

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η χρήση μεγάλων ποσοτήτων νιτρικών και γενικά αζωτούχων λιπασμάτων τις τελευταίες δεκαετίες συσσωρεύει μεγάλες ποσότητες νιτρικών ιόντων σε νερά, εδάφη και φυτά και δημιουργείται πλέον όχι ένα τοπικό πρόβλημα, αλλά ένα διεθνές πρόβλημα νιτρορύπανσης. Στη παρούσα έρευνα, επιχειρήθηκε η διερεύνηση της καταλληλότητας του νερού, όσον αφορά στην περιεκτικότητα νιτρικών ιόντων  $\text{NO}_3^-$ , σε περιοχές του Νομού Λάρισας και πιο συγκεκριμένα στο Δήμο Κραννώνος και στο Δήμο Νίκαιας. Ο αριθμός θέσεων δειγματοληψίας ήταν 12 γεωτρήσεις από τις οποίες έγινε δειγματοληψία σε τέσσερις διαφορετικές χρονικές περιόδους. Οι δειγματοληψίες έγιναν μέσα σε μία περίοδο έξι μηνών, μία τον Ιούλιο (21/7/10), μία το Σεπτέμβριο (27/9/10), μία το Δεκέμβριο (6/12/10) και μία τον Ιανουάριο (6/1/11). Συγκεκριμένα οι περιοχές που αποτέλεσαν σημεία δειγματοληψίας ήταν τα 8 Δημοτικά Διαμερίσματα του Δήμου Κραννώνος: Μαυροβούνι, Βούναινα, Μικρό Βουνό, Δοξάρας, Ψυχικό, Άγιος Γεώργιος, Κυπάρισσος, Άγιοι Ανάργυροι και τα 4 του Δήμου Νίκαιας: Δίλοφο, Σοφό, Νέα Λεύκη, Νίκαια. Η επιλογή των θέσεων δειγματοληψίας έγινε με βάση τα ακόλουθα κριτήρια: 1) Θέση κοντά σε εντατικά καλλιεργούμενες αγροτικές περιοχές. 2) Προσβασιμότητα στη δειγματοληψία. 3) Η συνεργασία των τοπικών φορέων του κάθε δήμου. 4) Ύπαρξη στοιχείων περιεκτικότητας σε  $\text{NO}_3^-$  προηγούμενων ερευνών στις ίδιες θέσεις. Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των νερών σε νιτρικά ιόντα έγινε με τη φωτομετρική μέθοδο. Παρατηρήθηκε ότι το μέσο επίπεδο νιτρορύπανσης στο πεδίο δειγματοληψίας είναι υψηλό. Στις περιοχές που παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων υπάρχει έντονη γεωργική δραστηριότητα. Έτσι η αυξημένη χρήση νιτρικών λιπασμάτων σε συνδυασμό με τις μεθόδους άρδευσης όπου εφαρμόζεται περισσότερο νερό από τις πραγματικές ανάγκες, είναι ο κύριος και σημαντικότερος λόγος νιτρορύπανσης πόσιμου νερού καθώς έχει δημιουργήσει μια αρκετά σοβαρή κατάσταση όσον αφορά τον αυξημένο βαθμό έκπλυσής τους στον υπόγειο υδροφόρο. Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτατη αύξηση των νιτρικών στον υπόγειο υδροφόρο. Η ανάγκη για βελτίωση του νερού είναι υποχρεωτική γι' αυτό και γίνονται μελέτες για την καταπολέμηση των νιτρικών ιόντων. Τα επίπεδα της νιτρορύπανσης στο πεδίο δειγματοληψίας είναι σχετικά υψηλά και σε σύγκριση με τα παλιότερα αποτελέσματα η νιτρορύπανση κινείται σε σταθερά επίπεδα με εποχιακές διακυμάνσεις. Την υψηλότερη τιμή παρουσιάζει το Ψυχικό στη δειγματοληψία του Σεπτεμβρίου (66,2 mg/L). Οι περισσότερο επιβαρυνόμενες περιοχές είναι τα Δ/Δ του Μαυροβουνίου και του Ψυχικού στο Δήμο Κραννώνος και το Σοφό του Δήμου Νίκαιας.

Λέξεις κλειδιά: νιτρορύπανση, λίπανση, υπόγειο νερό, Θεσσαλία.

**ABSTRACT**

The use of large quantities of nitrate fertilizers during the past decades has resulted in the accumulation of large amounts of nitrates in water, soil and plants and therefore has caused a large amount of nitrate pollution, both on a local as well as on an international level. This thesis attempts to investigate the water quality, by the assessment of its concentration in nitrate ions ( $\text{NO}_3^-$ ) used for irrigation in the Prefecture of Larisa, specifically in the Municipalities of Krannonas and Nikaia. The number of sampling points was 12 drillings from which samples were taken at four different time periods. The sampling took place over a six month period, once in July (21/7/10), once in September (27/9/10), once in December (6/12/10) and once in January (6/1/11). The sampling fields were the 8 municipal areas of the Municipality of Krannonas: Mavrovouni, Vounaina, Mikro Vouno, Doxaras, Psychico, Agios Georgios, Kyparissos, Agioi Anargyroi and the 4 municipal areas of the Municipality of Nikaia: Dilofo, Sofo, Nea Lefki, and Nikaia. The selection of sampling points was based on the following criteria: 1) Proximity to intensively cultivated agricultural regions. 2) Accessibility to sampling site. 3) Co-operation of the local authorities. 4) Existence of previous data of  $\text{NO}_3^-$  concentration in water in the same region. The assessment of water concentration in  $\text{NO}_3^-$  was done using photometric analysis. It was observed that the average level of nitrate pollution in the sampling field was quite high, especially in those regions that were intensively cultivated. The increased use of nitrate fertilizers in conjunction with the outdated irrigation methods (where the quantity of the water used is much more than is actually needed), leads to great amounts being leached to the underground aquifer and thus constitute the main and most important causes of nitrate pollution of potable water. Additionally, the application of inorganic nitrogen fertilizer seems to contribute even further to the rapid increase of nitrates in the aquifer. The quality of potable water must be maintained at a high level, and for this reason studies and tests must continue to be conducted in order to keep nitrate pollution under control and to a minimum. The high level of nitrates in the sampling field, as regards to past samplings, remains at a constant level, albeit with seasonal fluctuations. The highest concentration was recorded in Psychico in September (66,2 mg/L). The most polluted areas were found to be those of Mavrovouni and Psychico in the Municipality of Krannonas and that of Sofo in the Municipality of Nikaia.

**Keywords:** *nitrate pollution, fertilization, groundwater, Thessaly.*

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....</b>	<b>3</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....</b>	<b>4</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>5</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ.....</b>	<b>6</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....</b>	<b>7</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>8</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....</b>	<b>12</b>
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.2 Υδατικοί πόροι - Οικονομική διαχείριση .....	13
1.3 Το υπόγειο νερό και τα χαρακτηριστικά του .....	15
1.3.1 Ρύπανση υπογείων υδάτων.....	16
1.4 Εκμετάλλευση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα.....	21
1.4.1 Μελλοντικοί στόχοι της διαχείρισης των υδατικών πόρων .....	26
<b>2 ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ .....</b>	<b>27</b>
2.1 Εισαγωγή.....	27
2.2 Τα νιτρικά και η σπουδαιότητά τους.....	28
2.3 Η πορεία του αζωτούχου λιπάσματος κατά την προσθήκη του στην καλλιέργεια .....	29
2.4 Ο κύκλος του αζώτου .....	31
2.5 Αίτια και παράγοντες νιτρορύπανσης.....	34
2.6 Επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία .....	37
<b>3 Η ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ .....</b>	<b>40</b>
3.1 Ρύπανση των υδατικών πόρων της Θεσσαλίας .....	40
3.2 Συνθήκες υπόγειου νερού .....	40
3.3 Επιβάρυνση του υπόγειου νερού.....	41
3.3.1 Νιτρικά και αμμωνιακά σε ζώνες υδροφορίας .....	41
3.3.2 Εποχικότητα ως μεταβλητή.....	42
<b>4 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....</b>	<b>45</b>
4.1 Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60 για το νερό.....	45
4.2 Νομοθεσία περί Νιτρορύπανσης – Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής.....	48
4.3 Πορεία του προγράμματος της νιτρορύπανσης στη Θεσσαλία.....	56
<b>5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....</b>	<b>62</b>
<b>6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>64</b>
6.1 Θέσεις δειγματοληψίας.....	64
6.2 Πειραματική διαδικασία .....	69
<b>7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>71</b>
<b>8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>74</b>
<b>9 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>76</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>78</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΧΑΡΤΕΣ.....</b>	<b>84</b>

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

<b>Πίνακας 1:</b> Πίνακας με τις ανώτερες επιτρεπόμενες λιπαντικές μονάδες ανά εντατική καλλιέργεια για τις περιοχές παρέμβασης του προγράμματος «Μείωση Νιτρορύπανσης Γεωργικής Προέλευσης» .....	55
<b>Πίνακας 2:</b> Εδαφικές κλάσεις .....	59
<b>Πίνακας 3:</b> Πληθυσμός των Δημοτικών Διαμερισμάτων .....	63
<b>Πίνακας 4:</b> Οι θέσεις δειγματοληψίας της παρούσας έρευνας .....	65
<b>Πίνακας 5:</b> Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων από ΔΕΥΑΛ για το Δήμο Κραννώνος ως προς συγκέντρωση σε $\text{NO}_3^-$ (mg/L).....	68
<b>Πίνακας 6:</b> Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων από ΔΕΥΑΛ για το Δήμο Νίκαιας ως προς συγκέντρωση σε $\text{NO}_3^-$ (mg/L).....	68
<b>Πίνακας 7:</b> Τιμές απορρόφησης για τα πρότυπα διαλύματα.....	70
<b>Πίνακας 8:</b> Αποτελέσματα συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων της παρούσας έρευνας .....	71

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

<b>Σχήμα 1:</b> Συνήθεις πηγές ρύπανσης επιφανειακών και υπογείων υδάτων .....	20
<b>Σχήμα 2:</b> Αστική και Αγροτική χρήση νερού ανά Υδατικό Διαμέρισμα.....	26
<b>Σχήμα 3:</b> Σε ευτροφικές λίμνες και κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου (περίοδοι ανάμιξης των νερών) εμφανίζεται το φαινόμενο της "άνθισης του νερού	28
<b>Σχήμα 4:</b> Ο κύκλος του αζώτου (Πηγή: Τσαουσίδου, 2008).....	32
<b>Σχήμα 5:</b> Κατανάλωση λιπασμάτων που περιέχουν ανόργανο άζωτο - ΕΕ με 15 κράτη μέλη, από το 1930 έως το 1999 - (εκατομμύρια τόνοι αζώτου ετησίως) .....	34
<b>Σχήμα 6:</b> Η εποχιακή διακύμανση των νιτρικών στο έδαφος .....	43
<b>Σχήμα 7:</b> Δειγματοληψία από τη γεώτρηση της Νίκαιας.....	66
<b>Σχήμα 8:</b> Πρότυπη καμπύλη για την εύρεση των συγκεντρώσεων των προς μέτρηση δειγμάτων .....	70
<b>Σχήμα 9:</b> Μέσος όρος συγκέντρωσης των δειγματοληψιών για κάθε Δ/Δ.....	72
<b>Σχήμα 10:</b> Ποσοστά εύρους νιτρορύπανσης της μελέτης .....	72

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

<b>Χάρτης 1:</b> Συνολική κατακρήμνιση στην Ελλάδα .....	21
<b>Χάρτης 2:</b> Χαρακτηρισμένες ευπρόσβλητες ζώνες στην ελληνική επικράτεια .....	49
<b>Χάρτης 3:</b> Σταθμοί δειγματοληψίας .....	65
<b>Χάρτης 4:</b> Σταθμοί δειγματοληψίας στο Google Earth .....	84
<b>Χάρτης 5:</b> Επίπεδα νιτρορύπανσης υπογείων υδάτων Θεσσαλίας .....	85
<b>Χάρτης 6:</b> Δίκτυο παρακολούθησης νιτρορύπανσης υπογείων υδάτων Θεσσαλίας .....	85
<b>Χάρτης 7:</b> Ευπρόσβλητη ζώνη Θεσσαλικού πεδίου .....	86
<b>Χάρτης 8:</b> Μέση ετήσια συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων για την περίοδο 2004 - 2007 .....	87
<b>Χάρτης 9:</b> Μέση χειμερινή συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων για την περίοδο 2004 - 2007 .....	87
<b>Χάρτης 10:</b> Μέγιστη συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων για την περίοδο 2004 - 2007 .....	88
<b>Χάρτης 11:</b> Εξέλιξη τάσεων νιτρικών στα επιφανειακά ύδατα μεταξύ τρέχουσας και προηγούμενης περιόδου εφαρμογής της Οδηγίας 91/676 .....	89
<b>Χάρτης 12:</b> Μέση χειμερινή συγκέντρωση νιτρικών των επιφανειακών υδάτων χαρακτηρισμένα ως μεσοτροφικά και εντροφικά ως προς $\text{NO}_3$ .....	89
<b>Χάρτης 13:</b> Χαρακτηρισμός επιφανειακών υδάτων ως προς την τροφική τους κατάσταση με βάση τις συγκεντρώσεις ολικού φωσφόρου και διαλυμένου οξυγόνου .....	90
<b>Χάρτης 14:</b> Μέση ετήσια συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των υπογείων υδάτων για την περίοδο 2004 - 2007 κατά κατηγορία υπόγειου υδροφορέα .....	91
<b>Χάρτης 15:</b> Μέγιστη συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των υπογείων υδάτων κατά κατηγορία υπόγειου υδροφορέα .....	91

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Δ/Δ: Δημοτικό Διαμέρισμα

Δ: Δήμος

ΔΕΥΑΛ: Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Λάρισας

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΘΙΑΓΕ: Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας

ΕΠΑΑ: Έγγραφο Προγραμματισμού Αγροτικής Ανάπτυξης

ΕΣΥΕ: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας

ΙΓΜΕ: Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

ΙΧΤΕΛ: Ινστιτούτο Χαρτογράφησης Εδαφών

ΟΠΕΚΕΠΕ: Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων

ΠΕΓΕΑΛ: Περιφερειακά Εργαστήρια Γεωργικών Εφαρμογών και Ανάλυσης Λιπασμάτων

mg/L: milligram per litre-χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο

m<sup>3</sup>: cubic meter-κυβικά μέτρα

Km<sup>2</sup>:square kilometers-τετραγωνικά χιλιόμετρα

kg/ha: kilograms per hectare-χιλιόγραμμα ανά εκτάριο

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Είναι χρέος μου να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κ. Κούγκολο Αθανάσιο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με την παρούσα εργασία καθώς και τον κ. Τσιρίδη Βασίλη, Χημικό Μηχανικό για τις πολύτιμες συμβουλές του και τη δρομολόγηση της σκέψης μου.

Τέλος, δεν μπορώ να παραλείψω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου για την στήριξη τους. Ευχαριστίες ακόμα στους φίλους που δεν αναφέρονται τα ονόματά τους.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Αντικείμενό της είναι η διερεύνηση της περιεκτικότητας σε νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) υπογείων υδάτων στην περιοχή του Νομού Λάρισας και συγκεκριμένα στους Δήμους Κραννώνα και Νίκαιας. Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι να διερευνήσουμε αν το πρόβλημα που υπήρχε τα προηγούμενα χρόνια ως προς την ρύπανση των υπόγειων υδάτων από τα νιτρικά, που οφείλεται στην εκτεταμένη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες στην περιοχή της Λάρισας, συνεχίζει να υφίσταται. Ιδιαίτερα όσον αφορά στην πόση, τη χρήση νερού με τη μικρότερη απαίτηση σε ποσότητα και τη μεγαλύτερη σε ποιότητα, η ανησυχία εντείνεται σήμερα καθώς η ανάπτυξη των μεγάλων αστικών κέντρων και η επακόλουθής της, ανάπτυξη του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα, οδήγησαν στη συρρίκνωση του τομέα της γεωργίας αλλά ταυτόχρονα και στην αύξηση των αναγκών σε γεωργικά προϊόντα, εξελίξεις που επέβαλλαν κατά κάποιο τρόπο την ανάγκη χρήσης τεχνικών μεθόδων αύξησης της γονιμότητας του εδάφους (χημικά λιπάσματα). Η αδιάκοπη χρήση λιπασμάτων είχε ως αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση της γονιμότητας του εδάφους, η οποία οδήγησε στην εντονότερη χρήση λιπασμάτων και τελικά ο φαύλος αυτός κύκλος επέφερε συσσωρευτικά ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος.

Σήμερα η ζήτηση σε νερό εξακολουθεί να αυξάνει συνεχώς, σε σημείο που οι ειδικοί να προειδοποιούν ότι η επικείμενη κρίση του νερού θα είναι το κύριο περιβαλλοντικό πρόβλημα των επερχόμενων ετών. Η αύξηση του πληθυσμού, η περιορισμένη ικανότητα διαχείρισης του νερού, οι αποσπασματικές οργανωτικές δομές, ο ανεπαρκής σχεδιασμός, η εντατική και συχνά ανεξέλεγκτη άντληση των υπογείων υδάτων είναι μερικοί μόνο από τους παράγοντες που οδηγούν προς την κατεύθυνση αυτή (Αϊβαζίδης, 2000).

Στην εργασία αυτή γίνεται μία γενική αναφορά στην ποιότητα και ρύπανση των υδατικών πόρων και παρουσιάζεται μία σύντομη ανασκόπηση της εξέλιξης των προβλημάτων ρύπανσης των υδάτινων συστημάτων.

Θα αναλύσουμε τα δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί από μετρήσεις που έχουν γίνει τα προηγούμενα έτη, για τις συγκεντρώσεις νιτρικών, σε γεωτρήσεις της περιοχής και τα επίπεδα συγκεντρώσεων των νιτρικών που παρατηρήθηκαν την φετινή χρονιά,

ώστε να διαπιστώσουμε την πορεία της επιβάρυνσης των υπογείων υδάτων από τα νιτρικά.

Στόχος της διερεύνησης της συγκεκριμένης παραμέτρου ποιότητας νερού, είναι ο σχηματισμός της σημερινής εικόνας του φαινομένου της ρύπανσης του νερού της περιοχής από  $\text{NO}_3^-$ , δηλαδή η καταγραφή των σημερινών χαρακτηριστικών του προβλήματος.

## **A' ΜΕΡΟΣ**

## 1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

### 1.1 Εισαγωγή

Το περιβάλλον είναι ένα σύνολο αλληλοσχετιζόμενων, αλληλοεξαρτώμενων και αλληλοεπηρεαζόμενων φυσικών και τεχνητών παραγόντων και συνθηκών που πλαισιώνουν τον άνθρωπο και τις δραστηριότητες του, διαμορφώνοντας την ισορροπία, την ποιότητα και την ανάπτυξη του.

Η ρύπανση και γενικότερα η υποβάθμιση του περιβάλλοντος από τις ανθρώπινες δραστηριότητες χρονολογείται από την εμφάνιση του ανθρώπου πάνω στη γη. Στις πρώτες κοινωνίες τα κάθε είδους απορρίμματα της ανθρώπινης δραστηριότητας διασπώνταν εύκολα από το ίδιο το περιβάλλον χωρίς προβλήματα. Στο μεσαίωνα συνήθιζαν να πετούν στο δρόμο σκουπίδια και ακάθαρτα νερά και περίμεναν τις βροχές να τα παρασύρουν μακρύτερα και τις φυσικές και βιολογικές διεργασίες να τα ανακυκλώσουν στη φύση.

Στη σημερινή εποχή η αύξηση και η αστικοποίηση του παγκόσμιου πληθυσμού, η εκβιομηχάνιση, η εντατικοποίηση της εκμετάλλευσης των πλουτοπαραγωγικών πόρων αλλά πολύ περισσότερο, η συγκέντρωση των παραπάνω δραστηριοτήτων σε φυσικές διεξόδους, κλειστούς κόλπους, λίμνες και γενικά ευαίσθητες περιβαλλοντικά περιοχές, όξυναν το πρόβλημα της ρύπανσης στις μέρες μας και έχουν δώσει, έδω και πολλά χρόνια, μεγάλη ώθηση στην ανάπτυξη τεχνολογιών αντιρρύπανσης.

Ρύπανση είναι κάθε αλλοίωση της σύστασης ή της μορφής των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος. Αυτή η αλλοίωση μπορεί να οδηγήσει σε απότομη και σημαντική διαταραχή της ισορροπίας της φύσης και να προκαλέσει φθορές στα υλικά, βλάβες στον άνθρωπο και την πολιτιστική του κληρονομία (Ζαφείρη, 1996). Διαφορετική είναι η έννοια της μόλυνσης του περιβάλλοντος, αυτή προκαλείται από την είσοδο στο περιβάλλον μικροβίων, ιών ή γενικά παθογόνων μικροοργανισμών (Κούγκολος, 2007).

Επομένως η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι ένα πολύπλοκο και σοβαρό πρόβλημα:

- Οικονομίας, αφού αυξάνει το κόστος των παραγωγικών δραστηριοτήτων, φθείρει τα υλικά και επιβαρύνει ανυπολόγιστα τις δαπάνες που χρειάζονται για να διατηρηθούν τα οικοσυστήματα σε σχετική ισορροπία.
- Υγείας, μιας και επηρεάζει άμεσα την ανθρώπινη υπόσταση.

- Αισθητικής, γιατί αλλοιώνει ανεπανόρθωτα την ομορφιά της φύσης αλλά και τα ανθρωπινά δημιουργήματα.
- Προστασίας της φύσης, επειδή διαταράσσει την ισορροπία των διαφόρων οργανισμών και των οικοσυστημάτων.

## 1.2 Υδατικοί πόροι - Οικονομική διαχείριση

Το νερό είναι το βασικό στοιχείο ανάπτυξης και διατήρησης της ζωής στον πλανήτη μας, όπως και το βασικό υλικό για τη σύγχρονη τεχνολογική ανάπτυξη. Με τους χημικούς του χαρακτήρες σαν διαλυτικού έχει οδηγήσει στη σημερινή ανάπτυξη της χημικής βιομηχανίας και μεταλλουργίας. Οι φυσικές και χημικές του ιδιότητες αποτελούν τη βάση των βιολογικών κύκλων και οι θερμικές του ιδιότητες ελέγχουν τις κλιματολογικές συνθήκες στον πλανήτη μας και στηρίζουν το μέγιστο μέρος των δραστηριοτήτων ανθρώπου και βιομηχανίας (Βαλκάνας, 1985). Από οικολογική έννοια το νερό είναι το αίμα της γήινης ζωής και τυχόν ρύπανση ή έλλειψή του θα προκαλούσε πρόβλημα ζωής και τεχνολογικής δραστηριότητας.

Οι υδατικοί πόροι αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη κάθε είδους οικονομικής δραστηριότητας και συνθέτουν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες, τόσο για την εκδήλωση της ίδιας της ζωής όσο και για την επιβίωση του ανθρώπου. Η ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, η ανάγκη αύξησης της παραγωγικότητας καθώς και η ανύψωση του βιοτικού επιπέδου μιας χώρας δημιουργούν ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση νερού κατάλληλης ποιότητας για ύδρευση, άρδευση, ενέργεια και βιομηχανική χρήση. Ως υποβάθμιση των υδάτινων οικοσυστημάτων θεωρείται κάθε διαταραχή της ισορροπίας και της αναπαραγωγικής ικανότητας των οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από το νερό. Η ρύπανση και μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών αποτελεί σοβαρό πρόβλημα και απασχολεί τους επιστήμονες, τους πολιτικούς αλλά και τους απλούς πολίτες σε όλο τον κόσμο, γιατί οι ανάγκες σε γλυκό νερό αυξάνονται συνέχεια ενώ οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι είναι λίγοι και η δυνατότητα αυτοκαθαρισμού του νερού περιορισμένη (Ζανάκης, 1996).

Μεταξύ των κρίσιμων θεμάτων που αφορούν την κοινή γνώμη είναι η ανάγκη διατήρησης των υδάτινων πόρων σε αρκετές ποσότητες και υψηλή ποιότητα. Ο αυξανόμενος πληθυσμός και η συνεχώς επεκτεινόμενη βιομηχανική και αγροτική βάση, καθώς και οι συνακόλουθα αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες με τα απόβλητα υποπροϊόντα τους, απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού. Η χρήση γλυκού νερού

διπλασιάστηκε παγκοσμίως μεταξύ 1940 - 1980 και περίπου τα 2/3 αυτού του νερού χρησιμοποιούνται στη γεωργία ενώ πάνω από 80 χώρες σήμερα αντιμετωπίζουν στενότητα γλυκού νερού (Καρβούνης και Γεωργάκελλος, 2003).

Συγκεκριμένα τα υπόγεια υδροφόρα κοιτάσματα έχουν μεγάλη αξία για τα υδατικά συστήματα. Για μερικές χώρες και περιοχές η ποσότητα τους είναι πολλαπλάσια των επιφανειακών νερών. Οι υπόγειες αυτές δεξαμενές νερού παρόλο που είναι πεπερασμένες, παίζουν ένα ρυθμιστικό ρόλο ως προς την συνεχή ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών σε νερό. Είτε με την τροφοδοσία των ποταμών, είτε με την άντληση για ύδρευση για βιομηχανική ή γεωργική χρήση. Τα υπόγεια νερά μπορεί να αποτελούν ένα απόθεμα που κάποτε θα εξαντληθεί, μπορεί όμως και να επανατροφοδοτούνται, οπότε ως πόρος θεωρείται ανανεώσιμος. Η συνδυασμένη διαχείριση υπόγειων και επιφανειακών νερών πολύ συχνά βελτιώνει την παραγωγικότητα του συνολικού συστήματος (Κοδοσάκης, 1992).

Το πρόβλημα της διαχείρισης των υδάτων είναι σύνθετο και απαιτεί την κινητοποίηση κοινών ερευνητικών προσπαθειών σε ένα μεγάλο αριθμό πεδίων ελέγχου και βελτιστοποίηση των χρήσεων, τεχνολογίες καθαρισμού, προσαρμογή στις θεσμικές και πολιτιστικές αλλαγές, υλοποίηση προγραμμάτων ανάπτυξης και προστασίας των πόρων, αξιοποίηση μεθόδων που δεν έχουν εφαρμοστεί ακόμη ή εφαρμόζονται ανεπαρκώς όπως η ανάκτηση των όμβριων υδάτων και των επιφανειακών απορροών, τεχνικές αφαλάτωσης.

Τα προβλήματα της διαχείρισης των υδατικών πόρων δεν εντοπίζονται μόνο σε ποσοτικό επίπεδο. Η ρύπανση και γενικά όλες οι ανεπιθύμητες ποιοτικές αλλαγές στους υδατικούς πόρους δεν είναι πάντοτε αντιστρέψιμες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι ο κίνδυνος υφαλμύρινσης παράκτιων υδροφορέων και η άμεση απειλή πηγών νερού από τα απόβλητα (κυρίως τα υγρά), τα φυτοφάρμακα και τα χημικά λιπάσματα.

Την δεκαετία του '60 παρουσιάστηκαν οι πρώτες εργασίες με θέμα την ύπαρξη υπολείμματα γεωργικών φαρμάκων (οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων DDT) και τις τοξικές τους επιδράσεις στους υδρόβιους οργανισμούς. Οι αναφορές παρουσίας υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων στα υπόγεια και επιφανειακά υδατικά συστήματα αυξήθηκαν σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Τα οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα αντικαταστάθηκαν από τα λιγότερο υπολειμματικά και λιπόφιλα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα. Παρόλα αυτά υπολείμματα και των νεώτερων αυτών αγροχημικών ομάδων αναφέρθηκαν στα υπόγεια και επιφανειακά νερά. Οι πηγές ρύπανσης των υδάτων μπορούν να διαχωριστούν σε μη σημειακές και σημειακές.

Σημαντικές πηγές μη σημειακής ρύπανσης επιφανειακών νερών αποτελούν η επιφανειακή απορροή υδάτων, τα στραγγιστικά νερά αγροτικής γης, η κατακρήμνιση οργανικών κυρίως ρύπων με το νερό της βροχής. Αντιθέτως, σημαντικές πηγές σημειακής ρύπανσης αποτελούν αγροτικές και αστικές βιομηχανίες που απορρίπτουν τα απόβλητα τους στα νερά παρακειμένων ποταμών, μη ορθολογικές αγροτικές δραστηριότητες όπως προετοιμασία ή καθαρισμός ψεκαστικών μηχανημάτων, μη ασφαλή αποθήκευση αγροχημικών (Παπαδοπούλου-Μουρκίδου, 2002).

Γίνεται αντιληπτό ότι, η επίδραση της υδρεύσεως στην δημόσια υγεία είναι άμεση, το απροστάτευτο νερό ρυπαίνεται και μολύνεται εύκολα από την επαφή του με το περιβάλλον και μπορεί να μεταφέρει, με το σύστημα υδρεύσεως, τους νοσογόνους παράγοντες σε μεγάλο αριθμό καταναλωτών. Στην Ελλάδα τα νοσήματα τυφοειδούς πυρετού και εντερολοιμώξεων που προέρχονταν από το νερό (υδρικής προέλευσης), ήταν συχνά στη δεκαετία του 1950, υποχώρησαν όμως ραγδαία, μόλις άρχισαν να βελτιώνονται οι συνθήκες υδρεύσεως (Λιακατά, 2006). Συμπερασματικά γίνεται φανερό ότι το βιοτικό επίπεδο ενός λαού πρέπει να κρίνεται από την ποσότητα και την ποιότητα του νερού που καταναλώνει καθώς και την ποιότητα των εγκαταστάσεων υδροδότησης.

Η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για τη βιώσιμη ανάπτυξη των κοινωνιών, ιδιαίτερα στην εποχή μας, όπου η ζήτηση ακολουθεί έντονα αυξητικές τάσεις. Η πολυπλοκότητα της διαχείρισης των υδατικών πόρων δημιουργεί την ανάγκη ολιστικής προσέγγισης που βασίζεται στη θεωρία συστημάτων (Ρομπόκα, 2009).

### **1.3 Το υπόγειο νερό και τα χαρακτηριστικά του**

Τα υπόγεια νερά αποτελούν σε πολλές περιπτώσεις την πηγή νερού από την οποία εξαρτάται η ύδρευση και η άρδευση μιας περιοχής. Η εκμετάλλευση των υπογείων νερών γίνεται με την κατασκευή πηγαδιών και τάφρων και με την άντληση του νερού των πηγών. Η ποιότητα των υπογείων νερών είναι σταθερή από εποχή σε εποχή. Παρουσιάζει όμως μεγάλες διακυμάνσεις από μια περιοχή σε άλλη. Αλλαγές στις υδρολογικές συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν διαφορετική ποιότητα νερού σε σχετικά κοντινές αποστάσεις.

Τα υπόγεια νερά γενικά περιέχουν διαλυμένα περισσότερα οργανικά άλατα από τα επιφανειακά και λιγότερες οργανικές ουσίες. Επίσης λόγω φυσικοχημικών

διεργασιών, το νερό κατά τη διήθησή του απαλλάσσεται από πολλά ρυπαντικά συστατικά. Για το λόγο αυτό τα υπόγεια νερά θεωρούνται κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν ως πόσιμο νερό (Χαραλάμπους, 2007).

Μαζί με τα επιφανειακά νερά, τα υπόγεια αποθέματα νερού αποτελούν τα συνολικά αποθέματα του γλυκού νερού. Σχηματίζονται με την καθίζηση του νερού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και το φιλτράρισμά του μέσα από τα στρώματα του εδάφους. Το νερό κινείται με την επίδραση της βαρύτητας και γεμίζει τις σχισμές και γενικά τα κενά ανάμεσα στα πετρώματα και την άμμο. Προμηθεύει με τεράστιες ποσότητες νερού τα ρυάκια, τα ποτάμια και τους υδροτόπους. Δίνει περίπου το 90% του γλυκού νερού στον πλανήτη, χωρίς να υπολογιστούν οι πολιικοί πάγοι. Σήμερα, με την ολοένα και μεγαλύτερη λειψυδρία και των περιορισμό των επιφανειακών νερών, περισσότερο από το μισό του παγκόσμιου πληθυσμού εξαρτάται άμεσα από τα υπόγεια αποθέματα για πόσιμο νερό. Οι περισσότερες πόλεις του κόσμου καταφεύγουν σε αυτά για τις ανάγκες τους για ύδρευση. Με την ευκολία της τεχνολογίας στις γεωτρήσεις, στα περισσότερα μέρη του κόσμου αποτελεί εκτός των άλλων και τη φθηνότερη μέθοδο εξεύρεσης νερού.

Το νερό παίζει κρίσιμο ρόλο στην πρωτογενή παράγωγή (γεωργία και κτηνοτροφία), όπου παρατηρείται ότι διαρκώς το ποσοστό χρήσης των υπογείων νερών σε βάρος των επιφανειακών. Με την επίταση των φαινομένων της λειψυδρίας σε παγκόσμιο επίπεδο, όλο και συχνότερα οι άνθρωποι καταφεύγουν στην εύκολη λύση, δηλαδή στην εκμετάλλευση των έτοιμων υπόγειων αποθεμάτων. Όμως τα νερά είναι ένας φυσικός πόρος που απαιτεί μακροχρόνιο σχεδιασμό και ορθολογική διαχείριση.

Σήμερα υπάρχει παγκοσμίως μεγάλο ενδιαφέρον για την ποιότητα των υπογείων νερών σχετικά με την ρύπανσή τους με φυτοφάρμακα, διαλύτες, πετρελαιοειδή και άλλους ρύπους. Ενδιαφέρον επίσης, υπάρχει για τη θέση των χωματερών, της διάθεσης δοχείων χημικών στο υπέδαφος κ.λπ. Διότι όταν αξιολογείται μια υπόγεια πηγή νερού πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τυχούσα ρύπανσή της από τις παραπάνω αιτίες (Χαλάτση, 2007).

### **1.3.1 Ρύπανση υπογείων υδάτων**

Σε αρκετές περιπτώσεις τα υπόγεια νερά καταλήγουν σε επιφανειακούς υδροφόρους ορίζοντες όπως λίμνες ή ποτάμια της ευρύτερης περιοχής ή χρησιμοποιούνται για την ύδρευση παρακείμενων αστικών περιοχών. Η ανησυχία για



την ποιότητα των υπογείων νερών ξεκίνησε κατά τα τέλη της δεκαετίας του 70 ύστερα από την επανειλημμένη εμφάνιση υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων. Η κάθετη μετακίνηση των γεωργικών φαρμάκων και λοιπών οργανικών και ανόργανων (νιτρικά) ρύπων στα βαθύτερα εδαφικά στρώματα ονομάζεται έκπλυση και έχει ως συνέπεια την ρύπανση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Η πιθανότητα έκπλυσης ενός γεωργικού φαρμάκου στα υπόγεια νερά εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του φαρμάκου (υδατοδιαλυτότητα, πτητικότητα), φυσικοχημικές ιδιότητες (σύσταση εδάφους, οργανική ουσία, pH) και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του εδάφους (βάθος υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα) τις κλιματικές συνθήκες (ύψος βροχόπτωσης) και τις αγροτικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται (είδος καλλιέργειας, τρόπος και χρόνος εφαρμογής) (Παπαδοπούλου-Μουρκίδου, 2002).

Η διαμόρφωση της ποιότητας του νερού στο έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς εξαρτάται από τη μεταφορά μάζας των διαφόρων ουσιών και στοιχείων που την καθορίζουν. Η ποιότητα του υπόγειου και εδαφικού νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση, με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση, και στους μικροοργανισμούς. Η διαμόρφωση της σύστασης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, βιολογικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης, είτε με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα των υπογείων νερών (π.χ. η εισροή θαλασσινού νερού) (Xeferis et al., 2004). Η χημική σύσταση του φυσικού υπόγειου νερού εξαρτάται μόνο από τις φυσικές διαδικασίες και είναι αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής και γεωχημικής ιστορίας του. Η ανθρωπινή επέμβαση προσδιορίζεται σε περιοχές με σημαντική χρήση γης, όπως στις αστικοποιημένες περιοχές, μεταλλεία και αγροτικές περιοχές.

Το νερό, είτε προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή από τα υγρά απόβλητα που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας μεταφοράς ουσιών μέσα στο έδαφος. Το επιφανειακό νερό διηθείται στο έδαφος και διάμεσου 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 υπόγειου νερού. Με την παρέλευση του χρόνου η ένταση της ρύπανσης του νερού είτε μειώνεται μέσα στον υδροφορέα ή το ρυπασμένο νερό οδηγείται προς ένα φρεάτιο ή ευκαιριακά εξέρχεται στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα).

Τα διασταλάζοντα νερά μπορεί να ρυπάνουν τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα (Κούγκολος, 2007). Η ταφή των στερεών αποβλήτων (χωματερές από σκουπίδια οικισμών και στερεών αποβλήτων βιομηχανιών) μπορεί να αποτελέσει αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών λόγω της έκπλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των αποβλήτων. Τα εκπλύματα αποτελούνται από το νερό που κατά την κίνησή του δια μέσου της μάζας των στερεών αποβλήτων εμπλουτίζεται με ρύπους και τα παράγωγα της αποικοδόμησης των αποβλήτων με τις χημικές και βιομηχανικές αντιδράσεις.

Η άρδευση σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και εναπόθεση των ανόργανων ενώσεων και αλάτων στην ακόρεστη ζώνη. Λόγω της εξατμισοδιαπνοής, αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό με αποτέλεσμα το νερό που διηθείται βαθιά να περιέχει διαλυμένα άλατα σε συγκεντρώσεις δύο και τρεις φορές μεγαλύτερες από αυτές του εφαρμοζόμενου νερού. Στα διαπερατά εδάφη, η περίσσεια νερού που περνά τη ζώνη παρασέρνει τα διαλυμένα υλικά (ιδιαίτερα τα ιόντα χλωρίου, θεικών, νιτρικών και νατρίου) στα υπόγεια νερά. Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του νερού για άρδευση είναι μια σοβαρή διαδικασία συσσώρευσης των αλάτων στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά (Αντωνόπουλος, 2003).

Με την εφαρμογή των λιπασμάτων στο έδαφος, που συνήθως περιέχουν ανόργανα στοιχεία, προκαλείται αύξηση των λιπασματικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα. Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι για την υγεία του ανθρώπου, από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία με μεγάλη ευκολία μεταφέρονται με το νερό που διηθείται βαθιά δια μέσου της ακόρεστης ζώνης του εδάφους και της υπόγειας ροής στους υπόγειους υδροφορείς. Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχυτάτη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές. Αλλά αύξησή τους μπορεί να παρατηρηθεί και σε μη αρδευόμενες περιοχές με οργανικά εδάφη. Σ' αυτή την περίπτωση τα νιτρικά απελευθερώνονται κατά την ανοργανοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων και των ζωικών αποβλήτων που ενσωματώνονται στο έδαφος. Τα στερεά απόβλητα (κοπριές) των ζώων είναι επίσης σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων.

Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στη γεωργία για την προστασία των καλλιεργειών από τα έντομα (εντομοκτόνα), μύκητες (μυκητοκτόνα) και βακτήρια (βακτηριοκτόνα) και την καταπολέμηση των ζιζανίων (ζιζανιοκτόνα) αποτελούν σημαντικό κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων νερών. Παρότι οι

οργανικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σε φυτοφάρμακα είναι ταχείας αποικοδόμησης, σημαντικές ποσότητες αυτών και των προϊόντων της διάσπασης τους έχουν καταγραφεί στα υπόγεια νερά. Σημαντικό ρολό για τη σοβαρότητα της ρύπανσης από τα αγροχημικά αποτελεί η τοξικότητα, η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής της ουσίας στο έδαφος καθώς και ο τρόπος εφαρμογής τους στο έδαφος.

Οι πιο σπουδαίοι μικροοργανισμοί στα υπόγεια νερά είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι μύκητες και διάφορα άλλα παράσιτα. Τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς του υπόγειου νερού είναι ο τύφος, η χολέρα και η ηπατίτιδα. Οι πηγές των μικροοργανισμών είναι τα ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα. Η ρύπανση των υπόγειων νερών προκαλείται από την εδάφια διάθεση των λυμάτων των σταθμών επεξεργασίας αστικών λυμάτων και σηπτικών δεξαμενών, τις εκπλύσεις από τους σκουπιδότοπους, και τις ποικίλες γεωργικές πρακτικές, όπως η διάθεση στο έδαφος της ζωικής κόπρου για οργανική λίπανση.

Η αποκατάσταση ενός υπόγειου υδροφορέα, δηλαδή η άντληση στην επιφάνεια, ο καθορισμός του και η επαναφορά του στον υδροφόρο ορίζοντα είναι ένα ιδιαίτερα δαπανηρό εγχείρημα. Συνεπώς η πρόληψη θεωρείται το πλέον κατάλληλο εργαλείο όσον αφορά την προστασία των υπογείων υδάτων (Anastasiadis, 2003).

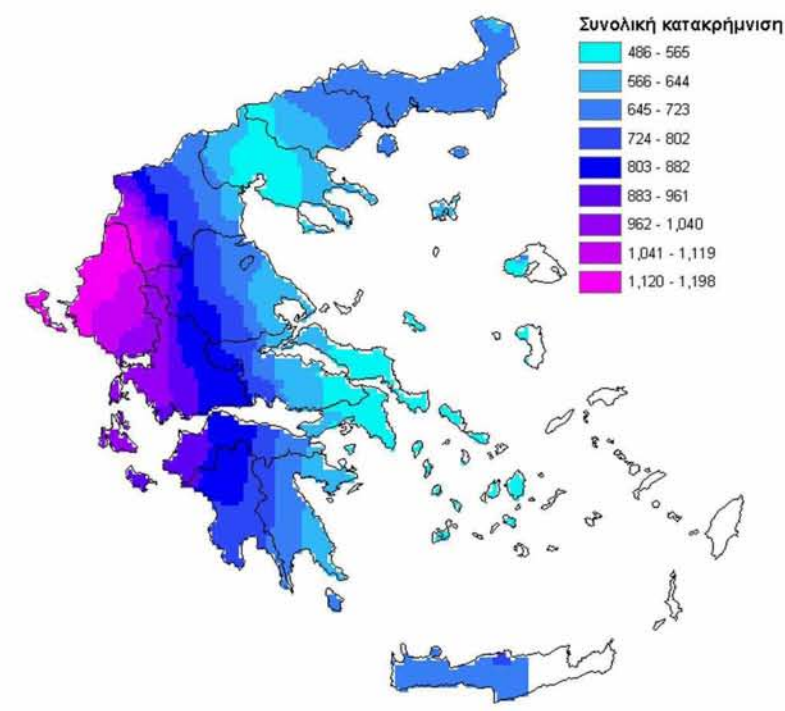


Σχήμα 1: Συνήθεις πηγές ρύπανσης επιφανειακών και υπογείων υδάτων (Πηγή: [www.epa.gov](http://www.epa.gov))



#### 1.4 Εκμετάλλευση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα

Η μέση βροχόπτωση (κατακρήμνιση) στις Μεσογειακές Ευρωπαϊκές χώρες είναι της τάξης των 840 mm/έτος ενώ στην Ελλάδα η μέση βροχόπτωση πλησιάζει τα 850 mm/έτος (Μιμίκου και Φωτόπουλος, 2004). Όμως σε τοπικό επίπεδο υπάρχει σίγουρα άνιση κατανομή της βροχόπτωσης εξαιτίας του έντονου ανάγλυφου, με το δυτικό μέρος της χώρας να δέχεται τον κυριότερο όγκο βροχών. Η συγκέντρωση του κύριου όγκου του πληθυσμού και των κυριότερων δραστηριοτήτων σε ξηρότερα μέρη (τουρισμός, αστυφιλία, γεωργία) προκαλούν προβλήματα διαθεσιμότητας και διαχείρισης υδάτινων πόρων.



**Χάρτης 1:** Συνολική κατακρήμνιση στην Ελλάδα (Πηγή:<http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr>)

Από διαχειριστικής άποψης, θεσμοθετήθηκε η διαίρεση της ελληνικής επικράτειας σε 14 υδατικά διαμερίσματα από το 1987 με τον Ν.1739. Το καθεστώς όμως αυτό, αν και υδρολογικά ορθό, παρουσιάζει προβλήματα που σχετίζονται με διαχειριστικά θέματα, αφού πηγές υδάτων που βρίσκονται σε ένα υδατικό διαμέρισμα, παρέχουν νερό που οδηγείται σε ένα άλλο. Η πολυδιάσπαση των αρμοδιοτήτων των σχετικών με τους υδατικούς πόρους φορέων και η αδυναμία συντονισμού δράσης των φορέων αυτών λόγω των ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων στη χρήση νερού, συντηρεί

ένα προβληματικό καθεστώς στον τομέα της διαχείρισης. Ο νόμος ορίζει τις αρμόδιες αρχές για τη διαχείριση των υδατικών πόρων ανάλογα με τη χρήση του νερού.

Στην Ελλάδα, απαιτούνται προσπάθειες για την εφαρμογή κατάλληλων διαχειριστικών παρεμβάσεων ώστε να περιοριστούν τα σημαντικά προβλήματα της χώρας. Το ίδιο προβλέπει και η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 ΕΚ, η οποία αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της περιβαλλοντικής νομοθεσίας για τα νερά. Δυστυχώς δεν θα ήταν υπερβολικό να πει κανείς πως η διαχείριση των θεμάτων που σχετίζονται με το νερό, γίνεται με τη χειρίστη πρακτική. Η έλλειψη ελέγχων και η αποδυνάμωση των ελεγκτικών μηχανισμών, έχουν αποτύχει να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα ρύπανσης των υδάτινων πόρων στην Ελλάδα. Επιπλέον, πέραν από την ανικανότητα της πολιτικής να σχεδιάσει προγράμματα διαχείρισης για το μέλλον, οι πολιτικές σκοπιμότητες και οι διασπασμένες αρμοδιότητες έχουν βοηθήσει στο να γίνουν περιβαλλοντικά εγκλήματα σε πολλές περιοχές. Σαν παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση του έργου της εκτροπής του Αχελώου για την άρδευση των μαζικών μονοκαλλιιεργειών βαμβακιού της Θεσσαλίας, η σκοπιμότητα του οποίου έχει αμφισβητηθεί ακόμα και από τα ίδια τα όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Στράτος, 2009).

Τα σημαντικότερα προβλήματα της Ελλάδας στο θέμα της αποτελεσματικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων όπως έχουν τονισθεί από τους Μιμίκου και Φωτόπουλο (2004) είναι:

- Η δυσκολία και η έλλειψη συστηματικής και αξιόπιστης καταγραφής και αξιολόγησης των φυσικών και τεχνητών υδατικών συστημάτων από ποσοτική και ποιοτική άποψη, καθώς και η έλλειψη επαρκών μετρήσεων υδρολογικών, μετεωρολογικών, υδρογεωλογικών και ποιοτικών παραμέτρων.
- Η έλλειψη ορθολογικά οργανωμένου εθνικού δικτύου συλλογής πληροφοριών των φυσικών δεδομένων και ενιαίας βάσης για την καταχώρηση τους, με αποτέλεσμα την ατελή γνώση των διαφόρων συνιστωσών τον υδρολογικού κύκλου, παρά το μεγάλο αριθμό φορέων που ασχολούνται με τις μετρήσεις.
- Η έλλειψη και η δυσκολία οριοθέτησης, στο μέτρο του δυνατού, ανεξάρτητων υδρογεωλογικών λεκανών ανά υδατικό διαμέρισμα.
- Η αλληλεπίδραση των παράκτιων υδάτων εξαιτίας παραπλήσιων ποταμών που απορρέουν στη θάλασσα.

- Η δυσκολία και η έλλειψη καταγραφής των υφιστάμενων χρήσεων και μέτρησης των ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιείται για κάθε χρήση.
- Η δυσκολία συντονισμού μεταξύ των αρμόδιων φορέων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, όσον αφορά σε μελέτες και έρευνες υποδομής σχετικές με τους υδατικούς πόρους.
- Η ευκαιριακή και ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση μεμονωμένων υδατικών πόρων από παραπάνω του ενός υδατικού διαμερίσματος, χωρίς εμπεριστατωμένη γνώση των δυνατοτήτων του που οδηγεί στην βαθμιαία ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση του.
- Η χαλαρή σύνδεση και εναρμόνιση των υφιστάμενων προγραμμάτων ανάπτυξης με τις ανάγκες διαχείρισης νερού, από άποψη ποσότητας και ποιότητας.
- Η δυσκολία πραγματοποίησης μακροχρόνιων προβλέψεων μεγεθών ή τάσεων υδρολογικών, πληθυσμιακών, οικονομικών, τομέων παραγωγής κλπ, στα πλαίσια του αναπτυξιακού προγραμματισμού, που να επιτρέπουν αντίστοιχες προβλέψεις σε έργα αξιοποίησης.
- Η δυσκολία ή και ανυπαρξία ολιστικής αντιμετώπισης των προβλημάτων σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων.
- Η ανυπαρξία μηχανισμού μεταφοράς και ενοποίησης των κατά υδατικό διαμέρισμα στόχων και πολιτικών σε ευρύτερες μονάδες χώρου για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή συνδυασμένης οικονομικής ανάπτυξης.
- Η καθυστέρηση κάλυψης υποχρεώσεων που απορρέουν από την εφαρμογή κοινοτικών οδηγιών. Η ανάγκη εξασφάλισης ορθολογικής διαχείρισης των διασυνοριακών υδάτων και την από κοινού χρήση αυτών με βάση τις υδατικές ανάγκες των εμπλεκόμενων χωρών.
- Η έλλειψη ενιαίου Διαχειριστικού Φορέα στον τομέα νερού.

Γενικά εκτιμάται ότι, από τις ποσότητες που διατέθηκαν στο σύνολο της χώρας το 1980, το 80 - 84 % αφορά την άρδευση, το 13 - 15 % την ύδρευση και το 2,5 - 4 % τη βιομηχανία και την παραγωγή ενέργειας. Πρέπει να επισημανθεί ότι οι συνεχείς αρδεύσεις αυξάνουν την αλατότητα των εδαφών. Τα βρόχινα νερά, που προέρχονται από τις αποπλύσεις των εδαφών, παρασύρουν τα φυτοφάρμακα και τα λιπάσματα με τελική κατάληξη τους φυσικούς πόρους (Κοδοσάκης, 1992).

Στην Κορινθία, τη Θεσσαλία, τη Θράκη, την Β. Πελοπόννησο ανιχνεύονται υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ουσιών, κυρίως λόγω της αλόγιστης χρήσης λιπασμάτων από τους αγρότες. Στο ίδιο ανησυχητικό συμπέρασμα για το νερό καταλήγουν αρκετές επιστημονικές έρευνες σε διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας (Myrkou et al., 2001, Voudouris et al., 2002).

Ενδεικτική είναι η κατάσταση στη Δυτική Θεσσαλία, περιοχή που έχει ενταχθεί σε πρόγραμμα μείωσης της χρήσης λιπασμάτων, προκειμένου να μειωθεί η νιτρορύπανση. Τα αποτελέσματα ερευνών ωστόσο δείχνουν ότι η κατάσταση ελάχιστα έχει βελτιωθεί (Dimopoulos, 2003). Το νερό έχει υποβαθμιστεί, λόγω της υπεράντλησης των υπογείων υδροφόρων. Βασικό πρόβλημα της Θεσσαλίας είναι η έλλειψη άμεσα διαθέσιμου νερού στις επιθυμητές ποσότητες, κατά την περίοδο άρδευσης, ενώ το χειμώνα μεγάλες εκτάσεις κατακλύζονται από νερά της βροχής. Το πρόβλημα αυτό επιδεινώνεται από τη λειτουργία στραγγιστικών δικτύων, που επιταχύνουν την απορροή των βρόχινων νερών και επαυξάνουν την πλημμυρική παροχή του Πηνειού και από την ανεπάρκεια των αντιπλημμυρικών έργων. Ακόμα η άρδευση των εκτάσεων είναι ελλιπής, γιατί δεν έχουν κατασκευαστεί τα απαραίτητα τεχνικά έργα για την αποθήκευση των χειμερινών απορροών και την αξιοποίηση τους κατά την αρδευτική περίοδο.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η χώρα μας σε ότι αφορά τους υδατικούς πόρους διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτά που οφείλονται στην άνιση κατανομή στο χώρο και το χρόνο της φυσικής προσφοράς και της ζήτησης νερού για κάθε χρήση, καθώς και στα προβλήματα που δημιούργησε το είδος της ανάπτυξης και της διοικητικής οργάνωσης που ακολουθήθηκαν, που δεν παρείχαν τη δυνατότητα συντονισμού και ενιαίας πολιτικής. Στα τελευταία ανήκει και η έλλειψη σύγχρονου και αποτελεσματικού θεσμικού πλαισίου, με κύριο αποτέλεσμα την αδυναμία συνδυασμού των αναγκαίων ενεργειών για την κάλυψη των σχετικών αναγκών μιας περιοχής και στη συνέχεια την κατασπατάληση προσπαθειών και πόρων.

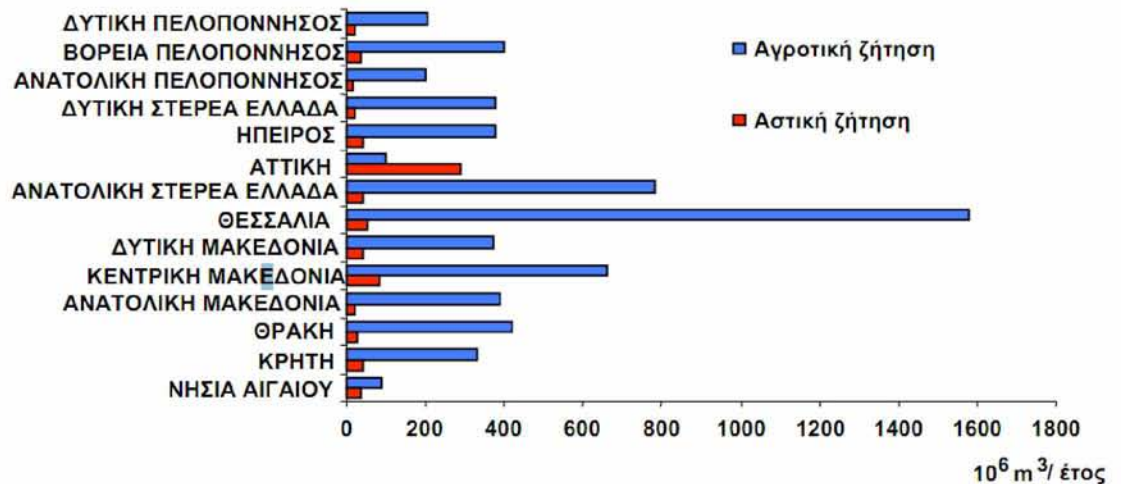
Η διαχείριση των υδάτινων πόρων δεν είναι ούτε ολοκληρωμένη ούτε επαρκής. Ο νόμος για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων (ν.1739/87) προβλέπει τη δημιουργία αρχών διαχείρισης υδάτων σε κάθε ένα από αυτά (με την σύσταση περιφερειακών υπηρεσιών διαχείρισης υδάτινων πόρων). Εν τούτοις, ο νόμος αυτός ουδέποτε εφαρμόστηκε ολοκληρωμένα στην πράξη, καθώς δεν εκδόθηκαν πολλές από τις απαραίτητες υπουργικές αποφάσεις και διατάγματα που προβλέπονταν για την εφαρμογή του.



Η απαίτηση για καθαρό περιβάλλον προϋποθέτει έλεγχο της ποιότητας του νερού, ενταγμένο σε μια πολιτική διαχείρισης υδατικών πόρων που να στοχεύει σε επαρκή προστασία των υδατικών πόρων για ωφελιμιστική χρήση, αναψυχή και απόλαυση των σημερινών και μελλοντικών γενεών. Σε όλα σχεδόν τα υδατικά διαμερίσματα της χώρας παρατηρείται μια πολυδιάσπαση αρμοδιοτήτων, χρηστών νερού και φορέων που εμπλέκονται σε αντικείμενα υδατικών πόρων. Οι φορείς διαχείρισης και οι χρήστες υδατικών πόρων συνήθως δρουν ανεξάρτητα, ανταγωνιστικά και διαφοροποιούνται σημαντικά στην οργάνωση και λειτουργία τους. Δεν υπάρχει μια ενιαία πολιτική διαχείρισης υδατικών πόρων αλλά μια αποσπασματική αντιμετώπιση προβλημάτων, συνήθως κάτω από συνθήκες πίεσης και πολλές φορές πανικού και κρίσης (Αγγελάκης και Κοτσελίδου, 2001).

Η χώρα μας, η οποία δεν ακολούθησε την ίδια πορεία ανάπτυξης με αυτή των χωρών της Βόρειας Ευρώπης, δεν αντιμετώπισε με την ίδια χρονολογική ακολουθία και ένταση παρόμοια προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδατικών πόρων της. Όμως η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αυξανόμενη εισαγωγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων, η γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και η απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, φέρνουν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης δεύτερης και τρίτης γενιάς, τη στιγμή που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπιστεί επαρκώς τα «παραδοσιακά» προβλήματα ρύπανσης.

Η ρύπανση και η μόλυνση των υδατικών πόρων απασχολεί επί δεκαετίες τη διεθνή κοινότητα. Η μόλυνση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανση του νερού έχει ανακύψει σαν εξίσου σοβαρή απειλή σ' όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη (Αντωνόπουλος, 2003).



Σχήμα 2: Αστική και Αγροτική χρήση νερού ανά Υδατικό Διαμέρισμα (Πηγή: Τσικνιά, 2009)

#### 1.4.1 Μελλοντικοί στόχοι της διαχείρισης των υδατικών πόρων

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ολοκληρωμένη διαχείριση των Υδατικών Πόρων στη χώρα μας θα πρέπει πολύ συντομογραφικά να υλοποιηθούν τα παρακάτω (Καραβίτης και Αγγελίδης, 2005):

- Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας μιας εύκολα προσβάσιμης τράπεζας δεδομένων υδρολογικών και μετεωρολογικών πληροφοριών σε επίπεδο χώρας.
- Η δημιουργία δικτύων παρακολούθησης για τα επιφανειακά, υπόγεια και παράκτια ύδατα.
- Η εκτίμηση των ρυπαντικών φορτίων αστικής ή βιομηχανικής προέλευσης που ανιχνεύονται στο υδατικό περιβάλλον της χώρας και ο καθορισμός ευαίσθητων περιοχών.
- Η δημιουργία ενός προγράμματος για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, σε εθνικό επίπεδο, δίνοντας προτεραιότητα στις ευαίσθητες περιοχές και στις πόλεις με πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων, όπως ορίζει και η σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής επιτροπής.
- Η προώθηση ολοκληρωμένων καθαρών τεχνολογιών στη βιομηχανία με στόχο τη μείωση της ρύπανσης από ύδατα βιομηχανικής προέλευσης.

## 2 ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ

### 2.1 Εισαγωγή

Κάθε επιβάρυνση επιφανειακού ή υπόγειου νερού από νιτρικά κυρίως ιόντα, έχει καθιερωθεί με τον όρο νιτρορύπανση, είναι ένα δυναμικό φαινόμενο με πλήθος μεταβλητών πίσω της. Διακρίνεται σε σημειακή και μη σημειακή, σε επιφανειακή και υπόγεια, και σε συσσωρευόμενη και μη συσσωρευόμενη (Λιακατά, 2006). Συγκεκριμένα το πρόβλημα της νιτρορύπανσης των υπόγειων υδάτων αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα.

Η Υπουργική Απόφαση 161/1997/Β-519, που αφορά την «Προστασία των υδάτων από νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης», ορίζει ως νιτρορύπανση την άμεση ή έμμεση απόρριψη στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων γεωργικής προέλευσης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται για την ανθρώπινη υγεία, βλάβες στους ζώντες οργανισμούς και στα υδατικά οικοσυστήματα ή ζημιές στις εγκαταστάσεις αναψυχής ή να παρακωλύονται άλλες θεμιτές χρήσεις των υδάτων. Η κύρια πηγή αζωτούχων ενώσεων είναι τα γεωργικά λιπάσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται με σκοπό την τόνωση της ανάπτυξης των φυτών. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται σύμφωνα με την παραπάνω απόφαση η ζωική κοπριά, τα κατάλοιπα ιχθυοτροφείων και η λυματολάσπη (Χαλάτση, 2007).

Γενικά, οι ενώσεις που περιέχουν άζωτο παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αξιολόγηση της ρύπανσης των υδάτων. Η παρουσία ορισμένων ενώσεων του αζώτου σχετίζεται άμεσα με την εμφάνιση του ευτροφισμού, δηλαδή τον εμπλουτισμό των υδάτων με θρεπτικά συστατικά, κυρίως άζωτο και φώσφορο, ο οποίος επιταχύνει την ανάπτυξη αλγών και των ανώτερων φυτών και προκαλεί ανεπιθύμητες παρενέργειες στην ισορροπία των οργανισμών μέσα στο νερό καθώς και στην ποιότητα του νερού. Ο ευτροφισμός αναφέρεται κυρίως σε λίμνες, αλλά μερικές φορές προβλήματα ευτροφισμού παρουσιάζονται και σε κλειστούς κόλπους (π.χ. Παγασητικός, Αμβρακικός) (Κούγκολος, 2007). Οι ενώσεις του αζώτου είναι πολλές, τόσο ανόργανες όσο και οργανικές. Οι κυριότερες ανόργανες ενώσεις είναι τα νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) και τα νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ ) καθώς και τα ιόντα αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ).

Η παρουσία ενώσεων του αζώτου ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) στα υπόγεια και επιφανειακά νερά, που προορίζονται για την παράγωγή ποσίου 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 προέλευση 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 ρύπανσης, ενώ τα νιτρώδη και νιτρικά περισσότερο παρελθούσα και παλιά ρύπανση αντίστοιχα (Λίταινας, 2008).



**Σχήμα 3:** Σε ευτροφικές λίμνες και κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου (περίοδοι ανάμιξης των νερών) εμφανίζεται το φαινόμενο της "άνθισης του νερού" (Πηγή: Δημητριάδου, 2007)

## 2.2 Τα νιτρικά και η σπουδαιότητά τους

Είναι μια ανόργανη μορφή του στοιχείου άζωτο (N), κοινό στοιχείο με πολύ μεγάλη σπουδαιότητα για τη ζωή. Συναντώνται ως νιτρικά ιόντα στο διάλυμα που περιβάλλει τα σωματίδια του εδάφους. Τα νιτρικά, όπως και τα φωσφορικά, χαρακτηρίζονται ως "θρεπτικά άλατα" και αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών (Μυλωνή, 2010). Αποτελούν μέρος του κύκλου του αζώτου και ανευρίσκονται σε σημαντικές ποσότητες στο έδαφος, στα περισσότερα νερά καθώς και στα φυτά. Τα νιτρώδη ιόντα βρίσκονται και αυτά παντού, αλλά γενικώς σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα απ' ό,τι τα νιτρικά.

Παρόλο ότι το έδαφος περιέχει μεγάλα αποθέματα νιτρικών ιόντων αυτά δεν είναι εύκολα διαθέσιμα στα φυτά και εκπλύνονται προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Μπορούν να δεσμευθούν στα αποθέματα του εδάφους ως οργανικό άζωτο. Το άζωτο ενώνεται με τον άνθρακα στον χούμο και προστατεύεται έτσι, έως ότου απελευθερωθεί από τους οργανισμούς ως διαθέσιμο νιτρικό.

Οι απαιτήσεις για διαθέσιμες μορφές αζώτου συνήθως είναι μεγαλύτερες από τις παροχές. Έτσι, για να διατηρήσουν τα φυτά το πλήρες δυναμικό τους για παραγωγή τροφής στο επιθυμητό επίπεδο και να αναπτυχθούν σωστά, είναι απαραίτητη η προσθήκη αζωτούχου λιπάσματος που συμπληρώνει τα ανεπαρκή αποθέματα αζώτου (Σαράφης, 2004).

### **2.3 Η πορεία του αζωτούχου λιπάσματος κατά την προσθήκη του στην καλλιέργεια**

Όλοι οι τύποι αζωτούχου λιπάσματος μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα με την βοήθεια των μικροοργανισμών του εδάφους. Τα νιτρικά ακολουθούν τέσσερις οδούς:

- Μπορεί να προσληφθούν από τα φυτά. Το άζωτο βρίσκεται στο έδαφος και γίνεται διαθέσιμο στα φυτά μετά από τη διαδικασία της ανοργανοποίησης. Κάθε χρόνο και ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και το είδος του εδάφους, ανοργανοποιείται από τους μικροοργανισμούς ένα ποσοστό 1 - 3 % του οργανικού αζώτου, το οποίο μετατρέπεται κατ' αρχήν σε αμμωνιακά ιόντα και μετά οξειδώνεται σε νιτρικά με τη βοήθεια νιτροποιητικών μικροοργανισμών του εδάφους.
- Μπορεί να ενσωματωθούν στην οργανική ουσία του εδάφους όπου δεν δημιουργούν πρόβλημα έως ότου ανοργανοποιηθούν από τους μικροοργανισμούς του εδάφους.
- Μπορεί να εκπλυθούν στο έδαφος και να αποτελέσουν μέρους του προβλήματος της νιτρορύπανσης. Τα νιτρικά ιόντα επειδή έχουν αρνητικό φορτίο απωθούνται από τα σωματίδια του εδάφους που είναι επίσης αρνητικά φορτισμένα και επομένως μετακινούνται πολύ εύκολα διαμέσου των εδαφικών στρώσεων με το νερό έκπλυσης. Για το λόγο αυτό καταλήγουν να συσσωρεύονται σε διάφορους υδάτινους αποδέκτες και σε υψηλές συγκεντρώσεις να αποτελούν πρόβλημα για την ποιότητα του νερού.
- Μπορεί να απονιτροποιηθούν σε αέριες μορφές αζώτου ( $N_2$  ή  $N_2O$ ), όπου διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της βιολογικής απονιτροποίησης ως μοριακό άζωτο, οξείδια του αζώτου και αμμωνία.

Οι ποσότητες των νιτρικών που εκπλύνονται εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Την ένταση και το ύψος της βροχόπτωσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση και το ύψος της βροχόπτωσης τόσο πιο μεγάλος είναι ο κίνδυνος απώλειας θρεπτικών στοιχείων από βαθιά διήθηση και επιφανειακή απορροή.
- Τη φυτική κάλυψη. Η έκπλυση του αζώτου μειώνεται σημαντικά στις λιβαδικές εκτάσεις και τα δάση.
- Την κτηνοτροφία. Η υπερβόσκηση μειώνει την φυτική κάλυψη διευκολύνει την έκπλυση.
- Τη μηχανική σύσταση του εδάφους. Η διήθηση του νερού είναι μικρότερη στα βαριά απ' ότι στα ελαφρά εδάφη, γεγονός που έχει επίπτωση στην έκπλυση νιτρικών. Κατά μέσο όρο οι απώλειες από τα αμμώδη εδάφη φθάνουν τα 3 - 4 kg N/στρέμμα ενώ από τα πηλώδη 2 - 3 kg N/στρέμμα.
- Τη στάθμη υπεδάφιου νερού. Όταν το βάθος του υπεδάφιου νερού είναι μικρό η συσσώρευση νιτρικών, λόγω έκπλυσης τους, είναι μεγαλύτερη ειδικά όταν τα εδάφη είναι ελαφρά (αμμώδη).
- Τη χρήση λιπασμάτων. Η υπερβολική χρήση λιπασμάτων αυξάνει και την έκπλυση νιτρικών από έδαφος (Fytianos and Christophoridis, 2004). Διάφορα πειράματα έδειξαν ότι με παροχή 0 - 120 kg/ha στα σιτηρά, οι απώλειες αζώτου με έκπλυση ήταν της τάξεως των 50 kg N/ha/έτος. Όταν η παροχή αυξάνεται στα 180 kg/ha, οι απώλειες ανέρχονται στα 75 kg N/ha/έτος. Άλλα πειράματα στις ΗΠΑ έδειξαν ότι κάθε ποσότητα αζωτούχου λίπανσης πάνω από τις πραγματικές ανάγκες των φυτών μπορεί να διαφύγει με έκπλυση σε ποσοστό πάνω από 50% (Σαράφης, 2004).

Οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που παρέχονται από το έδαφος σε μια καλλιέργεια εξαρτώνται από το είδος του εδάφους (προέλευση πετρωμάτων, φυσική βλάστηση) και της καλλιέργειας. Τις πρόσθετες ανάγκες των καλλιεργειών σε θρεπτικά στοιχεία, τις καλύπτουν τα λιπάσματα. Συχνά όμως, τα λιπάσματα και ιδιαίτερα οι ποσότητες που περισσεύουν καταλήγουν, όπως και στην περίπτωση των φυτοφαρμάκων, στους υδάτινους αποδέκτες επιφανειακούς και υπόγειους, με σημαντικότερους τρόπους απομάκρυνσής τους από το έδαφος να θεωρούνται:



- Η έκπλυση προς τα αβαθή και βαθιά υπόγεια νερά (μεγάλες απώλειες, λόγω έκπλυσης, παρατηρούνται στο άζωτο, λιγότερες στο κάλιο και σχεδόν καθόλου στο φωσφόρο.
- Απορροή προς τα επιφανειακά νερά (το κύριο αίτιο της απώλειας των ισχυρά δεσμευμένων στο έδαφος θρεπτικών στοιχείων, όπως του καλίου και του φωσφόρου).

Σε αυτούς τους τρόπους μπορούν να προστεθούν και άλλοι λιγότερο σημαντικοί, όπως η εξάτμιση, οι απώλειες κατά την εφαρμογή τους κ.ά. Η κατάληξη των λιπασμάτων στο υδάτινο περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της ποιότητας του υδάτινου αποδέκτη.

Για εφαρμογή μιας κανονικής ποσότητας λιπάσματος σε μια καλλιέργεια προκύπτουν τα παρακάτω ποσοστά κατάληξης του αζώτου (Μυλωνή, 2010):

- 50 - 65 % προσλαμβάνεται από την καλλιέργεια
- 1 - 4 % χάνεται με την απορροή,
- 2 - 5 % χάνεται με τη διάβρωση,
- 10 - 18 % χάνεται με τη στράγγιση,
- 12 - 20 % χάνεται από την απονιτροποίηση, και ένα μικρό ποσοστό εξαερώνεται υπό μορφή αμμωνίας.

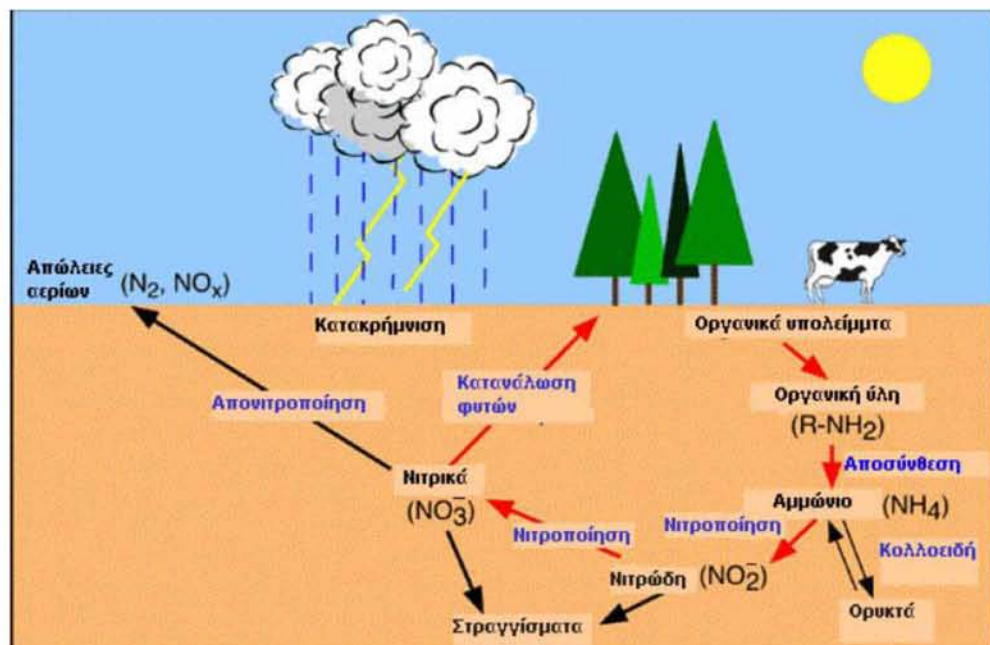
## 2.4 Ο κύκλος του αζώτου

Ο κύκλος του αζώτου αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς κύκλους του οικοσυστήματος. Το άζωτο συμμετέχει ως συστατικό σε ένα μεγάλο αριθμό βιομορίων μεγάλης σπουδαιότητας για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη, όπως αμινοξέα, πρωτεΐνες, νουκλεοξέα, νουκλεοτίδια, συνένζυμα (Δροσόπουλος, 1992). Η ατμόσφαιρα είναι η μεγαλύτερη αποθήκη αζώτου, όπου περιέχεται με τη μορφή του αερίου  $N_2$ . Άλλες επίσης σημαντικές αποθήκες αζώτου είναι η οργανική ύλη που περιέχεται στο έδαφος και τους ωκεανούς.

Αν και οι περισσότεροι οργανισμοί ζουν στον πυθμένα μιας «θάλασσας» ατμοσφαιρικού αζώτου, πρέπει να αγωνίζονται για να αποκτήσουν το άζωτο που χρειάζονται για να διεκπεραιώσουν τις μεταβολικές τους λειτουργίες. Η παραγωγικότητα πολλών οικοσυστημάτων περιορίζεται από την ικανότητα των φωτοσυνθετών των οικοσυστημάτων να αφομοιώσουν άζωτο. Ο λόγος για αυτό το

παράδοξο είναι ότι ο χημικός τύπος του ατμοσφαιρικού αζώτου ( $N_2$ ) είναι πολύ σταθερός, ώστε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους περισσότερους οργανισμούς. Πριν μπορέσει το N της ατμόσφαιρας να αφομοιωθεί από τα πράσινα φυτά, ο τριπλός δεσμός που κρατά ενωμένο το  $N_2$  πρέπει πρώτα να σπάσει σχηματίζοντας δεσμευμένο άζωτο - δηλαδή άζωτο που δεν συνδέεται με άλλο άτομο N. Αυτή η διαδικασία απαιτεί ενέργεια, και η βιόσφαιρα έχει επινοήσει πολλούς τρόπους για παραγωγή δεσμευμένου αζώτου και πρόληψη της επιστροφής του σε μοριακή δομή.

Αν και το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα, δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τους παραγωγούς (φυτά και οργανισμούς) στη μορφή με την οποία βρίσκεται σε αυτή (μοριακό άζωτο). Για το λόγο αυτό, η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης, η οποία μετατρέπει το άζωτο της ατμόσφαιρας σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους οργανισμούς του οικοσυστήματος, ( $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ).



Σχήμα 4: Ο κύκλος του αζώτου (Πηγή: Τσαουσίδου, 2008)

Η αζωτοδέσμευση διακρίνεται σε ατμοσφαιρική και βιολογική. Κατά την ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση, το άζωτο της ατμόσφαιρας αντιδρά είτε με τους υδρατμούς, σχηματίζοντας αμμωνία, είτε με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα. Η αμμωνία και τα νιτρικά ιόντα μεταφέρονται με τη βροχή στο έδαφος. Η ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση κατέχει το 10% της συνολικής αζωτοδέσμευσης.



Η βιολογική αζωτοδέσμευση πραγματοποιείται από βακτήρια που μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε νιτρικά ιόντα, τα οποία αφομοιώνονται από τα φυτά. Η βιολογική αζωτοδέσμευση κατέχει το 90% της συνολικής αζωτοδέσμευσης (Λοϊζίδου, 2006).

Τα φυτά χρησιμοποιούν τα νιτρικά ιόντα που προσλαμβάνουν από το έδαφος (είτε με τη διαδικασία της ατμοσφαιρικής, είτε της βιολογικής αζωτοδέσμευσης) προκειμένου να συνθέσουν τις αζωτούχες ενώσεις τους, όπως τις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα. Το άζωτο που περιέχεται στις ουσίες αυτές διακινείται σε ολόκληρη την τροφική αλυσίδα. Όμως, τόσο τα φυτά όσο και τα ζώα εγκαταλείπουν στο έδαφος νεκρή οργανική ύλη (καρπούς, φύλλα, νεκρά σώματα, τρίχωμα) που περιέχει άζωτο. Επιπροσθέτως, τα ζώα αποβάλλουν αζωτούχα προϊόντα του μεταβολισμού (ουρία, ουρικό οξύ, κ.λπ). Όλες αυτές οι ουσίες διασπώνται από τους αποδομητές του εδάφους μέσα από μια διαδικασία που καταλήγει στην παραγωγή αμμωνίας. Η αμμωνία που συγκεντρώνεται στο έδαφος, υφιστάμενη τη δράση των νιτροποιητικών βακτηρίων του εδάφους, μετατρέπεται τελικά σε νιτρικά ιόντα, τα οποία παραλαμβάνονται από τα φυτά. Έτσι κλείνει ένας κύκλος αζώτου στο εσωτερικό του οικοσυστήματος.

Το άζωτο που έχει απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα επανέρχεται σε αυτήν από τη δράση των απονιτροποιητικών βακτηρίων του εδάφους, με τη μετατροπή των νιτρικών ιόντων σε μοριακό άζωτο, το οποίο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Ο άνθρωπος επεμβαίνει στον κύκλο του αζώτου με την εισαγωγή αζωτούχων λιπασμάτων στα αγροτικά οικοσυστήματα προκειμένου να αυξήσει την παραγωγικότητά τους (Τσαουσίδου, 2008).

Η νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης, είναι μια σημαντική αιτία ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων νερών. 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 (Anastasiadis and Xefferis, 2001).

Η τάση προς ένταση της εκμετάλλευσης στη γεωργία και η αύξηση της παραγωγικότητας που χαρακτήρισαν μεγάλα τμήματα της τελευταίας πεντηκονταετίας, συνοδεύθηκε από σημαντική αύξηση της χρήσεως λιπασμάτων και, όπως εμφανίζεται στο Σχήμα 5, κυρίως λιπασμάτων ανόργανου αζώτου.



**Σχήμα 5:** Κατανάλωση λιπασμάτων που περιέχουν ανόργανο άζωτο - ΕΕ με 15 κράτη μέλη, από το 1930 έως το 1999 - (εκατομμύρια τόνοι αζώτου ετησίως) (Πηγή: <http://www.ypeka.gr>)

## 2.5 Αίτια και παράγοντες νιτρορύπανσης

Το βασικότερο και πιο προφανές αίτιο νιτρορύπανσης είναι η υπερλίπανση του καλλιεργούμενου εδάφους. Η αναγκαιότητα λίπανσης του εδάφους προκύπτει από την αναγκαιότητα προσθήκης θρεπτικών στοιχείων (αζώτου, φωσφόρου και καλίου) που βρίσκονται σε μικρές σχετικά ποσότητες στα εδάφη. Τα στοιχεία αυτά προστίθενται σε σκευάσματα ή ως φυσικά προϊόντα στο καλλιεργούμενο έδαφος για την αύξηση της απόδοσης. Μερικά ιχνοστοιχεία αν και είναι δριμύτατα δηλητήρια για τα φυτά, φαίνεται πως σε ίχνη είναι αναγκαία για τη θρέψη και την κανονική ανάπτυξή τους, γιατί χρειάζονται για τη δράση ορισμένων ενζύμων που υπάρχουν σε αυτά. Από την άλλη, η έλλειψή τους συνεπάγεται σοβαρότατες βλάβες, εξαιτίας των οποίων είναι μειωμένη η ποσοτική και ποιοτική παραγωγή.

Είναι γνωστό ότι τον περασμένο αιώνα η γεωργία δεν χρησιμοποιούσε χημικά λιπάσματα. Σταδιακά, μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, έκαναν την εμφάνισή τους τα πρώτα χημικά λιπάσματα και οι διάφορες τεχνικές άρδευσης, που σκοπό είχαν την αύξηση της παραγωγής.

Πιο συγκεκριμένα, από τη δεκαετία του 1950 πραγματοποιείται μια αύξηση του πληθυσμού, τέτοια ώστε η παραγωγή να μην επαρκεί για να καλύψει όλες τις ανάγκες, κυρίως σε τροφή. Η αγροτική παραγωγή μηχανοποιείται και μαζικοποιείται και κατά

συνέπεια αυξάνει τον όγκο της σε σημείο ώστε να επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι αυτές οι αλλαγές ήταν μόνο η απάντηση στην απαίτηση. Καθώς πολλοί άνθρωποι απαιτούσαν περισσότερα και καλύτερης ποιότητας είδη διατροφής, η αγροτική παραγωγή ανταποκρίθηκε με το να παράγει περισσότερο.

Σήμερα, μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι, η αγροτική παραγωγή επηρεάζεται άμεσα από οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες, στους οποίους τον πρωταρχικό ρόλο έχει ο πληθυσμός. Σκοπός της παραγωγής είναι η κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού, που συνδέεται άμεσα με το ποσοστό εισροών στην αγροτική παραγωγή. Όσο μεγαλύτερες οι ανάγκες του πληθυσμού τόσο μεγαλύτερες οι εισροές (χημικά λιπάσματα, φυτοφάρμακα, μηχανές, άρδευση κ.ά.) στην αγροτική παραγωγή, με σκοπό την αύξηση της. Ωστόσο, οι δυσμενείς επιπτώσεις της εντατικής γεωργίας στο περιβάλλον έγιναν εμφανείς μόλις σε τρεις δεκαετίες από την εφαρμογή του μοντέλου αυτού (Παπακώστα, 2004).

Τα πρώτα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα φυτικά υπολείμματα και στη συνέχεια η ζωική κοπριά. Πολύ αργότερα η χημική βιομηχανία στράφηκε προς την παραγωγή ανόργανων λιπασμάτων κυρίως με την κατεργασία των οστών με οξέα. Μετά την ανάπτυξη μεθόδων μαζικής παραγωγής φωσφορικών, αζωτούχων και καλιούχων κυρίως λιπασμάτων ακολούθησε η εφαρμογή τους σε όλο τον κόσμο. Στη χώρα μας η χρήση τέτοιων λιπασμάτων άρχισε περίπου το 1909. Το έτος αυτό σήμανε και την αρχή της προσπάθειας διάδοσης της χρήσης ανόργανων λιπασμάτων ως καθημερινή γεωργική πρακτική με την έναρξη της λειτουργίας του εργοστασίου παραγωγής τους στη Δραπετσώνα.

Παρά τα διαφαινόμενα και αναμφισβήτητα οφέλη για τον παραγωγό το κύριο πρόβλημα που συνδέεται με τη χρήση των λιπασμάτων είναι η ορθολογική τους χρήση εκ μέρους των αγροτών. Η επιστήμη της εδαφολογίας που αναπτύσσεται παράλληλα με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας των λιπασμάτων θα πρέπει να συμβάλουν μακροπρόθεσμα στην παραγωγή λιπασμάτων που θα ανταποκρίνονται στον κύριο στόχο της υψηλής απόδοσης των καλλιεργειών, της επιθυμητής ποιότητας καθώς και τη διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος με απώτερο σκοπό την εξασφάλιση καλύτερης ποιότητας ζωής.

Τα λιπάσματα κυρίως περιέχουν άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Κάθε τέτοιο λίπασμα χαρακτηρίζεται με τρεις αριθμούς π.χ. 6 - 12 - 12 που σημαίνει ότι περιέχει 6% κατά βάρος άζωτο που εκφράζεται ως N, 12% φώσφορο ως P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και 12% κάλιο ως

K<sub>2</sub>O. Η κοπριά είναι του τύπου 0,5 - 0,25 - 0,5 που σημαίνει ότι η θρεπτικότητά της δεν επαρκεί για τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις σε ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων (Χαλάτση, 2007).

Το φαινόμενο της υπερλίπανσης είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου και η ανάλυση των αιτίων της νιτρορύπανσης δεν μπορεί να εξαντληθεί σ' αυτό. Η υποβοηθούμενη λίπανση του εδάφους είναι βασικό συστατικό στοιχείο μιας εντατικοποιημένης γεωργίας, της σύγχρονης γεωργίας. Η εντατικοποίηση της γεωργίας προέκυψε από την ανάγκη αύξησης της ποσότητας της παραγωγής, αφού η ποιότητα θεωρούνταν δεδομένη, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε τροφή των υποανάπτυκτων χωρών. Το αρχικά ανθρωπιστικό αυτό κίνητρο μεταβλήθηκε στην πορεία σε κίνητρο για οικονομικό κέρδος που υιοθετήθηκε σταδιακά από λίγες μεγάλες εταιρείες παραγωγής και εμπορίου τροφίμων ενώ το ενδιαφέρον για τις κοινωνικές ομάδες που αποτελούν το αγοραστικό κοινό μετατοπίστηκε από τις πολυπληθείς μεν, φτωχές δε κοινωνίες των υποανάπτυκτων χωρών στις πλούσιες και κατευθυνόμενα καταναλωτικές κοινωνίες των ανεπτυγμένων χωρών.

Μετά τη δημιουργία του φαινομένου της νιτρορύπανσης στην ένταση και την εποχιακότητα των φαινομένων επενεργούν παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι ο βαθμός άντλησης των υδάτινων πόρων και το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής.

Μείωση των ποσοτήτων νερού, λόγω υπεράντλησης, συνεπάγεται μείωση του βαθμού διάλυσης των ρύπων (άρα και των NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) και επομένως αύξηση της συγκέντρωσής τους στο νερό (αύξηση της έντασης της ρύπανσης).

Γεωλογικοί σχηματισμοί με μεγάλο πορώδες (καρστικά ασβεστολιθικά πετρώματα κ.ά.) συσσωρεύουν άμεσα ή επιτρέπουν την άμεση συσσώρευση νερού (σε υποκείμενα στρώματα) συνεπώς αυξάνουν την ένταση και την εποχικότητα της ρύπανσης στη συγκεκριμένη περιοχή κάτι που δεν συμβαίνει ή δεν συμβαίνει σε τόσο μεγάλο βαθμό στις περιπτώσεις των γεωλογικών σχηματισμών με συμπαγή ή μέτρια συμπαγή δομή, αντίστοιχα (Τριζώνη, 2004).

## 2.6 Επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία

Αρχικά η αυξημένη συγκέντρωση λιπασμάτων και κατά συνέπεια νιτρικών μπορούν να διαταράζουν τη βιολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων. Πέρα από ένα όριο εμφανίζονται τα πρώτα κρούσματα ρύπανσης, που χαρακτηρίζονται από απλοποίηση των βιολογικών δομών, την υπερπαραγωγή φυτικής μάζας στην επιφάνεια των νερών και τη δημιουργία περισσότερο ή λιγότερο έντονων αναερόβιων συνθηκών στον πυθμένα.

Μια πρώτη συνέπεια της χημικής λίπανσης είναι η μείωση των οργανικών συστατικών του εδάφους. Έτσι το έδαφος γίνεται φτωχότερο ενώ διοξείδιο του άνθρακα ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα τα χημικά λιπάσματα συχνά είναι όξινα με αποτέλεσμα να σκοτώνουν τα σκουλήκια που βρίσκονται στο έδαφος και ανοίγουν τρύπες. Έτσι, το έδαφος χάνει την ικανότητά του να αερίζεται. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω διαδικασιών είναι η διάβρωση που προκαλείται στο έδαφος, με συνέπεια να μην είναι κατάλληλο για καλλιέργεια ή για οποιαδήποτε άλλη χρήση. Με τη λίπανση σχηματίζονται νιτρώδη οξείδια που ανεβαίνουν στην ατμόσφαιρα. Εκεί αντιδρούν με το όζον με αποτέλεσμα τη μείωσή του. Η αγροτική παραγωγή μπορεί να έχει μεγάλη επιρροή στην υγρασία και στην ποιότητα των υπόγειων νερών. Οι δυο κυριότερες επιδράσεις της αγροτικής παραγωγής στις πηγές του νερού είναι ο ευτροφισμός και η υφαλμύρωση των εδαφών (Παπακώστα, 2004).

Η παρουσία των νιτρικών ιόντων όσον αφορά πόσιμο νερό δεν είναι επιθυμητή διότι δηλώνει αποσύνθεση οργανικών ενώσεων. Δεν παρουσιάζει όμως ιδιαίτερους κινδύνους για τον ενήλικα οργανισμό και είναι ανεκτή μέχρι 45 mg/L. Συνήθως τα ύδατα των γεωτρήσεων στους αγρούς εμφανίζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα. Μπορεί να φθάσουν στο δεκαπλάσιο της επιτρεπτής ανοχής. Αντίθετα, τα νιτρικά ιόντα είναι τοξικά για τα παιδιά και τα μηρυκαστικά ζώα. Στο πεπτικό σύστημα των μηρυκαστικών υπάρχουν βακτηρίδια τα οποία αποικοδομούν τις τροφές σε αφομοιώσιμες ενέργειες και εκεί όπως και στα παιδιά, παρατηρείται αναγωγή των νιτρικών προς νιτρώδη. Τα βρέφη που πάσχουν από αυτήν εμφανίζονται με κυανό χρώμα στην επιδερμίδα. Τέλος τα νιτρώδη είναι πάρα πολύ τοξικά για τον ανθρώπινο οργανισμό σε οποιαδήποτε ηλικία γιατί προκαλούν μεταλλάξεις στα ανθρώπινα κύτταρα και σχετίζονται με την ανάπτυξη πολλών μορφών καρκίνου (Λυμπεράτος, 2001).

Μελέτες δείχνουν ότι η μεγαλύτερη ποσότητα νιτρικών που προσλαμβάνει ο άνθρωπος προέρχεται από τα λαχανικά, των οποίων η κατανάλωση διαρκώς αυξάνει, για λόγους διαίτης. Η επόμενη σε σημασία πηγή νιτρικών είναι το πόσιμο νερό και τέλος τα διάφορα προϊόντα του κρέατος, όπου τα νιτρικά χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά (Γενιατάκης, 2000).

Η απορρόφηση των καταπινόμενων νιτρικών στο μεγαλύτερο μέρος της λαμβάνει χώρα στο λεπτό έντερο και η έκκριση γίνεται κύρια μέσω των νεφρών. Είναι γνωστό ότι τα νιτρικά απορροφώνται στην ανώτερη γαστροεντερική χώρα και συγκεντρώνονται τελικώς στο σάλιο από τους σιελογόνους αδένες. Τα πειράματα που έχουν γίνει σε πειραματόζωα δεν είναι πολύ αξιόπιστα όταν τα αποτελέσματά τους εφαρμόζονται στον ανθρώπινο οργανισμό. Τόσο τα νιτρικά όσο και τα νιτρώδη πολύ εύκολα απορροφώνται από το ανθρώπινο σώμα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα νιτρικά ιόντα μπορούν εύκολα να μετατραπούν *in vivo* σε νιτρώδη σαν το αποτέλεσμα μιας βακτηριακής αναγωγής. Η πρόσληψη μεγάλων ποσοτήτων νιτρικών έχει σαν αποτέλεσμα να γίνονται μεγάλες αυξήσεις στη συγκέντρωση των νιτρώδων στο σάλιο. Η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη ιόντα μπορεί επίσης να λάβει χώρα σε τμήματα του ανθρώπινου σώματος, όπως το στομάχι. Το ποσοστό αυτής της μετατροπής είναι μικρό, εκτός από την περίπτωση που το pH είναι μεγαλύτερο από 4,6 (Λιακατά, 2006).

Στα βρέφη, όπου η οξύτητα του στομαχίου είναι πολύ μικρή, (pH γύρω στο 4 ή υψηλότερο), παρατηρείται μια υψηλή απόδοση σε νιτρώδη ιόντα. Σε αντίθεση, η οξύτητα του στομαχίου ενός ενήλικου είναι μεγαλύτερη, (pH 1 - 5), και επομένως συμβαίνει μικρότερη μετατροπή νιτρικών σε νιτρώδη στους ενήλικους οργανισμούς. Ο σχηματισμός των νιτρώδων είναι ιδιαίτερα σημαντικός για δύο λόγους:

Πρώτον, διότι τα νιτρώδη μπορούν να οξειδώσουν τον Fe (II) της αιμογλοβίνης σε Fe (III) (μεθαιμογλοβίνη). Η μεθαιμογλοβίνη (είτε μεθαιμοσφαιρίνη) είναι μια χρωστική ουσία που είναι ανίκανη να δράσει σαν μεταφορέας οξυγόνου με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μειωμένη ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου προς τους ιστούς. Χαμηλά επίπεδα μεθαιμοσφαιρίνης, της τάξης 0,5 - 2,0% υπάρχουν σε φυσιολογικά άτομα (NAS, 1981). Δηλητηριάσεις ενηλίκων από νιτρώδη, δεν φαίνεται να αποτελεί ένα άκρως σημαντικό πρόβλημα. Ωστόσο, τυχαία προσθήκη υπερβολικών ποσοτήτων νιτρώδων στις τροφές, οδήγησαν σε περιπτώσεις δηλητηριάσεων ενηλίκων και παιδιών (Wolff and Wassermann, 1972).

Δεύτερον, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, τα νιτρώδη μπορούν να αντιδράσουν στο ανθρώπινο σώμα με δευτεροταγείς και τριτοταγείς αμίνες και αμίδια (που συνήθως προέρχονται από την τροφή και άλλες πηγές) για να σχηματιστούν νιτροζαμίνες, μερικές από τις οποίες θεωρούνται ότι είναι καρκινογόνες. Αυτή η διαδικασία συμβαίνει σε όξινο διάλυμα όπου το pH κυμαίνεται μεταξύ 1 - 5, όπως είναι το κανονικής οξύτητας στομάχι των ενηλίκων. Ο ρυθμός της αντίδρασης είναι μεγαλύτερος σε pH μικρότερο από 3,5.

Έχει διαπιστωθεί, από μελέτες, ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στις παροχές υδρεύσεως ορισμένων χωρών είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση της παιδικής μεθαιμογλοβιναιμίας και τελικώς του θανάτου. Το πρόβλημα αυτό έχει απασχολήσει την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας σε αρκετά συνέδρια. Συνιστάται να μην χρησιμοποιείται νερό για την προετοιμασία της τροφής των βρεφών, που να περιέχει περισσότερα από 100 mg/L νιτρικών. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί εμφιαλωμένο νερό μικρής περιεκτικότητας σε νιτρικά.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η αυξημένη παρουσία νιτρικών στο πόσιμο νερό, είναι η κύρια αιτία της βρεφικής μεθαιμογλοβιναιμίας. Ο παρατεταμένος βρασμός του νερού (που χρησιμοποιείται στην τροφή των βρεφών) μπορεί να επιδεινώσει το πρόβλημα αυτό, αυξάνοντας τα επίπεδα των νιτρικών λόγω της εξάτμισης του νερού. Η πλειοψηφία των περιπτώσεων της βρεφικής μεθαιμογλοβιναιμίας, έχει συσχετιστεί με τη χρήση ιδιωτικών πηγών (παροχής νερού) που ήταν μικροβιολογικώς μολυσμένες.

Από τις διάφορες μελέτες που έχουν γίνει εξάγονται διαφορετικά συμπεράσματα σχετικά με το θανατηφόρο επίπεδο των νιτρικών - νιτρωδών στο νερό. Περιπτώσεις βρεφικής μεθαιμογλοβιναιμίας δεν έχουν αναφερθεί σε περιοχές όπου το πόσιμο νερό περιέχει λιγότερο από 10 mg/L νιτρικών. Επίσης πολλά νήπια καταναλώνουν περισσότερο από 10 mg/L νιτρικών, χωρίς να αναπτύσσουν αυτή την ασθένεια. Μόλις το 2,3% όλων των περιπτώσεων βρεφικής μεθαιμογλοβιναιμίας συσχετίζονται με συγκεντρώσεις νιτρικών στο νερό μεταξύ 10 - 20 mg/L (Λιακατά, 2006).

Συνοπτικά οι επιπτώσεις της νιτρούπανσης εστιάζονται στα εξής:

- Ρύπανση υπόγειων νερών (καρκινογένεση, θάνατος ατόμων ανθρώπινου είδους).
- Ρύπανση επιφανειακών νερών (ευτροφισμός, θάνατος ιχθυοειδών).
- Υποβάθμιση ποιότητας εδάφους.
- Υποβάθμιση ποιότητας περιβάλλοντος.

**3 Η ΝΙΤΡΟΥΠΙΑΝΣΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ****3.1 Ρύπανση των υδατικών πόρων της Θεσσαλίας**

Το βασικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα της περιφέρειας Θεσσαλίας είναι, χωρίς αμφιβολία, η διαχείριση των υδατικών πόρων. Η Περιφέρεια Θεσσαλίας, μια κατά τεκμήριο αγροτική περιφέρεια, παρουσιάζει σημαντική απόκλιση από το μέσο όρο της χώρας ως προς την κατανομή χρήσεων ύδατος. Έτσι, στο Υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας καταναλώνεται το 18,5 % των συνολικών απαιτήσεων της χώρας σε νερό και από αυτό, το 95,8 % απορροφά η αγροτική παραγωγή, τη στιγμή που το αντίστοιχο ποσοστό όλης της χώρας είναι 86 % (Παπακώστα, 2008).

Στην σημερινή εποχή, ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού στη γη είναι η γεωργία. Το γεγονός ότι στις μέρες μας οι εκτατικές καλλιέργειες έχουν μετατραπεί σε εντατικές, όπου με χημική υποστήριξη επιδιώκεται αφενός η αυξημένη παραγωγή σε όσο το δυνατό μικρότερη έκταση και αφετέρου η προστασία της παραγωγής από ασθένειες, μπορεί να οδηγήσει στην ρύπανση του νερού.

Όσον αφορά την χρήση εντομοκτόνων και λιπασμάτων, αυτή παρουσιάζει αύξηση. Προκειμένου οι αγρότες να αποφύγουν αστάθμητους παράγοντες (όπως έντομα, ασθένειες και τα παρασιτικά χόρτα) χρησιμοποιούν χημικά (τα οποία συναντώνται σε μορφή φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων). Το μεγάλο πρόβλημα έγκειται στην υπερχρησιμοποίηση ή την λανθασμένη χρήση των χημικών.

**3.2 Συνθήκες υπόγειου νερού**

Το νερό των υδροφόρων σχηματισμών ως διαλυτό μέσο, εμπλουτίζεται από διάφορες χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία που υπάρχουν στους γεωλογικούς σχηματισμούς και που προέρχονται από το έξω περιβάλλον (Μαντούζα, 2008).

Οι ενδογενείς παράγοντες που επηρεάζουν τα χημικά χαρακτηριστικά του νερού είναι:

- Η λιθολογία και η γεωλογική δομή του υδροφορέα αλλά και της λεκάνης απορροής, τα νερά της οποίας τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφορείς.
- Το μήκος της διαδρομής της υπόγειας ροής. (Η συγκέντρωση των αλάτων αυξάνεται όσο μεγαλύτερη είναι η διαδρομή της υπόγειας ροής).
- Ο τύπος της υδροφορίας.



- Συνθήκες δημιουργίας του υδροφορέα.

Οι εξωγενείς παράγοντες είναι:

- Η χωρο - χρονική καλλιεργητική δραστηριότητα στις ζώνες υδροφορίας αλλά και στις λεκάνες απορροής (έντονες λιπάνσεις και μεγάλη χρήση φυτοφαρμάκων).
- Η χωροχρονική βιομηχανική δραστηριότητα (βιομηχανικά απόβλητα κλπ.).
- Οι κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις.
- Ο βαθμός εκμετάλλευσης του υπόγειου υδάτινου δυναμικού (μεγάλη εκμετάλλευση, συνεπάγεται: α) ελάττωση ποσότητας νερού και β) μεγάλη πυκνότητα ρύπων στο υπόγειο νερό).
- Η δυναμικότητα του υπόγειου νερού (μικρή δυναμικότητα - μεγάλες πιθανότητες πυκνότητας ρύπων).
- Οι θαλάσσιες διεισδύσεις δια μέσου των καρστικών αλλά και των κοκκωδών προσχωματικών σχηματισμών στις ενδότερες ζώνες υδροφορίας.

### 3.3 Επιβάρυνση του υπόγειου νερού

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες, μεμονωμένοι ή σε συνδυασμό μεταξύ τους, συνθέτουν προβλήματα επιβάρυνσης του υπόγειου και φρεατίου υδάτινου δυναμικού και σε μερικές περιπτώσεις σε καταστάσεις μη αναστρέψιμες (θαλάσσιες διεισδύσεις στις παράκτιες ζώνες).

Η αναφορά γίνεται σε τρεις ομάδες χημικών ενώσεων όπως: Νιτρικά και Αμμωνιακά, Χλώριο - Νατριούχα άλατα, Θεικά άλατα, διότι αυτά παρουσιάζουν μεγάλη κινητικότητα και διασπορά στον κύκλο του νερού. Στην μελέτη αυτή θα επικεντρωθούμε στα νιτρικά γεωργικής προέλευσης.

#### 3.3.1 Νιτρικά και αμμωνιακά σε ζώνες υδροφορίας

Επιβάρυνση από Νιτρικά - Αμμωνιακά παρουσιάζουν οι ζώνες υδροφορίας με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τύπος υδροφορέα: ελεύθερης ή ημιελεύθερης επιφάνειας ροής [αφορά τους καρστικούς υδροφορείς και τους σχηματισμούς με αδρομερή υλικά (κροκάλες και χάλικες)].
- Καλλιεργητική δραστηριότητα: έντονη και διαρκής με πολλές αζωτούχες λιπάνσεις τόσο στη ζώνη υδροφορίας όσο και στη λεκάνη απορροής τα νερά της οποίας τροφοδοτούν τους υδροφορείς της.
- Δυναμικότητα υπόγειου νερού: πτωχής υδροφορίας και με αρνητικό ισοζύγιο.

Τέτοιες ζώνες υδροφορίας με τα παραπάνω χαρακτηριστικά συναντώνται σε πολλές περιοχές της Θεσσαλίας και ειδικότερα σε κώνους κορημάτων που αναπτύσσονται στις περιοχές αμέσως μετά την έξοδο των ποταμών χειμάρρων και ρεμάτων στην πεδινή ζώνη καθώς και στα κράσπεδα των ορεινών όγκων που περιβάλλουν την υδρογεωλογική λεκάνη (Σαράφης, 2004).

### 3.3.2 Εποχικότητα ως μεταβλητή

Ο όρος εποχικότητα αναφέρεται στις διαφοροποιήσεις ή διακυμάνσεις μεγεθών ή φαινομένων φυσικών, χημικών, βιολογικών αλλά και οικονομικών ή κοινωνικών σ' ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.

Επειδή τα αζωτούχα λιπάσματα είναι εκείνα που επιβαρύνουν τα υπόγεια νερά είναι αναγκαίο να ελέγχονται οι ποσότητες, ο τρόπος και ο χρόνος εφαρμογής τους. Το λίπασμα πρέπει να προστίθεται στα φυτά όταν το έχει ανάγκη. Και αυτό ισχύει όταν τα φυτά αναπτύσσονται με μεγάλους ρυθμούς δηλαδή την άνοιξη ή το καλοκαίρι. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν εφαρμόζεται αζωτούχα λίπανση το φθινόπωρο ή τους πρώτους χειμερινούς μήνες, το άζωτο που προστίθεται εφόσον δεν αξιοποιείται είναι δυνατόν να εκπλυθεί και να χαθεί προς τα υπόγεια ή επιφανειακά νερά. Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι η βασική λίπανση ανεβάζει αρχικά τα επίπεδα νιτρικών στο έδαφος και στη συνέχεια στα νερά. Προκύπτει λοιπόν ότι ο χρόνος εφαρμογής του αζωτούχου λιπάσματος είναι εξίσου σημαντικός με την ίδια τη λίπανση.

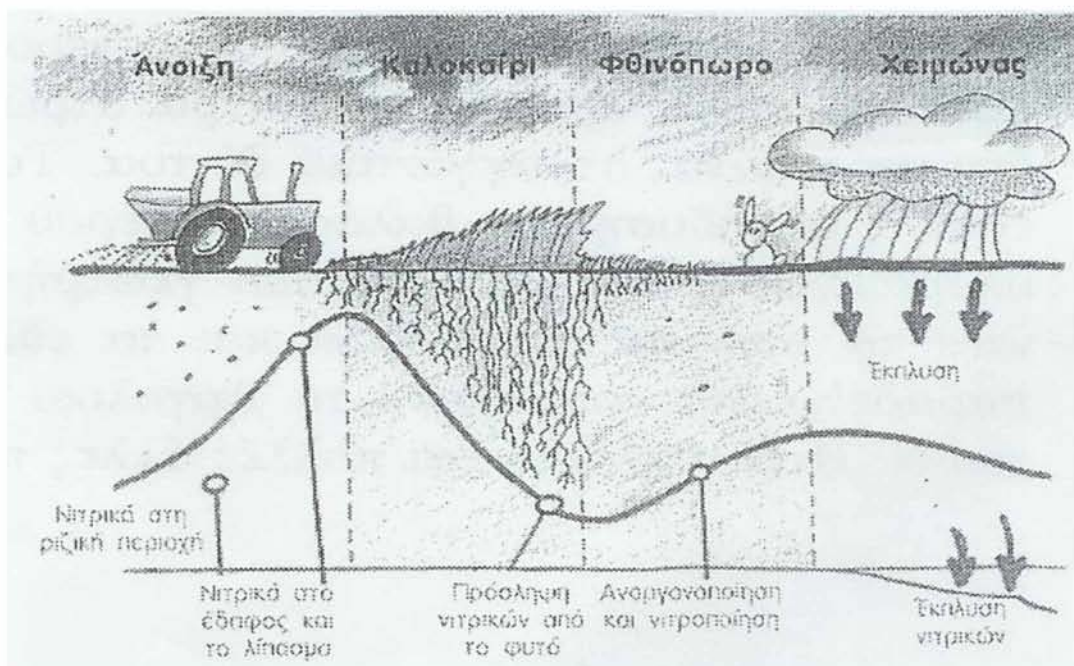
Στο Θεσσαλικό κάμπο και συγκεκριμένα στο πεδίο δειγματοληψίας τα κυρίαρχα είδη είναι η καλλιέργεια βαμβακιού, τεύτλων, καλαμποκιού και σκληρού σιταριού (άνοιξη - καλοκαίρι). Αυτό σημαίνει ότι η φυτοκάλυψη, κατά την περίοδο της φθινοπωρινής και χειμερινής περιόδου που συμβάλλει σημαντικά στην ελαχιστοποίηση

της νιτρορύπανσης λόγω περιορισμού της έκπλυσης, είναι μικρή. Επίσης, τα είδη αυτά απαιτούν αυξημένες ποσότητες σε αζωτούχα λιπάσματα με αποτέλεσμα η νιτρορύπανση να εμφανίζεται ακόμα πιο έντονη.

Το μέγεθος και η συχνότητα των βροχοπτώσεων διαφοροποιούν την ένταση του φαινομένου σ' ένα δεδομένο χρόνο παρατήρησης. Έχει διαπιστωθεί ότι μετά από βροχόπτωση σε περιόδους ανομβρίας, τα επίπεδα της συγκέντρωσης νιτρικών είναι υψηλά. Το νερό της βροχής, παρασύρει τα νιτρικά ιόντα από το έδαφος είτε σε επιφανειακές πηγές είτε στα κατώτερα επίπεδα του υδροφόρου ορίζοντα και έτσι η συγκέντρωσή τους εμφανίζεται αυξημένη.

Το επίπεδο στάθμης των υπόγειων νερών έχει διαπιστωθεί ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο βρίσκεται στα κατώτερα του επίπεδα λόγω κυρίως της άρδευσης των γεωργικών καλλιεργειών με συνέπεια την αύξηση της συγκέντρωσης νιτρικών στην παρατήρηση. Ενώ την άνοιξη και κυρίως στο τέλος της (λίωσιμο χιονιού, βροχοπτώσεις) ο υπόγειος υδροφορέας παρουσιάζει την υψηλότερη στάθμη του (Λιακατά, 2006).

Στο Σχήμα 6 φαίνεται η εποχιακή διακύμανση των νιτρικών στο έδαφος. Η μορφή της διακύμανσης είναι παραπλήσια και για το νερό με μια χρονική μετατόπιση 1,5 - 2 μηνών.



**Σχήμα 6:** Η εποχιακή διακύμανση των νιτρικών στο έδαφος (Πηγή: Λιακατά, 2006)

- Στη διάρκεια της άνοιξης και αφού έχει ολοκληρωθεί η ρίψη λιπασμάτων τόσο στις πρώιμες όσο και στις όψιμες καλλιέργειες, τα νιτρικά των αζωτούχων λιπασμάτων δεν έχουν εκπλυθεί και βρίσκονται κοντά στη ριζική περιοχή, αυτό σημαίνει ότι η συγκέντρωσή τους στον υπόγειο υδροφόρο είναι χαμηλή.
- Την καλοκαιρινή περίοδο, όπου σταδιακά γίνεται πρόσληψη νιτρικών από τα φυτά, η συγκέντρωσή τους στο έδαφος μειώνεται με σταδιακή αύξησή της στα υπόγεια νερά, και με δεδομένη την αρδευτική περίοδο, η συγκέντρωση νιτρικών στο νερό παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη.
- Τους φθινοπωρινούς μήνες η ένταση του φαινομένου μειώνεται ελαφρά .
- Στη διάρκεια του χειμώνα γίνεται έκπλυση των νιτρικών στον υδροφόρο ορίζοντα και συσσώρευση στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα.

## 4 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### 4.1 Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60 για το νερό

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από την υποβάθμιση της ποιότητας των νερών και την πίεση που ασκείται στα υδατικά αποθέματα λόγω της συνεχούς αύξησης της ζήτησης για νερό καλής ποιότητας, σε όλα τα Κράτη Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκδόθηκε η Οδηγία 2000/60/ΕΕ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Η Οδηγία αυτή υιοθετεί μια καινοτόμο και ολοκληρωμένη προσέγγιση στο θέμα της διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων (επιφανειακών και υπόγειων) και των υδροτοπικών οικοσυστημάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στοχεύοντας στην επίτευξη «καλής οικολογικής ποιότητας» εντός 15 ετών για όλα τα ύδατα της, στην αειφορία του πόρου και στην εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού για τις διάφορες παραγωγικές χρήσεις (Κούτσικος, 2009).

Από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή επισημάνθηκε η ανάγκη εκπόνησης ολοκληρωμένων πιλοτικών μελετών από τα κράτη - μέλη για την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς τον τρόπο εφαρμογής των απαιτήσεων που τίθενται από τις διάφορες θεματικές ενότητες της οδηγίας - πλαίσιο για τα νερά και την επίτευξη συνάφειας και σύνδεσης ανάμεσα στα κείμενα κατευθυντήριων γραμμών που έχουν διαμορφωθεί για τις θεματικές αυτές ενότητες. Οι ολοκληρωμένες πιλοτικές μελέτες, οι οποίες πραγματοποιούνται σε διάφορες πιλοτικές Λεκάνες Απορροής Ποταμών που προτάθηκαν από τα Κράτη - Μέλη (συνολικά 15 λεκάνες απορροής), καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος των κλιματικών, μορφολογικών και κοινωνικοοικονομικών συνθηκών που επικρατούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Για τα υπόγεια νερά ο στόχος είναι η καλή κατάσταση, η οποία ορίζεται τις χημικές και ποσοτικές τους ιδιότητες. Ένα υπόγειο υδατικό σύστημα μπορεί να είναι είτε καλής είτε φτωχής κατάστασης. Ένα χημικά καλό υπόγειο υδατικό σύστημα που συμμορφώνεται με όλα τα υπάρχοντα νομοθετικά πρότυπα, δεν πρέπει να παρουσιάζει επιδράσεις υφαλμύρωσης ή άλλων παρεισφρήσεων και γενικά, δεν πρέπει να οδηγεί σε αποτυχία επίτευξης των στόχων για τα επιφανειακά νερά ή σε σημαντική ζημία στα επίγεια οικοσυστήματα.

Οι παράμετροι που ελέγχονται περιλαμβάνουν την περιεκτικότητα σε οξυγόνο, pH, αγωγιμότητα, νιτρικά και αμμώνιο. Σε όρους καλής ποσοτικής κατάστασης, το κριτήριο είναι ότι το επίπεδο των υπόγειων νερών να είναι τέτοιο που το

μακροπρόθεσμο μέσο ποσοστό άντλησης να μην υπερβαίνει τον διαθέσιμο πόρο, γεγονός που θα είχε ως αποτέλεσμα την αποτυχία επίτευξης των στόχων των επιφανειακών υδάτων, ή σημαντική μείωση στη κατάσταση των επιφανειακών υδάτων ή ζημιά στα επίγεια οικοσυστήματα και μόνιμες αλλαγές στην κατεύθυνση της ροής. Ένας σημαντικός στόχος είναι αυτός της μη - υποβάθμισης για όλα τα νερά με την εφαρμογή μέτρων (αν και για τα υπόγεια νερά αυτό έχει περιορισμένη επίπτωση δεδομένου ότι υπάρχουν μόνο δύο κατηγορίες κατάστασης και η υποβάθμιση μέσα σε μια κατάσταση δεν αναγνωρίζεται).

Η καλή και μη - επιδεινούμενη κατάσταση είναι ο ελάχιστος στόχος για όλα τα νερά. Επιπλέον όπου υπάρχουν πιο αυστηρές απαιτήσεις για ιδιαίτερες χρήσεις, πρέπει να καθιερώνονται προστατευόμενες ζώνες και να τίθενται υψηλότεροι στόχοι μέσα σε αυτές. Οι στόχοι αυτοί πρέπει να περιλάβουν τουλάχιστον τις ήδη προστατευόμενες από Κοινοτική Νομοθεσία ζώνες, δηλαδή πόσιμα νερά, νερά κολύμβησης, ευαίσθητες οριζόμενες περιοχές (σε νιτρικό άλας και αστικά υγρά απόβλητα) και περιοχές που υποδεικνύονται για την προστασία των βιότοπων ή ειδών (συμπεριλαμβανομένων των περιοχών Natura 2000). Επιπλέον άλλες ζώνες μπορούν να υποδειχθούν για την προστασία οικονομικά σημαντικών υδρόβιων ειδών και για τις ψυχαγωγικές δραστηριότητες (Δανηλόπουλος, 2009).

Είναι άξιο αναφοράς ότι η Οδηγία 2000/60/EK θεωρεί το νερό ως ταυτόχρονα περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό αγαθό. Έτσι λοιπόν ένα επιπρόσθετο σημαντικό εργαλείο που εισάγει η Οδηγία Πλαίσιο είναι η ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών νερού, ορίζοντας ως συνιστώσες αυτού, όχι μόνο το οικονομικό κόστος, αλλά και το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος των φυσικών πόρων. Διασαφηνίζεται ότι για πρώτη φορά στην ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική, ένα νομικό κείμενο προτείνει οικονομικές αρχές και οικονομικά εργαλεία ως βασικά μέτρα για την επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών στόχων. Με τον τρόπο αυτό η Οδηγία δημιουργεί μια μοναδική ευκαιρία και ταυτόχρονα πρόκληση, για το συνδυασμό της εμπειρικής έρευνας με την ανάπτυξη πολιτικών διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων (Τάτσης, 2004).

Η Οδηγία 2000/60 δημιουργεί ένα νέο και δυναμικό μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων με στόχο τη διατήρηση και βελτίωση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων δημιουργώντας το πλαίσιο για την ολοκληρωμένη διαχείριση τους στο επίπεδο των λεκανών απορροής. Ταυτόχρονα όμως η υλοποίηση της αποτελεί μια πρόκληση που τα Κράτη Μέλη πρέπει να αντιμετωπίσουν σε πολύ αυστηρά

χρονοδιαγράμματα. Η ενσωμάτωσή της στις εθνικές νομοθεσίες προϋποθέτει μια ρεαλιστική αξιολόγηση των υφιστάμενων διοικητικών δομών και το σχεδιασμό νέων σχημάτων με στόχο την αποτελεσματική της εφαρμογή. Αφετέρου, δημιουργεί εκτεταμένες ανάγκες για έρευνα και ανάπτυξη των απαραίτητων αρχών και μεθοδολογιών που θα αποτελέσουν τα εργαλεία για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που θέτει (Ασημακόπουλος, 2002).

Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας των Υπογείων Νερών προσφέρει μια αξιόπιστη εκτίμηση της χημικής κατάστασης των υπόγειων νερών στην Υδατική Περιφέρεια της Θεσσαλίας. Ο συνολικός αριθμός των σημείων δειγματοληψίας είναι 30 και η συχνότητα δειγματοληψίας είναι εποχιακή (4 φορές ανά έτος). Συμπληρωματικές μετρήσεις γίνονται ακόμη (με έμφαση στην παρακολούθηση ποσοτικών παραμέτρων) από το Υπουργείο Γεωργίας (Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας) και το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) (Σαράφης, 2004).

Η εντατική και απερίσκεπτη χρήση λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων έχει οδηγήσει στην υποβάθμιση της ποιότητας των υπογείων και επιφανειακών νερών σε ορισμένες περιοχές της χώρας. Σε διάφορες περιοχές γίνονται μελέτες για τον προσδιορισμό των βασικών αιτιών και την εξεύρεση σχετικών λύσεων. Λείπει όμως η ολοκληρωμένη προσέγγιση. Αν και υπάρχουν καλά νομικά εργαλεία (π.χ. η κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα και όροι για την προστασία των νερών από τη νιτρορύπανση γεωργικής προελεύσεως»), δεν γίνεται ευρεία χρήση τους και δεν εποπτεύεται επαρκώς η εκτέλεσή τους στην πράξη. Επίσης είναι απαραίτητη η εφαρμογή οικονομικών εργαλείων, που θα προωθούν τη μείωση της ρύπανσης του νερού από τη γεωργία, και τα οποία προς το παρόν εφαρμόζονται περιοδικά και άτακτα.

Η πρωτογενής φυτική παραγωγή πρέπει να αναζητήσει διεξόδους μέσα από μεθόδους και πρακτικές με κατεύθυνση την αειφορική ανάπτυξη, για μια βιώσιμη γεωργία και αρμονική συνύπαρξη με την προστατευόμενη περιοχή. Η ολοκληρωμένη γεωργία, η εφαρμογή των κωδίκων ορθής γεωργικής πρακτικής και η βιολογική γεωργία, όπου αυτή μπορεί να αποβεί βιώσιμη, είναι μερικές από τις λύσεις που θα οδηγήσουν σε θετικά βήματα την πρωτογενή φυτική παραγωγή (Γκοτσόπουλος, 2007).

## 4.2 Νομοθεσία περί Νιτρορύπανσης – Κώδικες Ορθής Γεωργικής

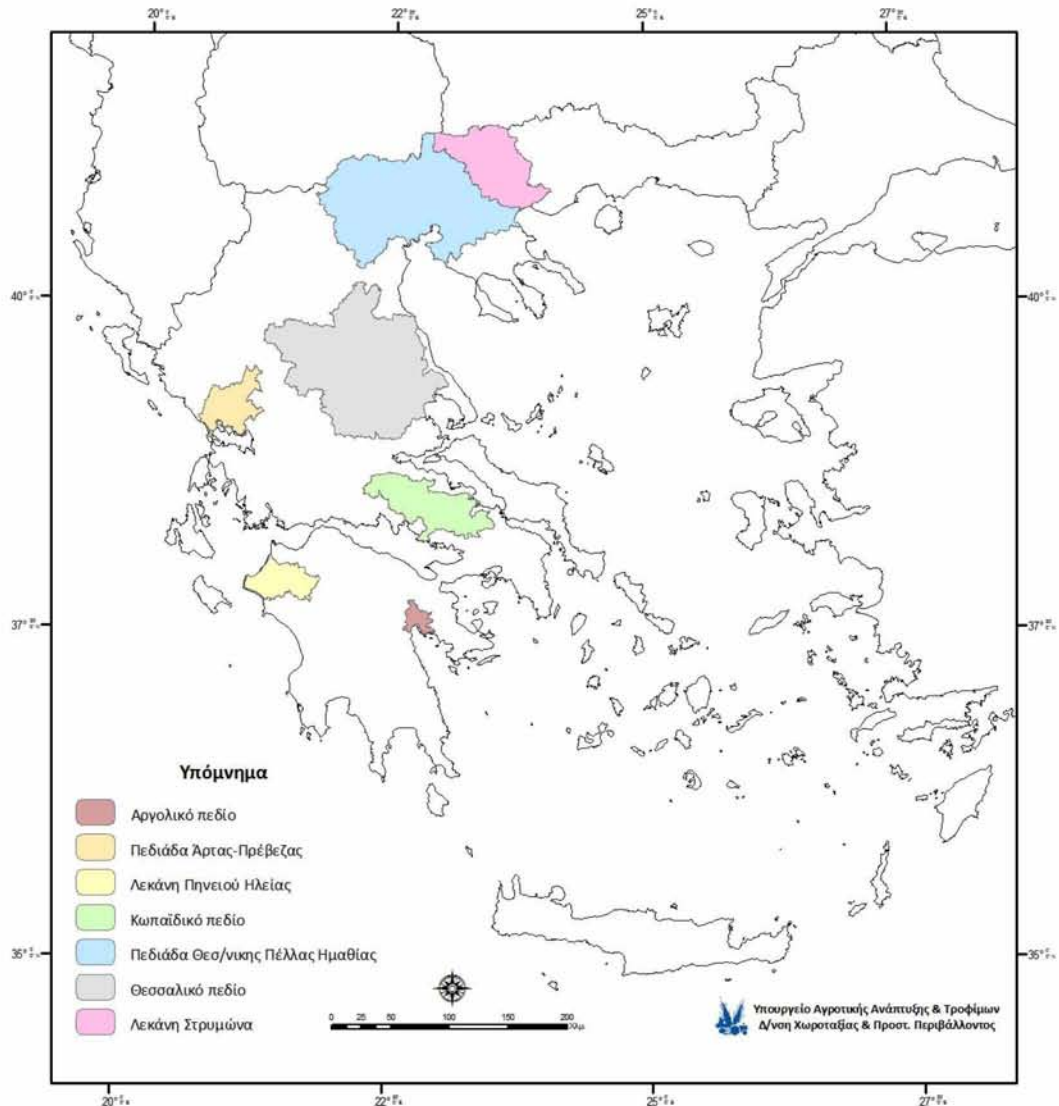
### Πρακτικής

Είναι γνωστό ότι η Κοινοτική Νομοθεσία (Οδηγία 91/676), επιβάλλει στα κράτη - μέλη να προσδιορίσουν τα ύδατα που υφίστανται ρύπανση καθώς και εκείνα που ενδέχεται να την υποστούν και να χαρακτηρίσουν ευπρόσβλητες ζώνες με βάση τα αποτελέσματα της παρακολούθησης που η ίδια απαιτεί. Για τις ζώνες αυτές, τα περισσότερα κράτη - μέλη έχουν καταρτίσει και υποβάλει στα αρμόδια όργανα της ΕΕ, τα Προγράμματα Δράσης που περιλαμβάνουν μέτρα υποχρεωτικής εφαρμογής σχετικά με τις γεωργικές πρακτικές στα οποία συγκαταλέγεται ο καθορισμός μέγιστης ποσότητας κοπριάς ή ανόργανων λιπασμάτων που μπορούν να διασπαρθούν στο έδαφος κατ' έτος.

Η Οδηγία για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης (91/676/ΕΟΚ) αποσκοπεί:

- Στη μείωση της ρύπανσης των υδάτων που προκαλείται άμεσα ή έμμεσα από νιτρικά ιόντα γεωργικής προέλευσης.
- Στην πρόληψη της περαιτέρω ρύπανσης αυτού του είδους.





**Χάρτης 2:** Χαρακτηρισμένες ευπρόσβλητες ζώνες στην ελληνική επικράτεια (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))

Η χώρα μας έχει θεσπίσει (π.χ. Θεσσαλία) τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, του οποίου η εφαρμογή είναι προαιρετική εκτός των ευπρόσβλητων ζωνών αλλά υποχρεωτική στο εσωτερικό τους. Στις ζώνες αυτές τηρούνται ειδικοί ΚΟΓΠ, όπως αυτοί καθορίζονται από τα «Προγράμματα Δράσης» της Οδηγίας (Ευπρόσβλητες ζώνες της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ, ΚΥΑ (ΦΕΚ) 1575/Β/5.8.1999). Οι γενικοί ΚΟΓΠ καθορίζονται με την Υπουργική Απόφαση υπ αριθμ. 85167/820/6.4.2000 (ΦΕΚ) 477/Β/6.4.2000. Οι Ειδικοί Κώδικες καθορίζονται με Κοινή Υπουργική Απόφαση ανά ευαίσθητη περιοχή (Βλ. Χάρτης 2). Οι Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (ΚΟΓΠ) αποτελούν τις ελάχιστες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις που πρέπει να τηρούν οι

παραγωγοί για την ένταξη στα αγροπεριβαλλοντικά προγράμματα του Καν. (ΕΚ) 1257/99 (για τη στήριξη της αγροτικής ανάπτυξης από το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Προσανατολισμού και Εγγυήσεων και για την τροποποίηση και κατάργηση ορισμένων κανονισμών) καθώς επίσης αποτελούν τις ελάχιστες δεσμεύσεις του άρθρου 3 του Καν. (ΕΚ) 1259/99 (σχετικά με τη θέσπιση κοινών κανόνων για τα καθεστώτα άμεσης στήριξης στα πλαίσια της κοινής γεωργικής πολιτικής).

Οι Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (ΚΟΓΠ) σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση που εξέδωσε το υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων στις 9 Οκτωβρίου 2000 (Αριθ. Πρωτ.:100949/2478) και την τροποποίηση αυτής στις 21 Απριλίου του 2003 αποσκοπούν:

1. Στην αειφορική διαχείριση των γεωργικών γαιών και των φυσικών πόρων.
2. Στην προστασία και διαφύλαξη του αγροτικού τοπίου και των χαρακτηριστικών του.
3. Στην προστασία της υγείας των αγροτών και των καταναλωτών.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων οι Κώδικες παρεμβαίνουν στις ακόλουθες γεωργικές δραστηριότητες:

- **Κατεργασία του εδάφους.** Η κατεργασία του εδάφους δεν είναι αυτοσκοπός. Γίνεται για να ετοιμαστεί το χωράφι για την επόμενη καλλιέργεια, να ετοιμαστεί για τη σπορά, να καταστραφούν και να παραχωθούν τα ανεπιθύμητα φυτά, να εξασφαλιστεί η σωστή στράγγιση των νερών και ο αερισμός του εδάφους. Με την κατεργασία του εδάφους διαταράσσεται η δομή του, ενώ με άκαιρες ή ακατάλληλες επεμβάσεις αυτή καταστρέφεται. Το κατεργασμένο γυμνό έδαφος είναι ευάλωτο στη διάβρωση από τον αέρα ή από το νερό.

- **Αμειψισπορά.** Η αμειψισπορά τόσο στις αροτραίες καλλιέργειες όσο και τα κηπευτικά αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την διατήρηση της γονιμότητας των χωραφιών. Η αμειψισπορά ήταν απαραίτητη και αναντικατάστατη διαδικασία πριν την εισαγωγή των γεωργικών μηχανημάτων και των χημικών λιπασμάτων. Η εισαγωγή των νέων τεχνικών καλλιέργειας έδωσε την δυνατότητα το ίδιο χωράφι να καλλιεργείται συνεχώς με την ίδια καλλιέργεια. Η πρακτική αυτή όμως «κουράζει» τα χωράφια τα οποία χάνουν την γονιμότητα τους, πολλαπλασιάζονται τα προβλήματα με τα ζιζάνια και τις ασθένειες και το κόστος της παραγωγής αυξάνει, γιατί υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για λιπάσματα και φυτοφάρμακα, ενώ οι αποδόσεις μειώνονται με το χρόνο. Το κυριότερο όμως είναι ότι τα ίδια τα χωράφια χάνουν την

γονιμότητα τους, ενώ η αυξημένη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Η αμειψισπορά θα πρέπει να εξασφαλίζει, ότι στο ίδιο αγροτεμάχιο δεν θα καλλιεργείται συνεχώς η ίδια καλλιέργεια. Συγκεκριμένα για τις αροτραίες καλλιέργειες και τα κηπευτικά πλην του βαμβακιού, των ζαχαρότευτλων και της βιομηχανικής τομάτας το ίδιο αγροτεμάχιο δεν μπορεί να καλλιεργηθεί για περισσότερο από τέσσερα χρόνια με την ίδια καλλιέργεια. Στην καλλιέργεια του βαμβακιού θα εφαρμόζονται τα διοικητικά μέτρα για το βαμβάκι όπως αυτά ισχύουν. Στην καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων και της βιομηχανικής τομάτας το ίδιο αγροτεμάχιο δεν θα μπορεί να καλλιεργείται για περισσότερο από δύο καλλιεργητικές περιόδους στην πενταετία, που δεν πρέπει να είναι συνεχόμενες αλλά να χωρίζονται μεταξύ τους κατά τρία χρόνια τουλάχιστον.

• **Λίπανση.** Η λίπανση είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των φυτών και την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση των αποδόσεων τους, καθώς και για την διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Για να επιτευχθούν όμως με τη λίπανση οι παραπάνω στόχοι, χρειάζεται η λίπανση να γίνεται με το κατάλληλο για το έδαφος και την καλλιέργεια λίπασμα, να ελέγχονται οι ποσότητες που προστίθενται κάθε φορά στο έδαφος, καθώς και ο τρόπος και ο χρόνος εφαρμογής τους.

Η χρήση των λιπασμάτων, χωρίς την επιλογή του κατάλληλου είδους και την εφαρμογή στην κατάλληλη ποσότητα και στο σωστό χρόνο, αυξάνει το κόστος παραγωγής καθώς γίνεται υπερκατανάλωση λιπασμάτων. Πέρα όμως από τη αύξηση του κόστους δημιουργούνται προβλήματα στο έδαφος και ρυπαίνονται τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά.

Το πρόβλημα προκαλείται κυρίως από τα αζωτούχα λιπάσματα τα οποία είναι εύκολα διαλυτά στο νερό. Τα νιτρικά ιόντα είναι πολύ ευκίνητα στο έδαφος σε αντίθεση με τα φωσφορικά και το κάλιο. Οι ποσότητες από τα νιτρικά που βρίσκονται στο έδαφος και δεν απορροφούνται από τα φυτά, είτε γιατί δεν είναι στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης για να τα απορροφήσουν, είτε γιατί έχουν χορηγηθεί μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που μπορούν να απορροφήσουν, εκπλύνονται με το νερό της βροχής ή της άρδευσης και καταλήγουν στα υπόγεια νερά όπου και συσσωρεύονται.

Είναι λοιπόν φανερό, ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην χρήση ιδιαίτερα των αζωτούχων λιπασμάτων καθώς και στην μεταφορά και αποθήκευσή τους.

Με στόχο την ορθολογική χρήση των λιπασμάτων οι παραγωγοί πρέπει:

1. Να εφαρμόζουν ανά καλλιέργεια και τύπο εδάφους τις «άριστες» ποσότητες και τύπους λιπασμάτων για την κάλυψη των αναγκών θρέψης των φυτών, όπως αυτά προσδιορίζονται στα «πρακτικά λίπανσης» που εκδίδονται από τις οικείες Δ/νσεις Αγροτικής Ανάπτυξης - Γεωργίας, τα Περιφερειακά Εργαστήρια Γεωργικών Εφαρμογών και Ανάλυσης Λιπασμάτων (ΠΕΓΕΑΛ) και το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ).

2. Να εφαρμόζουν τα αζωτούχα λιπάσματα σε δόσεις ανάλογα με το βλαστικό στάδιο των φυτών. Ειδικότερα στις δενδρώδεις καλλιέργειες σε τουλάχιστο δύο δόσεις και στις ετήσιες σε τουλάχιστον τρεις ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και τις επικρατούσες συνθήκες.

3. Στα χειμερινά σιτηρά να εφαρμόζουν κατά το μέγιστο 160 kg N/ha (16 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα) και να το χορηγούν σε τουλάχιστο δύο δόσεις. Η βασική λίπανση δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 50 kg N/ha (5 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα).

4. Να μην κάνουν εφαρμογή λιπασμάτων σε απόσταση μικρότερη των 5 m από όχθες ποταμών και λιμνών και 0,5 m από κανάλια άρδευσης, στράγγισης, πηγάδια, γεωτρήσεις .

5. Να εφαρμόζουν σε όξινα εδάφη (με pH < 6,5) φυσιολογικώς αλκαλικά λιπάσματα και να αποφεύγουν τη χρήση λιπασμάτων που συμβάλλουν σε μεγαλύτερη μείωση του pH (αύξηση της οξύτητας) όπως είναι τα αμμωνιακά λιπάσματα με την εξαίρεση της ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας. Αντιστοίχως στα αλκαλικά εδάφη να προτιμούνται τα θειικά λιπάσματα.

6. Κατά την εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων πρέπει να τηρούν με ιδιαίτερη προσοχή τους κανόνες που αναγράφονται στην συσκευασία (των λιπασμάτων) και να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή χρήσης ή διασποράς των λιπασμάτων σε τοποθεσίες, όπου ο κίνδυνος επιφανειακής απορροής είναι μεγάλος και ιδιαίτερα σε εδάφη που συγκρατούν νερό, ή και εδάφη με κλίση.

7. Να μη γίνεται διασπορά του λιπάσματος όταν πνέει ισχυρός άνεμος και να χρησιμοποιούνται και να συντηρούνται σωστά οι λιπασματοδιανομείς.

8. Κατά τη συσκευασία, μεταφορά και αποθήκευση να λαμβάνονται μέτρα (ειδικά στα υγρής μορφής λιπάσματα) για τη διασφάλιση, από τον κίνδυνο διαρροής.

9. Να μην τοποθετούνται σάκοι λιπασμάτων σε απόσταση μικρότερη από 5 m από υδάτινους όγκους ή ρέματα, γεωτρήσεις, πηγάδια.

10. Ειδικά για τα υγρά λιπάσματα πρέπει να συντηρούνται επιμελώς οι δεξαμενές, σωληνώσεις, και βαλβίδες, για την αποφυγή τυχόν διαρροών.

11. Να μην εγκαταλείπουν στον τόπο εφαρμογής ή σε άλλο πλην αυτού που ορίζεται τα υλικά και μέσα συσκευασίας των λιπασμάτων.

• **Διαχείριση υδάτινων πόρων.** Η γεωργία δεν μπορεί να ασκείται σε εκτάσεις λιμνών που αποκαλύφθηκαν από την υποχώρηση των υδάτων λιμνών και λιμνοθαλασσών.

Οι υδατικοί πόροι θεωρούνται σήμερα απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη κάθε είδους δραστηριότητας και την διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και γενικότερα της ζωής. Τις τελευταίες δεκαετίες η αλματώδης ανάπτυξη των διαφόρων τομέων της οικονομίας, προεξάρχουσας της γεωργίας, είχαν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης νερού γεγονός, το οποίο σε συνδυασμό με την αλόγιστη πολλές φορές χρήση του και την ταυτόχρονη αύξηση των πηγών ρύπανσης δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην ανάπτυξη και το μέλλον, τουλάχιστον ορισμένων περιοχών.

Η αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών και η αποκατάσταση της διαταραγμένης ισορροπίας είναι ευθύνη όλων.

Οι χρήστες γεωργοί θα πρέπει να κατανοήσουν ότι το μέλλον της εκμετάλλευσής τους εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητα του αρδευτικού νερού, που θα μπορούν να έχουν στην διάθεσή τους. Η αλόγιστη χρήση σήμερα όπως υπεραρδεύσεις, κατακλίσεις γειτονικών χωραφιών και δρόμων, η χρήση ακατάλληλων ή ελαττωματικών συστημάτων κ.λπ., όχι μόνο δεν οδηγεί στην αύξηση της παραγωγικότητας της εκμετάλλευσης αλλά αντίθετα υποθάλλει και το μέλλον της με ότι αυτό συνεπάγεται, αφού μειώνει τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους ή τους καθιστά ακατάλληλους (π.χ. υφαλμύρωση υπογείων υδροφορέων) για άρδευση.

Για τους παραπάνω λόγους οι γεωργοί σαν ελάχιστη συμβολή στην αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας και την προστασία του κοινωνικού συνόλου θα πρέπει να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία των υδατικών πόρων.

Μια επιτυχημένη άρδευση πρέπει, αφενός, να δίνει στο έδαφος τόσο νερό όσο χρειάζεται για να αναπτυχθεί σωστά η καλλιέργεια και αφετέρου, η εφαρμογή του νερού να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχουν όσο το δυνατόν μικρότερες απώλειες νερού και θρεπτικών στοιχείων από βαθιά διήθηση και επιφανειακή απορροή. Σε κάθε άρδευση πρέπει να εφαρμόζεται τόσο νερό ώστε να κορεστεί το έδαφος σε τόσο βάθος όσο το βάθος του ριζικού συστήματος.

Για τον έλεγχο των απωλειών του νερού (βαθεία διήθηση, επιφανειακή απορροή) και την επίτευξη ορθολογικής άρδευσης, θα πρέπει οι παραγωγοί να τηρούν τις αρδευτικές πρακτικές ανά καλλιέργεια (σύνολο αναγκών σε νερό βάσει πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, δόση άρδευσης, χρόνο άρδευσης, αριθμός εφαρμογών) για κάθε σύστημα άρδευσης και για κάθε τύπο εδάφους όπως αυτές ορίζονται με απόφαση Νομάρχη από τις σχετικές υπηρεσίες.

- **Φυτοπροστασία.** Η χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων πρέπει, να δικαιολογείται από την ύπαρξη της ασθένειας, το μέγεθος της προσβολής, ή της ύπαρξης ζιζανίων. Πέρα από την ύπαρξη του προβλήματος πρέπει αυτό, να έχει προσδιοριστεί και να έχει εκτιμηθεί, ότι η απώλεια, που θα επιφέρει στην παραγωγή ή στην υγεία των φυτών, θα έχει σημαντικό οικονομικό αποτέλεσμα.

Η καταφυγή στη χρήση φυτοπροστατευτικού προϊόντος πρέπει να γίνεται αφού εξαντληθεί η προσπάθεια αντιμετώπισης του προβλήματος με καλλιεργητικά ή βιολογικά μέσα και μόνο στην περίπτωση, κατά την οποία διαφαίνεται ότι η προσβολή θα έχει οικονομικό αποτέλεσμα.

- **Διαχείριση αυτοφυούς χλωρίδας.**
- **Συγκομιδή.**
- **Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας.**
- **Διαχείριση απορριμμάτων.**

Η πρακτική της αμειψισποράς αφορά μόνο τις ετήσιες καλλιέργειες, αροτραίες και κηπευτικά. Όλες οι άλλες δραστηριότητες αφορούν όλους τους τύπους των καλλιεργειών ([www.minagric.gr](http://www.minagric.gr)).

Οι Κώδικες Ορθής γεωργικής Πρακτικής αφορούν, επίσης, στις παρακάτω κτηνοτροφικές δραστηριότητες:

- Την διαχείριση των βοσκοτόπων
- Την υγιεινή και καλή διαβίωση των ζώων
- Την διαχείριση αποβλήτων της κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης.

Επιπλέον, η Ελλάδα έχει συντάξει “Πρόγραμμα Δράσης κατά της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης” που εκτός από τα δίκτυα παρακολούθησης της ρύπανση και των φορέων που συνεργάζονται για την καταγραφή αυτής, υπάρχει και το επιδοτούμενο μέρος το οποίο αφορά τους αγρότες και το οποίο έχει ενταχθεί στον 3 Άξονα του ΕΠΑΑ (Εγγραφο Προγραμματισμού Αγροτικής Ανάπτυξης, Άξονας 3: Γεωργοπεριβαλλοντικά Μέτρα, Μέτρο 3.5: Μείωση της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης) του Γ΄ ΚΠΣ και προτείνει λιπαντική αγωγή για τις παρακάτω

καλλιέργειες: βαμβάκι, σιτηρά, καλαμπόκι, ζαχαρότευτλα κ.τ.λ.. Η λιπαντική αγωγή διαφοροποιείται με βάση την κοκκομετρική σύσταση, την κλίση, την υδρομορφία, την καλλιέργεια, το σύστημα άρδευσης κ.ά. καθώς και την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων (Karyotis et al, 2002).

Υπεύθυνος φορέας για την υλοποίηση του μέτρου ορίζεται η Δ/ση Χωροταξίας και Προστασίας του Περιβάλλοντος του Υπουργείου Γεωργίας συνεπικουρούμενη από τις Δ/σεις Αγροτικής Ανάπτυξης των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων, αρμόδιες Περιφερειακές Δομές του Υπ. Γεωργίας, Ερευνητικά Ιδρύματα, ΑΕΙ. Οργανισμός πληρωμής ορίζεται ο ΟΠΕΚΕΠΕ ενώ για την παρακολούθηση και αξιολόγηση των μέτρων ορίζεται η αρχή Διαχείρισης του ΕΠΑΑ.

**Πίνακας 1:** Πίνακας με τις ανώτερες επιτρεπόμενες λιπαντικές μονάδες ανά εντατική καλλιέργεια για τις περιοχές παρέμβασης του προγράμματος «Μείωση Νιτρορύπανσης Γεωργικής Προέλευσης»

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΕΚΤΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΝΙΤΡΟΥΡΥΠΑΝΣΗΣ			ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΕΝΤΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΝΙΤΡΟΥΡΥΠΑΝΣΗΣ			ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Για τα εντός προγράμματος	
	Λιπαντικές μονάδες			Λιπαντικές μονάδες			Βασική αζωτούχος	Επιφανειακή αζωτούχος
	N	P	K	N	P	K		
Βαμβάκι	14	10	8/2ετία	11	9,5	7,6/2ετία	0	11
Βαμβάκι*	14	10	8/2ετία	11	9,5	7,6/2ετία	3-5	6-7
Τεύτλα	16	7,5	7,5	13,5	7,1	7,1	5-6	7,5-8,5
Αραβόσιτος	23	8	8	18	7,6	7,6	5-7	11-13
Βιομ. Τομάτα	20	25	20	16	23,7	19	5-7	9-11
Μηδική	0	12	0	0	11,4	0	0	0
Πατάτα	20	15	25	15	14,2	23,7	5-7	8-10
Μποστανικά	16	20	30	12,8	19	28,5	4-5	7,8-8,8
Κρεμμύδι	12	20	30	9	19	28,5	3-4	5--6
Σκόρδο	10	6	16	8	5,7	15,2	2,5-3,5	4,5-5,5
Σίτος μαλακ.	7	6	0	5-6	5,7	0	0	5-6
Σίτος σκληρ.	7	5	0	5-6	4,7	0	0	5-6
Κριθάρι	7	5	0	5-6	4,7	0	0	5-6
Βίκος-Κουκιά Κτηνοτρ. Μπιζέλια-Λαθούρι	0	6	0	0	5,7	0	0	0
Φακή-Ρεβύθια- Φασόλια-Δόλιχοι	0	6	0	0	5,7	0	0	0

\* Σε περίπτωση άρδευσης με καταιονισμό

(Πηγή: Δ/ση Αγροτικής Ανάπτυξης Θεσσαλίας)

Η εφαρμογή στηρίχθηκε στην υποχρέωση των δικαιούχων να μειώσουν στις επιλέξιμες καλλιέργειες τις εφαρμοζόμενες ποσότητες αζώτου (N) σε σχέση με τους ΚΟΓΠ, ενώ παράλληλα για την επίτευξη ειδικών στόχων (προστασία επικλινών εδαφών, μείωση της χρήσης αρδευτικού νερού) έγινε χρήση συνδυασμών κατά περίπτωση και άλλων μεθόδων όπως διαδοχική καλλιέργεια φθινοπωρινών ψυχανθών σε επικλινείς εκτάσεις, εκ περιτροπής αγρανάπανση του 10% ή 20% της επιλέξιμης έκτασης κλπ.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κατανόηση του μηχανισμού μεταφοράς των νιτρικών στο νερό.

Τα μέχρι τώρα αποτελέσματα των ερευνών έχουν δείξει ότι τα εκπλύματα νιτρικών γεωργικής προέλευσης και ο ρυθμός δημιουργίας τους είναι συνάρτηση της χρήσης γης (είδους καλλιέργειας), του ύψους της βροχόπτωσης που περισσεύει μετά την εξατμισοδιαπνοή και την κατακράτηση και από το χρόνο αντίδρασης δημιουργίας νέας ισορροπίας στη συγκέντρωση νιτρικών στο αντλούμενο από τους υδροφόρους νερό, που ακολουθεί την μεταβολή της χρήσης γης (Σαράφης, 2004).

#### **4.3 Πορεία του προγράμματος της νιτρορύπανσης στη Θεσσαλία**

Η Περιφέρεια Θεσσαλίας καταλαμβάνει επιφάνεια περίπου 14000 km<sup>2</sup>, δηλαδή το 10,6% της ελληνικής επικράτειας. Από αυτήν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις αντιπροσωπεύουν το 36,1% (Karyotis et al, 2002). Οι αρδεύσιμες εκτάσεις στη Θεσσαλία αυξήθηκαν σημαντικά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες, παράλληλα με την εκμηχάνιση, την εισαγωγή νέων παραγωγικών ποικιλιών και την αύξηση της χρήσης λιπασμάτων. Στη Θεσσαλία καλλιεργούνται περίπου 5 εκατομμύρια στρέμματα εκ των οποίων αρδεύονται τα 2,5 εκατομμύρια στρέμματα, και αποτελούν το 18,7% του συνόλου των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας.

Τα 749000 στρέμματα (το 30%) αρδεύονται από επιφανειακά νερά και τα 1776000 στρέμματα (το 70%) αρδεύονται από τα υπόγεια νερά της Θεσσαλίας (Λέγος, 2009).

Ο έλεγχος της νιτρορύπανσης σε αγροτεμάχια της Θεσσαλίας, σύμφωνα με τον ΚΑΝ2078/92, άρχισε το 1996. Ωστόσο η ένταση της γεωργικής εκμετάλλευσης, σε συνδυασμό με την έλλειψη ορθολογικού συστήματος διαχείρισης των υδατικών πόρων,



οδήγησε στην υπεράντληση των υπόγειων υδάτων, με επακόλουθο την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα.

Ταυτόχρονα, τα αζωτούχα λιπάσματα προκάλεσαν υποβάθμιση των υπογείων υδάτων πχ. Αλμυρός κτλ και ευτροφισμό στο δέλτα του ποταμού Πηνειού. Θεσπίστηκε σχέδιο δράσης το οποίο προβλέπει την μείωση της διασποράς των αζωτούχων λιπασμάτων.

Οι λόγοι που εξηγούν την ανοδική πορεία της κατανάλωσης λιπασμάτων στην Ελλάδα μπορούν να αποδοθούν:

- Στη γενικότερη εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής, μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο.
- Στις ευνοϊκές για τους αγρότες τιμές των αγροτικών προϊόντων μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1980.
- Στην ισχυρή κρατική επιδότηση των χημικών λιπασμάτων (Παπακώστα, 2004).

Η μείωση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με σειρά μέτρων μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται τα εξής:

- Βελτίωση της αποδοτικότητας στη χρήση του αζώτου.
- Εισαγωγή νέων αρδευτικών τεχνικών.
- Καλλιέργεια καταλλήλων ποικιλιών.

Τα αποτελέσματα του πρότυπου εγχειρήματος σχετικά με τη νιτρορύπανση στη Θεσσαλία, το οποίο εντάσσεται στο πλαίσιο του Εθνικού Σχεδίου δράσης, υποδηλώνουν ότι οι αγρότες άρχισαν να αλλάζουν στάση όσον αφορά την λίπανση των καλλιεργειών, προσανατολιζόμενοι σε μια ορθολογικότερη και επιστημονικότερη προσέγγιση. Μέχρι στιγμής, διαπίστωσαν ότι η μείωση των ποσοτήτων αζώτου δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκην αντίστοιχη απώλεια παραγωγής, ιδίως για το βαμβάκι. Η πρόσληψη αζώτου είναι χαμηλή κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης και οι απώλειες αζώτου μπορούν να περιοριστούν σημαντικά με τη μείωση της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων στο προ της σποράς στάδιο. Οι αγρότες που γνωρίζουν τα παραπάνω αρχίζουν να πείθονται, ότι η αποδοτικότητα της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων αυξάνεται και μπορεί να επιτευχθεί με την κατάτμηση της συνιστώμενης ποσότητας.

Η σύνταξη του Προγράμματος Δράσης της Οδηγίας 91/676 ΕΟΚ για τη Θεσσαλία, η προβλεπόμενη από τη διυπουργική απόφαση (έναρξη εφαρμογής από το

φθινόπωρο του 2000 για τις χειμερινές και από την άνοιξη του 2001 για τις εαρινές καλλιέργειες), δημιούργησε την ανάγκη προσαρμογής του Προγράμματος της Θεσσαλίας σε νέα δεδομένα.

Την περίοδο αυτή η εφαρμογή στηρίχθηκε στην υποχρέωση των δικαιούχων:

1. Να μειώσουν σημαντικά μέχρι (20%) τις εφαρμοζόμενες ποσότητες αζώτου ανά καλλιέργεια και εδαφική κλάση σε σχέση με τους ΚΟΓΠ.
2. Να μειώσουν την κατανάλωση αρδευτικού νερού (35%) στις περιοχές εξαντλήσεως των υπόγειων υδροφορέων (εφαρμογή στάγδην άρδευσης, ξηρικές καλλιέργειες).
3. Να λάβουν μέτρα για τον έλεγχο της διάβρωσης στις επικλινείς εκτάσεις (στάγδην άρδευση).
4. Να εφαρμόσουν σταθερό ακαλλιέργητο περιθώριο ίσο με το 3% της έκτασης που εντάσσουν στο πρόγραμμα.

Για την εφαρμογή του νέου μέτρου (2000 - 2006) στα πλαίσια του προγράμματος δράσης της οδηγίας η περιοχή παρέμβασης (Θεσσαλία) ομαδοποιήθηκε σε τρεις ζώνες και οκτώ εδαφικές κλάσεις ως ακολούθως:

- Τη ζώνη I, υψηλής επικινδυνότητας στη νιτρορύπανση.
- Τη ζώνη II, μέσης επικινδυνότητας στη νιτρορύπανση.
- Τη ζώνη III, χαμηλής επικινδυνότητας στη νιτρορύπανση.

Η ζώνη I είναι πολύ περιορισμένη σε έκταση, σε αντίθεση με τις δύο άλλες ζώνες. Η ζώνη εφαρμογής του αγροπεριβαλλοντικού προγράμματος περιλαμβάνει εκτάσεις μόνο των Ζωνών I και II και κυρίως της Ζώνης II.

Πίνακας 2: Εδαφικές κλάσεις

<i>Εδαφική Κλάση</i>	<b>Κλίση</b>	<b>Κοκκομετρία</b>	<b>Υδρομορφία</b>
I	Πεδινά<6%	Ελαφρά	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
II	Πεδινά<6%	Μέσης σύστασης	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
III	Πεδινά<6%	Βαριά	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
IV	Πεδινά<6%	Βαριά	Κακώς αποστραγγιζόμενα
V	Πεδινά<6%	Ελαφρά - Μέσης σύστασης	Κακώς αποστραγγιζόμενα
VI	Λοφώδη >6%	Ελαφρά	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
VII	Λοφώδη >6%	Μέσης σύστασης	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
VIII	Λοφώδη >6%	Βαριά	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα

(Πηγή: <http://www.minagric.gr>)

Η εφαρμογή του προγράμματος περιορίστηκε στις εδαφικές κλάσεις I, II, III, VI, VII και VIII.

Το πρόγραμμα δράσης της Οδηγίας θα εφαρμοσθεί σε συνολική έκταση 600000 στρέμματα, καλύπτοντας τις σημαντικότερες καλλιέργειες του κάμπου. Το πρόγραμμα επιβάλλει μείωση του εφαρμοζόμενου N κατά 30%, χωρίς αυτό να συνοδεύεται από μείωση της παραγωγής και των εισοδημάτων, προκειμένου να είναι κοινωνικά αποδεκτό. Η ουδέτερη επίπτωση στην παραγωγή επιτυγχάνεται με την ανακύκλωση και χρησιμοποίηση του αρδευτικού νερού, του φορτισμένου με νιτρικά, ως υγρού λιπάσματος και με την βελτίωση των μεθόδων εφαρμογής των λιπασμάτων που στοχεύουν στον περιορισμό των απωλειών αζώτου και κατά συνέπεια στην αύξηση του συντελεστή χρησιμοποίησης των λιπασμάτων.

Το πρόγραμμα δράσης δεν μηδενίζει την έκπλυση αζώτου, πλην όμως ο βαθμός ανάκτησης αζώτου από τα ρυπασμένα υπόγεια νερά είναι σημαντικά μεγαλύτερος από τον βαθμό έκπλυσης του αζώτου.

Η κατάσταση αυτή επιβάλλει τη συνέχιση του προγράμματος μείωσης της νιτρορύπανσης με πολύ πιο στοχευόμενη μορφή όσον αφορά τη διαχείριση του αζώτου καθώς και τη διεύρυνση του Προγράμματος με άλλες δράσεις που συνδέονται με τη διατήρηση του φυσικού χώρου και την μείωση της κατανάλωσης αρδευτικού νερού.

Σύμφωνα με έκθεση της Κομισιόν, χάρη στην εφαρμογή της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ, τα επίπεδα της νιτρορύπανσης των υδάτων στην Ευρώπη παρουσιάζονται μειωμένα. Ενώ η κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων κατά την περίοδο 2004 - 2007 παρουσιάζει ελαφρά αύξηση λόγω της αυξημένη κατανάλωσης στα νέα κράτη μέλη, η νιτρορύπανση από την κτηνοτροφία έχει μειωθεί ελαφρά.

Όσον αφορά την τάση της νιτρορύπανσης των υπογείων υδάτων, για την Ελλάδα δεν μπορούμε να έχουμε σαφή εικόνα, καθώς τα στοιχεία που υποβλήθηκαν είναι ελλιπή. Πάντως η Ελλάδα είναι μία από τις 9 χώρες όπου αυξήθηκαν τα σημεία μέτρησης όπου παρατηρούνται τιμές άνω των 50 mg/L.

Όπως αναφέρει η έκθεση οι περισσότεροι αγρότες που υποβλήθηκαν σε έλεγχο είχαν συμμορφωθεί ικανοποιητικά με την Οδηγία. Οι κυριότερες δυσκολίες που εντοπίστηκαν είναι ότι πολλοί αγρότες δεν καταγράφουν ακριβώς τις εφαρμογές λιπασμάτων και την παραγωγή κοπριάς, ενώ ιδίως οι μικροκαλλιεργητές δεν είναι επαρκώς ενημερωμένοι για το θέμα. Όπως σημειώνεται, παρά τις προόδους που έχουν σημειωθεί, θα χρειαστούν χρόνια να καθαρίσουν τα νερά της Ευρώπης (Κουρμαδάς, 2010)

## **Β' ΜΕΡΟΣ**

## 5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η εκμηχάνιση της γεωργίας και η συνεπαγόμενη στροφή των καλλιεργειών σε περισσότερο αποδοτικές, αλλά περισσότερο υδροβόρες, οι οικονομικές ενισχύσεις υπό μορφή επιδοτήσεων στις καλλιέργειες (βαμβάκι, καλαμπόκι, τεύτλα κλπ) και οι επιχορηγήσεις που εδόθησαν σε προγράμματα βελτιώσεις των καλλιεργειών (ανόρυξη γεωτρήσεων, αρδευτικά δίκτυα, κ.λπ.) είχαν σαν αποτέλεσμα την υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδάτινου δυναμικού (Πολύζος κ.ά., 2006). Σε συνδυασμό με τις κλιματικές συνθήκες, διατάραξαν σε πολλές ζώνες υδροφορίας την αιεφορία της εκμετάλλευσης του υπόγειου νερού με αποτέλεσμα ορισμένα υδρογεωλογικά συστήματα να λειτουργούν οριακά και τα περισσότερα με αρνητικό ισοζύγιο. Το πρόβλημα της υπερεκμετάλλευσης είναι έντονο στην περιοχή της Θεσσαλίας.

### Δήμος Κραννώνας

Ο Δήμος Κραννώνας με έδρα τους Αγίους Αναργύρους βρίσκεται νοτιοδυτικά του Νομού Λάρισας. Συνορεύει βορειοδυτικά με τον Δήμο Κοιλάδας, βόρεια με τον Δήμο Λάρισας, ανατολικά με τον Δήμο Νίκαιας και νότια με τον Δήμο Ενιπέα (<http://www.krannonas.gov.gr>). Χαρακτηρίζεται πεδινός στο σύνολο του και το υψόμετρο του ξεκινά από τα 105 m (Μαυροβούνι) και φτάνει ως τα 250 m (Ψυχικό). Οι καλλιέργειες αποτελούνται κυρίως από σιτάρι, βίκο, κριθάρι, βαμβάκι, αραβόσιτο, τεύτλα και βιομηχανική τομάτα. Πρόκειται για περιοχές με καλλιέργειες που κατά βάση χορηγούνται μεγάλες ποσότητες αζωτούχου λιπάσματος κατά τη βασική λίπανση. Οι κάτοικοι του Δήμου Κραννώνας καταναλώνουν μόνο εμφιαλωμένο νερό, όπως προέκυψε από προσωπική επαφή κατά τη δειγματοληψία.

### Δήμος Νίκαιας

Εκτείνεται νότια της πόλης της Λάρισας. Συνορεύει βόρεια με το Δήμο Πλατυκάμπου, δυτικά με το Δήμο Κραννώνα, ανατολικά με το Δήμο Κιλελέρ και νότια με το Δήμο Πολυδάμαντα και το Δήμο Ενιπέα. Οι καλλιέργειες αποτελούνται κυρίως από σιτάρι, κριθάρι, βαμβάκι, αραβόσιτο, ψυχανθή και βιομηχανική τομάτα. Ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός του Δήμου Νίκαιας σύμφωνα με παλαιότερες έρευνες είναι 2114 άντρες και 522 γυναίκες. Ο πληθυσμός του Δήμου Νίκαιας ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα ενώ ένα σημαντικό κομμάτι με τον τριτογενή. Οι περισσότεροι

από τους κατοίκους της Νίκαιας, είναι κυρίως γεωργοί, εργάτες, κτηνοτρόφοι, υπάλληλοι, επαγγελματίες (<http://www.nikea-larisas.gov.gr>).

Το βαμβάκι είναι η πιο εντατική καλλιέργεια ενώ τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται και άλλες καλλιέργειες. Η κτηνοτροφία του δήμου έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και έχει αυξηθεί και ο αριθμός των κτηνοτροφικών μονάδων.

Η έκταση του Δήμου είναι 279,5 km<sup>2</sup> εκ των οποίων τα 226,3 km<sup>2</sup> είναι καλλιεργούμενες εκτάσεις. Οι δημοτικές εκτάσεις χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία τους ως βοσκότοποι.

**Πίνακας 3:** Πληθυσμός των Δημοτικών Διαμερισμάτων

A/A	Δήμος	Δ/Δ	Πληθυσμός
1	Κραννώνας	Μαυροβούνι	358
2	Κραννώνας	Μικρό Βουνό	319
3	Κραννώνας	Ψυχικό	147
4	Κραννώνας	Άγ. Ανάργυροι	650
5	Κραννώνας	Κυπάρισσος	405
6	Κραννώνας	Δοξαράς	367
7	Κραννώνας	Βούναινα	411
8	Κραννώνας	Άγιος Γεώργιος	290
9	Νίκαιας	Δίλοφο	222
10	Νίκαιας	Σοφό	277
11	Νίκαιας	Νέα Λεύκη	151
12	Νίκαιας	Νίκαια	3149

(Πηγή: ΕΣΥΕ, 2001)

## 6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 6.1 Θέσεις δειγματοληψίας

Στη παρούσα έρευνα, διερεύνηση η καταλληλότητα του νερού σε περιοχές του Νομού Λάρισας και πιο συγκεκριμένα στο Δήμο Κραννώνος και στο Δήμο Νίκαιας μέσω του προσδιορισμού της περιεκτικότητας του νερού σε νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ). Ο αριθμός θέσεων δειγματοληψίας είναι 12 και τα δείγματα που ελήφθησαν συνολικά είναι 46. Συγκεκριμένα οι περιοχές που αποτέλεσαν σημεία δειγματοληψίας ήταν τα 8 Δημοτικά Διαμερίσματα του Δήμου Κραννώνος: Μαυροβούνι, Βούναινα, Μικρό Βουνό, Δοξαράς, Ψυχικό, Άγιος Γεώργιος, Κυπάρισσος, Άγιοι Ανάργυροι και τα 4 του Δήμου Νίκαιας: Δίλοφο, Σοφό, Νέα Λεύκη, Νίκαια.

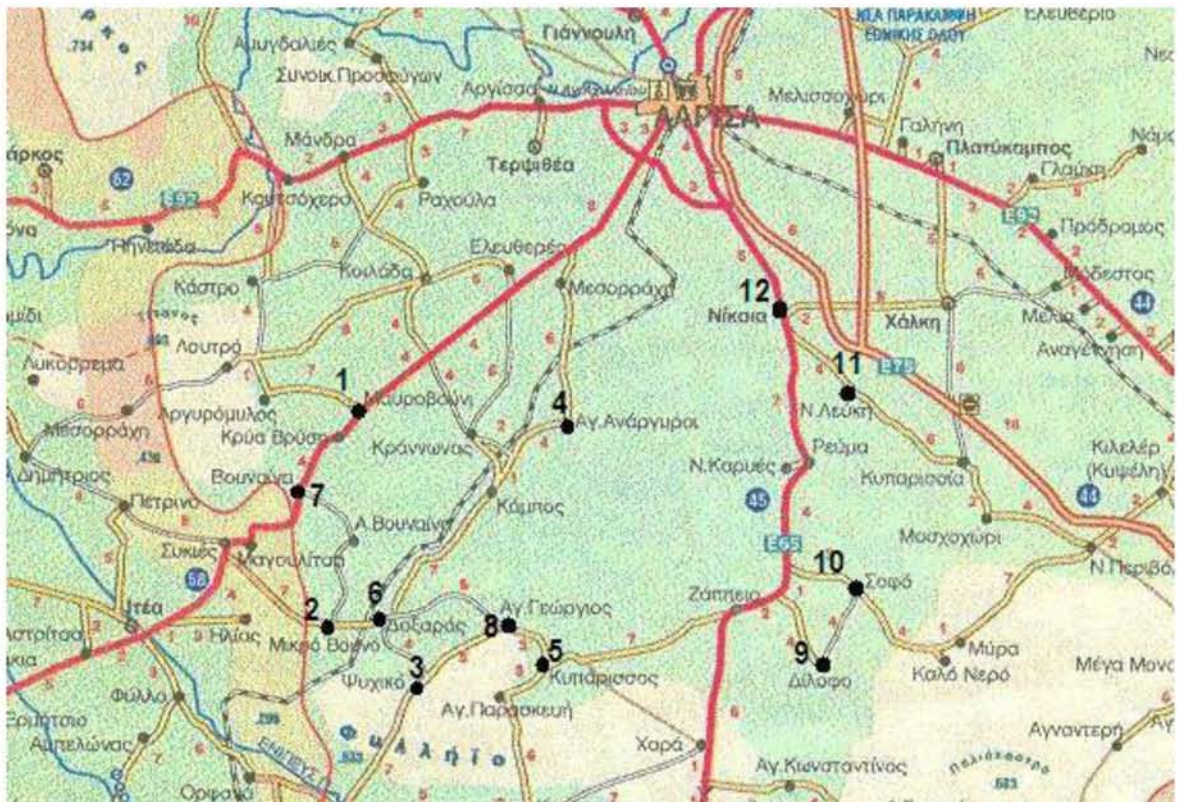
Τα κριτήρια επιλογής των περιοχών καθώς και των θέσεων δειγματοληψίας συνοψίζονται στα εξής:

- Όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη και στατιστικά επαρκής (πυκνό δίκτυο παρακολούθησης) μιας περιοχής με κύριο χαρακτηριστικό την εντατική αγροτική καλλιέργεια σχεδόν αποκλειστικά (υπερλίπανση, υπεράντληση) και όπου παρατηρούνται εποχιακές διαφοροποιήσεις σε παραμέτρους του νερού όπως η συγκέντρωση νιτρικών.
- Προηγούμενες μελέτες οι οποίες ανέδειξαν την υψηλή συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στο νερό σε σημαντικό πρόβλημα για τους κατοίκους της περιοχής.
- Η προσβασιμότητα στη δειγματοληψία.
- Το ενδιαφέρον των τοπικών φορέων των συγκεκριμένων δήμων (Δήμαρχοι, προϊστάμενοι ΔΕΥΑΛ).
- Ειδικότερα επιλέχθηκαν οι δύο συγκεκριμένοι δήμοι επειδή είναι όμοροι.
- Γεωλογικά και υδρολογικά δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις.
- Οι καλλιέργειες είναι ίδιες σε είδος και ένταση.



**Πίνακας 4:** Οι θέσεις δειγματοληψίας της παρούσας έρευνας

A/A	Δήμος	Δημοτικό Διαμέρισμα
1	Κραννώνας	Μαυροβούνι
2	Κραννώνας	Μικρό Βουνό
3	Κραννώνας	Ψυχικό
4	Κραννώνας	Άγ. Ανάργυροι
5	Κραννώνας	Κυπάρισσος
6	Κραννώνας	Δοξάρας
7	Κραννώνας	Βούναινα
8	Κραννώνας	Άγιος Γεώργιος
9	Νίκαιας	Δίλοφο
10	Νίκαιας	Σοφό
11	Νίκαιας	Νέα Λεύκη
12	Νίκαιας	Νίκαια

**Χάρτης 3:** Σταθμοί δειγματοληψίας

Ο τρόπος της δειγματοληψίας έγινε ως εξής:

- Ελήφθησαν δείγματα νερού από τις γεωτρήσεις, σε πλαστική φιάλη του 0,5L.
- Δόθηκε κωδική ονομασία σε κάθε δείγμα με τον αριθμό της γεώτρησης, ώστε να μπορούμε εύκολα να κατεργαστούμε τα αποτελέσματα ώστε να καταρτιστεί πίνακας, να αναλυθούν και να συγκριθούν τα αποτελέσματα για την εξαγωγή συμπερασμάτων.
- Τα δείγματα αναλύθηκαν στο εργαστήριο των Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



**Σχήμα 7:** Δειγματοληψία από τη γεώτρηση της Νίκαιας

Όπως προκύπτει και από τα προηγούμενα αποτελέσματα των Χημικών αναλύσεων της ΔΕΥΑΛ τα τελευταία 5 χρόνια (Βλ. Πιν.5 και Πιν.6) το Μαυροβούνι και το Ψυχικό του Δήμου Κραννώνος είναι οι δύο περιοχές που ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπτό όριο των 50 mg/L στο συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα με σχετικά μικρές διακυμάνσεις. Υψηλή τιμή παρουσιάζει το Ψυχικό στη δειγματοληψία του Αυγούστου 2006 (70,96 mg/L) που είναι και η υψηλότερη της συγκεκριμένης περιόδου αλλά και διαχρονικά η υψηλότερη για την ευρύτερη περιοχή.

**Πίνακας 5:** Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων από ΔΕΥΑΔ για το Δήμο Κραννώνος ως προς συγκέντρωση σε  $\text{NO}_3^-$  (mg/L)

A/A	Δ/Δ	20/3/2006	30/8/2006	29/11/2006	7/2/2007	28/8/2007	27/11/2007	5/2/2008	27/8/2008 (Γεώτρηση)	27/8/2008 (Δίκτυο)	13/1/2009	2/12/2009 (Δίκτυο)	2/12/2009 (Γεώτρηση)	27/8/2010
1	Μαυροβούνι	55,9	69,32	45,6	50	53,3	37,3	52,8	*	46	47,4	55,58	*	57,85
2	Μικρό Βουνό	29,9	44,88	33,6	36,6	35,5	30,1	39,2	26,8	27,9	31,5	30,91	30,73	29,26
3	Ψυχικό	47,7	70,69	47	49	42,3	46,5	53,9	48,5	48,9	49,9	49,98	49,74	50,52
4	Άγ. Ανάργυροι	23,5	19,65	*	*	12,2	*	*	*	*	*	*	*	13,63
5	Κυπάρισσος	35,8	46,63	37,6	38,8	27,3	32,9	40,2	29,8	30,2	36,8	36,14	*	36,74
6	Δοξαράς	41,9	44,84	42,3	45,3	22	*	*	*	23,2	*	38,77	*	27,26
7	Βούναινα	*	3,52	*	*	4,4	*	*	*	4,6	*	0,15	*	1,77
8	Άγιος Γεώργιος	*	0,52	*	*	6,2	*	*	3,6	4,1	*	0,11	0,5	1

**Πίνακας 6:** Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων από ΔΕΥΑΔ για το Δήμο Νίκαιας ως προς συγκέντρωση σε  $\text{NO}_3^-$  (mg/L)

A/A	Δ/Δ	16/9/2008	16/9/2008	8/10/2009	14/9/2010
9	Δίλοφο	1,21	1,13	3	6,1
10	Σοφό	*	*	32,6	33,4
11	Νέα Λεύκη	2,62	34,34	3,9	7,2
12	Νίκαια	*	28,7	26,7	*

(\* Δεν υπάρχουν δεδομένα για τις συγκεκριμένες περιόδους δειγματοληψίας)

## 6.2 Πειραματική διαδικασία

Προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων ανά δείγμα με τη φωτομετρική μέθοδο και τη χρησιμοποίηση κιβετών. Αρχικά φτιάχνονται πρότυπα διαλύματα συγκεντρώσεων 3, 15, 30, 45, 60 mg/L από  $\text{NaNO}_3$  προκειμένου να βαθμονομηθεί το όργανο και να γίνει η πρότυπη καμπύλη. Αφού βαθμονομηθεί το όργανο τα βήματα που ακολουθούμε στη φωτομετρική μέθοδο είναι τα εξής:

1. Ρυθμίζουμε το όργανο σε μήκος κύματος  $\lambda=340\text{nm}$ .
2. Γίνεται μηδενική βαθμονόμηση με το τυφλό δείγμα (blank) οπότε η ένδειξη του οργάνου πρέπει να δείχνει μηδέν.
3. Βγάζουμε το τυφλό δείγμα (blank) από την υποδοχή.
4. Ανοίγουμε μία κιβέτα και προσθέτουμε 0,5 mL από το προς μέτρηση δείγμα νερού.
5. Σφίγγουμε καλά το καπάκι και ανακινούμε το μπουκαλάκι σιγά αρκετές φορές για να ανακατευτεί το περιεχόμενο.
6. Προσθέτουμε 0,2 mL από το μπουκαλάκι που γράφει Nitrat - 111.
7. Σφίγγουμε το καπάκι καλά. Ανακινούμε το μπουκαλάκι σιγά αρκετές φορές για να ανακατευτεί το περιεχόμενο.
8. Αφήνουμε το δείγμα για 15 λεπτά.
9. Μόλις περάσει ο απαιτούμενος χρόνος τοποθετούμε το μπουκαλάκι στην υποδοχή και κλείνουμε το φωτόμετρο.
10. Η ένδειξη στο όργανο δείχνει το αποτέλεσμα της απορρόφησης του δείγματος. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε δείγμα ξεχωριστά.

Στη συνέχεια για να μετατρέψουμε την τιμή της απορρόφησης που παίρνουμε από το όργανο στην αντίστοιχη τιμή της συγκέντρωσης παίρνουμε την πρότυπη καμπύλη που έγινε με βάση τις τιμές που είχαμε πάρει από τα αρχικά πρότυπα διαλύματα και με βάση αυτή προκύπτουν και οι τιμές των συγκεντρώσεων από τα προς μέτρηση δείγματα (Χαλάτση, 2007).

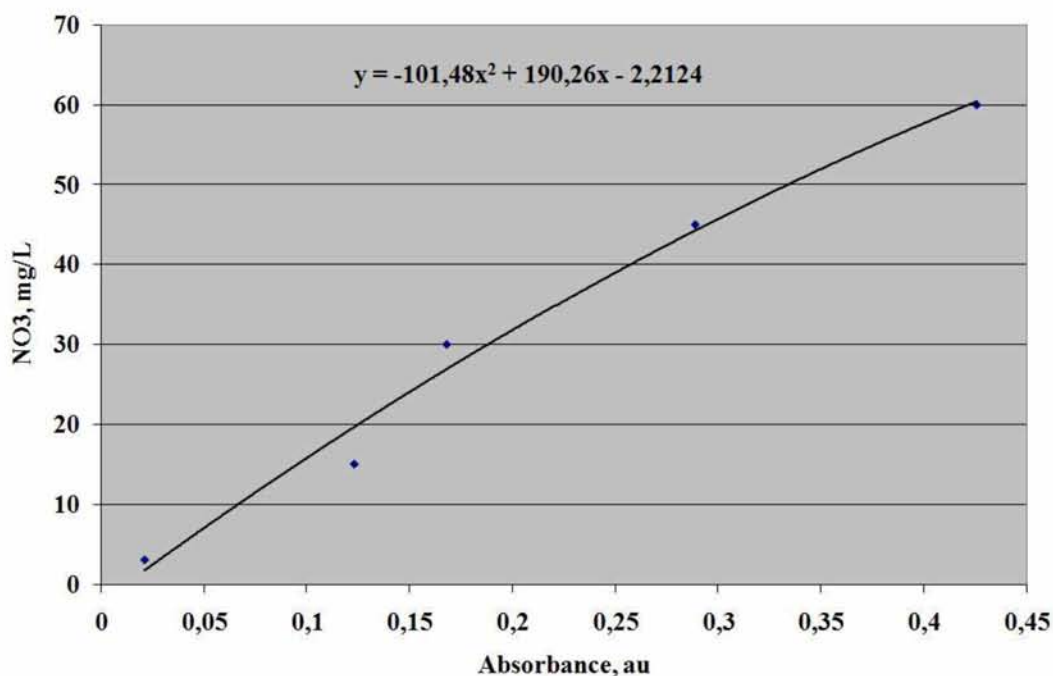
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι συγκεντρώσεις από τα πρότυπα διαλύματα των 3, 15, 30, 45, 60 mg/L και οι αντίστοιχες τιμές απορρόφησης από το όργανο φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



**Πίνακας 7:** Τιμές απορρόφησης για τα πρότυπα διαλύματα

A/A	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (mg/L)	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (au)
1	3	0,021
2	15	0,123
3	30	0,168
4	45	0,289
5	60	0,426

Με βάση, λοιπόν, τις τιμές του παραπάνω πίνακα προκύπτει η παρακάτω πρότυπη καμπύλη.

**Σχήμα 8:** Πρότυπη καμπύλη για την εύρεση των συγκεντρώσεων των προς μέτρηση δειγμάτων

Αφού έγινε η πρότυπη καμπύλη, μετράμε με τη βοήθεια του φωτόμετρου τις απορροφήσεις που δίνει το κάθε δείγμα.

## 7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται στο Πίνακα 8 οι συγκεντρώσεις νιτρικών κυμαίνονται από 0 έως 66,2 mg/L. Τα 14 από τα 46 δείγματα περιείχαν συγκέντρωση σε νιτρικά όπου υπερβαίνουν τα 50 mg/L δηλαδή πάνω από το ενδεικτικό όριο για τη χρήση του νερού ως πόσιμο. Επιπλέον στο 46% των δειγμάτων η συγκέντρωση μεταβάλλεται από 0 έως 25 mg/L, όπου είναι τα επιτρεπόμενα όρια.

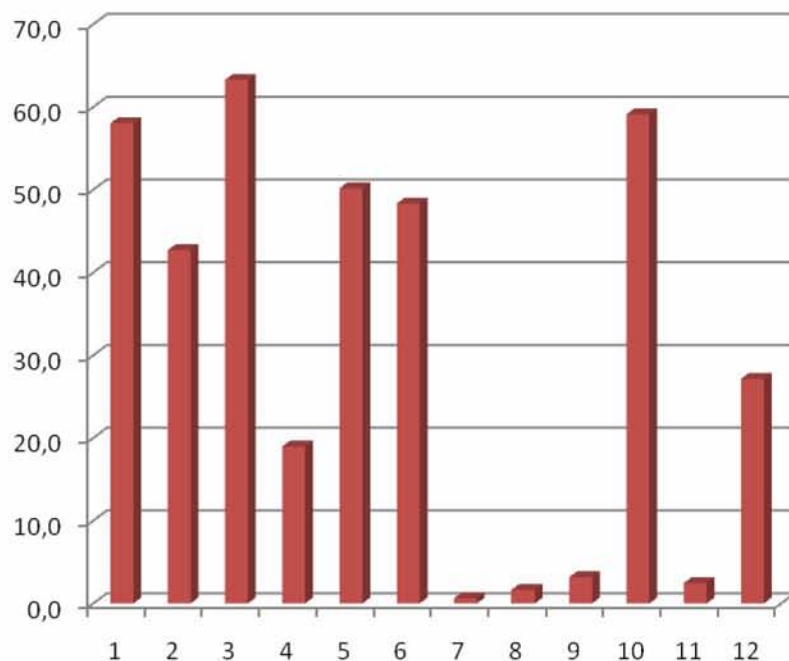
**Πίνακας 8:** Αποτελέσματα συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων της παρούσας έρευνας

Α/Α	Δημοτικό Διαμέρισμα	Δειγματοληψίες (NO <sub>3</sub> σε mg/L νερού)			
		21/7/2010	27/9/2010	6/12/2010	11/1/2011
1	Μαυροβούνι	52	57,7	59,9	62,6
2	Μικρό Βουνό	*	43,4	39,4	45,3
3	Ψυχικό	63,9	66,2	57,5	65,5
4	Άγ. Ανάργυροι	19	20,8	20,3	15,8
5	Κυπάρισσος	53,8	49,8	46,2	50,9
6	Δοξαράς	49,4	48	46,1	49,8
7	Βούναινα	*	1,9	0	0
8	Άγιος Γεώργιος	2,3	2,1	0	2,1
9	Δίλοφο	2,7	8,1	0	1,9
10	Σοφό	66,1	53	54,5	62,9
11	Νέα Λεύκη	0,6	0	5,4	3,8
12	Νίκαια	22,1	22,3	32,4	31,8

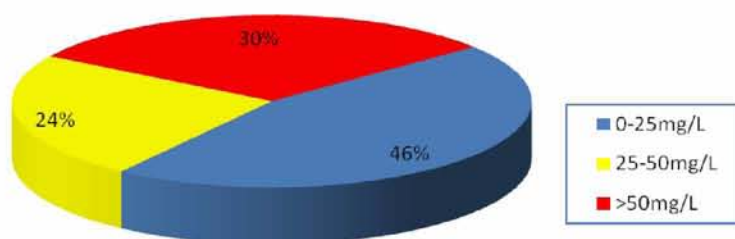
(\* δεν λήφθηκαν δείγματα από τα δύο Δ/Δ)

Στο σύνολο της, η περιοχή λήψης δειγμάτων μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέσης επικινδυνότητας νιτρορύπανσης με σημαντική διασπορά, λόγω των τιμών που πλησιάζουν το ανώτατο επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης για πόσιμο νερό (μέσος όρος περίπου 35 mg/L). Οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στα Δ/Δ του Μαυροβουνίου και του Ψυχικού. Την υψηλότερη τιμή παρουσιάζει το Ψυχικό στη δειγματοληψία του Σεπτεμβρίου (66,2 mg/L).

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω στοιχεία παρατηρούμε ότι ο στόχος για την μείωση των τιμών των νιτρικών, στα υπόγεια ύδατα της ζώνης της συγκεκριμένης περιοχής, ή έστω συγκράτησή τους σε ένα χαμηλό σημείο δεν έχει επιτευχθεί ακόμα και σήμερα και θα πρέπει να ληφθούν δραστικά μέτρα για να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.



**Σχήμα 9:** Μέσος όρος συγκέντρωσης των δειγματοληψιών για κάθε Δ/Δ



**Σχήμα 10:** Ποσοστά εύρους νιτρορύπανσης της μελέτης

Βέβαια η ίδια γεώτρηση μπορεί να εμφανίσει σημαντικές διακυμάνσεις στη συγκέντρωση των νιτρικών, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στα εξής :

- Στην εποχή δειγματοληψίας.
- Στη τοποθεσία της γεώτρησης και γεωμορφολογία του εδάφους (επικλινής – επίπεδη, η δομή του εδάφους).



- Στις βροχοπτώσεις.
- Στο είδος και η έκταση των καλλιεργειών της ευρύτερης περιοχής (διαφορετικές απαιτήσεις λίπανσης).
- Το ύψος της στάθμης του νερού της γεώτρησης (Anastasiadis and Xeferis, 2001).

## 8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο 30% των δειγμάτων, από τα 46 που αναλύθηκαν, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ήταν μεγαλύτερες από 50 mg/L που είναι το ανώτατο όριο του πόσιμου νερού. Παρουσιάζεται αυξημένη τάση στα επίπεδα νιτρορύπανσης του πεδίου δειγματοληψίας παρά τα λαμβανόμενα μέτρα για τον περιορισμό της. Διαχρονικά σε σύγκριση με τα παλιότερα αποτελέσματα η νιτρορύπανση κινείται σε σταθερά επίπεδα με εποχιακές διακυμάνσεις. Η δυναμικότητα του φαινομένου είναι προφανής με πολλές παραμέτρους που εύκολα μεταβάλλονται στο χρόνο. Οι αυξημένες τιμές δικαιολογούνται από το γεγονός ότι στην περιοχή κυριαρχεί η καλλιέργεια βαμβακιού και καλαμποκιού αλλά συγχρόνως παρατηρείται και αλόγιστη χρήση χημικών λιπασμάτων, πράγμα το οποίο κάνει το νερό και τα προϊόντα της παραγωγής επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία όχι μόνο για τους παραγωγούς αλλά και για τους καταναλωτές. Οι περισσότερες επιβαρυνμένες περιοχές είναι τα Δ/Δ του Μαυροβουνίου και του Ψυχικού στο Δήμο Κραννώνα και το Σοφό του Δήμου Νίκαιας.

Οι συγκεκριμένες τοποθεσίες εμφανίζουν υψηλά επίπεδα νιτρικών διότι βρίσκονται, είτε κοντά στους υδροφορείς και στην λεκάνη απορροής, είτε καλλιεργούνται σε αυτές σιτηρά το χειμώνα ή βαμβάκι, καλαμπόκι, τομάτα την άνοιξη και το θέρος με τις εισροές λιπασμάτων να είναι αυξημένες, είτε το έδαφος τους αποτελείται από χονδρόκοκκα σωματίδια (άμμος) και ευνοείται η έκπλυση των νιτρικών σε σχέση με πιο συνεκτικά εδάφη, είτε είναι κοντά σε επικλινές ανάγλυφο. Όπως και ο συνδυασμός όλων των παραπάνω παραγόντων που συμβάλουν τα μέγιστα στην εμφάνιση νιτρικών στα υπόγεια ύδατα καθώς και άλλοι παράγοντες που έχουν να κάνουν με την ένταση των βροχοπτώσεων και την υπεράντληση των υπόγειων υδάτων για γεωργική ή αστική χρήση.

Τα παραπάνω στοιχεία μπορούν να θεωρηθούν ως ενδείξεις. Τα συμπεράσματα θα ήταν περισσότερο ασφαλή αν ο αριθμός των δειγμάτων ήταν αρκετά μεγαλύτερος και η δειγματοληψία κάλυπτε όλες τις περιοχές των γεωτρήσεων της Θεσσαλίας. Επίσης, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τη διακύμανση των κλιματικών παραμέτρων ανά έτος και ειδικά τη βροχόπτωση η οποία επιδρά σημαντικά στην αραιώση των ρύπων, ειδικά στις γεωτρήσεις με μικρότερο βάθος.

Από την έναρξη του Προγράμματος μέχρι σήμερα, αναμφισβήτητα υπήρξαν θετικά αποτελέσματα (ορθολογικότερη εφαρμογή αζωτούχων λιπάνσεων, επιδοτήσεις

παραγωγών, κ.λ.π.) αν και στην πορεία ανέκυψαν διάφορα προβλήματα που αφορούν καθυστερήσεις ή απουσία προστατευτικών μέτρων. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει προστασία των υπόγειων νερών από την υπεράντληση, ούτε έγινε καμία σοβαρή προσπάθεια εγκατάστασης συστηματικού δικτύου παρακολούθησης της ποιότητας των νερών άρδευσης. Επίσης, πρέπει να τονισθεί η ανάγκη παροχής ισχυρών κινήτρων για την προστασία των επικλινών εδαφών. Βέβαια, όλα τα παραπάνω συνδέονται με την εφαρμογή των Κωδίκων Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, οι οποίοι δεν εφαρμόζονται σωστά και επιπλέον δεν επαρκούν οι αντίστοιχοι υποστηρικτικοί μηχανισμοί.

Παρόλα αυτά, κρίνεται σκόπιμο να τονισθούν τα παρακάτω:

- Ήδη οι παραγωγοί χρησιμοποιούν μικρότερες ποσότητες αζωτούχων λιπασμάτων σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία, όχι μόνον στη βαμβακοκαλλιέργεια αλλά και σε άλλες καλλιέργειες.
- Έχει επεκταθεί η άρδευση με σταγόνα.
- Σε αρκετές περιοχές της Θεσσαλίας το βαμβάκι αντικαταστάθηκε από άλλες καλλιέργειες (μηδική, καλαμπόκι, κ.λπ.).
- Αυξήθηκε ο βαθμός αποτελεσματικότητας των αζωτούχων λιπασμάτων με την αλλαγή της λιπαντικής αγωγής (ποσότητα, δόση, είδος λιπάσματος, υδρολιπάνσεις κ.λπ.).

Οι λόγοι αυτοί επιδρούν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό στη συγκέντρωση νιτρικών στο έδαφος και στη συνέχεια στη μετακίνησή τους στους υπόγειους υδροφορείς.

Η εγκατάσταση μονίμου και πυκνού δικτύου παρατήρησης των ρύπων στη Θεσσαλία, θεωρείται ότι θα βοηθήσει σημαντικά στην αποτύπωση της κατάστασης των επιπέδων νιτρορύπανσης. Επίσης επισημαίνεται η αναγκαιότητα της συνέχισης του προγράμματος απονιτροποίησης διότι σύμφωνα με την διεθνή εμπειρία, προγράμματα τέτοιου είδους πρέπει να εφαρμοστούν τουλάχιστον για 10 - 15 χρόνια ώστε να έχουν το μεγαλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

## 9 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η ενιαία παρακολούθηση στο μέλλον των γεωτρήσεων άρδευσης και ύδρευσης στην περιοχή της Θεσσαλίας θα έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη παρακολούθηση της ποιότητας αλλά και την ορθολογικότερη διαχείρισή του. Θα πρέπει να οχυρωθούμε και να διασφαλίσουμε τον μοναδικό αυτόν φυσικό πόρο ώστε να είναι σε τέτοια επίπεδα (ποιοτικά και ποσοτικά) που να ευνοεί την ευημερία του ανθρώπου και όλων των ζώντων οργανισμών καθώς και του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζουν. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, των συγκεντρώσεων των νιτρικών που παρατηρήθηκαν σε αναλύσεις της τελευταίας πενταετίας στη περιοχή, καίε επίσης και με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και των απόψεων των κατοίκων που ακούστηκαν κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών προτείνονται τα παρακάτω:

- Η συνέχιση του ελέγχου της περιεκτικότητας νιτρικών στα υπόγεια νερά της Θεσσαλίας για τα επόμενα χρόνια έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση της ρυπαντικής επιδεκτικότητας των υδροφορέων.
- Την πυκνωση του δικτύου παρακολούθησης στις ζώνες υδροφορίας: α) όπου υπάρχουν μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών και β) όπου το δίκτυο είναι αραιό.
- Όλα τα στοιχεία θα πρέπει να αποθηκευθούν σε Η/Υ και να δημιουργηθεί τράπεζα δεδομένων, ούτως ώστε να υπάρχει η πληροφορία σε όποια στιγμή χρειάζεται και η δυνατότητα ενημέρωσης με νέα στοιχεία, για την καλύτερη δυνατή διαχείριση των δεδομένων ώστε να λαμβάνονται αποφάσεις για την διαχείριση των υδάτινων πόρων (ποιοτική - ποσοτική).

Έτσι, είναι ευκολότερη η ερμηνεία της ρύπανσης αλλά και η παροχή των απαραίτητων στοιχείων στα όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία είναι υποχρεωτική βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας (Οδηγία 676/91, ΚΑΝ.1257/99, Οδηγία 60/2000).

Τέλος θα πρέπει για να υπάρχει αποτέλεσμα στο όλο εγχείρημα της μείωσης της ρύπανσης των υπογείων υδάτων να δοθούν ισχυρότερα κίνητρα στους παραγωγούς, ώστε να ενταχθεί ένας μεγάλος αριθμός στο πρόγραμμα, δίνοντας τους κάποιου είδους διευκολύνσεις (οικονομικές, φορολογικές κ.ά.) αν θελήσουν να ενταχθούν σε άλλα προγράμματα του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (βιολογική γεωργία, σχέδια βελτίωσης κ.ά.) καθώς και εκπτώσεις στις μεταβλητές δαπάνες

καλλιέργειας (αγορές λιπασμάτων, λάστιχα άρδευσης κ.ά.). Θα πρέπει επίσης να αυξηθεί το χρονικό διάστημα που θα παραμένουν στο πρόγραμμα από 5 έτη που είναι μέχρι τώρα σε περισσότερο.

Επίσης θα πρέπει να υπάρχει συνεχής ενημέρωση τους για τα θετικά και αρνητικά της ύπαρξης νιτρικών στα υπόγεια ύδατα ώστε να τους γίνει συνείδηση η εφαρμογή των κανόνων ορθολογικής διαχείρισης στις καλλιέργειες και στις εκτάσεις που κατέχουν και θα πρέπει να τον διατηρούν σε άριστη κατάσταση για να μπορεί να τους αποδίδει εισοδήματα όχι μόνο βραχυχρόνια αλλά και μακροχρόνια .

Η πείρα από την εφαρμογή και η πρόοδος στην επιστημονική αντίληψη των συνεργειών των μέτρων που περιλαμβάνουν τα προγράμματα δράσης κατά της νιτρορρύπανσης υποδηλώνουν ότι απαιτείται ολοκληρωμένη προσέγγιση στις σχετικές με το άζωτο πολιτικές – με συνεκτίμηση ολόκληρου του κύκλου του αζώτου – και ότι η εφαρμογή της οδηγίας για τη νιτρορρύπανση αποφέρει σημαντικά οφέλη, κυρίως από πλευράς μείωσης των εκπομπών αμμωνίας και αερίων θερμοκηπίου, αλλά και στο ευρύτερο πεδίο της προστασίας των υδάτων σύμφωνα με την οδηγία - πλαίσιο για τους υδάτινους πόρους. Στο μέλλον θα είναι απαραίτητη η μεγαλύτερη έμφαση στη συγκεκριμένη πτυχή της διαχείρισης του αζώτου, καθώς και η κατάλληλη και διαρκής υποστήριξη από την επιστημονική κοινότητα, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ****Ελληνόγλωσση**

1. Αγγελάκης, Α. και Κοτσελίδου, Ο. (2001) «Ο ρόλος των ΔΕΥΑ στη διαχείριση των υδατικών πόρων - Απόψεις της ΕΔΕΥΑ για μια βιώσιμη υδατική πολιτική», Εργασία Συμποσίου «Αιγαίο - Νερό - Βιώσιμη Ανάπτυξη», 6-7 Ιουνίου, Πάρος.
2. Αϊβαζίδης, Α. (2000) «Τεχνολογία και Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων Ι», Πανεπιστημιακό Σύγγραμμα Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εκδόσεις: Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης Περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, 91-94
3. Ασημακόπουλος, Δ. (2002) Η πλήρης ανάκτηση κόστους νερού στην Οδηγία 2000/60. Ημερίδα για την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά – Εναρμόνιση με την Ελληνική Πραγματικότητα, Αθήνα.
4. Αντωνόπουλος Β. (2003) «Ποιότητα Νερού και Ρύπανση Υδατικών Πόρων» Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
5. Βαλκάνας, Γ. (1985) «Οικολογία», Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
6. Γενιατάκης, Ε. (2000) «Άμεσος προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων σε φυτικούς ιστούς», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης. Ηράκλειο.
7. Γκοτσόπουλος, Δ. (2007) «Πρωτογενής φυτική παραγωγή στην προστατευόμενη περιοχή Κοτυχίου - Στροφιλιάς: καταγραφή, αξιολόγηση, προοπτικές», Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας (Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης), Πάτρα.
8. Δανηλόπουλος, Γ. (2009) «Το υδροδοτικό πρόβλημα του πολεοδομικού συγκροτήματος Βόλου Προοπτικές Βιώσιμης Επίλυσης», Διπλωματική Εργασία Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος.
9. Δημητριάδου, Ε. (2007) «Σταθεροποίηση Εδαφών με Ταυτόχρονη Ανάκτηση Φωσφορικών από Αστικά Υδατικά Απόβλητα», Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πάτρα.
10. Δροσόπουλος, Ι. (1992) «Στοιχεία Ανόργανης διατροφής των φυτών», Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

11. ΕΘΙΑΓΕ-ΙΧΤΕΛ, (2000) Χαρτογράφηση των ζωνών επικινδυνότητας έκπλυσης νιτρικών καθώς και των εδαφικών κλάσεων στη Θεσσαλία, Ερευνητικό έργο, Επιστημονικός υπεύθυνος Καρυώτης Θεόδωρος.
12. Ζανάκης, Κ. (1996) «Έλεγχος ποιότητας νερού», Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
13. Ζαφείρη, Κ. (1996) «Μελέτη της διεργασίας της βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου από τα υγρά απόβλητα με χρήση καθαρής και μεικτής καλλιέργειας», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πάτρα.
14. Καραβίτης, Χ, και Αγγελίδης, Σ. (2005) «Διαχείριση Περιβάλλοντος Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Περιβάλλον», Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Αθήνα.
15. Καρβούνης, Σ. και Γεωργάκελλος, Δ. (2003) «Επιχειρήσεις και βιώσιμη ανάπτυξη», Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
16. Κοδοσάκης, Δ. (1992) «Διαχείριση φυσικών πόρων και ενέργειας», Εκδόσεις Σταμούλης, Πειραιάς.
17. Κούγκολος, Αθ. (2007) «Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική», Εκδόσεις Τζιόλα (2<sup>η</sup> Έκδοση), Θεσσαλονίκη.
18. Κουρμαδάς, Λ. (2010) «Αργά υποχωρεί η νιτρορύπανση», *Agrenda*, Αρ. Φύλλου 224, 27 Φεβρουαρίου, σελ. 11.
19. Κούτσικος, Ν. (2009) «Ανάπτυξη και έλεγχος εφαρμογής ενός νέου συστήματος εκτίμησης της κατάστασης των ποταμών» Διπλωματική Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Αθήνα.
20. Λέγος, Στ. (2009) «Διερεύνηση καταλληλότητας Αστικών Υγρών Αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση: Η περίπτωση της Θεσσαλίας» Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος.
21. Λιακατά, Α. (2006) «Διερεύνηση της εποχικότητας της νιτρορύπανσης ποσίου νερού σε περιοχές του Ν. Λάρισας», Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Τεχνολογικών Επιστημών, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, ΠΜΣ, Βόλος.
22. Λίταινας, Α. (2008) «Μελέτη ποιότητας νερού σε περιοχές Θεσσαλικού κάμπου», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών,

- Τμήμα Γεωπονίας και Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Βόλος.
23. Λοϊζίδου, Μ. (2006) «Εισαγωγή στην περιβαλλοντική Επιστήμη - Περιβαλλοντική Πολιτική», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Γενικής Χημείας, Αθήνα
24. Λυμπεράτος Γ. (2001) «Μηχανική υγρών αποβλήτων», Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα.
25. Μαντούζα, Α. (2008) «Ανάλυση της λεκάνης του ποταμού Πηνειού στα πλαίσια της οδηγίας 2000/60 με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, Διπλωματική Εργασία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Ειδίκευσης “Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη”, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
26. Μυλωνή, Δ., (2010) «Διερεύνηση της επίδρασης γεωργικών δραστηριοτήτων στην κατανομή θρεπτικών αλάτων σε παράκτιο θαλάσσιο περιβάλλον», Διατριβή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, ΠΜΣ «Γεωεπιστήμες και Περιβάλλον», Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Πάτρα.
27. Μιμίκου, Μ. και Φωτόπουλος, Π. (2004), Σημειώσεις στο μεταπτυχιακό μάθημα «Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό - Διατμηματικό ΠΜΣ: Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Αθήνα.
28. Παπακώστα, Α. (2004) «Ρύπανση Υπόγειων Υδάτων στη Θεσσαλία από Νιτρικά Γεωργικής Προέλευσης. Η Περίπτωση Μελέτης των Περιοχών Τυρνάβου- Δένδρων- Πλατανουλίων», Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, ΠΜΣ «Γεωργία και Περιβάλλον», Μυτιλήνη.
29. Παπακώστα, Α. (2008) «Συγκριτική μελέτη των απόψεων κατοίκων τριών πόλεων της Θεσσαλίας (Λάρισας, Βόλου , Καρδίτσας) για το πόσιμο νερό», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Αθήνα.
30. Πολύζος, Σ., Σοφίος Σ. και Γκούμας Κ. (2006) «Διαχρονικές μεταβολές του υπόγειου υδατικού δυναμικού της περιφέρειας Θεσσαλίας και οι επιπτώσεις στην ανάπτυξη της περιφέρειας και το περιβάλλον» 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Αγροτικής Ανάπτυξης, Θεματική Ενότητα: Οικονομική αξιολόγηση των φυσικών πόρων, πολυλειτουργική γεωργία και αειφορική ανάπτυξη.



31. Παπαδοπούλου-Μουρκίδου, Ε. (2002) «Πρόγραμμα Ελέγχου Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων στη Μακεδονία-Θράκη: Τελική Έκθεση Αποτελεσμάτων», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Εργαστήριο Γεωργικών Φαρμάκων, Θεσσαλονίκη.
32. Ρομπόκα, Μ. (2009) «Εκτίμηση απολήψιμου δυναμικού για την ύδρευση της Αθήνας με εφαρμογή του λογισμικού "ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ"», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό - Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", Αθήνα.
33. Σαράφης, Χ. (2004) «Διαχρονική πορεία της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων του Δήμου Αλμυρού από τα νιτρικά γεωργικής προέλευσης», Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, ΠΜΣ Γεωργία κ Περιβάλλον, Μυτιλήνη.
34. Στράτος, Π. (2009) «Συμπράξεις Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα για Έργα Ύδρευσης - Αποχέτευσης, Συμπεράσματα από την εφαρμογή τους παγκοσμίως - εκτιμήσεις για την Ελλάδα», Μεταπτυχιακή Εργασία, Διεπιστημονικό - Διακομματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα.
35. Τάτσης, Λ. (2004) «Κοινοτική Νομοθεσία για την Προστασία και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό - Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Αθήνα.
36. Τριζώνη, Ε. (2004) «Διερεύνηση περιεκτικότητας σε νιτρικά γλυκών νερών σε περιοχές Ν. Μαγνησίας και Επαρχίας Φαρσάλων», Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Τεχνολογικών Επιστημών, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος.
37. Τσαουσίδου, Κ. (2008) «Ανόργανα λιπάσματα και η επίδραση τους στο περιβάλλον στη περιοχή της Θεσσαλίας», Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Λάρισα.
38. Τσικνιά, Μ. (2009) «Οικιακά προϊόντα και συστήματα για εξοικονόμηση νερού σε αστικό περιβάλλον», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σύρος.
39. Χαλάτση, Μ. (2007) «Διερεύνηση καταλληλότητας υπογείων υδάτων, στο Δήμο Ενιπέα Νομού Λάρισας, με βάση την περιεκτικότητα τους σε νιτρικά ιόντα», Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ΠΜΣ, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος.

40. Χαραλάμπους, Α. (2007) «Υδατικό Περιβάλλον», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Χημικών Επιστημών, Εργαστήριο Γενικής Χημείας, Αθήνα.

### Ξενόγλωσση

1. Anastasiadis, P. and Xeferis, A. (2001) «Control of Nitrogen Fertilizer Pollution in Groundwater», Fresenius Environmental Bulletin, 10(5), 501-505.
2. Anastasiadis, P. (2003) «Vulnerability of groundwater to agricultural activities pollution», 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology Lymnos island, Greece, 8 - 10 Sept.
3. Dimopoulos, M., Chalkiadaki, M., Dassenakis M. Scoullou, M. (2003) «Quality of groundwater in Western Thessaly the problem of nitrate pollution», 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology Lymnos island, Greece, 8 - 10 Sept.
4. Fytianos, K. and Christophoridis C. (2004) «Nitrate, Arsenic and Chloride Pollution of Drinking Water in Northern Greece. Elaboration by Applying GIS», Environmental Monitoring and Assessment 93:55-67
5. Karyotis Th., Kosmos C., Panagopoulos A., Pateras D. (2002) «The Greek Action Plan for the mitigation of nitrates in water resources of the vulnerable district of Thessaly», Journal of Mediterranean Ecology vol. 3 ,77 – 83.
6. Karyotis Th., Panagopoulos A., Tasoglou S. (2002) «Water Quality in Thessaly and Factors affecting pollution», Research, National Agriculture Regional Foundation, Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens.
7. Myrkou, K., Paraskevas, P.A., Kolokythas, G., Nikolaou, A.D., Lekkas, T.D. (2001) «Quality of surface waters in Greece regarding the nitrate concentrations», 7<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis, Syros island, Greece - Sept.
8. NAS (National Academy of Sciences), (1981) «The health effects of nitrate, nitrite and N- nitroso compounds», National Academic Press, Washington, D.C.

9. Voudouris, K., Panagopoulos, A, Koumantakis, I. (2004): «Nitrate pollution in the coastal aquifer system of the Korinthos Prefecture (Greece)» Global Nest: The International Journal, Vol. 6, No 1, 31-38, 2004.
10. Wolff, I. A. and Wasserman, A. E. (1972) «Nitrate, nitrite and nitrosamines» Science, Volume 177, Number 4043
11. Xeferis, A., Anastasiadis, P. and Latinopoulos P. (2004) «Groundwater Chemical Charecteristics in Kalamaria Plain, Halkidiki Peninsula, Greece» Fresenius Environmental Bulletin 13: 1159-1167

## ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

[http://www.epa.gov/ogwdw/publicoutreach/images/landscape\\_1200x776.jpg](http://www.epa.gov/ogwdw/publicoutreach/images/landscape_1200x776.jpg),

προσπελάστηκε την 2-11-2010

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=aP5UpqylvNo%3D&tabid=250&language=el-GR> προσπελάστηκε την 2-11-2010

<http://www.minagric.gr/greek/data/apof200300.doc> προσπελάστηκε την 2-11-2010

<http://www.minagric.gr/greek/data/axonas3.3.1.2.doc> προσπελάστηκε την 2-11-2010

<http://www.krannonas.gov.gr> προσπελάστηκε την 20-12-2010

<http://www.nikea-larissas.gov.gr> προσπελάστηκε την 20-12-2010

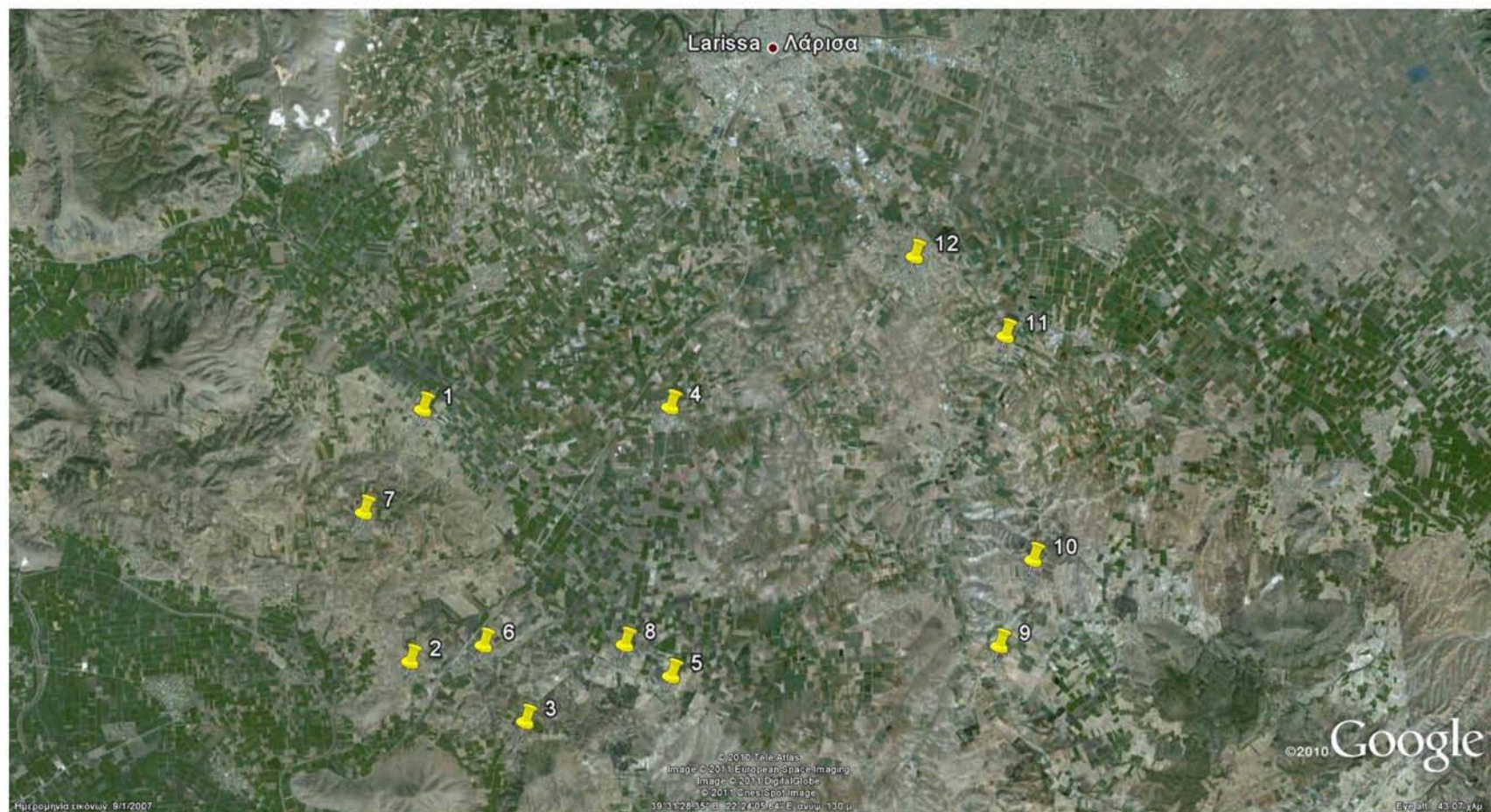
[http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/images/el/applications/greece/pic\\_1\\_1.html](http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/images/el/applications/greece/pic_1_1.html)

προσπελάστηκε την 18-12-2010

## ΛΟΙΠΕΣ ΠΗΓΕΣ

«Μέγιστες επιτρεπόμενες λιπαντικές μονάδες για τη λίπανση καλλιεργειών του προγράμματος νιτρορύπανσης», Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας, Δ/ση Αγροτικής Ανάπτυξης, Τμήμα Βιολογικών Καλλιεργειών και Προγραμμάτων Περιβάλλοντος, Αριθ. πρωτ.:18205, Λάρισα 25-10-2005

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΧΑΡΤΕΣ



Χάρτης 4: Σταθμοί δειγματοληψίας στο Google Earth

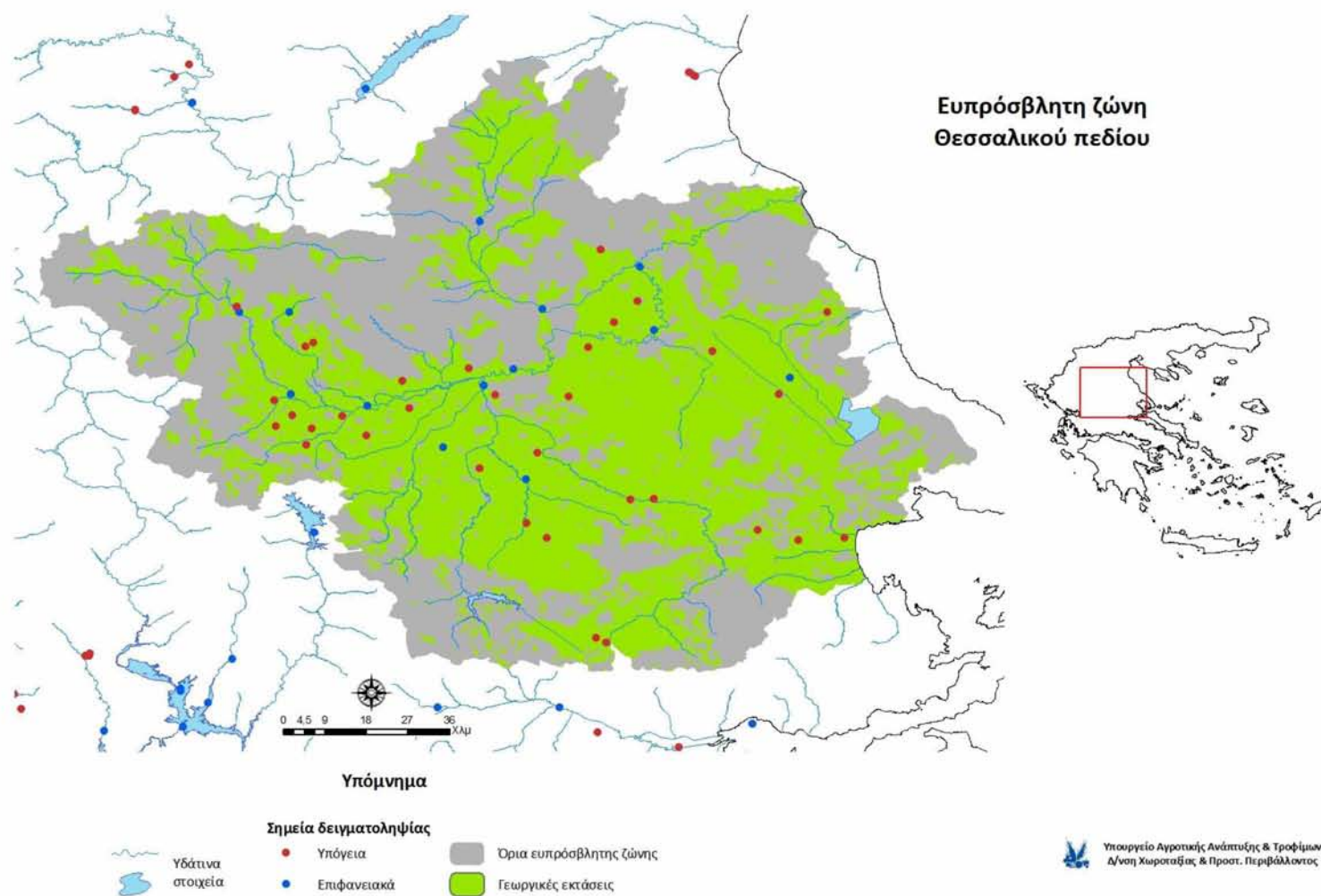




(πηγή: ΕΘΙΑΓΕ-ΙΧΤΕΛ, 2000)

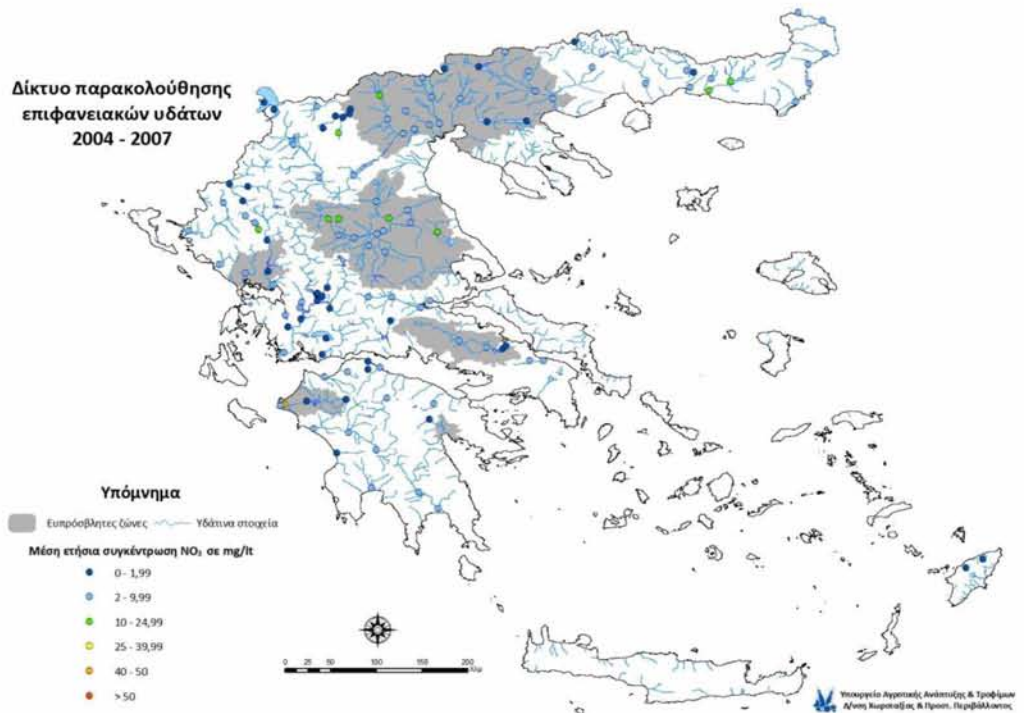


(πηγή: Kariotis, 2002)

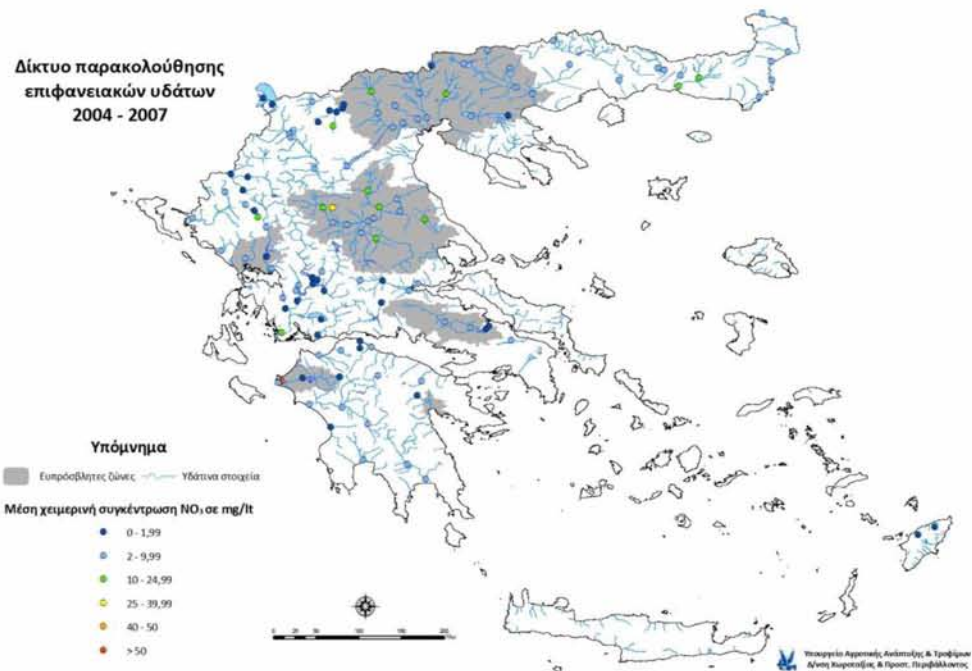


**Χάρτης 7:** Ευπρόσβλητη ζώνη Θεσσαλικού πεδίου (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))

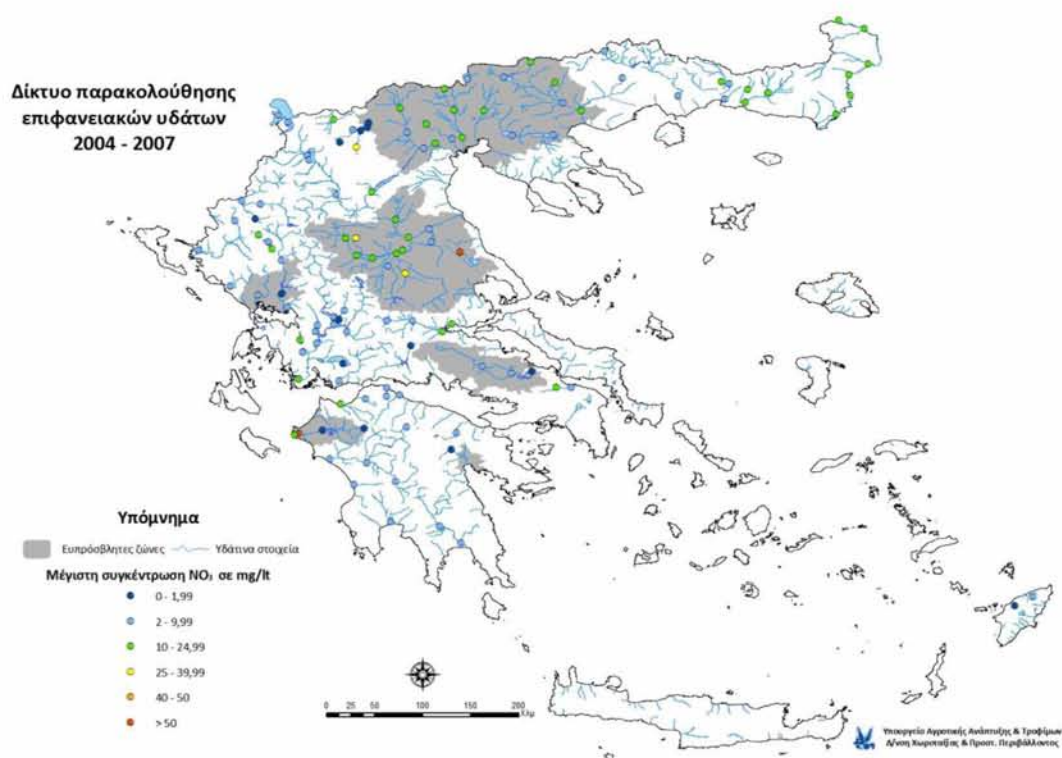




**Χάρτης 8:** Μέση ετήσια συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων για την περίοδο 2004 - 2007 (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))

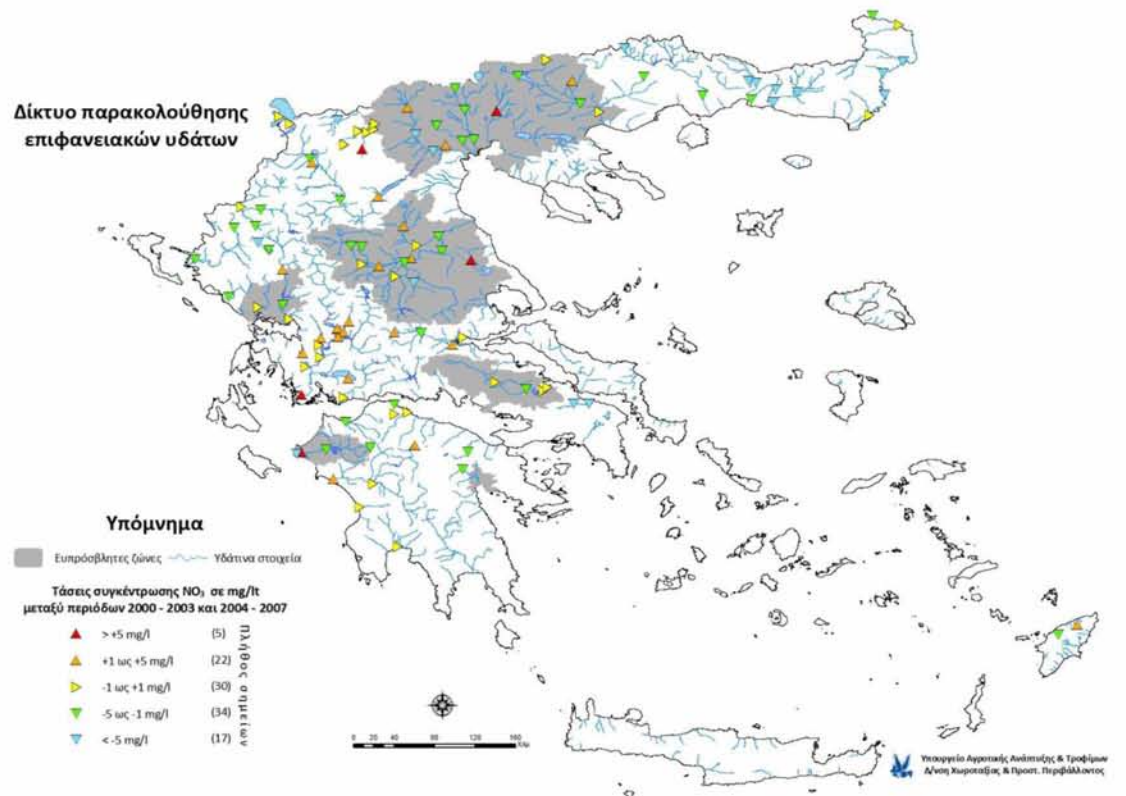


**Χάρτης 9:** Μέση χειμερινή συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων για την περίοδο 2004 - 2007 (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))

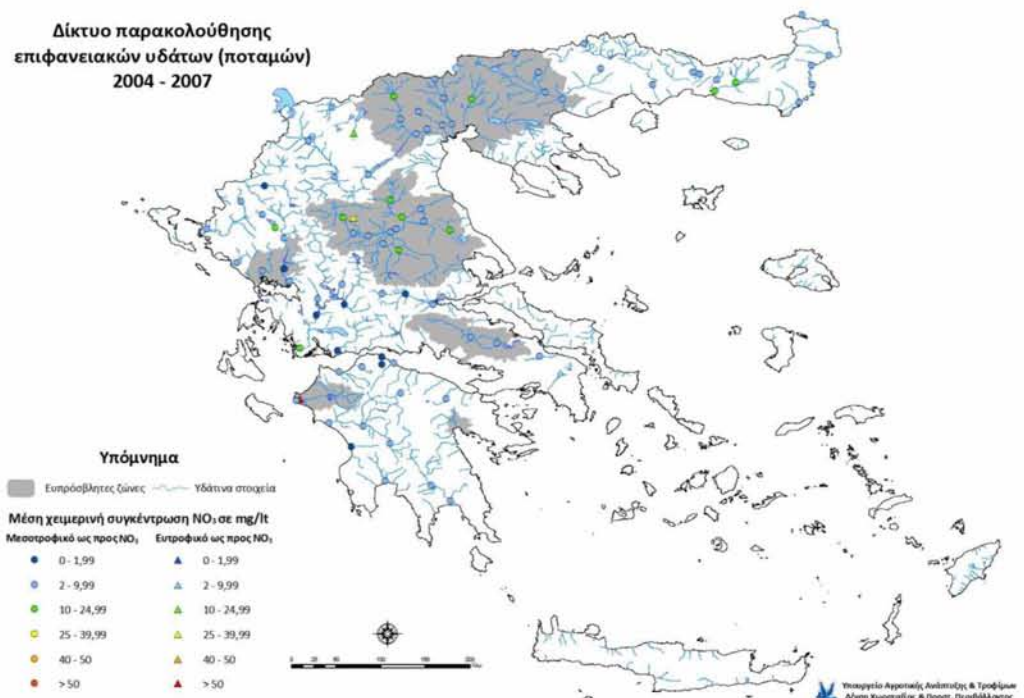


**Χάρτης 10:** Μέγιστη συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων για την περίοδο 2004 – 2007 (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))

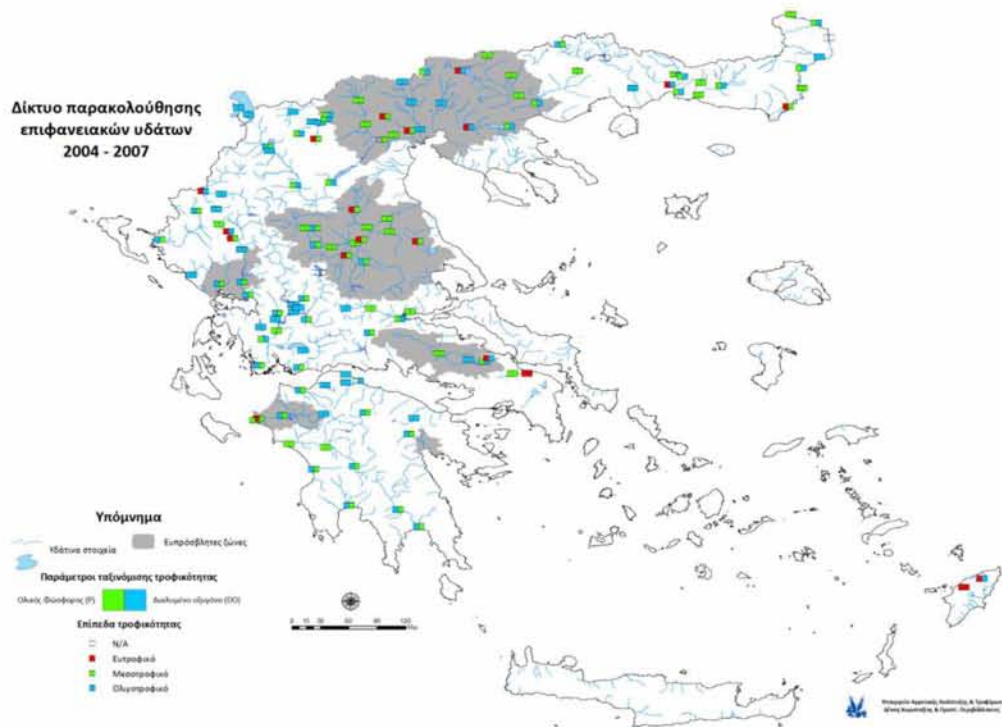




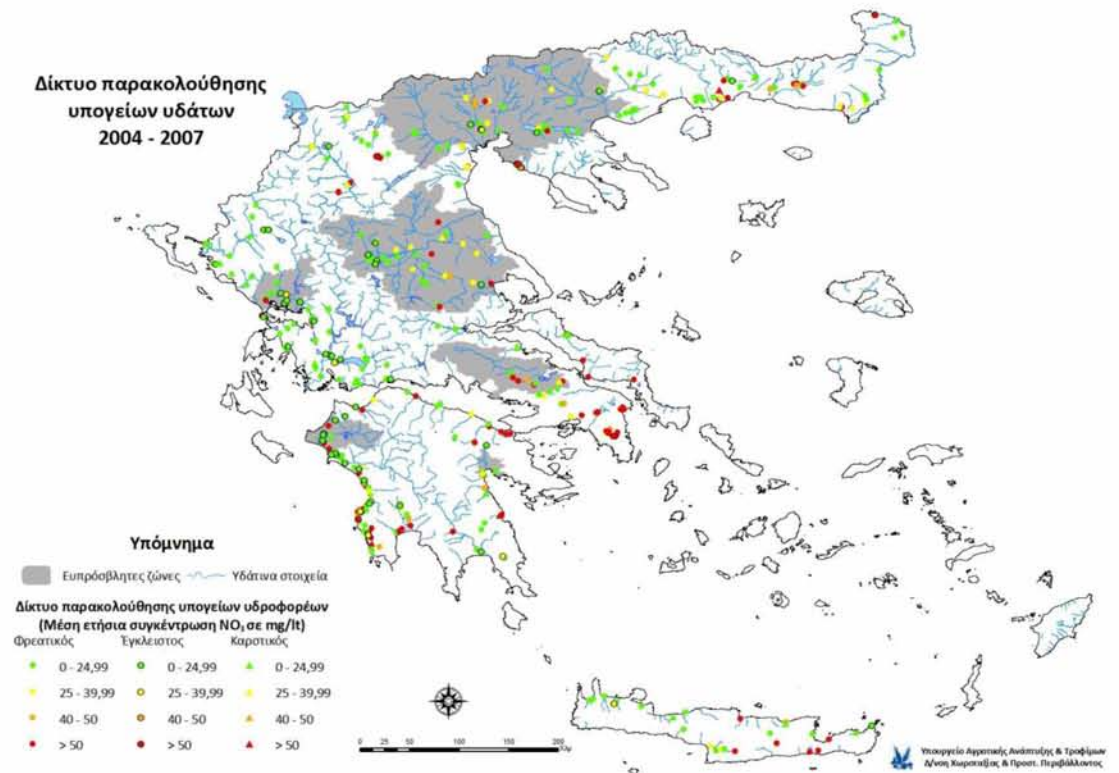
**Χάρτης 11:** Εξέλιξη τάσεων νιτρικών στα επιφανειακά ύδατα μεταξύ τρέχουσας και προηγούμενης περιόδου εφαρμογής της Οδηγίας 91/676. (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))



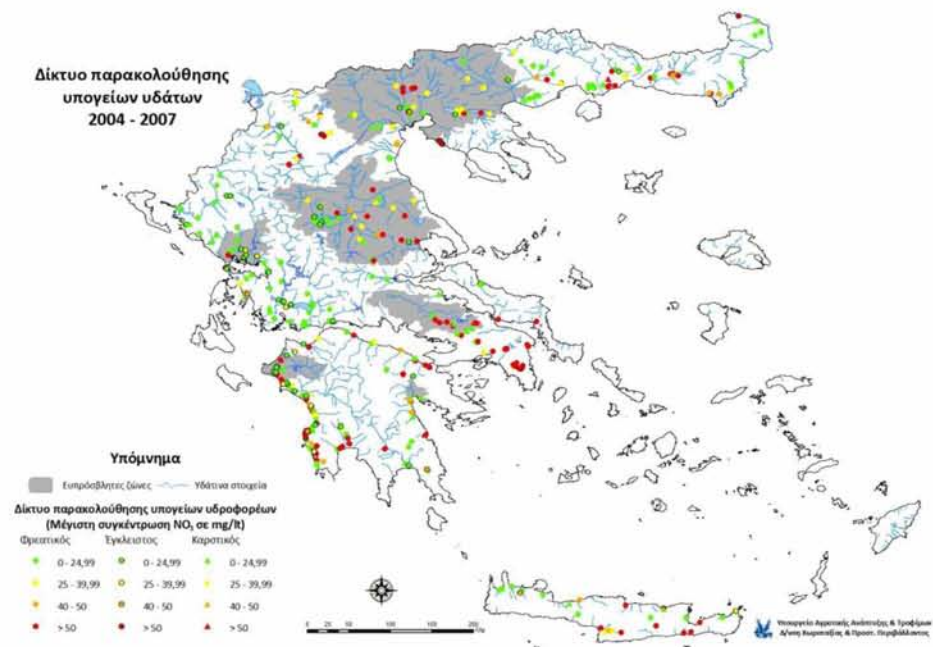
**Χάρτης 12:** Μέση χειμερινή συγκέντρωση νιτρικών των επιφανειακών υδάτων χαρακτηρισμένα ως μεσοτροφικά και ευτροφικά ως προς  $\text{NO}_3$  (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))



**Χάρτης 13:** Χαρακτηρισμός επιφανειακών υδάτων ως προς την τροφική τους κατάσταση με βάση τις συγκεντρώσεις ολικού φωσφόρου και διαλυμένου οξυγόνου (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))



**Χάρτης 14:** Μέση ετήσια συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των υπογείων υδάτων για την περίοδο 2004 – 2007 κατά κατηγορία υπόγειου υδροφορέα (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))



**Χάρτης 15:** Μέγιστη συγκέντρωση νιτρικών στο δίκτυο παρακολούθησης των υπογείων υδάτων κατά κατηγορία υπόγειου υδροφορέα (Πηγή: [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr))

