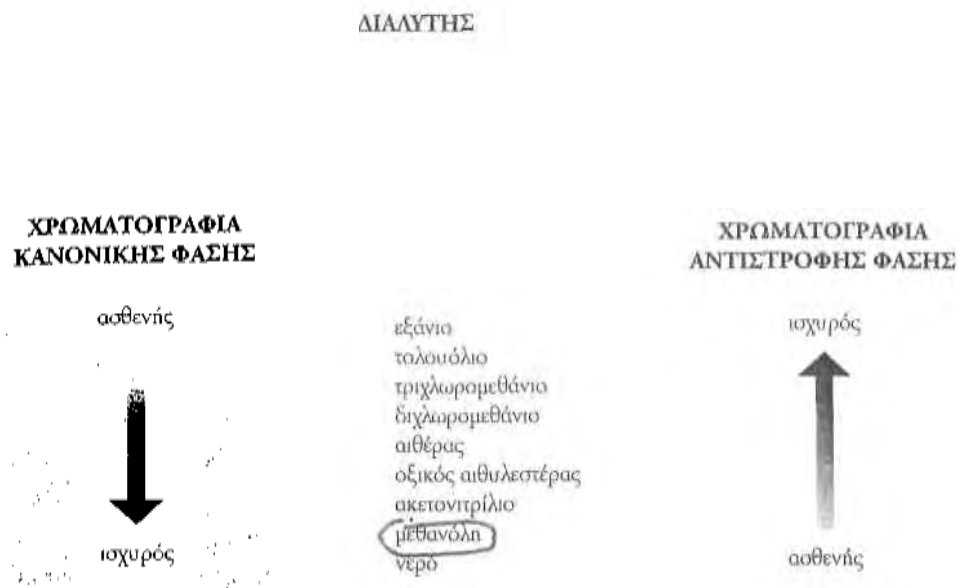
Οι χρωματογραφικές στήλες της HPLC είναι ευθύγραμμες, συνήθως με μήκος 3-25 cm και εσωτερική διάμετρο 0,5 -5 mm. Για την πλήρωση της, στήλης, χρησιμοποιούνται συνήθως μικροπορώδη σωματίδια πηκτής διοξειδίου του πυριτίου (silica gel), διαμέτρου 2-10 μπα. Το υλικό αυτό έχει μεγάλη πολικότητα και αποτελεί τη βάση για την υγρή χρωματογραφία προσρόφησης. Μείωση της πολικότητας της πηκτής του διοξειδίου του πυριτίου επιτυγχάνεται με τη χημική της σύνδεση με αλκύλια, που φέρουν άμινο-, κύανο- ή φαίνυλο-ομάδες στο άκρο τους. Έτσι, προκύπτουν οι χημικά συνδεδεμένες στατικές φάσεις (bonded phase), που αποτελούν τη βάση της υγρής χρωματογραφίας κατανομής.

Αν η στατική φάση είναι περισσότερο πολική, σε σχέση με την κινητή φάση, τότε η HPLC χαρακτηρίζεται ως *κανονικής φάσης* (normal phase). Αν η στατική φάση είναι λιγότερο πολική σε σχέση με την κινητή φάση, τότε η HPLC χαρακτηρίζεται ως *αντιστροφής φάσης* (reversed phase).

### -Κινητή φάση

Η υγρή κινούμενη φάση διέρχεται τη χρωματογραφική στήλη μέσω αντλίας. Η σύσταση της κινητής φάσης είτε διατηρείται σταθερή (*ισοκρατική έκλουση*), είτε μεταβάλλεται με καθορισμένο πρόγραμμα, με τη χρήση δύο ή περισσότερων διαλυτών (*βαθμιδωτή έκλουση*).

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι διαλύτες στην HPLC με τη σχετική ισχύ έκλουσης των (εκλουτροπική σειρά, elUotropic series).



**Σχήμα 8.3** Εκλουτροπική σειρά διαλυτών που χρησιμοποιούνται συχνά στην HPLC



## -ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

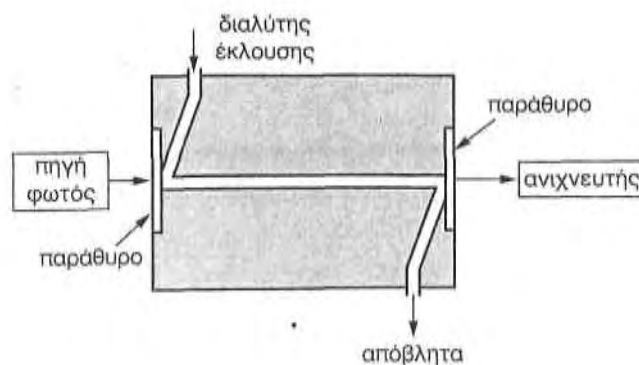
Οι σημαντικότεροι ανιχνευτές HPLC είναι:

### -Ανιχνευτής δείκτη διάθλασης (Refractive Index, RI)

Η βάση λειτουργίας του ανιχνευτή είναι η μέτρηση της διαφοράς του δείκτη διάθλασης, μεταξύ της καθαρής κινητής φάσης και αυτής που περιέχει την ουσία που αναλύουμε (εκλούμενο κλάσμα). Ο ανιχνευτής αυτός είναι γενικής χρήσεως, με σχετικά όμως μικρή ευαισθησία και αδυναμία να χρησιμοποιηθεί στη βαθμιδωτή έκλυση. Επίσης, έχει μεγάλη ευαισθησία στη θερμοκρασία, γι' αυτό και θα πρέπει να θερμοστατείται αν είναι δυνατόν σε  $\pm 0,001$  °C.

### -Ανιχνευτής υπεριώδους- ορατού (UV-VIS Detector)

Αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τύπο ανιχνευτή στην HPLC. Υπάρχουν βασικά δύο τύποι ανιχνευτών. Οι ανιχνευτές σταθερού μήκους κύματος (συνήθως στα 254 nm) που είναι και οι πιο οικονομικοί και οι μεταβαλλόμενου μήκους κύματος, που είναι ουσιαστικά πλήρη φασματοφωτόμετρα απορρόφησης στην υπεριώδη - ορατή περιοχή. Οι ανιχνευτές αυτού του τύπου έχουν σχετικά μεγάλη ευαισθησία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βαθμιδωτή έκλυση. Δεν μπορούν όμως να αξιοποιηθούν, όταν ο διαλύτης έκλυσης (κινητή φάση) απορροφά ισχυρά στην περιοχή του UV- VIS ή όταν οι ουσίες που προσδιορίζουμε δεν απορροφούν στην περιοχή αυτή.



Σχήμα 8.4: Διαγραμματική απεικόνιση της λειτουργίας του ανιχνευτή UV-VIS

## 8.2.4 Προσδιορισμός νιτρικών και νιτρωδών ιόντων

-Περιγραφή του οργάνου τύπου Alltech με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις .

Το όργανο είναι του κατασκευαστικού οίκου της Alltech και αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το κύριο όργανο ενώ το δεύτερο είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με το απαραίτητο λογισμικό πρόγραμμα. Το κύριο μέρος αποτελείται από τρία κομμάτια:

- Το βασικό θάλαμο, που περιέχει τις στήλες ιοντοανταλλαγής των ανιόντων, των κατιόντων και του σεληνίου.
- Ηλεκτρονικός Suppresso και η κινητή φάση
- Τον αγωγιμομετρικό ανιχνευτή .



**Εικ 8.3.** *Ιοντικός χρωματογράφος τύπου Alltech*

Ο συγκεκριμένος ιοντικός χρωματογράφος μπορεί να προσδιορίσει συγκεντρώσεις με ακρίβεια της τάξης των ppb (αναλογία στο δισεκατομμύριο) τα εξής ιόντα: λίθιο, νάτριο, αμμώνιο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, φθόριο, βρώμιο, χλώριο, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά, θειικά καθώς επίσης και διάφορες μορφές του σεληνίου. Τα όρια ανίχνευσης για τα ανωτέρω ιόντα είναι μεταξύ 10 και 30  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

Σύμφωνα με τη διεθνή και την ελληνική βιβλιογραφία ο συνδυασμός της στήλης εναλλαγής ιόντων και της ανίχνευσης της αγωγιμότητας παρουσιάζει τον πιο αξιόπιστο τύπο της ιοντικής χρωματογραφίας.

#### **- Περιγραφή της μεθόδου**

Η κρισιμότερη ίσως προϋπόθεση για την επίτευξη σημαντικών αποτελεσμάτων είναι μια άριστη δειγματοληψία κατά την οποία πρέπει να αποφεύγονται πιθανές επιμολύνσεις του δείγματος. Οι πιθανές πηγές ρύπανσης βρίσκονται στα υλικά των δοχείων μεταφοράς ή αποθήκευσης, στην ατμόσφαιρα του εργαστηρίου, στον εξοπλισμό του εργαστηρίου, στα χημικά αντιδραστήρια και στους διαλύτες (Robertson DE., 1972).

Τα χημικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι υψηλής καθαρότητας χωρίς άλλες προσμίξεις. Τα πρότυπα πυκνά διαλύματα είναι και αυτά υψηλής καθαρότητας τα οποία κατασκευάζονται ειδικά για την ιοντική χρωματογραφία. Το ύδωρ είναι κι αυτό υψηλής καθαρότητας (>18MΩcm στους 25 °C) και παράγεται από την ειδική συσκευή του εργαστηρίου, UHQ Ultra Pure Water.

Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση της στήλης προσδιορισμού των ανιόντων τύπου Allsep Anion 7u . Η στήλη περιέχει προστήλη για τη συγκράτηση στερεών, τύπου PRP-1. Η στήλη αποτελείται από πολυμεθακρυλικό άλας με τεταρτοταγείς αμμωνιακές βάσεις..

Για να αποφευχθούν τα λάθη και η καταστροφή της στήλης, κατά τη διάρκεια της μέτρησης, πρέπει το δείγμα να φιλτράρεται από φίλτρα διαμέτρου 0,45μm .

Το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων ήταν το εξής:

*0,9 mmol/L ανθρακικού νατρίου, υψηλής καθαρότητας + 0,85 mmol/L όξινου ανθρακικού νατρίου.*

Ο χρόνος κατακράτησης των νιτρικών ιόντων στο χρωματογράφημα ήταν τα 10,5 λεπτά της ώρας και για τα νιτρώδη ιόντα τα 3,5 λεπτά, από τη στιγμή της εισόδου του δείγματος. Ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των δειγμάτων που αναλύονται ο χρόνος αυτός μεγαλώνει κατά 1-1,5 λεπτά της ώρας. Ο χρόνος στον οποίο αποδίδεται κάθε στοιχείο καθορίστηκε με την πραγματοποίηση ανάλυσης πρότυπου διαλύματος για κάθε στοιχείο ή ένωση ξεχωριστά. Τα πρότυπα διαλύματα συγκεντρώσεων 1-5-10-20 ppm σε NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> που χρησιμοποιήθηκαν περιέχουν μόνο το ανιόν ή την ένωση που προσδιορίζεται. Έτσι το χρωματογράφημα που παράγεται είναι του στοιχείου.

Η μέτρηση των νιτρικών ιόντων πραγματοποιήθηκε με χημική καταστολή (μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκλουστικού διαλύματος) δηλαδή με τη χρησιμοποίηση αραιού

διαλύματος θειικού οξέος, έτσι ώστε μετά από αυτή τη διαδικασία το εκλουστικό διάλυμα είχε ηλεκτρική αγωγιμότητα  $14 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις των υδάτων και των εδαφών είναι κατασκευασμένα από γυαλί, πολυπροπυλένιο και πολυαιθυλένιο. Τα υάλινα σκεύη, ειδικά αυτά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων είναι ανώτερης ποιότητας, τύπου A.

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται για τις αναλύσεις με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας καθαρίζονται και απολυμαίνονται μόνο με απορρυπαντικό και ξεπλένονται πολλές φορές με υπερκάθαρο νερό (Neal et. al., 2003).



**Εικ 8.4.** Ζυγός ακριβείας τύπου *Precisa XB 120 A*.



**Εικ 8.5.** Συσσκευή υπερκάθαρου νερού

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο

### ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

#### 9.1 Γενικά

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της επιστήμης άνοιξε νέους δρόμους τόσο στην καταγραφή όσο και στην πρόβλεψη φαινομένων, σε όλες τις φάσεις της λήψης και χρήσεως των πάσης φύσεως πληροφοριών. Τα δεδομένα παριστάνουν τον πραγματικό κόσμο, μπορούν να αποθηκευτούν και να επεξεργαστούν έτσι ώστε αργότερα να παρουσιαστούν με απλούστερες μορφές.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, έχουν αναπτυχθεί ειδικά υπολογιστικά συστήματα και λογισμικά προγράμματα για την επεξεργασία πληροφοριών που αφορούν και τα τέσσερα συστατικά του πλανήτη μας, δηλαδή στη γεώσφαιρα, την υδρόσφαιρα, την ατμόσφαιρα και τη βιόσφαιρα.

Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν :

- Την οργάνωση βάσεων δεδομένων των διαθέσιμων πληροφοριών
- Τη χωροθέτηση των πληροφοριών
- Την εκτέλεση υπολογισμών με συσχετίσεις και αναλύσεις που παλαιότερα ήταν αδύνατες να γίνουν

Σήμερα πολλοί οργανισμοί και εταιρείες χρησιμοποιούν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών για να προβλέψουν φαινόμενα και να αναλύσουν παράγοντες που συσχετίζονται για παράδειγμα με τα επίπεδα της σεισμικότητας σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούνται από αρκετά πολύπλοκα λογισμικά προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογισμών και αποτελούνται από τα εξής βασικά στοιχεία:

- Ένα σύστημα εισαγωγής πληροφοριών και χωρικών δεδομένων το οποίο εισάγει και καταχωρεί όλες τις χωρικές και μη πληροφορίες που προέρχονται από ήδη υπάρχοντες χάρτες και άλλες πηγές αλλά και από τα διάφορα συστήματα τηλεπισκόπησης.

- Ένα σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης βάσεως δεδομένων καθώς και ένα σύστημα επεξεργασίας, ανάλυσης και ανάκτησης των δεδομένων, τα οποία επεξεργάζονται, αναλύουν και οργανώνουν τα χωρικά και άλλα δεδομένα σε τέτοια μορφή που δίδεται η δυνατότητα για γρήγορη και λεπτομερή ανανέωση των δεδομένων και επιδιορθώσεις τυχόν λαθών που έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της βάσεως δεδομένων

- Ένα σύστημα αναφοράς και εμφάνισης των δεδομένων το οποίο είναι ικανό να δείχνει μέρος ή ολόκληρη τη βάση δεδομένων καθώς και να διαχειρίζεται τη βάση και τα εξαγόμενα αποτελέσματα από χωρικά πρότυπα και άλλα σε μορφή χάρτη και/ή πινάκων. Η δημιουργία των χαρτών αυτών καλείται <ψηφιακή χαρτογραφία>.

Αυτός ο προσδιορισμός των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών δεν περιλαμβάνει τον αριθμό εκείνο των λογισμικών των ηλεκτρονικών υπολογιστών που αποτελούνται από μέρος μόνο των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών.

Έτσι τα ψηφιακά συστήματα που επικεντρώνονται κυρίως στη συλλογή δεδομένων από χαρακτηριστικά χαρτών και έχουν μικρές δυνατότητες αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης (χωρικής και μη ) και ανάκτησης δεδομένων δεν αποτελούν αυτό που ονομάζουμε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems-G.I.S.) αποτελούν συνδυασμό της αυτοματοποιημένης σχεδίασης με ηλεκτρονικούς υπολογιστές και της τεχνολογίας που έχει αναπτυχθεί για την επεξεργασία Γεωγραφικών Βάσεων Δεδομένων.

Μέχρι πρόσφατα τα γεωγραφικά δεδομένα παρουσιάζονταν σε χάρτες που χρησιμοποιούσαν σύμβολα, γραμμές και διάφορα χρώματα. Οι περισσότεροι χάρτες έχουν ένα υπόμνημα στο οποίο απεικονίζονται και εξηγούνται γεωγραφικά και γεωμετρικά δεδομένα. Υπάρχει δυνατότητα να τοποθετηθούν, σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων, ανόμοια δεδομένα.

Με τον τρόπο αυτό οι χάρτες αποτελούν ένα αποδοτικό μέσο μόνο για την παρουσίαση πληροφοριών και μια τράπεζα αποθήκευσης των γεωγραφικών δεδομένων.

Η αποθηκευμένη πληροφορία έχει επεξεργαστεί και παρουσιαστεί με ειδικό τρόπο και για συγκεκριμένο σκοπό. Αν κάποιος θελήσει να αλλάξει την παρουσίαση συναντά σημαντικές δυσκολίες και αυτό γιατί οι χάρτες αποτελούν *στατικές γεωγραφικές εικόνες*

χωρίς δυνατότητα αλλαγής. Το τελευταίο αποτελεί και ένα είδος συμβιβασμού μεταξύ χρηστών.

Ωστόσο οι χάρτες αποτελούν σημαντικό αγαθό καθώς μελέτες που έχουν γίνει έδειξαν ότι η ωφέλεια από τη χρήση των χαρτών είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από το κόστος της χαρτογράφησης.

Αν συγκριθεί το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών με κάποιο χάρτη, θα διαπιστωθεί ότι η αποθήκευση και παρουσίαση των δεδομένων είναι τελείως διαφορετική. *Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν τη δυνατότητα της δυναμικής παρουσίασης δεδομένων σε αντίθεση με τη στατική παρουσίαση, π.χ. από τους τοπογραφικούς χάρτες.*

## 9.2 Ορισμός του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών

Είναι γεγονός ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένος ορισμός για τα υπολογιστικά συστήματα που επεξεργάζονται γεωγραφικά δεδομένα. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ένας γενικός ορισμός που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την καταγραφή ή εισαγωγή, αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση χωρικών ή γεωγραφικά σχετιζόμενων δεδομένων. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από υπολογιστικό σύστημα (hardware) και κατάλληλο λογισμικό (software) κυρίως για :

- Εισαγωγή και αποθήκευση πληροφορίας
- Ανάπτυξη συσχέτισης μεταξύ πληροφοριών
- Αλλαγή, διαχείριση και ανταλλαγή χωρικών δεδομένων
- Επεξεργασία, ανάκτηση και παρουσίαση βάσεως δεδομένων
- Ανάλυση, συνδυασμό και πρόβλεψη γεωγραφικών πληροφοριών

Τα δεδομένα που αποθηκεύονται σ' ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορούν να παρουσιαστούν με τη μορφή πινάκων, χαρτών ή άλλων μορφών. Σημαντική δυνατότητα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και διαφοροποίησή τους από τη συνήθη απεικόνιση των δεδομένων, είναι ο συνδυασμός μη ομοίων δεδομένων σε μια κοινή βάση δεδομένων.

Η επεξεργασία χωρικών δεδομένων και η απάντηση σε ερωτήσεις όπως για παράδειγμα τα χαρακτηριστικά ορισμένων θέσεων ή η κατανομή των γεωγραφικών δεδομένων στις μεταβολές του χώρου και του χρόνου, η πρόβλεψη ή ακόμα και ο συνδυασμός δεδομένων είναι πλέον μια πραγματική χάρη στην ύπαρξη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Από τεχνικής απόψεως, το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών έχει τη δυνατότητα να οργανώσει και να επεξεργαστεί ψηφιακά χαρτογραφικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων.

Το περιβάλλον απεικονίζεται με ψηφιακά δεδομένα που ορίζουν θέσεις στο χώρο και αποτελούνται από αλφαριθμητικές λίστες χαρακτηριστικών. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να μετατραπούν σε γραφικά σύμβολα και να παρουσιαστούν σε χάρτη μαζί με άλλα δεδομένα.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών δίδουν τη δυνατότητα ανάκτησης τέτοιων δεδομένων με μια απλή μετακίνηση του κέρσορα σε ένα σύμβολο στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ενεργοποιώντας τη συγκεκριμένη εντολή. Τα στοιχεία των δεδομένων βρίσκονται αποθηκευμένα σε τεράστιες βάσεις δεδομένων. Η σημασία των βάσεων αυτών είναι ιδιαίτερως σημαντική.

Με τον όρο **<<βάση δεδομένων>>** γίνεται αναφορά σε μια συλλογή σχετικών δεδομένων αποθηκευμένων σε λογισμικά αρχεία και συλλογικά επεξεργαζόμενων, συνήθως με τη μορφή πινάκων. Η Γεωγραφική βάση δεδομένων περιέχει πληροφορίες σχετικές με το ανάγλυφο της επιφανείας της Γης και τα χαρακτηριστικά και αντικείμενα που την απαρτίζουν.

Η πληροφορία αυτή έχει τις εξής τρεις μορφές : 1) τη χωρική ή γεωγραφική, 2) την κωδικοποιημένη και 3) αυτή με τη μορφή εικόνας (image data). Η χωρική πληροφορία περιέχει τις περιοχές και τα σχήματα των χαρακτηριστικών των χαρτών. Η κωδικοποιημένη πληροφορία συλλέγεται και παρουσιάζεται για συγκεκριμένες περιοχές με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε χάρτες. Όσον αφορά στα δεδομένα με τη μορφή εικόνων, πρόκειται για τη συλλογή πληροφοριών από αεροσκάφη και δορυφορικές πλατφόρμες και πληροφορίες που έχουν μετασχηματιστεί σε ψηφιακή μορφή.

Η γεωγραφική βάση δεδομένων μπορεί να δημιουργηθεί ή να αποκτηθεί. Έτσι για παράδειγμα ένας δέκτης G.P.S. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει περιοχές σε μια έκταση ή ακόμη και σ' ένα αγροτεμάχιο που μας ενδιαφέρει. Στη συνέχεια μπορεί να κατασκευαστεί ένας χάρτης με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών που θα περιέχει πληροφορίες από την παρατήρηση με τα Παγκόσμια Συστήματα Εντοπισμού Θέσεως ( Global Positioning Systems ή G.P.S. ).

Σε πολλές περιπτώσεις λαμβάνονται εικόνες από δορυφόρους και από αεροσκάφη της επιφανείας της Γης, προκειμένου να αποτελέσουν το υπόβαθρο για τη ολοκληρωτική μελέτη και απεικόνιση των χαρακτηριστικών των περιοχών αυτών με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων αποτελεί ένα λογισμικό που μπορεί να επεξεργαστεί (εισαγωγή, αποθήκευση, ταξινόμηση και ανάκτηση δεδομένων ) δεδομένα από



μια ή πολλές Βάσεις Δεδομένων. Μια βάση δεδομένων ή διαφορετικά μια Γεωγραφική Βάση Δεδομένων αποθηκεύει τη γεωγραφική πληροφορία σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Δεδομένων (Database management system, DBMS). Το σχήμα 9 απεικονίζει μια τυπική Γεωγραφική Βάση Δεδομένων με τα διάφορα επίπεδα πληροφορίας.



**Σχήμα 9.1** Απεικόνιση της δομής μιας γεωγραφικής βάσεως δεδομένων.

Η Γεωγραφική Βάση Δεδομένων προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα όσον αφορά στα πρότυπα κάθε επιπέδου, καθώς :

1) Η γεωγραφική πληροφορία (vector, raster, address, measures, αρχεία CAD κ.λ.π.), αποθηκεύεται συνολικά σε ένα θεματικό επίπεδο. Προσωπικές βάσεις δεδομένων αποθηκεύονται σε περιβάλλον Microsoft ενώ οι βάσεις δεδομένων με πολλούς χρήστες αποθηκεύονται σε IBM DB2, Informix, Oracle ή Microsoft Access και SQL server.

2) Η γεωγραφική βάση δεδομένων απευθύνεται σε πολλούς χρήστες και δίνεται η δυνατότητα μιας δυναμικής βάσεως δεδομένων. Πολλοί χρήστες μπορούν να διαβάσουν και να γράψουν σε κοινή βάση υπό τον περιορισμό όμως της άδειας διαχείρισης της βάσεως.

3) Η γεωγραφική βάση δεδομένων έχει δυνατότητες διαχείρισης των δεδομένων όπως γεωμετρικές εφαρμογές, πρόβλεψη φαινομένων, κ.α.

### 9.3 Αναφορά σε πρότυπα διαχειρίσεως βάσεων δεδομένων, ArcGIS

Τα Πρότυπα Διαχειρίσεως Βάσεων Δεδομένων σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύχρηστα σε πρακτικές εφαρμογές από μεγάλο αριθμό χρηστών. Κάθε πρότυπο μπορεί εύκολα να χρησιμοποιήσει δεδομένα από ήδη υπάρχοντα συστήματα, ανεξάρτητα αν τα αρχεία βρίσκονται αποθηκευμένα σε coverages, shape files ή αρχεία CAD κ.λ.π.

### 9.4 Μεθοδολογία σχεδιασμού βάσεως δεδομένων

Ο σχεδιασμός μιας βάσεως δεδομένων Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στηρίζεται στον καθορισμό θεματικών επιπέδων της πληροφορίας. Αρχικά είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί το σύνολο των θεμάτων ή επιπέδων GIS έτσι ώστε να καθοριστεί η κατάλληλη εφαρμογή και οι πληροφορίες που απαιτούνται.

Στη συνέχεια καθορίζεται κάθε επίπεδο με περισσότερες λεπτομέρειες. Ο χαρακτηρισμός κάθε θεματικού επιπέδου έχει ως αποτέλεσμα τον ορισμό των τύπων GIS όπως οι feature classes tables, relationships, raster data sets και άλλα.

Η μοντελοποίηση ή δομή της βάσεως δεδομένων ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών αποτελείται από πέντε θεματικά επίπεδα.

#### ***-Βήματα σχεδιασμού βάσεως δεδομένων ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών***

**Τα βήματα που ακολουθούνται στο σχεδιασμό βάσεως δεδομένων είναι τα ακόλουθα:**

- 1) Καθορισμός των κυριοτέρων θεματικών επιπέδων
- 2) Επιλογή των κατάλληλων κλιμάκων για τη διαχείριση βάσεων δεδομένων
- 3) Διαχωρισμός της παρουσίασης των δεδομένων σε σύνολα : feature classes, raster data sets, tables, κ.α.
- 4) Καθορισμός των πεδίων (fields)
- 5) Προσδιορισμός των συσχετίσεων
- 6) Ορισμός χωρικών επιδράσεων των δεδομένων
- 7) Πρόταση σχεδιασμού βάσεως δεδομένων
- 8) Παρουσίαση του σχεδίου με κατάλληλες μεθόδους, διαγράμματα, πίνακες, κ.α.

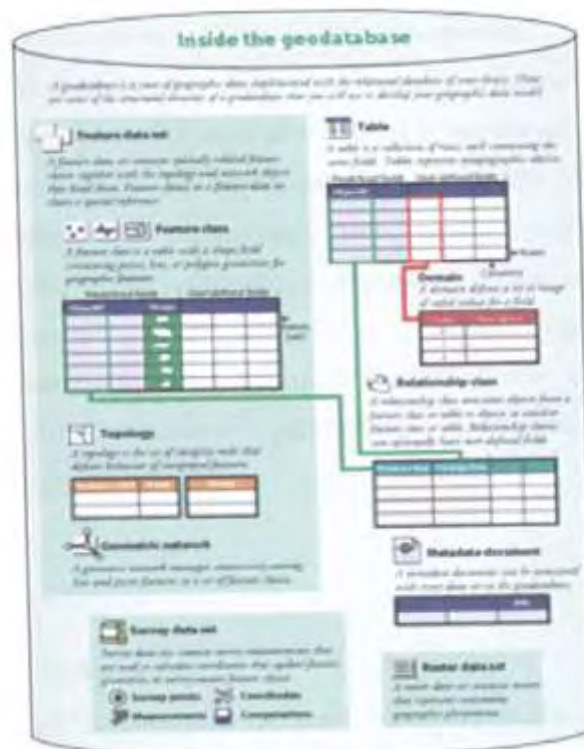
## Τι υπάρχει σε ένα σχεδιασμό βάσεως δεδομένων

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν τη δυνατότητα να οργανώσουν την πληροφορία σε θεματικά επίπεδα ορίζοντας τη γεωγραφική θέση. Σε αρχικό στάδιο, η βάση δεδομένων σ' ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών περιέχει θεματικά επίπεδα που χρησιμοποιούνται για να απαντήσουν σε μια συγκεκριμένη σειρά ερωτημάτων.

Αυτά περιλαμβάνουν τον τρόπο με τον οποίο τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται, το πώς οργανώνεται η πληροφορία και ποιοι είναι οι κανόνες δημιουργίας βάσεων δεδομένων.

Σε πολύ αρχικό στάδιο ένας τυπικός σχεδιασμός γεωγραφικής βάσεως δεδομένων περιλαμβάνει τον καθορισμό των κλάσεων και πινάκων για τη δημιουργία κατηγοριών των δεδομένων. Κάθε κλάση διαχειρίζεται ως ένας απλός πίνακας. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται το εσωτερικό μιας βάσεως δεδομένων.

Οι πληροφορίες στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών περιλαμβάνουν όλους τους συνήθεις τύπους αποθήκευσης των δεδομένων (πίνακες, συσχετίσεις) καθώς και ειδικό μενού GIS.



Σχήμα 9.2 Απεικόνιση των στοιχείων από τα οποία αποτελείται μια βάση δεδομένων.

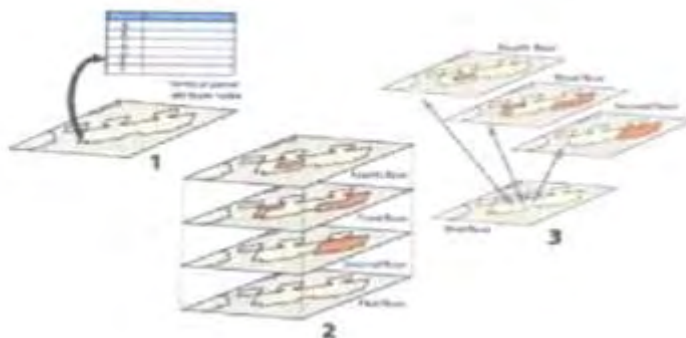
Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcGIS για το σχεδιασμό γεωγραφικών βάσεων δεδομένων αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Feature classes- συλλογές από σημεία, γραμμές και πολύγωνα που διαχειρίζονται ως feature tables.
- Raster data sets-ανεξάρτητες εικόνες που παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων.
- Tables-σύνολο πεδίων ή στηλών που χρησιμοποιούνται για να παραστήσουν μη γραφικά αντικείμενα.
- Relationships- ένας μηχανισμός που συλλέγει στοιχεία από έναν πίνακα και βρίσκει αντίστοιχα στοιχεία σε πίνακες αναφοράς.
- Domains-μια λίστα από τιμές για κάθε στήλη
- Subtypes-κατάταξη των χαρακτηριστικών των πινάκων σε κατηγορίες με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και κανόνες.
- Spatial relationships-καθορίζονται τοπολογικά. Ένας τοπολογικός σχεδιασμός αποτελεί τον τρόπο με τον οποίο μια βάση δεδομένων σχεδιάζεται γεωμετρικά σε συνάρτηση με άλλα χαρακτηριστικά.

### ***Παρουσίαση των αποτελεσμάτων***

Τρεις δυνατοί συνδυασμοί παρουσίασης των δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθούν όπως διαπιστώνεται στο σχήμα 12:

1. με τη μορφή πίνακα με ένα record για κάθε μονάδα (unit)
2. με τη μορφή πολυγώνων για κάθε επίπεδο
3. χρησιμοποιώντας συσχετίσεις με τα πολύγωνα



### **Σχήμα 9.3** Τρεις διαφορετικοί τρόποι απεικόνισης των προτύπων σχεδιασμού βάσεων δεδομένων

Τα στοιχεία σε μια βάση δεδομένων μπορεί να:

- ✓ αποθηκεύονται και να τοποθετούνται σε ειδική βάση δεδομένων
- ✓ αποθηκεύονται με ομοιόμορφο, δομημένο και καθορισμένο τρόπο
- ✓ διαχωρίζονται και να αναθεωρούνται

Στα παροδοσιακά συστήματα βάσης δεδομένων τα δεδομένα :

- ✓ αποθηκεύονται από διαφορετικές υπηρεσίες
- ✓ σε διάφορα αρχεία κοινής πρόσβασης
- ✓ σε χάρτες με διαφορετικές κλίμακες και συστήματα συντεταγμένων γεγονός που καθιστά δύσκολη τη συνεργασία με αποτέλεσμα να
- ✓ διαχωρίζονται με δυσκολία

Ο σχεδιασμός μιας βάσεως δεδομένων είναι ένας δυναμικός σχεδιασμός καθώς μπορεί κανείς να προσθέσει νέα στοιχεία ή να απορρίψει ορισμένα. Υπάρχει η δυνατότητα να διαχωριστούν τα δεδομένα ή να δημιουργηθούν συνδυασμοί δεδομένων εφόσον έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά.

#### **-Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών απαντούν σε ερωτήματα**

Το πιο σημαντικό και συνάμα δυναμικό στοιχείο των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι η δυνατότητα υποβολής ερωτημάτων στη γεωγραφική βάση δεδομένων και η λήψη απαντήσεων για την αιφορική διαχείριση του περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να υποβάλλει ερωτήματα και να λάβει απαντήσεις που αφορούν τα δεδομένα του. Τα αποτελέσματα των ερωτήσεων αποκτούν έντονα κίτρινα χρώματα και στη βάση δεδομένων και στο χάρτη.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να αποθηκεύουν χωρικά και μη δεδομένα σε μια βάση δεδομένων και δίδεται η δυνατότητα να συνδεθούν δύο τύποι πληροφοριών έτσι ώστε να υπάρξει η δυνατότητα ερωτήσεων και απαντήσεων.

Το πεδίο εφαρμογής των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι τόσο ευρύ έτσι ώστε να εξυπηρετούνται πολλές επιστήμες με πολλά δεδομένα και διάφορους χρήστες όπως:

**Επιστήμες :** Για παράδειγμα, Γονιμότητα Εδαφών και Θρέψη φυτών, Γένεση, Ταξινόμηση και Χαρτογράφηση Εδαφών, Χαρτογραφία, Τοπογραφία, Τηλεπισκόπηση, Μετεωρολογία, Μηχανολογία, Αρχιτεκτονική, Αστρονομία, Αεροδυναμική, Γεωλογία, Υδρολογία και πάρα πολλές άλλες.

**Χρήσεις :** Λειτουργία και συντήρηση δικτύων. Διαχείριση φυσικών πόρων, κτηματολόγιο, χαρτογράφηση, κ.α.

**Δεδομένα :** Ψηφιακοί χάρτες, ψηφιακές φωτογραφίες, δορυφορικά δεδομένα, κ.α.

**Χρήστες :** Εδαφολόγοι, Περιβαλλοντολόγοι, Μηχανικοί, Πολεοδόμοι, Γεωλόγοι, Τοπογράφοι, Χαρτογράφοι, Γεωπόνοι, Ιχθυολόγοι, κ.α.

Στις πρώτες εφαρμογές, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είχαν πολλές ομοιότητες με τα σχεδιαστικά προγράμματα (CAD ή Computer Aided Design). Έτσι μπορεί να αναφερθεί ότι τα πρώτα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ήταν διαφοροποιήσεις συστημάτων CAD.

Στα τέλη όμως της δεκαετίας του 1980, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών παρουσίαζαν διαφορετικό προφίλ. Αυτό πραγματοποιήθηκε γιατί δόθηκε η δυνατότητα ανάλυσης των δεδομένων και όχι απλής καταγραφής και παρουσίασης τους.

Με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών μπορούν να αναλυθούν ολοκληρωμένες σειρές δεδομένων και να δημιουργηθεί μια νέα σειρά δεδομένων ενώ τα συστήματα CAD δεν έχουν τη δυνατότητα αυτή.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να διαδραματίσουν πολύ σημαντικό ρόλο στην :

1. καταγραφή φυσικών συνθηκών
2. καταγραφή της καταλληλότητας των φυσικών πόρων για διάφορες χρήσεις
3. αποκάλυψη των σχέσεων αιτίου, αποτελέσματος
4. πρόβλεψη φαινομένων

Η επιστήμη και τεχνολογία σήμερα επιτρέπει τη μετάδοση πληροφοριών μέσω δημοσίων και μη τηλεπικοινωνιακών δικτύων καθώς και ηλεκτρονικών χαρτών οι οποίοι μπορούν να συνδυαστούν με σήματα ραντάρ και παγκόσμια συστήματα (Global Positioning Systems, G.P.S. ) θέσεως για τον εντοπισμό της θέσεως των φαινομένων.

Έτσι τα μοντέρνα στρατιωτικά συστήματα είναι για παράδειγμα, όλα αυτοματοποιημένα. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν αναπόσπαστο

κομμάτι τους. Τα οφέλη από τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών συνήθως εκφράζονται με την αύξηση της αποδοτικότητας, σε όρους που αναφέρονται στη μείωση του χρόνου, στην άμεση αύξηση εισοδήματος καθώς και στη μείωση του κόστους. Έτσι τα οφέλη αναφέρονται ως :

- ✓ Αυξημένη αποδοτικότητα εξαιτίας μαζικότερης παραγωγής με το ίδιο προσωπικό
- ✓ Μειωμένο κόστος δεδομένης της ύπαρξης καλύτερων βάσεων διαχείρισης δεδομένων, καλύτερες μεταφορές και συγκοινωνίες
- ✓ Αύξηση εισοδήματος λόγω καλύτερης και σαφέστερης καταγραφής προϊόντων, ακίνητης περιουσίας, φυσικών πόρων κ.α.
- ✓ Καλύτερη και εγκυρότερη λήψη αποφάσεων, σωστότερη ενημέρωση και πιο καλή παρουσίαση των σχεδίων των επιπτώσεων τους.

Η συστηματική δόμηση και οργάνωση των δεδομένων ορίζει τη μεγάλη αναγκαιότητα τους και καθορίζει και την επιτυχία εφαρμογής των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Προκειμένου να αναπαρασταθούν τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος χώρου από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό, πρότυπα απεικόνισης του πραγματικού κόσμου και ένα πρότυπο δεδομένων. Πρόκειται για διαδικασία γνωστή με τον όρο <<προσομοίωση φαινομένων>>.

Ένα πρότυπο της πραγματικότητας διευκολύνει τη μελέτη μιας συγκεκριμένης εφαρμογής καθώς μειώνει την πολυπλοκότητα. Το πρότυπο αυτό για να είναι χρήσιμο, πρέπει να δομείται σε μια βάση δεδομένων. Το τελευταίο πραγματοποιείται με το πρότυπο δεδομένων. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές μπορούν να επεξεργαστούν γεωμετρικά αντικείμενα, όπως σημεία, γραμμές και περιοχές όπως χρησιμοποιούνται στα πρότυπα δεδομένων.

Τα γεωμετρικά αντικείμενα χαρακτηρίζονται από διαφορετικό :

- τύπο
- χαρακτηριστικά
- σχέσεις
- γεωμετρία και
- ποιότητα

Τα αντικείμενα σε ένα πρότυπο δεδομένων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών περιγράφονται σε βάση το είδος, τα γεωμετρικά στοιχεία, τα χαρακτηριστικά, τις σχέσεις και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η ταυτότητα κάθε αντικείμενου αναπαρίσταται με αριθμούς και είναι μοναδική. Έτσι δεν υπάρχουν δύο αντικείμενα με την ίδια ταυτότητα. Ένα αντικείμενο μπορεί να ταξινομηθεί με ένα μόνο κωδικό.

Τα πρότυπα δεδομένων μπορούν να σχεδιαστούν για να περιλαμβάνουν :

- φυσικά αντικείμενα όπως δρόμους, ιδιοκτησίες
- ταξινομημένα αντικείμενα όπως βλάστηση, κλιματικές ζώνες, ηλικιακές ομάδες
- γεγονότα όπως πλημμύρες, ατυχήματα
- συνεχώς μεταβαλλόμενα αντικείμενα όπως όρια θερμοκρασίας, στάθμη ύδατος, κ.α.
- τεχνητά αντικείμενα όπως ισοϋψείς καμπύλες, πυκνότητα πληθυσμού
- τεχνητά αντικείμενο για παρουσίαση βάσεων δεδομένων

Σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών τα χαρακτηριστικά της επιφανείας της Γης δεν παρουσιάζονται μόνο με τη μορφή εικόνων, όπως στους αναλογικούς χάρτες αλλά και με τη μορφή πληροφοριών και δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν όλες τις χωρικές πληροφορίες των συνήθων χαρτών με μόνη τη διαφορά ότι όταν αποθηκεύονται σε κάποιο ηλεκτρονικό υπολογιστή υπάρχει η δυνατότητα παρουσίασή τους με ποικίλους τρόπους.

Τα χωρικά δεδομένα σ' ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορούν να απεικονιστούν όπως ακριβώς στους κλασικούς χάρτες, δηλαδή με το οδικό δίκτυο, το στραγγιστικό δίκτυο, τους δείκτες βλάστησης καθώς και άλλα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται με γραμμές σε ένα χάρτη με υπόμνημα και τίτλο ή με τη μορφή πίνακα καθώς και με το σύνολο των στατιστικών πινάκων που μπορούν να μετασχηματιστούν σε διαγράμματα και γραφήματα.

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό στοιχείο των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι η αποθήκευση της χωρικής πληροφορίας σε μια βάση δεδομένων με μια συγκεκριμένη δομή που είναι γνωστή ως χωρική βάση δεδομένων.

## **9.5 Vector και Raster Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών**

Δύο είναι οι κύριες μέθοδοι αποθήκευσης των Γεωγραφικών Χαρακτηριστικών, Vector και Raster. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών που αποθηκεύουν τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά σε Vector μορφή, χρησιμοποιούν σημεία, πολύγωνα και γραμμές με μεγάλη ακρίβεια. Προτιμώνται σε αγροτικές μελέτες με διακριτά όρια επιφανειών



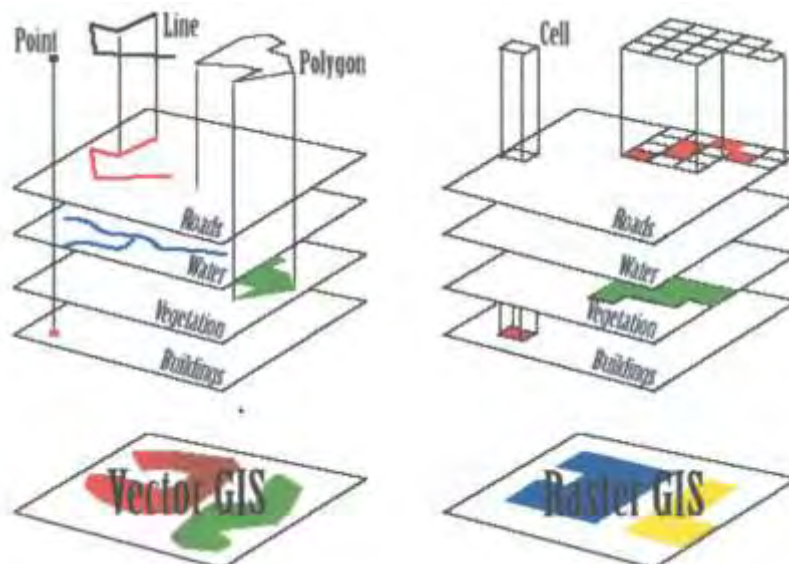
Τα Raster Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, αποθηκεύουν τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά σε raster ή grid μορφή διαχωρίζοντας την επιφάνεια μελέτης σε σύνολο κυψελίδων ή pixels. Η μορφή αυτή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις ψηφιακής μοντελοποίησης, στατιστικής ανάλυσης, προσομοίωσης προτύπων και εφαρμογές διαχείρισης φυσικών πόρων.

## 9.6 Δημιουργία θεματικών χαρτών

Οι χάρτες στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών απεικονίζονται θεματικά. Ένας τυπικός τοπογραφικός χάρτης μπορεί να απεικονίσει δρόμους, ποτάμια, υψόμετρα, δείκτες βλάστησης και άλλα χαρακτηριστικά σ' ένα απλό φύλλο χαρτί.

Σ' ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών τα χαρακτηριστικά αυτά τίθενται σε κατηγορίες ξεχωριστά και αποθηκεύονται σε διαφορετικά θεματικά επίπεδα.

Ο τρόπος αυτός οργάνωσης των δεδομένων δίδει τη δυνατότητα ευελιξίας στην παρουσίαση των δεδομένων καθώς τα επίπεδα μπορούν να συνδυαστούν με οποιονδήποτε τρόπο. Το σχήμα 13 που ακολουθεί, απεικονίζει τον τρόπο με τον οποίο οι χάρτες αποθηκεύονται ως θέματα σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.



**Σχήμα 9.4** Απεικόνιση του τρόπου αποθήκευσης των γεωγραφικών χαρακτηριστικών (Vector ή Raster) ως θεματικά επίπεδα σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Κάθε θέμα αποθηκεύεται σε διαφορετικό επίπεδο. Τα επίπεδα στο αριστερό μέρος του σχήματος παρουσιάζουν ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών που απεικονίζεται με τη vector μορφή ενώ στο δεξί τμήμα του σχήματος το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών παρουσιάζει raster δεδομένα με τη μορφή κυψελίδων.

Το πιο σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών αναφέρεται στην εισαγωγή της γραφικής πληροφορίας αντικειμένων. Η εισαγωγή αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με :

- σημεία (αδιάστατα)
- γραμμές (μονοδιάστατα)
- επιφάνεια (δισδιάστατα)

### **Σημεία**

Πρόκειται για την απλούστερη γραφική απεικόνιση ενός αντικειμένου. Τα σημεία δεν έχουν διαστάσεις αλλά μπορούν να απεικονιστούν σε χάρτες χρησιμοποιώντας σύμβολα. Η γωνία μιας ιδιοκτησίας είναι ένα τυπικό σημείο, όπως οι συντεταγμένες ενός κτιρίου. Το ένα αντικείμενο φαίνεται σαν σημείο ή σαν μια περιοχή αυτό καθορίζεται από την κλίμακα.

Σε μια μεγάλη κλίμακα η αναπαράσταση ενός κτιρίου μπορεί να είναι μια επιφάνεια, ενώ σε μια μικρή κλίμακα μπορεί να είναι μόνο ένα σημείο.

### **Γραμμές**

Οι γραμμές συνδέουν τουλάχιστον δύο σημεία και χρησιμοποιούνται προκειμένου να αναπαραστήσουν αντικείμενα που μπορούν να ορισθούν σε μία διάσταση. Οι δρόμοι και τα ποτάμια μπορεί να είναι είτε γραμμές είτε επιφάνειες καθώς εξαρτώνται από την κλίμακα. Τα όρια ιδιοκτησιών είναι τυπικές γραμμές, όπως και οι γραμμές ηλεκτρικού ρεύματος και οι γραμμές του τηλεπικοινωνιακού δικτύου.

### **Επιφάνειες**

Οι επιφάνειες χρησιμοποιούνται για να ορίσουν αντικείμενα δύο διαστάσεων. Μία λίμνη, μία πόλη ή μία δασική έκταση, μπορεί να παρασταθεί με μια επιφάνεια (πολύγωνο). Το φυσικό μέγεθος όπως είναι επόμενο, καθορίζεται από την κλίμακα. Στις βάσεις δεδομένων, οι επιφάνειες αναπαριστώνται με πολύγωνα, δηλαδή με επιφανειακά σχήματα που περικλείονται από τουλάχιστον τρεις ευθείες γραμμές που τέμνονται σε ισάριθμα σημεία. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ο όρος πολύγωνο αντί του όρου επιφάνεια.

Η πραγματικότητα συχνά περιγράφεται με διαίρεση σε απλά τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα με αποτέλεσμα όλα τα σημεία να περιγράφονται σε όρους επιφάνειας. Δίκτυο ή πλέγμα ονομάζεται αυτή η δομή των δεδομένων. Κάθε τετράγωνο ή

παραλληλόγραμμο είναι γνωστό φατνίο ή κυψελίδα και αναπαριστάνει μια ομοιόμορφη πυκνότητα ή τιμή.

### **9.7 Στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, μετάβαση από τις βάσεις δεδομένων στους τελικούς χάρτες**

Όταν ένα πρότυπο δεδομένων ορισθεί, ακολουθεί η απλή χρονοβόρα διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το πρόβλημα που ανακύπτει είναι η επιλογή της κατάλληλης, ευέλικτης και δυναμικής βάσεως δεδομένων με σκοπό:

- τη συλλογή και τον έλεγχο των δεδομένων
- τη δομή
- την αναθεώρηση και τη διαφοροποίηση
- τη διαχείριση την εισαγωγή/εξαγωγή
- την ανάκτηση και την παρουσίαση και
- τις αναλύσεις και τους πιθανούς συνδυασμούς δεδομένων

Ένα κατάλληλο πρότυπο Βάσεως Δεδομένων είναι εντελώς απαραίτητο ώστε να επιτευχθεί ο τελικός στόχος των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

- Ψηφιοποίηση και προεργασία δεδομένων

Η χωρική πληροφορία παρουσιάζεται με δύο τρόπους :

1. ως διανυσματικά δεδομένα με τη μορφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων ή
2. ως δεδομένα ψηφιδωτού με τη μορφή ομοιόμορφων, συστηματικά οργανωμένων φατνίων ή κυψελίδων

Ο λεγόμενος <<ψηφιακός χάρτης>> αποτελείται από νούμερα (ψηφία). Οι χάρτες είναι από τη φύση τους αναλογικοί, ανεξάρτητα αν σχεδιαστούν με το χέρι ή με τον υπολογιστή ή αν παρουσιάζονται σε χαρτί ή σε οθόνη. Με απλά λόγια τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών δεν παράγουν <<ψηφιακούς χάρτες>> αλλά αναλογικούς χάρτες από ψηφιακά δεδομένα.

#### **-Συνδυασμός ψηφιακών χαρτών και πληροφοριών από καταγραφές**

Συνήθως χρησιμοποιούνται αναγνωριστικοί κωδικοί στα δεδομένα χαρτών και χαρακτηριστικών ώστε να μετακινούμαστε από τα δεδομένα χαρτών στα δεδομένα

χαρακτηριστικών και αντίστροφα. Δεδομένα χαρακτηριστικών που δεν αναφέρονται στο χώρο μπορούν να συνδεθούν με τη γεωγραφία. Πρόκειται για μια από τις ιδιαίτερες δυνατότητες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Δεδομένα που αρχικά δεν περιέχουν καμιά γεωγραφική πληροφορία μπορούν να αποκτήσουν γεωγραφικές διαστάσεις και να χρησιμοποιηθούν ώστε να παρουσιαστούν να δεδομένα με νέους τρόπους σε χάρτες.

Η επικάλυψη ανόμοιων δεδομένων, όπως γεωλογικά δεδομένα και δεδομένα βλάστησης «πολλές φορές γίνεται δύσκολη» εξαιτίας της έλλειψης συγγενείας μεταξύ των παρατηρήσεων στο πεδίο. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι οι περιοχές παρατήρησης που βρίσκονται στους αντίστοιχους πίνακες χαρακτηριστικών, δεν είναι δυνατόν να μπου μαζί καθώς αναφέρονται σε διαφορετικές περιοχές.

Με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, το πρόβλημα αυτό λύνεται με τη χαρτογραφική ολοκλήρωση και με τα δεδομένα της Τηλεπισκόπησης. . Με την τεχνική αυτή, χρησιμοποιούνται μέθοδοι επικάλυψης για να συνδυαστούν οι γεωμετρίες των δύο ανόμοιων θεματικών περιοχών σε ένα θεματικό χάρτη.

Ο νέος συνθετικός χάρτης περιέχει πολλά νέα αντικείμενα και περιοχές που αναφέρονται στους δύο αρχικούς θεματικούς χάρτες. Τα νέα αυτά αντικείμενα ονομάζονται <<Μονάδες Ελάχιστης Χαρτογράφησης, ΜΕΧ>>. Η χαρτογραφική ολοκλήρωση είναι απλή όταν οι περιοχές των αρχικών χαρτογραφικών δεδομένων περιέχουν ομοιογενή δεδομένα, όπως δεδομένα ιδιοκτησιών, χρήσεων γης, βλάστησης, γεωλογίας, εδαφικών χαρτογραφικών μονάδων, κ.α.

### **Ψηφιακά Πρότυπα Εδάφους**

Η ψηφιακή αναπαράσταση της επιφάνειας μιας γεωμορφής ή ενός ολοκληρωμένου τοπίου ονομάζεται <<Ψηφιακό Πρότυπο Εδάφους>> ή <<Πρότυπο Ψηφιακού Υψομέτρου>>. Οι επιφάνειες των γεωμορφών ή τοπίων είναι συνεχόμενες επιφάνειες με συνεχώς μεταβαλλόμενο ανάγλυφο και τοπογραφία. Ουσιαστικά τα πρότυπα εδάφους αποτελούνται από διάφορους συνδυασμούς σημείων με χ-ψ-ζ συντεταγμένες.

#### **- Δημιουργία συνεχούς επιφάνειας με Γεωστατιστικές μεθόδους**

Οι Ντετερμινιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν την ήδη υπάρχουσα διάταξη των σημείων για να δημιουργήσουν μια συνεχή επιφάνεια (Inverse Distance Weighted) ή διαφορετικά προσαρμόζουν ένα μαθηματικό πρότυπο στα παρατηρούμενα σημεία (global-local polynomial and radial basis functions).

Όπως το δηλώνει και το όνομα τους, οι γεωστατιστικές τεχνικές χωρικής μεταβλητότητας, δημιουργούν συνεχείς επιφάνειες συνδυάζοντας τις στατιστικές ιδιότητες των παρατηρήσεων. Δεδομένου ότι οι γεωστατιστικές μέθοδοι βασίζονται στη στατιστική, δεν

παράγουν μόνο επιφάνειες πρόβλεψης αλλά και συνεχείς επιφάνειες του λάθους πρόβλεψης (error prediction maps) ή αβεβαιότητας, δίδοντας έτσι ένα δείκτη επιτυχίας της μεθόδου πρόβλεψης.

Οι μέθοδοι που σχετίζονται με τη Γεωστατιστική ανάλυση είναι πολλές και όλες ανήκουν σε περιβάλλον Kriging. Οι μέθοδοι Kriging δημιουργούν συνεχείς επιφάνειες πρόβλεψης καθώς και επιφάνειες που δείχνουν το ποσοστό λάθους στην πρόβλεψη με χάρτες πιθανότητας.

Η μέθοδος Kriging αποτελείται από δύο κύρια μέρη:

- την απεικόνιση της χωρικής μεταβλητότητας των δεδομένων και
- την παραγωγή χαρτών πρόβλεψης των χαρακτηριστικών των δεδομένων.

Εξετάζοντας τη μορφή του βαριογράμματος ή γραφήματος της παραλλακτικότητας μπορούμε να προσαρμόσουμε ένα πρότυπο στη βάση δεδομένων. Προκειμένου να γίνει για μια άγνωστη τιμή σε μια συγκεκριμένη θέση, η μέθοδος Kriging χρησιμοποιεί το πρότυπο που προσαρμόζεται καλύτερα από το βαριόγραμμα ή γράφημα της παραλλακτικότητας και τις τιμές των μετρηθέντων σημείων γύρω από την περιοχή πρόβλεψης.

### **-Τεχνικές χωρικής μεταβλητότητας**

Η Γεωστατιστική αναφέρεται σε στατιστικά στοιχεία της επιφάνειας της Γης, όπως είναι τα γεωγραφικά και γεωλογικά στοιχεία. Σήμερα η γεωστατιστική χρησιμοποιείται σε πολλά πεδία έρευνας και συνθέτει πολλά χωρικά στατιστικά στοιχεία.

Μέχρι πρόσφατα, σε όρους στατιστικούς, η γεωστατιστική ήταν συνώνυμη με τη μέθοδο Kriging (η μέθοδος ονομάστηκε έτσι από τον Dr.Krige, ο οποίος της εφήρμοσε για πρώτη φορά) η οποία είναι συνώνυμη σχεδόν με το στατιστικό όρο της χωρικής μεταβλητότητας. Η έννοια έχει διευρυνθεί τόσο ώστε δεν περιλαμβάνει μόνο τη μέθοδο Kriging αλλά και πολλές άλλες τεχνικές χωρικής μεταβλητότητας.

Ένα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της γεωστατιστικής είναι ότι το φαινόμενο που εξετάζεται λαμβάνει τιμές σε όλη την περιοχή μελέτης και όχι μόνο σε συγκεκριμένα σημεία, όπως για παράδειγμα η συγκέντρωση του αζώτου σ' έναν αγρό ή η συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα. Είναι πολύ σημαντικό να αναγνωριστούν οι τύποι της βάσεως δεδομένων που μπορούν να αναλυθούν χρησιμοποιώντας τη γεωστατιστική.

## - Κατανόηση των προτύπων Kriging

Η μέθοδος Kriging στηρίζεται σε μαθηματικά και στατιστικά πρότυπα. Η προσθήκη ενός στατιστικού προτύπου που περιέχει πιθανότητα, διαχωρίζει τη μέθοδο Kriging από τις Ντετερμινιστικές μεθόδους. Με τη μεθοδολογία αυτή, υπάρχει συσχέτιση των προβλέψεων των πιθανοτήτων τους. Βασίζεται στην αίσθηση της αυτοσυσχέτισης (autocorellation). Η συσχέτιση θεωρείται κυρίως ως μια τάση των δύο μεταβλητών να συνδυαστούν.

Στη γεωστατιστική, η πληροφορία από τα χωρικά δεδομένα δίδει τη δυνατότητα να προσδιοριστούν οι αποστάσεις μεταξύ των παρατηρήσεων και να μοντελοποιηθεί η συσχέτιση ως μια λειτουργία της απόστασης.

Η Kriging και η co- Kriging είναι μέθοδοι πρόβλεψης δεδομένων και κύριος σκοπός τους είναι να παράγουν μια συνεχή επιφάνεια (χάρτης πρόβλεψης) με προβλεπόμενες τιμές. Είναι πολύ σημαντικό να δίδονται απαντήσεις σε ερωτήματα, όπως για παράδειγμα <<πόσο καλές είναι οι προβλέψεις>>.

Τρεις διαφορετικού είδους χάρτες είναι δυνατό να παραχθούν και δύο από αυτούς συνοδεύονται και από χάρτη του λάθους στην πρόβλεψη. Με το χάρτη του λάθους πρόβλεψης, δίδεται η δυνατότητα να γνωρίζει ο χρήστης με ακρίβεια τις περιοχές με τη μεγαλύτερη και μικρότερη πιθανότητα λάθους στην πρόβλεψη.

Η μέθοδος Kriging ως μέθοδος πρόβλεψης δεν απαιτεί τα δεδομένα να ακολουθούν κανονική κατανομή. Βασίζεται στην παραδοχή ότι τα τυχαία λάθη είναι δευτερεύουσας σημασίας, έχουν δηλαδή μηδενικό μέσο όρο και ότι η παραλλακτικότητα μεταξύ δύο οποιονδήποτε τυχαίων σημείων εξαρτάται μόνο από την απόσταση και από τη μεταξύ τους διεύθυνση και όχι από τις ακριβείς τους θέσεις.

Μετασχηματισμοί και τάση πρόβλεψης μπορεί να βοηθήσουν έτσι ώστε να γίνουν δεκτές οι παραδοχές της κανονικής κατανομής και της σταθερότητας. Η πρόβλεψη που χρησιμοποιεί η Κανονική (Ordinary), η Απλή (Simple) και η Universal Kriging για μετασχηματισμούς Box-Cox, ονομάζεται Transgaussian Kriging.

Οι μετασχηματισμοί που χρησιμοποιούν λογαριθμικές μεταβλητές (log-transformation) αποτελούν ειδική περίπτωση των Box-Cox μετασχηματισμών, αλλά έχουν ειδικές ιδιότητες πρόβλεψης και είναι γνωστοί ως Lognormal Kriging.

### Κατανόηση της Ordinary Kriging

Η Ordinary Kriging στηρίζεται στο ακόλουθο πρότυπο,

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$$

Όπου  $\mu$  είναι η άγνωστη μεταβλητή. Ένα σημείο ιδιαίτερης προσοχής αφορά στο εάν και σε πιο βαθμό η παραδοχή του σταθερού όρου είναι αιτιολογημένη. Μερικές φορές υπάρχουν τεκμηριωμένες επιστημονικές αντιρρήσεις για να απορριφθεί η παραδοχή. Ωστόσο πρόκειται για μια απλή μέθοδο πρόβλεψης που έχει αξιοσημείωτη προσαρμοστικότητα.

Η Ordinary Kriging μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες τα δεδομένα φαίνεται να εμφανίζουν τάση πρόβλεψης. Είναι αρκετά δύσκολο να ληφθεί απόφαση βασιζόμενη μόνο στη βάση δεδομένων καθώς η παρατηρούμενη περιοχή μελέτης είναι αποτέλεσμα της συσχέτισης μεταξύ των δεδομένων του παραπάνω προτύπου.

Η Ordinary Kriging μπορεί να χρησιμοποιήσει διαγράμματα είτε παραλλακτικότητας, είτε ημιπαραλλακτικότητας, τα οποία αποτελούν τις μαθηματικές μορφές έκφρασης συσχετίσεων και ακόμη να εφαρμόσει μετασχηματισμούς και τάσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε πρόβλεψη λαθών.

#### **-Πρότυπο σημείων**

Συχνά για να περιγραφούν τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως είναι το ανάγλυφο και η τοπογραφία χρησιμοποιείται ένα πλέγμα από υψόμετρα σε καθορισμένες αποστάσεις. Το υψόμετρο θεωρείται σταθερό για κάθε **φατνίο** ή **κυψελίδα του πλέγματος** με αποτέλεσμα τα μικρότερα **φατνία** να είναι πιο ακριβή από τα μεγαλύτερα. Το μέγεθος των φατνίων είναι συνήθως σταθερό σε ένα πρότυπο.

Έτσι οι περιοχές με μεγαλύτερη διαφοροποίηση του αναγλύφου και/ή της τοπογραφίας περιγράφονται με μικρότερη ακρίβεια από τις περιοχές με μικρότερη διαφοροποίηση του αναγλύφου και/ή της τοπογραφίας.

Οι γεωμορφές και/ή τα τοπία μπορούν να περιγραφούν με τυχαία επιλεγμένα σημεία (σμήνος σημείων). Θεωρητικά τα χαρακτηριστικά των γεωμορφών και/ή των τοπίων μεταξύ των σημείων είναι άγνωστα και έτσι είναι αναγκαίο η πυκνότητα των σημείων να είναι μεγαλύτερη σε περιοχές όπου το ανάγλυφο και η τοπογραφία μεταβάλλεται περισσότερο.

#### **Το πρότυπο μίας επιφάνειας (TIN)**

Το πρότυπο μίας επιφάνειας είναι ένα σύνολο τριγωνικών επιφανειών με τις κορυφές τους σε συγκεκριμένα σημεία ιδιαίτερης σημασίας με γνωστό υψόμετρο. Σε κάθε τρίγωνο η κλίση της επιφάνειας της γεωμορφής και/ή του τοπίου θεωρείται σταθερή. Η έκταση των τριγώνων μπορεί να διαφέρει και μικρότερα τρίγωνα να αντιστοιχούν σε περιοχές όπου το ανάγλυφο μεταβάλλεται γρήγορα. Το πρότυπο που προκύπτει **ονομάζεται Τριγωνικό Ανόμοιο Πλέγμα (Triangular Irregular Network, TIN)**.

Είναι επιθυμητό να υπάρχουν όσο το δυνατό μικρά ισόπλευρα τρίγωνα. Το TIN πρότυπο είναι ικανό να αποθηκεύσει χαρακτηριστικά τριγώνων όπως η κλίση και η διεύθυνση καθώς και περιοχές της επιφανείας της γεωμορφής και/ή του τοπίου με λιγότερες λεπτομέρειες περιγράφονται με λιγότερα δεδομένα από ότι όμοιες περιοχές με μεγαλύτερη διαφοροποίηση.

### **Πρακτικές παρατηρήσεις**

Τα **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών** που βασίζονται σε τοπολογικό πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιήσουν **TIN** δεδομένα.

Τα δεδομένα των επιφανειών των γεωμορφών και/ή των τοπίων, συνήθως διαμορφώνονται από τοπογραφίες, από ψηφιοποίηση ισοϋψών καμπυλών σε χάρτες ή από φωτογραμμετρική ανάλυση και φωτοερμηνεία. Διάφορα προγράμματα **εσωεκτίμησης** υπολογίζουν τις νέες  $Z$  συντεταγμένες για νέες  $X$ - $Y$  συντεταγμένες με αποτέλεσμα να διευκολύνουν ειδικούς υπολογισμούς όπως είναι οι εφαρμογές στις τηλεπικοινωνίες, στις εγκαταστάσεις παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, κ.α.

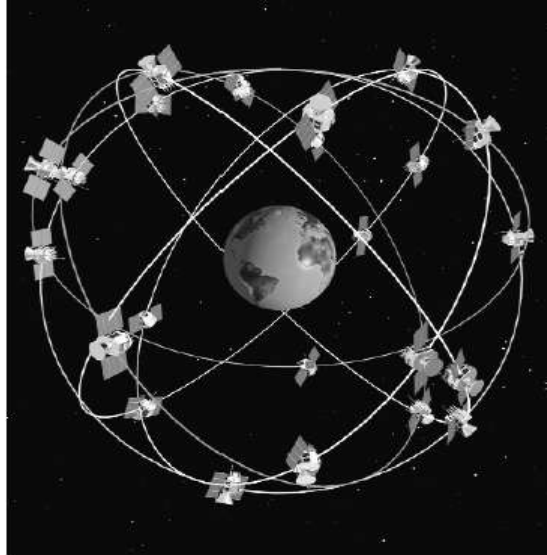
Ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται και αποθηκεύονται τα δεδομένα είναι ιδιαίτερα σημαντικός για το είδος και την απόδοση των υπολογισμών. Έτσι για παράδειγμα ψηφιακές ισοϋψείς καμπύλες δε χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό κλίσεων, ενώ από την άλλη μεριά υπολογισμοί για την επιφανειακή απορροή γίνονται πολύ γρήγορα χρησιμοποιώντας TIN πρότυπο.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις επιφάνειες των γεωμορφών και/ή των τοπίων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν συνεχώς μεταβαλλόμενα φαινόμενα. Η πυκνότητα του πληθυσμού, οι θερμοκρασίες, η παραγωγή βιομάζας; και τα κατακρημνίσματα, μπορούν να περιγράψουν αν αντί του υψόμετρου στον άξονα  $Z$  οριστεί η αντίστοιχη παράμετρος.

## **9.8 Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning system, GPS)**

Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning system, GPS) ονομάζεται ο σχηματισμός των 24 συνολικά δορυφόρων που αναπτύχθηκε από το Αμερικανικό Υπουργείο Αμύνης και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του γεωγραφικού στίγματος οποιουδήποτε σημείου πάνω στην επιφάνεια της γης. Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε τροχιά σε ύψος είκοσι χιλιάδων χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης, σε συγκεκριμένα γνωστά σημεία (Εικόνα 91).





**Εικόνα 9.1** Σχηματική απεικόνιση των 24 δορυφόρων που αποτελούν το παγκόσμιο σύστημα καθορισμού θέσης (GPS).

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες **GPS** και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα που εκπέμπεται από τον κάθε δορυφόρο περιέχει πληροφορίες για την ταυτότητα του δορυφόρου και την ακριβή χρονική στιγμή που έγινε η εκπομπή.

Ο δέκτης **GPS** λαμβάνει τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα των δορυφόρων και υπολογίζει την χρονική υστέρηση στο σήμα που δέχεται, την οποία και χρησιμοποιεί για να μετρήσει την απόσταση του από κάθε δορυφόρο. Όταν δέχεται σήματα από τρεις δορυφόρους τουλάχιστον, ο δέκτης χρησιμοποιεί γεωμετρική ανάλυση για να καθορίσει την **γεωγραφική του θέση (στίγμα)** στην επιφάνεια της γης, που εκφράζεται σε **γεωγραφικό μήκος (longitude)** και **γεωγραφικό πλάτος (latitude)**. Όταν λαμβάνει σήματα και από τέταρτο δορυφόρο μπορεί να υπολογίσει και το **υψόμετρο (altitude, elevation)** της θέσης που βρίσκεται ο παρατηρητής.

Το GPS αποτελεί το μέσο που βοηθά στον καθορισμό θέσης οπουδήποτε στην επιφάνεια της ΓΗΣ, αρκεί να υπάρχει οπτική επαφή με τους δορυφόρους. Το **GPS** βρίσκει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς, όπως η διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας, η πλοήγηση πλοίων κλπ., ενώ άριστες είναι οι προοπτικές εφαρμογής του και στην Γεωργία.

### 9.8.1 Ακρίβεια του GPS

Η ακρίβεια του GPS εξαρτάται από του εξής παράγοντες (Pfof et al., 1999):

- Την εγκατάσταση του.
- Την τεχνολογία του
- Τον αριθμό των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα, καθώς και από τις σχετικές θέσεις τους
- Την επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability)
- Τις παραμορφώσεις των δορυφορικών σημάτων που οφείλονται στον καιρό, στις επιδράσεις των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρας, ιονόσφαιρας), καθώς και σε ανακλάσεις των δορυφορικών σημάτων σε αντικείμενα της περιοχής, και τέλος
- Την διαφορική διόρθωση (Differential Correction)

### 9.8.2 Διαφορική διόρθωση (Differential Correction)

Η Διαφορική Διόρθωση είναι ένας τρόπος εξάλειψης του σφάλματος που προκαλείται από τους διάφορους περιοριστικούς παράγοντες της ακρίβειας του δέκτη GPS. Για το σκοπό αυτόν χρησιμοποιείται ένας σταθερός επίγειος δέκτης και ταυτόχρονα ένας πομπός GPS (διαφορικός σταθμός), με γνωστή θέση. Εφόσον η Θέση των δορυφόρων είναι επίσης γνωστή, είναι γνωστή και η απόσταση μεταξύ των δορυφόρων και του διαφορικού σταθμού. Ο σταθμός αυτός μετράει συνεχώς την επίδραση των παραγόντων που προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα των δορυφόρων με τους οποίους έχει επαφή. Στην συνέχεια στέλνει σήμα στον κινητό δέκτη GPS, ο οποίος λαμβάνοντας σήματα από τον σταθερό δέκτη και από τους δορυφόρους ταυτόχρονα, διορθώνει την ένδειξη του. Το GPS που χρησιμοποιεί την μέθοδο αυτή ονομάζεται Differentially Corrected GPS ή DGPS και είναι ακριβέστερο του απλού.

### 9.8.3 Σχέση ακριβείας προς κόστος

Είναι σαφές ότι η ακρίβεια που παρέχει ένας δέκτης GPS εξαρτάται από την τεχνολογία του. Ένας οικονομικός δέκτης, χωρίς διαφορική διόρθωση, παρέχει ακρίβεια 3 έως 5 μέτρων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή επισημάνσεων – παρατηρήσεων στον αγρό.

## 9.9 Δημιουργία θεματικών χαρτών των περιοχών για κάθε μήνα.

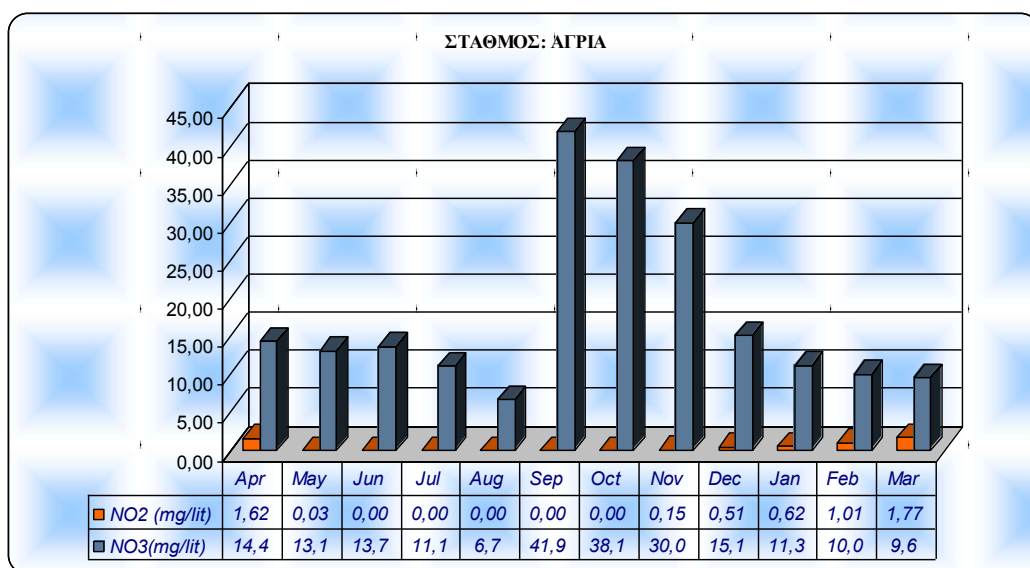
Για τη δημιουργία των θεματικών χαρτών για κάθε μήνα που παρουσιάζονται στο Παράρτημα II και III χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα, τα αποτελέσματα των πινάκων 1-17 του Παραρτήματος I. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των χαρτών είναι το Arc View 9.1 Desktop και συγκεκριμένα οι εφαρμογές Arc Catalog και Arc Map. Το υπόβαθρο που χρησιμοποιήσαμε για την παραγωγή των χαρτών ήταν τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1:50.000. Σε πρώτο στάδιο δημιουργήσαμε την βάση δεδομένων τοποθετώντας τις τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων για κάθε μήνα που βρέθηκαν σε κάθε περιοχή σε συνδυασμό με τις συνταταγμένες που λήφθηκαν με το GPS. Με την εφαρμογή Arc Catalog δημιουργήσαμε κάθε σημείο χωριστά πάνω στο χάρτη και στη συνέχεια γινόταν διαχείριση των δεδομένων για κάθε μήνα. Με την εφαρμογή Arc Map έγινε η σύνθεση και η ανάλυση των χαρτών για κάθε μήνα. Τέλος για τη γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων για κάθε μήνα χρησιμοποιήθηκε η μεθοδος Kriging και συγκεκριμένα η κανονική (Ordinary) Kriking. Η Ordinary Kriging μπορεί να χρησιμοποιήσει διαγράμματα είτε παραλλακτικότητας, είτε ημιπαραλλακτικότητας, τα οποία αποτελούν τις μαθηματικές μορφές έκφρασης συσχέτισεως και ακόμη να εφαρμόσει μετασχηματισμούς και τάσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε πρόβλεψη λαθών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 10.1 Περιοχή Αγριάς

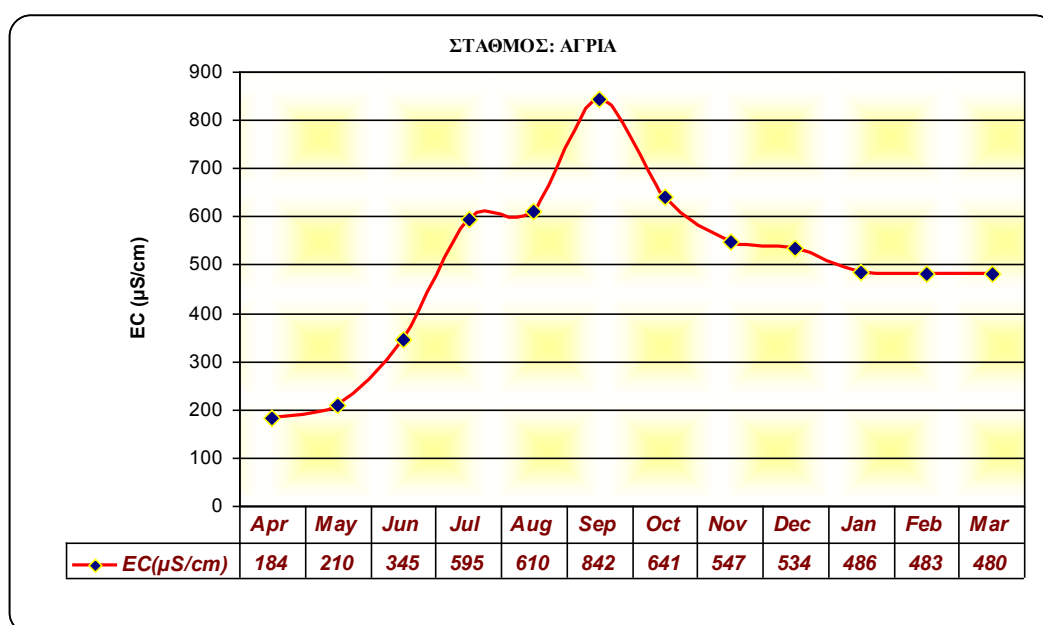
Στο Σχήμα 10.1.1 παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008.



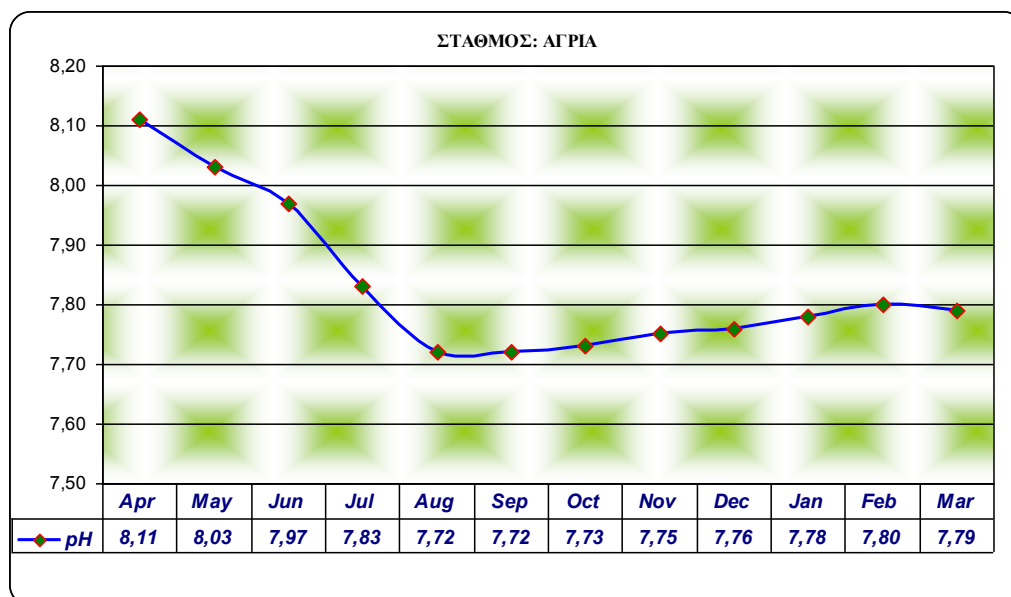
**Σχήμα 10.1.1** Τιμές των  $NO_3$  και  $NO_2$  κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.1.1**, τα νιτρώδη ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο του 2007. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 1,61 mg/lit, 0,51 mg/lit, 0,61 mg/lit, 1,01 mg/lit και 1,77 mg/lit και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**), ενώ το Μάιο και Νοέμβριο του 2007 οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν 0,03 mg/lit, και 0,15

mg/l αντίστοιχα και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν το Σεπτέμβριο, τον Οκτώβριο και το Νοέμβριο του 2007, οι τιμές των νιτρικών βρέθηκαν αντίστοιχα 41,9 mg/l, 31,1 mg/l και mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **μέσης επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (25-50 mg/l)** ενώ τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Δεκέμβριο του 2007 και Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2008 οι τιμές βρέθηκαν 14,4 mg/l, 13,1 mg/l, 13,6 mg/l, 11,1 mg/l, 6,7 mg/l, 15,1 mg/l, 11,2 mg/l, 10 mg/l, 9,6 mg/l αντίστοιχα και χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της  $EC_w$  ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 496 Ms/cm (Σχήμα 10.1.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια ( **$6,5 \leq pH \leq 9,5$** ) με μέσο όρο 7,83. (Σχήμα 10.1.3)



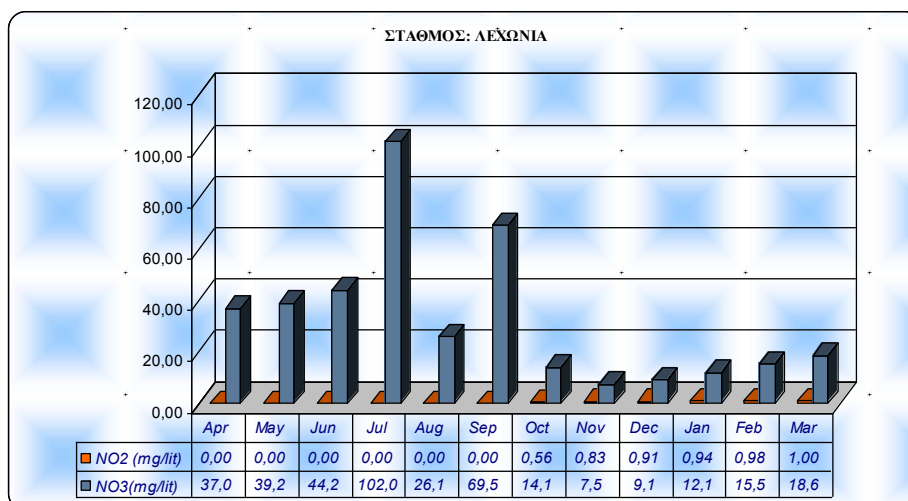
**Σχήμα 10.1.2** Τιμές  $EC_w$  κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.1.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008

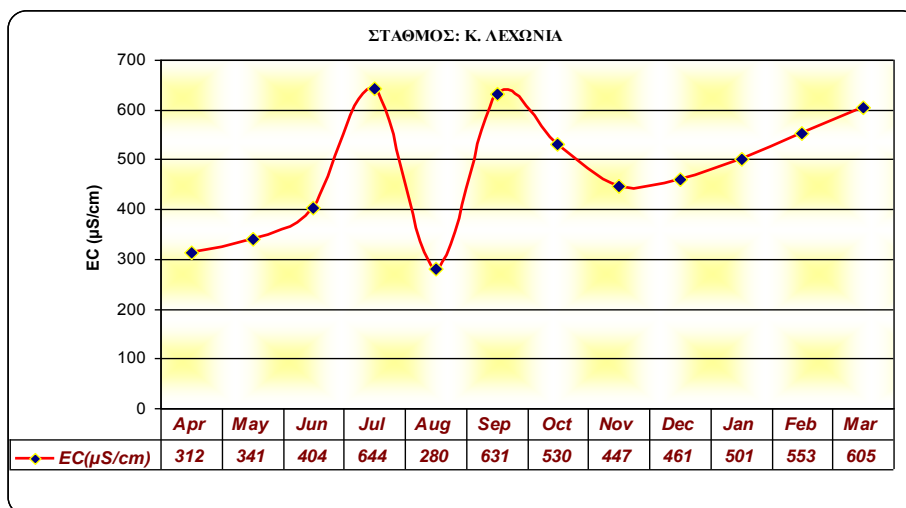
## 10.2 Περιοχή Κάτω Λεχωνίων

Στο **Σχήμα 10.1.2** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008.

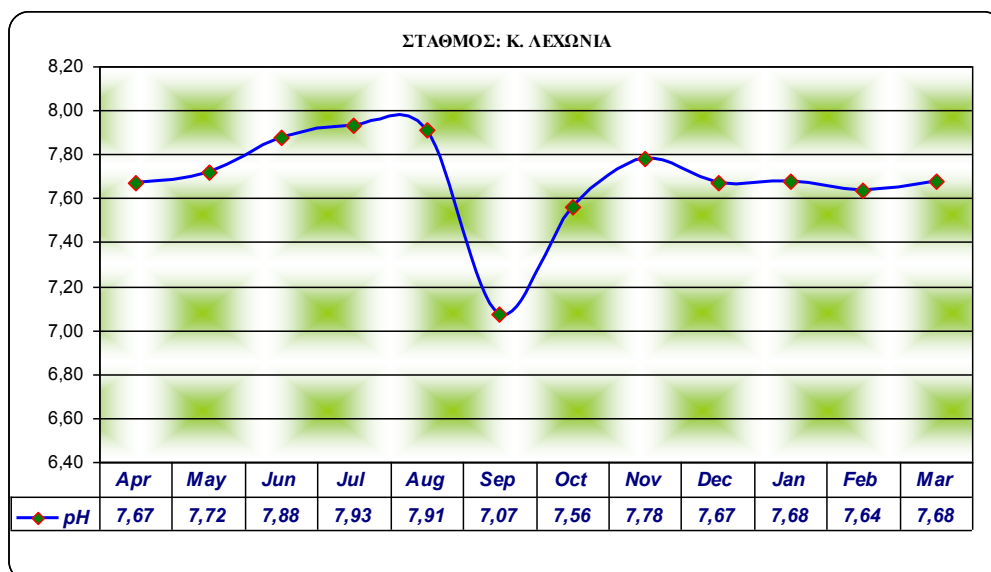


**Σχήμα 10.2.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008

. Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.1.2**, τα νιτρώδη ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο,Μαΐο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο του 2007. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Οκτώβριο,Νοέμβριο,το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,56 mg/l, 0,83 mg/l, 0,91 mg/l, 0,94 mg/l , 0,97 mg/l 1 mg/l και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι τον Ιούλιο και Σεπτέμβριο του 2007 οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 102 mg/l και 69,5 mg/l ,είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής που είναι τα **50 mg/l** και χαρακτηρίζονται ως **υψηλής επικινδυνότητας (>50 mg/l)**. Στα δείγματα που συλλέχθησαν τον Απρίλιο, Μάιο,Ιούνιο Αύγουστο του 2007, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 37 mg/l, 39,1 mg/l και 44,2 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **μέσης επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (>25 mg/l)** ενώ τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2008 οι τιμές βρέθηκαν αντίστοιχα 14,1 mg/l, 9,1 mg/l, 12,1 mg/l, 15,4 mg/l, 18,5 mg/l και χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)** .Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμη (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 491 Ms/cm (Σχήμα 10.2.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**)με μέσο όρο 7,68 (Σχήμα 10.2.3)



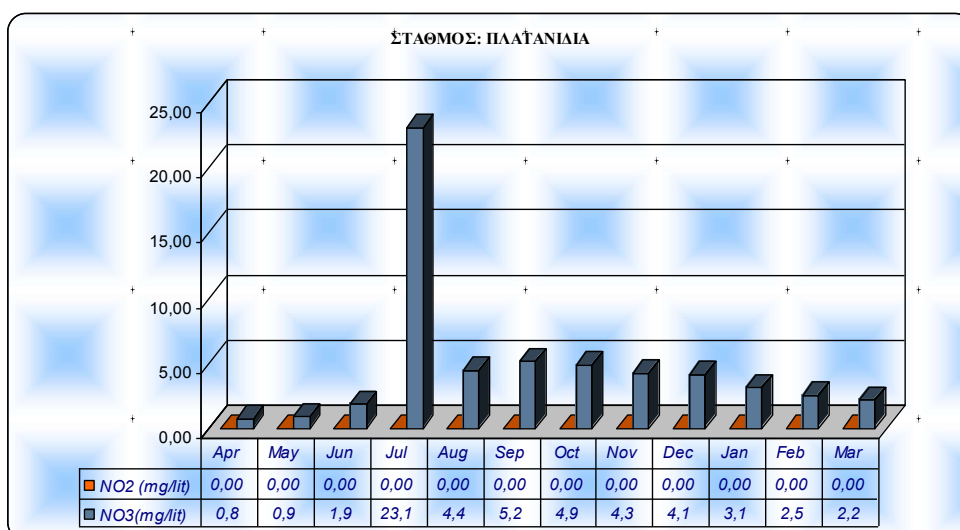
**Σχήμα 10.2.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.2.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

### 10.3 Περιοχή Πλατανιδίων

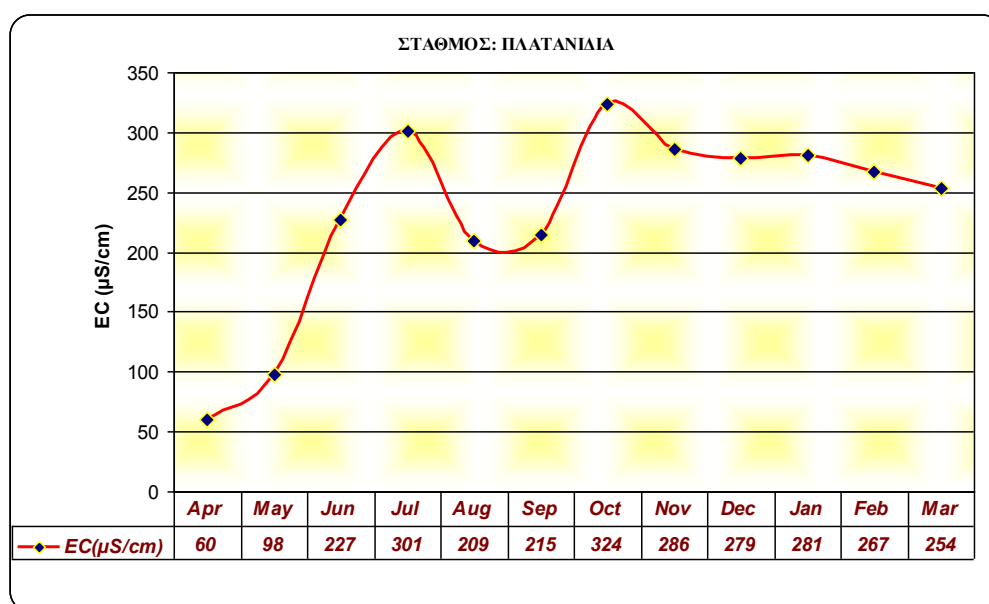
Στο **Σχήμα 10.3.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008



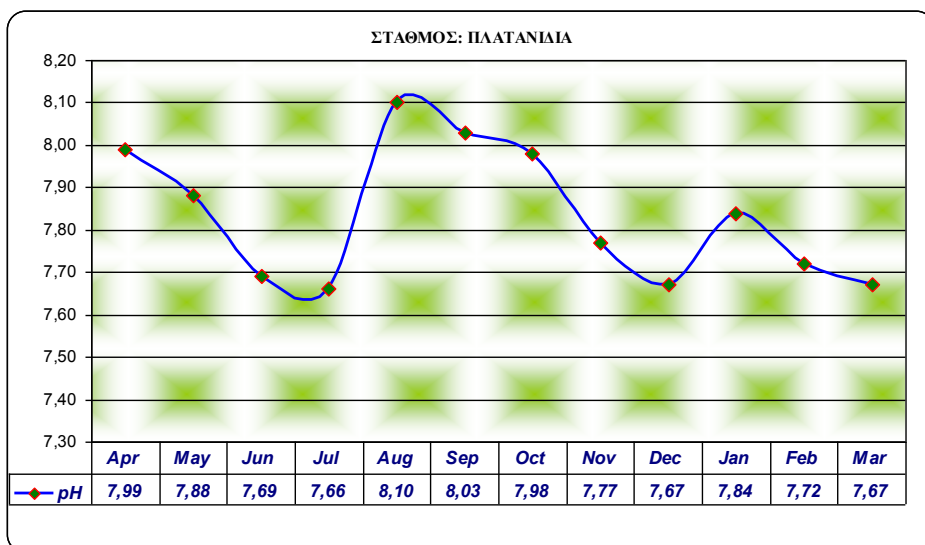
**Σχήμα 10.3.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008



Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.3.1**, τα νιτρώδη ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα από τα δείγματα που συλλέχτηκαν και τους δώδεκα μήνες. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαΐο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,7 mg/l, 0,9 mg/l, 1,8 mg/l, 1,8 mg/l, 23,1 mg/l, 4,4 mg/l, 5,1 mg/l, 4,9 mg/l, 4,2 mg/l, 4,1 mg/l, 3,1 mg/l, 2,5 mg/l, 2,1 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της  $EC_w$  ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 233 Ms/cm (Σχήμα 10.2.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια ( **$6,5 \leq pH \leq 9,5$** ) με μέσο όρο 7,36. (Σχήμα 10.3.3)



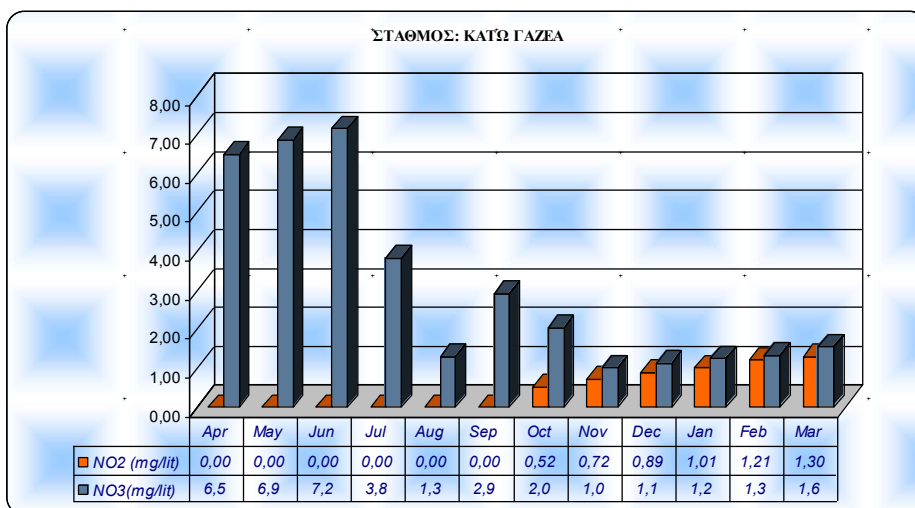
**Σχήμα 10.3.2** Τιμές  $EC_w$  κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.3.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007  
- Μάρτιος 2008

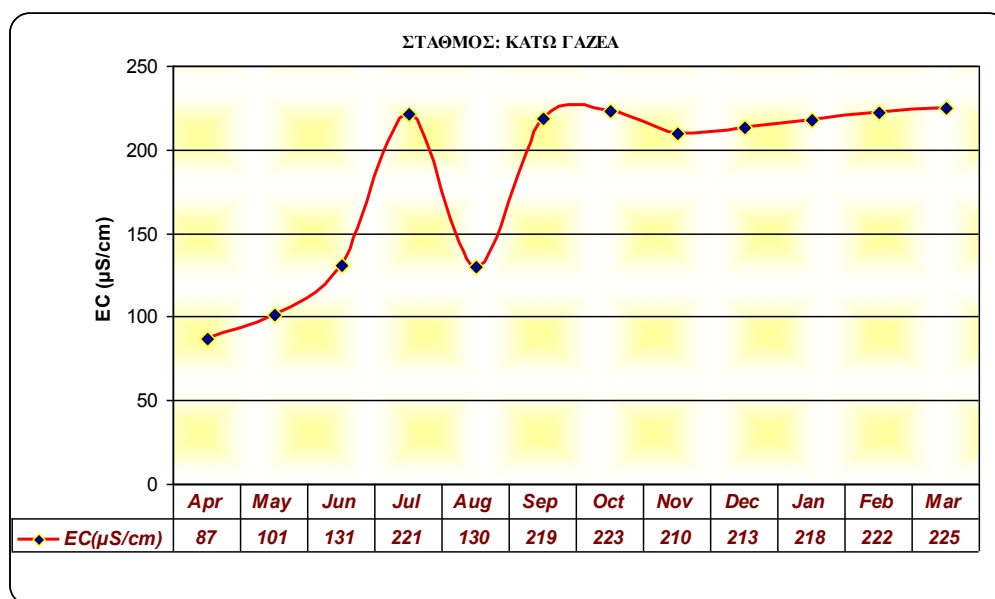
#### 10.4 Περιοχή Κάτω Γατζέας

Στο **Σχήμα 10.4.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

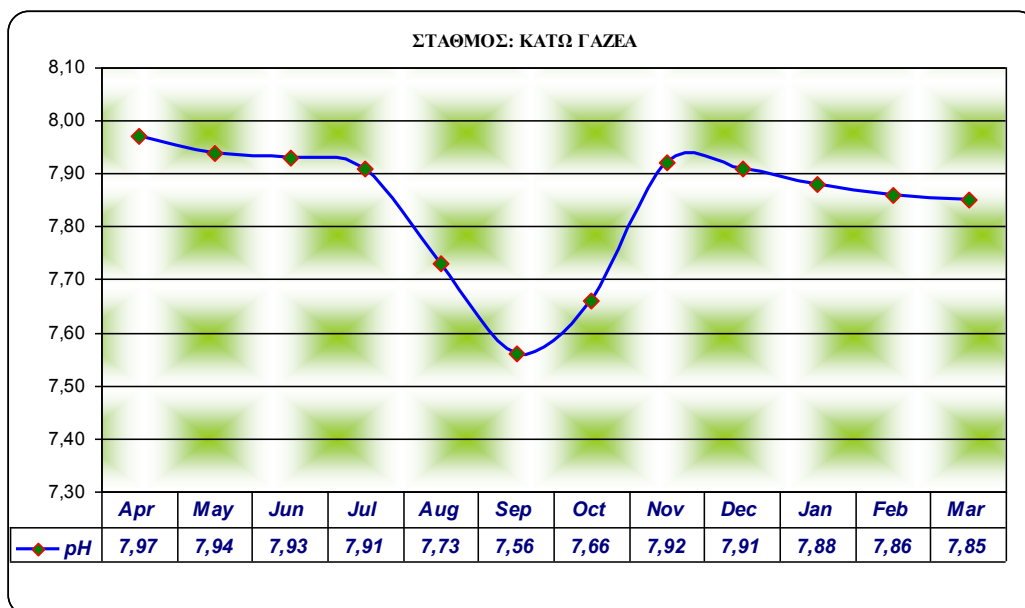


**Σχήμα 10.4.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-  
Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.4.1**, τα νιτρώδη ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαΐο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο του 2007. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,52 mg/l, 0,71 mg/l, 0,9 mg/l, 1 mg/l, 1,21 mg/l, 1,3 mg/l και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες, Απρίλιο, Μαΐο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων, βρέθηκαν αντίστοιχα 6,5 mg/l, 6,9 mg/l, 7,1 mg/l, 3,8 mg/l, 1,3 mg/l, 2,9 mg/l, 2 mg/l, 1 mg/l, 1,1 mg/l, 1,2 mg/l, 1,3 mg/l, 1,5 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 183 Ms/cm (Σχήμα 10.4.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,84 (Σχήμα 10.4.3)



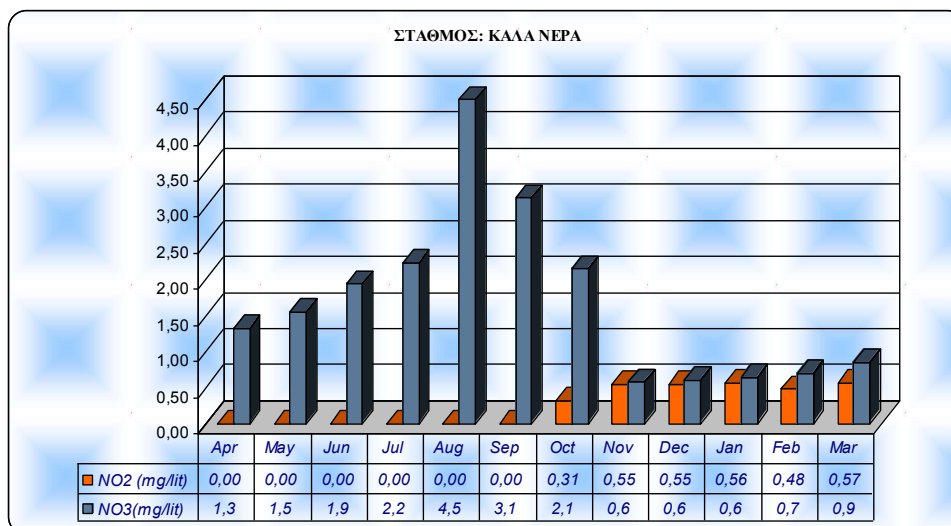
**Σχήμα 10.4.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007 - Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.4.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

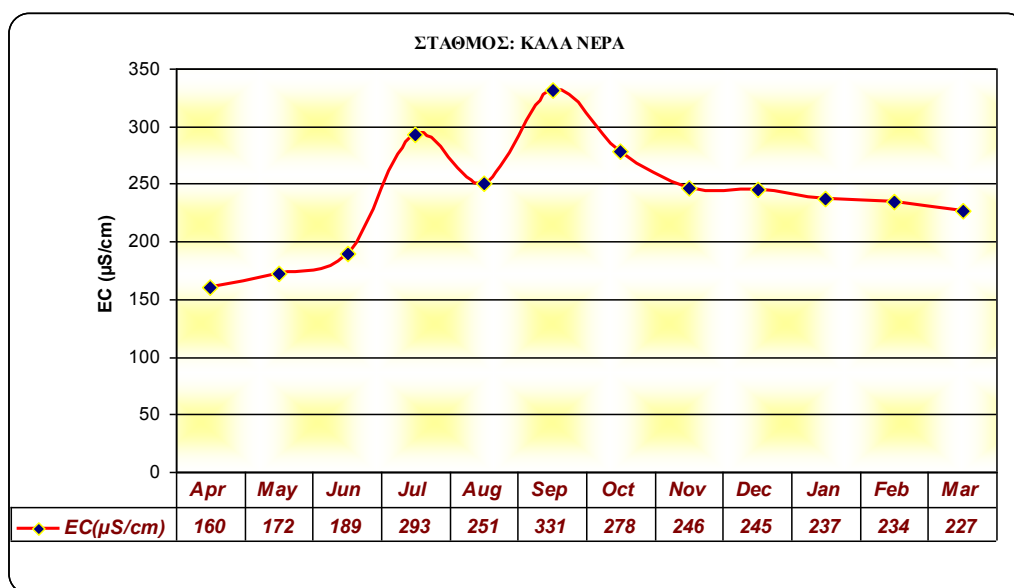
## 10.5 Περιοχή Καλών Νερών

Στο **Σχήμα 10.5.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

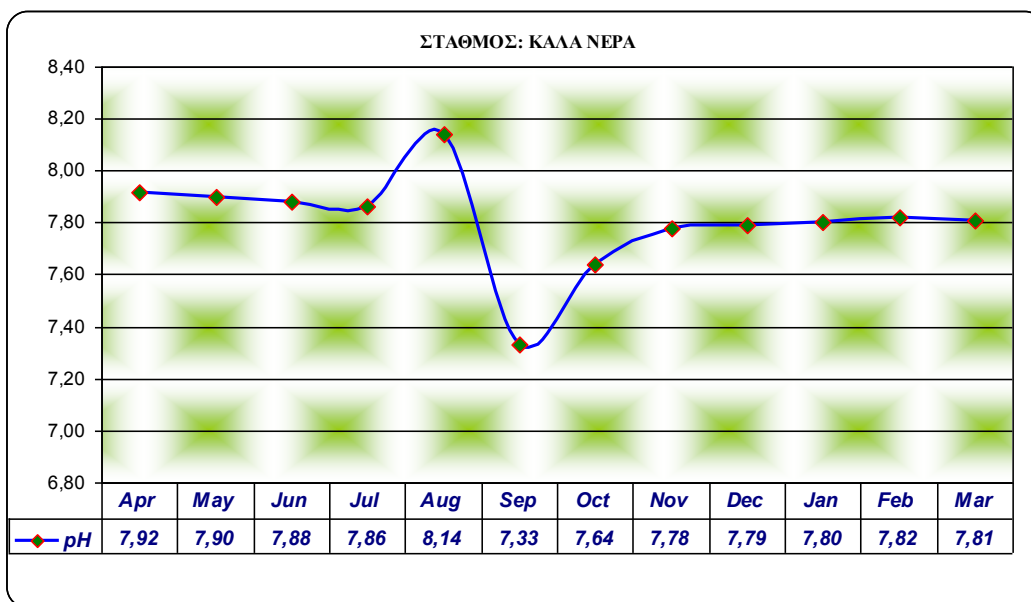


**Σχήμα 10.5.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.5.1**, τα νιτρώδη ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαίο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο του 2007. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,55 mg/l, 0,55 mg/l, 0,56 mg/l, 0,47 mg/l, 0,56 mg/l και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**) ενώ τον Οκτώβριο του 2007 η τιμή των νιτρώδων ιόντων βρέθηκε 0,314 mg/l και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαίο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008 οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 1,3 mg/l, 1,5 mg/l, 1,9 mg/l, 2,2 mg/l, 4,49 mg/l, 3,132 mg/l, 2,1 mg/l, 0,5 mg/l, 0,6 mg/l, 0,6 mg/l, 0,7 mg/l, 0,7 mg/l, 0,852 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 233 Ms/cm (Σχήμα 10.4.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,81 (Σχήμα 10.4.3)



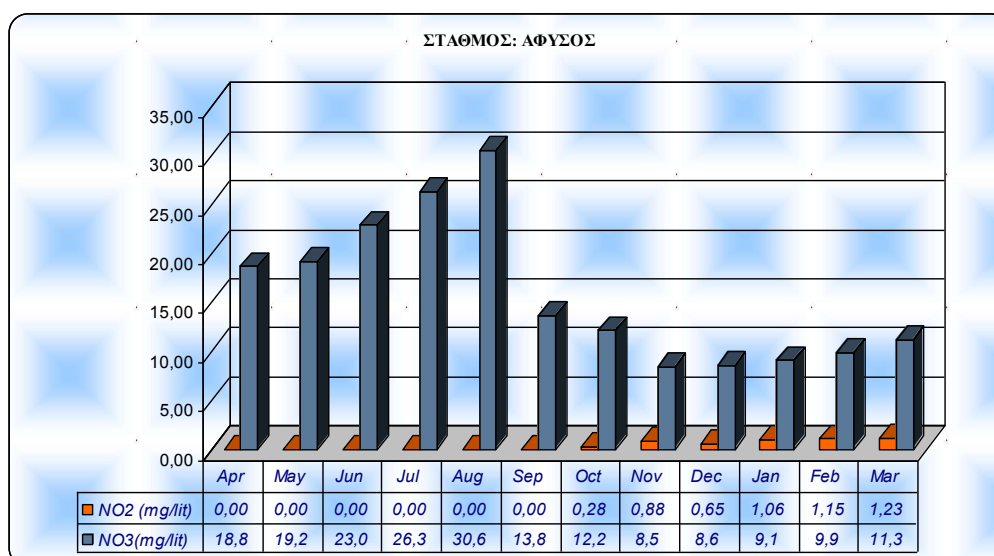
**Σχήμα 10.5.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007 - Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.5.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

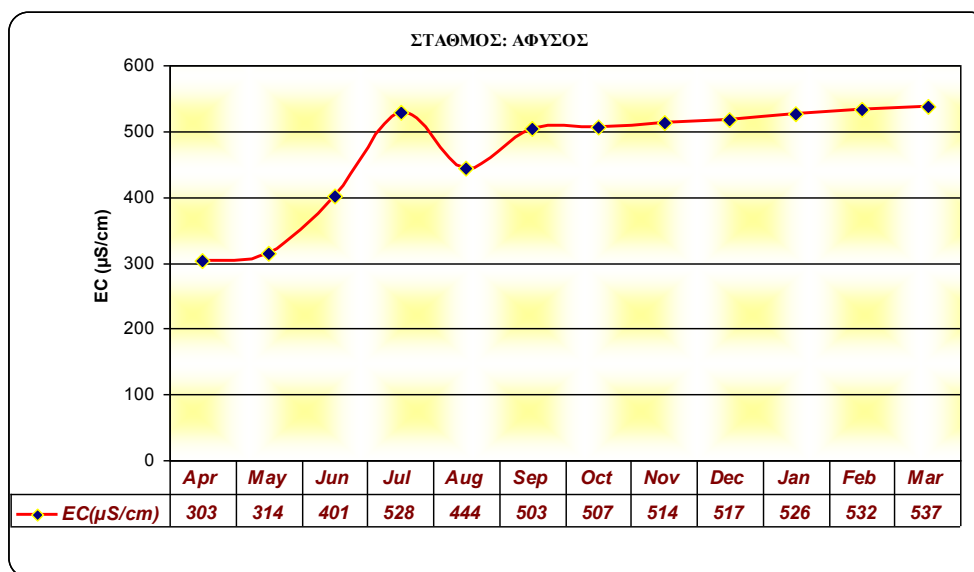
## 10.6 Περιοχή Άφυσου

Στο **Σχήμα 10.6.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

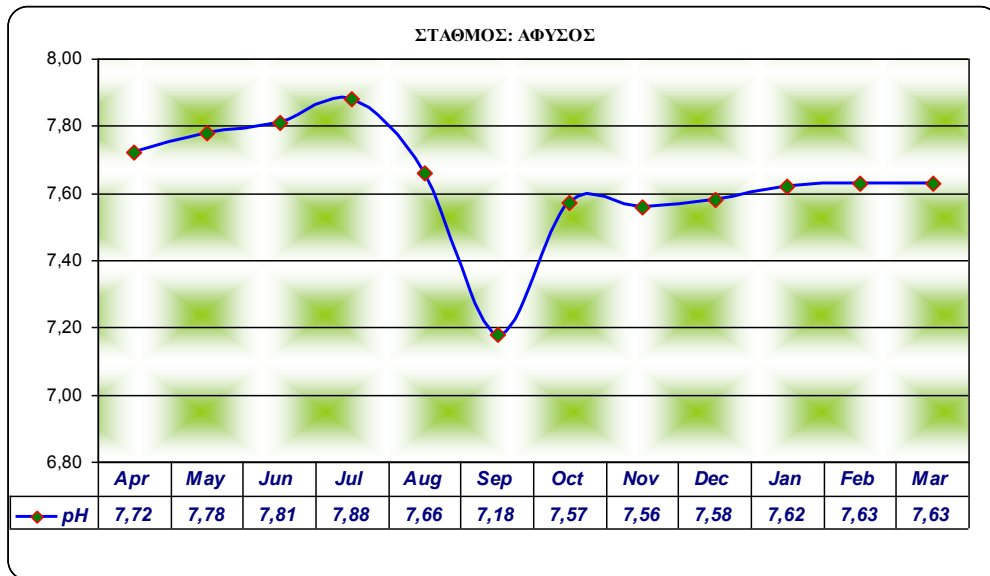


**Σχήμα 10.6.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.6.1**, τα νιτρώδη ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαίο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο του 2007. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,87 mg/l, 0,64 mg/l, 1,06 mg/l, 1,14 mg/l και 1,22 mg/l και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**), ενώ τον Οκτώβριο του 2007, η τιμή των νιτρωδών ιόντων βρέθηκε 0,27 mg/l και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα ότι σε δύο δείγματα που συλλέχθηκαν τον Ιούλιο και Αύγουστο του 2007, οι τιμές των νιτρικών βρέθηκαν αντίστοιχα 26,3 mg/l, 30,6 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **μέσης επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (25-50 mg/l)** ενώ τους μήνες Απρίλιο, Μαίο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008 οι τιμές βρέθηκαν αντίστοιχα 18,7 mg/l, 19,2 mg/l, 22,9 mg/l, 13,7 mg/l, 12,1 mg/l, 8,4 mg/l, 8,6 mg/l, 9,1 mg/l, 9,9 mg/l, 11,2 mg/l και χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 469 Ms/cm (Σχήμα 10.6.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,64. (Σχήμα 10.6.3)



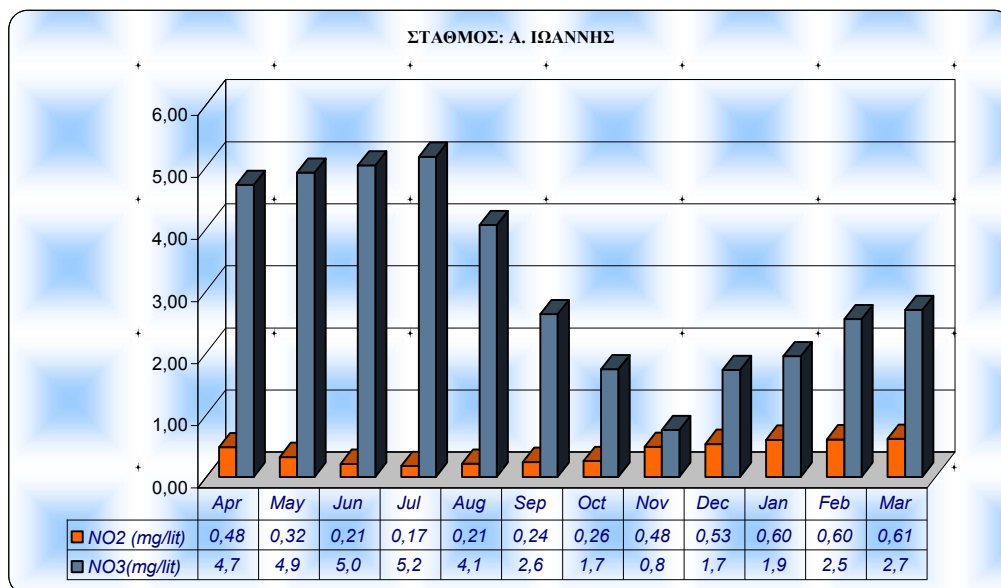
**Σχήμα 10.6.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.6.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

### 10.7 Περιοχή Άγιου Ιωάννη

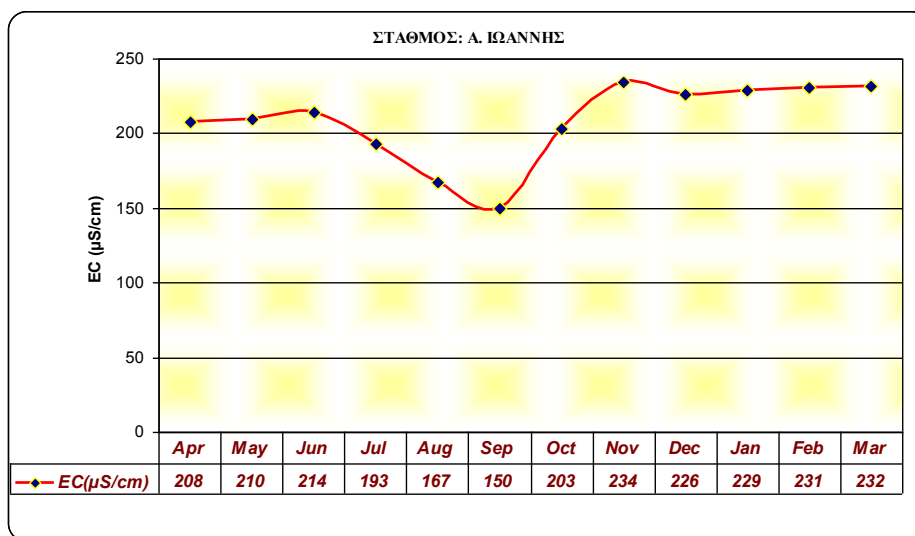
Στο **Σχήμα 10.7.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008



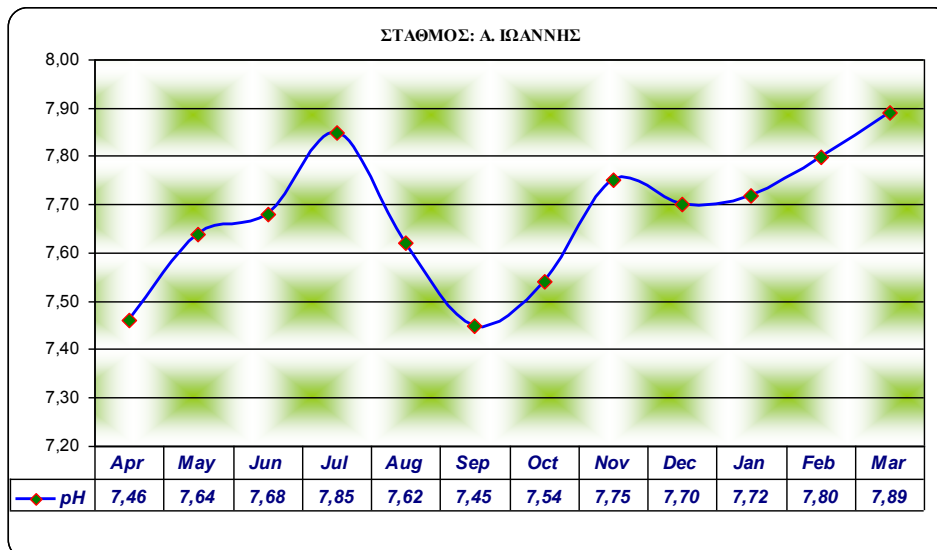
**Σχήμα 10.7.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008



Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.7.1** προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,48 mg/lit, 0,6 mg/lit, 0,6 mg/lit, 0,61 mg/lit και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). ενώ τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο του 2007 οι τιμές των νιτρώδων ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,4 mg/lit, 0,3 mg/lit, 0,2 mg/lit, 0,17 mg/lit, 0,21 mg/lit, 0,24 mg/lit, 0,2 mg/lit, 0,4 mg/lit και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαΐο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 4,7 mg/lit, 4,9 mg/lit, 5 mg/lit, 5,1 mg/lit, 4,056 mg/lit, 2,6 mg/lit, 1,7 mg/lit, 0,7 mg/lit, 1,7 mg/lit, 1,9 mg/lit, 2,5 mg/lit, 2,6 mg/lit, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/lit)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 208 Ms/cm (Σχήμα 10.7.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,68 (Σχήμα 10.7.3)



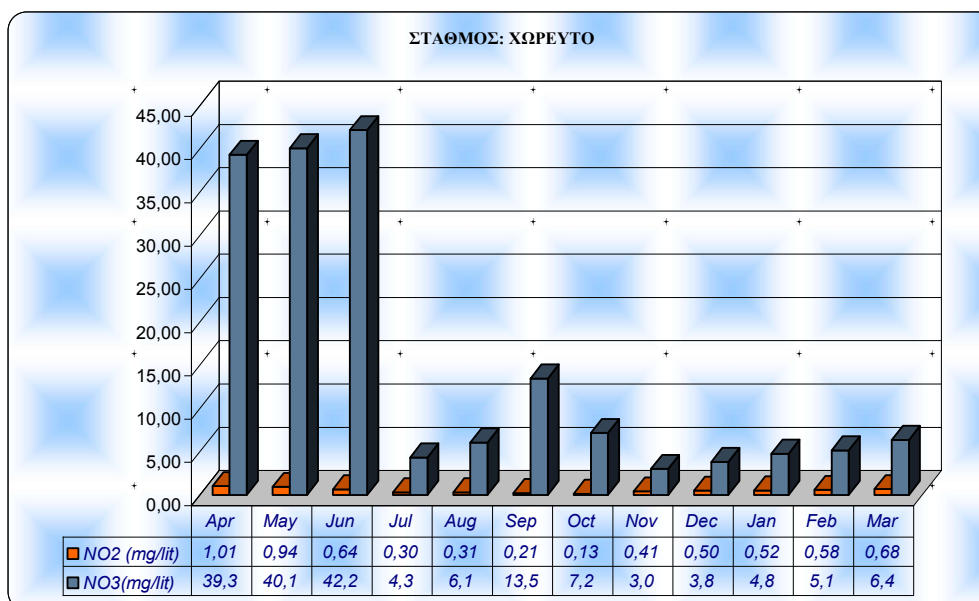
**Σχήμα 10.7.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.7.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

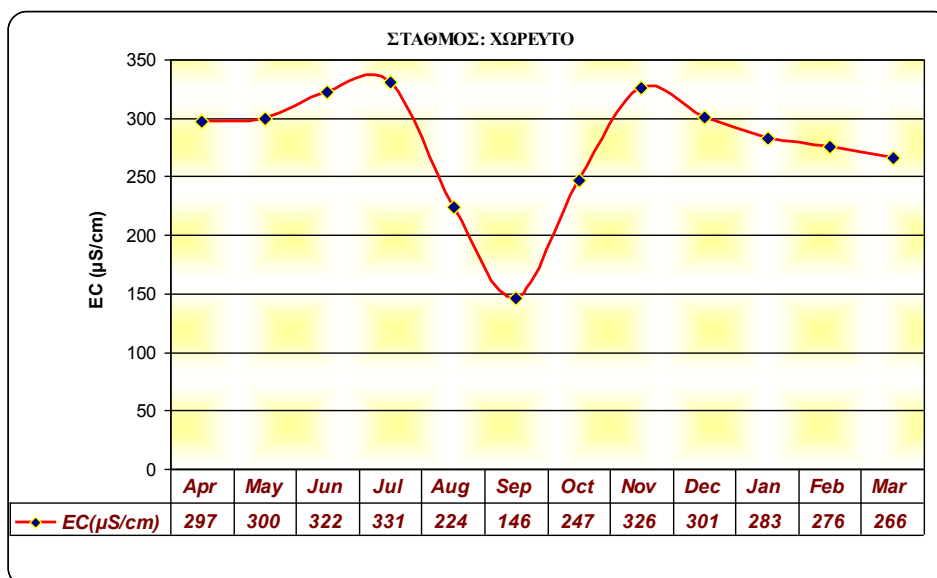
## 10.8 Περιοχή Χορευτού

Στο **Σχήμα 10.8.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

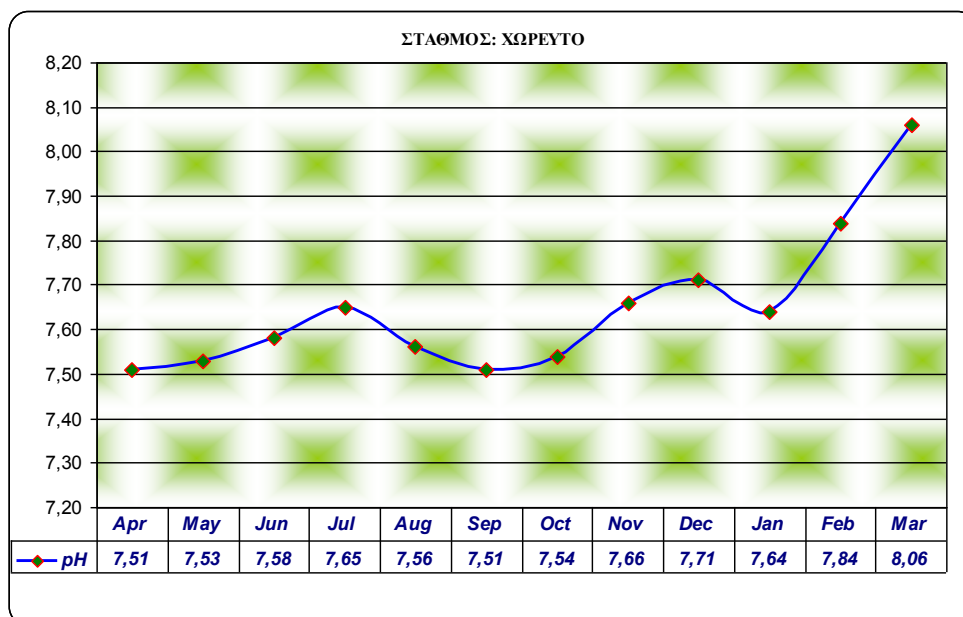


**Σχήμα 10.8.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.8.1** προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 1,01 mg/l, 0,94 mg/l, 0,64 mg/l, 0,52 mg/l, 0,57 mg/l, 0,67 mg/l και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**), ενώ τον Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο Οκτώβριο Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 η τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν 0,29 mg/l, 0,31 mg/l, 0,21mg/l, 0,12 mg/l, 0,41 mg/l, 0,49 mg/l και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα ότι σε τρία δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο του 2007, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 39,3 mg/l, 40 mg/l, 42,1 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **μέσης επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (25-50 mg/l)** ενώ τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2008 οι τιμές τους βρέθηκαν αντίστοιχα 4,3 mg/l, 6 mg/l, 13,4 mg/l, 7,1 mg/l, 3 mg/l, 3,8 mg/l, 4,7 mg/l, 5,1 mg/l, 6,3 mg/l και χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 277 Ms/cm (Σχήμα 10.8.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,65 (Σχήμα 10.8.3)



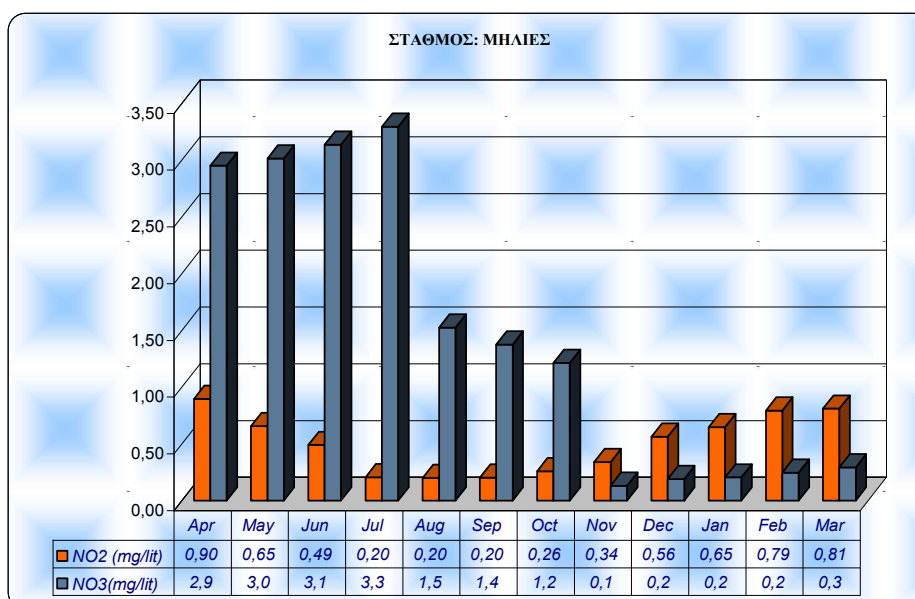
**Σχήμα 10.8.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.8.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-  
Μάρτιος 2008

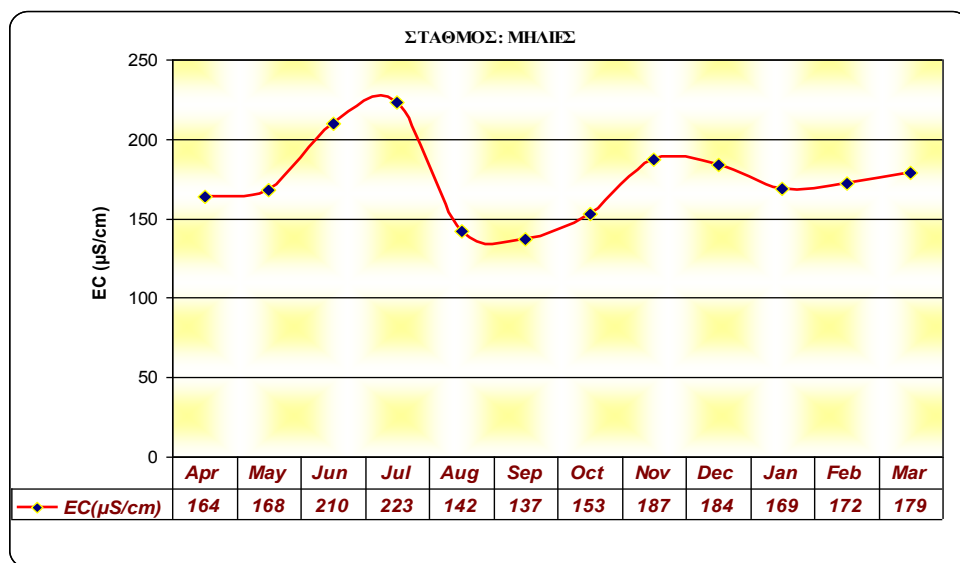
## 10.9 Περιοχή Μηλεών

Στο **Σχήμα 10.9.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

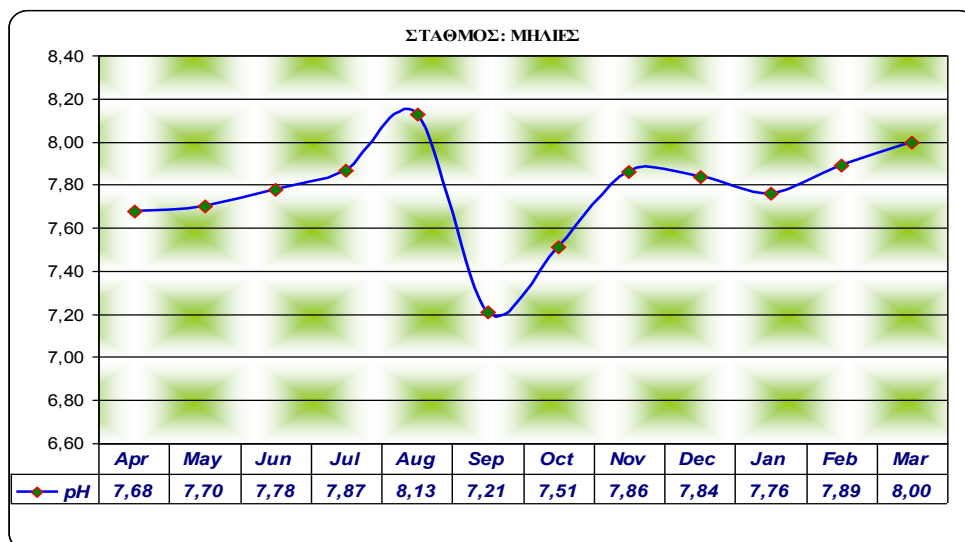


**Σχήμα 10.9.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-  
Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.9.1** προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, Μάιο Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,89 mg/lit, 0,65 mg/lit, 0,56 mg/lit, 0,64 mg/lit, 0,79 mg/lit, 0,80 mg/lit, και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**) ενώ τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο Οκτώβριο, Νοέμβριο του 2007 οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,48 mg/lit, 0,20 mg/lit, 0,19 mg/lit, 0,20 mg/lit, 0,25 mg/lit, 0,33 mg/lit και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 2,9 mg/lit, 3 mg/lit, 3,1 mg/lit, 3,3 mg/lit, 1,5 mg/lit, 1,3 mg/lit, 1,2 mg/lit, 0,1 mg/lit, 0,2 mg/lit, 0,2 mg/lit, 0,2 mg/lit, 0,3 mg/lit, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/lit)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 174 Ms/cm (Σχήμα 10.9.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,77 (Σχήμα 10.9.3)



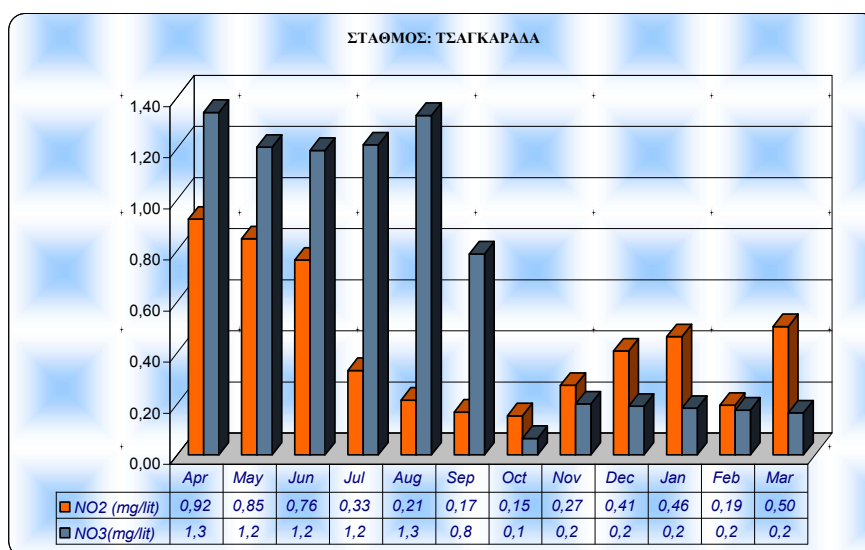
**Σχήμα 10.9.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.9.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

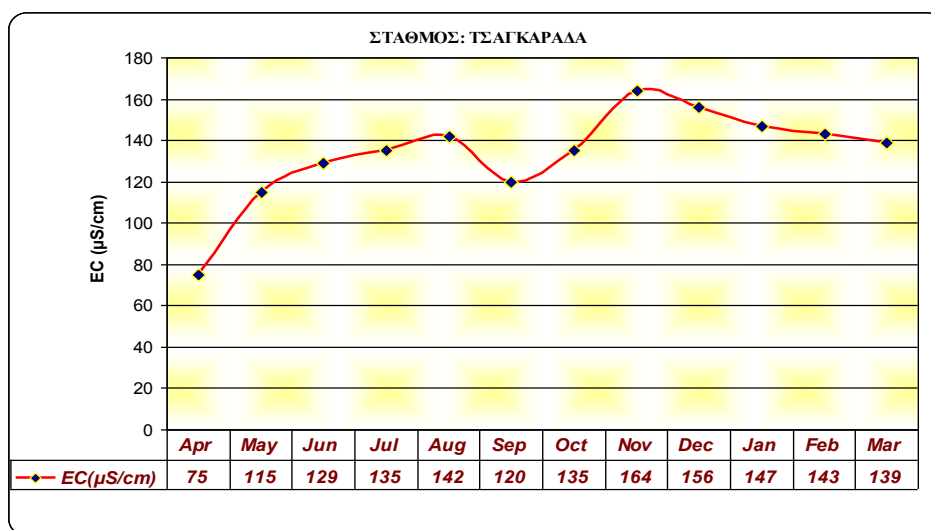
## 10.10 Περιοχή Τσαγκαράδας

Στο **Σχήμα 10.10.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

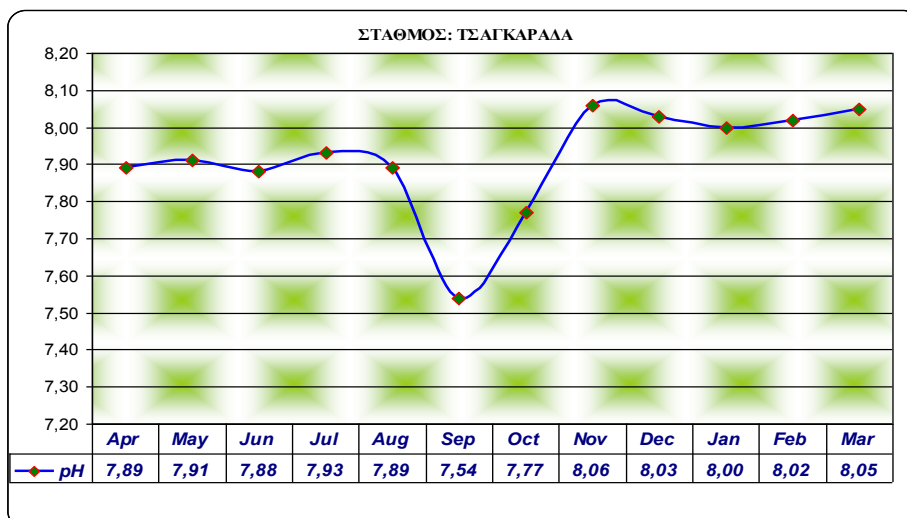


**Σχήμα 10.10.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.10.1**, προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο του 2007 και Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,92 mg/l, 0,84 mg/l, 0,76 mg/l και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). ενώ τον Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο του 2008 οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,33 mg/l, 0,21 mg/l, 0,16 mg/l, 0,15 mg/l, 0,27 mg/l, 0,40 mg/l, 0,46 mg/l, 0,19 mg/l και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 1,3 mg/l, 1,2 mg/l, 1,2 mg/l, 1,2 mg/l, 1,3 mg/l, 0,7 mg/l, 0,06 mg/l, 0,2 mg/l, 0,2 mg/l, 0,2 mg/l, 0,3 mg/l, 0,1 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 193 Ms/cm (Σχήμα 10.10.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,91 (Σχήμα 10.10.3)



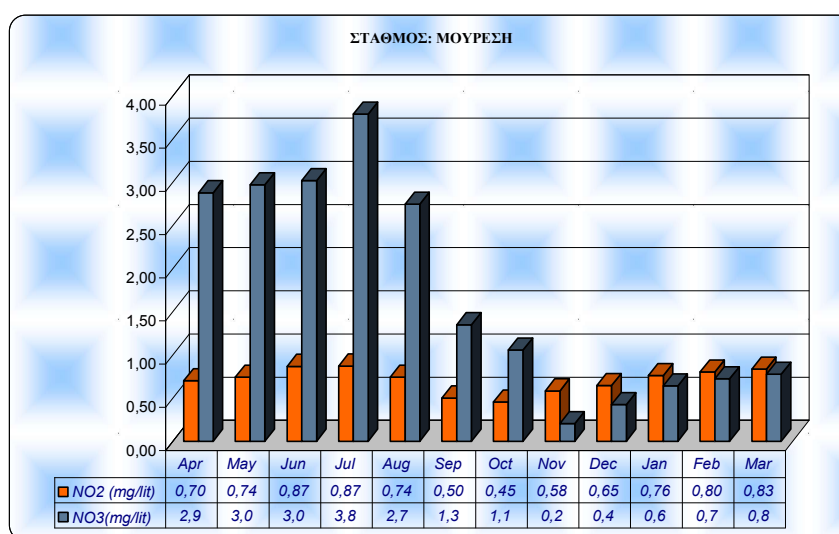
**Σχήμα 10.10.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.10. 3** Τιμές  $EC_w$  κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

### 10.11 Περιοχή Μουρесьου

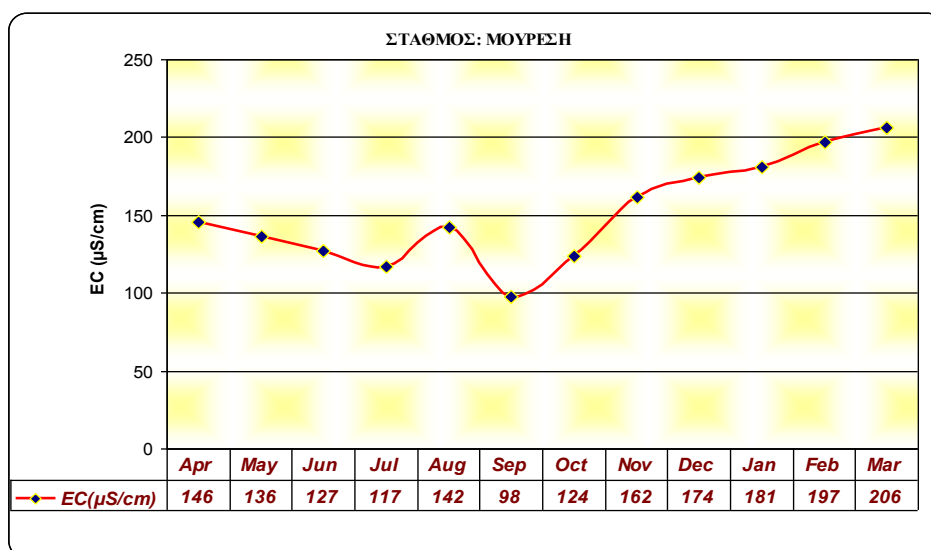
Στο **Σχήμα 10.11.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008



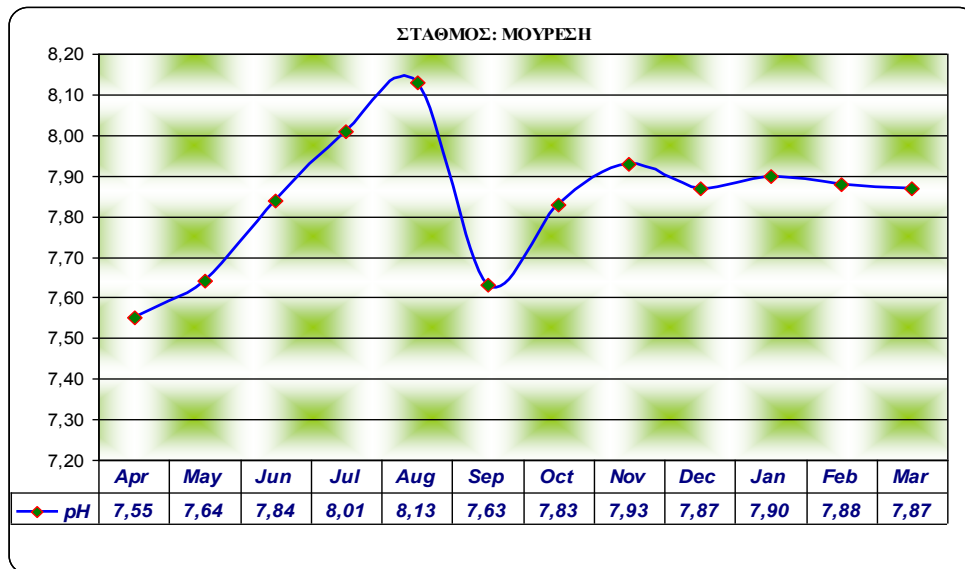
**Σχήμα 10.11.1** Τιμές των  $NO_3$  και  $NO_2$  κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008



Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.11.1** προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,70 mg/lit, 0,74 mg/lit, 0,86 mg/lit, 0,87 mg/lit, 0,58 mg/lit, 0,64 mg/lit, 0,76 mg/lit, 0,80 mg/lit, 0,83 mg/lit και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). ενώ τον Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο του 2007, οι τιμές των νιτρώδων ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,74 mg/lit, 0,50mg/lit, 0,453 mg/lit και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008 οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 2,8 mg/lit, 2,9 mg/lit, 3 mg/lit, 3,4 mg/lit, 2,7 mg/lit, 1,3 mg/lit, 1,mg/lit, 0,2 mg/lit, 0,4 mg/lit, 0,6 mg/lit, 0,7 mg/lit, 0,8 mg/lit οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/lit)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 151 Ms/cm (Σχήμα 10.11.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,84(Σχήμα 10.11.3)



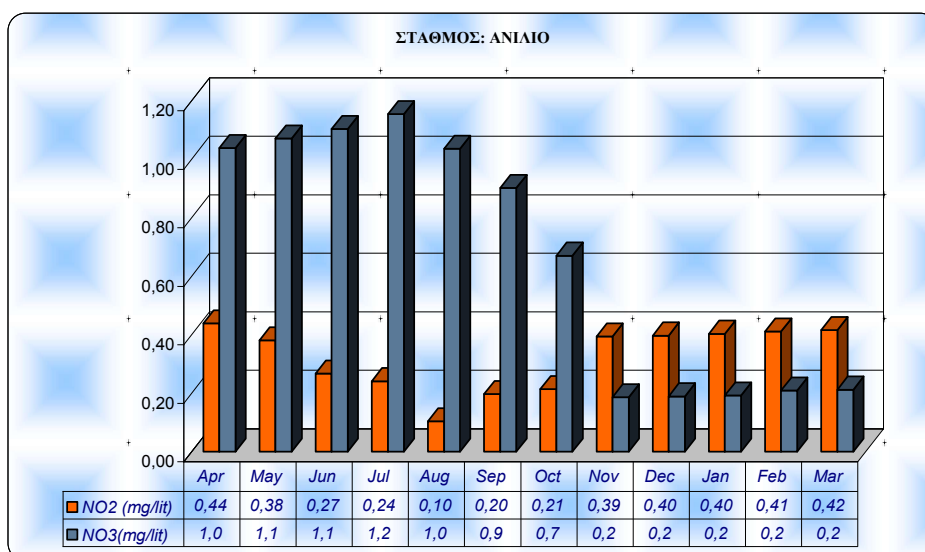
**Σχήμα 10.11.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007 - Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.11.2** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

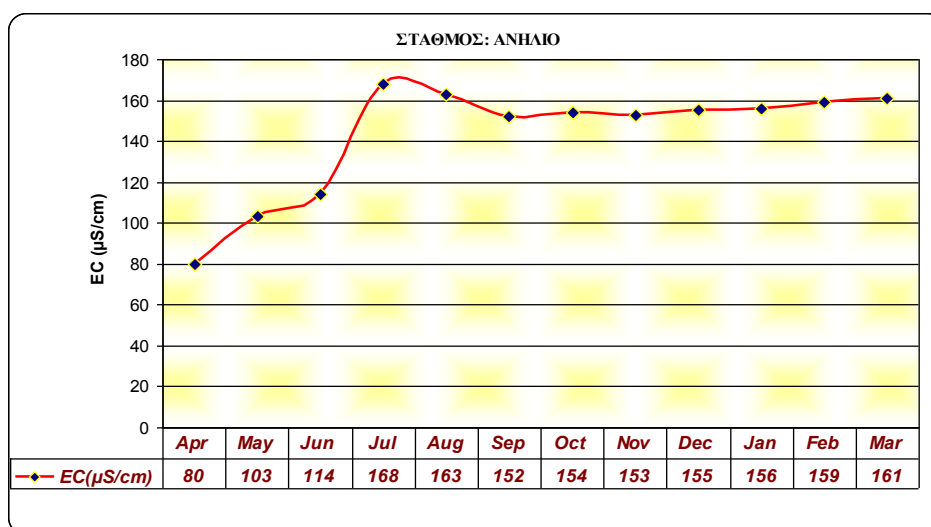
## 10.12 Περιοχή Ανηλίου

Στο **Σχήμα 10.12.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

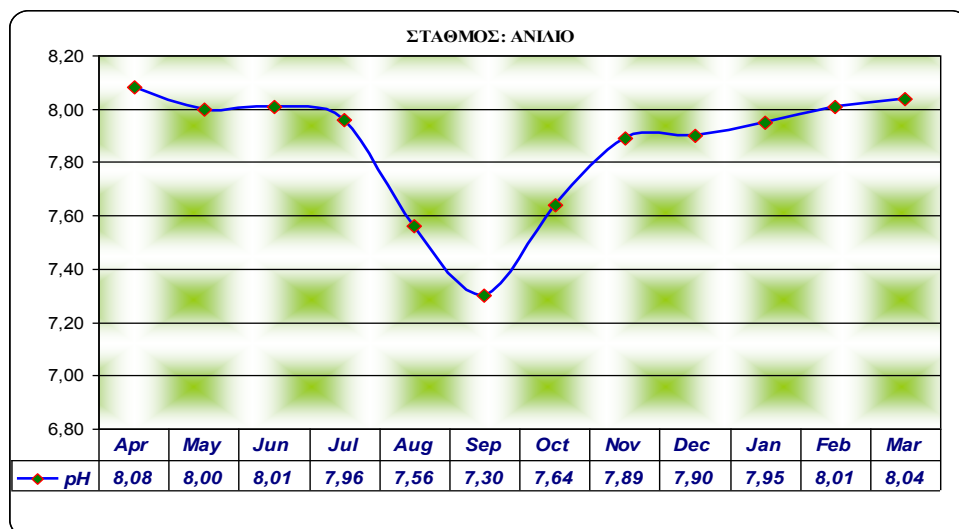


**Σχήμα 10.12.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.12.1** προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,43 mg/l, 0,38 mg/l, 0,26 mg/l, 0,24 mg/l, 0,10 mg/l, 0,19 mg/l, 0,21 mg/l, 0,39 mg/l, 0,39 mg/l, 0,40 mg/l, 0,41 mg/l, 0,416 mg/l και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, ενώ οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 1 mg/l, 1 mg/l, 1,1 mg/l, 1,1 mg/l, 1 mg/l, 0,9 mg/l, 0,6 mg/l, 0,1 mg/l, 0,2 mg/l, 0,2 mg/l, 0,2 mg/l, 0,2 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της  $EC_w$  ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 153 Ms/cm (Σχήμα 10.13.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,69 (Σχήμα 10.13.3)



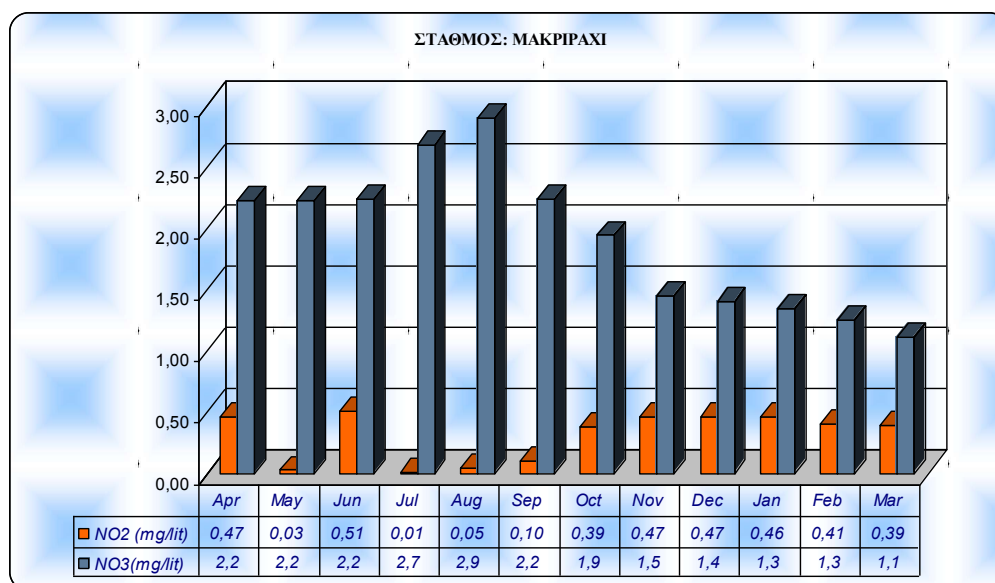
**Σχήμα 10.12.2** Τιμές  $EC_w$  κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007 - Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.12.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

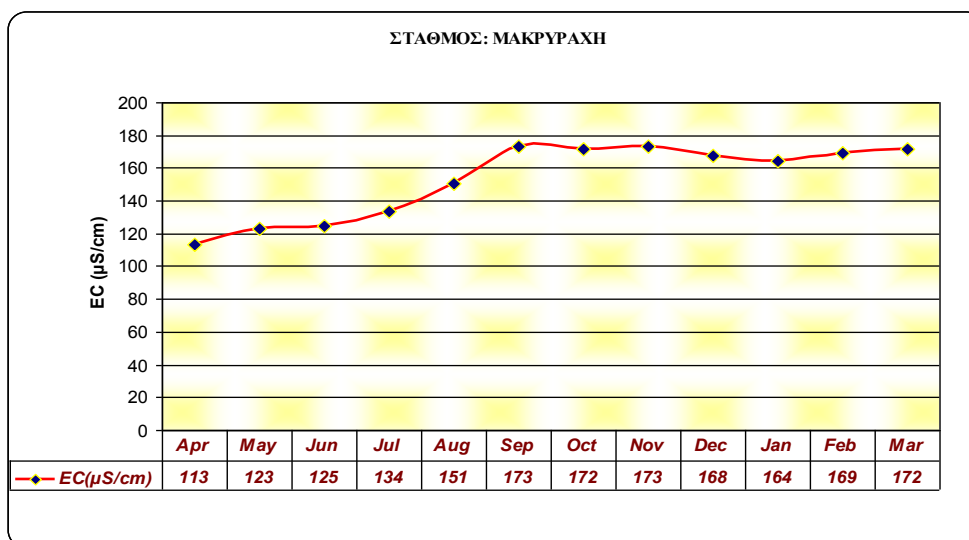
### 10.13 Περιοχή Μακρυράχης

Στο **Σχήμα 10.13.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

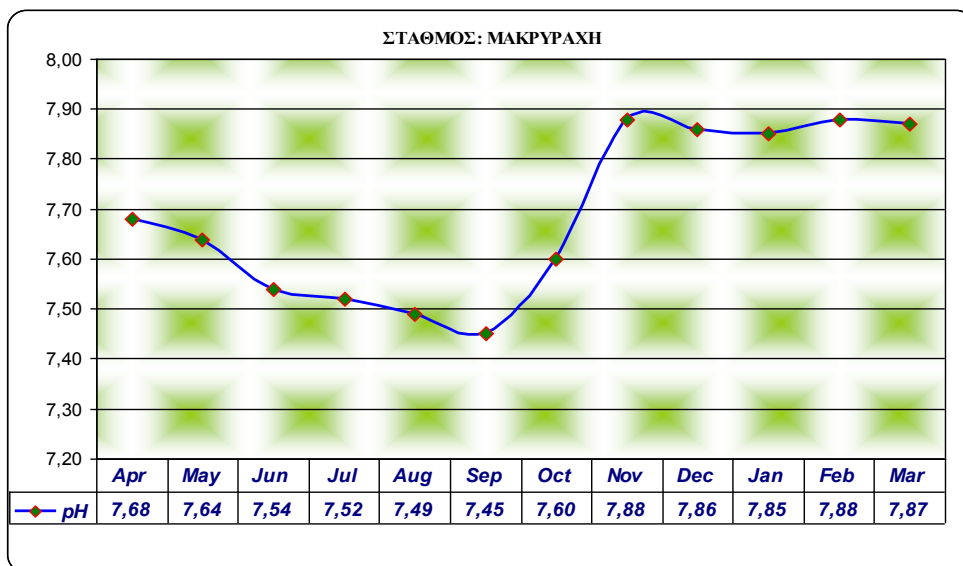


**Σχήμα 10.13.1** Τιμές των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.13.1** προκύπτει στο δείγμα που συλλέχθηκε τον μήνα Ιούνιο, η τιμή των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,51 mg/l και είναι υψηλότερη της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). ενώ τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούλιο Αύγουστο, Σεπτέμβριο Οκτώβριο, Νοέμβριο ,Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,47 mg/l, 0,03 mg/l, 0,01 mg/l, 0,05 mg/l , 0,10 mg/l , 0,38 mg/l, 0,47 mg/l, 0,46 mg/l, 0,46 mg/l, 0,41mg/l, 0,39 mg/l και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαίο ,Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων, βρέθηκαν αντίστοιχα 2,2 mg/l, 2 mg/l, 2,2 mg/l, 2,7 mg/l , 2,9 mg/l , 2,2 mg/l, 1,2 mg/l , 1,4 mg/l , 1,4 mg/l , 1,3 mg/l 1,2 mg/l, 1,1 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)** .Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 153 Ms/cm (Σχήμα 10.13.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,69 (Σχήμα 10.13.3)



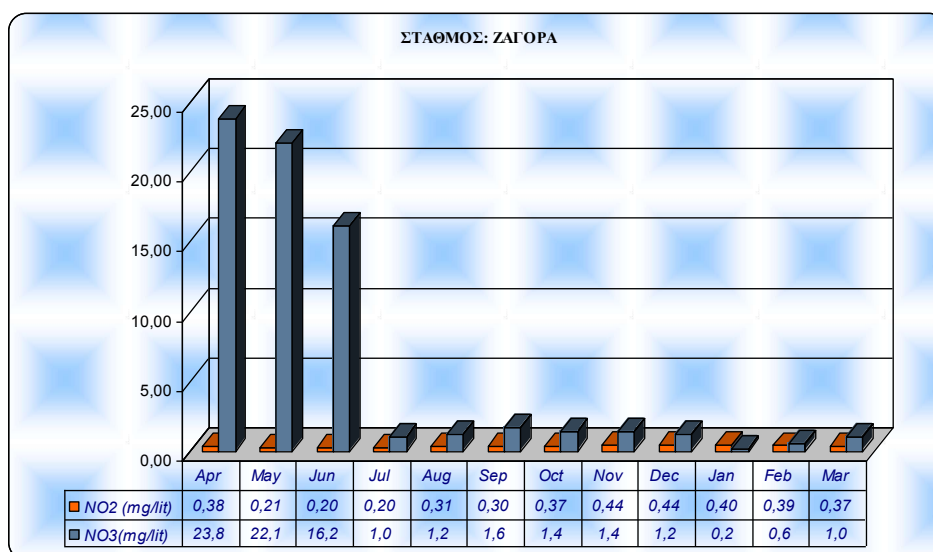
**Σχήμα 10.13.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.13.3** Τιμές pH κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

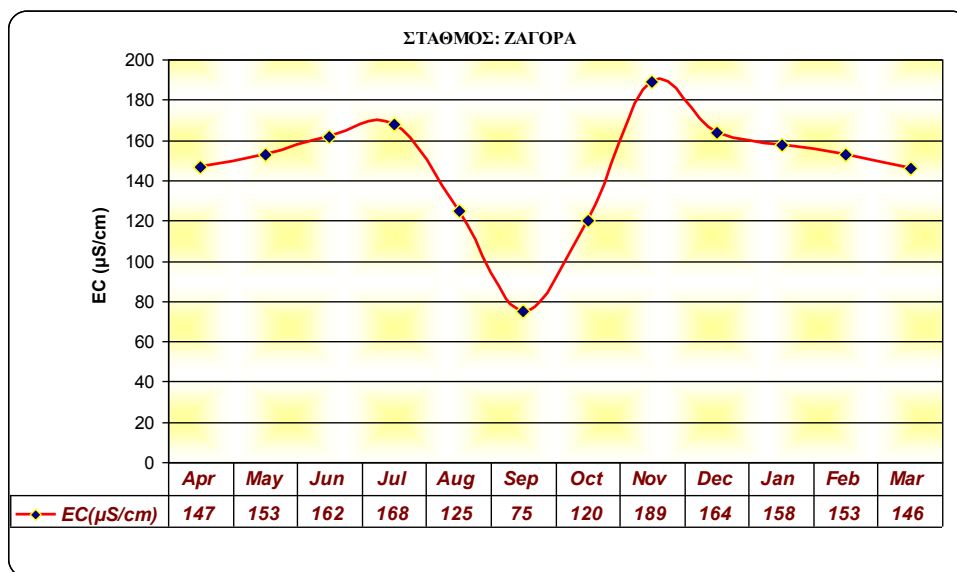
#### 10.14 Περιοχή Ζαγοράς

Στο **Σχήμα 10.14.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

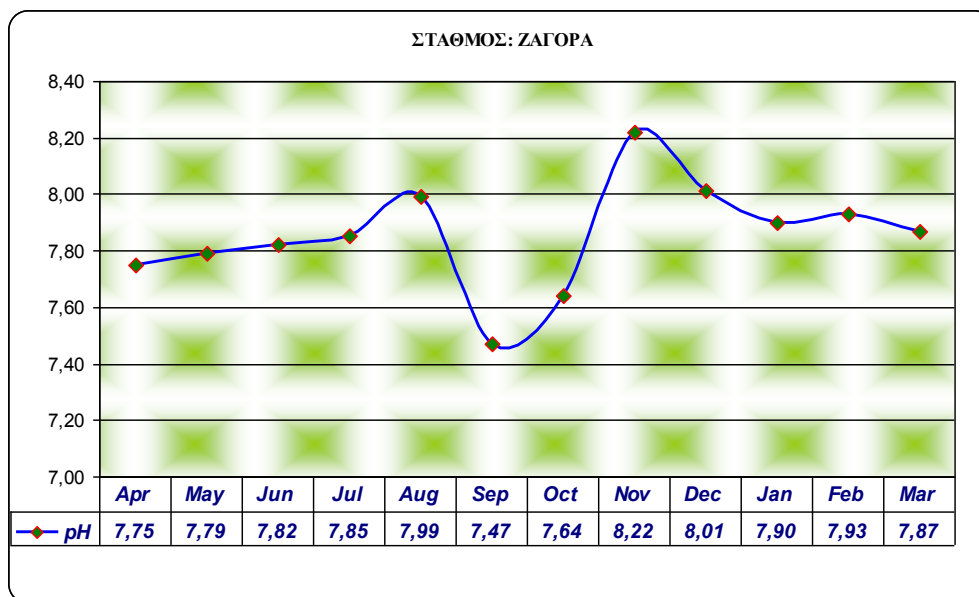


**Σχήμα 10.14.1** Τιμές των  $NO_3$  και  $NO_2$  κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.14.1** προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008 οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,38 mg/lt, 0,20 mg/lt, 0,19 mg/lt, 0,20 mg/lt, 0,31 mg/lt, 0,49 mg/lt, 0,37 mg/lt, 0,44 mg/lt, 0,43 mg/lt, 0,40 mg/lt, 0,38 mg/lt, 0,35 mg/lt, και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 23,9 mg/lt, 22 mg/lt, 16,1 mg/lt, 1 mg/lt, 1,2 mg/lt, 1,6 mg/lt, 1,4 mg/lt, 1,3 mg/lt, 1,2 mg/lt, 0,2 mg/lt, 0,5 mg/lt, 1 mg/lt, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/lt)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 147 Ms/cm (Σχήμα 10.14.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,85 (Σχήμα 10.14.3)



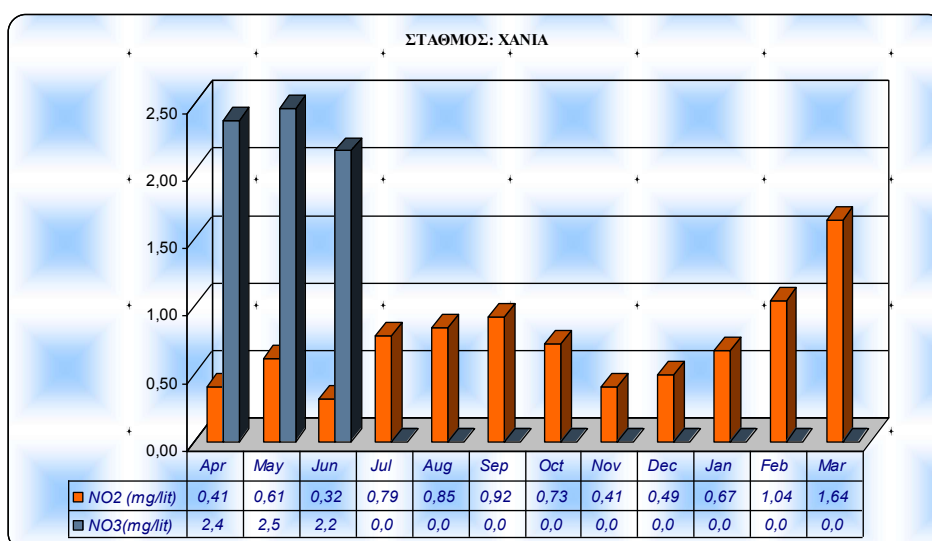
**Σχήμα 10.14.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007 - Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.14.3** Τιμες pH κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

### 10.15 Περιοχή Χανίων

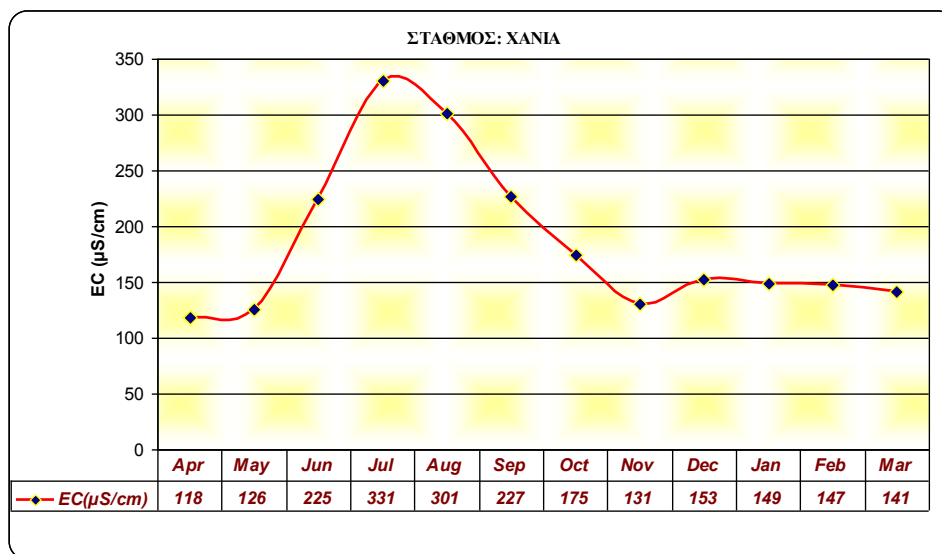
Στο **Σχήμα 10.15.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008



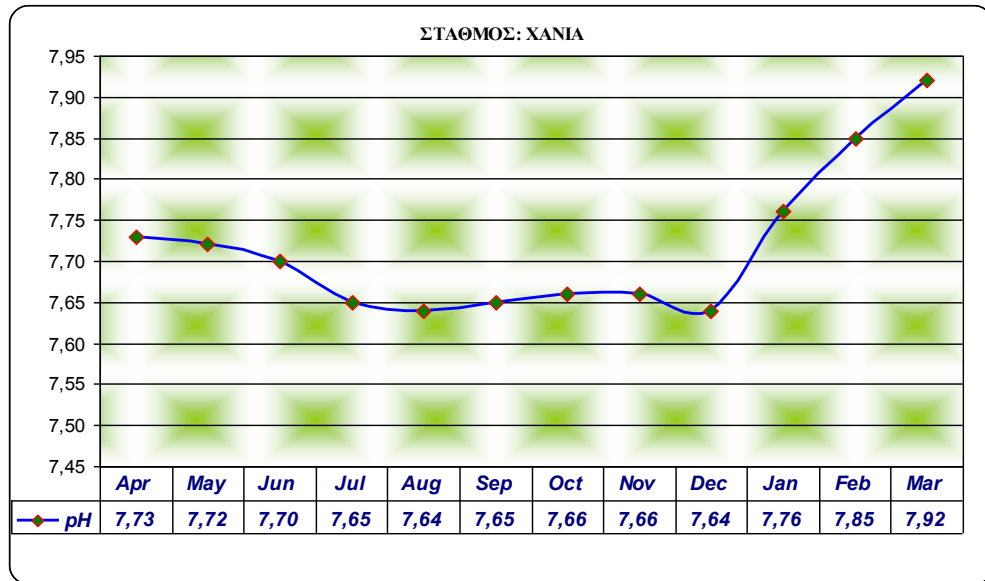
**Σχήμα 10.15.1** Τιμες των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008



Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.15.1**, προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Μάιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο του 2007 και Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,61 mg/l, 0,78 mg/l, 0,84 mg/l, 0,92 mg/l, 0,72 mg/l, 0,67 mg/l, 1,03 mg/l, 1,638 mg/l και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**) ενώ τον Απρίλιο, Ιούνιο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,40 mg/l, 0,31 mg/l, 0,40 mg/l, 0,49 mg/l και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαΐο, Ιούνιο του 2007 ενώ οι τιμές των νιτρικών, βρέθηκαν αντίστοιχα 2,3 mg/l, 2,4 mg/l, 2,1 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Νιτρικά ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 185 Ms/cm (Σχήμα 10.15.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,72 (Σχήμα 10.15.3)



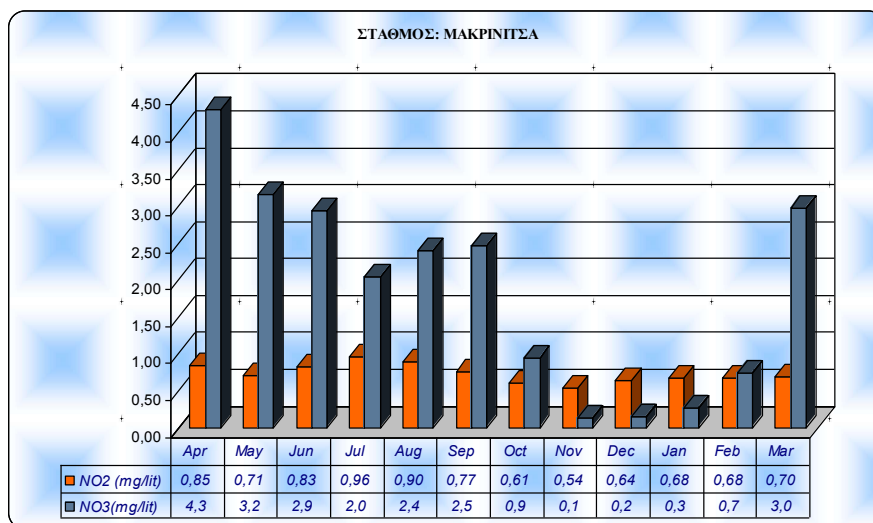
**Σχήμα 10.15.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007 - Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.15.3** Τιμες pH κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-  
Μάρτιος 2008

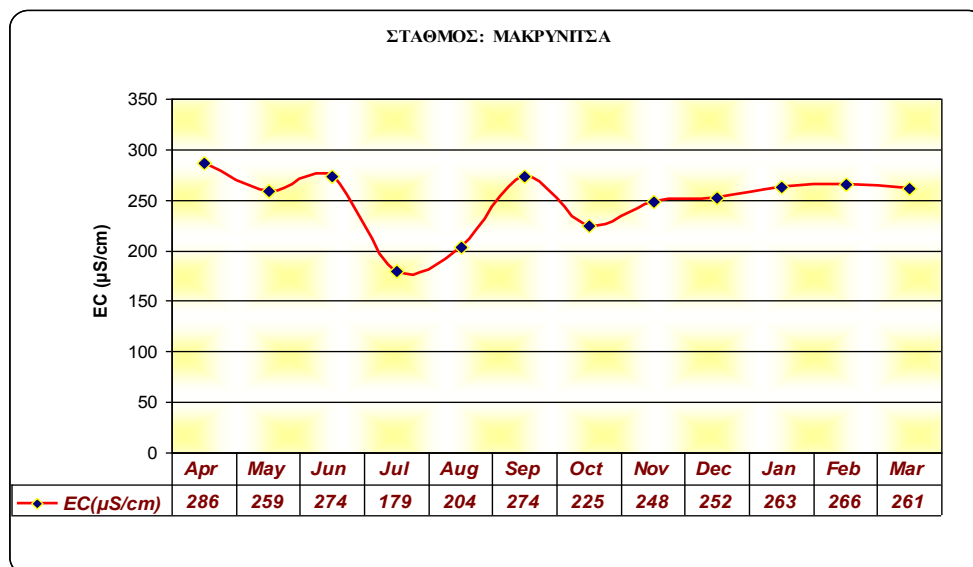
### 10.16 Περιοχή Μακρυνίτσας

Στο **Σχήμα 10.16.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

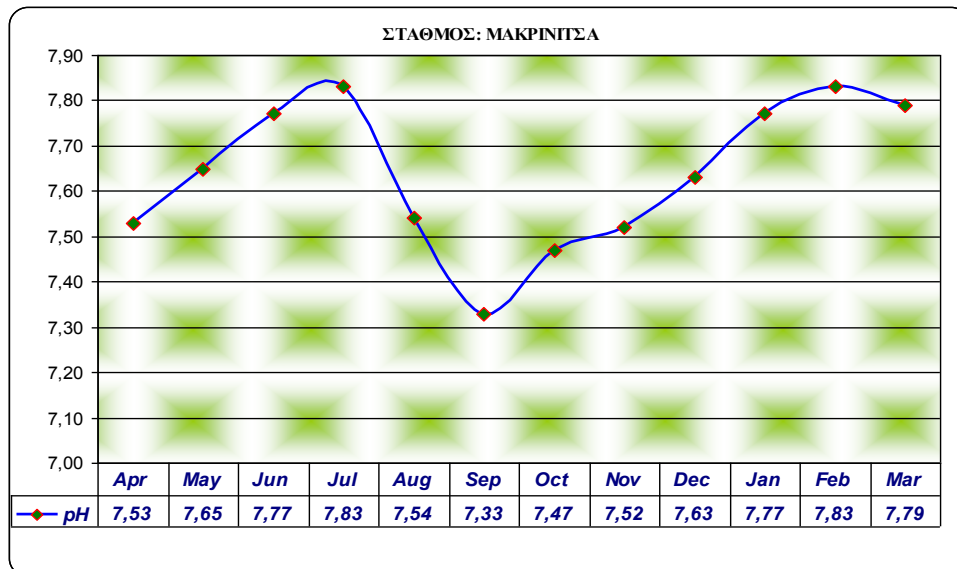


**Σχήμα 10.16.1** Τιμες των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-  
Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.16.1** προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,85 mg/lt, 0,70 mg/lt, 0,83 mg/lt, 0,96 mg/lt, 0,90 mg/lt, 0,76 mg/lt, 0,60 mg/lt, 0,54 mg/lt, 0,64 mg/lt, 0,67 mg/lt, 0,67 mg/lt, 0,70 mg/lt και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μαΐο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 4,3 mg/lt, 3,1 mg/lt, 2,9 mg/lt, 2 mg/lt, 2,3 mg/lt, 2,4 mg/lt, 2 mg/lt, 0,9 mg/lt, 0,1 mg/lt, 0,2 mg/lt, 0,26 mg/lt, 0,740 mg/lt, 2,941 mg/lt, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/lt)**. Νιτρικά ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν τους μήνες του 2007. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 249 Ms/cm (Σχήμα 10.16.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,64 (Σχήμα 10.16.3)



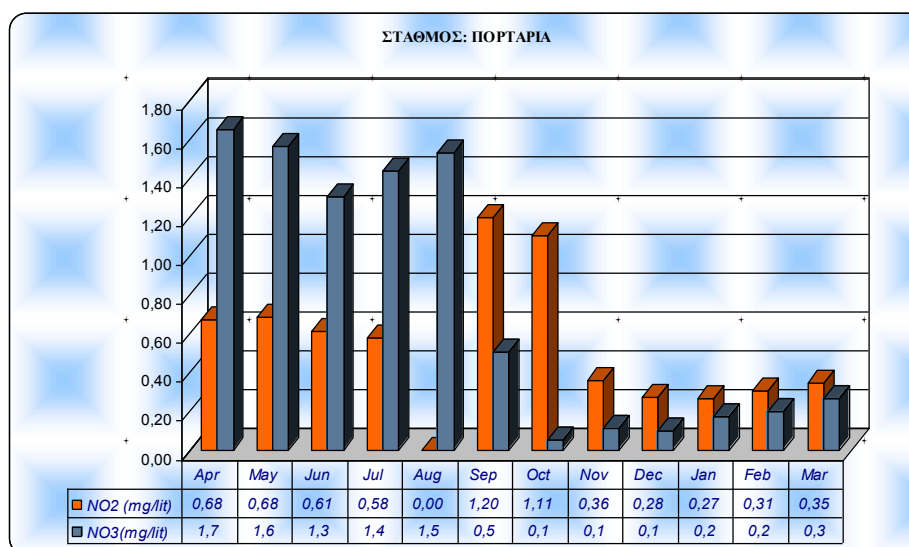
**Σχήμα 10.16.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007- Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.16.3** Τιμες pH κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

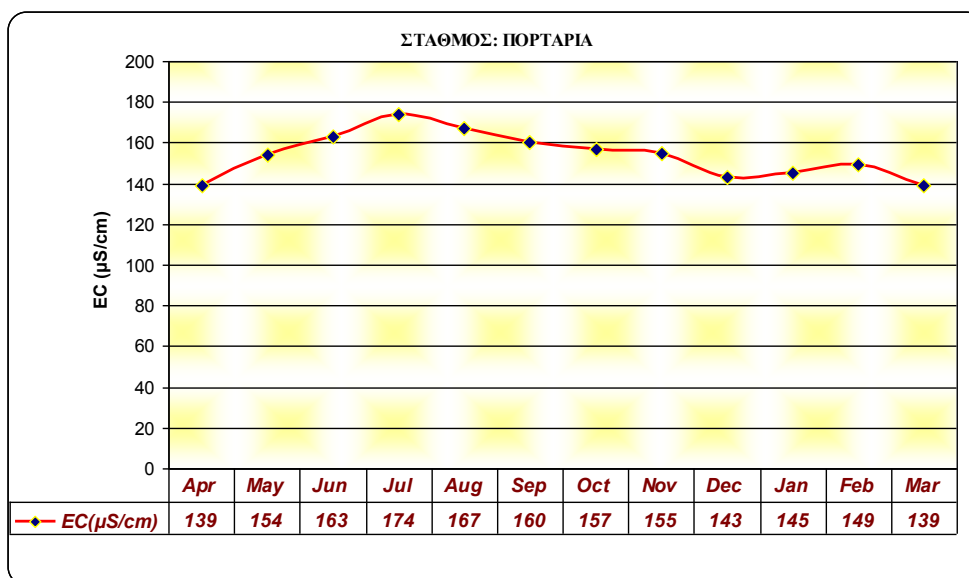
### 10.17 Περιοχή Πορταριάς

Στο **Σχήμα 10.17.1** παρουσιάζονται οι τιμές των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

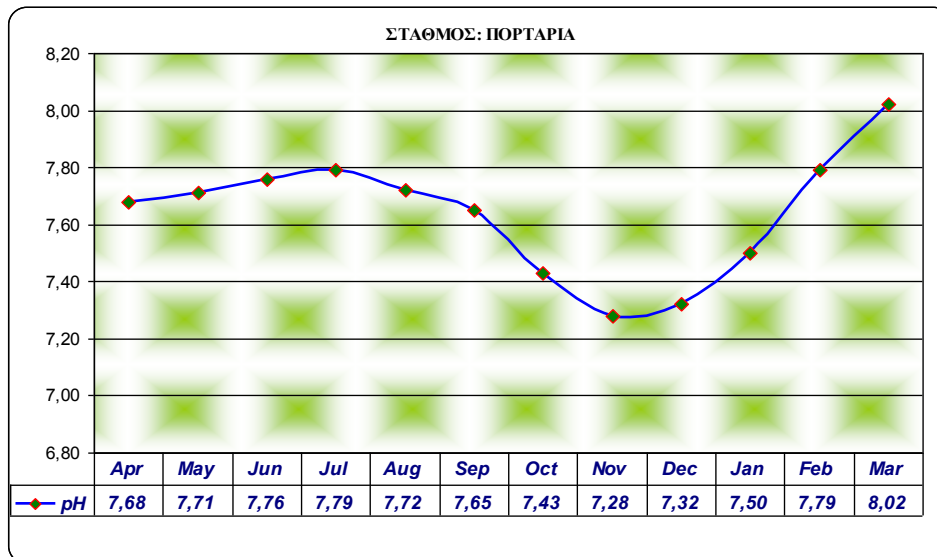


**Σχήμα 10.17.1** Τιμες των NO<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008

Όπως προκύπτει από το **Σχήμα 10.17.1**, τα νιτρώδη ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν κατά τον μήνα Αύγουστο του 2007. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο του 2007, οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,67 mg/l, 0,68 mg/l, 0,61 mg/l, 0,578 mg/l, 1,19 mg/l, 1,10 mg/l και είναι υψηλότερες της ανώτατης τιμής (**0,50 mg L<sup>-1</sup>**). ενώ τον Νοέμβριο, Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008 οι τιμές των νιτρωδών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 0,36 mg/l, 0,27 mg/l, 0,27 mg/l, 0,31 mg/l, 0,34 mg/l και είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι στα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, μήνες Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, το Δεκέμβριο του 2007 και τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο του 2008, οι τιμές των νιτρικών ιόντων βρέθηκαν αντίστοιχα 1,6 mg/l, 1,5 mg/l, 1,3 mg/l, 0,05 mg/l, 1,4 mg/l, 1,5 mg/l, 0,5 mg/l, 0,1 mg/l, 0,1 mg/l, 0,1 mg/l, 0,2 mg/l, 0,3 mg/l, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση (<25 mg/l)**. Από το σύνολο (n=12) δειγμάτων που αναλύθηκαν οι τιμές της EC<sub>w</sub> ήταν χαμηλότερες από την ανώτατη τιμή (**2.500 Ms/cm**) με μέσο όρο 249 Ms/cm (Σχήμα 10.17.2), ενώ το pH κυμάνθηκε στα επιτρεπτά όρια (**6,5 ≤ pH ≤ 9,5**) με μέσο όρο 7,64 (Σχήμα 10.17.3)



**Σχήμα 10.16.2** Τιμές EC<sub>w</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007 - Μάρτιος 2008



**Σχήμα 10.17.3** Τιμες pH κατα το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007 - Μάρτιος 2008

#### 10.18 Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Παρακάτω γίνεται μία συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

**Πίνακας 10.1** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Αγριάς κατά το έτος 2007-2008.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,72	8,11	7,83	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ (mS $cm^{-1}$ )	184	842	496	2.500
$NO_3$ (mg $L^{-1}$ )	6,6	41,9	17,9	50
$NO_2$ (mg $L^{-1}$ )	0,0	1,77	0,47	0,50

**Πίνακας 10.2** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3, \text{NO}_2$  πόσιμου νερού περιοχής Κ.Λεωνίων κατά το έτος 2007-2008.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,07	7,93	7,68	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$\text{EC}_w$ ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	280	644	491	2.500
$\text{NO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	7,4	102	38,1	50
$\text{NO}_2$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0	1	17,91	0,50

**Πίνακας 10.3** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3, \text{NO}_2$  πόσιμου νερού περιοχής Πλατανιδίων κατά το έτος 2007-2008.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,66	8,10	7,36	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$\text{EC}_w$ ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	60	301	233	2.500
$\text{NO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,7	23,1	4,7	50
$\text{NO}_2$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0	0	0	0,50

**Πίνακας 10.4.** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Κάτω Γατζέας κατά το έτος 2007-2008..

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,33	8,14	7,81	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (mS cm <sup>-1</sup> )	160	331	233	2.500
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,5	4,5	1,6	50
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0	0,56	0,25	0,50

**Πίνακας 10.5.** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Καλών Νερών κατά το έτος 2007-08

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,56	7,97	7,84	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
EC <sub>w</sub> (mS cm <sup>-1</sup> )	87	225	183	2.500
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	1	7,1	3	50
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0	1,3	0,47	0,50



**Πίνακας 10.6.** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3, \text{NO}_2$  πόσιμου νερού περιοχής Αφύσσου κατά το έτος 2007-2008

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,57	7,88	7,64	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$\text{EC}_w$ (mS $\text{cm}^{-1}$ )	303	537	469	2.500
$\text{NO}_3$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	8,4	30,6	15,4	50
$\text{NO}_2$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0	1,22	0,43	0,50

**Πίνακας 10.7.** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3, \text{NO}_2$  πόσιμου νερού περιοχής Αγ.Ιωάννη κατά το έτος 2007-2008

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,45	7,89	7,68	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$\text{EC}_w$ (mS $\text{cm}^{-1}$ )	150	234	208	2.500
$\text{NO}_3$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,7	5,1	3,1	50
$\text{NO}_2$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,17	0,61	0,34	0,50

**Πίνακας 10.8.** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Χορευτού κατά το έτος 2007-08

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,51	8,06	7,65	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ (mS $cm^{-1}$ )	146	331	277	2.500
$NO_3$ (mg $L^{-1}$ )	3	42,1	14,6	50
$NO_2$ (mg $L^{-1}$ )	0,21	1,01	0,45	0,50

**Πίνακας 10.9** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Μηλεών το έτος 2007-2008

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,21	8,13	7,77	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ (mS $cm^{-1}$ )	142	223	174	2.500
$NO_3$ (mg $L^{-1}$ )	0,1	3,2	1,4	50
$NO_2$ (mg $L^{-1}$ )	0,19	0,89	0,41	0,50

**Πίνακας 10.10** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Τσαγκαράδας το έτος 2007-2008

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,54	8,06	7,91	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ ( $mS\ cm^{-1}$ )	75	164	133	2.500
$NO_3$ ( $mg\ L^{-1}$ )	0,1	1,3	0,3	50
$NO_2$ ( $mg\ L^{-1}$ )	0,16	0,92	0,37	0,50

**Πίνακας 10.11** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Μουρεσίου κατά το έτος 2007-08.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,55	8,13	7,84	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ ( $mS\ cm^{-1}$ )	98	206	151	2.500
$NO_3$ ( $mg\ L^{-1}$ )	0,7	3,7	1,4	50
$NO_2$ ( $mg\ L^{-1}$ )	0,5	0,87	0,60	0,50

**Πίνακας 10.12** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3, \text{NO}_2$  πόσιμου νερού περιοχής Ανηλίου κατά το έτος 2007-08.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,3	8,08	7,86	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$\text{EC}_w$ ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	80	168	143	2.500
$\text{NO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,2	1,1	0,4	50
$\text{NO}_2$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,10	0,43	0,27	0,50

**Πίνακας 10.13** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3, \text{NO}_2$  πόσιμου νερού περιοχής Μακρυράχης κατά το έτος 2007-08.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,45	7,88	7,69	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$\text{EC}_w$ ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	113	173	153	2.500
$\text{NO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1,1	2,9	1,92	50
$\text{NO}_2$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,05	0,51	0,30	0,50

**Πίνακας 10.14** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Ζαγοράς κατά το έτος 2007-08.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,47	8,22	7,85	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ (mS $cm^{-1}$ )	75	189	147	2.500
$NO_3$ (mg $L^{-1}$ )	0,2	23,8	5,9	50
$NO_2$ (mg $L^{-1}$ )	0,20	0,44	0,26	0,50

**Πίνακας 10.15** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Χανίων κατά το έτος 2007-08.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,64	7,92	7,72	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ (mS $cm^{-1}$ )	118	331	185	2.500
$NO_3$ (mg $L^{-1}$ )	0,40	2,4	0,6	50
$NO_2$ (mg $L^{-1}$ )	0,31	1,63	0,66	0,0

**Πίνακας 10.16** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Μακρυνίτσας κατά το έτος 2007-08.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,53	7,83	7,64	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	179	286	249	2.500
$NO_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,2	4,3	1,4	50
$NO_2$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,54	0,96	0,60	0,50

**Πίνακας 10.17** Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις  $NO_3, NO_2$  πόσιμου νερού περιοχής Πορταριάς κατά το έτος 2007-08.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση (οδ.98/83/ΕΚ)
pH	7,32	8,02	7,64	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$
$EC_w$ ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	139	174	154	2.500
$NO_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,1	1,6	0,4	50
$NO_2$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0	0,197	0,53	0,50

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11ο

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Απο τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που έγιναν και την ανάλυση αυτών ,οδηγούμαστε στη διεξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων.

➤ Η οδηγία 98/93 ΕΚ **σχετικά με την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης** η οποία ενσωματώθηκε από την Ελληνική Νομοθεσία με την έκδοση της ΚΥΑ Υ2/2600/2001(ΦΕΚ 892Α /11-1-2001) θεσπίζει ανώτατο όριο των νιτρικών ιόντων για πόσιμο νερο στα **50 mg/lit** Σύμφωνα με τα παραπάνω, η περιοχή των Κ.Λεχωνίων όπου βρέθηκαν τιμές μεγαλύτερες των **50 mg/lit** χαρακτηρίζεται ως **περιοχή υψηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση**.Οι περιοχές Αγριάς, Αφύσου και Χορευτού όπου βρέθηκαν τιμές απο **25-50 mg/lit** χαρακτηρίζονται ως **μέσης επικινδυνότητας για νιτρορύπανση**.Στις περιοχές Καλών Νερών, Κάτω Γατζέας, Πλατανιδίων, Α.Ιωάννη, Μηλεών, Τσαγκαράδας, Μουρεσίου, Ανηλίου, Ζαγοράς, Χανίων, Μακρυράχης, Μακρυνίτσας και Πορταριάς βρέθηκαν τιμές **μικρότερες από 25-mg/lit** και χαρακτηρίζονται χαμηλής επικινδυνότητας για νιτρορύπανση.

➤ Η παραπάνω οδηγία θεσπίζει ανώτατο όριο νιτρώδων ιόντων για πόσιμο νερο στα **0,5 mg/lit**.Στις περιοχές Αγριάς, Κάτω Λεχωνίων, Κάτω Γατζέας, Καλών Νερών, Αφύσου ,Α.Ιωάννη, Χορευτού, Μηλεών, Τσαγκαράδας, Μουρεσίου, Χανίων, Μακρυνίτσας και Πορταριάς βρέθηκαν τιμές **μεγαλύτερες των 0,5 mg/lit** και χαρακτηρίζονται ως **υψηλής επικινδυνότητας**.Στις περιοχές, Μακρυράχης, Ανηλίου και Ζαγοράς οι τιμές βρέθηκαν **0,3-0,5 mg/lit** και χαρακτηρίζονται ως **μέσης επικινδυνότητας** ενώ στη περιοχή Πλατανιδίων βρέθηκαν τιμές **μικρότερες των 0,3 mg/lit** και χαρακτηρίζεται χαμηλής επικινδυνότητας .

➤ Οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECw) του πόσιμου νερού όλων των περιοχών βρέθηκαν μέσα στα επιτρεπτά όρια συμφωνα με την ίδια οδηγία της

Ευρωπαϊκής Κοινότητας . Τα ανώτερα παραδεκτά όρια σύμφωνα με την παραπάνω Οδηγία είναι για το pH  $6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$  και για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC<sub>w</sub>)  $2.500 \text{ mS cm}^{-1}$ .

➤ Στις περιοχές που παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και νιτρώδων ιόντων υπάρχει έντονη γεωργική δραστηριότητα .Έτσι η αυξημένη χρήση νιτρικών λιπασμάτων σε συνδυασμο με τις μεθόδους άρδευσης όπου εφαρμόζεται περισσότερο νερό από τις πραγματικές ανάγκες της εξατμισοδιαπνοής ,είναι ο κυριότερος και σημαντικότερος λόγος νιτρορύπανσης πόσιμου νερού καθώς έχει δημιουργήσει μια αρκετά σοβαρή κατάσταση όσον αφορά τον αυξημένο βαθμό έκπλυσής τους στον υπόγειο υδροφορέα.Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτατη άυξηση των νιτρικών στον υπόγειο υδροφορέα. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση των νιτρικών προς τα υπόγεια νερα είναι η ποσότητα των λιπασμάτων ,η εδαφική διαπερατότητα και η ταχύτητα διήθησης του νερού.

➤ Άλλός πιθανός λόγος ύπαρξης αυξημένης συγκέντρωσης νιτρικών και νιτρώδων ιόντων είναι ότι στις περιοχές που μελετήσαμε,η διαχείριση των υγρών οικιακών αποβλήτων γίνεται με τη μέθοδο των απορροφητικών βόθρων, πρακτική άκρως επιβλαβής για το περιβάλλον και πλέον ξεπερασμένη σε σχέση με τις σύγχρονες απαιτήσεις και αντιλήψεις των κατοίκων. Έτσι όταν κοντά υπάρχει ένα φρεάτιο εκμετάλλευσης των υπογείων νερών και το έδαφος είναι διαπερατό ,τα λύμματα που κινούνται κατακόρυφα φθάνουν στην υπόγεια στάθμη και από εκεί κινούνται οριζόντια προς το φρεάτιο με κίνδυνο να αντληθούν με το υπόγειο νερό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των νιτρικών και νιτρωδών στα υπόγεια νερά.

➤ Τα στερεά απόβλητα (κοπριές) των ζώων είναι σημαντικές πηγές νιτρικών και νιτρωδών ιόντων.Η δεισδυση αυτών των ρύπων εξαρτάται από τις τοπικές εδαφικές συνθήκες ,τη στράγγιση, τη βροχόπτωση και τις επιφανειακές συνθήκες απόθεσης.Η ταφή των γεωργικών στερεών αποβλήτων στα οποία περιλαμβάνονται και τα υπολείμματα καλλιεργειών ,τα νεκρά ζώα και τα κόπρανα μπορεί να προκαλέσουν έκπλυση ,αν και είναι μικρής έκτασης.

➤ Επίσης σημαντικές πιέσεις στο χερσαίο περιβάλλον των περιοχών που μελετήσαμε αλλά και γενικότερα στο Ν. Μαγνησίας,προκαλούνται από την παρουσία περισσότερων ανεξέλεγκτων ή ημιελεγχόμενων χώρων απόθεσης αστικών απορριμμάτων Τα αστικά απορρίμματα (Σκορδίλης-Κομνίτσας 2004, βιβλιογρ.σελ 164 ) πρίεχουν άζωτο από 0,1-1 %. Ένας μεγάλος αριθμός χωματερών βρίσκεται μέσα ή κοντά σε ρέματα, χειμάρρους ή δασικές εκτάσεις.Αυτό μπορεί να προκαλέσει αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των υπογείων νερών, διότι τα εκπλύματα που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των σκουπιδιών εμπλουτίζονται με νιτρικά και νιτρώδη ιόντα των αποβλήτων



από την απευθείας διάλυση των ουσιών και με τα διαλυτά παράγωγα της αποικοδόμησης των αποβλήτων με τις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις.

➤ Στις περιοχές Αγριάς, Κάτω Λεχώνιων, Καλών Νερών, Κάτω Γατζέας και Άφουσου όπου παρατηρήθηκαν αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και νιτρώδων ιοντων ,λειτουργεί ένας μεγάλος αριθμός ελαιοτριβείων.Η διαχείριση των υγρών αυτών αποβλήτων γίνεται με επιφανειακή και υπόγεια διάθεση γιατί αποτελεί συχνά οικονομική μέθοδο.Για τη διάθεση τους στο έδαφος απαιτούνται αδιαπέρατα εδάφη , στη συγκεκριμένη περιοχή όμως τα πετρώματα χαρακτηρίζονται έως αδρομερή μη συγκολλημένα τεμάχια αποσάθρωσης ,κυρίως σχιστόλιθων, με αποτέλεσμα να έχουμε την διαφυγή των υγρών αποβλήτων προς υπόγειο υδροφόρα και τον εμπλουτισμό των υπογείων νερών με νιτρικά.

➤ Το κόστος του καθαρισμού του νερού, το κόστος της απορρύπανσης και της αποκατάστασης των υδατικών συστημάτων που έχουν υποβαθμιστεί, καθώς και το κόστος της μεταφοράς νερού από μακριά σε περιπτώσεις εξάντλησης των τοπικών υδατικών αποθεμάτων υπενθυμίζουν, έστω και εκ των υστέρων, ότι η κάθε λογής επέμβαση στους υδατικούς πόρους, είτε με τη μορφή της χρήσης είτε με τη μορφή της ρύπανσης του νερού, υπόκειται στους νόμους της Οικονομίας, μια και έχει ένα κόστος που αργά ή γρήγορα οι πολίτες θα κληθούν να καταβάλουν.Τα παραπάνω μπορούμε να το καταλάβουμε με το εξής παράδειγμα.Από τα επίσημα στοιχεία προκύπτει ότι οι κοινότητες της περιοχής Καρδίτσας έχουν δαπανήσει για την ύδρευση το ποσό των 1.200.000 ευρώ κατα την τελευταία τετραετία χωρίς να έχουν λύσει το πρόβλημα τους οριστικά , ενώ άλλα 300.000 ευρώ εκ. δαπάνησαν τα προηγούμενα χρόνια.Στα παραπάνω άμα προσθέσουμε και το κόστος λειτουργίας κάθε γεώτρησης με τη δαπάνη του ηλεκτρικού ρεύματος , η οποία ανέρχεται κατά μέσο όρο 4.500 έως 9.000 ευρώ.

➤ Μετά τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη απελευθέρωσης της ύδρευσης από γεωτρήσεις και μάλιστα ανεξέλεγκτες. Ετσι αποφεύγεται ο κίνδυνος προβολής του πόσιμου νερού από λιπάσματα με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία ατόμων που ανήκουν σε ομάδες υψηλού κινδύνου όπως βρέφη, έγκυες και άτομα που πάσχουν από ασθένειες του στομάχου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεράσματα για την βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης της περιοχής προτείνουμε τα εξής:

➤ Λειτουργία συστήματος μόνιμης παρακολούθησης της ποιότητας του πόσιμου νερού.

- Έλεγχος γεωτρήσεων και προγραμματισμός ορθολογικής διαχείρισης υπόγειου νερού, τόσο για ύδρευση όσο και για άρδευση.
  
- Εφαρμογή του μέτρου μείωσης της νιτρορύπανσης.
  
- Εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας και οργάνωση συστήματος τακτικού και έκτακτων ελέγχων των βιομηχανικών αποβλήτων.
  
- Οργάνωση συστήματος εντοπισμού και αντιμετώπισης εκτάκτων περιστατικών ρύπανσης (βλάβη αγωγού επεξεργασμένων λυμάτων, ρύπανση από πετρελαιοειδή, υπεραύξηση π्लाγκτού κ.λπ.)
  
- Νέες δειγματοληψίες και συνεχή έρευνα για την καλύτερη κατά το δυνατό εκτίμηση του βαθμού ρύπανσης της περιοχής.
  
- Εφαρμογή του κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής στη λίπανση των καλλιεργειών και διαχείριση στερεών αποβλήτων ζώων.
  
- Δημιουργία θεματικών χαρτών με συνεχή ανανέωση της βάσης δεδομένων τους

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1) **Αγγελίδης Ζ.:** Εισαγωγή στη Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη, 1993.
- 2) **Αλεξάκης Δ.:** Η επίδραση γεωλογικών και ανθρωπογενών παραγόντων στην ποιότητα και την χημική σύσταση των υπόγειων νερών περιοχών της Ανατολικής Αττικής Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (2002), 261 σελ
- 3) **Αλεξιάδης Κ.:** Φυσική και Χημική ανάλυση του εδάφους. Θεσσαλονίκη, 1980.
- 4) **Αλεξιάδης Κ.:** Χημική ισοροπία. Θεσσαλονίκη, 1981.
- 5) **Αναγνωστόπουλος Α.:** Η Ρύπανση του Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, 1989.
- 6) **Ανδρεδάκης Γ. Ε.,** Εργασία για Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης 1998
- 7) **Αντωνόπουλος Β.:** Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων. Θεσσαλονίκη 2003, Εκδόσεις Ζήτη
- 8) **BABIZOS Γ, Κ. ZANNAKH, Δ. ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΙΑ Α.Ε., (1996).** Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη της Χερσονήσου της Μαγνησίας. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Αθήνα
- 9) **Δεληγιάννης Α.:** Χημική Τεχνολογία Νερού. Αθήνα 1970.
- 10) **Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β.** Γενική εκτίμηση για την κατάσταση ποιότητας του αέρα στην περιοχή Βόλου, Βόλος (1996).
- 11) **ΕΘΙΑΓΕ.** Χάρτες Νιτρορύπανσης περιοχής Θεσσαλίας & Φθιώτιδας (2002, 2005)
- 12) **ΕΛΚΕΠΑ** Εκτίμηση υδάτινων απορροών στις λεκάνες απορροής του Β. Παγασητικού. Βόλος (1989)
- 13) **Θάνος Μ.** 'Επίδραση του ταμειυτήρα της Κάρλας στα υπόγεια νερά της Ν.Α. περιοχής στην Ανατολική Θεσσαλία'. *Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, 13-16/11/1996, Λάρισα, τόμος Ι
- 14) **Καλδέλλης Ιωάννης, Αιμιλία Κονδύλη** "Περιβάλλον" Τόμος Β, (2005) Εκδόσεις Σταμούλη
- 15) **Καλογήρου Ε.:** Το Πόσιμο Νερό και η Ανθρώπινη Υγεία. Αθήνα, 1994

- 16) **Κατσούλης Χρήστος**,:“Στοιχεία Φυσικής του Περιβάλλοντος Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων 1989
- 17) **Κόλλιας Π.** *Απορρίμματα*. Αθήνα (1993).
- 18) **Κουγκολος Α.**, ‘Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα: Η περίπτωση της Θεσσαλίας’ στο *Δεκαεπτά κείμενα για το Σχεδιασμό, τις Πόλεις και την Ανάπτυξη*, σελ. 127-141 Συλλογικός τόμος για τα δέκα χρόνια λειτουργίας του Τμήματος ΜΧΠΠΑ, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας (2000).
- 19) **Λαμπράκης, Ν.**:Εισαγωγή στην Υδροχημεία .Πάτρα,158 σελ, 1992
- 20) **Λατινόπουλος, Π.**,.Υδρολογία υπόγειων νερών. Τσακίρης Γ. (εκδότης), Υδατικοί Πόροι-Ι. Τεχνική Υδρολογία Αθήνα, σελ 310-342,1995
- 21) **Λιοδάκης Σ.** “ΗΛΡC Εισαγωγικά Μαθήματα” Αθήνα 1998
- 22) **Μανουσάκης ,Γ.**:Τα ιχνοστοιχεία στην Υγεία του Ανθρώπου.Θεσσαλονίκη, 1991.
- 23) **Μεγαλόπουλος ,Α .:**Χημεία και Τεχνολογία Νερού .Αθήνα ,1977.
- 24) **Μηλιαρέσης Γ. :** Ειδικές Εφαρμογές στο Arc GIS ,Εκδόσεις Ιών, 2006.
- 25) **Μιχαλακοπούλου, Χ. :**Νομοθεσία για το Περιβάλλον.Θεσσαλονίκη ,2004
- 26) **Παυλίδης Θ.:** Το πρόβλημα της ρύπανσης από τα ελαιουργεία του Νομού Μαγνησίας: Υφιστάμενη κατάσταση, δυνατότητες, προοπτικές. Θεσσαλονίκη 1994
- 27) “**Περιβάλλον 21**” Επιστημονικό περιοδικό
- 28) **Σκορδίλης Α,Κομνίτσας Κ.** Οικιακά και άλλα μη επικίνδυνα απόβλητα ,διαχείριση στερεών αποβλήτων ,Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Εκδόσεις ΕΑΠ, 2004.
- 29) **Σούλιος, Γ. :** Γενική Υδρολογία.Θεσσαλονίκη, 1986
- 30) **Σουμπέκας Δ., Π. Σπυριδής** “Μετρήσεις των σωματιδιακών ρύπων PM10 στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου Μαγνησίας”. *Διπλωματική εργασία*. Επιβλέπων καθ.: Σταπουτζής Ε., Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Παν/μιο Θεσσαλίας,Βόλος 2004.
- 31) **Τερζίδης, Γ. και Δ. Καραμούζης**,. Υδραυλική Υπόγειων Νερών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1985
- 32) **Τζαμτζής Ν.-Πιλάλης**, “Φυσικές Μεθόδοι Ανάλυσης –Σημειώσεις” Αθήνα 2000
- 33) **Τριζώνη Ε.** ‘Διερεύνηση περιεκτικότητας σε νιτρικά γλυκών νερών σε περιοχές Ν. Μαγνησίας και επαρχίας Φαρσάλων *Διπλωματική εργασία*, Τμ. ΜΧΠΠΑ, Παν/μιο Θεσσαλίας , 2004
- 34) **Χατζηγιωάννου Θ.,Κουππαρη Μ,** “ Ενόργανη Ανάλυση ” Αθήνα 1990

## Ξένη Βιβλιογραφία

- 35) **Adams B. and S.S.D Foster** :Land-surface zoning for groundwater protection. J.IWEM.312-316p.,1992.
- 36) **America. Commun.** Soil Sci. Plant Anal33(13&14)
- 37) **Appelo C. Postma D.:** Geochemistry ,groundwater and pollution 536p,A. Balkema,1994.
- 38) **Biggar J.W. and D.R. Nielsen,** 1976. Spatial variability of the leaching characteristics of a field soil. Water Resour. Res., 12: 78-84
- 39) **Boast C. W.,** 1973. Modeling the movement of chemicals in soils by water. Soil Sei., 115: 224-230
- 40) **Bohn, H.L., B.L. McNeal and G.A. O'Connor,** 1985. Soil Chemistry, 2<sup>nd</sup> edn., John Wiley and Sons, New York
- 41) **Bower H.,** 1978. Groundwater York Hydrology. John Wiley and Sons, New
- 42) **Bower C.A., W. R. Gardner and J.O. Goertzen,** 1957. Dynamics of cation exchange in soil columns. Soil Sei. Soc. Am. Proa, 21: 20-24
- 43) **Bresler E.,** 1973. Simultaneous transport of solutes and water under transient unsaturated flow conditions Water Resour. Res., 9: 975-986
- 44) **Bresler E., B.L. McNeal and D.L.Carter,** 1982. Saline and Sodic Soils(Principles-Dynamics-Modelings). Springer-Verlag, New York
- 45) **Buchter, B., B. Davidoff, M.C. Amacher, C.Hinz, I.K. Iskandar and H.M. Selim,** 1989. Correlation of Freundlich Kd and retention parameters with soils and elements Soil Sei 370-379
- 46) **Chow,V.:** Handbook of applied Hydrology. McGraw Hill New York ,USA1964.
- 47) **Coats K.H. and B.D. Smith,** 1964. Dead-end pore volume and dispersion in porous media. Soc. Pet. Engrg. p 73-84
- 48) **Grasso D. (1993)** “Hazardous Waste Site Remediation”, CRC Press, USA, Section J.

- 49) **Davidson J.M., P.S.C.Rao and P.Nkedi-Kizza**, 1983. Physical processes influencing water and solute transport in soils In *Chemical Mobility and Reactivity in Soil Systems*
- 50) **Davidson, J.M., D.A. Graetz, P. Suresh, C. Rao, and H.M. Selim**, 1978. Simulation of nitrogen movement, transformation and uptake in plant root zone EPA 600 / 3-78-029
- 51) **De Smedt F. and P.J. Wierenga**, 1984. Solute transfer through columns of glass beads. *Water Resour. Res.*, 20: 225-232
- 52) **Davis ,S.N.,De Wiest,R** :Hydrogeology,Repr .Ed 463p.Krieger Publ.Co 1991.
- 53) **D' Annibale, M. Ricci, D. Quaratino, F. Federici & M. Fenice** (2004), "*Panus tigrinus* efficiently removes phenols, color and organic load from olive – mill waste", Dipartimento di Agrobiologia and Agrochimica, Universita degli Studi della Tuscia, Viterbo, Italy
- 54) **Domenico ,A-Schwartz,W** : Physical and chemical hydrogeology ,506p.Wiley and Sons ,1997.
- 55) **Ewing G.** " Instrumental Methods of chemical Analysis" ,5 th Edition, New York, 1985
- 56) **Fageria, N.K. and Zimmermann, F.J.P., 1998.** Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29(17&18):
- 57) **Fetter ,C.W .:** Contaminant hydrogeology,458p ., Mc Millan Publ.Co,1992
- 58) **Fiorenza, S., Balshaw, K.,Lowe,D.F.,Oubre,C.L. and Ward,** Innovative bioremediation technologies (1998). The DOD/AATDE contribution. IGlobal Environmental Biotechnology D. L. Wise, ed. Kluwer Academic pp. 365-376.
- 59) **Gaudet J-P,** 1978, Transferts d'eau et de soluate dans les sols nonsatures, mesures et simulation. These de Docteur d'etat, Universite Scientifique et Medicale de Grenoble, France
- 60) **Gelhar L.W., C. Welty and K.R. Rehfeldt,** 1992. A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers. *Water Resour. Res.*, 28(7): 1955-1974
- 61) **Hem, J.D .,** :Study and interpretation of chemical characteristics of natural waters, U.S Geol.Survey ,Water Supply Paper, 1473 ,363p.,1970.
- 62) **Javandel J., C. Doughty and C.F. Tsang,** 1984. Groundwater transport: Handbook of Mathematical Models. Amer Geoph.Union D.C

- 63) **King, R.B., Long G.M., Sheldon, J.K. (1998)** "Practical Environmental Bioremediation. The Field Guide", CRC Press, USA
- 64) **Kirkham, D. and W.L. Powers** 1972. Advanced Soil Physics. Wiley Interscience, New York, 534 p
- 65) **Konikow L.F. and J.D. Bredehoeft**, 1974. Modeling flow and chemical quality changes in an irrigated stream aquifer system. Water 546-562
- 66) **Kuo, J. (1999)** "Practical Design Calculations for Groundwater and Soil remediation". Lewis Publishers, USA
- 67) **Larson, T.:** Chemical Control of Corrosion 354-366p, 1966
- 68) **LaGrega, M.D., Buckingham, P.L., Evans, J.C. (1994)** "Hazardous Waste Management", McGraw-Hill, Chapter 10, pp. 555-640
- 69) **Legrand H.E.** (1964) "System for evaluating the contamination potential of some waste sites p. 959-974.
- 70) **Lindqvist, R., J.S. Cho and CG. Enfield**, 1994. A kinetic model for cell density dependent bacterial transport in porous media. Water Resour. Res., 3201-3299
- 71) **Lindstrom F.T. and W.T. Piver**, 1985. Vertical transport and fate of low water solubility chemicals in unsaturated soils 93-141
- 72) **Lloyd, J.-Heathcote J.;** Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. An Introduction, 296p., 1985.
- 73) **Malavolta, E., Vitti, G.C., Rosolem, C.A., Fageria, N.K. and Guimaraes, P.T.G., 1987.** Sulfur responses of Brazilian Crops. J. Plant Nutr
- 74) **Morel, Fr., J. Hering**, Principles and Applications of Aquatic Chemistry, 588p, 1993.
- 75) **Ogata, A.**, 1970. Theory of dispersion in a granular medium U.S. Geological Survey Professional Paper 411-1, 134 pp.
- 76) **Olsen, S.R., and W.D. Kemper**, 1968. Movement of nutrients to plant roots Advances of Agronomy
- 77) **Palmer, Ch:** Contaminant hydrogeology, 235p Lewis Publ, 1996
- 78) **Rose J.:** Trace Elements in Health. Cambridge university Press, U.K, 1978 (15) Harvey D. "Modern Analytical Chemistry" Boston, 2000
- 79) **Rubinson K.** "Contemporary Instrumental Analysis" N.Jersey, 2000.

- 80) **Rouessac F.** “ Chemical analysis , Modern Instrumental Methods and Techniques”, Chichester, 2000..
- 81) **Scheidegger A.G.**, 1961. General theory dispersion in porous media66: 3273-3278.
- 82) **Segol, G.**, 1977. A three dimensional Galerkin-finite element model for the analysis of contaminant transport in saturated-unsaturated G.F. Pinder and C.A. Brebbia (eds), Finite Elements in Water Resources. Pentech Press, London, pp. 2.123-2.144
- 83) **Staffman, P.G.**, 1960. Dispersion due to the molecural diffusion and microscopic mixing in., 7: 194-208.
- 84) **Suarez D.L. and M.Th. Van Genuchten**, 1981. Leaching and water-type effects on ground. Div., ASCE, 107: 35-52
- 85) **USDA, 1993.** Soil Survey Manual. Soil Survey Division Staff, p. 437
- 86) **Tchobanoglous ,G., E.D.Schroeder** : Water quality,768p.Addison-Welsey Publ.Co,198
- 87) **Tebbut,T** : Principles of Water Quality Control,235p,1983.
- 88) **Van Genuchten, M.Th.**, 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated44: 892-898
- 89) **Van Genuchten, M.Th.**, 1978. Mass transport in saturated-unsaturated media: one-dimensional solutions. Water Resour. Program, 78-WR-I 1, Princeton, N.J.
- 90) **Van Genuchten, M.Th. and W.J. Alves**, 1982. Analytical solutions of the one-dimensional convective-dispersive solute transport1661, 146 pp
- 91) **Van Genuchten M.Th. and P.J. Wierenga**, 1976. Mass transfer studies in sorbing porous media, I. Analytical solutions. Soil Sei. Soc. Am. J., 40: 473-480
- 92) **Wagenet, R.J.**, 1983. Principles of salt movement in soils. In D.W.Nelson et al. (eds), Chemical Mobility and Reactivity in Soil Systems p. 123-139
- 93) **Warrick A.W., J.W. Biggar and D.R.Nielsen**, 1971. Simultaneous solute and water transfer in unsaturated soil. Water: 1216-1225



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι:**

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PH & EC<sub>w</sub> ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΤΑΘΜΟ  
ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2007-2008**

**Πίνακας 1.ΑΓΡΙΑ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	ECw (μS/cm)
Agria	Apr	1,619	14,396	8,11	184
Agria	May	0,030	13,114	8,03	210
Agria	Jun	0,000	13,654	7,97	345
Agria	Jul	0,000	11,137	7,83	595
Agria	Aug	0,000	6,672	7,72	610
Agria	Sep	0,000	41,920	7,72	842
Agria	Oct	0,000	38,124	7,73	641
Agria	Nov	0,154	30,010	7,75	547
Agria	Dec	0,512	15,125	7,76	534
Agria	Jan	0,615	11,254	7,78	486
Agria	Feb	1,012	10,015	7,80	483
Agria	Mar	1,773	9,582	7,79	480

**Πίνακας 2 ΚΑΤΩ ΛΕΧΩΝΙΑ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	ECw (μS/cm)
K. Lexonia	Apr	0,000	37,048	7,67	312
K. Lexonia	May	0,000	39,164	7,72	341
K. Lexonia	Jun	0,000	44,197	7,88	404
K. Lexonia	Jul	0,000	102,007	7,93	644
K. Lexonia	Aug	0,000	26,140	7,91	280
K. Lexonia	Sep	0,000	69,477	7,07	631
K. Lexonia	Oct	0,564	14,145	7,56	530
K. Lexonia	Nov	0,832	7,493	7,78	447
K. Lexonia	Dec	0,912	9,125	7,67	461
K. Lexonia	Jan	0,940	12,147	7,68	501
K. Lexonia	Feb	0,978	15,450	7,64	553
K. Lexonia	Mar	1,004	18,563	7,68	605

**Πίνακας 3 ΠΛΑΤΑΝΙΔΙΑ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	ECw(μS/cm)
Platanidia	Apr	0,000	0,754	7,99	60
Platanidia	May	0,000	0,894	7,88	98
Platanidia	Jun	0,000	1,854	7,69	227
Platanidia	Jul	0,000	23,116	7,66	301
Platanidia	Aug	0,000	4,432	8,10	209
Platanidia	Sep	0,000	5,156	8,03	215
Platanidia	Oct	0,000	4,870	7,98	324
Platanidia	Nov	0,000	4,256	7,77	286
Platanidia	Dec	0,000	4,125	7,67	279
Platanidia	Jan	0,000	3,110	7,84	281
Platanidia	Feb	0,000	2,544	7,72	267
Platanidia	Mar	0,000	2,154	7,67	254

**Πίνακας 4 ΚΑΤΩ ΓΑΤΖΕΑ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	ECw(μS/cm)
K. Gatzea	Apr	0,000	6,506	7,97	87
K. Gatzea	May	0,000	6,874	7,94	101
K. Gatzea	Jun	0,000	7,156	7,93	131
K. Gatzea	Jul	0,000	3,829	7,91	221
K. Gatzea	Aug	0,000	1,307	7,73	130
K. Gatzea	Sep	0,000	2,914	7,56	219
K. Gatzea	Oct	0,521	2,033	7,66	223
K. Gatzea	Nov	0,718	1,012	7,92	210
K. Gatzea	Dec	0,894	1,140	7,91	213
K. Gatzea	Jan	1,010	1,245	7,88	218
K. Gatzea	Feb	1,214	1,340	7,86	222
K. Gatzea	Mar	1,300	1,554	7,85	225

**Πίνακας 5 ΚΑΛΑ ΝΕΡΑ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	ECw(μS/cm)
Kala Nera	Apr	0,000	1,326	7,92	160
Kala Nera	May	0,000	1,549	7,90	172
Kala Nera	Jun	0,000	1,941	7,88	189
Kala Nera	Jul	0,000	2,227	7,86	293
Kala Nera	Aug	0,000	4,495	8,14	251
Kala Nera	Sep	0,000	3,132	7,33	331
Kala Nera	Oct	0,314	2,145	7,64	278
Kala Nera	Nov	0,552	0,573	7,78	246
Kala Nera	Dec	0,548	0,610	7,79	245
Kala Nera	Jan	0,564	0,647	7,80	237
Kala Nera	Feb	0,478	0,698	7,82	234
Kala Nera	Mar	0,567	0,852	7,81	227

**Πίνακας 6 ΑΦΥΣΟΣ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	ECw(μS/cm)
Afysos	Apr	0,000	18,750	7,72	303
Afysos	May	0,000	19,245	7,78	314
Afysos	Jun	0,000	22,971	7,81	401
Afysos	Jul	0,000	26,321	7,88	528
Afysos	Aug	0,000	30,592	7,66	444
Afysos	Sep	0,000	13,771	7,18	503
Afysos	Oct	0,278	12,197	7,57	507
Afysos	Nov	0,879	8,462	7,56	514
Afysos	Dec	0,647	8,647	7,58	517
Afysos	Jan	1,064	9,128	7,62	526
Afysos	Feb	1,148	9,947	7,63	532
Afysos	Mar	1,226	11,284	7,63	537

**Πίνακας 7 ΑΓ.ΙΩΑΝΝΗΣ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	EC(μS/cm)
A. Ioannis	Apr	0,475	4,702	7,46	208
A. Ioannis	May	0,320	4,901	7,64	210
A. Ioannis	Jun	0,209	5,019	7,68	214
A. Ioannis	Jul	0,214	5,157	7,85	193
A. Ioannis	Aug	0,212	4,056	7,62	167
A. Ioannis	Sep	0,240	2,622	7,45	150
A. Ioannis	Oct	0,256	1,732	7,54	203
A. Ioannis	Nov	0,483	0,753	7,75	234
A. Ioannis	Dec	0,530	1,723	7,70	226
A. Ioannis	Jan	0,597	1,942	7,72	229
A. Ioannis	Feb	0,604	2,541	7,80	231
A. Ioannis	Mar	0,612	2,691	7,89	232

**Πίνακας 8 ΧΟΡΕΥΤΟ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	EC(μS/cm)
Xoreuto	Apr	1,010	39,314	7,51	297
Xoreuto	May	0,941	40,054	7,53	300
Xoreuto	Jun	0,641	42,164	7,58	322
Xoreuto	Jul	0,297	4,338	7,65	331
Xoreuto	Aug	0,310	6,054	7,56	224
Xoreuto	Sep	0,214	13,457	7,51	146
Xoreuto	Oct	0,125	7,164	7,54	247
Xoreuto	Nov	0,413	3,001	7,66	326
Xoreuto	Dec	0,495	3,821	7,71	301
Xoreuto	Jan	0,521	4,753	7,64	283
Xoreuto	Feb	0,578	5,146	7,84	276
Xoreuto	Mar	0,679	6,368	8,06	266

**Πίνακας 9 ΜΗΛΙΕΣ**

Site	Date	NO2 (mg/l)	NO3(mg/l)	pH	EC(μS/cm)
Milies	Apr	0,896	2,949	7,68	164
Milies	May	0,654	3,012	7,70	168
Milies	Jun	0,489	3,134	7,78	210
Milies	Jul	0,204	3,292	7,87	223
Milies	Aug	0,197	1,524	8,13	142
Milies	Sep	0,207	1,374	7,21	137
Milies	Oct	0,256	1,213	7,51	153
Milies	Nov	0,338	0,129	7,86	187
Milies	Dec	0,561	0,189	7,84	184
Milies	Jan	0,647	0,203	7,76	169
Milies	Feb	0,792	0,246	7,89	172
Milies	Mar	0,809	0,292	8,00	179

**Πίνακας 10 ΤΣΑΓΚΑΡΑΔΑ**

Site	Date	NO2 (mg/lit)	NO3(mg/lit)	pH	EC(μS/cm)
Tsagarada	Apr	0,922	1,340	7,89	75
Tsagarada	May	0,845	1,204	7,91	115
Tsagarada	Jun	0,762	1,191	7,88	129
Tsagarada	Jul	0,330	1,213	7,93	135
Tsagarada	Aug	0,214	1,328	7,89	142
Tsagarada	Sep	0,667	0,786	7,54	120
Tsagarada	Oct	0,153	0,064	7,77	135
Tsagarada	Nov	0,272	0,199	8,06	164
Tsagarada	Dec	0,406	0,190	8,03	156
Tsagarada	Jan	0,462	0,182	8,00	147
Tsagarada	Feb	0,194	0,175	8,02	143
Tsagarada	Mar	0,502	0,164	8,05	139

**Πίνακας 11 ΜΟΥΡΕΣΙ**

Site	Date	NO2 (mg/l)	NO3(mg/l)	pH	EC(μS/cm)
<b>Mouresi</b>	Apr	0,702	2,879	7,55	146
<b>Mouresi</b>	May	0,741	2,971	7,64	136
<b>Mouresi</b>	Jun	0,867	3,018	7,84	127
<b>Mouresi</b>	Jul	0,871	3,790	8,01	117
<b>Mouresi</b>	Aug	0,745	2,745	8,13	142
<b>Mouresi</b>	Sep	0,501	1,349	7,63	98
<b>Mouresi</b>	Oct	0,453	1,056	7,83	124
<b>Mouresi</b>	Nov	0,583	0,203	7,93	162
<b>Mouresi</b>	Dec	0,645	0,423	7,87	174
<b>Mouresi</b>	Jan	0,760	0,641	7,90	181
<b>Mouresi</b>	Feb	0,801	0,722	7,88	197
<b>Mouresi</b>	Mar	0,834	0,776	7,87	206

**Πίνακας 12 ΑΝΗΛΙΟΝ**

Site	Date	NO2 (mg/l)	NO3(mg/l)	pH	EC(μS/cm)
<b>Anilio</b>	Apr	0,439	1,038	8,08	80
<b>Anilio</b>	May	0,381	1,071	8,00	103
<b>Anilio</b>	Jun	0,267	1,103	8,01	114
<b>Anilio</b>	Jul	0,241	1,154	7,96	168
<b>Anilio</b>	Aug	0,104	1,036	7,56	163
<b>Anilio</b>	Sep	0,197	0,902	7,30	152
<b>Anilio</b>	Oct	0,214	0,670	7,64	154
<b>Anilio</b>	Nov	0,394	0,186	7,89	153
<b>Anilio</b>	Dec	0,397	0,189	7,90	155
<b>Anilio</b>	Jan	0,403	0,192	7,95	156
<b>Anilio</b>	Feb	0,411	0,209	8,01	159
<b>Anilio</b>	Mar	0,416	0,212	8,04	161

**Πίνακας 13 ΜΑΚΡΥΡΑΧΗ**

Site	Date	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	EC(μS/cm)
Makriraxi	Apr	0,470	2,229	7,68	113
Makriraxi	May	0,031	2,231	7,64	123
Makriraxi	Jun	0,512	2,246	7,54	125
Makriraxi	Jul	0,010	2,680	7,52	134
Makriraxi	Aug	0,051	2,910	7,49	151
Makriraxi	Sep	0,104	2,239	7,45	173
Makriraxi	Oct	0,389	1,947	7,60	172
Makriraxi	Nov	0,471	1,453	7,88	173
Makriraxi	Dec	0,468	1,406	7,86	168
Makriraxi	Jan	0,462	1,345	7,85	164
Makriraxi	Feb	0,412	1,260	7,88	169
Makriraxi	Mar	0,394	1,116	7,87	172

**Πίνακας 14 ΖΑΓΟΡΑ**

Site	Date	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	EC(μS/cm)
Zagora	Apr	0,383	23,837	7,75	147
Zagora	May	0,206	22,059	7,79	153
Zagora	Jun	0,195	16,161	7,82	162
Zagora	Jul	0,204	1,010	7,85	168
Zagora	Aug	0,311	1,197	7,99	125
Zagora	Sep	0,297	1,645	7,47	75
Zagora	Oct	0,371	1,423	7,64	120
Zagora	Nov	0,441	1,356	8,22	189
Zagora	Dec	0,436	1,189	8,01	164
Zagora	Jan	0,403	0,189	7,90	158
Zagora	Feb	0,386	0,571	7,93	153
Zagora	Mar	0,367	1,014	7,87	146



**Πίνακας 15 ΧΑΝΙΑ**

Site	Date	NO2 (mg/l)	NO3(mg/l)	pH	EC(μS/cm)
Xania	Apr	0,409	2,373	7,73	118
Xania	May	0,610	2,460	7,72	126
Xania	Jun	0,316	2,150	7,70	225
Xania	Jul	0,786	0,000	7,65	331
Xania	Aug	0,846	0,000	7,64	301
Xania	Sep	0,924	0,000	7,65	227
Xania	Oct	0,726	0,000	7,66	175
Xania	Nov	0,407	0,000	7,66	131
Xania	Dec	0,493	0,000	7,64	153
Xania	Jan	0,671	0,000	7,76	149
Xania	Feb	1,038	0,000	7,85	147
Xania	Mar	1,638	0,000	7,92	141

**Πίνακας 16 ΜΑΚΡΥΝΙΤΣΑ**

Site	Date	NO2 (mg/l)	NO3(mg/l)	pH	EC(μS/cm)
Makrinitza	Apr	0,851	4,312	7,53	286
Makrinitza	May	0,709	3,161	7,65	259
Makrinitza	Jun	0,833	2,941	7,77	274
Makrinitza	Jul	0,961	2,045	7,83	179
Makrinitza	Aug	0,903	2,395	7,54	204
Makrinitza	Sep	0,768	2,463	7,33	274
Makrinitza	Oct	0,606	0,940	7,47	225
Makrinitza	Nov	0,542	0,139	7,52	248
Makrinitza	Dec	0,640	0,159	7,63	252
Makrinitza	Jan	0,678	0,264	7,77	263
Makrinitza	Feb	0,676	0,740	7,83	266
Makrinitza	Mar	0,700	2,981	7,79	261

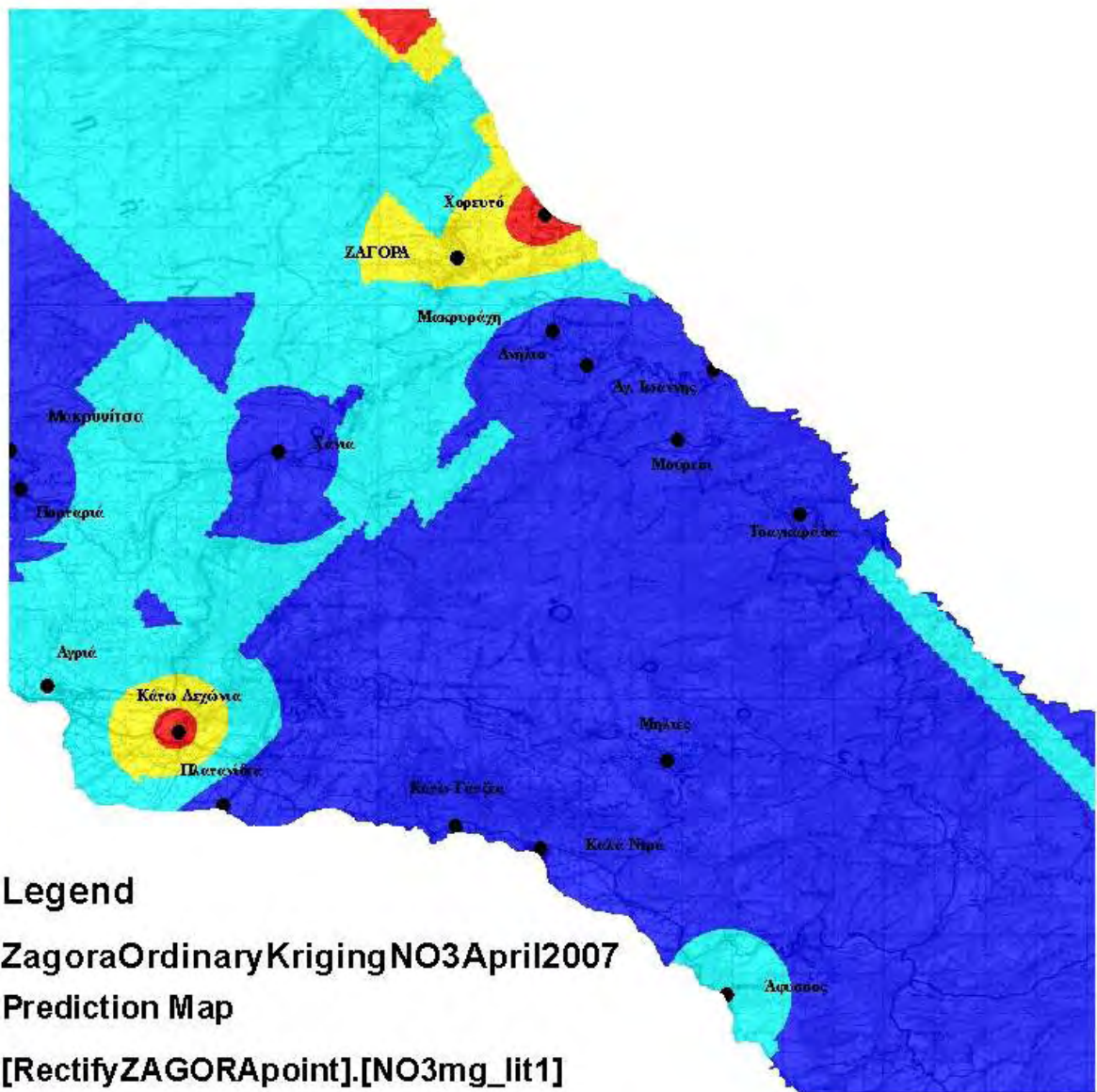
**Πίνακας 17 ΠΟΡΤΑΡΙΑ**

Site	Date	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	EC(μS/cm)
Portaria	Apr	0,676	1,653	7,68	139
Portaria	May	0,684	1,564	7,71	154
Portaria	Jun	0,612	1,305	7,76	163
Portaria	Jul	0,578	1,440	7,79	174
Portaria	Aug	0,000	1,532	7,72	167
Portaria	Sep	1,197	0,504	7,65	160
Portaria	Oct	1,108	0,051	7,43	157
Portaria	Nov	0,359	0,112	7,28	155
Portaria	Dec	0,276	0,100	7,32	143
Portaria	Jan	0,270	0,175	7,50	145
Portaria	Feb	0,310	0,198	7,79	149
Portaria	Mar	0,345	0,270	8,02	139

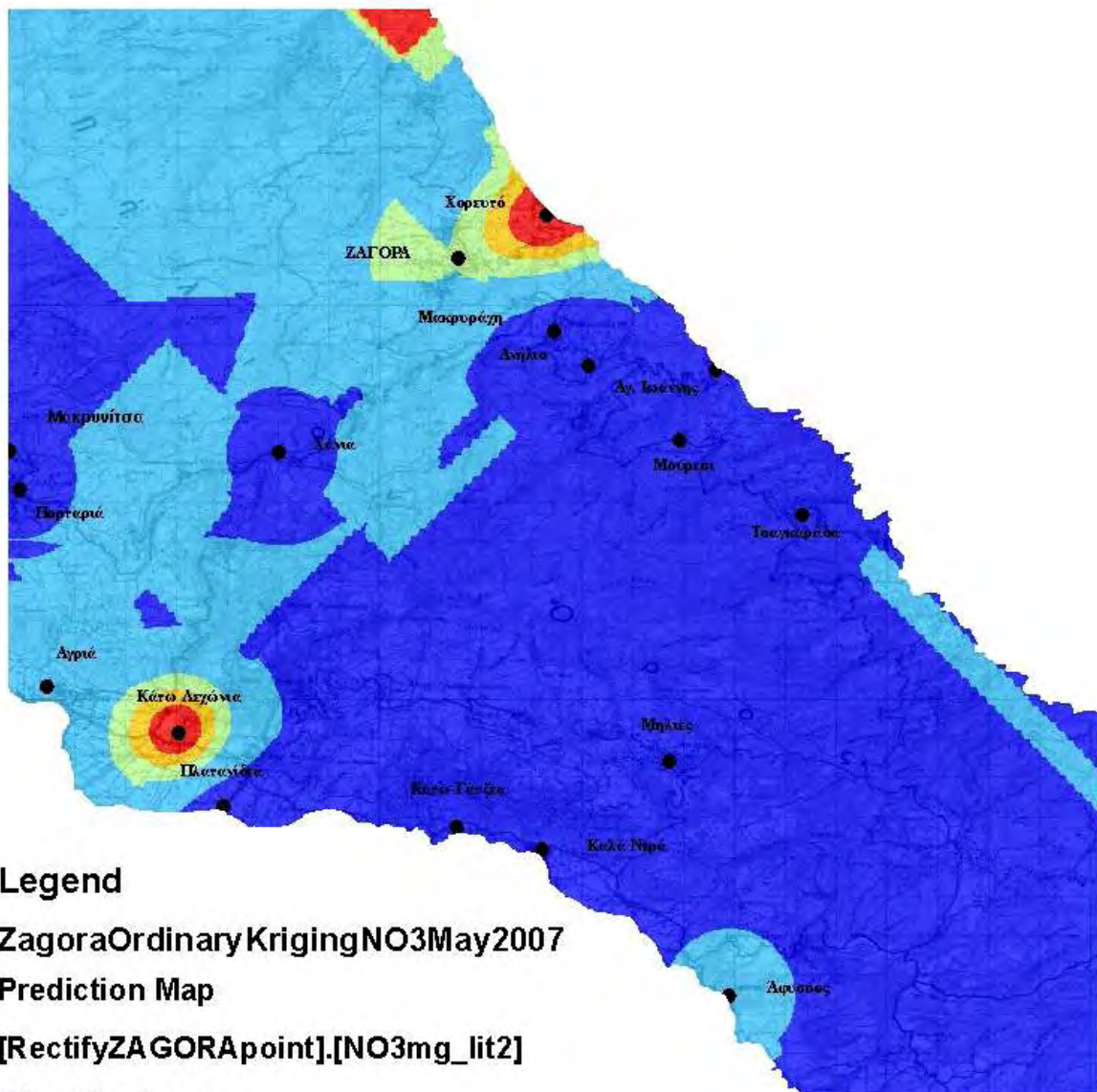
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ**

**Χάρτες συγκεντρώσεων NO<sub>3</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος 2008**

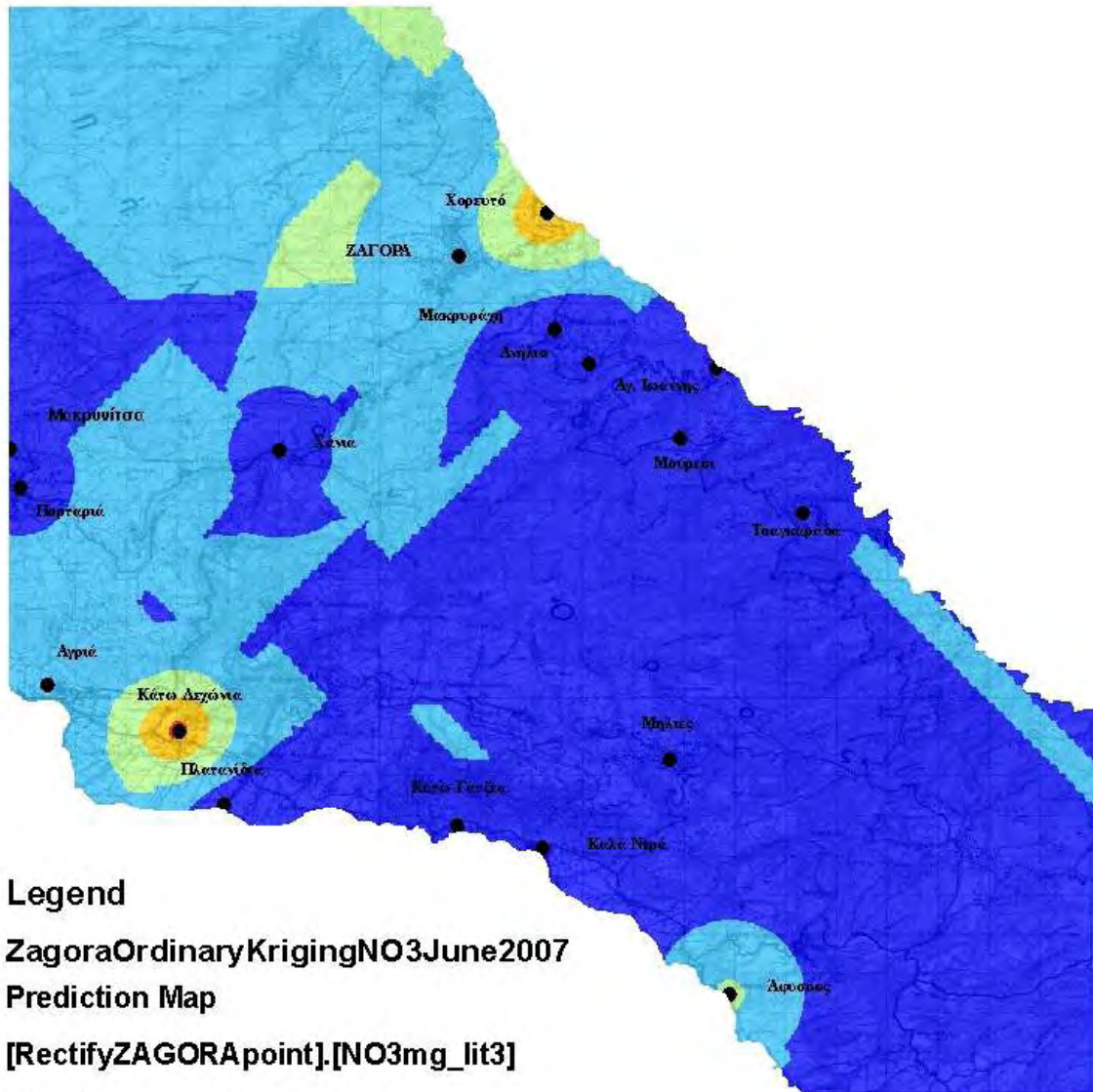
# ZagoraOrdinaryKrigingNO3April2007



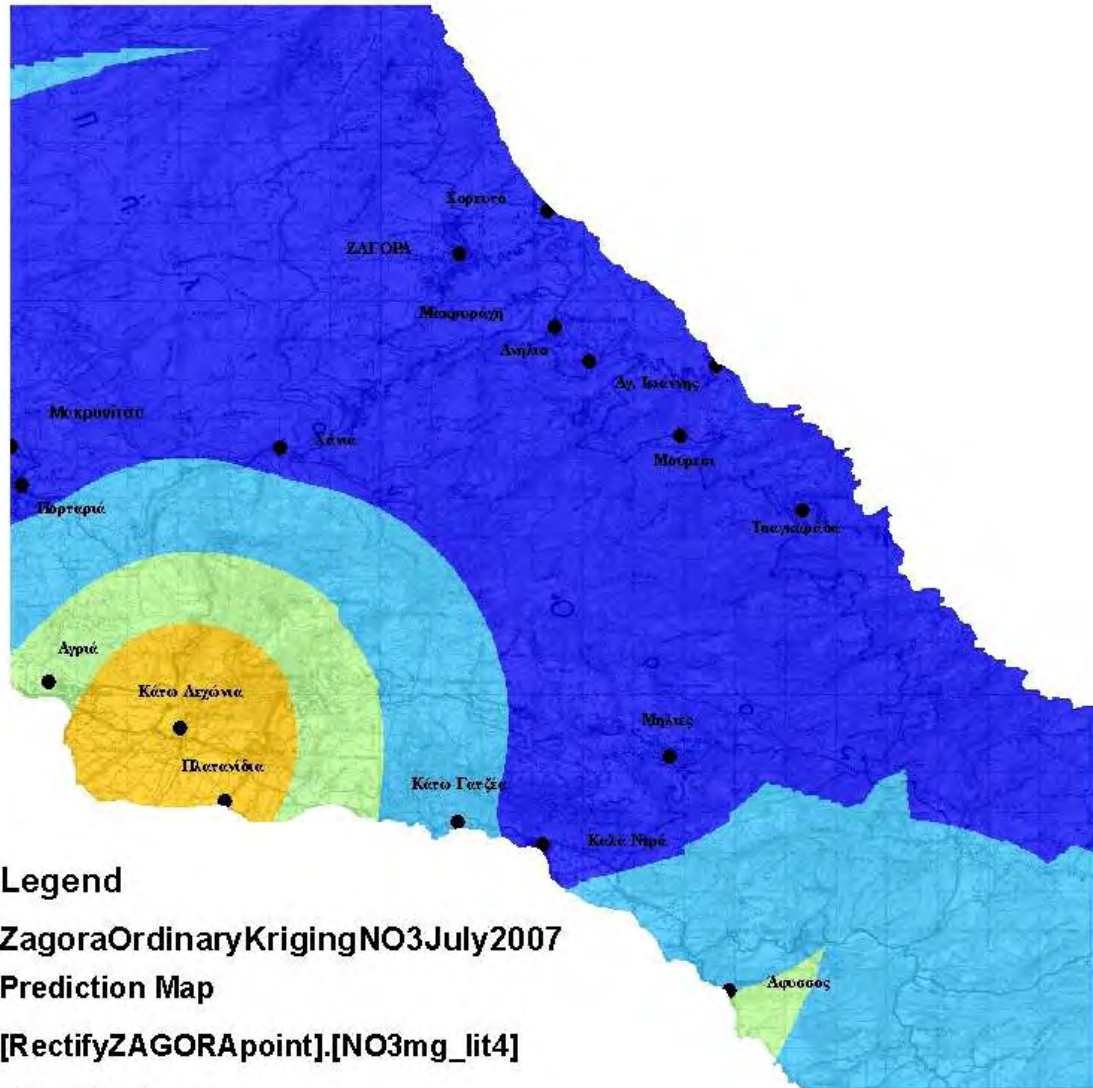
# ZagoraOrdinaryKrigingNO3May2007



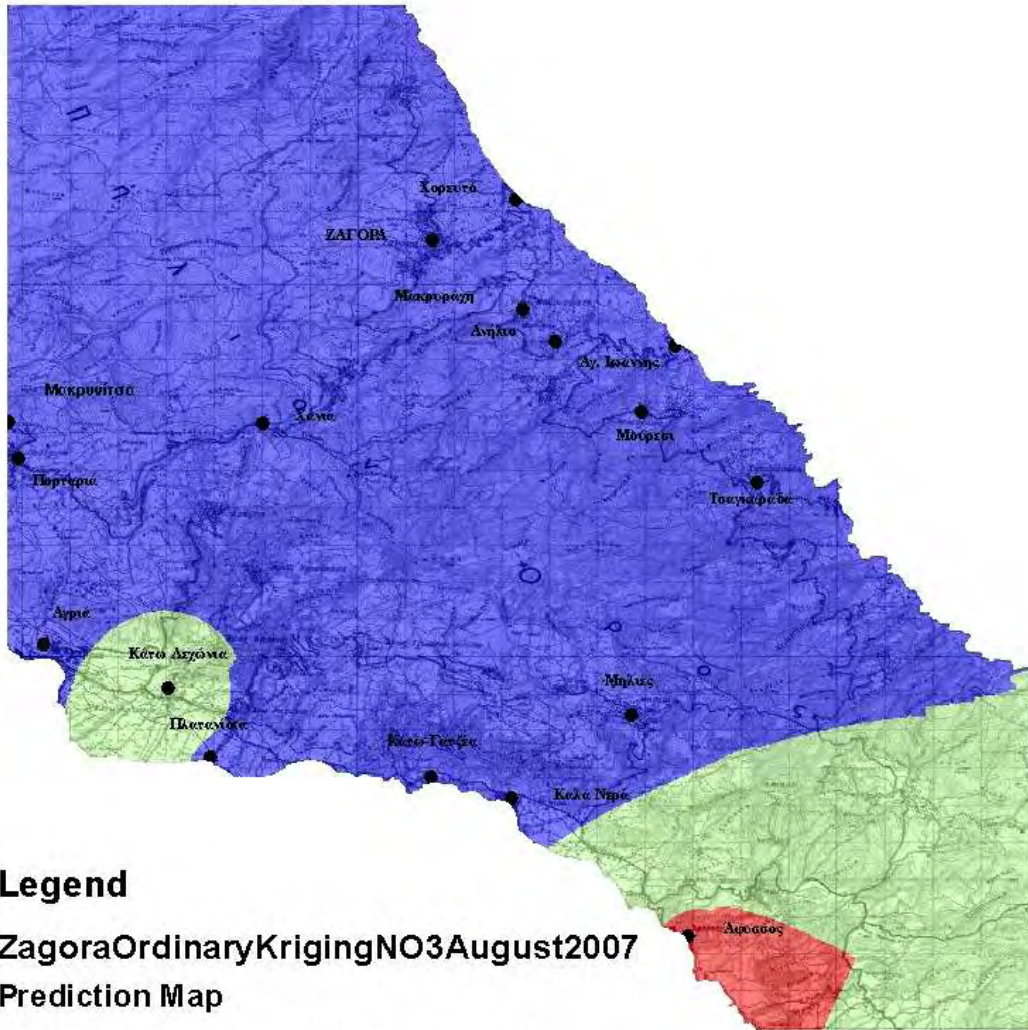
# ZagoraOrdinaryKrigingNO3June2007



# ZagoraOrdinaryKrigingNO3July2007



# ZagoraOrdinaryKrigingNO3August2007






## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO3August2007

Prediction Map

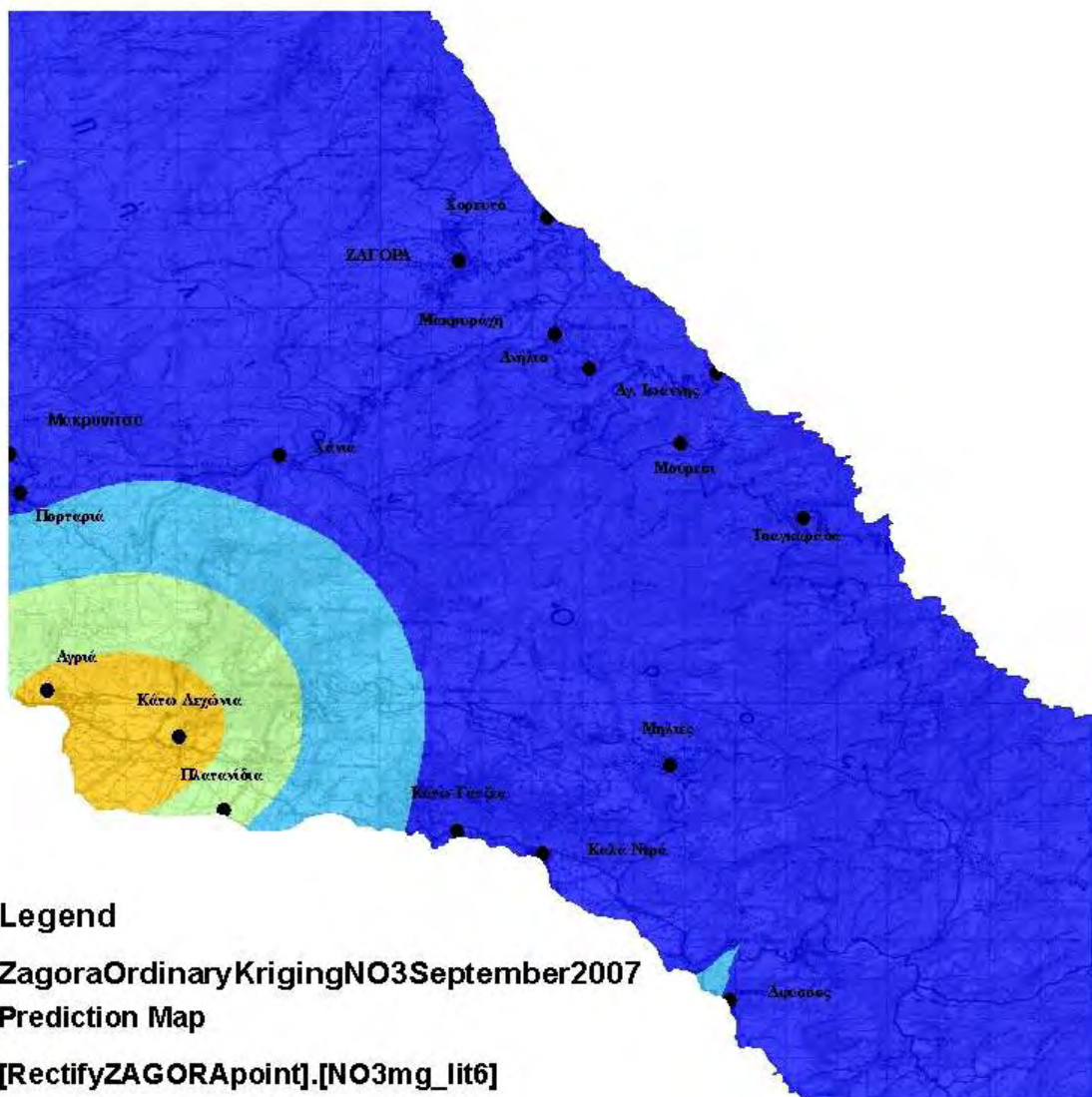
[RectifyZAGORApoin].[NO3mg\_lit5]

## Filled Contours

-  0 - 10
-  10 - 20
-  20 - 30,591999



# ZagoraOrdinaryKrigingNO3September2007



## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO3September2007

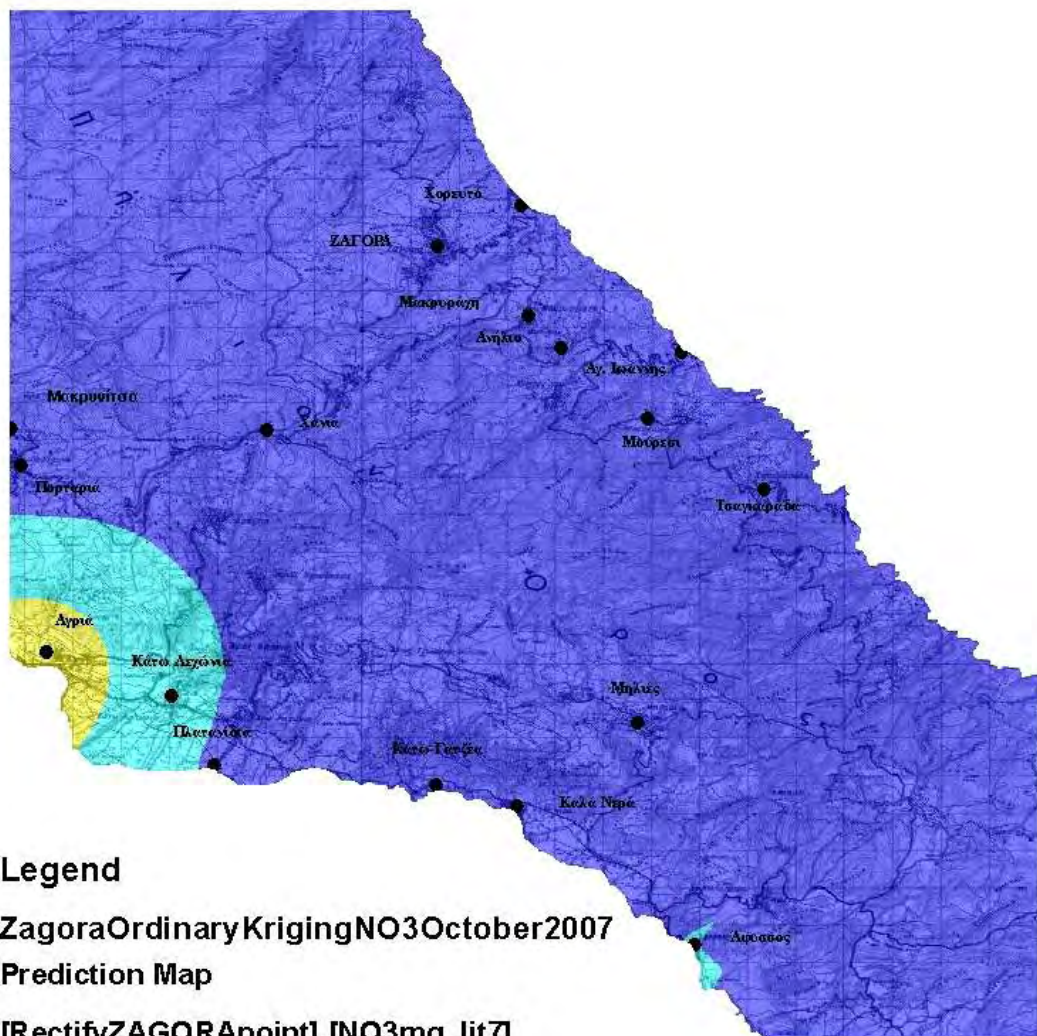
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO3mg\_lit6]

### Filled Contours



# ZagoraOrdinaryKrigingNO3October2007







## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO3October2007

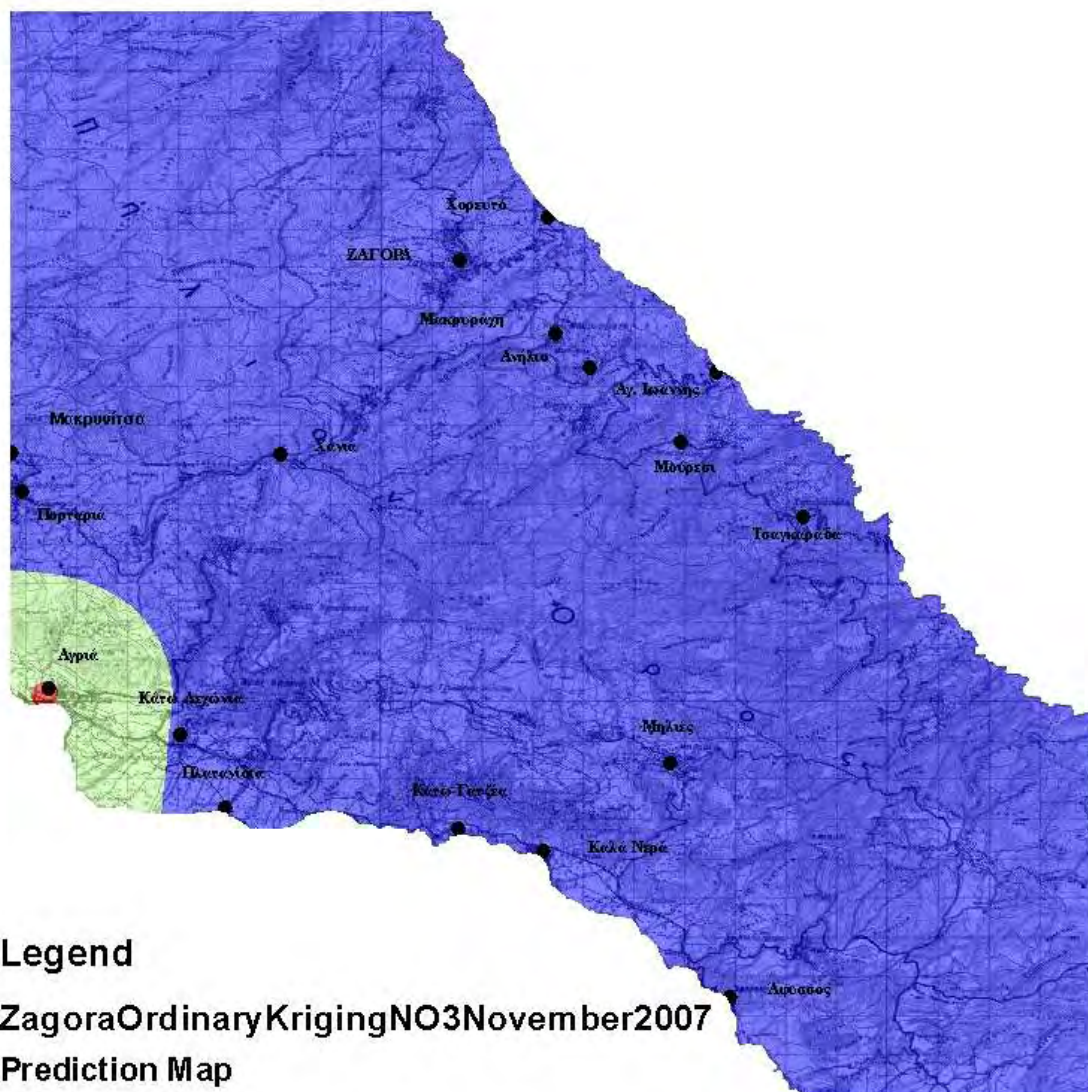
Prediction Map

[RectifyZAGORApoin]. [NO3mg\_lit7]

## Filled Contours

	0 - 10
	10 - 20
	20 - 30
	30 - 38,124001

# ZagoraOrdinaryKrigingNO3November2007



## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO3November2007

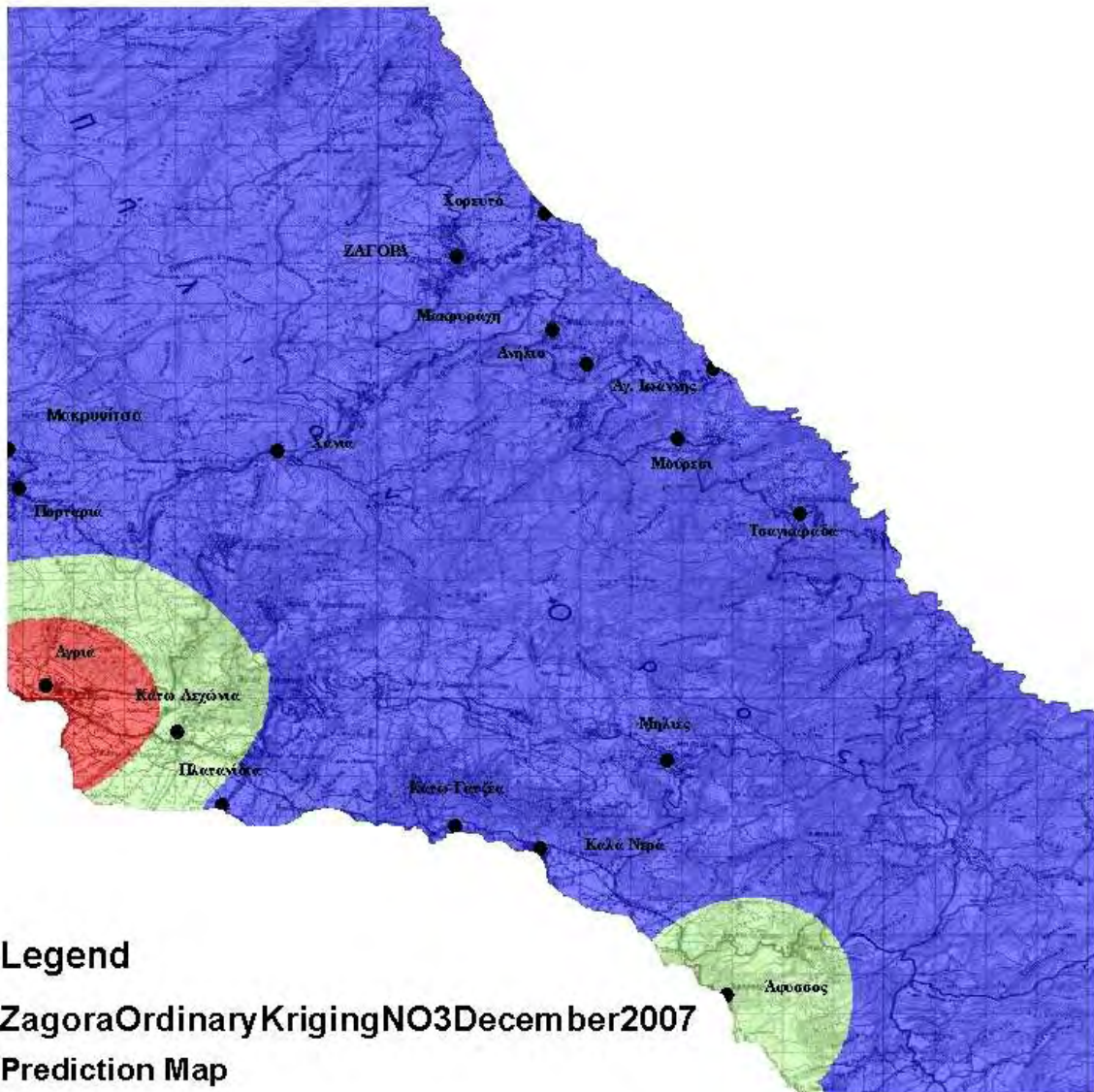
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO3mg\_lit8]

## Filled Contours



# ZagoraOrdinaryKrigingNO3December2007



## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO3December2007

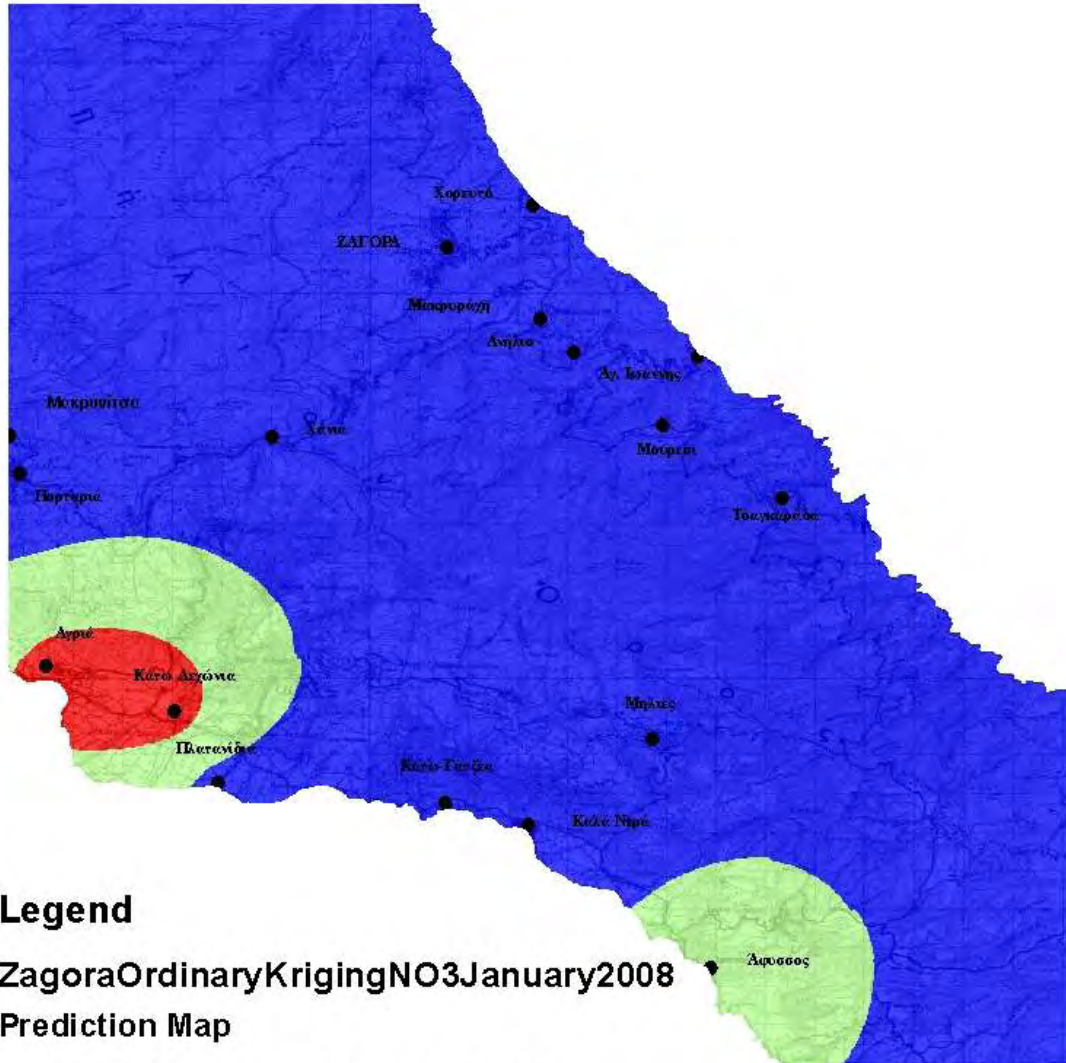
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO3mg\_lit9]

### Filled Contours



# ZagoraOrdinaryKrigingNO3January2008



## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO3January2008

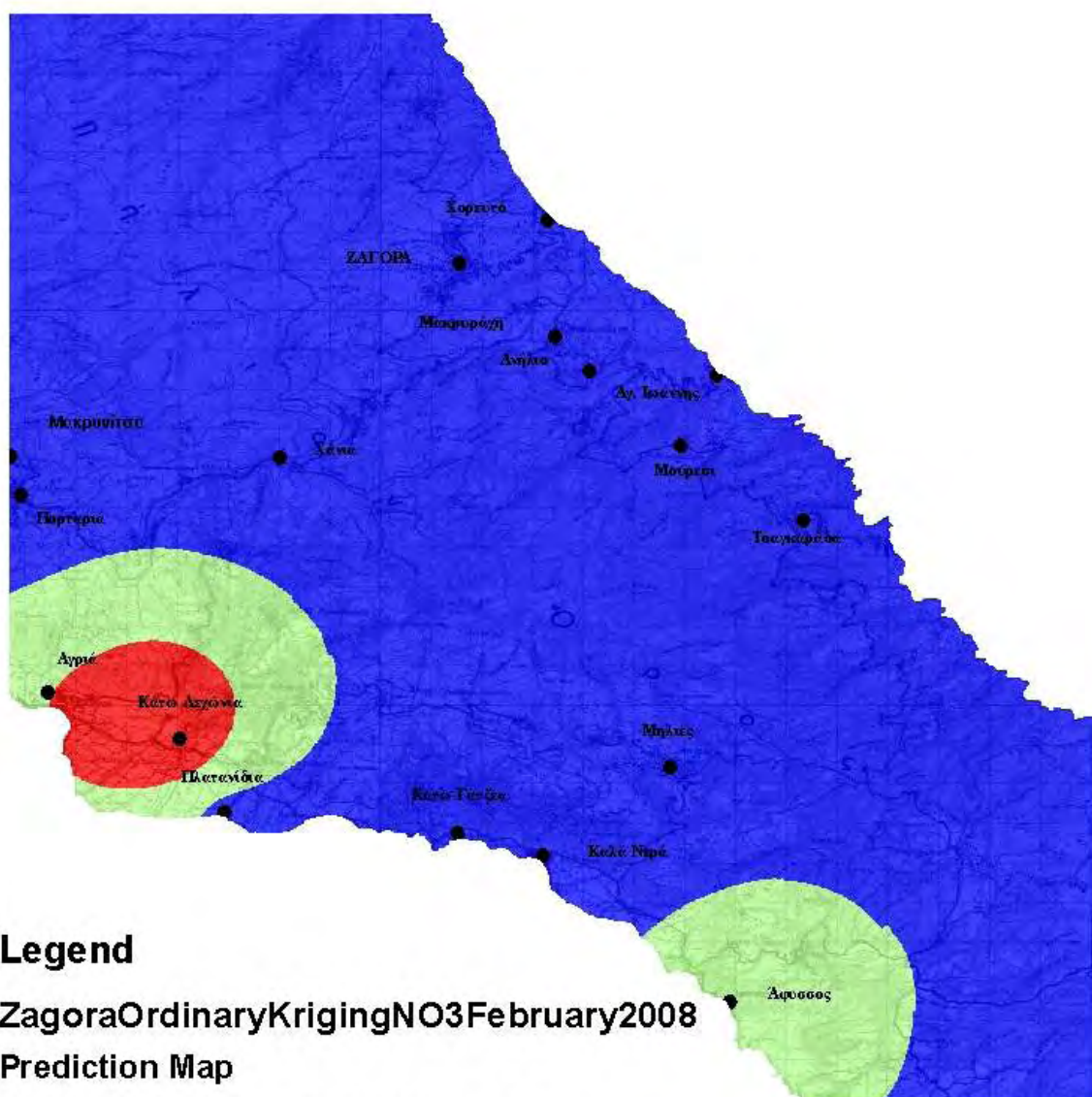
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO3mgLit10]

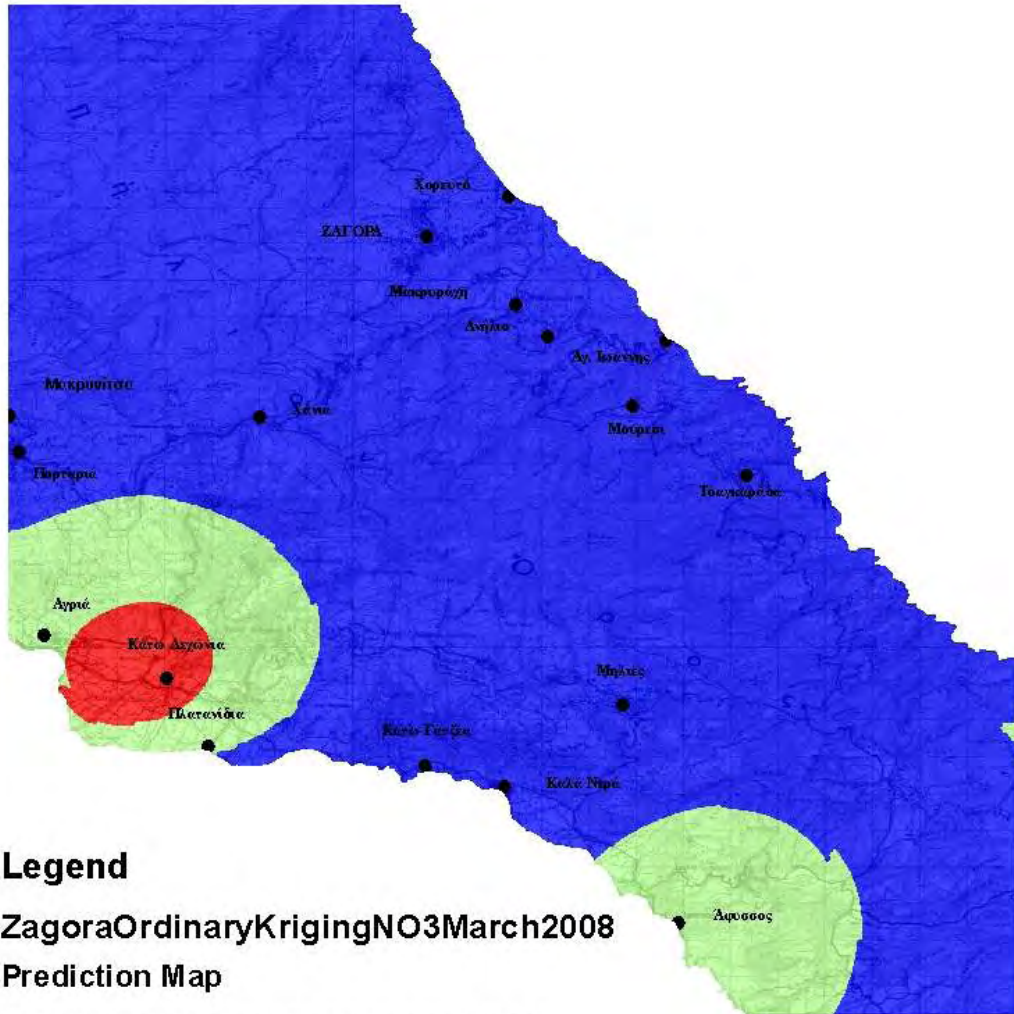
Filled Contours

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 12,147

# ZagoraOrdinaryKrigingNO3February2008



# ZagoraOrdinaryKrigingNO3March2008

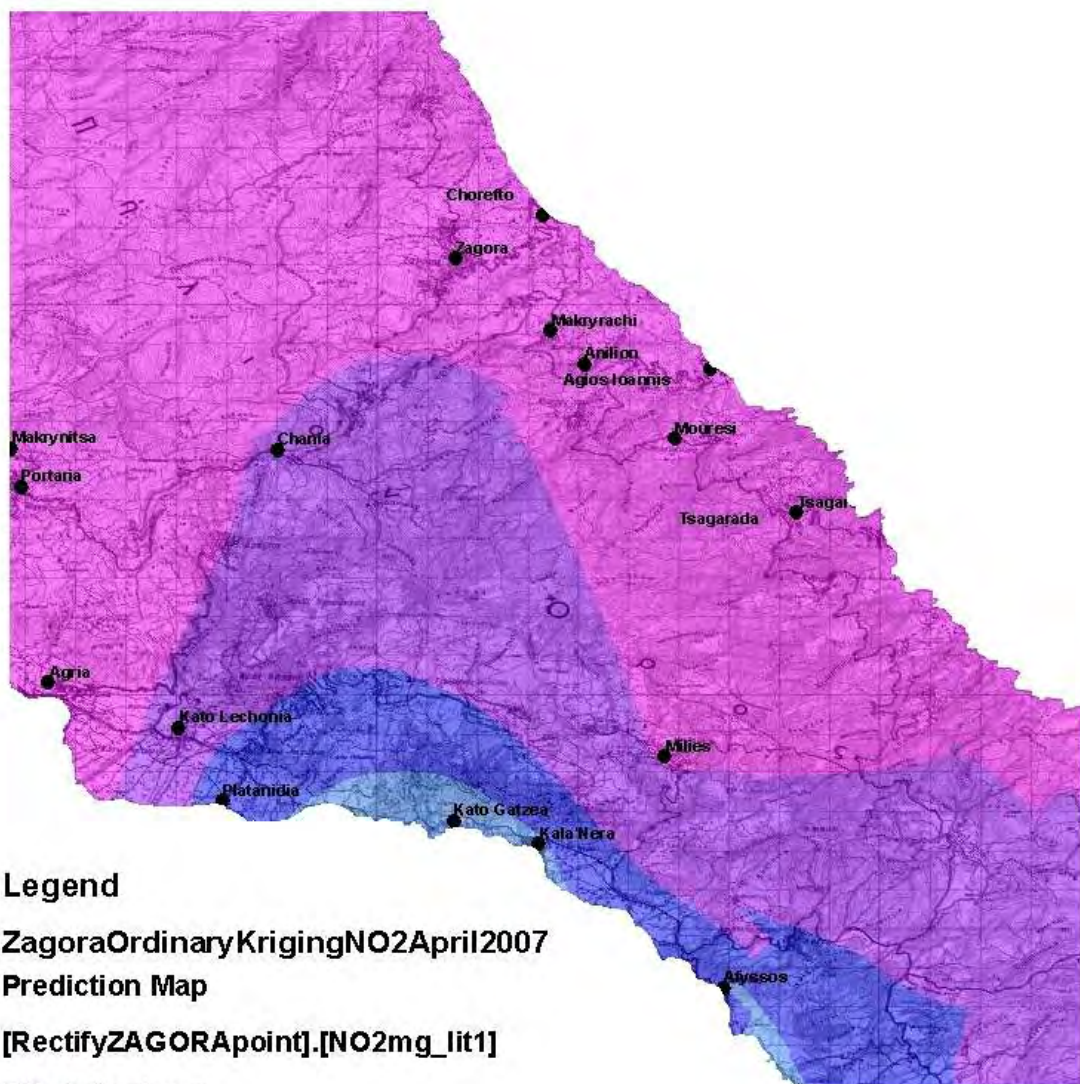


### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ**

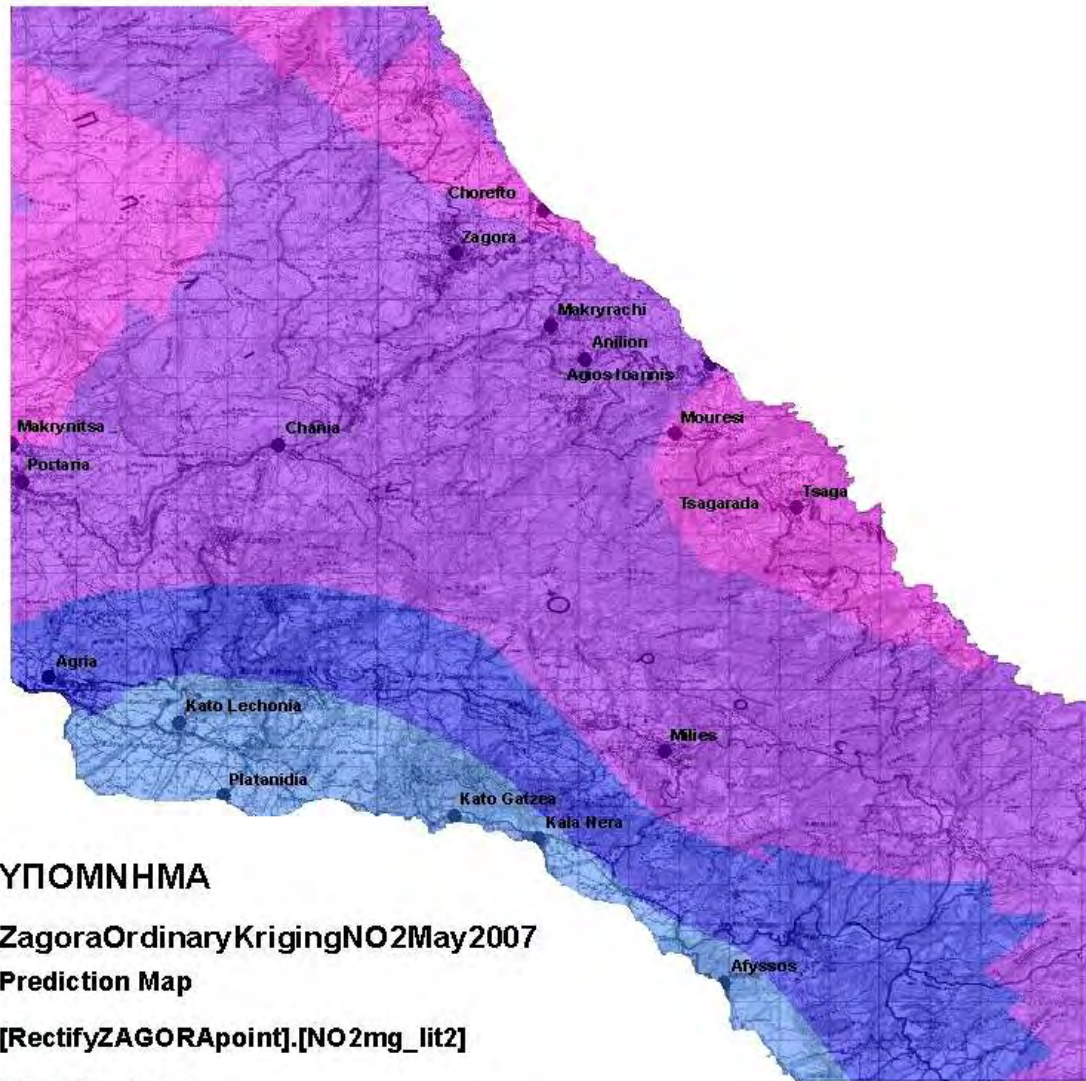
**Χάρτες συγκεντρώσεων NO<sub>2</sub> κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2007-Μάρτιος  
2008**



# ZagoraOrdinaryKrigingNO2April2007



# Zagora Ordinary Kriging NO2 May2007



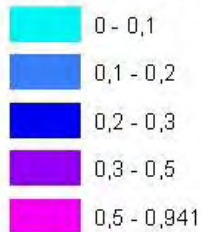
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ZagoraOrdinaryKrigingNO2May2007

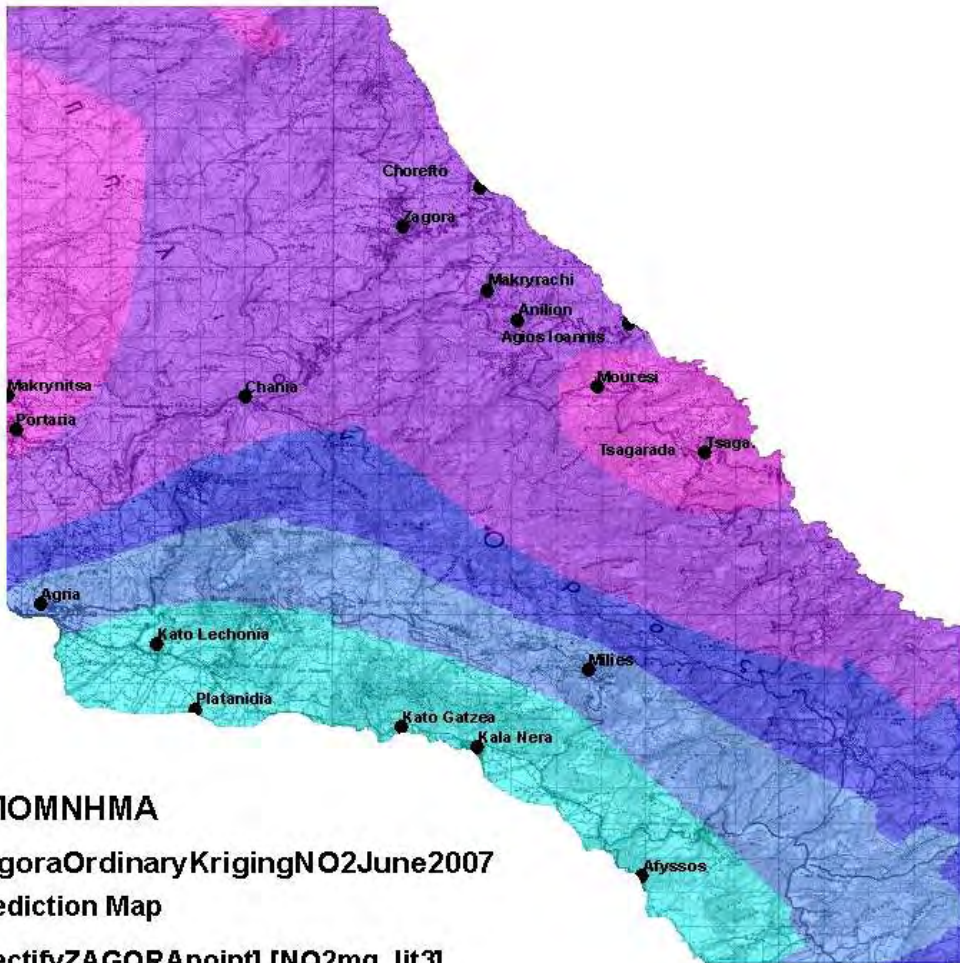
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO2mg\_lit2]

Filled Contours



# Zagora Ordinary Kriging NO2 June2007




ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ZagoraOrdinaryKrigingNO2June2007

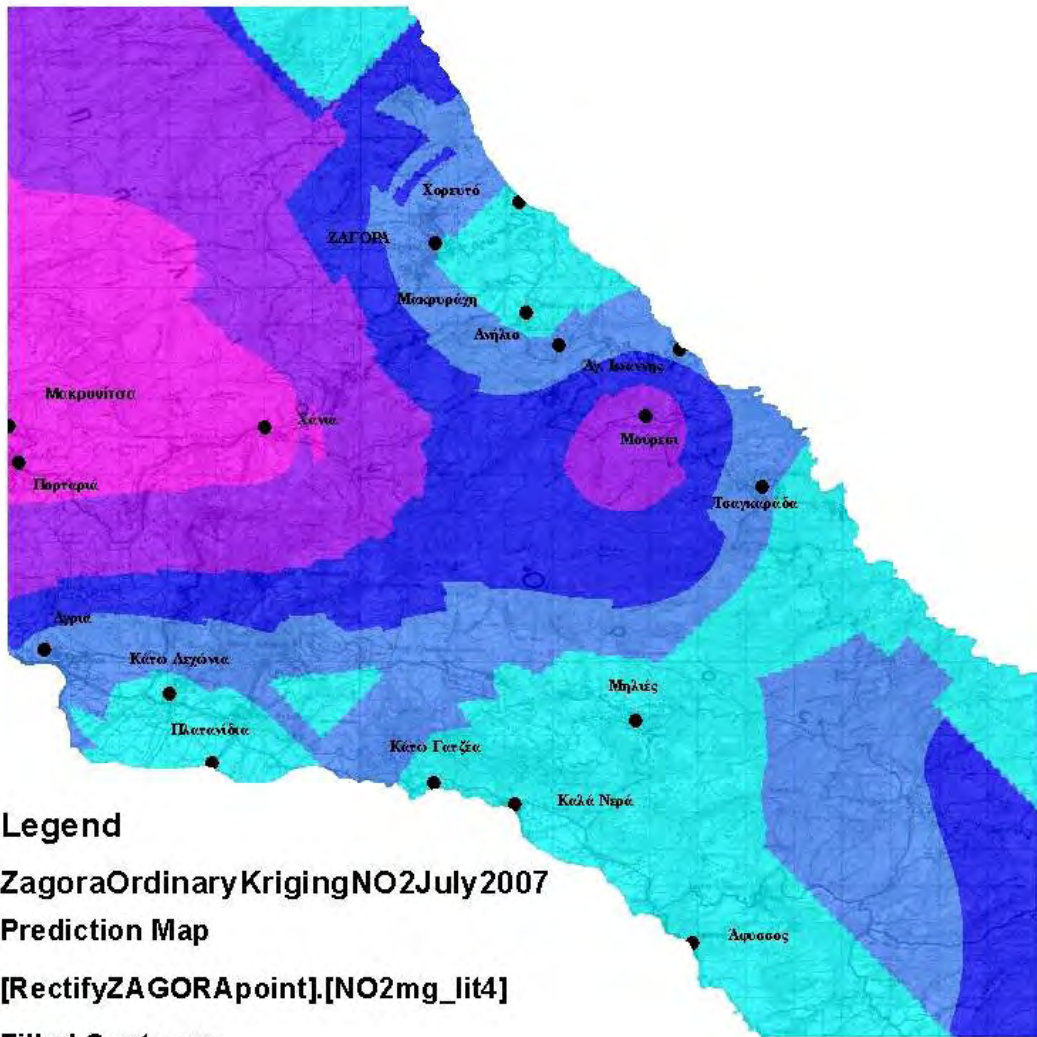
Prediction Map

[RectifyZAGORApoin].[NO2mg\_lit3]

Filled Contours

	0 - 0,1
	0,1 - 0,2
	0,2 - 0,3
	0,3 - 0,5
	0,5 - 0,867

# ZagoraOrdinaryKrigingNO2July2007



## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO2July2007

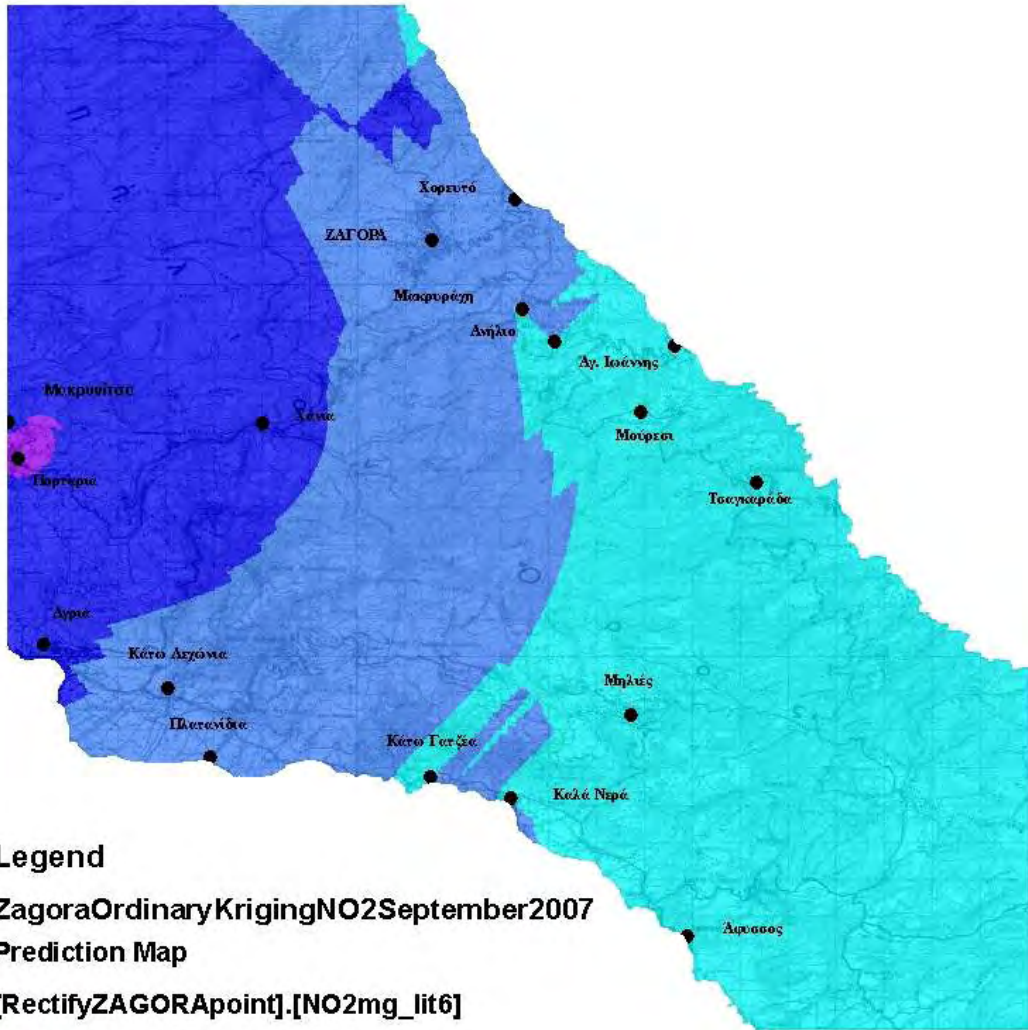
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO2mg\_lit4]

## Filled Contours

0 - 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
0,3 - 0,5
0,5 - 0,961

# ZagoraOrdinaryKrigingNO2September2007



## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO2September2007

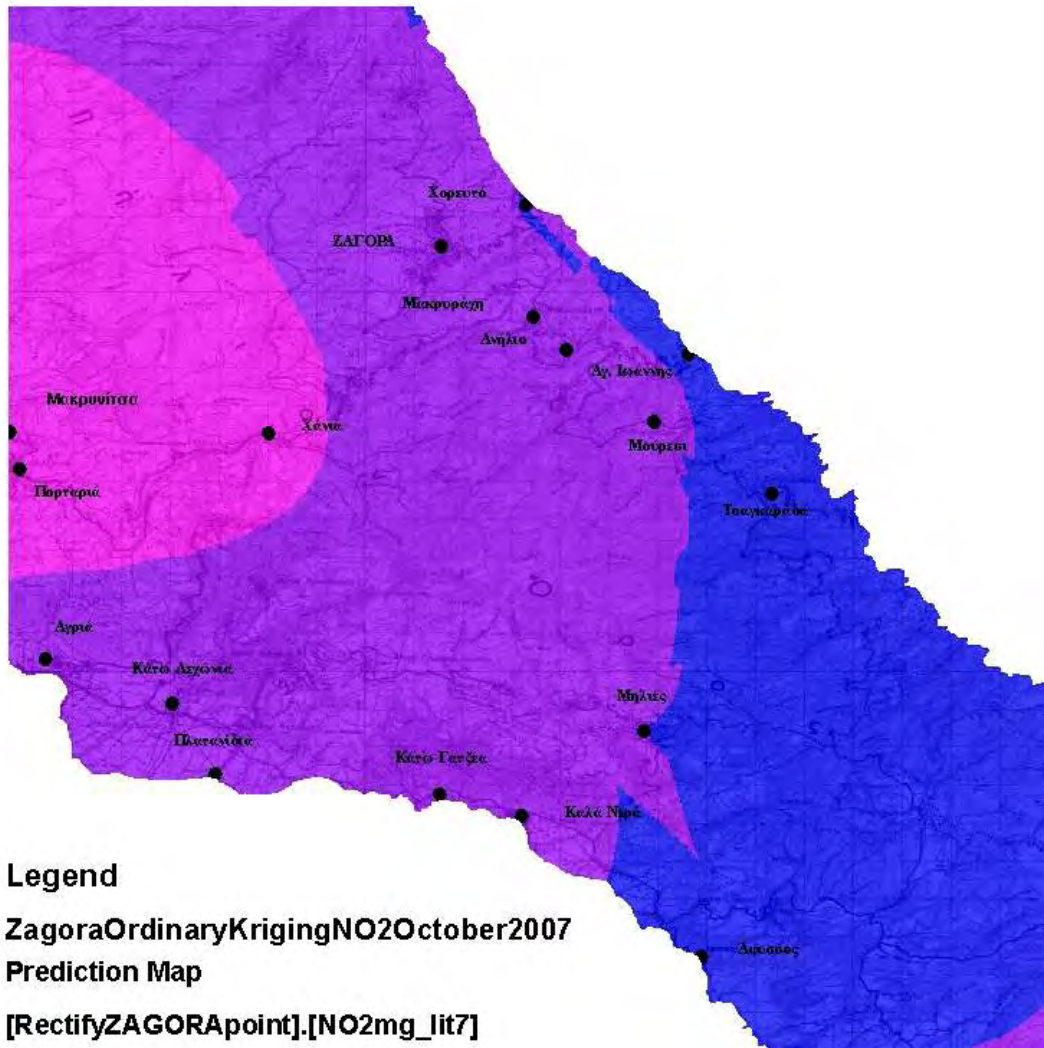
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO2mg\_lit6]

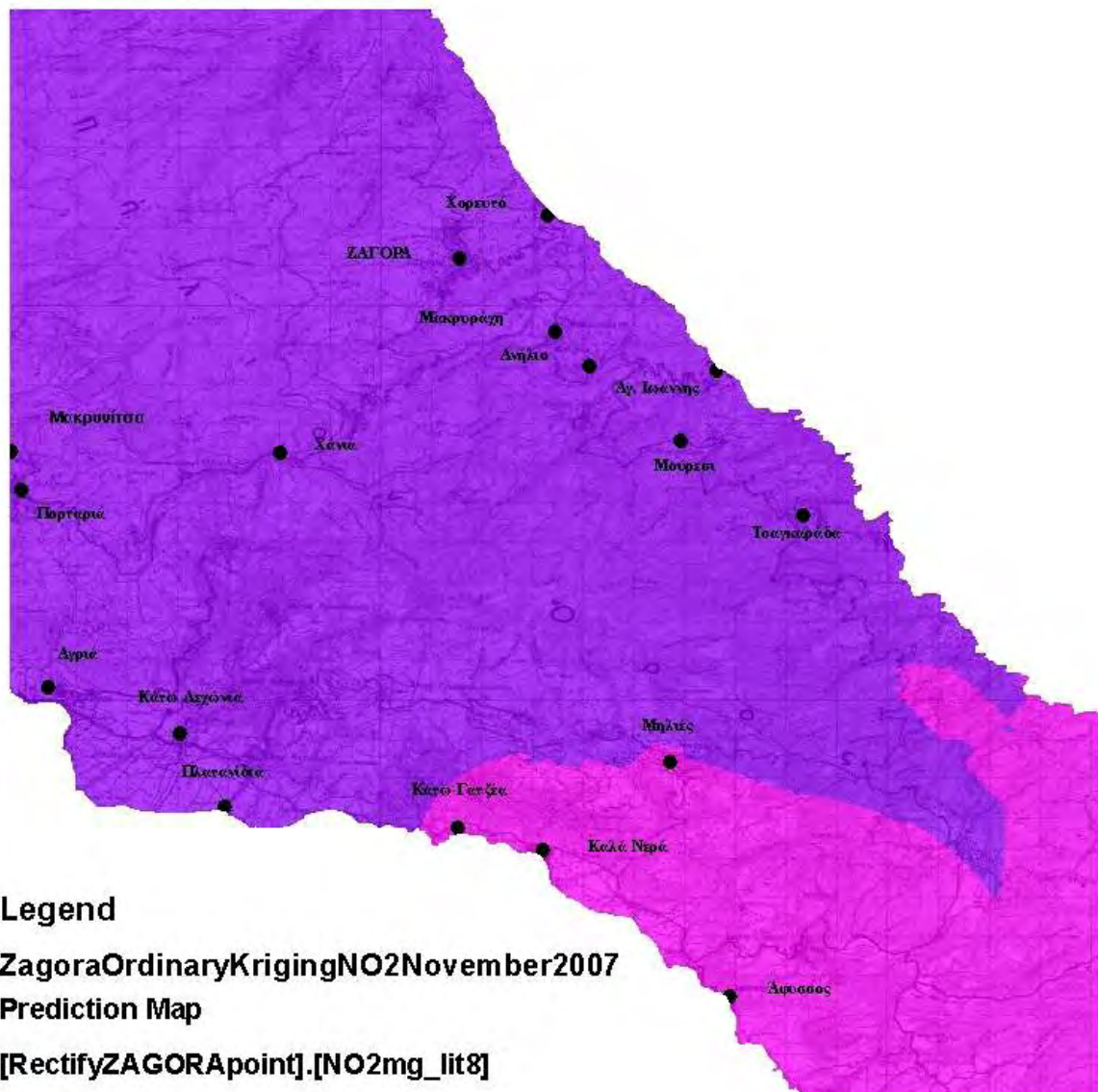
### Filled Contours

- 0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,3
- 0,3 - 0,5
- 0,5 - 1,197

# ZagoraOrdinaryKrigingNO2October2007



# ZagoraOrdinaryKrigingNO2November2007



## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO2November2007

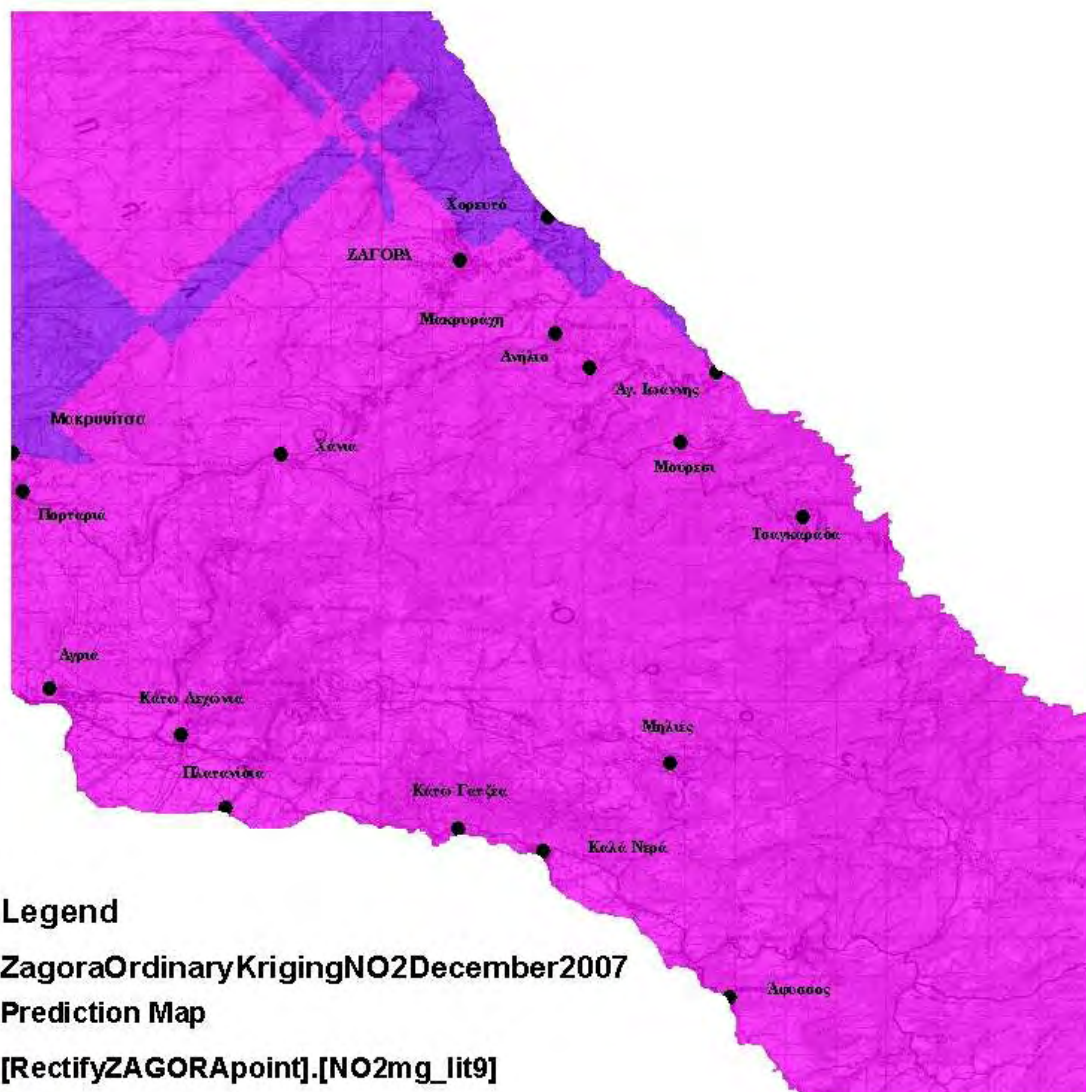
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO2mg\_lit8]

### Filled Contours

Light Blue	0 - 0,1
Blue	0,1 - 0,2
Dark Blue	0,2 - 0,3
Purple	0,3 - 0,5
Magenta	0,5 - 0,879

# ZagoraOrdinaryKrigingNO2December2007



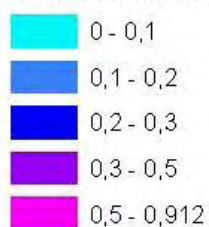
## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO2December2007

Prediction Map

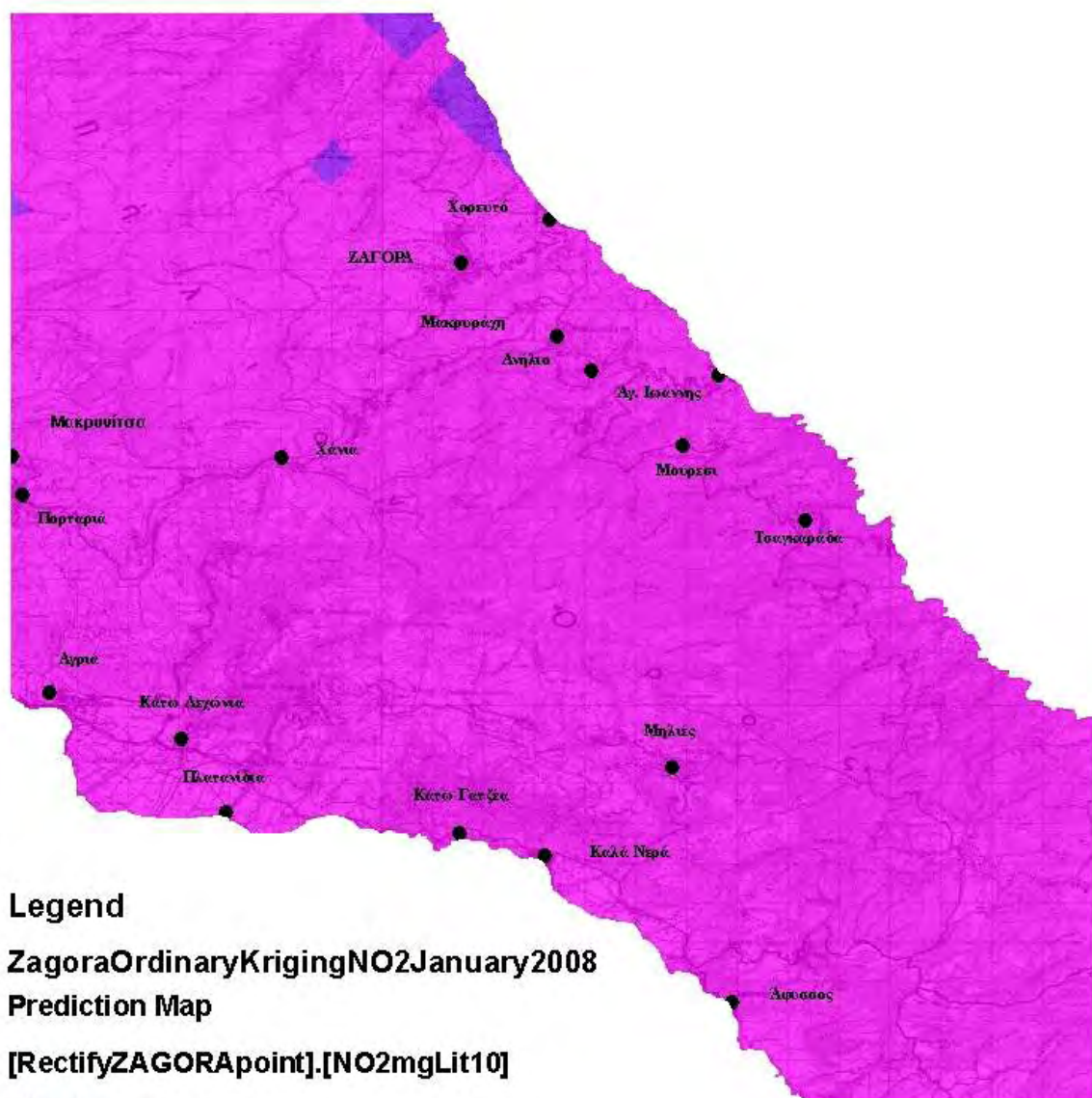
[RectifyZAGORApoin].[NO2mg\_lit9]

## Filled Contours

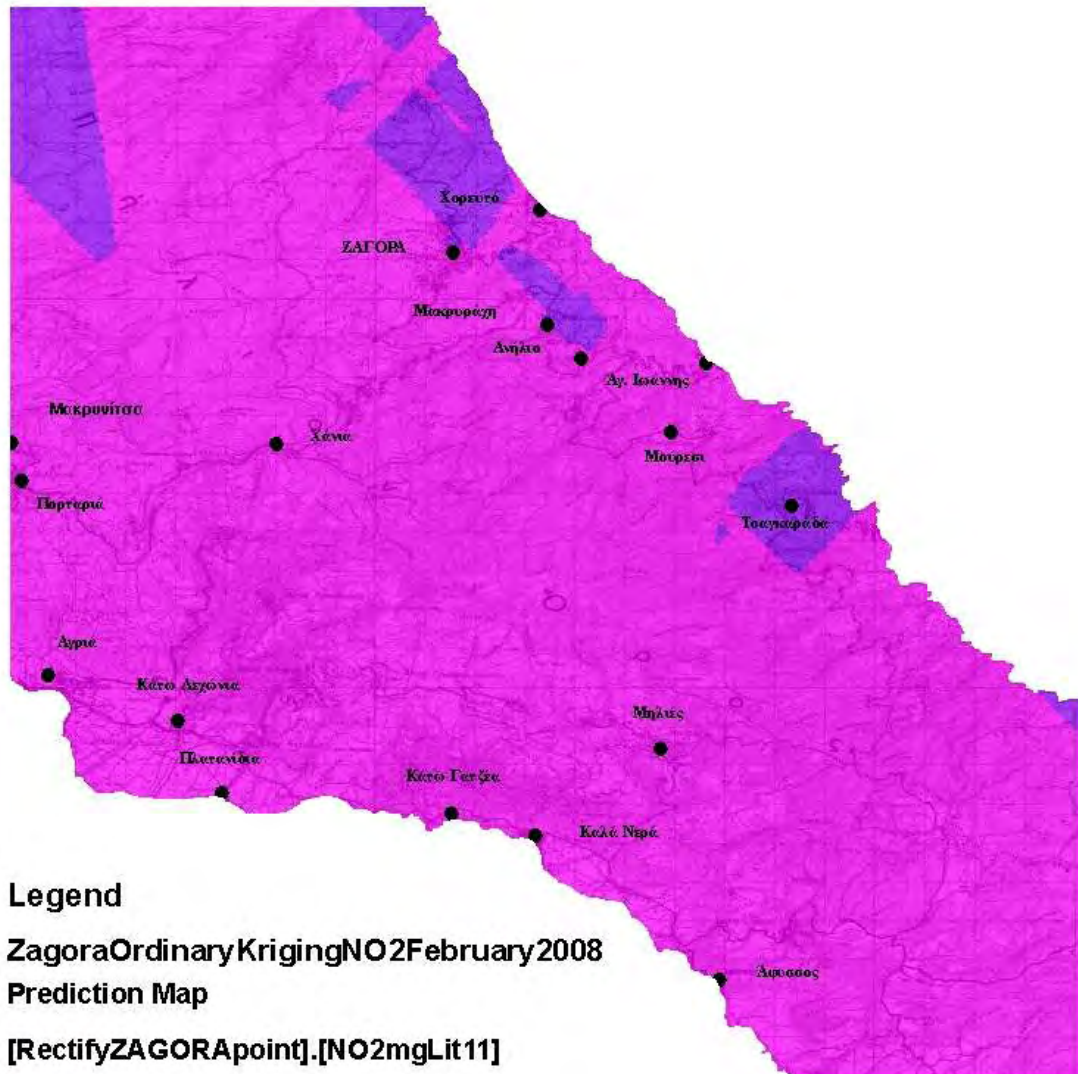




# ZagoraOrdinaryKrigingNO2January2008



# ZagoraOrdinaryKrigingNO2February2008








## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO2February2008

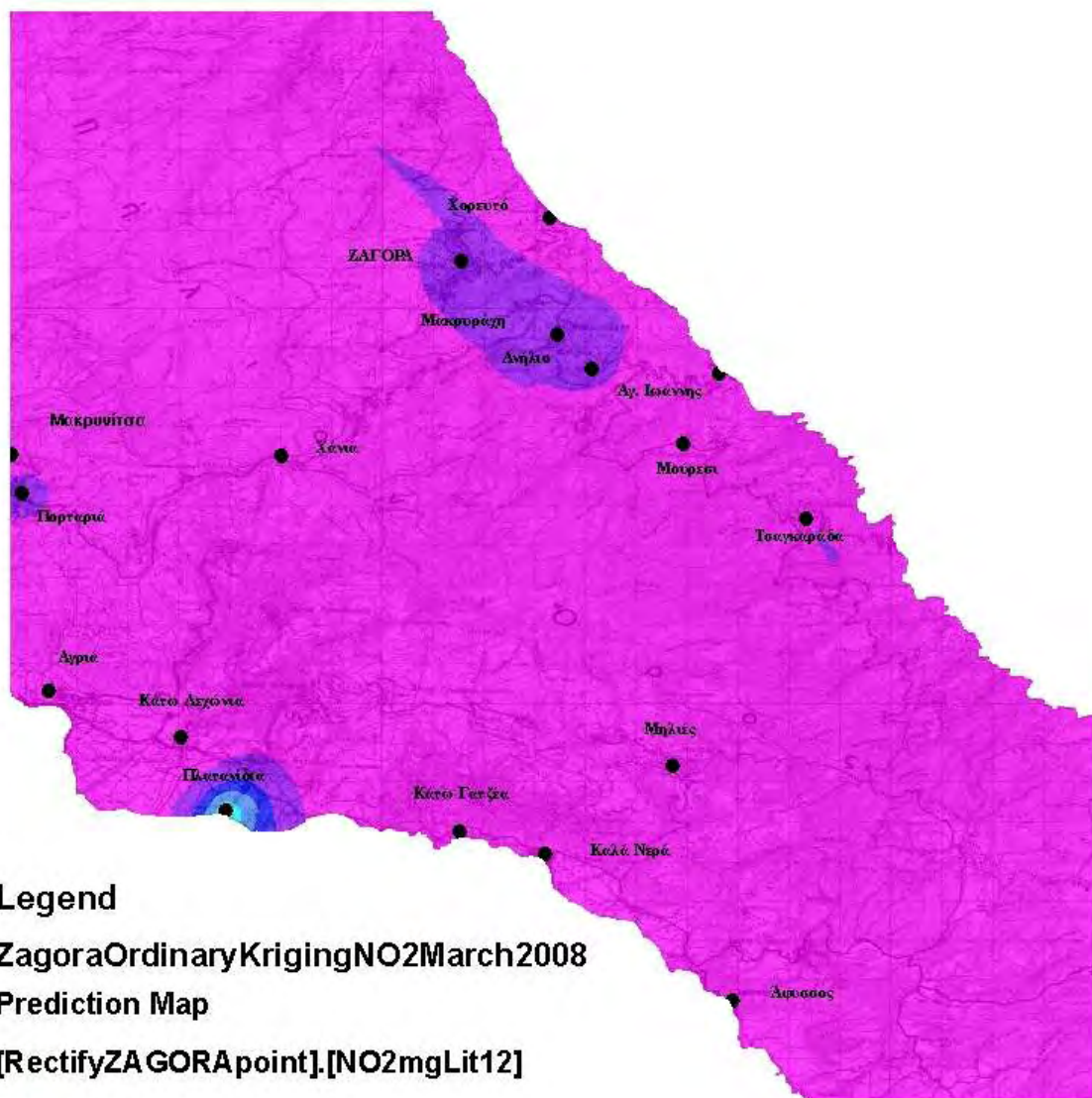
Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO2mgLit11]

### Filled Contours

	0 - 0,1
	0,1 - 0,2
	0,2 - 0,3
	0,3 - 0,5
	0,5 - 1,214

# ZagoraOrdinaryKrigingNO2March208








## Legend

ZagoraOrdinaryKrigingNO2March2008

Prediction Map

[RectifyZAGORApoint].[NO2mgLit12]

## Filled Contours

	0 - 0,1
	0,1 - 0,2
	0,2 - 0,3
	0,3 - 0,5
	0,5 - 1,773