

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### 1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

#### 1.1 Το άζωτο του εδάφους

##### 1.1.1 Ο κύκλος του αζώτου

Το άζωτο (N) είναι το τέταρτο πιο συχνά απαντώμενο στοιχείο στη φύση μετά τον C, το H και το O. Περιέχεται στα περισσότερα από τα συστατικά των ζωντανών κυττάρων όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, νουκλεϊκά οξέα, πουρίνες, πυριμιδίνες, πορφυρίνες, αλκαλοειδή και βιταμίνες. Τα άτομα του αζώτου αυτών των ενώσεων προκύπτουν από τον κύκλο του αζώτου (εικόνα 1.1) ο οποίος έχει ως βάση τα αποθέματα της ατμόσφαιρας. Το άζωτο αφαιρείται από την ατμόσφαιρα μέσω της αζωτοδέσμευσης και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την απονιτροποίηση.

Εκτιμάται ότι  $25 \times 10^6$  t αζώτου αφαιρούνται ετησίως από τα εδάφη των Η.Π.Α. με τα συγκομιζόμενα προϊόντα και με την έκπλυση των εδαφών. Για τη λίπανση των καλλιεργειών  $3 \times 10^6$  t αζώτου προστίθενται κάθε χρόνο με τη μορφή λιπασμάτων. Επίσης μία ισοδύναμη ποσότητα αζώτου προστίθεται με τη βροχόπτωση με την ενυδάτωση των οξειδίων του αζώτου που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις. Το πιο σημαντικό τμήμα ( $10 \times 10^6$  t) επιστρέφει με τη βιολογική δέσμευση του αζώτου. Διάφορες ανόργανες και πάρα πολλές οργανικές ενώσεις αζώτου μπορούν να θεωρηθούν ως συστατικά του κύκλου του αζώτου, για παράδειγμα  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $NO_3$  και  $NO_2$ . Ως εκ τούτου, το άζωτο μπορεί να βρίσκεται στη φύση σε πολύ οξειδωμένη μορφή (νιτρικό άζωτο) ή σε μορφή μοριακού αζώτου στην κατάσταση της αναγωγής.

Η βιολογική δέσμευση του αζώτου έχει μελετηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια και βρέθηκε ότι το ενζυμικό σύμπλοκο της νιτρογενάσης, το οποίο είναι υπεύθυνο για την αζωτοδέσμευση, είναι άφθονο στη φύση. Το άζωτο είναι θεμελιώδες συστατικό των πρωτεϊνών και είναι για τα φυτά όσο και για τον άνθρωπο ο πιο κοινός περιοριστικός παράγοντας της αύξησης. Επιπλέον, αν και αποτελεί το 79% του ατμοσφαιρικού αέρα είναι θρεπτικό στοιχείο που συνήθως βρίσκεται σε ανεπαρκείς ποσότητες στις καλλιέργειες (Μήτσιος, 2004).



**Εικόνα 1.1** Ο κύκλος του αζώτου

Η ανεπάρκεια του αζώτου στις καλλιέργειες οφείλεται στο γεγονός ότι η μορφή του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι αδρανής και μη χρήσιμη για την πλειοψηφία των έμβιων όντων. Το άζωτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οργανισμούς μόνο αφού έχει δεσμευτεί ή ενωθεί με άλλα στοιχεία, όπως οξυγόνο ή υδρογόνο. Σήμερα, η δέσμευση πραγματοποιείται στις βιομηχανίες με σύνθεση της αμμωνίας από υδρογόνο και ατμοσφαιρικό άζωτο.

Στη φύση η αζωτοδέσμευση πραγματοποιείται από μερικά γένη βακτηρίων (συμπεριλαμβάνονται και τα κυανοπράσινα φύκη). Τα ανώτερα φυτά δεν έχουν την ικανότητα για αζωτοδέσμευση, αν και μερικά συμμετέχουν έμμεσα, με συμβίωση με τα βακτήρια. Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή των ψυχανθών με τα βακτήρια του

γένους *Rhizobium*. Η αζωτοδέσμευση μπορεί να είναι είτε βιολογική με τη βοήθεια μικροοργανισμών, είτε μη βιολογική με τη βοήθεια ηλεκτρικών εκκενώσεων ή της μεθόδου Haber. Η δέσμευση του αζώτου παγκοσμίως δίνεται στον πίνακα 1.1 (Πηγή : Μήτσιος, 2004).

**Πίνακας 1.1** Δέσμευση του αζώτου παγκοσμίως

<b>Βιολογική δέσμευση N<sub>2</sub></b>	<b>t.10<sup>6</sup> έτος<sup>-1</sup></b>
α) Στα εδάφη	
Ψυχανθή	35
Μη ψυχανθή	5
Ορυζώνες	5
Λιβάδια	45
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>90</b>
β) Στο ύδωρ	30
γ) Στην ατμόσφαιρα	7
δ) Βιομηχανική δέσμευση αζώτου	40
ε) Λοιπές περιπτώσεις	28
<b>ΟΛΙΚΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΑΖΩΤΟΥ</b>	<b>195</b>
<b>Απονιτροποίηση</b>	
α) Στη εδάφη	120
β) Στο ύδωρ	40
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ</b>	<b>160</b>

### Μη βιολογική δέσμευση του αζώτου

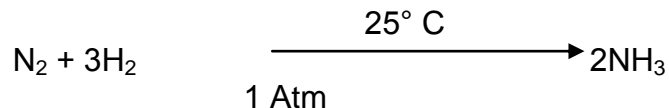
Ο όρος αζωτοδέσμευση ερμηνεύεται ως η μετατροπή του μοριακού αζώτου σε μια από τις ανόργανες μορφές του. Η αζωτοδέσμευση είναι μια δυσχερής διεργασία, οι δε συνθήκες για τη δέσμευση του αζώτου παρουσιάζονται με τη μέθοδο Haber. Η μέθοδος αυτή αφορά την αντίδραση του N<sub>2</sub> και του H<sub>2</sub> σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση για το σχηματισμό NH<sub>3</sub>. Ακολουθεί η οξείδωση της αμμωνίας σε HNO<sub>3</sub>. Η μέθοδος Haber χρησιμοποιείται σήμερα για τη δέσμευση του αζώτου στις βιομηχανίες των αζωτούχων λιπασμάτων.

Ένας δεύτερος τρόπος με τον οποίο το ατμοσφαιρικό άζωτο μπορεί να δεσμευτεί είναι διαμέσου των ηλεκτρικών εκκενώσεων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Ως συνέπεια των ηλεκτρικών εκκενώσεων σχηματίζονται οξειδία του αζώτου που στη συνέχεια ενυδατώνονται με υδρατμούς και πέφτουν στο έδαφος ως νιτρικά και νιτρώδη ιόντα.

Φυσικά, μολονότι οι διεργασίες αυτές είναι σημαντικές, οι μεγαλύτερες ποσότητες αζώτου δεσμεύονται από τους ζωντανούς οργανισμούς (βιολογική δέσμευση).

### **Βιολογική δέσμευση του αζώτου**

Η βιολογική δέσμευση του αζώτου λαμβάνει χώρα σε 25° C και 1 Atm πίεση, σύμφωνα με την αντίδραση :



Η βιολογική δέσμευση του αζώτου πραγματοποιείται είτε με μη συμβιωτικούς μικροοργανισμούς που ζουν ελεύθερα είτε με ορισμένα βακτήρια που συμβιών με τα ανώτερα φυτά.

#### *Μη συμβιωτική αζωτοδέσμευση*

Ένας μεγάλος αριθμός οργανισμών που ζουν ελεύθερα δεσμεύει άζωτο. Συγκεκριμένα, πολλά κυανοβακτήρια δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο, ζώντας ελεύθερα στην επιφάνεια των υδάτων. Σε πολλές περιπτώσεις τα κυανοπράσινα φύκη είναι πρόβλημα γιατί το οργανικό άζωτο που απελευθερώνεται, όταν αυτά νεκρωθούν, προάγει την αύξηση των υδροχαρών φυτών, φαινόμενο γνωστό ως **ευτροφισμός**. Τα φύκη αυτά έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα ή ζωοτροφή. Γενικά, η συμβολή των ελευθέρως διαβιούντων βακτηρίων στην αζωτοδέσμευση σε παγκόσμια κλίμακα είναι μέτρια (Μήτσιος, 2004).

#### *Συμβιωτική αζωτοδέσμευση*

Τα ψυχανθή μπορούν να εφοδιάσουν το έδαφος με άζωτο, εξαιτίας της αζωτοδέσμευσης, με τη βοήθεια των βακτηρίων του γένους *Rhizobium* που σχηματίζει φυμάτια στις ρίζες. Χαρακτηριστικό είναι ότι σήμερα χρησιμοποιούνται εμπορικά σκευάσματα με μόλυσμα από *Rhizobium* για αύξηση της παραγωγικότητας (Μήτσιος, 2004).

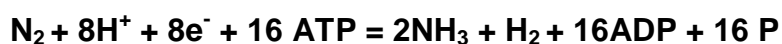
Τα ψυχανθή καλλιεργούνται συνήθως σε αμειψισπορά με μη ψυχανθή. Με τον τρόπο αυτό καλλιέργειας αζωτούχες ενώσεις από το προηγούμενο έτος βοηθούν στην λίπανση της καλλιέργειας του επόμενου έτους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε ψυχανθές συνεργάζεται με ορισμένο είδος *Rhizobium*. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε ορισμένη πρωτεΐνη του ψυχανθούς που είναι συμβατή και ενώνεται με το κατάλληλο γένος *Rhizobium*.

Φυσικά τα ψυχανθή δεν είναι τα μόνα ανώτερα φυτά που δεσμεύουν άζωτο συμβιωτικά. Υπάρχουν τουλάχιστο 190 είδη θάμνων και δέντρων που δεσμεύουν άζωτο και ανήκουν σε άλλες οικογένειες εκτός της οικογένειας των ψυχανθών. Πολλά από αυτά σχηματίζουν φυμάτια στις ρίζες όπως τα φυτά των οικογενειών *Myricaceae*, *Betulaceae*, *Elaeagnaceae*, *Rosaceae* και *Ulmaceae*.

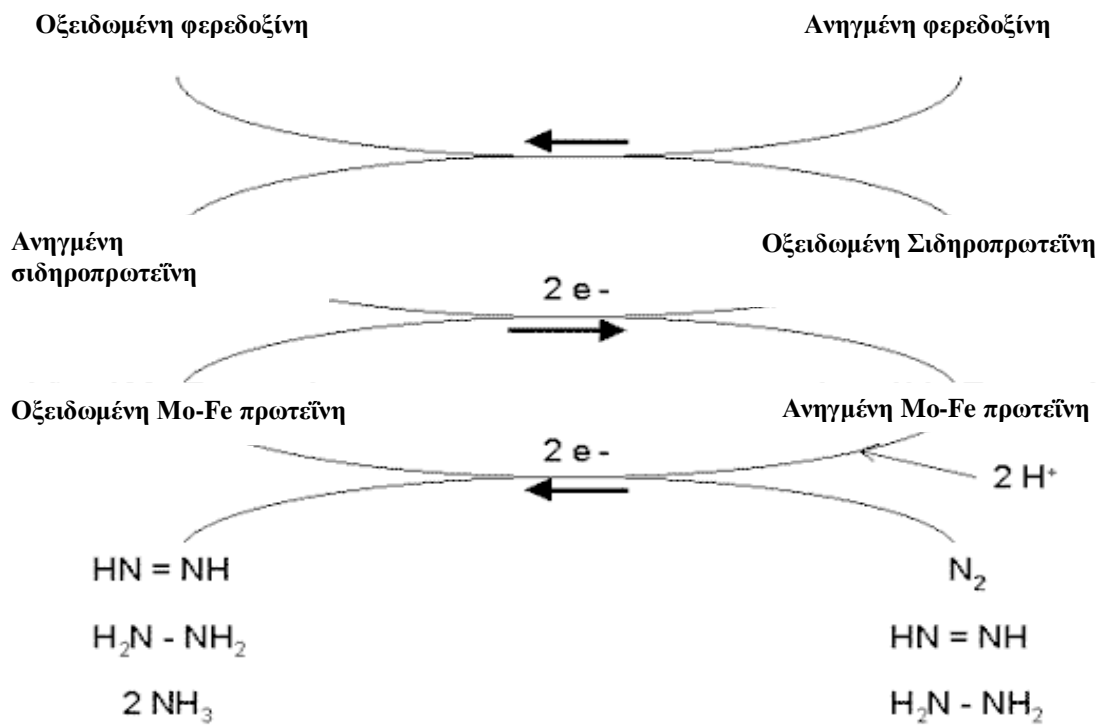
Εκτός όμως από αυτά, υπάρχουν βακτήρια τα οποία προκαλούν το σχηματισμό φυματίων στα φύλλα των φυτών. Αυτά είναι τα εξής : *Bacillus foliicola*, *Mycoplasma rubra*, *Phyllobacterium myricinacearum*, *Xanthomonas horticola*, *Mycobacterium rubiacearum*, *Klebsiella rubiacearum* και *Chromobacterium lindum*.

Η αζωτοδέσμευση μπορεί να παρασταθεί από τη παρακάτω εξίσωση στην οποία 2 mol αμμωνίας παράγονται από 1 mol αερίου αζώτου με τη ταυτόχρονη κατανάλωση 16 μορίων ATP και παρουσία ηλεκτρονίων και πρωτονίων.



Το βασικό ένζυμο για την αζωτοδέσμευση είναι η νιτρογενάση (Εικ.1.2). Το ένζυμο της νιτρογενάσης αποτελείται από 2 πρωτεΐνες, μία Fe-πρωτεΐνη και μια Mo-Fe-πρωτεΐνη. Οι αντιδράσεις της αζωτοδέσμευσης ξεκινούν ενώ το άζωτο είναι δεσμευμένο στο ενζυμικό σύμπλοκο της νιτρογενάσης.

Η σιδηροπρωτεΐνη σε πρώτο στάδιο ανάγεται από ηλεκτρόνια που προσφέρονται από τη φερεδοξίνη. Έπειτα, η ανηγμένη σιδηροπρωτεΐνη δεσμεύει το ATP και ανάγει τη μολυβδοφερεδοξίνη, η οποία προσφέρει ηλεκτρόνια στο άζωτο μετατρέποντάς το σε HN=NH. Σε δύο περαιτέρω κύκλους αυτής της διαδικασίας (ο καθένας εκ των οποίων απαιτεί ηλεκτρόνια που παρέχονται από τη φερεδοξίνη) το HN=NH ανάγεται σε H<sub>2</sub>N-NH<sub>2</sub> και αυτό με τη σειρά του σε 2NH<sub>3</sub>. Εξαρτημένη από το είδος του μικροοργανισμού, η ανηγμένη φερεδοξίνη, η οποία παρέχει ηλεκτρόνια για αυτή τη διεργασία παράγεται από τη φωτοσύνθεση, τη διαπνοή ή τις ζυμώσεις. Η αζωτοδέσμευση μπορεί να προσδιοριστεί ποσοτικά με την αναγωγή του ακετυλενίου το οποίο αναστέλλει τη δραστηριότητα της νιτρογενάσης. Επίσης έρευνες έδειξαν ότι το ίδιο ένζυμο ανάγει το ακετυλένιο σε αιθυλένιο.



Εικόνα 1.2 Απεικόνιση του τρόπου δράσης του ενζύμου της νιτρογενάσης.

### 1.1.2 Η δυναμική του αζώτου στο έδαφος

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε άζωτο ποικίλλει από 0,02% στα αδιατάρακτα εδάφη έως 0,15% στα καλλιεργούμενα εδάφη. Βρίσκεται δε στα εδάφη σε αρκετές μορφές όπως σε οργανικές ενώσεις, υπό τη μορφή νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων, οξειδίων του αζώτου και αερίου αζώτου. Βέβαια σε μεγαλύτερο ποσοστό το άζωτο βρίσκεται στα εδάφη με την οργανική μορφή.

Αν στην οργανική ουσία υφίσταται σχέση  $C/N > 30$ , τότε παρατηρείται ακινητοποίηση του εδαφικού αζώτου. Αν υφίσταται σχέση  $C/N = 30$ , τότε το άζωτο ούτε ακινητοποιείται ούτε απελευθερώνεται. Τέλος, αν υφίσταται σχέση  $C/N < 20$ , τότε το άζωτο απελευθερώνεται με διάσπαση της οργανικής ουσίας (Μήτσιος, 2004).

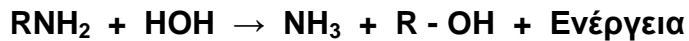
Η ανοργανοποίηση των αζωτούχων ενώσεων γίνεται σε τρία βασικά στάδια, τα οποία είναι :

1. *Αμινοποίηση*. Κατά την αμινοποίηση, οι πρωτεΐνες υδρολύονται και απελευθερώνονται αμίνες και αμινοξέα :



Κατά την αμινοποίηση η υδρόλυση γίνεται με τη βοήθεια των ετερότροφων οργανισμών.

2. *Αμμωνιοποίηση*. Κατά την αμμωνιοποίηση και με τη βοήθεια ετερότροφων μικροοργανισμών σχηματίζεται αμμωνία από το αμινικό άζωτο ως εξής :



Η αμμωνιοποίηση προχωρεί με ταχείς ρυθμούς σε θερμοκρασίες 50 – 70 °C. Αντίθετα, παράγοντες όπως η χαμηλή θερμοκρασία καθώς και η έλλειψη ή η περίσσεια εδαφικής υγρασίας επιβραδύνουν την όλη διαδικασία.

Στη συνέχεια η αμμωνιακή μορφή του αζώτου νιτροποιείται, δηλαδή μετατρέπεται σε νιτρικά και νιτρώδη ιόντα, τα οποία απορροφούνται από τα φυτά ή δεσμεύονται από τα ορυκτά της αργίλου.

3. *Νιτροποίηση*. Αν και η αμμωνιακή μορφή του αζώτου είναι αυτή η οποία προστίθεται στο έδαφος ως επί το πλείστον, μικρό ποσοστό αζώτου βρίσκεται τελικά στο έδαφος υπό αυτή τη μορφή. Αυτό συμβαίνει διότι η αμμωνιακή μορφή του αζώτου οξειδώνεται ταχύτατα σε νιτρική μορφή. Η οξειδωση της αμμωνίας γίνεται με δύο ομάδες βακτηρίων τα οποία καλούνται νιτροποιητικά. Η πρώτη ομάδα, *Nitrosomonas* μετατρέπει την  $\text{NH}_3$  σε  $\text{NO}_2^-$  με τη βοήθεια του  $\text{O}_2$ .



Η δεύτερη ομάδα, *Nitrobacter*, οξειδώνει τα νιτρώδη ιόντα σε νιτρικά:



Οι δύο παραπάνω αντιδράσεις είναι εξώθερμες και οι μικροοργανισμοί οι οποίοι τις πραγματοποιούν είναι αυτότροφοι δηλαδή συνθέτουν όλες τις ενώσεις του άνθρακα από  $\text{CO}_2$ .

Οι παράγοντες οι οποίοι έχει βρεθεί ότι επηρεάζουν τη νιτροποίηση είναι οι εξής:

- **Η υγρασία του εδάφους**. Η νιτροποίηση μειώνεται σε συνθήκες υπερβολικής υγρασίας. Επιπλέον, οι χαμηλές υγρασίες μειώνουν τη νιτροποίηση. Συγκεκριμένα στο σημείο μάρανσης η νιτροποίηση καλύπτει το 50% της πραγματικής τιμής σε χρονικό διάστημα 28 ημερών.

- **Η θερμοκρασία του εδάφους.** Σε θερμοκρασία περίπου 9 – 10 °C παρατηρείται πλήρης νιτροποίηση εντός εννέα εβδομάδων. Η νιτροποίηση αναστέλλεται σε θερμοκρασία 45 °C.
- **Η εδαφική οξύτητα.** Νιτροποίηση παρατηρείται σε pH 5,5 – 10, με άριστο pH = 8,5. Αναφέρθηκε όμως και νιτροποίηση σε pH = 4,5 ή και ακόμα σε pH = 3,8.
- Η ύπαρξη **αμμωνιακών ιόντων** στο έδαφος καθώς και **νιτροποιητικών βακτηρίων**.
- Επαρκής εφοδιασμός του εδάφους σε **ασβέστιο, φώσφορο, σίδηρο, μαγγάνιο και χαλκό**.

Στα περισσότερα γεωργικά εδάφη, ο εφοδιασμός του ανοργάνου αζώτου εξαρτάται από τη ταχύτητα ανοργανοποίησης, εκτός φυσικά από τη περίπτωση που παρατηρείται συμβιωτική ή μη συμβιωτική αζωτοδέσμευση. Στα περισσότερα εδάφη το ανόργανο άζωτο σχηματίζεται συνεχώς από το οργανικό άζωτο με ανοργανοποίηση. Στη συνέχεια ποσότητα από το ανόργανο άζωτο δεσμεύεται και μετατρέπεται σε οργανικό από τους μικροοργανισμούς.

Η νιτροποίηση αναστέλλεται σε θερμοκρασία 45°C ενώ η αμμωνιοποίηση έχει ταχύτερους ρυθμούς σε θερμοκρασία 50 - 70°C. Σε χαμηλές θερμοκρασίες η νιτροποίηση καθυστερεί περισσότερο από την αμμωνιοποίηση. Επιπλέον, σε αναερόβιες συνθήκες η νιτροποίηση παρεμποδίζεται σημαντικά, η αμμωνιοποίηση όμως επηρεάζεται λιγότερο. Η νιτροποίηση συμβαίνει μόνο όταν το pH κυμαίνεται από 5,5 – 10 ενώ η αμμωνιοποίηση είναι λιγότερο ευαίσθητη στις μεταβολές του pH.

Από μελέτη που πραγματοποιήθηκε στη περιοχή της Ελασσόνας το έτος 2003 βρέθηκε ότι οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στα εδάφη σε βάθος 0 - 30 cm κυμάνθηκαν από 1,68 έως 408,65 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους με μέση τιμή 67,48 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε., στα δε εδάφη σε βάθος 30 – 60 cm βρέθηκαν συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων από 5,26 έως 92,78 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε. με μέση τιμή 30,59 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε.. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά εκτιμήθηκε ότι τα νιτρικά ιόντα αποτελούσαν ρυπογόνο παράγοντα για τα εδάφη της συγκεκριμένης περιοχής και υπήρχε κίνδυνος ρύπανσης των υπογείων και επιφανειακών υδάτων (Μέρμηγκας, 2003).



### 1.1.3 Έκπλυση των νιτρικών και απώλειες αζώτου.

Το άζωτο στα εδάφη χάνεται με πολλούς τρόπους, όπως επιστροφή στην ατμόσφαιρα ως αέριο ( $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $NH_3$ ) καθώς και με έκπλυση του και μεταφορά του στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής.

Η βιοχημική αναγωγή των νιτρικών ιόντων κάτω από αναερόβιες συνθήκες είναι γνωστή ως απονιτροποίηση και συμβάλλει στην απώλεια  $N_2$  στην ατμόσφαιρα.

Οι απώλειες αζώτου με απονιτροποίηση παρατηρούνται με τη παρουσία μικροοργανισμών *Pseudomonas*, *Achromobacter* και *Micrococcus* σε  $pH = 4,9 - 5,6$  (απώλεια ως  $N_2O$ ) ή  $pH = 7,3 - 7,9$  (απώλεια ως  $N_2$ ).

Απώλειες αζώτου μπορούν επίσης να σημειωθούν και με τη μορφή αμμωνίας κυρίως σε αλκαλικά εδάφη αλλά και ανεξάρτητα από τη τιμή του  $pH$  σε εδάφη μετά από επιφανειακή χορήγηση ουρίας.

Όταν οι ετήσιες βροχοπτώσεις ή οι αρδεύσεις εφοδιάζουν το έδαφος με ποσότητες ύδατος που υπερβαίνουν την εξατμισοδιαπνοή, η επιπλέον ποσότητα του ύδατος ή απομακρύνεται με την επιφανειακή απορροή ή διηθείται στα κατώτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής. Τα νιτρικά ιόντα τα οποία βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα είτε μετακινούνται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής και στη συνέχεια στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, είτε διαλύονται στα ύδατα απορροής και οδεύουν στις λίμνες, στα ποτάμια και στις θάλασσες.

Οι ποσότητες των νιτρικών ιόντων που απομακρύνονται με έκπλυση εξαρτώνται από :

- την ποσότητα του ύδατος που διηθείται στα κατώτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής.
- τη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων του εδαφικού διαλύματος.
- τις ποσότητες και το είδος των προστιθέμενων αζωτούχων λιπασμάτων.
- τον τύπο του εδάφους.
- την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και τους ρυθμούς ανοργανοποίησης του οργανικού αζώτου.
- τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους.
- τις εποχικές διακυμάνσεις των νιτρικών ιόντων.
- τη φυτοκάλυψη.
- το τύπο της καλλιέργειας.
- τις βροχοπτώσεις και τις αρδεύσεις.

## Έκπλυση νιτρικών – φυτοκάλυψη

Από έρευνες διαπιστώθηκε ότι σε γυμνό έδαφος η απώλεια  $\text{NO}_3^-$  με έκπλυση είναι περίπου διπλάσια έως τριπλάσια από ότι στο ίδιο έδαφος με καλλιέργειες και εννέα φορές μεγαλύτερη από το ίδιο έδαφος με λειβαδική φυτοκάλυψη.

Στην Ελλάδα το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι οι θερινές καλλιέργειες οι οποίες συγκομίζονται το Φθινόπωρο δε καλύπτουν το έδαφος σε μια εποχή που οι κλιματικές συνθήκες ευνοούν τη νιτροποίηση και στη συνέχεια την έκπλυση τόσο του ανοργανοποιηθέντος αζώτου όσο και του υπολειμματικού αζώτου των καλλιεργειών (Μήτσιος, 2004).

## Έκπλυση νιτρικών - Τύπος καλλιέργειας

Ο ρυθμός πρόσληψης του αζώτου δεν είναι σταθερός κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, αλλά εξαρτάται γενικά από τους εποχιακούς ρυθμούς ανάπτυξης των φυτών. Οι καλλιέργειες που δεν καλύπτουν πλήρως και μόνιμα το έδαφος είναι αυτές στις οποίες παρατηρείται αυξημένη έκπλυση νιτρικών ιόντων. Αντίθετα, οι εύρωστες καλλιέργειες προσφέρουν πλήρη και μακροχρόνια κάλυψη.

Έχει βρεθεί ότι τα λειβαδικά – κτηνοτροφικά φυτά είναι τα πλέον αποτελεσματικά φυτά για αποτελεσματική διαχείριση του εδάφους κατά της έκπλυσης των νιτρικών ιόντων, περιορίζουν δε τις σχετικές απώλειες μόνο σε 6 – 12kg N ha<sup>-1</sup> ανά έτος. Όταν όμως τα παρθένα λειμώνια εδάφη καλλιεργούνται με αροτραίες καλλιέργειες τότε παρατηρείται έντονη νιτροποίηση και μεγάλες απώλειες νιτρικού αζώτου.

Όταν γίνει η συγκομιδή των ετήσιων καλλιεργειών τότε εξαιτίας της διακοπής της πρόσληψης του αζώτου από τα φυτά, ο ρυθμός έκπλυσης των νιτρικών αυξάνει.

Για τον περιορισμό της έκπλυσης των νιτρικών έχουν προταθεί τα εξής μέτρα:

1. Βελτιωμένοι τύποι αμειψισπορών
2. Αποφυγή φθινοπωρινών οργωμάτων
3. Πρώιμη εαρινή σπορά
4. Τμηματική εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι για τη μείωση της έκλυσης των νιτρικών μπορεί να εφαρμοστεί το σύστημα της ενδιάμεσης καλλιέργειας ανάσχεσης (**catch crop**) κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η καλλιέργεια αυτή προσλαμβάνει τη ποσότητα του νιτρικού αζώτου του εδάφους, ή απελευθερώνεται το άζωτο αυτό στο έδαφος μετά

τη συγκομιδή της κύριας καλλιέργειας. Η ενδιάμεση καλλιέργεια μπορεί να περιορίσει την έκπλυση του αζώτου κατά 40 – 50%.

#### *Έκπλυση νιτρικών – Επίδραση του τύπου εδάφους*

Οι εδαφικοί πόροι στα αμμώδη εδάφη συγκρατούν μικρότερο ποσοστό υγρασίας από αυτούς των αργιλωδών εδαφών. Έτσι εξηγείται το γεγονός ότι η έκπλυση των νιτρικών ιόντων είναι μεγαλύτερη στα αμμώδη εδάφη. Στα οργανικά εδάφη, η ποσότητα σε οργανικό άζωτο μπορεί να ανέλθει σε 1500kg ανά στρέμμα. Το οργανικό άζωτο ανοργανοποιείται και συνεπώς χάνονται με έκπλυση πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών σε σύγκριση με τα συνήθη μη οργανικά εδάφη.

#### *Απώλειες νιτρικών λόγω έκπλυσης*

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ποσότητες των αζωτούχων, φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων που προστέθηκαν στα εδάφη καθώς και οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά.

Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που προστέθηκαν στα ελληνικά εδάφη σε τόννους			Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά σε τόννους		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K
<b>1961</b>					
<b>83.480</b>	<b>73.123</b>	<b>9.035</b>	<b>89.938</b>	<b>32.523</b>	<b>59.744</b>
<b>1982</b>					
<b>335.100</b>	<b>115.500</b>	<b>40.000</b>	<b>182.381</b>	<b>62.275</b>	<b>119.274</b>

**Πίνακας 1.4** Εισροές και εκροές θρεπτικών στοιχείων N, P, K στα ελληνικά εδάφη (Μήτσιος και Κουκουλάκης, 1992)

Το έτος 1961 οι εισροές του αζώτου από τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων είναι ελαφρά αρνητικές, που σημαίνει ότι τα φυτά αξιοποίησαν το άζωτο σε ποσότητες μεγαλύτερες από αυτές που προστέθηκαν. Αντίθετα το 1982 οι εισροές του αζώτου από τα λιπάσματα είναι μεγαλύτερες από τις ποσότητες του αζώτου που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά. Η διαφορά αυτή κατά το 1982 ανέρχεται σε 153.719 τόνους.

Οι ερευνητές Theocharopoulos et al. (1989) από πειράματα που έκαναν στην Κωπαίδα συμπέραναν ότι οι απώλειες του νιτρικού αζώτου ποικίλλουν από έτος σε

έτος και ότι εξαρτώνται από τον τύπο του εδάφους, την ποσότητα των αζωτούχων λιπασμάτων που προστίθενται στα εδάφη ως και από την περιεκτικότητα των λιπασμάτων σε αμμωνιακά ιόντα.

Επεμβάσεις kg N στρ <sup>-1</sup>	1989	1990	1991	1992	1993
0	2,31	2,54	2,86	2,57	4,12
8	3,49	3,81	3,69	3,20	5,20
16	4,98	5,28	4,64	4,37	6,44
24	6,80	6,53	6,09	5,87	7,63
32	8,57	8,11	7,05	6,67	9,17
40	9,80	9,48	8,64	8,25	10,63

**Πίνακας 1.5** Απώλειες αζώτου εξαιτίας έκπλυσης κατά την περίοδο 1989- 1993 (kg/στρέμμα)

Τέλος, στον πίνακα 1.5 παρουσιάζονται οι απώλειες αζώτου εξαιτίας έκπλυσης κατά την περίοδο 1989 - 93 σε kg /στρέμμα, σύμφωνα με την αζωτούχο λίπανση που εφαρμόστηκε σε καλλιέργεια αραβοσίτου (Mitsios et al., 1996).

#### *Αναστολείς νιτροποίησης*

Σε πειράματα μελετήθηκαν αναστολείς νιτροποίησης για την αύξηση της αποτελεσματικής δράσης του αζώτου σε διάφορες καλλιέργειες σε συνθήκες όπου οι απώλειες με απονιτροποίηση ή έκπλυση είναι υψηλές. Βρέθηκε ότι η χρήση της νιτραπυρίνης σε συνδυασμό με θειική αμμωνία αύξησε το ποσό του ανταλλαξιμού αμμωνίου σε καλλιεργούμενα εδάφη μετά από 60 ημέρες.

Μία ουσία – παρεμποδιστής νιτροποίησης πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες:

- να είναι μη τοξική στα φυτά, στους λοιπούς εδαφικούς μικροοργανισμούς, στα ψάρια και στα θηλαστικά.
- να διακόπτει τη μετατροπή των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρικά, παρεμποδίζοντας εκλεκτικά τη δραστηριότητα των Nitrosomonas.
- να μην συμμετέχει στην μετατροπή των νιτρικών ιόντων από τους Nitrobacter.
- να μετακινείται εύκολα με το λίπασμα ή το εδαφικό διάλυμα έτσι ώστε να είναι ομοιόμορφα κατανομημένη στην εδαφική ζώνη που βρίσκεται σε επαφή με το αζωτούχο λίπασμα.
- να είναι σταθερή όσον αφορά την παρεμποδιστική της δράση η οποία πρέπει να διαρκεί από μερικές εβδομάδες έως και μήνες.
- να είναι μικρού κόστους ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εμπορικής χρήσης.

Η χρήση των αναστολέων νιτροποίησης μπορεί να έχει μεγαλύτερη σημασία για τη μείωση της πρόσληψης νιτρικών ιόντων από τα φυτά, όταν η συγκέντρωση αυτών στα φυτά είναι υψηλή. Αναφέρεται ότι οι αναστολείς νιτροποίησης χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη επιτυχία στη μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στο σπανάκι (Μήτσιος, 2004).

### *Κανόνες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής*

Για την αντιμετώπιση της νιτρορύπανσης των υδάτινων πόρων η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την οδηγία 91/676 (ΕΟΚ) περί προστασίας των υδάτων από ρύπανση που προκαλείται από νιτρικά ιόντα γεωργικής προελεύσεως. Η οδηγία αυτή προβλέπει την εφαρμογή ενός **Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Code of Good Agricultural Practice)**. Ο Κώδικας αυτός περιλαμβάνει κανόνες στα εξής σημεία:

- Εποχές κατά τις οποίες πρέπει να αποφεύγεται η προσθήκη λιπασμάτων στους αγρούς.
- Προϋποθέσεις προσθήκης λιπασμάτων σε αγρούς κορεσμένους με ύδωρ, ή παγωμένους ή καλυμμένους με χιόνι.
- Προϋποθέσεις για εφαρμογή λιπασμάτων σε αγρούς που γεινιάζουν με υδάτινους αποδέκτες.
- Μεθοδολογία εφαρμογής στον αγρό τόσο των ανοργάνων λιπασμάτων όσο και της ζωικής κόπρου και να λαμβάνεται μέριμνα για τον κανονικό ρυθμό και ομοιομορφία διασποράς, με σκοπό τον περιορισμό της έκπλυσης νιτρικών ιόντων σε αποδεκτά επίπεδα.
- Τα ζωικά απόβλητα να τοποθετούνται σε στεγανές δεξαμενές, ώστε να αποφεύγεται η διαρροή τους στον υπεδάφιο υδροφόρο ορίζοντα.

#### 1.1.4 Επιπτώσεις των νιτρικών και νιτροδών ιόντων στην υγεία του ανθρώπου

Τα νιτρικά ιόντα θεωρείται για περισσότερο από μισό αιώνα τώρα ότι έχουν δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία των ανθρώπων. Λόγω αυτού του γεγονότος έχουν θεσπιστεί κρίσιμα όρια συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό τα οποία είναι τα  $44 \text{ mg.L}^{-1}$  στις Η.Π.Α. και τα  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Τα όρια που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για τα νιτρικά ιόντα στο νερό έχουν προκύψει από τιμές συγκεντρώσεων που καθιέρωσε ο Παγκόσμιος

Οργανισμός Υγείας (WHO), μέσω του οποίου (1970) καθορίστηκαν τα εξής : 1) συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων μικρότερες των  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  κρίνονται ως “ικανοποιητικές” 2) συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων από  $50 - 100 \text{ mg.L}^{-1}$  χαρακτηρίζονται ως “αποδεκτές” και 3) τιμές άνω των  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  είναι “μη αποδεκτές”.

Η παρουσία των νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό έχει συνδυαστεί με δύο διαταραχές της υγείας : τη μεθαιμογλοβιναιμία και το καρκίνο του στομάχου.

Η **μεθαιμογλοβιναιμία** ή αλλιώς “σύνδρομο της κυάνωσης” είναι μία ασθένεια που παρατηρείται σε παιδιά μικρότερα του ενός έτους και έχει συνδεθεί με την ύπαρξη νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό και στα λαχανικά. Τα μικρόβια του στομάχου μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε νιτρώδη, τα οποία αντιδρούν με την αιμογλοβίνη, το φορέα ο οποίος μεταφέρει το οξυγόνο σε όλο το σώμα. Η κανονική οξυαιμογλοβίνη, η οποία περιέχει σίδηρο στη δισθενή μορφή, γίνεται μεθαιμογλοβίνη στην οποία ο σίδηρος είναι στη τρισθενή μορφή. Το αποτέλεσμα αυτού του συμβάντος είναι η μείωση που επέρχεται στην ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο.

Τα νεογνά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα επειδή η εμβρυϊκή αιμογλοβίνη, η οποία έχει μεγαλύτερη συγγένεια με τα νιτρώδη από τη κανονική αιμογλοβίνη, παραμένει για κάποιο χρονικό διάστημα στη ροή του αίματος, και επειδή οι στόμαχοι τους δεν είναι αρκετά όξινοι για να εμποδίσουν τα μικρόβια να μετατρέψουν τα νιτρικά ιόντα σε νιτρώδη. Εν τέλει, τα νήπια υποφέρουν από μια ασθένεια που μπορεί να αποδοθεί ως “χημική ασφυξία”, μία πολύ κρίσιμη κατάσταση η οποία μπορεί να αποβεί μοιραία.

Το πιο πρόσφατο θανατηφόρο κρούσμα της ασθένειας καταγράφηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1950 (Ewing και Mayon-White, 1951) ενώ η τελευταία επιβεβαιωμένη περίπτωση το 1972. Μία εκτεταμένη έρευνα (Sattelmacher, 1962) έδειξε ότι παγκοσμίως μόνο 1060 περιπτώσεις μεθαιμογλοβιναιμίας έγιναν γνωστές αν και πολλές περισσότερες υπήρξαν στην πραγματικότητα. Πολλές ακόμη περιπτώσεις έχουν σημειωθεί, όπως για παράδειγμα στην Ουγγαρία για το διάστημα μεταξύ 1976 και 1982, όπου καταγράφηκαν 1353 περιπτώσεις μεθαιμογλοβιναιμίας (Deak, 1985). Τα τελευταία χρόνια η ασθένεια αναφέρεται στην ξένη βιβλιογραφία ως “well-water methaemoglobinaemia” και οι περιπτώσεις που αναφέρονται συνδυάζονται με τη χρήση νερού από πηγάδια.

Πηγή	Χώρα	Περιπτώσεις	Συγκέντρωση νιτρικών ιόντων mg.L <sup>-1</sup>
Comly (1945)	Η.Π.Α.	2	388, 619
Choquette (1980)	Η.Π.Α.	1	1200
Busch and Meyer (1982)	Η.Π.Α.	1	545
Johnson et al. (1987)	Η.Π.Α.	1	665
Ewing and Mayon – White (1951)	Ηνωμένο Βασίλειο	2	200, 95
Acheson (1985)	Ηνωμένο Βασίλειο	14	>100
Deak (1985)	Ουγγαρία	95 1258	40 -100 100
Hye-Knudsen (1985)	Δανία	1	200

**Πίνακας 1.2** Περιπτώσεις μεθαιμογλοβιναιμίας και οι σχετικές συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στο νερό (Πηγή: Addiscott et al.).

Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ποια συγκέντρωση νιτρικών στο πόσιμο ύδωρ συνιστά απειλή για την υγεία των ανθρώπων, διότι αυτό εξαρτάται από το εάν ή όχι το νερό περιέχει βακτήρια καθώς και από την κατάσταση της υγείας του ατόμου που εκτίθεται σε αυτά. Το νερό που ήταν υπεύθυνο για το θάνατο ανθρώπου το 1950 περιείχε περί τα 200 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> καθώς και ίχνη νιτρικών ιόντων. Το ίδιο έτος παρατηρήθηκε και μη θανατηφόρο περιστατικό όπου η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στο νερό ήταν 95 mg.L<sup>-1</sup>, όμως επίσης το νερό περιείχε βακτήρια.

Αναφέρθηκε ότι κατά τη περίοδο 1976 – 1977, περίπου τρία εκατομμύρια άνθρωποι στο Ηνωμένο Βασίλειο κατανάλωσαν νερό με συγκέντρωση νιτρικών μεταξύ 50 και 100 mg.L<sup>-1</sup>, χωρίς να εκδηλωθεί έστω ένα κρούσμα μεθαιμογλοβιναιμίας (Owen και S.Jurgens - Gschwind, 1986). Επιπλέον αναφέρθηκε ότι η μεθαιμογλοβιναιμία στα βρέφη δεν προκαλείται από τα νιτρικά αλλά από τα νιτρικά που παράγονται με την αναγωγή των νιτρικών από βακτήρια. Η αναγωγή συμβαίνει όταν το πόσιμο ύδωρ ή τα σκεύη διατροφής ή και οι τροφές των νεογνών δε πληρούν τις βασικές προϋποθέσεις υγιεινής (L' Hirondel και JL. L' Hirondel, 1994).

Ο **γαστρο-εντερικός καρκίνος** έχει επίσης συνδεθεί με την αυξημένη συγκέντρωση των νιτρικών στο πόσιμο νερό. Συγκεκριμένα τα νιτρικά που παράγονται από τα νιτρικά ιόντα μπορούν να αντιδράσουν εντός του στομάχου με μία οργανική ένωση - δευτεροταγής αμίνη - που προέρχεται από το μάσημα της τροφής. Το αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης είναι μια N - νιτροζαμίνη. Έχει βρεθεί

ότι ενώσεις αυτής της μορφής έχουν την ικανότητα να τροποποιούν ορισμένα από τα συστατικά του DNA προκαλώντας με αυτό το τρόπο καρκίνο (Duncan et al., 1997).

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Forman et al. το 1995 σε δύο περιοχές του Ηνωμένου Βασιλείου στις οποίες οι μαρτυρίες για καρκίνο του στομάχου ήταν ασυνήθιστα υψηλές και σε άλλες δύο περιοχές όπου ήταν ασυνήθιστα χαμηλές, δε διαπιστώθηκε συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στο σίελο των ατόμων που εξετάστηκαν και στη θνησιμότητα από γαστροεντερικό καρκίνο.

Επιπλέον, αρνητική συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό και στην εμφάνιση κρουσμάτων γαστροεντερικού καρκίνου βρέθηκε σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 229 αστικές περιοχές στο Ηνωμένο Βασίλειο μεταξύ 1969 και 1973 (Beresford, 1985).

Τα παραπάνω βέβαια αποτελέσματα, αν και είναι κατ' αρχήν αποδεκτά, αφήνουν πολλά περιθώρια συζήτησης αφού δε λαμβάνονται υπ' όψη πιθανοί καθοριστικοί παράγοντες όπως οι διάφορες μορφές κατανάλωσης νιτρικών αλλά και η χρονική υστέρηση μεταξύ της περιόδου κατανάλωσης νιτρικών και της εμφάνισης της ασθένειας.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε 43 τοπικής εξουσίας περιοχές στη πολιτεία Κεντ βρέθηκε ότι υπήρχε σημαντικά θετική συσχέτιση μεταξύ των θανάτων των αρρένων ατόμων που οφείλονταν σε καρκίνο του στομάχου κατά το διάστημα 1959 έως 1973 και στις συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό το 1946 (Clough, 1983).

Είναι λογικό ότι αν τα νιτρικά ιόντα είναι πράγματι υπαίτια της εμφάνισης γαστροεντερικού καρκίνου, μία ομάδα ανθρώπων που πρέπει να έχει σαφώς πρόβλημα, είναι όσοι εργάζονται σε εργοστάσια παρασκευής λιπασμάτων, οι οποίοι είναι εκτεθειμένοι σε σκόνη που περιέχει νιτρικά. Οι εργάτες σε τέτοια εργοστάσια πράγματι έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στο σίελο τους από ότι εργάτες που εργάζονται σε άλλα εργοστάσια. Παρά ταύτα δεν αποδεικνύεται ότι υπάρχει διαφορά στη μεταξύ αυτών εμφάνιση κρουσμάτων γαστροεντερικού καρκίνου (Πίνακας 1.3).

Τελικά, έχουν βρεθεί ελάχιστες αποδείξεις για να υποστηριχτεί η άποψη ότι τα νιτρικά ιόντα είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση καρκίνου του στομάχου. Όμως φαίνεται ότι κάποια σημασία για την εμφάνιση αυτής της μορφής του καρκίνου έχουν τα νιτρώδη ιόντα. Σε μια εκτεταμένη έρευνα που έγινε στον Καναδά (Risch et al., 1985) αποδείχτηκε ότι η εμφάνιση γαστροεντερικού καρκίνου είναι θετικά



συσχετισμένη με τη πρόσληψη νιτρικών ιόντων, όταν η παρουσία αυτών οφείλεται κυρίως σε κρέας όπου έχουν προστεθεί νιτρώδη ως συντηρητικά. Το γεγονός αυτό ενθαρρύνει την άποψη ότι είναι τα νιτρώδη ιόντα τα οποία αποτελούν κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών.

Σύμφωνα με έρευνα που έγινε το 1998 δε βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ καρκίνου του στομάχου και της παρουσίας νιτρικών ιόντων στο νερό σε δείγμα πληθυσμού 120.000 ανθρώπων ( Van loon et al., 1998).

Μία ακόμη στατιστικά βασισμένη έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε από τους McKinney et al. το 1999, έδειξε ότι η ύπαρξη νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι ένας παράγοντας με κάποια σημασία στους ανθρώπους που πάσχουν από διαβήτη. Διαπιστώθηκε ότι η κρίσιμη συγκέντρωση των νιτρικών είναι τα 15 mg.L<sup>-1</sup> γεγονός ανησυχητικό, αν ληφθεί υπ' όψιν ότι η τιμή αυτή είναι μικρότερη από το 1/3 του ορίου που έχει θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή ένωση.

Ασθένειες	Αριθμός θανάτων					
	Βαριά εκτεθειμένοι		Λιγότερο εκτεθειμένοι		Συνολικός αριθμός	
	Π	Θ	Π	Θ	Π	Θ
Καρκίνος του στομάχου	7	7,22	5	4,84	12	12,06
Διάφοροι καρκίνοι	59	51,36	32	35,47	91	86,83
Αναπνευστικά προβλήματα	21	30,97	15	20,07	36	51,04
Καρδιακές παθήσεις	56	67,64	36	45,98	92	113,72
Άλλα αίτια	193	219,78	111*	148,33	304	368,11

**Πίνακας 1.3** Θνησιμότητα από καρκίνο του στομάχου και άλλα αίτια μεταξύ αρσενικών εργατών εργοστασίου παρασκευής νιτρικών λιπασμάτων, από 1 Ιανουαρίου 1946 έως 28 Φεβρουαρίου 1981. Ο αριθμός των παρατηρηθέντων θανάτων (Π) μεταξύ εκείνων που ήταν βαριά και λιγότερο εκτεθειμένοι στα νιτρικά ιόντα καθώς και ο αριθμός των αναμενόμενων θεωρητικά θανάτων σύμφωνα με τοπικά πληθυσμιακά στατιστικά στοιχεία (Πηγή: Al – Dabbagh et al., 1986).

Γίνεται αντιληπτό λοιπόν ότι υπάρχει ένα μεγάλο ερωτηματικό όσον αφορά τις επιπτώσεις των νιτρικών ιόντων στην υγεία των ανθρώπων. Τα πράγματα δεν είναι ξεκάθαρα και περαιτέρω έρευνα απαιτείται. Σίγουρα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν ότι οι επιπτώσεις στη υγεία είναι μακροπρόθεσμες και συνεπώς απαιτείται

μακροχρόνια έρευνα με υπολογισμό όλων των παραμέτρων (κοινωνικών κλπ.) ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

#### 1.1.5 Επιπτώσεις του αζώτου στο περιβάλλον

Τα μεγαλύτερα προβλήματα στο περιβάλλον δημιουργούνται εξαιτίας της περίσσειας του αζώτου στο αγροτικό οικοσύστημα, αλλά και λόγω των εκπομπών αμμωνίας και αερίων οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα, όπως και εξαιτίας της διαφυγής του νιτρικού αζώτου λόγω έκπλυσης στους υπεδάφειους υδροφόρους ορίζοντες και στους λοιπούς υδάτινους αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια, πηγές, θάλασσες).

Η εξαέρωση και ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με αμμωνία δημιουργεί τις παρακάτω αρνητικές επιπτώσεις:

- Οξίνιση του εδάφους κατά την επαναφορά και απόθεση της αμμωνίας με τις βροχοπτώσεις και τη νιτροποίηση της αμμωνίας στο έδαφος.
- Δημιουργία όξινης βροχής με την αντίδραση της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα με οξείδια του θείου και την παραγωγή θειικής αμμωνίας.
- Επιβάρυνση με νιτρικό άζωτο του εδαφικού ύδατος με αποτέλεσμα έμμεσα στη συμβολή του φαινομένου του ευτροφισμού.

Αναφέρεται ότι η οξεογόνος επίδραση της αέριας αμμωνίας στο έδαφος και το ύδωρ προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές στα δάση της Κεντρικής Ευρώπης κατά τη δεκαετία του 1980.

Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Οίκο -Τοξικολογίας και Τοξικολογίας χημικών ουσιών (ECETOC, 1988, 1994) υποστηρίζει ότι μόνο το 13% των εκπομπών αμμωνίας στη Δυτική Ευρώπη οφείλεται σε αζωτούχα λιπάσματα ενώ το 74% προέρχεται από την κτηνοτροφία. Η ECETOC (1998,1994) επίσης υποστηρίζει ότι τα μεγέθη των εκπομπών ανέρχονται σε 98 kt (κτηνοτροφία 57 kt και λιπάσματα 19 kt). Είναι γεγονός δε ότι η προσθήκη θειικής αμμωνίας και ουρίας σε ασβεστούχα εδάφη έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες εξαιτίας της εξαέρωσης, ιδιαίτερα όταν τα λιπάσματα δεν ενσωματώνονται σε εδάφη ελαφριά με μικρή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

Οι εκπομπές οξειδίων του Ν στην ατμόσφαιρα είναι το αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων των μικροοργανισμών του εδάφους. Τα εδάφη λοιπόν είτε αδιατάρακτα είτε ως καλλιεργούμενα αποτελούν τη κύρια πηγή εκπομπής N<sub>2</sub>O με συμμετοχή σε ποσοστό 65% στο σύνολο των εκπομπών (Prather et al., 1995). Η

συγκέντρωση του N<sub>2</sub>O στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί από 288 ppbv (μέρη ανά δισεκατομμύριο κατ' όγκο) το 1900, σε 290 ppbv το 1950 και στα 310 ppb το 1993 (Bockman, 1994).

Επιπλέον, οι Prather et al. (1995) υποστηρίζουν ότι η αυξημένη συγκέντρωση του N<sub>2</sub>O στην ατμόσφαιρα συμβάλλει στο “φαινόμενο του θερμοκηπίου” καθώς και στη καταστροφή του όζοντος της στρατόσφαιρας. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι το N<sub>2</sub>O έχει μεγάλη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα (**atmospheric life time**) η οποία φθάνει τα 150 χρόνια.

Η χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων ευνοεί τη δημιουργία υποστρώματος νιτροποίησης – απονιτροποίησης στα εδάφη και επομένως συμβάλλει άμεσα και έμμεσα στη παραγωγή και στην εκπομπή στην ατμόσφαιρα των οξειδίων του αζώτου. Οι ετήσιες εκπομπές N<sub>2</sub>O από τα καλλιεργούμενα εδάφη ανέρχονται σε 3,5 x 10<sup>6</sup> t N, το 1/3 δε της ποσότητας αυτής προέρχεται ευθέως από τα αζωτούχα λιπάσματα (Smith et al., 1997). Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι 0,5 και 5,0 x 10<sup>6</sup> t N ανά έτος είναι εκπομπές NO που προέρχονται από τα αζωτούχα λιπάσματα.

Εν κατακλείδι, βρέθηκε (Bouwman, 1996) ότι μεταξύ προστιθέμενων αζωτούχων λιπασμάτων και εκπομπών N<sub>2</sub>O υπάρχει γραμμική σχέση η οποία εκφράζεται με την εξίσωση :

$$E = 1 + 0,0125 * F$$

όπου E είναι ο ρυθμός της εκπομπής σε kg N - N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> και F είναι η δόση των αζωτούχων λιπασμάτων σε kg ha<sup>-1</sup> ανά έτος.

Τα ερευνητικά αποτελέσματα των ερευνητών Cole et al., (1996) και Smith et al., (1997) δείχνουν ότι το ποσοστό των εκπομπών του N<sub>2</sub>O είναι δυνατόν να μειωθεί σημαντικά όταν τηρούνται κανόνες σωστής καλλιεργητικής πρακτικής και ορθής διαχείρισης των λιπασμάτων. Τα μέτρα αυτά είναι :

- Η βελτιστοποίηση των φυσικών συνθηκών του εδάφους κατά την εφαρμογή του λιπάσματος.
- Η εποχή και η μέθοδος προσθήκης του λιπάσματος.
- Η δόση του λιπάσματος που να μην υπερβαίνει τις ανάγκες της καλλιέργειας.
- Η χρησιμοποίηση αναστολέων νιτροποίησης ως και λιπασμάτων ελεγχόμενης απόδοσης.

Το άζωτο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών, πέραν όμως αυτού μπορεί να οδηγήσει στην υπέρ – ανάπτυξη φυτών σε σημεία όπου αυτά δεν είναι

επιθυμητά, για παράδειγμα σε λίμνες και ποταμούς (The Royal Society, 1983; UK DoE, 1986).

Όμως, η υπερβολική ανάπτυξη των φυτών δεν είναι το μοναδικό φαινόμενο που παρατηρείται εξαιτίας της υπερβολικής αζωτούχου λιπάνσεως. Τα άλγη είναι πολύ μικροί, μονοκύτταροι οργανισμοί οι οποίοι αναπτύσσονται σε οποιαδήποτε επιφάνεια συγκρατεί υγρασία. Τα άλγη δεν είναι εμφανή, μέχρι έως ότου αναπτυχθούν σε έκταση και προκαλέσουν τα επονομαζόμενα “algae bloom” τα οποία επικαλύπτουν μεγάλες επιφάνειες λιμνών και ποταμών. Όταν πεθαίνουν καταναλώνονται από βακτήρια τα οποία χρησιμοποιούν οξυγόνο. Σα συνέπεια αυτού του γεγονότος ελαττώνεται το διαθέσιμο οξυγόνο για τους υπόλοιπους υδρόβιους οργανισμούς όπως τα ψάρια τα οποία ως εκ τούτου πεθαίνουν. Ολόκληρη λοιπόν η οικολογική ισορροπία του υδάτινου οικοσυστήματος διαταράσσεται με αποτέλεσμα την εξαφάνιση πολλές φορές σπάνιων ζωικών ειδών. Αυτές οι επιδράσεις του εμπλουτισμού με άζωτο καλούνται **ευτροφισμός**.

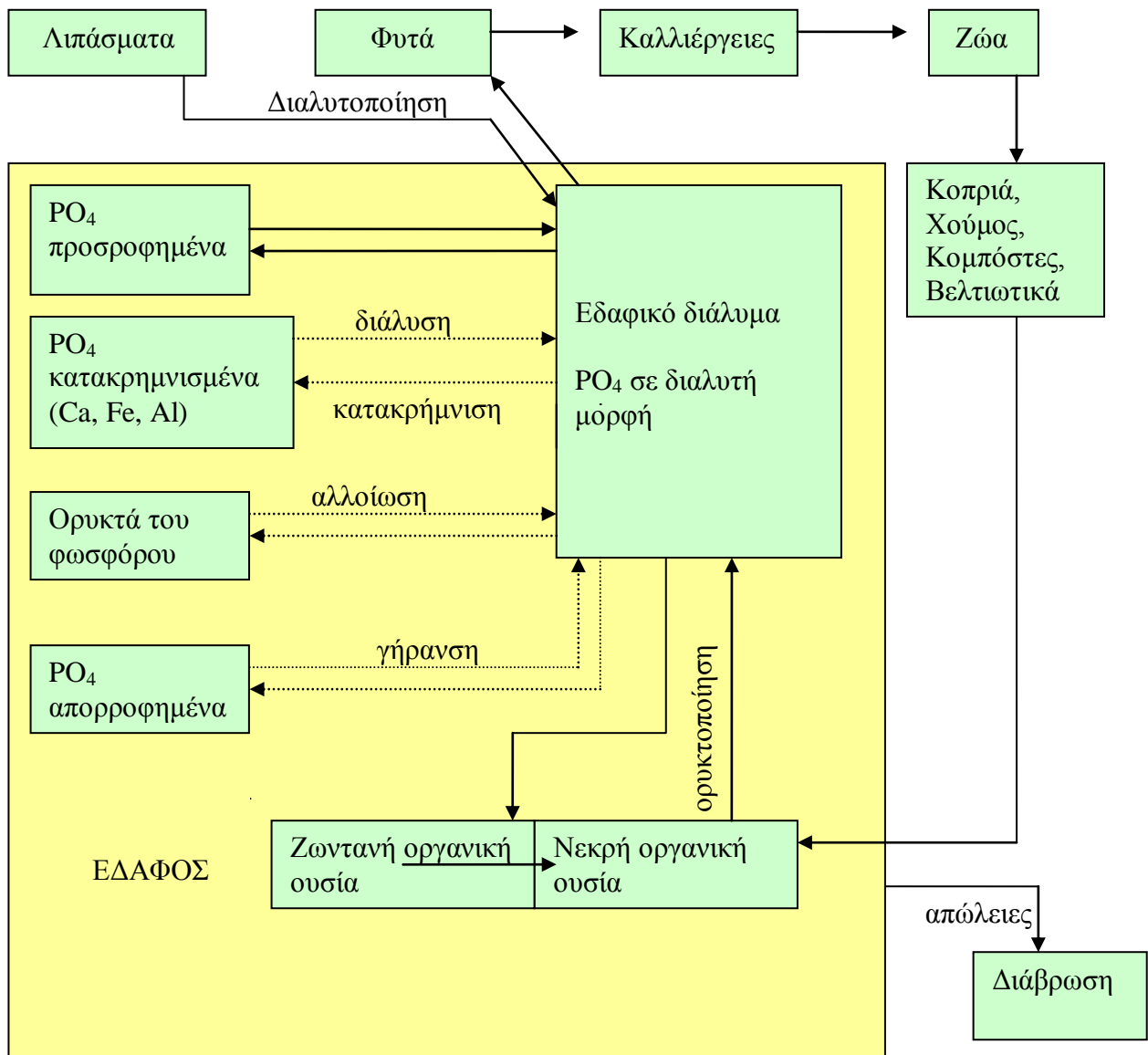


**Εικόνα 1.3.** Το φαινόμενο του ευτροφισμού

## 1.2 Ο φώσφορος του εδάφους

### 1.2.1 Οι μορφές του εδαφικού φωσφόρου

Οι μορφές του φωσφόρου στα εδάφη και οι δυναμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παριστάνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.1 Το δυναμικό σύστημα του φωσφόρου στο έδαφος (Gachon, Bull. Assoc.Fr.Etude Sol, 4:17, 1969)

#### 1.2.1.1 Ανόργανος φώσφορος - Ο φώσφορος του εδαφικού διαλύματος

Ο φώσφορος προσλαμβάνεται από τα φυτά κυρίως με τη μορφή των ιόντων  $H_2PO_4^-$  και  $HPO_4^{2-}$  με την οποία βρίσκεται στο εδαφικό διάλυμα. Η ποσότητα της καθέμιας μορφής στο εδαφικό διάλυμα εξαρτάται από το εδαφικό pH. Σε τιμές pH = 7,22 υπάρχουν ακριβώς ίσες ποσότητες των  $H_2PO_4^-$  και  $HPO_4^{2-}$  στο εδαφικό διάλυμα. Κάτω από αυτή τη τιμή pH τα  $H_2PO_4^-$  είναι η επικρατούσα μορφή στα

περισσότερα γεωργικά εδάφη. Τα  $\text{HPO}_4^{-2}$  γίνονται πιο σημαντικά σε τιμές pH μεγαλύτερες του 7,22. Η πρόσληψη των  $\text{HPO}_4^{-2}$  από τα φυτά είναι πολύ πιο βραδεία από ότι των  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

Οι απαιτούμενες συγκεντρώσεις του φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα εξαρτώνται πρωτίστως από το είδος της καλλιέργειας που αναπτύσσεται και από το επιθυμητό επίπεδο της απόδοσης της καλλιέργειας. Αυστραλοί ερευνητές υπολόγισαν ότι μια τιμή εδαφικού φωσφόρου μεταξύ 0,2 και 0,3 ppm είναι επαρκής για τις περισσότερες καλλιέργειες. Ο Φοξ του Πανεπιστημίου της Χαβάης μελέτησε τις συγκεντρώσεις του φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη των καλλιεργειών και προέρχονται από εισροές φωσφόρου στο έδαφος. Στο πίνακα 2.1 παρατίθενται οι βασικές απαιτήσεις σε φώσφορο για ορισμένες καλλιέργειες.

Είδος καλλιέργειας	Τοποθεσία (Εδαφος)	Κατά προσέγγιση P στο εδαφικό διάλυμα για ενδεικτικές αποδόσεις (ppm)	
		75% max	95 %max
Ταπιόκα (μανιότη)	Χαβάη	0,003	0,005
Φυστίκια	Χαβάη	0,003	0,01
Αραβόσιπος	Χαβάη	0,008	0,025
Σιτάρι	Ινδία, Πακιστάν	0,009	0,028
Λάχανο	Χαβάη	0,012	0,04
Πατάτες	Μπαγκλαντές	0,02	0,18
Μπιζέλια	Χαβάη	0,025	0,2
Τομάτες	Χαβάη	0,05	0,2
Μαρούλι	Χαβάη	0,10	0,3

**Πίνακας 2.1** Εκτιμώμενες συγκεντρώσεις του φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα συσχετιζόμενες με το 75% και το 95 % της μέγιστης απόδοσης των καλλιεργειών (Πηγή: Φοξ, Better Crops Plant Food, 66:24, Χειμώνας 1981-1982)

Οι βέλτιστες συγκεντρώσεις του φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα φυσικά δεν είναι σταθερές για ένα συγκεκριμένο είδος καλλιέργειας. Το στάδιο της ανάπτυξης των φυτών και η ύπαρξη συνθηκών στρες είναι παράγοντες οι οποίοι αναμένεται να τροποποιούν ουσιαστικά τις επιθυμητές ποσότητες του φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα.

Οι μηχανισμοί της διάχυσης και της μαζικής ροής συμμετέχουν στη κίνηση του φωσφόρου στα εδάφη:

Οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου σε γόνιμα καλλιεργούμενα εδάφη κυμαίνονται από 0,3 έως 3 ppm. Σε μη λιπασμένα εδάφη είναι συνήθως έως 0,05 ppm και σπανιότερα μεγαλύτερες από 0,3 ppm. Εάν λοιπόν η τιμή του 0,05 ppm θεωρηθεί

ως η πλέον συνήθης για τα μη λιπανθέντα εδάφη, η μαζική ροή έχει τη δυνατότητα να παράσχει μόνο το 1% του φωσφόρου που χρειάζονται τα φυτά. Σε γόνιμα εδάφη με συγκέντρωση φωσφόρου του εδαφικού διαλύματος κοντά στο 1ppm, η συνεισφορά της μαζικής ροής στη θρέψη των φυτών με φώσφορο ενδέχεται να πλησιάσει το 20 % των ολικών απαιτήσεων της καλλιέργειας (Tisdale et al, 1985).

Ο πλέον σημαντικός μηχανισμός που συνεισφέρει στη κινητικότητα του φωσφόρου και στην πρόσληψή του από τις ρίζες των φυτών είναι η διάχυση. Οι κυριότεροι παράγοντες που επιδρούν στη διάχυση του φωσφόρου είναι : (1) το επί τοις εκατό ποσοστό του εδάφους που βρίσκεται σε επαφή με το εδαφικό ύδωρ, (2) η μορφή της διαδρομής διάχυσης, (3) η ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους για το φώσφορο, και (4) η θερμοκρασία.

Η διατήρηση μιας κατάλληλης συγκέντρωσης φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα (intensity) εξαρτάται από το φώσφορο της στερεάς φάσης του εδάφους που μεταφέρεται στο εδαφικό διάλυμα για να αντικαταστήσει το φώσφορο που έχει προσληφθεί από τα φυτά. Η ποσότητα του εδάφους που δρα με αυτό τον τρόπο συνήθως αναφέρεται ως παράγοντας χωρητικότητας (capacity) ή ποσότητας (quantity). Ο όρος ποσότητα προτιμάται αφού ο κύριος σκοπός είναι να χρησιμοποιείται η χωρητικότητα για τη περιγραφή κλίσεων οι οποίες συσχετίζουν την ποσότητα με την ένταση. Ο ρυθμός σχηματισμού της οργανικής ουσίας και η αποσύνθεση αυτής επηρεάζουν την ένταση του φωσφόρου. Η ισορροπία που υπάρχει μεταξύ των διαφόρων επιμέρους συστατικών του παράγοντα ποσότητα του φωσφόρου και της έντασης του φωσφόρου είναι προφανής στην εικόνα 2.1.

Η ισορροπία του εδαφικού φωσφόρου μπορεί να παρασταθεί στην απλούστερη μορφή με το παρακάτω σχεδιάγραμμα :

**εδαφικό διάλυμα**  $\longleftrightarrow$  **διαθέσιμο κλάσμα**  $\longleftrightarrow$  **μη διαθέσιμο κλάσμα**

Το διαθέσιμο κλάσμα του εδαφικού φωσφόρου (labile soil phosphorus) είναι το εύκολα διαθέσιμο τμήμα του παράγοντα ποσότητα το οποίο παρουσιάζει ένα υψηλό ρυθμό απομάκρυνσης, επιτρέποντας την τάχιστα αναπλήρωση του εδαφικού διαλύματος με φώσφορο. Η εξάντληση των αποθεμάτων του διαθέσιμου κλάσματος του φωσφόρου οδηγεί στη μετατροπή του μη διαθέσιμου κλάσματος σε διαθέσιμο, διαδικασία που πραγματοποιείται με βραδείς ρυθμούς. Ως εκ τούτου, γίνεται προφανές ότι ο παράγοντας ποσότητα (quantity) του εδαφικού φωσφόρου

συνίσταται τόσο από το διαθέσιμο όσο και από το μη διαθέσιμο κλάσμα αυτού στο έδαφος.

Η ισορροπία που φαίνεται στην εικόνα 2.1 αλλά και στην παραπάνω σχέση μπορεί προσωρινά να διαταραχθεί είτε από την προσθήκη φωσφορικών λιπασμάτων, είτε από την ακινητοποίηση του εδαφικού φωσφόρου από μικροοργανισμούς, αλλά και λόγω της απότομης ορυκτοποίησης της οργανικής ουσίας του εδάφους, σαν αποτέλεσμα της κατεργασίας αυτού.

Οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα είναι μικρές (κυμαίνονται μεταξύ 1 και 50μM) και αυτό οφείλεται στην ισχυρή προσρόφηση του φωσφόρου από τις επιφάνειες των ορυκτών αλλά και στη μικρή διαλυτότητα των φωσφορικών ορυκτών. Οι τιμές των συγκεντρώσεων του φωσφόρου είναι το 1/10 των τιμών του καλίου και το 1/100 των τιμών των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων (Μήτσιος, 2004).

Ο φώσφορος σχηματίζει δυσδιάλυτες ενώσεις με  $Fe^{3+}$  και  $Al^{3+}$  σε χαμηλές τιμές pH, πιο ευδιάλυτες ενώσεις με  $Mg^{2+}$  και  $Ca^{2+}$  σε τιμές pH σχεδόν ουδέτερες και λιγότερο διαλυτές ενώσεις με το  $Ca^{2+}$  σε υψηλότερα pH.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι ενώσεις του φωσφόρου του εδάφους που σχηματίζονται ως προϊόντα αντίδρασης των φωσφορικών λιπασμάτων με τα συστατικά του εδάφους. Οι ενώσεις Ca – P παρουσιάζονται κατά σειρά αυξανόμενης διαλυτότητας (Μήτσιος, 2004).

Ενώσεις με Ca	
$3 Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_3$	Φθοριοαπατίτης
$3 Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3$	Ανθρακικός απατίτης
$3 Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$	Υδροξυαπατίτης
$3 Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaO$	Οξυαπατίτης
$3 Ca_3(PO_4)_2$	Φωσφορικό τριασβέστιο
$Ca_8H_2(PO_4)_6 \cdot 5H_2O$	Φωσφορικό οκτασβεστιο
$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	Φωσφορικό διασβέστιο
$Ca(H_2PO_4)_2$	Φωσφορικό μονοασβέστιο
Ενώσεις με Fe και Al	
$FePO_4 \cdot 2H_2O$	Στρεγκίτης
$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	Βιβιανίτης
$AlPO_4 \cdot 2H_2O$	Βαρισκίτης
$Al_3(NH_4)_3 \cdot H_6(PO_4)_8 \cdot 8H_2O$	NH <sub>4</sub> -Ταρανακίτης
$Al_3K_3H_6(PO_4)_8 \cdot 8H_2O$	K- Ταρανακίτης

**Πίνακας 2.3** Ενώσεις των φωσφορικών λιπασμάτων με τα συστατικά του εδάφους (Μήτσιος, 2004)



Οι απατίτες είναι από τα πλέον δυσδιάλυτα φωσφορικά ορυκτά ενώ οι απλούστερες ενώσεις Ca – P, δηλαδή το φωσφορικό μονοασβέστιο και το φωσφορικό διασβέστιο είναι οι πλέον ευδιάλυτες και διαθέσιμες στα φυτά. Στο έδαφος οι ευδιάλυτες ενώσεις Ca – P μεταπίπτουν σταδιακά σε πιο δυσδιάλυτες μορφές.

Τα ορυκτά στρεγκίτης και βαρισκίτης βρίσκονται σε ισχυρώς όξινα εδάφη, σχηματίζονται δε και ως προϊόντα αντίδρασης των φωσφορικών λιπασμάτων με υδροξείδια του Fe και του Al ( Μήτσιος, 2004).

#### *Αντιδράσεις μεταξύ των επιφανειών των ορυκτών και του διαλυτού φωσφόρου*

Οι επιφάνειες στις οποίες τα φωσφορικά ιόντα συγκρατούνται ανήκουν σε δύο κύριες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά επιφάνειες σταθερού φορτίου, όπως οι επιφάνειες των κρυστάλλων των αργιλικών ορυκτών, τα οποία αλληλεπιδρούν με το φώσφορο κυρίως μέσω των κατιόντων που συγκρατούνται στις πεπλατυσμένες επιφάνειές των. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει επιφάνειες μεταβλητού φορτίου και σε αυτή συγκαταλέγονται τα οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου και του αργιλίου καθώς και η οργανική ουσία, για τα οποία τα  $\text{OH}^-$  και τα  $\text{H}^+$  καθορίζουν το φορτίο της επιφανείας τους, καθώς και ο ασβεστίτης για τον οποίο τα  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{CO}_3^{2-}$  είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη του φορτίου.

Επιπρόσθετα σε αυτές τις δύο διακριτές κατηγορίες επιφανειών υπάρχουν κάποια αργιλικά ορυκτά όπως ο καολινίτης τα οποία έχουν θέσεις φορτίων που εξαρτώνται από το pH στις ακμές των κρυστάλλων τους. Επιπλέον, άμορφα κρυσταλλικά ορυκτά όπως τα αλλοφανή έχουν φορτίο εξαρτώμενο από το pH.

#### *Συγκράτηση σε επιφάνειες σταθερού φορτίου*

Η μεταβολή που πραγματοποιείται στο φορτίο της επιφανείας των αργιλικών ορυκτών λόγω της παρουσίας  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  και  $\text{Fe}^{3+}$  κοντά στις επιφάνειες των κρυστάλλων τους, έχει ως αποτέλεσμα τη προσρόφηση του φωσφόρου στις επιφάνειες των αργιλικών ορυκτών.

#### *Συγκράτηση σε επιφάνειες μεταβλητού φορτίου*

Τα ενυδατωμένα οξείδια του σιδήρου και του αργιλίου αποτελούν τις πιο σημαντικές κατηγορίες επιφανειών μεταβλητού φορτίου στα περισσότερα εδάφη,

εξαιρουμένων βέβαια των εδαφών που περιέχουν τύρφη και των εδαφών με υψηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο. Αυτά τα οξειδία χαρακτηρίζονται από μια επιφάνεια αρνητικά φορτισμένων υδροξυλομάδων, οι οποίες προσλαμβάνουν και αποσπούν πρωτόνια σύμφωνα με το δυναμικό οξύτητας που παρουσιάζουν και το pH του περιβάλλοντος. Κατά συνέπεια εμφανίζουν τόσο όξινες όσο και βασικές ιδιότητες έχοντας θετικό, αρνητικό ή και ουδέτερο φορτίο εξαρτώμενο από το pH. Η τιμή του pH κατά την οποία οι επιφάνειες φέρουν ίσες ποσότητες θετικού και αρνητικού φορτίου με αποτέλεσμα το καθαρό φορτίο να ισούται με μηδέν ονομάζεται σημείο μηδενικού φορτίου (PZC). Για τα οξειδία του σιδήρου και του αργιλίου η τιμή αυτή κυμαίνεται από 8 έως 9 ενώ στον καοлинίτη η τιμή PZC είναι 7. Σε τιμές pH κάτω από το PZC, ο φώσφορος και άλλα ανιόντα όπως τα θειικά, έλκονται στις θετικά φορτισμένες επιφάνειες των οξειδίων.

#### *Ανθρακικό ασβέστιο και προσρόφηση φωσφόρου*

Το ανθρακικό ασβέστιο που βρίσκεται στα εδάφη κυρίως με τη μορφή του ορυκτού ασβεστίτη αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στη προσρόφηση του φωσφόρου. Ο ασβεστίτης εμφανίζει αρνητικό φορτίο που οφείλεται στη μεγαλύτερη τάση των ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ , σε σχέση με τα ιόντα  $\text{CO}_3^{2-}$ , να εισέρχονται στο εδαφικό διάλυμα. Κατιόντα όπως το  $\text{Mg}^{2+}$  άλλα και υδροξυλομάδες μπορούν να απορροφηθούν στις επιφάνειες του ασβεστίτη, όμως κυρίως τα φωσφορικά ιόντα χημειοροφούνται στις επιφάνειες του.

Αυτή η αντίδραση του φωσφόρου με την επιφάνεια του ασβεστίτη προφανώς συμπεριλαμβάνει την απορρόφηση μικρών ποσοτήτων φωσφόρου ακολουθούμενη από τη κατακρήμνιση φωσφορικών του ασβεστίου σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Υδροξυαπατίτης σχηματίζεται σε μερικές αντιδράσεις προσρόφησης.

Η προσρόφηση του φωσφόρου από τον ασβεστίτη μπορεί να παρασταθεί με τις ισόθερμες του Langmuir. Μόνο ένα μικρό κλάσμα της επιφάνειας του ασβεστίτη, της τάξης του 5%, λαμβάνει μέρος στις αντιδράσεις με το φώσφορο. Σε συνέπεια αυτού, ο ασβεστίτης εξακολουθεί να παίζει ρόλο στη ρύθμιση του pH του εδαφικού διαλύματος παράλληλα με την αντίδραση του με το φώσφορο.

Η αρχική προσρόφηση στον ασβεστίτη συμβαίνει σε συγκεκριμένες θέσεις όπου τα φωσφορικά ιόντα σχηματίζουν επιφανειακές συστάδες. Αυτές οι συστάδες του άμορφου φωσφορικού ασβεστίου δρουν σα πυρήνες για την επακόλουθη κρυσταλλική ανάπτυξη. Το είδος των κρυσταλλικών φωσφορικών ενώσεων που

αναπτύσσονται από αυτούς τους πυρήνες φαίνεται ότι εξαρτάται από παράγοντες όπως η φύση των επιφανειών προσρόφησης του ασβεστίτη, οι συνθήκες του εδαφικού διαλύματος και ο χρόνος της αντίδρασης. Τα φωσφορικό διασβέστιο, φωσφορικό οκτασβέστιο και υδροξυαπατίτης είναι τα κυριότερα κρυσταλλικά ορυκτά των οποίων ο σχηματισμός έχει αναγνωρισθεί.

Υπάρχουν ενδείξεις από έρευνες των Freeman και Rowell (1981) ότι υπάρχει μια αλληλουχία στην προσρόφηση και κατακρήμνιση του φωσφόρου στον ασβεστίτη. Φαίνεται ότι το φωσφορικό διασβέστιο αρχικά σχηματίζεται ταχέως και στη συνέχεια με βραδείς ρυθμούς μετατρέπεται σε φωσφορικό οκτασβέστιο. Το φωσφορικό οκτασβέστιο πιθανότατα ενυπάρχει ως επικάλυψη του φωσφορικού διασβεστίου.

#### 1.2.1.2 Οργανικός φώσφορος

Γενικά θεωρείται ότι ο οργανικός φώσφορος στο έδαφος προέρχεται κατευθείαν ή μετά από βιοχημικές μετατροπές από τα φυτικά υπολείμματα και φύλλα στα οποία μέρος του φωσφόρου βρίσκεται με τη μορφή οργανικών ενώσεων. Τα επίπεδα του οργανικού φωσφόρου στα εδάφη ποικίλουν από τιμές μηδενικές έως και άνω του 0,2%. Οι συγκεντρώσεις αυτές συνδέονται με την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία τόσο μεταξύ των εδαφών όσο και στην εδαφική κατατομή. Επιπλέον, η περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας σε φώσφορο ποικίλλει.

Οι λόγοι του επί τοις εκατό ποσοστού του άνθρακα προς το επί τοις εκατό ποσοστό του αζώτου προς του επί τοις εκατό ποσοστού του οργανικού φωσφόρου ποικίλλουν σημαντικά, αν και συνήθως ο λόγος του N : οργανικός P κυμαίνεται μεταξύ 10:1 και 10:2 (Barrow, 1961).

Έχει παρατηρηθεί ότι ο λόγος C:P ποικίλλει περισσότερο από το λόγο C:N με πιθανή εξήγηση ότι τα άτομα του αζώτου χημικά συνδέονται με το χουμικό οξύ εντός της δομής του, σε αντίθεση με τον οργανικό φώσφορο που βρίσκεται περιφερειακά στη δομή του χουμικού οξέος.

Οι χημικές μορφές του οργανικού φωσφόρου περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό από εστέρες φωσφορικών εστέρων φωσφορολιπιδίων, νουκλεονικών οξέων και φωσφόρου χημικά συνδεδεμένου με το άμυλο (Μήτσιος, 2004).

Οι μελέτες που έγιναν όσον αφορά την ανοργανοποίηση του οργανικού φωσφόρου στα εδάφη δεν είναι πολυάριθμες λόγω της δυσκολίας που υπάρχει στο να προσδιορισθεί η προέλευσή του, αν προέρχεται δηλαδή από ανόργανες ή

οργανικές μορφές οι οποίες ενυπάρχουν ταυτόχρονα. Μεγαλύτερες ακόμη δυσκολίες προκύπτουν από το γεγονός ότι ο οργανικός φώσφορος αντιδρά ταχέως με ποικίλα εδαφικά συστατικά σχηματίζοντας αδιάλυτες ενώσεις και σύμπλοκα (Tisdale et al., 1985).

Τα ένζυμα φωσφατάσες παίζουν σημαντικό ρόλο στην ορυκτοποίηση του οργανικού φωσφόρου στα εδάφη. Αποτελούν δε οι φωσφατάσες μία μεγάλη ομάδα ενζύμων που καταλύουν την υδρόλυση τόσο των εστέρων όσο και των ανυδριτών του φωσφορικού οξέος. Στα εδάφη βρίσκεται μία μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών που μέσα από τις δράσεις των ενζύμων τους έχουν την ικανότητα να ορυκτοποιούν όλες τις γνωστές φωσφορικές ενώσεις φυτικής προέλευσης. Έχει αποδειχθεί ότι η δραστηριότητα των φωσφατασών ενός εδάφους εξαρτάται από τη συνδυαστική λειτουργία της μικροχλωρίδας του εδάφους και των ελεύθερων ενζύμων που βρίσκονται σε αυτό (Tabatabai et al., 1979).

Η ορυκτοποίηση του οργανικού φωσφόρου έχει μελετηθεί σε σχέση με την αναλογία C/N/P στα εδάφη. Έχει προταθεί μια αναλογία C/N/P του 100:10:1 για την οργανική ουσία του εδάφους όμως, έχουν επίσης βρεθεί τιμές που ποικίλουν από 229:10:0,39 έως 71:10:3,05. Έχει προταθεί ότι αν η αναλογία C/P είναι 200:1 ή μικρότερη, η ορυκτοποίηση του φωσφόρου γίνεται κανονικά, ενώ αν υπάρχει αναλογία μεγαλύτερη από 300:1, θα συμβεί ακινητοποίηση του φωσφόρου. Τέλος, μερικοί Αυστραλοί ερευνητές πιστεύουν ότι η αναλογία N:P είναι στενά συνδεδεμένη με την ορυκτοποίηση η ακινητοποίηση του φωσφόρου και ότι η έλλειψη του ενός στοιχείου προκαλεί αυξημένη ορυκτοποίηση στο άλλο.

## 1.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκράτηση του φωσφόρου στα εδάφη.

### 1. Φύση και ποσότητες των συστατικών του εδάφους

Οι αντιδράσεις προσρόφησης και από-προσρόφησης του φωσφόρου του εδάφους επηρεάζονται από το είδος των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με το φώσφορο του εδαφικού διαλύματος.

#### *Ένυδρα οξείδια του Fe και του Al.*

Ιδιαίτερα τα ένυδρα οξείδια του σιδήρου, τα οποία βρίσκονται κυρίως σε έντονα αποσαθρωμένα εδάφη, έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν πολύ μεγάλες ποσότητες φωσφόρου.

Επιπλέον, σε εδάφη με σημαντική περιεκτικότητα σε οξειδία του Fe και του Al, όσο λιγότερο κρυσταλλικά είναι τα οξειδία, τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα δέσμευσης των φωσφορικών ιόντων από αυτά λόγω των μεγαλύτερων επιφανειών που παρουσιάζουν. Γενικά, τα κρυσταλλικά ένυδρα μεταλλικά οξειδία έχουν μεγαλύτερη δεσμευτική ικανότητα από τα αργιλοπυριτικά ορυκτά, όσον αφορά το φώσφορο που συγκρατούν.

#### *Το είδος των αργιλικών ορυκτών*

Εδάφη πλούσια σε καολινίτη έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν ή να συγκρατούν μεγαλύτερες ποσότητες φωσφορικών από εδάφη που περιέχουν αργιλικά ορυκτά τύπου 2:1. Οι μεγαλύτερες ποσότητες φωσφορικών που δεσμεύονται από τα 1:1 αργιλικά ορυκτά οφείλονται πιθανότατα στις μεγαλύτερες ποσότητες ένυδρων οξειδίων του Fe και του Al που συσχετίζονται με τις καολινιτικές αργίλους. Επιπλέον, ο καολινίτης αναπτύσσει φορτίο εξαρτώμενο από το pH στις ακμές του με αποτέλεσμα αντιδράσεις προσρόφησης με το φώσφορο.

#### *Η περιεκτικότητα σε άργιλο*

Εδάφη τα οποία περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες αργίλου έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν περισσότερο φώσφορο συγκριτικά με εκείνα που περιέχουν μικρότερες. Με άλλα λόγια, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια ενός συγκεκριμένου αργιλικού ορυκτού που είναι εκτεθειμένη στο εδαφικό διάλυμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση για συγκράτηση του φωσφόρου από αυτή.

#### *Τα άμορφα κολλοειδή*

Σε νεαρά εδάφη όπως τα Xerands, η δομή είναι συνήθως ασήμαντη λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας αυτών σε άμορφα κολλοειδή συστατικά. Η συγκράτηση του φωσφόρου στα εδάφη αυτά είναι στενά συνδεδεμένη με την περιεκτικότητα τους σε άμορφα κολλοειδή και με την έκταση της επιφάνειας των. Η τέφρα των ηφαιστειών είναι ένα μητρικό υλικό αυτών των εδαφών και η αποσάθρωση της προσδίδει στα εδάφη υψηλή ικανότητα συγκράτησης φωσφόρου.

Τα άμορφα αργιλοπυριτικά ορυκτά όπως τα αλλοφανή έχουν μεγάλο αρνητικό φορτίο το οποίο εξισορροπείται μερικώς ή ολικώς από σύμπλοκα κατιόντα αργιλίου. Ο φώσφορος συγκρατείται στα αλλοφανή αντιδρώντας με αυτά τα κατιόντα.

## *Ανθρακικό ασβέστιο*

Ένα μικρό ποσοστό της ικανότητας των εδαφών να προσροφούν φώσφορο οφείλεται στο  $\text{CaCO}_3$  που αυτά περιέχουν. Στην πραγματικότητα, ίσως η προσρόφηση του φωσφόρου στο ανθρακικό ασβέστιο οφείλεται στις προσμίξεις του με ένυδρα οξειδία του σιδήρου.

Η ποσότητα και η ενεργότητα του  $\text{CaCO}_3$  επηρεάζουν τη δέσμευση του φωσφόρου. Μη καθαροί ασβεστίτες αλλά και εκείνοι που παρουσιάζουν μεγάλη ειδική επιφάνεια έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη προσρόφηση του φωσφόρου και τον εξαιρετικά ταχύ σχηματισμό άσβεστο – φωσφορικών κατακρημνισμάτων.

Η δραστηριότητα του φωσφόρου είναι μικρότερη σε εδάφη τα οποία περιέχουν υψηλά ποσοστά  $\text{Ca}^{2+}$ , σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε πολύ ενεργό  $\text{CaCO}_3$  αλλά και σε εδάφη στα οποία η άργιλος είναι κατά ένα μεγάλο ποσοστό κορεσμένη με ασβέστιο. Συνεπώς, για να επιτευχθεί ένα επιθυμητό επίπεδο φωσφόρου στα συγκεκριμένα εδάφη, είναι απαραίτητο να προστεθούν μεγάλες ποσότητες φωσφορικών λιπασμάτων.

## *2. Επίδραση του pH*

Το εδαφικό pH έχει προφανή επιρροή στις ποσότητες και στο τρόπο με τον οποίο ο φώσφορος του εδαφικού διαλύματος δεσμεύεται.

Η προσρόφηση του φωσφόρου από τα οξειδία του Fe και του Al μειώνεται, αυξανόμενου του pH του εδαφικού διαλύματος. Ο γκιψίτης [ $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$ ] προσροφά τις μεγαλύτερες ποσότητες φωσφόρου σε τιμές pH μεταξύ 4 και 5. Η προσρόφηση του φωσφόρου από το γκαιίτη ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) ελαττώνεται συνεχώς μεταξύ των τιμών pH 3 και 12.

Η διαθεσιμότητα του φωσφόρου στα περισσότερα εδάφη είναι μεγαλύτερη όταν το pH κυμαίνεται από 6 έως 6,5. Σε χαμηλές τιμές pH, η συγκράτηση του φωσφόρου είναι αποτέλεσμα της αντίδρασής του με τα ένυδρα οξειδία του Fe και του Al. Σε τιμές pH άνω του 7, τα ιόντα του Ca και του Mg προκαλούν κατακρήμνιση του προστιθέμενου φωσφόρου και η διαθεσιμότητα του ξανά ελαττώνεται.

## *3. Επίδραση κατιόντων*

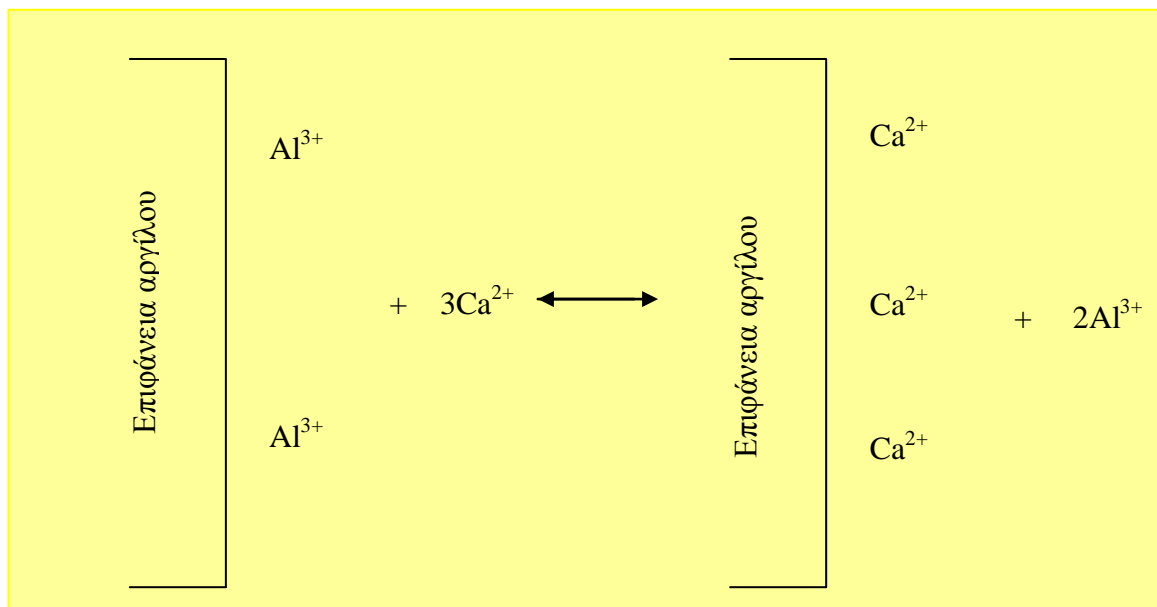
Η προσρόφηση του φωσφόρου στα εδάφη επηρεάζεται από το είδος και τις συγκεντρώσεις των κατιόντων στο εδαφικό σύστημα.

Η παρουσία των δισθενών κατιόντων ενθαρρύνει τη συγκράτηση φωσφόρου σε σχέση με τα μονοσθενή κατιόντα. Για παράδειγμα, άργιλος κορεσμένη με ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  μπορεί να συγκρατήσει μεγαλύτερες ποσότητες φωσφόρου σε σχέση με άργιλο κορεσμένη με νάτριο ή άλλα μονοσθενή κατιόντα. Πιθανή εξήγηση αυτής της συμπεριφοράς του  $\text{Ca}^{2+}$  αποτελεί το γεγονός ότι κάνει τις θετικά φορτισμένες ακμές των κρυσταλλικών ορυκτών πιο προσβάσιμες για τα φωσφορικά ανιόντα. Αυτή η δράση του ασβεστίου είναι πιθανή σε τιμές pH ελαφρώς χαμηλότερες από 6,5, όμως σε εδάφη περισσότερο βασικά, το φωσφορικό διασβέστιο και άλλα πιο βασικά φωσφορικά πιθανότατα θα κατακρημνίζονταν απευθείας από το εδαφικό διάλυμα.

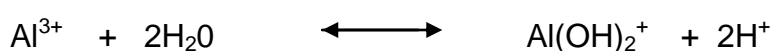
Η συγκέντρωση του ανταλλαξιμού αργιλίου είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας στη συγκράτηση του φωσφόρου στα εδάφη. Αυτό τεκμαίρεται από το γεγονός ότι 1 meq Al ανά 100 g εδάφους αν υποστεί πλήρη υδρόλυση, έχει την ικανότητα να δεσμεύσει πάνω από 102 ppm φωσφόρου από το εδαφικό διάλυμα.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται σχηματικά ένας από τους τρόπους με τους οποίους το υδρολυόμενο αργίλιο μπορεί να δεσμεύσει διαλυτό φώσφορο:

#### **Ανταλλαγή κατιόντων:**



#### **Υδρόλυση :**



#### **Κατακρήμνιση και/ή Προσρόφηση :**



#### 4. Επίδραση ανιόντων

Τόσο τα ανόργανα όσο και τα οργανικά ανιόντα είναι ανταγωνιστικά με το φώσφορο, σε ποικίλους φυσικά βαθμούς, όσον αφορά τις θέσεις προσρόφησης και αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε μερικές περιπτώσεις την ελάττωση της προσρόφησης του προστιθέμενου φωσφόρου ή και την από-προσρόφηση του συγκρατημένου.

Ανόργανα ανιόντα όπως τα χλωριόντα και τα νιτρικά είναι μικρής σημασίας ενώ άλλα όπως οι υδροξυλομάδες, τα θειικά ιόντα και τα μολυβδαινικά μπορεί να καταστούν πολύ ανταγωνιστικά. Η ισχύς με την οποία τα διάφορα ανιόντα συγκρατούνται στις επιφάνειες προσρόφησης προσδιορίζουν την ανταγωνιστική ικανότητα του ανιόντος.

Τα οργανικά ανιόντα από διάφορες πηγές όπως για παράδειγμα τα επεξεργασμένα απόβλητα μπορούν να επιδράσουν στις αντιδράσεις προσρόφησης και αποπροσρόφησης του φωσφόρου στα εδάφη.

Ο βαθμός στον οποίο αυτά επιδρούν εξαρτάται από τη μοριακή τους δομή και σαφώς από το εδαφικό pH. Έχει βρεθεί ότι οργανικά ανιόντα, όπως τα κιτρικά, τα οποία σχηματίζουν σταθερά σύμπλοκα με το Fe και το Al των εδαφικών συστατικών είναι ιδιαίτερα δραστικά στη μείωση της προσρόφησης του φωσφόρου.

Τα ανιόντα του τρικαρβοξυλικού οξέος είναι πιο δραστικά στη μείωση της προσρόφησης του φωσφόρου από εκείνα των δικαρβοξυλικών ή μονοκαρβοξυλικών οξέων. Τα οξαλικά και τα κιτρικά οξέα έχει αποδειχθεί ότι βρίσκονται προσροφημένα στις εδαφικές επιφάνειες με τρόπο παρόμοιο με τα φωσφορικά.

#### 5. Κορεσμός του εδαφικού συμπλόκου

Οι ποσότητες του φωσφόρου που προσροφούνται από τα εδάφη εξαρτώνται από το κορεσμό του εδαφικού συμπλόκου ή τις θέσεις που είναι διαθέσιμες για αντίδραση με τα προστιθέμενα φωσφορικά. Η αποπροσρόφηση του φωσφόρου επηρεάζεται ισχυρώς κατά τον ίδιο τρόπο από την έκταση του κορεσμού του εδαφικού συμπλόκου.

Έχει βρεθεί ότι υπάρχει μια σαφής σχέση μεταξύ του ποσού της δέσμευσης των προστιθέμενων φωσφορικών λιπασμάτων και της αναλογίας  $R_2O_3/P_2O_5$  του εδάφους. Η αναλογία αυτή αποτελεί ένα μέτρο του ποσού του φωσφόρου που υπάρχει σε σχέση με την περιεκτικότητα σε οξείδια του Fe και του Al του εδάφους. Μία μεγάλη αναλογία υποδεικνύει μικρή ποσότητα του φωσφόρου στο έδαφος ή



χαμηλή τιμή κορεσμού του εδάφους με φώσφορο. Υπό τέτοιες λοιπόν συνθήκες μεγαλύτερες ποσότητες φωσφορικών λιπασμάτων δεσμεύονται.

Η πρακτική σημασία της παραπάνω σχέσης είναι ότι σε εδάφη τα οποία έχουν υποστεί φωσφορική λίπανση για αρκετά έτη: 1) υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί μείωση των ποσοτήτων των προστιθέμενων φωσφορικών λιπασμάτων και 2) να γίνει καλύτερη αξιοποίηση του εδαφικού φωσφόρου.

#### *6. Οργανική ουσία του εδάφους*

Έχει αποδειχθεί από ερευνητές στη Καλιφόρνια ότι οι ενώσεις του οργανικού φωσφόρου μπορούν να μετακινηθούν στα εδάφη σε μεγαλύτερα βάθη από ότι ο διαλυμένος ανόργανος φώσφορος. Ένα εύρος διαφόρων οργανικών ενώσεων του φωσφόρου μετακινήθηκε 4 με 6 φορές βαθύτερα σε αργιλοπηλώδες έδαφος από ότι μετακινήθηκε ο ανόργανος φώσφορος.

Ο Olsen (USDA, Colorado State University) παρατήρησε αξιόλογη κίνηση του φωσφόρου προς τα κάτω σε συνέπεια της προσθήκης κοπριάς σε ένα ιλυοαργιλοπηλώδες έδαφος. Συγκεκριμένα, το δεύτερο έτος μετά την εφαρμογή της οργανικής λίπανσης παρατηρήθηκε αύξηση του φωσφόρου σε βάθος 30 έως 60 cm.

Οι Campbell και Racz (University of Manitoba) παρατήρησαν μεγαλύτερα επίπεδα εκχυλίσμου φωσφόρου, σε βάθη 120 έως 150 cm, σε ένα έδαφος πλούσιο σε οργανική ουσία από ότι σε παρακείμενο έδαφος.

Η επίδραση στη διαθεσιμότητα του εδαφικού φωσφόρου ορισμένων ενώσεων που προκύπτουν από την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, είναι μεγάλης σημασίας. Αρκετοί ερευνητές έχουν αναφέρει ότι ο χούμος του εδάφους αυξάνει τη διαλυτότητα του φωσφόρου. Αυτό έχει ποικιλοτρόπως αποδοθεί α) στο σχηματισμό φωσφοροχουμικών συμπλόκων τα οποία είναι πιο εύκολα αφομοιώσιμα από τα φυτά β) στην αντικατάσταση των φωσφορικών ανιόντων από τα ιόντα του χούμου, και γ) στην επικάλυψη των σχιστολιθικών τεμαχιδίων από το χούμο και στο σχηματισμό ενός προστατευτικού καλύμματος με αποτέλεσμα τη μείωση της δεσμευτικής (ως προς στο φώσφορο) ικανότητας του εδάφους.

Ερευνητές του Πειραματικού Σταθμού της Μασαχουσέτης παρατήρησαν ότι συγκεκριμένα οργανικά ανιόντα που προκύπτουν από την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν σταθερά σύμπλοκα με το Fe και το Al, εμποδίζοντας έτσι την αντίδραση τους με το φώσφορο. Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι αυτά τα σύμπλοκα ανιόντα απελευθερώνουν φώσφορο

δεσμευμένο από τα Fe και Al με τον ίδιο ακριβώς μηχανισμό. Τα πλέον αποτελεσματικά ανιόντα στην αντικατάσταση των φωσφορικών ιόντων είναι τα κιτρικά, οξαλικά, ταρτρικά και μαλεϊκά, μερικά εκ των οποίων μπορούν να παραχθούν κατά την αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας.

Έχει βρεθεί ότι η προσρόφηση του φωσφόρου συνδέεται με την περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανικό άνθρακα. Αρχικά υπήρχε η άποψη ότι η προσρόφηση ήταν συνδεδεμένη με την ανταλλαγή των φωσφορικών ιόντων με τις υδροξυλομάδες της οργανικής ουσίας. Πιο πρόσφατα ερευνητικά αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι η παρουσία του αργιλίου και σε μικρότερο βαθμό του σιδήρου που είναι προσροφημένα στην οργανική ουσία του εδάφους και επιδρούν στη προσρόφηση του φωσφόρου.

## 7. Θερμοκρασία

Υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν ελαφρώς τη διαλυτότητα ενώσεων όπως οι απατίτης, υδροξυαπατίτης, φωσφορικό οκτασβέστιο, βαρισκίτης και στρεγκίτης. Η ορυκτοποίηση του φωσφόρου από την οργανική ουσία του εδάφους ή από τα φυτικά υπολείμματα εξαρτάται από τη μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους και συνεπώς αύξηση στη θερμοκρασία αναμένεται να προκαλέσει αύξηση αυτής της δραστηριότητας.

Τα εδάφη σε θερμά κλίματα έχουν μεγαλύτερη δεσμευτική ικανότητα σε φώσφορο από ότι τα εδάφη μέσης θερμοκρασίας. Τα θερμότερα κλίματα επίσης παραπέμπουν σε εδάφη με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε υδροξείδια του Fe και του Al.

### 1.2.3 Οι επιδράσεις του φωσφόρου στο περιβάλλον

Οι αρνητικές επιδράσεις του φωσφόρου στο περιβάλλον σχετίζονται με τη ρυπογόνο δράση του στοιχείου αυτού στα υδατικά οικοσυστήματα καθώς και στη ποιότητα του ποσίου ύδατος, όταν η συγκέντρωση του υπερβεί κάποια όρια. Σε εντατικές γεωργοκτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις οι εισροές φωσφόρου στο οικοσύστημα είναι αυξημένες προερχόμενες από τα χημικά λιπάσματα, τη ζωική κόπρη και τα άλλα κτηνοτροφικά απόβλητα. Τα βιομηχανικά φωσφορικά λιπάσματα ελέγχονται ως προς τη περιεκτικότητα αυτών σε βαρέα μέταλλα προερχόμενα από τις φυσικές πρώτες ύλες (φωσφορικά ορυκτά) παραγωγής των λιπασμάτων.

### 1.2.3.1 Φώσφορος, ποιότητα ύδατος και ευτροφισμός

Ο φώσφορος θεωρείται ότι είναι ένας παράγοντας ευτροφισμού των λιμναίων συστημάτων γλυκών νερών. Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζονται παράγοντες ευτροφισμού μεγάλων λιμνών της Ελλάδος. Ο ΕΟCD (1982) έχει καθορίσει τις μέσες περιεκτικότητες ολικού φωσφόρου στους σχηματισμούς γλυκού ύδατος στους οποίους αντιστοιχούν με αυξημένη πιθανότητα οι καταστάσεις ολιγοτροφισμού, μεσοτροφισμού, ευτροφισμού και υπερτροφισμού. Οι περιεκτικότητες είναι αντιστοίχως 25, 75, 90 και 1000  $\mu\text{g}$  ολικού P ανά λίτρο.

Το κατώτατο όριο περιεκτικότητας σε P των λιμναίων υδάτων που ευνοεί τη γρήγορη αύξηση του φυτοπλαγκτού (φωτοσυνθετικών μονοκύτταρων φυκών) είναι τα 20  $\mu\text{g}$  ανά λίτρο αν η βιοδιαθεσιμότητα του P είναι επαρκής και με τη προϋπόθεση επάρκειας του αζώτου και των άλλων απαραίτητων θρεπτικών. Η βιοδιαθεσιμότητα του ολικού φωσφόρου των υδάτων εξαρτάται από τα φυσικοχημικά του κατάσταση και ειδικότερα από την υδατοδιαλυτότητα του.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ποιοτικά κριτήρια του ύδατος για οικιακή χρήση με την οδηγία “ποσίμου ύδατος” (Drinking water Directive 80/778/EEC), η οποία καθορίζει ως το ανώτατο αποδεκτό όριο τα 5000  $\mu\text{g}$   $\text{P}_2\text{O}_5$  (ή 2200 $\mu\text{g}$  P ανά λίτρο) με συνιστώμενη τιμή τα 400  $\mu\text{g}$   $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Από μελέτη που έγινε σε εδάφη της Ελασσόνας το 2003 βρέθηκε ότι η συγκέντρωση του διαθεσίμου φωσφόρου των εδαφών της περιοχής σε βάθος 0 – 30 cm κυμαινόταν από 8 έως 186  $\text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους με μέση τιμή 52  $\text{mg kg}^{-1}$  ξ. ε. ενώ για τα εδάφη σε βάθος 30 – 60 cm η συγκέντρωση του διαθεσίμου φωσφόρου κυμαινόταν από 6  $\text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους έως 121  $\text{mg kg}^{-1}$  ξ.ε., η δε μέση τιμή ήταν 34  $\text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους (Γκίζας, 2003).

Οι Johnson και Poulton (1997), παρατηρούν ότι στα ύδατα αποστράγγισης των εδαφών που καλλιεργούνται, μια συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου 20  $\mu\text{g L}^{-1}$  (αρκετή για την έναρξη ευτροφισμού) είναι φαινόμενο σύνηθες, διότι αντιστοιχεί σε απώλεια μόνο 0,05  $\text{kg P ha}^{-1}$  με όγκο αποστραγγιστικού ύδατος ύψους 250 mm

**Πίνακας 2.4** Παράμετροι ευτροφισμού μερικών μεγάλων λιμνών

Παράμετροι	Λίμνες			
	Ζάζαρη <sup>1</sup>	Κορώνια <sup>2</sup>	Καστοριά <sup>3</sup>	Κερκίνη <sup>4</sup>
Θερμοκρασία	0 - 23,7	0,5 - 20		6,5 – 27,5
Διαλυμένο $\text{O}_2$	0 - 170	58 - 160	0,1 – 12,1 (a)	2,5 – 14,6

<b>pH</b>	7,52 - 8,56	8,1 – 9,5	5,9 – 9,5	7,2 – 9,3
<b>Ηλεκτρική αγωγιμότητα (mmhos.cm<sup>-1</sup>)</b>	0,135 - 9,217	0,8 – 1,88	50 - 310	
<b>Διαφάνεια Secchi (m)</b>	0,35 – 0,92	0,4 – 0,6	0,5 – 2,8	0,1 – 1,2
<b>Χλωροφύλλη – α (mg/m<sup>3</sup>)</b>	11,3 – 45,5	32 - 48	187	
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/L)</b>	3 - 5	134 - 193	7,4	
<b>Θειικά ιόντα (mg/L)</b>	2 - 4	18 - 24		10 – 17,5
<b>BOD<sub>5</sub> (mg/L)</b>	4 -7,6			1,2 – 6
<b>NO<sub>3</sub>-N (mg/L)</b>	20 - 400	147 - 166	5 - 1011	6 – 1477
<b>NH<sub>4</sub>-N (mg/L)</b>				0,05 – 0,48
<b>Ολικός P (mg/L)</b>	90* - 450**	100* - 170**	28,1 – 87,6	10 – 320
<b>Κατάσταση ευτροφισμού</b>	Υπερτροφική	Υπερτροφική	Υπερτροφική	Υπερτροφική

(Πηγές:1. Μουρκίδης και συνεργάτες - 1981, 2. Μουρκίδης και Τσικρίσης -1998, 3. Κουσούρης και άλλοι – 1991, 4. Φώτης – 1988)

### 1.2.3.2 Απώλειες φωσφόρου από τα εδάφη

Η απομάκρυνση του φωσφόρου διαμέσου του ύδατος μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους ( Reyden et al., 1973;Morgan, 1997) :

- Υδατοδιαλυτός φώσφορος ή και τεμαχιδιακός φώσφορος που απομακρύνεται από το έδαφος με την επιφανειακή απορροή του ύδατος των βροχοπτώσεων και με τη διάβρωση του εδάφους.
- Υδατοδιαλυτός φώσφορος ή και τεμαχιδιακός φώσφορος παρασυρόμενος με το καθοδικό ρεύμα του ύδατος των βροχοπτώσεων, το οποίο κινούμενο διαμέσου του εδάφους καταλήγει σε ρυάκια ή ποτάμια, χωρίς να φτάσει στον κύριο υπεδάφιο υδροφόρο ορίζοντα (υπεδάφια απορροή – subsurface run off).
- Υδατοδιαλυτός φώσφορος ή και τεμαχιδιακός φώσφορος, που απομακρύνεται με έκπλυση (leaching), δηλαδή παραλαμβάνεται από το καθοδικό ρεύμα του ύδατος του εδάφους, φτάνει στον υδροφόρο ορίζοντα και διηθείται σε ποτάμια ρυάκια ή λίμνες.

Το μεγαλύτερο ποσοστό (60 – 90%) του φωσφόρου που απομακρύνεται από τα εδάφη είναι ορθοφωσφορικά ιόντα τα οποία είναι προσροφημένα σε ανόργανα ή

οργανικά τεμαχίδια (Sharpley και Lemunyon, 1997;1992, Sharpley και Rekolainen, 1997).

Το σύνολο των μορφών αυτών μαζί με τις δυσδιάλυτες χημικές ενώσεις του φωσφόρου αποτελούν το δυσδιάλυτο φώσφορο (Particulate P-PP) σε αντίθεση με το διαλυτό φώσφορο (Dissolved P-DP).

Η βιοδιαθεσιμότητα του PP για την υδρόβια μικροχλωρίδα κυμαίνεται εντός ευρύτατων ορίων, από 10% έως 90 % (Sharpley και Rekolainen,1977). Τα κλάσματα DP και βιοδιαθέσιμος φώσφορος (BAP) αποτελούν το κλάσμα του ολικού φωσφόρου ενός υδατικού οικοσυστήματος που είναι διαθέσιμο για πρόσληψη από την υδρόβια χλωρίδα και προκαλεί ευτροφισμό.

## 1.3 Τηλεπισκόπηση (remote sensing)

### 1.3.1 Ορισμός της Τηλεπισκόπησης

Ως τηλεπισκόπηση (remote sensing) αναφέρεται η διαδικασία της συγκέντρωσης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, από ορισμένη απόσταση, χωρίς να υπάρχει επαφή με αυτό το αντικείμενο.

Ο Colwell (1997) όρισε τη τηλεπισκόπηση τη τέχνη, επιστήμη και τεχνολογία της απόκτησης αξιόπιστων πληροφοριών για φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον, μέσω μιας διαδικασίας καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας εικόνων και ψηφιακών αναπαραστάσεων σχεδίων παραγόμενων από συστήματα αισθητήρων εξ' αποστάσεως.

Ο Sabins (1978) αναφέρει ότι η τηλεπισκόπηση μπορεί ευρέως να προσδιοριστεί ως η συλλογή πληροφοριών σχετικά με ένα αντικείμενο χωρίς να υπάρχει φυσική επαφή με αυτό. Τα αεροσκάφη και οι δορυφόροι είναι τα κύρια μέσα, μέσω των οποίων πραγματοποιούνται οι παρατηρήσεις. Ο όρος τηλεπισκόπηση έχει να κάνει με μεθόδους που χρησιμοποιούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ως μέσο ανίχνευσης και μέτρησης ορισμένων στόχων – χαρακτηριστικών.

Εικόνα τηλεπισκόπησης (Remote sensing image) είναι ή εικόνα που λαμβάνεται ή καταγράφεται με τα μέσα τηλεπισκόπησης. Είναι το προϊόν που αποκτάται δια μέσου της χρήσεως ορισμένων μηχανών ή μηχανισμών όπως είναι: (1) οι φωτογραφικές μηχανές, (2) οι οπτικό-μηχανικοί σαρωτές, (3) οι ανιχνευτές οι οποίοι καταγράφουν εικόνες και οι οποίοι μηχανισμοί προσαρτώνται πάνω σ' ένα αεροσκάφος ή διαστημική πλατφόρμα (Φλωράς, 2003).

### 1.3.2 Ιστορική αναδρομή της τηλεπισκόπησης

Οι πρώτες αεροφωτογραφίες τραβήχτηκαν το 1858 από αερόστατο από το Γάλλο Gaspaed Felix Tournachon. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1861 οι αεροφωτογραφίες έγιναν εργαλείο για στρατιωτική χρήση κατά τη διάρκεια του πολέμου. Το 1909 ο Wilbert Wright τράβηξε για πρώτη φορά αεροφωτογραφίες εν πτήση με αεροπλάνο. Οι πρώτες αεροφωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία χαρτών παρουσιάστηκαν σε δημοσίευση το 1913 από τον Captain Tardivo κατά τη διάρκεια του Διεθνούς Συνεδρίου Φωτογραμμετρίας.

Στρατιωτικές αεροφωτογραφίες χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο εύρος κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Μετά το πέρας του Α΄ Παγκοσμίου πολέμου και κατά τη διάρκεια του 1930, ιδιωτικές εταιρίες προσέλαβαν εξειδικευμένο πλέον προσωπικό με σκοπό τη παραγωγή τοπογραφικών χαρτών, χαρτών διαχείρισης δασών και εδαφολογικών χαρτών από αεροφωτογραφίες.

Ο Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος σήμανε την ανάπτυξη των υπέρυθρων φιλμ από τον Αμερικανικό στρατό (1942) και οι φωτογραφίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν ευρέως για την ανίχνευση εχθρικών δυνάμεων και εξοπλισμού. Το αποτέλεσμα τους ήταν η συγκέντρωση πολλών πληροφοριών κατασκοπείας, εξαιρετικά χρήσιμων για την περίοδο εκείνη.

Ο στρατός των Η.Π.Α. και άλλες κυβερνητικές υπηρεσίες όπως η Ν.Α.Σ.Α. συνέχισαν να αναπτύσσουν τη χρήση της τηλεπισκόπησης κατά τη διάρκεια της περιόδου του ψυχρού πολέμου. Το 1960 σήμανε την επέκταση και ανάπτυξη της τηλεπισκόπησης από το διάστημα. Ο πρώτος στρατιωτικής χρήσης δορυφόρος αεροφωτογραφιών (Corona) τοποθετήθηκε στο διάστημα το 1960. Ο Corona τράβηξε φωτογραφίες της Σοβιετικής Ένωσης και των συμμάχων της χρησιμοποιώντας απλό φωτογραφικό χαρτί. Αυτές στη συνέχεια μεταφέρονταν σε μη επανδρωμένα οχήματα περισυλλογής στο διάστημα. Αυτά τα οχήματα έπειτα επέστρεφαν στη γη με αλεξίπτωτο το οποίο μετέφερε τα φιλμ και στη συνέχεια αναλύονταν και επεξεργαζόταν στο εργαστήριο. Οι πρώτοι μετεωρολογικοί δορυφόροι TIROS (Television Infrared Observation Satellites) τοποθετήθηκαν στο διάστημα επίσης το 1960. Η Ν.Α.Σ.Α. συνέχισε να συλλέγει αεροφωτογραφίες για ερευνητικούς σκοπούς με τα διαστημόπλοια Apollo και Gemini.

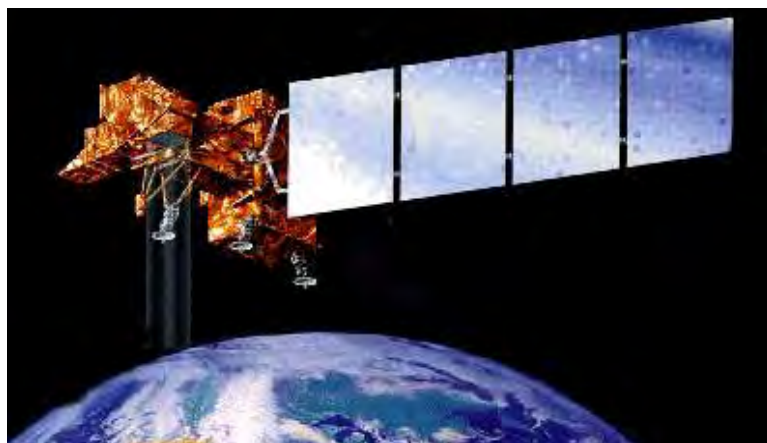
Αεροφωτογραφίες που πάρθηκαν από το διαστημόπλοιο RF – 101 το 1962 αποκάλυψαν πυρηνικές εγκαταστάσεις στη Κούβα (εικόνα 3.1α). Το 1964 οι Η.Π.Α. έστειλαν στο διάστημα το SR-71 Blackbird αναγνωριστικό διαστημόπλοιο (εικόνα 3.1β). Επιπλέον το 1970 επανδρωμένα διαστημόπλοια όπως ο Skylab διαστημικός σταθμός συνέλεξαν φωτογραφίες της γης από το διάστημα. Το 1972 ο Landsat -1 (εικόνα 3.2) με μία αρχική ανάλυση μόνο 80 μέτρων ήταν ο πρώτος δορυφόρος που τοποθετήθηκε στο διάστημα για μη στρατιωτικούς σκοπούς. Ο Landsat περιείχε αισθητήρες ικανούς για λήψη πολυφασματικών ψηφιακών εικόνων.



**Εικόνα 3.1** α. θέσεις πυρηνικών κεφαλών στη Κούβα, 1962 β. το διαστημόπλοιο SR-71.

Από το 1976 οι Η.Π.Α. ξεκίνησαν τη κατασκευή πιο εξεζητημένων υψηλής ανάλυσης δορυφόρων που είχαν τη δυνατότητα να μεταβιβάζουν τις ψηφιακές εικόνες στη γη. Οχτώ Keyhole -11 δορυφόροι τοποθετήθηκαν στο διάστημα μεταξύ 1976 και 1988. Τρεις βελτιωμένοι Keyhole -11B δορυφόροι τοποθετήθηκαν στο διάστημα μεταξύ 1992 και 1996. Οι συγκεκριμένοι δορυφόροι είναι ικανοί να παράγουν εικόνες με αναλύσεις κοντά στα 10 cm (Vick et al., 1997).

Δορυφορικές εικόνες έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Επιπλέον δορυφορικές εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των ζημιών από φυσικές καταστροφές, τη πρόγνωση του καιρού, τη ανεύρεση των ορυκτών και των κοιτασμάτων πετρελαίου, τη παρατήρηση της πορείας των ρευμάτων των ωκεανών, τη σχεδίαση χαρτών χρήσης γης και καλλιέργειας, τη παραγωγή γεωλογικών χαρτών και άλλων.



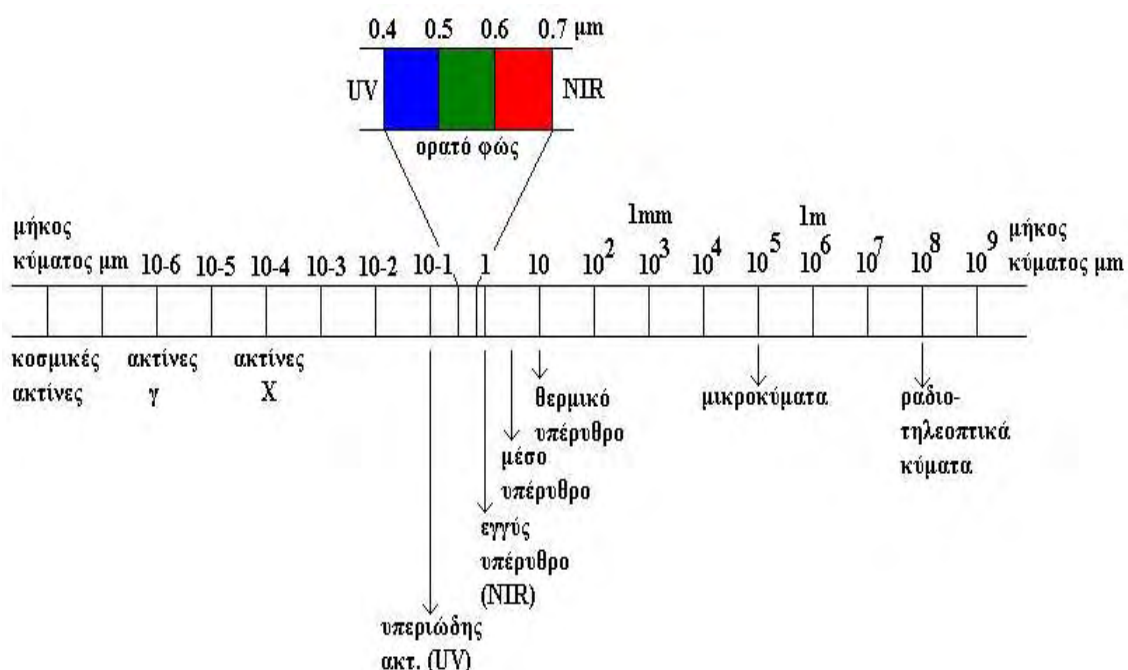
**Εικόνα 3.2** Ο δορυφόρος Landsat



### 1.3.3 Θεμελιώδεις ιδιότητες και έννοιες της τηλεπισκόπισης.

#### 1.3.3.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Όλα τα αντικείμενα συμπεριλαμβανομένων των φυτών και του εδάφους εκπέμπουν και αντανακλούν ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μεταδίδεται στο κενό με τη μορφή κυμάτων. Η πιο κοινή πηγή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας είναι ο ήλιος, ο οποίος εκπέμπει ενέργεια καλύπτοντας όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα συχνοτήτων όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3 (Πηγή: Φλωράς, 2003).

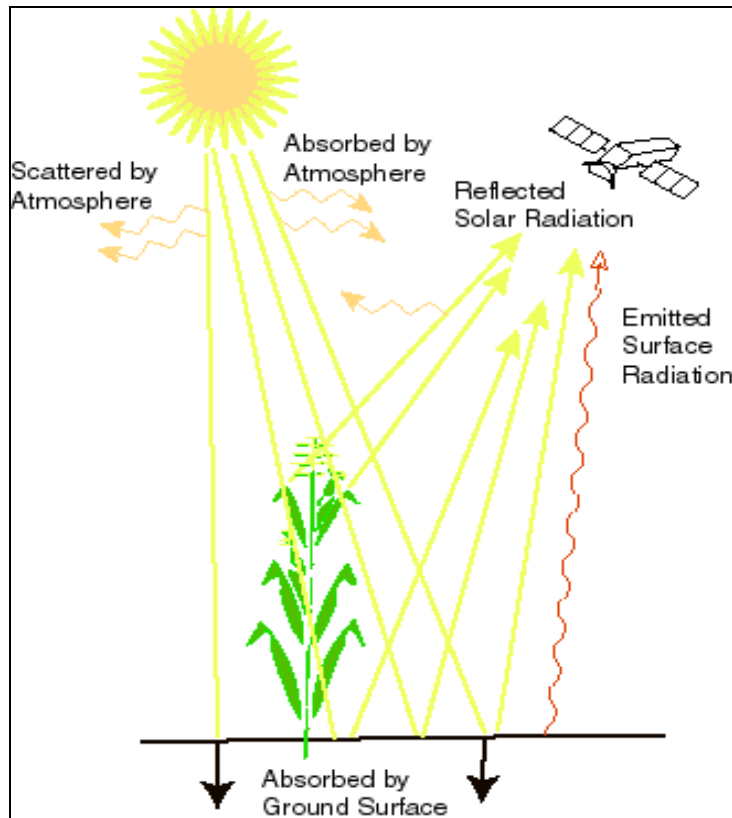


**Εικόνα 3.3** Ταξινόμηση ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας σε κατηγορίες ανάλογα με το μήκος κύματος.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στη τηλεπισκόπιση δρουν παρόμοια με τον ανθρώπινο οφθαλμό. Είναι ευαίσθητοι σε εικόνες και σχέδια του ανακλώμενου φωτός. Μία κύρια διαφορά μεταξύ των αισθητήρων και των οφθαλμών είναι το εύρος των συχνοτήτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στο οποίο είναι ευαίσθητοι οι μεν και οι δε.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα περιλαμβάνει τιμές από πολύ μικρά μήκη κύματος της τάξης του 10<sup>-6</sup> γνωστές ως ακτίνες γ έως και ραδιοκύματα με πολύ μεγάλα μήκη κύματος της τάξης του 10<sup>9</sup>. Η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας πέφτει σε ένα αντικείμενο του εδάφους και κάποιο ποσοστό αυτής της ενέργειας που δε διασκορπίζεται και δεν απορροφάται, ανακλάται πίσω στο μακρινό ανιχνευτή.

Επίσης, ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας προσροφάται από τα αντικείμενα στην επιφάνεια της γης και στη συνέχεια επιστρέφει στην ατμόσφαιρα ως θερμική ενέργεια (εικ.3.4).



**Εικόνα 3.4.** Βασικές αλληλεπιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας του ηλίου με τη γη και την ατμόσφαιρα.

*Η περιοχή του ορατού (Visible region).*

Το μήκος κύματος που αντιπροσωπεύει το ορατό φως αποτελεί ένα εξαιρετικά μικρό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (εικόνα 3.3), επειδή η ευαισθησία του ανθρωπίνου οφθαλμού να καταγράψει την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια εκτείνεται μόνον από περίπου τα 0.4  $\mu\text{m}$ , έως περίπου τα 0.7  $\mu\text{m}$ . Κάθε αντικείμενο αντανακλά, απορροφά και εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στη περιοχή του ορατού του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος όπως επίσης και στις μη ορατές συχνότητες. Τα τρία πρωτεύοντα χρώματα που αντανακλώνται από ένα αντικείμενο είναι τα μπλε, πράσινο και κόκκινο μήκη κύματος. Ενδιάμεσα χρώματα σχηματίζονται όταν ένας συνδυασμός των κύριων χρωμάτων ανακλαστεί από ένα αντικείμενο.

### *Η περιοχή του υπέρυθρου (Infrared region).*

Στο τέλος του ερυθρού χρώματος του ορατού φωτός βρίσκονται τρεις διαφορετικές κατηγορίες της υπέρυθρου (infrared, ή IR) ενέργειας ή ακτινοβολίας οι οποίες ταξινομούνται ως εξής : εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία (near-IR) με μήκος κύματος από περίπου 0.7 μέχρι 1.3  $\mu\text{m}$ , μέση υπέρυθρη ακτινοβολία (mid-IR) με μήκος κύματος από περίπου 1.3 μέχρι 3.0  $\mu\text{m}$ , και θερμική υπέρυθρη ή μακρινή υπέρυθρη ακτινοβολία (thermal ή far IR) με μήκος κύματος πέραν των 3.0  $\mu\text{m}$ . Σε μεγαλύτερα μήκη κύματος, δηλαδή μεταξύ 1 mm και 1 m, βρίσκεται η ενέργεια ή ακτινοβολία η οποία αντιπροσωπεύει τα λεγόμενα μικροκύματα (microwaves), τα οποία χρησιμοποιούνται πάρα πολύ από τα RADAR (Radio Detecting and Ranging).

Οι περισσότεροι ανιχνευτές (sensors) και σαρωτές (scanners) οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην τηλεπισκόπηση, λειτουργούν στα μήκη κύματος του ορατού φωτός (visible light), στο υπέρυθρο (IR) και/ή στα μικροκύματα (microwaves). Μέσα στα μήκη κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) μόνο η θερμική ακτινοβολία (thermal IR) έχει σχέση με το φαινόμενο της θερμότητας (Φλωράς, 2003).

#### 1.3.3.2. Αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας με την ατμόσφαιρα

Ανεξάρτητα από την πηγή της, η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που ανιχνεύεται από τα συστήματα τηλεπισκόπησης διανύει ορισμένη απόσταση, ή ένα “μήκος διαδρομής” (path length) μέσα στην ατμόσφαιρα. Η επίδραση της ατμόσφαιρας είναι σχετική με το μήκος της διαδρομής, το μέγεθος του σήματος ή μέγεθος της ενέργειας που ανιχνεύεται, τις επικρατούσες ατμοσφαιρικές συνθήκες, αλλά και το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ατμόσφαιρα μπορεί να έχει σημαντική επίδραση πάνω στην ένταση και τη φασματική σύνθεση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η οποία είναι διαθέσιμη στον ανιχνευτή οποιουδήποτε συστήματος τηλεπισκόπησης. Αυτές οι επιδράσεις της ατμόσφαιρας προκαλούνται μέσα από τους μηχανισμούς του διασκορπισμού (scattering) και της απορρόφησης (absorption) της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από την ατμόσφαιρα.

#### *Διασκορπισμός (scattering)*

Ο διασκορπισμός (scattering) της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που δημιουργείται στην ατμόσφαιρα είναι μια μη προβλέψιμη διάχυση της

ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προκαλείται από τα διάφορα σωματίδια που βρίσκονται αιωρούμενα στην ατμόσφαιρα.

Ο διασκορπισμός τύπου Rayleigh είναι συνήθης όταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλληλεπιδρά με μόρια και διάφορα άλλα μικροσκοπικά σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και τα οποία έχουν μικρότερη διάμετρο από το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το αποτέλεσμα του διασκορπισμού τύπου Rayleigh είναι αντιστρόφως ανάλογο με την τετάρτη δύναμη του μήκους κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος υπάρχει σαφώς μια μεγαλύτερη τάση να διασκορπίζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με τα μικρότερα μήκη κύματος, παρά με τα μεγαλύτερα μήκη κύματος. Η μεγαλύτερη απόδειξη του διασκορπισμού τύπου Rayleigh είναι το γαλάζιο χρώμα του ουρανού (δηλαδή της ατμόσφαιρας). Επιπλέον, ο διασκορπισμός τύπου Rayleigh αποτελεί την πρωταρχική αιτία του θαμπώματος (haze) των εικόνων και φωτογραφιών (Φλωράς Σ., 2003).

Μια άλλη μορφή διασκορπισμού είναι ο διασκορπισμός τύπου Mie, ο οποίος συμβαίνει όταν τα ατμοσφαιρικά σωματίδια έχουν διάμετρο σχεδόν ίση με το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Ένα επίσης ενοχλητικό φαινόμενο είναι ο μη επιλεκτικός διασκορπισμός (nonselective scatter), ο οποίος συμβαίνει στη περίπτωση που η διάμετρος των αιωρούμενων στην ατμόσφαιρα σωματιδίων είναι πολύ μεγαλύτερη από το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

### *Απορρόφηση (absorption)*

Η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από τα συστατικά της ατμόσφαιρας, όπως είναι οι υδρατμοί ( $H_2O$ ), το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) και το όζον ( $O_3$ ) είναι φαινόμενο “αντίθετο” του διασκορπισμού. Επειδή τα αέρια αυτά τείνουν να απορροφούν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σε συγκεκριμένες φασματικές ζώνες, επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το που μπορούμε να “δούμε” φασματικά με κάποιο συγκεκριμένο ανιχνευτή ή σαρωτή της τηλεπισκόπησης.

Τα διαστήματα του μήκους κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος μέσα από τα οποία είναι δυνατό χωρίς προβλήματα (δηλαδή χωρίς να υπάρχει απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας) να γίνει καταγραφή των πληροφοριών για τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης, ονομάζονται ατμοσφαιρικά παράθυρα (atmospheric windows).

### 1.3.3.3 Αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας με τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης.

Όταν η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια έρχεται σε επαφή με τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης, είναι δυνατόν να συμβούν τρία φαινόμενα τα οποία είναι η ανάκλαση, η απορρόφηση και η περαιτέρω διαβίβαση αυτής. Τα ποσοστά της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας τα οποία ανακλώνται, απορροφώνται και διαβιβάζονται, διαφέρουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης, εξαρτώμενα από το υλικό από το οποίο απαρτίζονται τα χαρακτηριστικά αυτά και από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες βρίσκονται. Οι διαφορές αυτές επιτρέπουν στον ανθρώπινο οφθαλμό να ξεχωρίζει τα διάφορα χαρακτηριστικά στις εικόνες.

Επιπλέον, η συνάρτηση με το μήκος κύματος σημαίνει ότι ακόμη και σε κάποιο δεδομένο χαρακτηριστικό, τα ποσοστά της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας τα οποία ανακλώνται, απορροφώνται και διαβιβάζονται, θα διαφέρουν στα διάφορα μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Έτσι, δύο χαρακτηριστικά μπορεί να μην είναι δυνατόν να αναγνωρισθούν σε κάποιο μήκος κύματος και να είναι τελείως διαφορετικά σε κάποιο άλλο μήκος κύματος. Στη φασματική περιοχή του ορατού φωτός αυτές οι φασματικές διαφοροποιήσεις, έχουν σαν αποτέλεσμα την εκδήλωση του φαινομένου το οποίο ονομάζουμε χρώμα (Φλωράς, 2003).

Ο τρόπος που ένα χαρακτηριστικό ανακλά την ενέργεια στο χώρο, λαμβάνεται επίσης σοβαρά υπ' όψιν. Ο παράγων αυτός, δηλαδή ο τρόπος ανάκλασης, αποτελεί ή είναι συνάρτηση της τραχύτητας της επιφάνειας του χαρακτηριστικού. Οι τελείως επίπεδες και λείες επιφάνειες οι οποίες πραγματοποιούν ανακλάσεις μόνο προς μία διεύθυνση όπως οι καθρέπτες, ονομάζονται κατοπτρικοί ή καθρεπτικοί ανακλαστήρες (specular reflectors), διότι η γωνία πρόσπτωσης (angle of incidence) ισούται με τη γωνία ανάκλασης (angle of reflection).

Οι τραχείς επιφάνειες οι οποίες πραγματοποιούν ανακλάσεις ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις ονομάζονται διαχέοντες ή Lambertian ανακλαστήρες. Τα περισσότερα χαρακτηριστικά στην επιφάνεια της γης, δεν είναι ούτε κατοπτρικοί ή καθρεπτικοί, ούτε διαχέοντες ή Lambertian ανακλαστήρες. Οι ιδιότητές τους βρίσκονται μεταξύ των δύο αυτών τύπων ανακλαστήρων.

Τα χαρακτηριστικά ανάκλασης των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης μπορεί να ποσοτικοποιηθούν με τη μέτρηση του ποσοστού της προσπίπτουσας ακτινοβολίας το οποίο ανακλάται. Η μέτρηση αυτή γίνεται σε συνάρτηση με το μήκος

κύματος και ονομάζεται φασματική ανάκλαση (spectral reflectance). Η φασματική ανάκλαση  $\rho_\lambda$  εκφράζεται μαθηματικά από την παρακάτω εξίσωση:

$$\rho_\lambda = \frac{E_R(\lambda)}{E_i(\lambda)} = \frac{\text{ενέργεια μήκους κύματος } \lambda \text{ που ανακλάται}}{\text{ενέργεια μήκους κύματος } \lambda \text{ που προσπίπτει}}$$

Το γράφημα το οποίο απεικονίζει τη φασματική ανάκλαση ενός αντικειμένου σε συνάρτηση με το μήκος κύματος ονομάζεται καμπύλη φασματικής ανάκλασης (spectral reflectance curve). Το γράφημα της φασματικής ανάκλασης αποκαλύπτει τις φασματικές ιδιότητες ενός αντικειμένου και έχει σημαντική επίδραση κατά την επιλογή περιοχών του μήκους κύματος, όπου λαμβάνονται τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης για μια ορισμένη εφαρμογή (Φλωράς, 2003).

#### 1.3.2.4 Αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας με τα φυτά

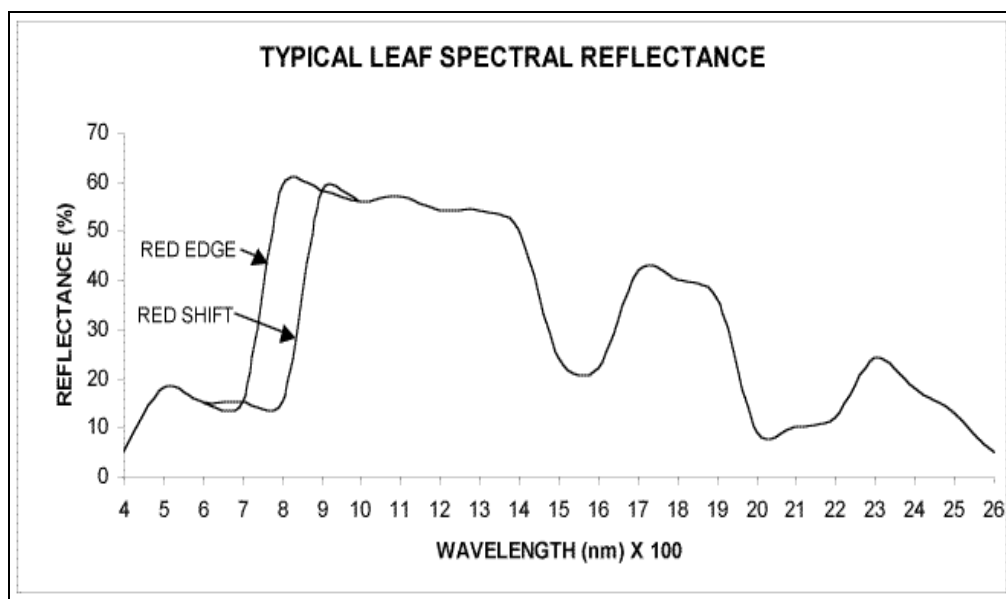
Η εσωτερική στρώση των φύλλων αποτελείται από δυο διαφορετικές περιοχές του μεσοφύλλου. Σ' αυτό τον ιστό ως γνωστό πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση. Το πασσαλώδες μεσόφυλλο βρίσκεται κάτω από την επιδερμίδα και τα κύτταρα του είναι επιμήκη, διατεταγμένα σε γραμμές, περιέχουν δε το μεγαλύτερο ποσοστό των χλωροπλαστών των φύλλων. Οι χλωροπλάστες των περισσότερων φυτών περιέχουν χρωστικές ουσίες και δυο διαφορετικά είδη χλωροφύλλης. Η χλωροφύλλη α είναι η πιο άφθονη και έχει χρώμα σκούρο πράσινο ενώ η χλωροφύλλη β είναι ανοιχτή πράσινη, απορροφά το ηλιακή ακτινοβολία και κατόπιν μεταφέρει την ενέργεια στη χλωροφύλλη α. Οι χλωροπλάστες επίσης απορροφούν ηλιακό φως και μεταφέρουν την ενέργεια στη χλωροφύλλη.

Το σπογγώδες μεσόφυλλο είναι το εσωτερικά χαμηλότερο τμήμα του φύλλου το οποίο αποτελείται από ακανόνιστα τακτοποιημένα και διαφόρων σχημάτων κύτταρα. Περιέχουν δε τα κύτταρά του χλωροπλάστες και περιστοιχίζονται από διαστήματα με αέρα.

#### *Φασματική απόκριση (spectral response)*

Η χλωροφύλλη κυρίως απορροφά φως στο ιώδες, στο μπλε και στο κόκκινο μήκος κύματος. Το πράσινο φως δεν απορροφάται, αντίθετα ανακλάται δίνοντας στα φύλλα το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα. Η εσωτερική κυτταρική δομή του μεσοφύλλου προκαλεί υψηλή αντανάκλαση της ακτινοβολίας του εγγύς υπερύθρου. Η χλωροφύλλη είναι ευδιάκριτη στο φάσμα του εγγύς υπερύθρου. Η απότομη

αύξηση της ανακλώμενης ενέργειας που παρατηρείται μεταξύ της περιοχής του ερυθρού του ορατού φωτός και της περιοχής του κοντινού υπερέθρου αναφέρεται ως ερυθρή άκρη (red edge). Στην εικόνα 3.5 παρουσιάζεται αυτή η απότομη αύξηση και φαίνεται ότι πραγματοποιείται σε μήκος κύματος 0,7μm. Η θέση της κόκκινης άκρης δεν είναι η ίδια κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Καθώς τα φύλλα ωριμάζουν, η χλωροφύλλη αυτών απορροφά ελαφρώς μεγαλύτερα μήκη κύματος στη περιοχή του ερυθρού. Αυτή η μεταβολή μετακινεί τη κόκκινη άκρη προς τα δεξιά (εικόνα 3.5) και αναφέρεται ως red shift (Campbell, 1996).



Εικόνα 3.5. Τυπική φασματική αντανάκλαση φύλλου

Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η ξηρασία, οι μυκητολογικές ασθένειες, η παρουσία ζιζανίων και εντόμων προκαλούν στρες ή τραυματίζουν τα φυτά. Αυτή η “ένταση” προκαλεί με τη σειρά της φυσιολογικές αλλαγές στα φυτά.

Τα φυτά τα οποία βρίσκονται υπό τέτοιες συνθήκες στρες παρουσιάζουν φασματική ανάκλαση η οποία διαφέρει από αυτή των κανονικών φυτών κατά το ίδιο στάδιο ανάπτυξης. Ένα παράδειγμα φυσιολογικής αλλαγής είναι η μεταβολή του χρώματος των φυτών που οφείλεται στη χλώρωση. Το κίτρινο χρώμα που παρατηρείται στη χλώρωση οφείλεται στη έλλειψη της χλωροφύλλης. Σα συνέπεια αυτού το ανακλώμενο πράσινο θα ελαττωθεί και το ανακλώμενο κόκκινο θα αυξηθεί.

Η συσχέτιση της διαφορετικής φασματικής απόκρισης που παρατηρείται σε κάθε περίπτωση μέσω των οργάνων της τηλεπισκόπησης με τη πραγματική κατάσταση των φυτών, είναι καθοριστικής σημασίας για την ασφαλή ερμηνεία και ταυτοποίηση της ασθένειας των φυτών ή των συνθηκών στρες της καλλιέργειας.

#### 1.3.3.5 Είδη αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στη τηλεπισκόπηση (remote sensors)

Οι περισσότεροι αισθητήρες μετρούν και καταγράφουν το μέγεθος και τη συχνότητα της ακτινοβολίας που ανακλάται από κάποιο αντικείμενο. Τα δεδομένα από τη καταγραφή του φάσματος συχνοτήτων του αντικειμένου στη συνέχεια συγκρίνονται με φασματικές "υπογραφές" γνωστών αντικειμένων επιτρέποντας έτσι την αναγνώριση και ταυτοποίηση του εκάστοτε αντικειμένου που βρίσκεται στο έδαφος.

Η τηλεπισκόπηση από διαστημικά οχήματα ή διαστημικές πλατφόρμες και αεροσκάφη επιτυγχάνεται με τη χρήση αισθητήρων εικόνας (imaging sensors) οι οποίοι μετρούν την ανακλώμενη ενέργεια από αντικείμενα που βρίσκονται υπό στενή παρακολούθηση.

Οι αισθητήρες διακρίνονται σε παθητικούς και ενεργητικούς αισθητήρες και οι μεν παθητικοί παρακολουθούν μόνο την ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία των αντικειμένων ενώ οι ενεργητικοί παρέχουν τη δική τους ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, η οποία διαβιβάζεται στο αντικείμενο και ανακλάται πίσω στον αισθητήρα (όπως για παράδειγμα το ραντάρ). Σήμερα, χρησιμοποιούνται κυρίως οι παθητικοί αισθητήρες.

#### 1.3.3.6 Ανάλυση

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στη τηλεπισκόπηση μετρούν διαφορές και παραλλακτικότητες των διαφόρων αντικειμένων.

Υπάρχουν τέσσερις κύριες αναλύσεις οι οποίες επιδρούν στην ακρίβεια και στην ικανότητα των αισθητήρων:

- **η χωρική ανάλυση** περιγράφει την ικανότητα ενός αισθητήρα να αναγνωρίζει το μέγεθος της ελάχιστης λεπτομέρειας μίας εικόνας ή ενός σχεδίου.
- **η φασματική ανάλυση** είναι η ευαισθησία ενός αισθητήρα στην ανταπόκριση σε ένα συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων. Οι συχνότητες που καλύπτει συχνά συμπεριλαμβάνουν όχι μόνο το ορατό φως αλλά και το μη ορατό. Οι ασυνεχείς περιοχές των συχνοτήτων που μπορεί ένας αισθητήρας να ανιχνεύσει και να μετρήσει καλούνται φασματικές ζώνες (bands ή channels). Τα χαρακτηριστικά στοιχεία της επιφάνειας της γης όπως η φυτική βλάστηση και η παρουσία ύδατος μπορούν να αναγνωριστούν από τα διαφορετικά μήκη κύματος που ανακλούν.



- **η ραδιομετρική ανάλυση** περιγράφει την ικανότητα των αισθητήρων να μετρούν τη δύναμη του σήματος ή τη φωτεινότητα ενός αντικειμένου. Όσο πιο ευαίσθητος είναι ένας αισθητήρας στη φωτεινότητα ενός αντικειμένου σε σύγκριση με το περιβάλλον του, τόσο πιο μικρό είναι το αντικείμενο που μπορεί να ανιχνευτεί και να αναγνωριστεί από τον αισθητήρα.
- **η χρονική ανάλυση** είναι η χρονική περίοδος που παρέρχεται μεταξύ εικόνων του ίδιου αντικειμένου που λαμβάνονται στην ίδια θέση. Όσο πιο συχνά μπορεί ένας αισθητήρας να επιστρέψει σε μία ακριβή συγκεκριμένη θέση, τόσο πιο μεγάλη είναι η χρονική ανάλυση.

#### 1.3.3.7 Επεξεργασία εικόνων (image processing).

Μετά την απόκτηση των δεδομένων της τηλεπισκόπησης ακολουθεί η επεξεργασία τους. Οι αναλογικές φωτογραφίες τυγχάνουν χημικής επεξεργασίας σε σκοτεινό δωμάτιο ενώ οι ψηφιακές φωτογραφίες σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων περιλαμβάνει τη διόρθωση αυτών για ορισμένους τύπους παραμορφώσεων. Οι μεταβολές που γίνονται στα δεδομένα της τηλεπισκόπησης έχουν να κάνουν με δυο ειδών χειρισμούς: προεπεξεργασία (preprocessing) και επεξεργασία (postprocessing).

##### *Προεπεξεργασία*

Τα βήματα μιας τέτοιας ανάλυσης πραγματοποιούνται πριν την εξαγωγή και την ανάλυση των πληροφοριών από μια εικόνα. Ουσιαστικά είναι ο παροχέας των δεδομένων ο οποίος προεπεξεργάζεται τα δεδομένα-εικόνες πριν την διανομή τους στους χρήστες. Η προεπεξεργασία των δεδομένων περιλαμβάνει τη ραδιομετρική διόρθωση και τη γεωμετρική διόρθωση.

##### *Επεξεργασία*

Περιλαμβάνονται διεργασίες που βελτιώνουν την ποιότητα των εικόνων και βοηθούν στη καλύτερη ερμηνεία των δεδομένων (image enhancement, image classification, change detection).

## 1.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems)

### 1.4.1 Γενικά

Η χρησιμοποίηση των χαρτών ως μέσο απεικόνισης των χωρικών δεδομένων είναι πολύ παλιά μέθοδος. Αναφέρεται ότι ο πρώτος χάρτης εμφανίστηκε πολύ πριν από το πρώτο αλφάβητο. Οι σχεδιασμένοι με το χέρι χάρτες ήταν το πρώτο παραδοσιακό μέτρο καταγραφής των παρατηρήσεων και πληροφοριών που σχετίζονταν με τη γη για μετέπειτα χρήση. Οποσδήποτε η εργασία αυτή είχε τον προφανή περιορισμό της ταχύτητας και του όγκου. Οι πρώτοι χάρτες ήταν γενικής χρήσης τοπογραφικοί χάρτες και δεν γίνονταν για κάποιο συγκεκριμένο σκοπό.

Η χρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών για το χειρισμό των γεωγραφικών δεδομένων αρχικά έγινε στο πλαίσιο της γενικής τάσης που υπήρχε για τη χρησιμοποίηση των Η/Υ σαν εργαλείο χειρισμού και ανάλυσης των δεδομένων. Έτσι όμως δόθηκε μεγάλη ώθηση στον τομέα χειρισμού των γεωγραφικών δεδομένων αφού οι παραδοσιακές μέθοδοι αντικαταστάθηκαν από αυτόματες μεθόδους αποθήκευσης, επεξεργασίας και ανάκτησης μεγάλου όγκου δεδομένων. Η αυτοματοποίηση είχε ως αποτέλεσμα την ομοιογένεια στη μορφή αποθήκευσης και στις μεθόδους χειρισμού των δεδομένων.

Σήμερα, στέρεο – αεροφωτογραφίες και φωτογραφίες τηλεπισκόπισης επιτρέπουν στους φωτογραμμέτρους να χαρτογραφούν μεγάλες περιοχές με σημαντική ακρίβεια. Η τεχνολογία της τηλεπισκόπισης χρησιμοποιείται ευρέως από εδαφολόγους, γεωλόγους, αξιολογητές γης για τη δημιουργία ημιλεπτομερών χαρτών. Οι παραγόμενοι χάρτες αποτελούν σημαντική πηγή πληροφορίας για τη σωστή διαχείριση των φυσικών πόρων.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο επιστημονικό πεδίο που βρίσκεται στη τομή πολλών επιστημών όπως τοπογραφίας, γεωγραφίας, ηλεκτρονικών υπολογιστών, φωτογραμμετρίας, τηλεπισκόπισης, στατιστικής, γεωστατιστικής και άλλων που αφορούν το χειρισμό και την ανάλυση των χωρικών δεδομένων.

Η ανάπτυξη των Η/Υ τη δεκαετία του '50 ήταν το κλειδί για την υλοποίηση Γ.Σ.Π με ικανοποιητικούς χρόνους επεξεργασίας των δεδομένων και πρακτικές δυνατότητες. Από τις αρχές της δεκαετίας του '80 ωστόσο άρχισε η συστηματική ψηφιοποίηση χαρτών σε εθνικό επίπεδο. Σαν παράδειγμα αναφέρονται το Ordnance Survey και το U.S. Geological Survey που είναι υπεύθυνα για τη χαρτογραφική κάλυψη της Αγγλίας και των Η.Π.Α. αντίστοιχα.

Τελευταία, εμφανίστηκε μεγάλος όγκος δορυφορικών δεδομένων (Landsat, 1972). Αυτά τα δεδομένα ήταν μεν σε ψηφιακή μορφή αλλά έπρεπε να συσχετισθούν με άλλα δεδομένα από διάφορες πηγές και σε συνδυασμό με τους τοπογραφικούς χάρτες κάθε χώρας. Τα Γ.Σ.Π. δεν αντιμετωπίζουν μόνον αυτό το πρόβλημα χειρισμού, αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων από διαφορετικές πηγές αλλά και τα προβλήματα της ζήτησης πληροφοριών από ένα μεγάλο εύρος χρηστών. Το πρώτο μεγάλο Γ.Σ.Π. είναι αυτό του Καναδά (Canadian Geographic Information System) που υλοποιήθηκε στο τέλος της δεκαετίας του '60. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί το New York Landuse and National Resources Information System των Η.Π.Α. που αναπτύχθηκε την ίδια περίπου εποχή.

Το SYMAP (Synagraphic Mapping) ήταν από τα πρώτα συστήματα χαρτογράφησης με Η/Υ και έφτιαχνε χάρτες χρησιμοποιώντας το αλληπάλληλο (overprinting) τύπωμα του εκτυπωτή για τη διαφορετική σκίαση των διάφορων περιοχών. Άλλα λογισμικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν ευρέως είναι τα GRID, IMGRID και GEOMAP τα οποία είναι τύπου raster.

Σήμερα, θα μπορούσαμε να συνοψίσουμε τα πλεονεκτήματα για τη χρησιμοποίηση των Η/Υ στη χαρτογράφηση ως εξής :

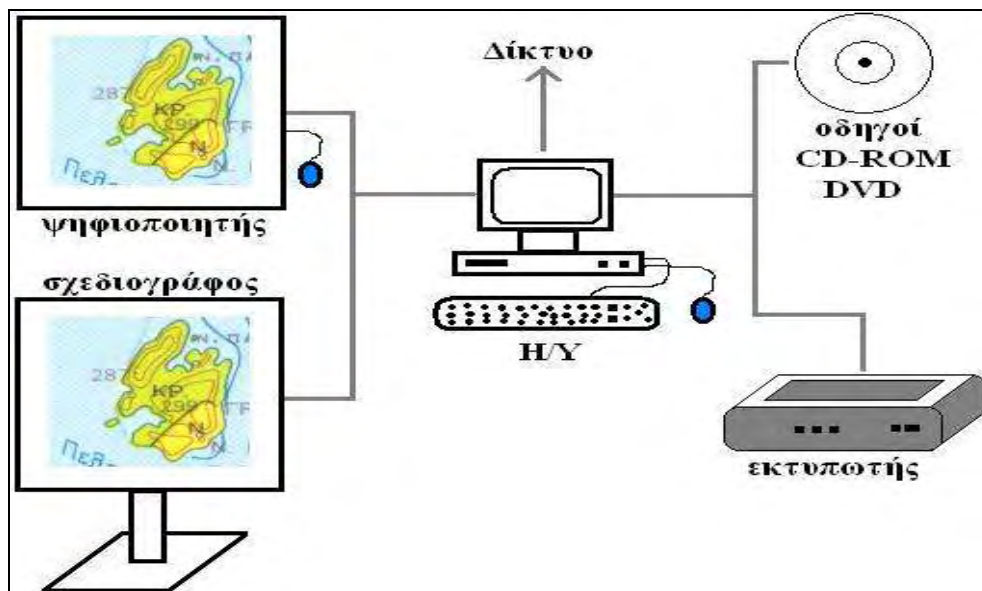
1. Γρήγορος και φθηνός σχεδιασμός χαρτών.
2. Σχεδιασμός χαρτών προσαρμοσμένος στις ανάγκες του χρήστη.
3. Ο σχεδιασμός χαρτών είναι εφικτός ακόμη και απουσία εξειδικευμένου προσωπικού.
4. Επιτρέπεται ο πειραματισμός με διάφορες γραφικές παραστάσεις των ιδίων δεδομένων.
5. Διευκολύνεται ο σχεδιασμός ενημερωμένων χαρτών όταν τα δεδομένα είναι ήδη σε ψηφιακή μορφή.
6. Διευκολύνεται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων όταν απαιτείται για το σχεδιασμό του χάρτη.
7. Καλύτερη ποιότητα δεδομένων αφού ελαχιστοποιείται η επίδραση λόγω της χρησιμοποίησης των τυπωμένων χαρτών σα μέσο αποθήκευσης των δεδομένων.
8. Γίνεται σχεδιασμός χαρτών στους οποίους οι διαδικασίες της γενίκευσης και της επιλογής δεδομένων έχουν ορισθεί ακριβώς και εκτελούνται συστηματικά.

9. Σχεδιασμός χαρτών που είναι δύσκολο να σχεδιασθούν με το χέρι π.χ. στερεοσκοπικοί.
10. Η εισαγωγή της αυτοματοποίησης οδηγεί σε μια αναθεώρηση των διαδικασιών της χαρτογράφησης που έχει σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της και την οικονομία.

#### 1.4.2 Ορισμός Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π., Geographic Information System ή G.I.S.): είναι ένα καλά οργανωμένο σύστημα, αποτελούμενο από πολύ καλά και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, καθώς και από ένα σύστημα ηλεκτρονικού υπολογιστή μαζί με το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα, σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να εισάγει, αποθηκεύει, ενημερώνει, διαχειρίζεται, αναλύει και εμφανίζει όλες τις μορφές των γεωγραφικά σχετιζομένων πληροφοριών. Ουσιαστικά δηλαδή το G.I.S. είναι μια πολύ δυναμική (ζωντανή) Γεωγραφική Βάση Δεδομένων (Φλωράς, 2003).

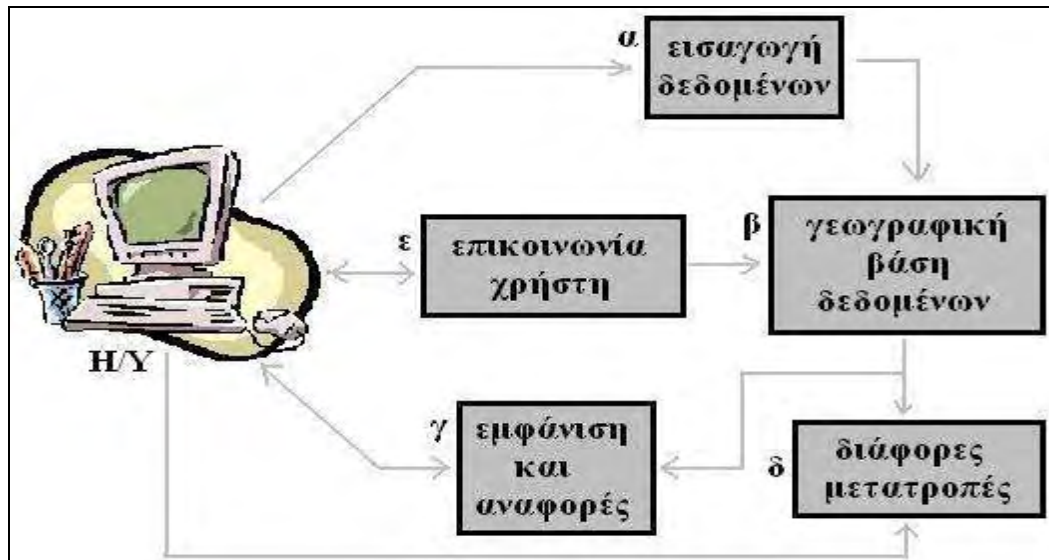
Τα στοιχεία ενός Γ.Σ.Π. είναι : α) το Υλικό (Hardware) β) το Λογισμικό (Software) και γ) η Οργανωτική δομή. Το βασικό Υλικό από το οποίο αποτελείται ένα Γ.Σ.Π. φαίνεται στην εικόνα 4.1 .



Εικόνα 4.1. Το Υλικό ενός Γ.Σ.Π. (hardware) (Πηγή: Φλωράς, 2004)

Το Λογισμικό ενός Γ.Σ.Π. περιλαμβάνει προγράμματα για : α) την είσοδο και επαλήθευση των δεδομένων β) την αποθήκευση των δεδομένων και τον χειρισμό της βάσης δεδομένων γ) την έξοδο των δεδομένων και την παρουσίαση τους δ) τον μετασχηματισμό των δεδομένων και ε) την επικοινωνία του χρήστη. Τα δεδομένα

που αποθηκεύονται σε ένα Γ.Σ.Π. προέρχονται κυρίως από υπάρχοντες χάρτες, παρατηρήσεις αγρού και τη τηλεπισκόπηση. Η εισαγωγή τους στο Γ.Σ.Π. γίνεται από τα τερματικά, ψηφιοποιητές, μαγνητικά αρχεία, σαρωτές και άλλα μαγνητικά μέσα.



Εικόνα 4.2 Το Λογισμικό ενός Γ.Σ.Π. (Πηγή :Φλωράς, 2004)

Η οργανωτική δομή παραπέμπει στην εκπαίδευση του προσωπικού με σκοπό την επιτυχή χρησιμοποίηση της νέας τεχνολογίας. Είναι απαραίτητη αφού ένα Γ.Σ.Π. είναι ένα μέσο επεξεργασίας της γεωγραφικής πληροφορίας αλλά από μόνο του δε μπορεί να εγγυηθεί ότι η πληροφορία αυτή θα χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά.

#### 1.4.3 Πεδία εφαρμογής των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

1. Γεωργία: Έλεγχος και διαχείριση από το επίπεδο του αγρού και το τοπικό επίπεδο, μέχρι και το Εθνικό επίπεδο.
2. Αρχαιολογία: Περιγραφή αρχαιολογικών θέσεων και αξιολόγησή τους.
3. Περιβάλλον: Έλεγχος, προτυποποίηση, αειφορική διαχείριση εδαφών, διαχείριση και αξιολόγηση γαιών, αγροτικός σχεδιασμός, ποιότητα και ποσότητα εδαφών και νερών, ερημοποίηση, κατολισθήσεις, επιδημίες, ποιότητα αέρα, προτυποποίηση καιρικών φαινομένων και κλίματος και προβλέψεις.
4. Υγεία και επιδημιολογία: Εντοπισμός ασθενειών σε σχέση με περιβαλλοντικούς παράγοντες.
5. Δασολογία: Αειφορική διαχείριση και σχεδιασμός δασικών εκτάσεων, αναδασώσεις, δασική οδοποιία.
6. Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης: Αστυνομία, πυρκαγιές, νοσοκομειακά οχήματα.

7. Ναυσιπλοΐα, αεροπλοΐα και πλοήγηση: Στον αέρα, στη θάλασσα και στην ξηρά.
8. Έρευνα αγοράς: Εντοπισμός τοποθεσιών ή θέσεων (συνοικίες, καταστήματα) και κοινωνικών ομάδων (εισόδημα), διανομή φαγητού ή τροφίμων.
9. Αγοραπωλησία κτημάτων: Προσφορά ακινήτων και νομικές συμβουλές σε υποψήφιους αγοραστάτες ή πωλητές, αξιολόγηση ακινήτων.
10. Τοπικός και περιφερειακός σχεδιασμός: Αναπτυξιακά σχέδια, κοστολόγηση, συντήρηση, διαχείριση.
11. Σιδηρόδρομοι και οδικά δίκτυα: Σχεδιασμός και διαχείριση, δρομολόγια.
12. Εξόρυξη μεταλλευμάτων και υγρών καυσίμων: Εντοπισμός θέσεων, υπολογισμός όγκου γαιωδών υλικών, υπολογισμός αποθεμάτων, κοστολόγηση, περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
13. Κοινωνικές μελέτες: Κοινωνική εξέλιξη και μετακινήσεις πληθυσμών.
14. Τουρισμός: Εντοπισμός και διαχείριση ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων, φυσικών θερέτρων, δρομολόγια, εισιτήρια.
15. Κοινή ωφέλεια: Εντοπισμός θέσεων διαρροών, κατασκευή δικτύων, διαχείριση. (Πηγή: Φλωράς, 2003.).

#### 1.4.4 Δεδομένα

##### 1.4.4.1 Αναζήτηση δεδομένων

Το πρώτο βήμα στην ανάπτυξη ενός Γ.Σ.Π. είναι η αναζήτηση των δεδομένων που θα αποθηκευτούν στις Βάσεις Δεδομένων του. Μερικά από τα δεδομένα βρίσκονται υπό μορφή χαρτών ή αεροφωτογραφιών ενώ άλλα υπό μορφή πινάκων που περιέχουν παρατηρήσεις αγρού, αναλύσεις, παρατηρήσεις που συνδέουν τα χωρικά με τα μη χωρικά δεδομένα, ημερομηνίες δειγματοληψίας και αναλύσεων κλπ. Άλλα βρίσκονται υπό ψηφιακή μορφή και μπορεί να είναι δεδομένα τηλεπισκόπησης, αρχεία Η/Υ που αφορούν το κτηματολόγιο, χρήσεις γης, τοπογραφικά δεδομένα κλπ.

Ένα ενδιαφέρον σύνολο χωρικών δεδομένων αποτελούν τα απλά σημεία όπως για παράδειγμα οι θέσεις των πετρελαιοπηγών, οι εδαφοτομές ενώ σημαντική κατηγορία αποτελούν και τα γραμμικά δίκτυα όπως το οδικό δίκτυο μιας περιοχής, οι σιδηροδρομικές γραμμές κλπ.

Η πιο δημοφιλής μορφή χωρικών δεδομένων είναι οι χάρτες. Χάρτες διαφόρων μορφών χρησιμοποιούνται για κάθε είδος χωρικής ανάγκης. Όλες οι αναπτυγμένες

χώρες έχουν συστηματική συλλογή από χάρτες σε διάφορες κλίμακες και αναπτύσσουν προγράμματα για τη συντήρηση και τη διανομή τους.

Βέβαια, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι αν τα χωρικά δεδομένα βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή, υπάρχει μεγάλο οικονομικό όφελος αφού δεν χρειάζεται η διαδικασία της ψηφιοποίησης των χαρτών. Οργανισμοί και εταιρίες που ασχολούνται με τη Τηλεπισκόπηση έχουν μεγάλα αποθέματα δεδομένων. Οι πιο γνωστές από αυτές είναι οι LANDSAT και SPOT Image Corp που εκμεταλλεύονται τα δεδομένα των δορυφόρων Landsat και SPOT με αντιπροσώπους σε όλο τον κόσμο.

Ο σχεδιασμός της δειγματοληψίας είναι από τα πιο σημαντικά στοιχεία για κάθε πρόγραμμα συλλογής δεδομένων. Βασικές μέθοδοι είναι η τυχαία δειγματοληψία, η συστηματική δειγματοληψία και η δειγματοληψία κατά επίπεδα.

#### 1.4.4.2 Ποιότητα δεδομένων

Τα Γ.Σ.Π. παρέχουν σημαντικά οφέλη λόγω της ιδιότητας τους να χειρίζονται τα χωρικά δεδομένα κατά ένα ακριβή, γρήγορο και συστηματικό τρόπο. Οι όροι ακρίβεια, αξιοπιστία και χωρική ευκρίνεια χρησιμοποιούνται σχεδόν εναλλακτικά όσον αφορά τα χωρικά δεδομένα.

Ως ακρίβεια (accuracy) αναφέρεται η σχέση μεταξύ μιας μέτρησης και της πραγματικότητας που παριστά. Η αξιοπιστία (precision) αναφέρεται στο βαθμό της λεπτομέρειας στην καταγραφή των μετρήσεων ή στο χειρισμό μιας μέτρησης στους αριθμητικούς υπολογισμούς. Η χωρική ευκρίνεια (resolution) των χωρικών δεδομένων ορίζει το μικρότερο αντικείμενο ή χαρακτηριστικό που περιλαμβάνεται στα δεδομένα.

Οι κυριότερες πηγές λαθών των γεωγραφικών δεδομένων είναι:

- Η ηλικία των δεδομένων.
- Η έλλειψη δεδομένων μιας περιοχής.
- Η κλίμακα του χάρτη.
- Η πυκνότητα των παρατηρήσεων.
- Η χρησιμοποίηση εναλλακτικών δεδομένων.
- Η οργάνωση των δεδομένων.
- Η διαθεσιμότητα των δεδομένων.
- Το κόστος της πληροφορίας.
- Η ακρίβεια της θέσης.
- Η ακρίβεια των μετρήσεων.
- Η απόκλιση των δεδομένων.

- Τα εργαστηριακά λάθη.
- Η τοπολογική απόκλιση.
- Τα αριθμητικά λάθη.

#### 1.4.5 Βασικές αρχές του σχεδιασμού και της υλοποίησης των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.

Στην απλούστερη μορφή του ένα Γ.Σ.Π. μπορεί να θεωρηθεί ως ένα Σύστημα Βάσεως Δεδομένων, στο οποίο είναι αποθηκευμένα χωρικά δεδομένα (spatial data), στα οποία εφαρμόζεται ένα σύνολο από επεξεργασίες με σκοπό να απαντώνται ερωτήσεις για τις χωρικές οντότητες της Βάσεως Δεδομένων.

Κεντρικά στοιχεία της ανάπτυξης ενός Γ.Σ.Π. είναι: η αποθήκευση των δεδομένων, η χωρική ανάλυση, η παρουσίαση και η επικοινωνία των δεδομένων και οι εφαρμογές.

Ένα Γ.Σ.Π. που έχει υλοποιηθεί σε Η/Υ μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τα ακόλουθα 5 μέρη / υποσυστήματα:

##### α) Συλλογή και Κωδικοποίηση των δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται σαν είσοδος σε ένα Γ.Σ.Π. προέρχονται από διαφορετικές πηγές, έχουν διαφορετική μορφή και είναι αποθηκευμένα σε διαφορετικά μέσα.

Κατά το στάδιο της συλλογής των δεδομένων θα πρέπει να καταγράφονται όλες οι πληροφορίες που έχουν σχέση με αυτά και οι οποίες περιγράφουν όσο το δυνατόν καλύτερα την ακρίβεια και την αξιοπιστία τους.

Μετά τη συλλογή τους τα δεδομένα χρειάζονται κάποια προεπεξεργασία. Η προεπεξεργασία των δεδομένων μπορεί να περιλαμβάνει κυρίως αλλαγή της μορφής (format) των δεδομένων.

Οι αλλαγές στη μορφή των δεδομένων μπορεί να συνοψισθούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει μετατροπές στη δομή των δεδομένων και η δεύτερη μετατροπές στα μέσα αποθήκευσης των δεδομένων.

##### β) Διοίκηση των δεδομένων

Το λογισμικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για την οργάνωση και διαχείριση της γεωγραφικής βάσεως δεδομένων ονομάζεται Σύστημα Διαχείρισης της Βάσεως Δεδομένων (Database Management System ή DBMS). Τα λογισμικά προγράμματα (software) των Γ.Σ.Π., προγραμματίζονται σε μια από τις γνωστές γλώσσες προγραμματισμού των Η/Υ όπως οι Fortran, Visual Basic ή Visual Basic for



Applications, C++, JAVA, κ.ο.κ. Μερικά Γ.Σ.Π. παρέχουν τις λεγόμενες Μάκρο Γλώσσες (Macro Languages), οι οποίες είναι απλοποιημένες γλώσσες προγραμματισμού για την εκτέλεση διαφόρων εργασιών, αλλά και τη σύνδεση των γεωγραφικών με τις μη γεωγραφικές πληροφορίες. Οι Μάκρο Γλώσσες χρησιμοποιούνται επίσης και στη προτυποποίηση των Γ.Σ.Π., όπως είναι για παράδειγμα τα Γ.Σ.Π., ArcView, IDRISI, ILWIS, κ.λπ.

Η διοίκηση των δεδομένων απαιτεί τη χρησιμοποίηση ενός Συστήματος Διοίκησης Βάσεων Δεδομένων που παρέχει :

- Τη δυνατότητα να στηρίζει πολλούς χρήστες ταυτόχρονα και πολλές βάσεις δεδομένων.
- Δυνατότητες αποθήκευσης, επεξεργασίας, ενημέρωσης και ανάκτησης των δεδομένων.
- Αποφυγή αποθήκευσης περιττών δεδομένων.
- Ανεξαρτησία και ασφάλεια των δεδομένων.

#### γ) Ανάκτηση των δεδομένων

Ένα Γ.Σ.Π. πρέπει να έχει δυνατότητες για ικανοποιητική ανάκτηση των δεδομένων τόσο των χωρικών όσο και των μη χωρικών. Κατά τη διαδικασία των ερωτήσεων ένα Γ.Σ.Π. μπορεί να χρειαστεί να εντοπίσει : ένα απλό χαρακτηριστικό, ένα σύνολο από απλά χαρακτηριστικά, χαρακτηριστικά που βασίζονται σε ορισμένες σχέσεις ανάμεσα στα δεδομένα, όλα τα χαρακτηριστικά μιας τάξης δεδομένων κλπ. Οι δυσκολίες στην ανάκτηση των δεδομένων προέρχονται κυρίως από τον όγκο των δεδομένων τη μορφή και την κωδικοποίησή τους.

#### δ) Χειρισμός και επεξεργασία των δεδομένων

Η επεξεργασία των χαρτογραφικών δεδομένων απαιτεί από το Γ.Σ.Π. τεχνικές κατάλληλες για την επεξεργασία των δεδομένων τόσο σε κυψελιδωτή όσο και σε διανυσματική μορφή καθώς και δυνατότητες μετατροπής από τη μία μορφή στη άλλη.

Μερικές από τις επεξεργασίες που απαιτούνται από τους χρήστες των Γ.Σ.Π. και παρέχονται από τα περισσότερα Γ.Σ.Π. είναι : Μετατροπές στις δομές των δεδομένων, γεωμετρικές πράξεις στα χωρικά δεδομένα, τοπογραφική ανάλυση των δεδομένων, στατιστική ανάλυση και γεωστατιστική ανάλυση, μετρήσεις γραμμών και τόξων, ανάκτηση χωρικών και μη δεδομένων.

### ε) Παρουσίαση των δεδομένων

Ένα Γ.Σ.Π. πρέπει να έχει δυνατότητα παρουσίασης των χαρτών και των πινάκων πληροφοριών σε μια ποικιλία από μέσα π.χ σε χαρτί διαφόρων ειδών, μικροφίλμ κλπ. και με μια ποικιλία συσκευών π.χ εκτυπωτές, σχεδιαστές κλπ.

Από πρόσφατες έρευνες που αφορούν το σχεδιασμό μεγάλων Γ.Σ.Π., οι προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιεί γενικά ένα Γ.Σ.Π. μπορούν να συνοψισθούν στις παρακάτω :

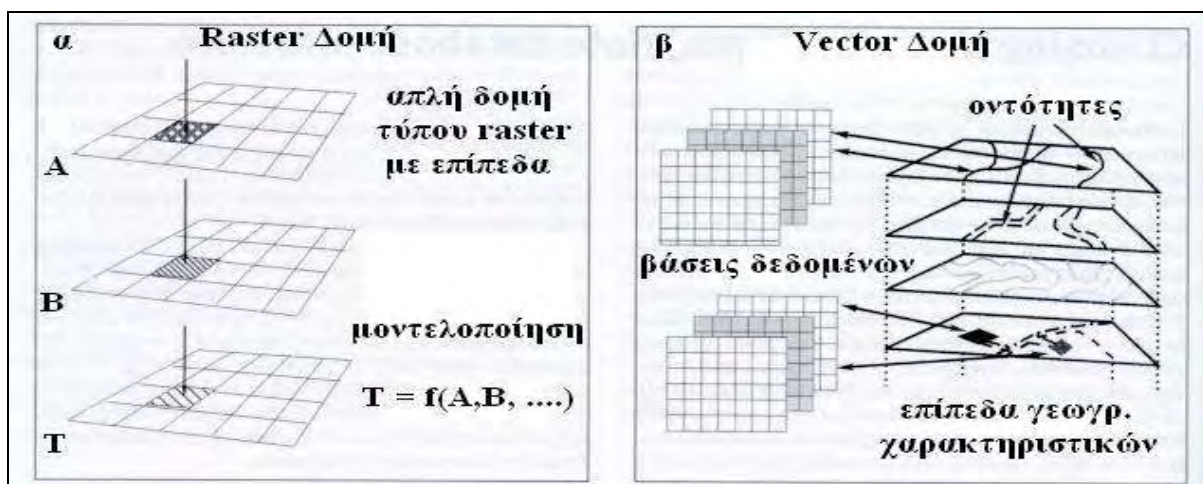
- Δυνατότητα χειρισμού μεγάλων ετερογενών βάσεων δεδομένων.
- Δυνατότητα ανάκτησης πληροφοριών από τις βάσεις δεδομένων σχετικά με την ύπαρξη, τη θέση και της ιδιότητες ενός μεγάλου εύρους χωρογραφικών και μη αντικειμένων.
- Δυνατότητες εύκολου χειρισμού ερωτήσεων.
- Ευελιξία στο σχεδιασμό του συστήματος ώστε αυτό να προσαρμόζεται εύκολα στις εκάστοτε απαιτήσεις διαφορετικών χρηστών.
- Δυνατότητα το σύστημα να παράγει νέα γνώση από ήδη υπάρχουσα κατά τη διάρκεια των επεξεργασιών.

Πιο συγκεκριμένα οι απαιτήσεις στις οποίες πρέπει να ανταποκρίνεται ένα Γ.Σ.Π. είναι (Φλωράς, 2004) :

- Να εμφανίζει τις θέσεις των οντοτήτων ή αντικειμένων του πραγματικού κόσμου π.χ. τύπου A.
- Να εμφανίζει τη θέση της οντότητας A σε σχέση με τη θέση της οντότητας B.
- Να μπορεί να υπολογίζει τον αριθμό των περιπτώσεων να υπάρχει, ή την πιθανότητα ύπαρξης, της οντότητας A μέσα στην απόσταση Δ της οντότητας του τύπου B.
- Να μπορεί να εκτιμήσει την τιμή της συνάρτησης φ στη θέση X.
- Να μπορεί να υπολογίσει το μέγεθος της οντότητας B (επιφάνεια, περίμετρο, αριθμό περιεχομένων).
- Να μπορεί να καθορίζει και να υπολογίζει το αποτέλεσμα της διχοτόμησης, ή διασταύρωσης, ή επικάλυψης των χωρικών ή γεωγραφικών δεδομένων.
- Να υπολογίζει και να βρίσκει τη διαδρομή, του ελαχίστου κόστους, της αντίστασης ή απόστασης πάνω στην επιφάνεια του εδάφους από το σημείο X στο σημείο Y, πάνω σ' ένα δίκτυο, ή μια συνεχή επιφάνεια.
- Να θέτει με τη σειρά και να πινακοποιεί τις ιδιότητες των οντοτήτων που βρίσκονται στις θέσεις  $X_1$  και  $X_2$ .

- Να καθορίζει ποιες οντότητες βρίσκονται κοντά σε οντότητες που έχουν ορισμένους συνδυασμούς ιδιοτήτων.
- Να αναταξινομεί ή αναχρωματίζει τις οντότητες που έχουν ορισμένους συνδυασμούς ιδιοτήτων.
- Όταν γνωρίζει την τιμή του ζ στα σημεία  $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N$ , να μπορεί να προβλέψει την τιμή του ζ στα σημεία  $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_M$ .
- Να μπορεί να χρησιμοποιεί αριθμητικές μεθόδους για να δημιουργεί νέες ιδιότητες από υπάρχουσες ιδιότητες ή νέες οντότητες από υπάρχουσες οντότητες.
- Να μπορεί με τη χρησιμοποίηση της ψηφιακής βάσεως δεδομένων σαν πρότυπο του πραγματικού μας κόσμου, να προσομοιάζει το αποτέλεσμα της διεργασίας ή διαδικασίας  $\Delta$  κατά τη διάρκεια του χρόνου  $X$  και για ένα δεδομένο σενάριο  $\Sigma$ .

Στους συμβατικούς χάρτες οι χωρικές πληροφορίες συμβολίζονται είτε με διανυσματική μορφή (vector) είτε με συνεχείς επιφάνειες (continuous surfaces). Στην πραγματικότητα ο φυσικός κόσμος παρουσιάζεται μπροστά μας με τη μορφή είτε ανεξάρτητων οντοτήτων ως χαρακτηριστικά σημεία, χαρακτηριστικές γραμμές, ή χαρακτηριστικές επιφάνειες, είτε ως επιφάνειες συνεχούς παραλλακτικότητας των τιμών μιας μεταβλητής στη συνέχεια του χώρου, όπως είναι για παράδειγμα η παρουσίαση των υψομέτρων με μια συνεχή υψομετρική γραμμή ως ισοϋψούς καμπύλης. Στον Η/Υ, η παρουσίαση των φυσικών αντικειμένων και φαινομένων γίνεται όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα, είτε με διανυσματική μορφή (vector), είτε με ένα δικτυωτό κυψελίδων ή φατνίων (raster). (Φλωράς, 2004).



Εικόνα 4.3 Δομές Raster και Vector

Διανυσματική Μορφή	Σημεία	Γραμμές	Επιφάνειες	Κυβελωτή Μορφή	Σημεία	Γραμμές	Επιφάνειες
Δεδομένα Χαρακτηριστικών				Δεδομένα Χαρακτηριστικών			
Μονάδες Επιφανειών				Μονάδες Επιφανειών		-	
Δίκτυα				Δίκτυα	-	-	-
Σημεία Δειγματοληψίας				Σημεία Δειγματοληψίας		-	
Δεδομένα Επιφανειών				Δεδομένα Επιφανειών		-	
Ετικέτες Κείμενο	○ Αθήνα ○ Λάρισα			Ετικέτες Κείμενο	-	-	-
Σύμβολα				Σύμβολα			
Σχέσεις	Ιδιότητες και Δείκτες	Ιδιότητες και Δείκτες		Σχέσεις	Ιδιότητες και Σχέσεις	Ιδιότητες και Σχέσεις	

**Εικόνα 4.4** Παρουσίαση φυσικών αντικειμένων ή φαινομένων με Διανυσματική ή Κυβελωτή μορφή (Vector ή Raster).

#### 1.4.6 Γεωστατιστική

##### 1.4.6.1 Χωρική Παρεμβολή ή Εσωεκτίμηση (Interpolation)

Χωρική παρεμβολή ή εσωεκτίμηση είναι η διαδικασία του υπολογισμού της τιμής των παραμέτρων σε θέσεις που δεν υπάρχουν μετρήσεις χρησιμοποιώντας μετρήσεις που έχουν γίνει σε σημεία μέσα στην ίδια τη περιοχή.

Η πρόβλεψη της τιμής μιας ιδιότητας σε θέσεις έξω από την περιοχή των παρατηρήσεων λέγεται extrapolation.

Η χωρική παρεμβολή χρησιμοποιείται για να μετατρέψει δεδομένα από σημειακές παρατηρήσεις σε συνεχείς επιφάνειες έτσι ώστε οι χωρικοί σχηματισμοί που αντιπροσωπεύουν αυτές οι μετρήσεις να μπορούν να συγκριθούν με τους χωρικούς σχηματισμούς άλλων χωρικών οντοτήτων.

Η χωρική παρεμβολή είναι απαραίτητη :

- Όταν η επιφάνεια έχει διαφορετικό επίπεδο χωρικής ευκρίνειας, μέγεθος κυψελίδας ή διεύθυνση από αυτήν που απαιτείται για τη συγκεκριμένη επεξεργασία. Παράδειγμα είναι η μετατροπή σκαναρισμένων εικόνων από ένα χωρικό πλαίσιο και διεύθυνση σε κάποιο άλλο.
- Όταν συνεχής επιφάνεια παρίσταται από ένα μοντέλο δεδομένων διαφορετικό από αυτό που απαιτείται. Δηλαδή η μετατροπή μιας συνεχούς επιφάνειας από ένα χωρικό σχηματισμό σε άλλο όπως από TIN ή πολύγωνα σε κανονικό πλέγμα.
- Όταν τα δεδομένα δεν καλύπτουν τελείως όλη την επιφάνεια της υπό εξέτασης περιοχής. Δηλαδή η μετατροπή των δεδομένων από σύνολα σημείων σε συνεχείς επιφάνειες.

Οι συνεχείς επιφάνειες που παράγονται από τη χωρική εκτίμηση μπορεί να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή σαν χαρτογραφικές επικαλύψεις (overlays) σε ένα Γ.Σ.Π..

Οι επιφάνειες μπορούν να παρασταθούν από διάφορα μοντέλα δεδομένων όπως οι ισογραμμές, τα κανονικά πλαίσια (grids) και τα ακανόνιστα πλαίσια (TIN's).

Επειδή οι χωρικά εκτιμώμενες επιφάνειες μεταβάλλονται συνεχώς οι χωρικές εκτιμήσεις στις κυψελίδες του κανονικού πλαισίου πρέπει να παρίστανται με μια δομή δεδομένων στην οποία κάθε κυψελίδα του κανονικού πλαισίου να λαμβάνει διαφορετική τιμή.

Η λογική πίσω από τη χωρική παρεμβολή είναι η πολύ κοινή παρατήρηση ότι συνήθως οι τιμές σημείων που βρίσκονται πιο κοντά στο χώρο έχουν τη πιθανότητα να είναι πιο όμοιες από αυτές απομακρυσμένων σημείων.

Πηγές δεδομένων για τη δημιουργία συνεχών επιφανειών μπορεί να είναι :

1. Οι σκαναρισμένοι χάρτες.
2. Τα σημειακά δεδομένα μεταβλητών μετρημένων άμεσα στον αγρό σε τυχαία, κανονικά ή γραμμικά δείγματα (transects).
3. Οι ψηφιοποιημένοι χάρτες.

Πολλά δεδομένα για τη χωρική παρεμβολή προέρχονται από δειγματοληψία πολύπλοκων σχημάτων μεταβολής με σχετικά λίγα σημεία. Αυτές οι μετρήσεις είναι γνωστές σαν <<hard data>>. Όταν τα δεδομένα είναι αραιά είναι χρήσιμο να υπάρχουν πληροφορίες για τις διαδικασίες ή τα φαινόμενα που προκαλούν τη παρεμβολή και είναι γνωστά σαν <<soft data>> και μπορεί να βοηθήσουν τη χωρική παρεμβολή. Βέβαια στις περισσότερες περιπτώσεις η φυσική διαδικασία είναι

άγνωστη και επιβάλλεται να γίνονται διάφορες υποθέσεις για τη φύση της χωρικής μεταβολής των διάφορων μεταβλητών.

Η θέση των σημείων δειγματοληψίας είναι ιδιαίτερα σημαντική για την περαιτέρω επεξεργασία. Στην ιδανική περίπτωση, τα δείγματα για τη χαρτογράφηση θα πρέπει να είναι ακανόνιστα κατανομημένα στην περιοχή. Ένα κανονικό δίκτυο δειγματοληψίας μπορεί να προκαλέσει λάθη, εκτός εάν συμπίπτει με ένα κανονικό σχηματισμό της επιφάνειας, όπως κανονικά διατεταγμένα δένδρα.

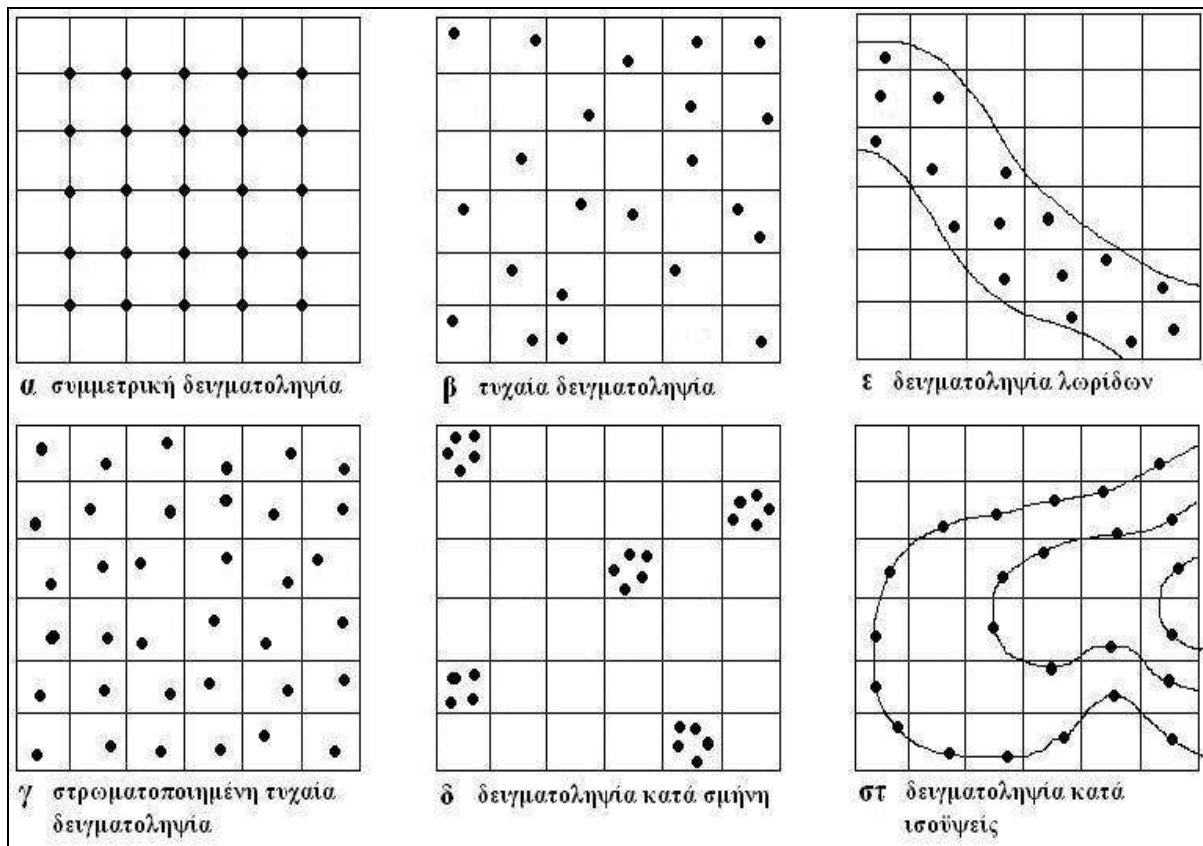
Η τελείως τυχαία δειγματοληψία έχει επίσης ορισμένα μειονεκτήματα. Πρώτον, κάθε μεμονωμένο σημείο πρέπει να ορίζεται ακριβώς χωρικά, ενώ σε ένα κανονικό πλαίσιο για να εντοπιστεί η θέση ενός σημείου απαιτείται μόνο η θέση της αρχής, η διεύθυνση και οι αποστάσεις των γραμμών – στηλών. Αυτό είναι ευκολότερο σε μια δασώδη περιοχή ή σε ένα δύσκολο ανάγλυφο ακόμη και με τη χρησιμοποίηση GPS.

Δεύτερον, τέλεια τυχαιοποίηση μπορεί να οδηγήσει σε μη επιθυμητή κατανομή των σημείων, εκτός αν μετρηθούν πάρα πολλά σημεία, γεγονός απαγορευτικό λόγω κόστους.

Μια συμβιβαστική λύση μεταξύ της τελείως τυχαίας και της κανονικής δειγματοληψίας δίνεται από τη στρωματοποιημένη τυχαία δειγματοληψία (stratified random sampling) όπου τα μεμονωμένα σημεία τοποθετούνται τυχαία μέσα σε κανονικά τμήματα.

Η δειγματοληψία κατά σμήνη (clustered) ή κατά φωλιές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ερευνηθεί η χωρική παραλλακτικότητα σε πολλές διαφορετικές κλίμακες. Η κανονική δειγματοληψία κατά λωρίδες (transect sampling), συχνά χρησιμοποιείται για την έρευνα των ποταμών, των ακτών και των κλιτύων των λόφων. Η δειγματοληψία κατά τις ισοϋψείς (contour lines) είναι μια συνηθισμένη μέθοδος δειγματοληψίας για την κατασκευή ψηφιακών προτύπων εδάφους (ΨΠΕ).

Το support είναι ένας τεχνικός όρος που χρησιμοποιείται στη γεωστατιστική για να περιγράψει το εμβαδόν ή τον όγκο του φυσικού δείγματος στον οποίο γίνονται μετρήσεις. Όταν δεδομένα που συλλέγονται με ένα δεδομένο support, χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των τιμών των ίδιων μεταβλητών σε θέσεις που δεν υπάρχουν μετρήσεις, τότε οι υπολογισμοί αναφέρονται σε θέσεις που έχουν επίσης το ίδιο support εκτός εάν χρησιμοποιηθούν διαδικασίες που συσχετίζουν τις παρατηρήσεις με μεγαλύτερες επιφάνειες ή όγκους. Οι διαδικασίες αυτές καλούνται upscaling διαδικασίες.



**Εικόνα 4.5.** Οι κυριότεροι τρόποι δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή χωρικών δεδομένων (Πηγή: Φλωράς)

Οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής διακρίνονται σε δύο ομάδες τις γενικές και τις τοπικές.

Οι γενικοί εκτιμητές χρησιμοποιούν όλα τα διαθέσιμα δεδομένα για να κάνουν τις παρεμβολές των τιμών σε ολόκληρη την εξεταζόμενη περιοχή ενώ οι τοπικοί εκτιμητές εκτιμούν με βάση μια μικρή περιοχή γύρω από το σημείο που πρέπει να εκτιμηθεί, ώστε να είναι σίγουροι ότι ο υπολογισμός είναι όσο το δυνατό πιο ακριβής.

Οι γενικοί εκτιμητές χρησιμοποιούνται κυρίως όχι για άμεση εκτίμηση αλλά για την εξέταση και πιθανώς την απομάκρυνση των επιδράσεων των γενικών μεταβολών που προέρχονται από κάποιες τάσεις από την παρουσία διαφόρων κατηγοριών γης που μπορεί να προσδιορίζουν περιοχές με διαφορετικές μέσες τιμές. Όταν οι γενικές επιδράσεις προσδιοριστούν και απομακρυνθούν τότε οι υπόλοιπες μεταβολές μπορεί να εκτιμηθούν τοπικά.

#### 1.4.6.2 Γεωστατιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής

Οι στατιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής δε λαμβάνουν υπ' όψιν τους την χωρική εξάρτηση των τιμών των μεταβλητών. Νέες τεχνικές όμως που αναπτύχθηκαν στη στατιστική επιτρέπουν τη μελέτη της χωρικής εξάρτησης μέσα

από τη μέθοδο. Οι νέες αυτές τεχνικές βασίζονται στη θεωρία των regionalized μεταβλητών και λαμβάνουν υπ όψη τους τόσο τα τυχαία όσο και τα δομικά χαρακτηριστικά των χωρικών μεταβλητών και δίνουν ποσοτικούς τρόπους για την περιγραφή τους και τη βέλτιστη αβίαστη εκτίμηση τους.

Χωρική παρεμβολή βασισμένη στη χωρική εξάρτηση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε πρώτα από τον D. Krige (1951, 1960) για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας σε χρυσό κοιτασμάτων χρυσού στα ορυχεία χρυσού της Ν. Αφρικής. Οι κλασικές μέθοδοι παρεμβολής κρίθηκαν ακατάλληλες γιατί δε λάμβαναν υπ όψη τους τη χωρική τοπική εξάρτηση. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν μέθοδοι χωρικής παρεμβολής που λάμβαναν υπ όψη τους τις τοπικές αλλαγές στη περιεκτικότητα σε χρυσό, ώστε να ελαχιστοποιούν το υψηλό κόστος της δειγματοληψίας των κοιτασμάτων.

Η πρακτική μέθοδος του Krige επεκτάθηκε και γενικεύτηκε από τη Matheron (1963,1965,1970,1971) στη θεωρία των regionalized μεταβλητών. Η μέθοδος αυτή έβαλε τη βάση των διαδικασιών για την ανάλυση και την εκτίμηση των χωρικά εξαρτημένων μεταβλητών. Όλες αυτές οι μέθοδοι καλούνται γεωστατιστικές μέθοδοι.

Οι γεωστατιστικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής παρέχουν μηχανισμούς για να αντιμετωπιστούν οι περιορισμοί των προηγούμενων μεθόδων χωρικής παρεμβολής και κάνουν τις βέλτιστες προβλέψεις τιμών σε μη μετρημένες θέσεις. Βασίζονται στις έννοιες regionalized μεταβλητών, των τυχαίων συναρτήσεων και της σταθερότητας. Μια σύντομη θεωρητική ανάπτυξη αυτών των εννοιών είναι απαραίτητη για να εκτιμηθεί η θεωρητική εφαρμογή της θεωρίας των regionalized μεταβλητών στην ανάλυση της μεταβολής του εδάφους. Η χωρική μεταβολή κάθε συνεχούς μεταβολής είναι συχνά τόσο ακανόνιστη για να μοντελοποιηθεί από μια απλή μαθηματική συνάρτηση. Η μεταβολή μπορεί να περιγραφεί καλύτερα από μια στοχαστική επιφάνεια. Η χωρική παρεμβολή με γεωστατιστικές μεθόδους καλείται kriging από τον Krige.

Μια regionalized μεταβλητή  $z(x)$  είναι μια τυχαία μεταβλητή που παίρνει διαφορετικές τιμές  $z$  σύμφωνα με τη θέση της  $x$  μέσα σε μια περιοχή. Επομένως μια regionalized μεταβλητή  $z(x)$  μπορεί να θεωρηθεί σαν μια τιμή μιας τυχαίας μεταβλητής  $Z$  για κάποια δεδομένη τιμή  $x$  μέσα στην περιοχή. Αν θεωρηθούν όλες οι τιμές της  $z(x)$  σε όλες τις θέσεις μέσα στη περιοχή, τότε η regionalized μεταβλητή γίνεται μέλος ενός άπειρου συνόλου τυχαίων μεταβλητών  $Z(x)$  για όλες τις θέσεις μέσα στη περιοχή. Ένα τέτοιο σύνολο καλείται μια τυχαία συνάρτηση γιατί συνδέει μια τυχαία μεταβλητή  $Z$  με κάθε θέση  $x$ .



Μια τυχαία συνάρτηση  $Z(x)$  καλείται σταθερά πρώτης τάξης (first order stationary) εάν η αναμενόμενη τιμή της είναι η ίδια για όλες τις θέσεις μέσα στη περιοχή μελέτης.

$$E[Z(x)] = m$$

Η θεωρία των regionalized μεταβλητών υποθέτει ότι η χωρική μεταβολή κάθε μεταβλητής εκφράζεται σαν το άθροισμα τριών στοιχείων. Αυτά είναι : (α) ένα δομικό στοιχείο, (β) ένα τυχαίο, αλλά χωρικά σχετιζόμενο στοιχείο, και (γ) ένας χωρικά ανεξάρτητος θόρυβος ή υπολειμματικό λάθος (residual). Έστω  $x$  μια θέση σε 1,2 ή 3 διαστάσεις. Τότε η τιμή μιας τυχαίας μεταβλητής  $Z$  στο  $x$  δίνεται από την εξίσωση

$$Z(x) = m(x) + \varepsilon'(x) + \varepsilon'' \quad (1)$$

όπου  $m(x)$  είναι μια συνάρτηση που περιγράφει το δομικό στοιχείο της  $Z$  στο  $x$ ,  $\varepsilon'(x)$  είναι ένας όρος που ορίζει το χωρικά εξαρτημένο υπόλειμμα της  $m(x)$  και  $\varepsilon''$  είναι ένα χωρικά ανεξάρτητο υπόλειμμα που έχει μηδέν μέσο όρο και διακύμανση  $\sigma^2$ .

Το πρώτο βήμα είναι να προσδιοριστεί η κατάλληλη συνάρτηση για το  $m(x)$ . Στην πιο απλή περίπτωση, το  $m(x)$  ισούται με τη μέση τιμή της μεταβλητής στη περιοχή ( $E[Z(x)] = m$ ) και η αναμενόμενη διαφορά μεταξύ οιονδήποτε δύο θέσεων  $x$  και  $x+h$  που απέχουν από ένα διάνυσμα απόστασης  $h$  θα είναι μηδέν.

$$E[Z(x) - Z(x+h)] = 0$$

όπου  $Z(x)$ ,  $Z(x+h)$  είναι οι τιμές της τυχαίας μεταβλητής  $Z$  στις θέσεις  $x$  και  $x+h$ . Σ' αυτή τη περίπτωση η τυχαία μεταβλητή καλείται σταθερά πρώτου βαθμού (first order stationary).

Σταθερότητα δευτέρου βαθμού (second order stationary) ισχύει αν η χωρική συνδιακύμανση  $C(h)$  για κάθε ζεύγος  $Z(x)$  και  $Z(x+h)$  είναι η ίδια (ανεξάρτητα από τη θέση) σε ολόκληρη την εξεταζόμενη περιοχή και εξαρτάται από το  $h$ :

$$C(h) = E\{[Z(x) - m][Z(x+h) - m]\}$$

Καθώς το  $h$  μεγαλώνει, η  $C(h)$  μειώνεται και η χωρική συνδιακύμανση μειώνεται. Σταθερότητα της  $C(h)$  συνεπάγεται σταθερότητα της διακύμανσης του δείγματος  $s^2$ . Η χωρική συνδιακύμανση προσεγγίζει τη διακύμανση του δείγματος καθώς η απόσταση  $h$  τείνει στο μηδέν. Σταθερότητα δευτέρου βαθμού δεν ισχύει εάν δεν μπορεί να ορισθεί μια πεπερασμένη διακύμανση και συνδιακύμανση και συνεπώς μια πιο ασθενής μορφή σταθερότητας η οποία καλείται "αληθής υπόθεση" (Intrinsic hypothesis). Σταθερότητα δευτέρου βαθμού συνεπάγεται την αληθή υπόθεση άλλα δεν ισχύει το αντίστροφο. Η αληθής υπόθεση απαιτεί ότι η διακύμανση των διαφορών εξαρτάται μόνο από την απόσταση,  $h$ , μεταξύ των θέσεων έτσι ώστε :

$$E\{[Z(x) - Z(x+h)]^2\} = E\{[\varepsilon'(x) - \varepsilon''(x+h)]^2\} = 2\gamma(h)$$

όπου  $\gamma(h)$  καλείται ημιδιακύμανση (semivariance). Οι δύο συνθήκες της σταθερότητας των διαφορών και της διακύμανσης των διαφορών, ορίζουν τις απαιτήσεις για την αληθή υπόθεση της θεωρίας των regionalized μεταβλητών.

Αυτό σημαίνει ότι αν οι δομικές επιδράσεις υπολογισθούν, η μεταβολή που απομένει είναι ομογενής έτσι ώστε οι διαφορές μεταξύ των θέσεων είναι συνάρτηση της μεταξύ τους απόστασης. Η εξίσωση (1) μπορεί να γραφεί ως :

$$Z(x) = m(x) + \gamma(x) + \varepsilon''$$

ώστε να δειχθεί η σχέση μεταξύ του  $\gamma(x)$  και του  $\varepsilon'(x)$ . Η ημιδιακύμανση μεταξύ δυο θέσεων εξαρτάται μόνο από την απόσταση και την διεύθυνση και όχι από τη γεωγραφική τους θέση.

Η γραφική παράσταση της  $\gamma(h)$  ως προς το  $h$  καλείται πειραματικό βαριόγραμμα (experimental variogram). Το πειραματικό βαριόγραμμα είναι το πρώτο βήμα για την ποσοτική περιγραφή της χωρικής μεταβολής. Επιπλέον παρέχει χρήσιμη πληροφορία για τη χωρική παρεμβολή και προσδιορίζει τους χωρικούς σχηματισμούς. Για να επιτευχθεί όμως αυτό πρέπει να εφαρμοστεί ένα θεωρητικό μοντέλο στο πειραματικό βαριόγραμμα. Το σχήμα του πειραματικού βαριογράμματος έχει πολλές μορφές που εξαρτώνται από τα δεδομένα και την απόσταση δειγματοληψίας.

Το είδος του βαριογράμματος είναι αρκετά αποκαλυπτικό για το είδος της χωρικής μεταβολής που επικρατεί σε μια περιοχή ενώ τα θεωρητικά μοντέλα που εφαρμόζονται συνήθως στις εδαφικές μεταβλητές είναι το εκθετικό (exponential), το σφαιρικό (spherical) και το Gaussian. Αυτά τα μοντέλα καλούνται μεταβατικά βαριογράμματα (transitive variograms) γιατί η δομή της χωρικής συσχέτισης μεταβάλλεται με το  $h$ . Τα μη μεταβατικά βαριογράμματα μοντελοποιούνται με το γραμμικό μοντέλο.

Ο υπολογισμός και η μοντελοποίηση των βαριογραμμάτων είναι εξαιρετικά σημαντικά για τη δομική ανάλυση και τη χωρική εκτίμηση. Επίσης είναι σημαντικό να επιλέγεται το κατάλληλο μοντέλο για τον υπολογισμό του βαριογράμματος διότι κάθε μοντέλο δίνει διαφορετικές τιμές για τη nugget διακύμανση και το range, δύο πολύ σημαντικές ιδιότητες για το krigging.

Ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας είναι πολύ σημαντικός για την αξιοπιστία του βαριογράμματος. Ένας εμπειρικός κανόνας συνιστά ότι τουλάχιστο 50 με 100 σημεία χρειάζονται για ένα αξιόπιστο βαριόγραμμα. Φυσικά και ο τύπος

της χωρικής μεταβολής παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Σχετικά ομαλές επιφάνειες απαιτούν πολύ λιγότερα σημεία από εκείνες με ακανόνιστη μεταβολή.

Η επιλογή του τύπου και της ελάχιστης απόστασης των δειγμάτων για την ανάλυση του βαριογράμματος βασίζεται γενικά στη προηγούμενη γνώση της μεταβολής της ιδιότητας στην περιοχή, τον στόχο της ανάλυσης και το κόστος της δειγματοληψίας και των μετρήσεων. Οι McBratney και Webster (1983) συνιστούν για τη χαρτογράφηση να χρησιμοποιείται δειγματοληψία σε γραμμές για να προσδιοριστεί αρχικά η χωρική εξέταση των ιδιοτήτων. Κατόπιν αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σχεδιαστεί το καλύτερο σχήμα δειγματοληψίας για το kriging.

Η ανάλυση της χωρικής εξάρτησης με τη χρησιμοποίηση του βαριογράμματος συνεισφέρει σημαντικά στη γνώση της μεταβολής των εδαφικών ιδιοτήτων. Εδαφικές ιδιότητες που μεταβάλλονται με παρόμοιο τρόπο προς όλες τις διευθύνσεις καλούνται ισότροπες. Σ' αυτή τη περίπτωση το βαριόγραμμα εξαρτάται μόνο από την απόσταση  $h$  μεταξύ των δειγμάτων. Τότε ένα βαριόγραμμα εφαρμόζεται σε όλα τα μέρη της εξεταζόμενης περιοχής. Γεωμετρική ανισοτροπία εμφανίζεται όταν οι μεταβολές για μια δεδομένη απόσταση  $h$  προς μια διεύθυνση είναι ισοδύναμες προς τις μεταβολές για μια απόσταση  $kh$  προς κάποια άλλη διεύθυνση. Ο λόγος ανισοτροπίας  $k$  δείχνει το σχετικό μέγεθος των διαφορών των μεταβολών ως προς τη διεύθυνση. Από τον υπολογισμό των διαφορών  $(z_i - z_j)^2$  προς όλες τις δυνατές διευθύνσεις δημιουργείται μια επιφάνεια βαριογράμματος που μπορεί να σχεδιαστεί σε μια ελλειψοειδή ζώνη επιρροής. Ο κύριος άξονας του βαριογράμματος, προς τη διεύθυνση της μεγαλύτερης μεταβολής, είναι ο μεγαλύτερος άξονας της ελλείψεως. Η διεύθυνση της μεγαλύτερης μεταβολής υποτίθεται ότι εμφανίζεται κάθετα στη διεύθυνση της ελάχιστης μεταβολής. Ο λόγος ανισοτροπίας είναι ίσος με 1 και ορίζει μια κυκλική ζώνη ανισοτροπίας όταν η μεταβολή είναι η ίδια προς όλες τις διευθύνσεις.

Επίσης πολλές regionalized μεταβλητές δε μεταβάλλονται τυχαία αλλά δείχνουν τοπικές τάσεις. Οι τοπικές τάσεις φαίνονται από τις ημιδιακυμάνσεις που αυξάνουν με την απόσταση των δειγμάτων και είτε δε προσεγγίζουν ένα sill ή έχουν ένα sill που ξεπερνά σημαντικά τη γενική διακύμανση  $s^2$ . Σ' αυτή τη περίπτωση το απλό kriging χρησιμοποιείται τοπικά και μια κατάλληλη ακτίνα για το kriging είναι η απόσταση στην οποία η ημιδιακύμανση τέμνει τη γενική διακύμανση.

Οι γενικές τάσεις (drift) προσδιορίζονται από τη γραφική παράσταση, τις τιμές της εδαφικής ιδιότητας σε συνάρτηση της ακτίνας ή από την εξέταση των βαριογραμμάτων.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 2.1 Γενική περιγραφή της περιοχής

##### 2.1.1 Θέση – Έκταση

Η περιοχή μελέτης διοικητικά ανήκει στο νομό Μαγνησίας και υπάγεται στην επαρχία Αλμυρού. Ο νομός Μαγνησίας βρίσκεται στο ΝΑ τμήμα της Θεσσαλίας, συνορεύει βόρεια και δυτικά με το νομό Λαρίσης, νότια με το νομό Φθιώτιδας, ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος και νοτιοανατολικά από το Παγασητικό κόλπο. Αποτελείται από τρεις επαρχίες: Βόλου, Αλμυρού και Σκοπέλου.

Η συνολική έκταση του νομού Μαγνησίας ανέρχεται σε 2.636.300 στρέμματα που κατανέμονται ως εξής:

Καλλιεργούμενες εκτάσεις :	898.800	στρέμματα
Βοσκότοποι:	1.093.700	»
Δάση:	505.200	»
Εδάφη υπό κάλυψη υδάτων:	24.100	»
Οικισμοί:	109.300	»
Λοιπές χρήσεις:	5.200	»

(Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος, 1991)

Ο Αλμυρός, πρωτεύουσα της επαρχίας Αλμυρού, βρίσκεται στο μέσο μιας πεδιάδας, η οποία διασχίζεται από χείμαρρους. Ο Αλμυρός απέχει 35 χλμ ΝΔ από το Βόλο, 70 χλμ ΝΑ από τη Λάρισα και 290 χλμ Β από την Αθήνα. Ο Δήμος Αλμυρού, αριθμεί σύμφωνα με τη τελευταία απογραφή 13.198 κατοίκους. Περιλαμβάνει τον πρώην Δήμο Αλμυρού (νυν δημοτικό διαμέρισμα) και τις πρώην Κοινότητες (νυν δημοτικά διαμερίσματα) Ανθοτόπου, Ευξεινούπολης, Κοκκωτών, Κροκίου, Κωφών, Φυλάκης και Πλατάνου.

Η γεωγραφική θέση του Δήμου στο νομό είναι σχεδόν κεντρική, δυτικά του Παγασητικού Κόλπου. Η θέση αυτή κρίνεται ευνοϊκή, λόγω της γειννίας με τη πόλη του Βόλου, τον οδικό άξονα της εθνικής οδού, καθώς και με το αεροδρόμιο της Νέας Αγχιάλου.

## 2.1.2 Κλιματολογικές συνθήκες

### 2.1.2.1 Γενικά

Για τη μελέτη των μετεωρολογικών και κλιματικών συνθηκών της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της Νέας Αγχιάλου, ο οποίος θεωρείται αντιπροσωπευτικός για τη περιοχή της μελέτης. Ο σταθμός αυτός λειτουργεί με ευθύνη της Ε.Μ.Υ. από το 1956 μέχρι σήμερα και βρίσκεται σε υψόμετρο 12,2 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας ενώ έχει γεωγραφικό πλάτος 39°13' και γεωγραφικό μήκος 22°48'.

### 2.1.2.2 Θερμοκρασία

Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται στους 16,2 °C, με μέση θερμοκρασία Ιανουαρίου 6,6 °C και μέση Ιουλίου 26,8 °C. Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας όπως φαίνονται και στο πίνακα 5.1 παρουσιάζουν σχετική ομοιομορφία όσον αφορά τη κατανομή τους, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Ιούλιο.

Μήνες	Μέση μηνιαία	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη	Απολύτως μέγιστη	Απολύτως ελάχιστη
Ιανουάριος	6,6	11,1	2,8	24,0	-9,8
Φεβρουάριος	7,6	12,3	3,4	26,0	-7,6
Μάρτιος	9,9	14,3	4,8	26,5	-5,6
Απρίλιος	14,1	18,8	7,7	33,6	-1,6
Μάιος	19,5	24,0	12,1	36,8	3,6
Ιούνιος	24,5	29,0	16,3	43,4	8,0
Ιούλιος	26,8	31,0	18,6	46,2	11,2
Αύγουστος	26,1	30,7	18,5	44,0	11,0
Σεπτέμβριος	22,2	27,0	15,7	37,6	6,6
Οκτώβριος	16,9	21,6	12,1	33,0	1,8
Νοέμβριος	12,1	16,8	8,2	30,0	-2,6
Δεκέμβριος	8,2	12,6	4,5	26,8	-9,0
<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>16,2</b>	<b>20,8</b>	<b>10,4</b>	<b>46,2</b>	<b>-9,8</b>

Πίνακας 5.1 Θερμοκρασίες αέρα κατά την περίοδο 1956 – 1997 (Πηγή: Ε.Μ.Υ. για τη περίοδο 1956 – 1997)

### 2.1.2.3 Βροχοπτώσεις και σχετική υγρασία

Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 500,0 mm και η μέση ετήσια υγρασία ανέρχεται σε ποσοστό 65,9 %.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.2 από τον Οκτώβριο και μέχρι το Μάρτιο παρουσιάζεται η υγρότερη περίοδος του έτους με 336,4 mm ή το 67,28 % της συνολικής βροχόπτωσης, ενώ την περίοδο της ανάπτυξης των περισσότερων καλλιεργειών, από τον Απρίλιο έως και το Σεπτέμβριο, οι βροχοπτώσεις δε ξεπερνούν τα 163,6 mm ή το 32,72% του συνόλου. Το μέγιστο μέσο ύψος βροχής παρατηρείται το Νοέμβριο με 63,6 mm, ενώ το ελάχιστο τον Αύγουστο με 15,9 mm.

Η μεγαλύτερη σχετική υγρασία παρατηρείται το Δεκέμβριο με 76% και η μικρότερη τον Ιούλιο με 50,7%.

Τέλος οι βροχές κατανέμονται σχετικά φυσιολογικά κατά τη διάρκεια του έτους με συνολικό αριθμό ημερών με βροχή τις 103,2 ημέρες.

Μήνες	Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm)	Αριθμός ημερών βροχής	Μέση σχετική υγρασία (%)
Ιανουάριος	49,0	11,3	74,8
Φεβρουάριος	46,9	11,2	73,3
Μάρτιος	53,3	12,1	73,2
Απρίλιος	35,8	9,5	68,7
Μάιος	36,8	7,7	63,5
Ιούνιος	22,1	5,6	53,7
Ιούλιος	17,4	3,4	50,7
Αύγουστος	15,9	3,8	52,8
Σεπτέμβριος	35,6	5,4	60,0
Οκτώβριος	63,1	9,5	68,8
Νοέμβριος	63,6	11,7	74,9
Δεκέμβριος	60,5	12,0	76,0
<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>500,0</b>	<b>103,2</b>	<b>65,9</b>

Πίνακας 5.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα κατά τη περίοδο 1957 – 1997 (Πηγή: Ε.Μ.Υ. για περίοδο 1956 – 1997).

#### 2.1.2.4 Λοιπά κλιματικά φαινόμενα (παγετός, χαλάζι, χιόνι, άνεμοι).

Η περιοχή γενικά δεν πλήττεται από ισχυρούς ανέμους και κατά συνέπεια δε προκαλούνται σοβαρές ζημιές στις καλλιέργειες, δεδομένου ότι πολύ μικρό ποσοστό των ετησίων ανέμων υπερβαίνει τα 3 Beaufort. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ανέμων είναι απροσδιόριστης διεύθυνσης με τους ανατολικούς ανέμους να εμφανίζουν το υψηλότερο ποσοστό από πλευράς συχνότητας.

Χιονοπτώσεις παρατηρούνται κατά τους χειμερινούς μήνες. Χαλάζι πέφτει συνήθως κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο και ανάλογα με τη ένταση και το μέγεθος, προκαλεί ζημιές στις καλλιέργειες.

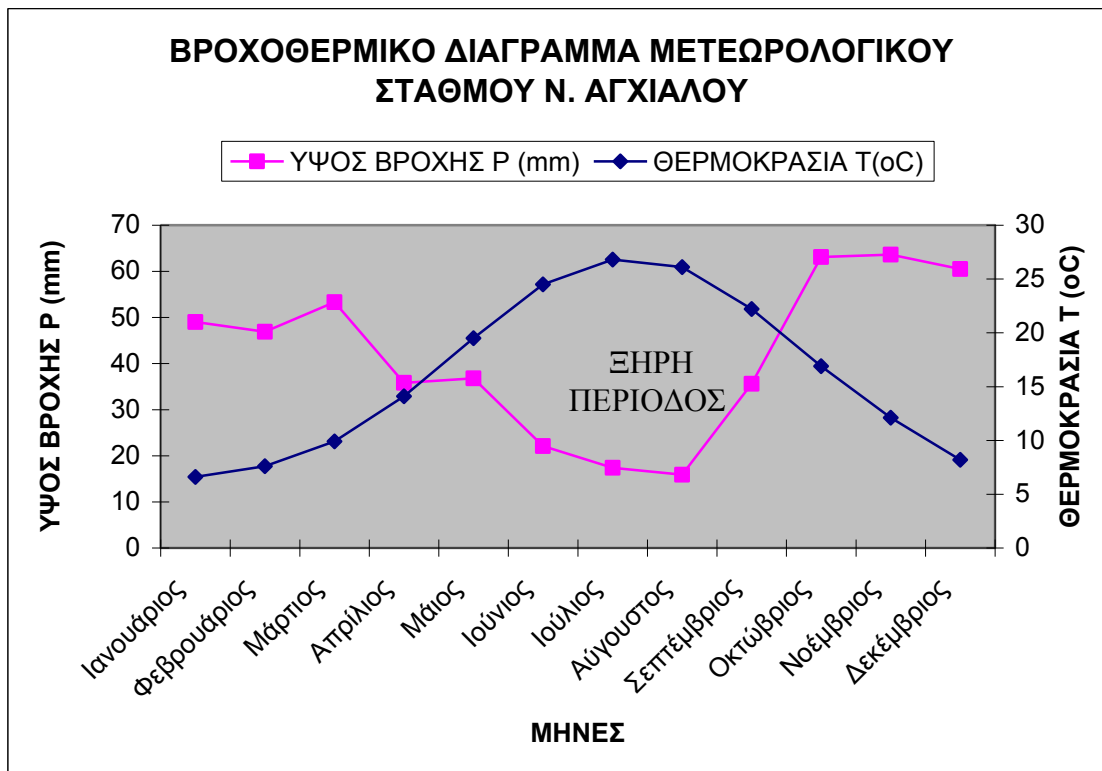
Οι παγετοί παρατηρούνται κατά τα μέσα Νοεμβρίου και σπάνια πέρα του Μαρτίου και εμφανίζονται λόγω των ψυχρών μαζών του αέρα που κατέρχονται από τους γύρω ορεινούς όγκους. Ζημιές στα καλλιεργούμενα φυτά και δένδρα σπάνια προκαλούνται από τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς παγετούς σε αντίθεση με τους ανοιξιότικους και εφόσον έχουν προηγηθεί σχετικά υψηλές θερμοκρασίες τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο.

Μήνες	Ημέρες παγετού	Ημέρες χαλαζόπτωσης	Ημέρες χιονοπτώσεων	Διεύθυνση ανέμου	Ένταση ανέμου (Beaufort)
Ιανουάριος	6,8	0,0	1,6	ΒΔ	2
Φεβρουάριος	4,9	0,0	1,4	Δ	2
Μάρτιος	2,4	0,0	0,7	Α	2
Απρίλιος	0,1	0,1	0,0	Α	2
Μάιος	0,0	0,1	0,0	Α	2
Ιούνιος	0,0	0,1	0,0	Α	2
Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	Α	2
Αύγουστος	0,0	0,0	0,0	Α	2
Σεπτέμβριος	0,0	0,0	0,0	Α	2
Οκτώβριος	0,0	0,0	0,0	Α	2
Νοέμβριος	0,6	0,0	0,1	Δ	2
Δεκέμβριος	3,0	0,0	0,9	ΒΔ	2
<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>17,8</b>	<b>0,3</b>	<b>4,7</b>		<b>2</b>

Πίνακας 5.3 Ημέρες παγετού, χαλαζόπτωσης, χιονοπτώσεων, διεύθυνση και ένταση ανέμου (Πηγή : Ε.Μ.Υ.)

### 2.1.2.5 Βροχοθερμικό διάγραμμα κατά Gaussen (1957)

Από το βροχοθερμικό διάγραμμα (εικόνα 5.1) φαίνεται ότι η ξηροθερμική περίοδος διαρκεί 4 μήνες αρχίζοντας από το Μάιο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου. Κατά τη περίοδο αυτή υπάρχει έλλειμμα υγρασίας. Ο αριθμός των συνεχών ημερών που θεωρούνται ξηροί από βιολογικής άποψης είναι όσοι έχουν  $P < 2T$  (Gaussen, 1957).



Εικόνα 5.1 Βροχοθερμικό διάγραμμα μετεωρολογικού σταθμού Ν. Αγχιάλου

### 2.1.2.6 Κατάταξη κλίματος κατά Köppen (1931) και De Martonne (1940)

Σύμφωνα με τη κατάταξη κλίματος κατά Köppen (1931), η οποία βασίζεται στη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις και άλλα εποχιακά χαρακτηριστικά, η περιοχή ανήκει στον κλιματικό τύπο Csa δηλαδή **θερμό μεσογειακό** με πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Το C αναφέρεται στη θερμοκρασία, το s υποδηλώνει τη ξηρά περίοδο του θέρους και το a τη μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα. Ειδικότερα:

C: **Υγρά μεσόθερμα κλίματα:** Κλίματα μέσω των γεωγραφικών πλατών, με μέση ετήσια θερμοκρασία 15 – 20 °C, μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα >10 °C και του ψυχρότερου > -3 °C και διάρκεια ξηράς περιόδου από 1 έως και 8 μήνες.



s: **Μεσογειακό κλίμα** με βροχές κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, με βροχόπτωση του ξηρότερου θερινού μήνα <30mm, ενώ του πλέον βροχερού χειμερινού μήνα  $\geq 90\text{mm}$ .

a: Μέσος όρος θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα > 22 °C. Θερμό καλοκαίρι.

Σημαντικό επίσης στοιχείο για τη κατάταξη ενός κλίματος αποτελεί ο δείκτης ξηρότητας (Ia) κατά De Martonne (1940), που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Ia = P / T+10$$

όπου:

P = μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)

T = μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος (°C)

επομένως  $\rightarrow Ia = 19,08$  τιμή που σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 5.4 χαρακτηρίζει το κλίμα της περιοχής ως Ημί-ξηρό.

Όνομασία ή Τύπος κλίματος	Δείκτης ξηρότητας Ia
Ξηρό	<10
Ημί-ξηρό	10 - 20
Μεσογειακό	20 – 24
Ημί-υγρό	24 – 28
Υγρό	28 – 35
Πολύ υγρό	>35

Πίνακας 5.4 Υγρομετρική κατάταξη κλίματος κατά De Martonne (1940)

#### 2.1.2.7 Ταξινόμηση κλίματος κατά Lang-Gracianin (1950)

Ο συντελεστής Lang – Gracianin ισούται με το λόγο P/T, όπου P η μέση ετήσια βροχόπτωση και T η μέση ετήσια θερμοκρασία, βάση του οποίου υπολογίζεται ο βαθμός ξηρασίας για ένα δεδομένο μήνα.

Από τα μετεωρολογικά στοιχεία των πινάκων 5.1 και 5.2 αφού πρώτα υπολογίστηκε ο συντελεστής Lang – Gracianin, έγινε ο χαρακτηρισμός των μηνών και του έτους όπως αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 5.5. Διακρίνεται σαφώς μια περίοδος ύφυγρη από το Δεκέμβριο μέχρι το Μάρτιο η οποία ακολουθείται από μια περίοδο ξηρή έως υπέρξηρη από τον Απρίλιο έως το Σεπτέμβριο και τέλος μια περίοδος υπόξηρη τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο. Τέλος, ο συντελεστής Lang – Gracianin για το έτος είναι 31,0 και χαρακτηρίζει το κλίμα της περιοχής μεσογειακό.

Μήνες	Μέσο ύψος βροχής P(mm)	Μέση θερμοκρασία T (°C)	Συντελεστής LANG (P/T)	Χαρακτηρισμός κλίματος κατά GRACANIN
Ιανουάριος	49,0	6,6	7,5	Ύφυγρο
Φεβρουάριος	46,9	7,6	6,4	Ύφυγρο
Μάρτιος	53,3	9,9	5,2	Ύφυγρο
Απρίλιος	35,8	14,1	2,6	Ξηρό
Μάιος	36,8	19,5	2,0	Ξηρό
Ιούνιος	22,1	24,5	0,9	Υπέρξηρο
Ιούλιος	17,4	26,8	0,6	Υπέρξηρο
Αύγουστος	15,9	26,1	0,7	Υπέρξηρο
Σεπτέμβριος	35,6	22,2	1,6	Υπέρξηρο
Οκτώβριος	63,1	16,9	3,7	Υπέρξηρο
Νοέμβριος	63,6	12,1	5,0	Υπέρξηρο
Δεκέμβριος	60,5	8,2	7,9	Ύφυγρο
<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>500,0</b>	<b>16,2</b>	<b>31,0</b>	<b>Μεσογειακό</b>

Πίνακας 5.5 Ταξινόμηση μηνών και έτους, από άποψη κλίματος, κατά Lang - Gracanic

#### 2.1.2.8 Καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία του εδάφους έχει σημαντική επίδραση στη βιολογική και φυσικοχημική σύνθεση και εξέλιξη των εδαφών καθώς και στην ανάπτυξη των καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών, και χρησιμεύει στη ταξινόμηση των εδαφών ως κριτήριο με ιδιαίτερη σημασία.

Καθορίζεται από τη μέση ετήσια θερμοκρασία καθώς και τη διαφορά μέσης θερινής και μέσης χειμερινής θερμοκρασίας του εδάφους, σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια. Σε περίπτωση που δεν έχουν άμεσα μετρηθεί, υπολογίζονται από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας του αέρα αν προστεθεί σε αυτή 1 °C.

Επομένως, στη περίπτωση της υπό μελέτη περιοχής που η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα είναι 16,2 °C (συνεπώς η εκτιμώμενη μέση θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 50 cm θα είναι 17,2 °C ) και η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στη χειμερινή και στη θερινή περίοδο είναι 18,4 °C , το καθεστώς της εδαφικής θερμοκρασίας χαρακτηρίζεται ως **thermic**.

Σύμφωνα με το Soil Taxonomy (1999), **thermic** χαρακτηρίζεται το καθεστώς της θερμοκρασίας ενός εδαφικού σώματος με μέση ετήσια θερμοκρασία μεταξύ 15 και 22 °C και διαφορά θερμοκρασίας χειμώνα – θέρους μεγαλύτερη από 6 °C, είτε σ'

ένα βάθος 50 cm, ή μέχρι μια λίθινη, παραλίθινη ή densic επαφή, οποιοδήποτε απ' όλα αυτά είναι ρηχότερο.

#### 2.1.2.9 Καθεστώς εδαφικής υγρασίας

Το καθεστώς εδαφικής υγρασίας αναφέρεται γενικά στην παρουσία ή απουσία υπόγειου ύδατος ή ύδατος που βρίσκεται σε τάση (tension) <15 bars (1500 kPa) μέσα στο εδαφικό σώμα ή σε κάποιους εδαφικούς ορίζοντες κατά τη διάρκεια κάποιων περιόδων του έτους. Το νερό που συγκρατείται με τάση  $\geq 1500$  kPa δεν είναι διαθέσιμο στα περισσότερα μεσοφυτικά φυτά.

Στην υπό μελέτη περιοχή το καθεστώς εδαφικής υγρασίας χαρακτηρίζεται ως **xeric**, χαρακτηριστικό των μεσογειακών κλιμάτων, διότι σύμφωνα με το Soil Taxonomy (1999):

- Περισσότερες από 45 συνεχείς ημέρες χαρακτηρίζονται ξηρές σε μια τετράμηνη περίοδο, που ακολουθεί το θερινό ηλιοστάσιο.
- Περισσότερες από 45 συνεχείς ημέρες χαρακτηρίζονται υγρές σε μια τετράμηνη περίοδο, που ακολουθεί το χειμερινό ηλιοστάσιο.
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία εδάφους είναι μικρότερη από 22 °C.
- Η διαφορά μέσης θερμοκρασίας εδάφους, σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια, μεταξύ χειμώνα και θέρους είναι μεγαλύτερη από 6 °C.

#### 2.1.3 Γεωμορφολογία – Γεωλογία – Υδρομορφία

##### 2.1.3.1 Γεωμορφολογία

Ο Νομός Μαγνησίας διακρίνεται για το ορεινό – ημιορεινό του ανάγλυφο με εξαίρεση τη περιοχή της λεκάνης της λίμνης Κάρλας, η οποία ήταν μία ρηχή λίμνη αλλά αποξηράνθηκε το 1962, καθώς και την υπολεκάνη του Αλμυρού.

Το ανατολικό τμήμα του Νομού καταλαμβάνεται από τους ορεινούς όγκους Μαυροβούνιο (1014 μ.), Πήλιο (1551 μ.) και το Τισαίο όρος (644 μ.).

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι πυκνό και οι χείμαρροι καταλήγουν στη πλευρά του Παγασητικού Κόλπου. Το δυτικό τμήμα της περιοχής καταλαμβάνεται από τον ασβεστολιθικό όγκο του όρους Όθρυς (1726 μ.) και το υδρογραφικό δίκτυο είναι επίσης πυκνό, με τελικό αποδέκτη τον όρμο του Αλμυρού.

Η ευρύτερη πεδινή περιοχή της υπολεκάνης του Αλμυρού, αρχίζει νότια από τη περιοχή της Σούρπης και τελειώνει προς βορρά με τη Νέα Αγχίαλο και τις Μικροθήβες.

Το ανατολικό όριο της λεκάνης είναι ο όρμος του Αλμυρού και ο Παγασητικός Κόλπος και το δυτικό οι παρυφές του όρους Όθρυς. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από χαμηλά υψόμετρα και από πλήθος επιφανειακών υδατορρεμάτων, ορισμένα από τα οποία παρουσιάζουν βασική ροή σχεδόν ολόκληρο το χρόνο, όπως το ρέμα του Ξεριά. Η περιοχή είναι καλλιεργήσιμη και αποτελεί σχεδόν μια επίπεδη επιφάνεια με μικρή κλίση προς τα Ανατολικά.

Αρκετά ιδιαίτερο είναι το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, το οποίο είναι πυκνό και καλά αναπτυγμένο παρουσία δύο κύριων χειμάρρων, του Ξεριά και του Χολορέμματος. Επίσης, υπάρχουν και άλλα μικρά υδατορέματα όπως το Κρανόρεμμα, τα οποία ρέουν επιφανειακά, κατέρχονται από τις απότομες πλαγιές του όρους Όθρυς και συμβάλουν στην αύξηση του συντελεστή επιφανειακής απορροής.

Στην παρουσία αυτού του έντονου υδρογραφικού δικτύου καθοριστικό ρόλο παίζει η υδρολιθολογική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης.

#### 2.1.3.2 Γεωλογία της περιοχής

Με βάση τη γεωτεκτονική διαίρεση του ελληνικού χώρου, η ευρύτερη περιοχή ανήκει στην πελαγονική ζώνη μεταμορφωμένων σχηματισμών, η οποία εμφανίζεται στις περιοχές της Ανατολικής και Βόρειας Θεσσαλίας και της Δυτικής Μακεδονίας (Μουντράκης Δ., Γεωλογία της Ελλάδος, 1986).

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται βορειοανατολικά του όρους Όθρυς, ο όγκος του οποίου συνίσταται από ασβεστόλιθους διαφόρων ηλικιών και φάσεων, διάφορες σχιστοκερατολιθικές διαπλάσεις με οφιολίθους και σερπεντίνες, δολομίτες και φλύσχη. Τα ανωτέρω ιζηματογενή πετρώματα, που περιγράφονται και εκτενέστερα στο υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη που ακολουθεί, αποτελούν και το μητρικό υλικό των αλλουβιακών αποθέσεων της λεκάνης.

Ειδικότερα οι σχηματισμοί που επικρατούν είναι: Αλλουβιακές αποθέσεις (τεταρτογενές αδιαίρετο) : Διλλούβιο και Αλλούβιο, διάφορες προσχώσεις και κορήματα όρεων, άργιλοι, άμμοι, λατύπες, κροκάλες. Παράκτια κροκκαλοπαγή. Ηπειρωτικές αποθέσεις.

Το πάχος των αλλουβιακών σχηματισμών είναι πολύ μεγάλο και έχει επιβεβαιωθεί από γεωτρήσεις που έχουν γίνει στη πεδιάδα του Αλμυρού (Υπουργείο Γεωργίας, Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και προέγκρισης χωροθέτησης λιμνοδεξαμενής ποταμού Ξεριά Ν. Μαγνησίας, 2001).

### 2.1.3.3 Υδρομορφία – ποιότητα ύδατος

Οι υδρογεωλογικοί χαρακτήρες των πετρωμάτων εξαρτώνται από τη λιθολογική τους σύσταση και τη τεκτονική τους κατάσταση. Στην ευρύτερη περιοχή του Αλμυρού υδροπερατοί σχηματισμοί είναι το σύνολο των αλλουβιακών αποθέσεων του Τεταρτογενούς οι οποίοι αναπτύσσουν πρωτογενές πορώδες μέσα στη μάζα των αμμοχαλικωδών ενστρώσεων που περιέχουν. Με βάση τη περατότητα τους χαρακτηρίζονται ως υδροπερατοί σχηματισμοί.

Την περιοχή διασχίζουν τέσσερα μεγάλα ρεύματα με μεγάλες λεκάνες απορροής και σημαντικές πλημμυρικές απορροές. Τα ρέματα αυτά είναι : Σούρπης, Πλατανόρεμα, Ξεριάς Αλμυρού, Χολόρεμα.

Οι μεγάλες απορροές οφείλονται στο ότι τα ρέματα αυτά συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων της Ανατολικής πλευράς του όρους Όθρυς. Υπάρχουν βέβαια και μικρότερα ρέματα με μικρότερες λεκάνες και μικρές απορροές που οφείλονται στην ασβεστολιθική σύσταση του εδάφους.

Οι αρδευόμενες εκτάσεις στην επαρχία Αλμυρού καταλαμβάνουν το 16,9 % του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων και αντιστοιχούν σε 50.637 στρέμματα. Από αυτά, 44.000 στρέμματα ποτίζονται από αντλίες βαθένων φρεάτων, 5.000 στρέμματα από πηγάδια και απλές γεωτρήσεις και η υπόλοιπη αρδευτική έκταση (1400 στρέμματα) από τη πηγή Κεφάλωση.

Σε όλες τις πεδινές περιοχές λόγω υπεραντλήσεως του υδροφόρου ορίζοντα είναι χαρακτηριστική η κάθοδος της στάθμης του υπογείου ύδατος κάτω από τη στάθμη της θάλασσας με συνέπεια την ανάστροφη κίνηση των υπογείων νερών από τη θάλασσα προς τη στεριά και την υφαλμύρωση αυτών.

Η υφαλμύρωση συνεπάγεται υποβάθμιση των υπογείων νερών για άρδευση και ύδρευση, μείωση της επάρκειας των απαραίτητων υδατικών πόρων και σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους. Η υπεράντληση λοιπόν των υπογείων νερών χωρίς παράλληλη εκμετάλλευση των επιφανειακών υδάτων (πηγή Κεφάλωση, Πλατανόρεμα, Χολόρεμα, Ξεριάς) και η μεγάλη ταπείνωση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων έχει μεγάλες αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην άρδευση, το μικροκλίμα, το περιβάλλον και το οικοσύστημα, όσο και στην ύδρευση των γύρω περιοχών (Υπουργείο Γεωργίας, Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και προέγκρισης χωροθέτησης λιμνοδεξαμενής ποταμού Ξεριά Ν. Μαγνησίας, 2001).

Στην εικόνα 5.2 φαίνεται ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας (Πηγή: Φλωράς, 2003).

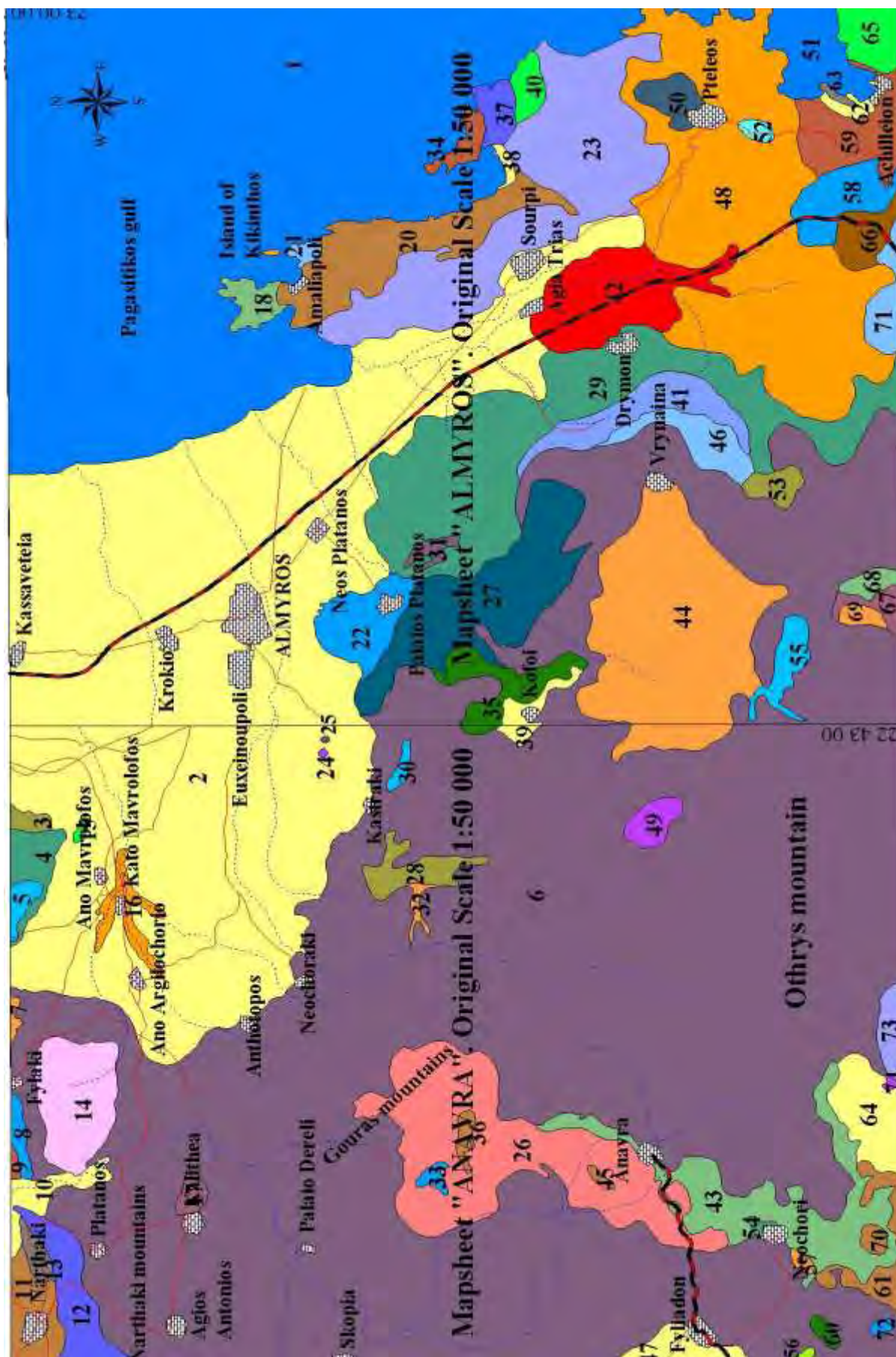
#### 2.1.4 Οικονομικά - Γεωργικά στοιχεία της περιοχής

Ο νομός Μαγνησίας, εξαιτίας της θέσης και του λιμανιού του Βόλου, αποτελεί μια από τις οικονομικά αναπτυγμένες περιοχές της Ελλάδας. Εκτός της γεωργίας, ο νομός παρουσιάζει εμπορική, βιομηχανική και τουριστική δραστηριότητα. Αποτελεί βιομηχανικό κέντρο της περιοχής με βιομηχανίες χαλυβουργίας, μεταποίησης και ελαιουργίας. Επίσης αποτελεί σημαντικό συγκοινωνιακό και εμπορικό κέντρο με έντονη τουριστική ανάπτυξη (Πήλιο, Βόρειες Σποράδες).

Η ανάπτυξη της γεωργίας κρίνεται ικανοποιητική. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις καταλαμβάνουν 862.526 στρέμματα ή το 32,71% της συνολικής έκτασης του νομού.

Οι δενδρώδεις καλλιέργειες έχουν το πρώτο ρόλο και ιδιαίτερα η καλλιέργεια της ελιάς (ο νομός κατέχει τη τέταρτη θέση στην Ελλάδα). Η ελιά καλλιεργείται κυρίως στις δυτικές πλαγιές του Πηλίου και στην παραλιακή ζώνη του Παγασητικού. Καλλιεργούνται επίσης μηλοειδή, αμύγδαλα, ροδάκινα, εσπεριδοειδή, κεράσια και δαμάσκηνα. Κύριες καλλιέργειες αποτελούν επίσης το βαμβάκι, τα σιτηρά, η βιομηχανική τομάτα, η μηδική, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα, τα αμπέλια και οι κηπευτικές καλλιέργειες. Εκτρέφονται επίσης αιγοπρόβατα, βοοειδή και χοίροι. Στον Παγασητικό και στην περιοχή των Σποράδων ιδιαίτερα αναπτυγμένη είναι η αλιεία.

Συγκεκριμένα στη περιοχή της μελέτης κύριες καλλιέργειες αποτελούν τα σιτηρά, το βαμβάκι, η τομάτα και η καλλιέργεια της ελιάς ενώ σε μικρότερη έκταση καλλιεργούνται ο αραβόσιτος, η μηδική, τα ζαχαρότευτλα, οι διάφορες κηπευτικές καλλιέργειες και τα αμπέλια (πίνακες 5.6 και 5.7).



Εικόνα 5.2 Γεωλογικός χάρτης 1: 50000 της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας (Πηγή: Φλωράς Σ.)

## Geology

1	Pagasitikos kolpos
2	Quaternary undivided
3	Peridotite
4	Cretaceous limestone
5	Uppercretaceous limestone
6	Flysch, limestones, shales, ophiolites
7	Uppercretaceous limestone
8	Uppercretaceous limestone
9	Shales, cherts, marly limestones
10	Quaternary undivided
11	Shales, cherts, marly limestones
12	Uppercretaceous limestone
13	diabase - dolerite
14	Uppercretaceous limestone
15	Uppercretaceous flysch
16	Neogene undivided
17	Uppercretaceous limestone
18	Thin - bedded limestone
19	Kikinthos isl. Thin bedded limestone
20	Uppercretaceous flysch metamorphosed
21	Thin bedded limestone
22	Uppercretaceous flysch
23	Dolomitic limestones and marbles
24	Greater Zerelia lake
25	Smaller Zerelia lake
26	Uppercretaceous limestone
27	Thin bedded limestones
28	Cretaceous shales - cherts group
29	Dolomitic limestone. M. Triassic-Jurassic
30	Cretaceous shales - cherts group
31	Shales - cherts formations
32	Uppercretaceous conglomerates
33	Uppercretaceous flysch
34	Thin bedded limestones
35	Uppercretaceous flysch
36	Uppercretaceous flysch
37	Uppercretaceous flysch formation
38	Quaternary undivided
39	Sandstony phase of flysch
40	Diabase - dolerite with phyllites and shists
41	Peridotite, dunite with serpentite, chlorite
42	Neogene undivided
43	Diabase-dolerite, Hornblentite, diorite
44	Uppercretaceous flysch
45	Uppercretaceous flysch
46	Cretaceous shales - cherts formation
47	Quaternary undivided
48	Diabase-dolerite. Hornblentite, diorite
49	Uppercretaceous limestone
50	Neogene undivided
51	Ormos Pteleos
52	Neogene undivided
53	Neogene undivided
54	Uppercretaceous limestone
55	Uppercretaceous conglomerates
56	Uppercretaceous limestone
57	Uppercretaceous limestone
58	Dolomitic limestone. M. Triassic-Jurassic
59	Neogene undivided
60	Uppercretaceous limestone
61	Uppercretaceous limestone
62	Quaternary undivided
63	Dolomitic limestone. M. Triassic-Jurassic
64	Uppercretaceous flysch
65	Dolomitic limestone. M. Triassic-Jurassic
66	Cretaceous shales - cherts group
67	Shales, cherts, marly limestones. Triassic-Jurassic
68	Diabase, dolerite. Hornblentite, diorite
69	Uppercretaceous conglomerates
70	Uppercretaceous limestone
71	Neogene undivided
72	Uppercretaceous limestone
73	Diabase, dolerite. Hornblentite, diorite
74	Uppercretaceous limestone

Υπόμνημα χάρτου Εικόνας 5.2 περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας (Πηγή: Φλωράς Σ.).



Α. Αροτραίες καλλιέργειες			Γ. Δενδρώδεις καλλιέργειες		
Καλλιέργεια	Έκταση στρέμματα	Παραγωγή σε τόνους	Καλλιέργεια	Έκταση στρέμματα	Παραγωγή σε τόνους
<b>α. Σιτηρά</b>			<b>α. Δενδρώδεις καλλιέργειες (πλην ελιάς)</b>		
Σίτος(σκληρός)	249523	43179	Μηλιές		13799
Σίτος(μαλακός)	6590	1939	Αχλαδιές		3973
Κριθάρι	19937	5983	Ροδακινιές		1556
Βρώμη	2065	481	Αμυγδαλιές		4528
Αραβόσιτος	8705	9559	Εσπεριδοειδή		1319
<b>Σύνολο</b>	<b>186820</b>		Κερασιές		585
<b>β. Βιομηχανικά φυτά</b>			Λοιπά καρποφόρα		377
Βαμβάκι	107533	37730	<b>Σύνολο</b>	95201	26173
Ζαχαρότευτλα	4711	28895	<b>β. Ελαιώνες</b>		
Καπνός	65	21	Ελιές βρώσιμες		12650
<b>Σύνολο</b>	<b>112309</b>		Ελιές Ελαιοποίησης		36547
<b>γ. Κτηνοτροφικά φυτά</b>			Ελαιόλαδο 2001/2002		6403
Μηδική -Σανά	35875		<b>Σύνολο</b>	227027	49197
Μηδική (τριφύλλι)		14814	<b>Σύνολο</b>	322228	
Σανά		4263	<b>Δ. Λαχανοκομικά</b>		
Γρασιδία	10671		<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Έκταση στρέμματα</b>	<b>Παραγωγή σε τόνους</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>46546</b>		Τομάτα βιομηχανική	10148	57500
<b>δ. Πεππονεϊδή - Πατάτες</b>			Τομάτα επιτραπέζια	2461	9246
Πατάτες	1036	1585	Λάχανα Κουνουπίδια	1091	1844
Καρπούζια	1045	2810	Λοιπά Λαχανικά	9533	2753
<b>Σύνολο</b>	<b>2081</b>		Θερμοκήπια Λαχανικών	285	
<b>ε. Βρώσιμα όσπρια</b>			<b>Σύνολο</b>	24097	
Φασόλια	165	32	<b>Ε. Αμπελοι - Σταφιδάμπελοι</b>		
Λοιπά	56	13	<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Έκταση στρέμματα</b>	<b>Παραγωγή σε τόνους</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>221</b>		Αμπέλια επιτραπέζια		260
<b>στ. Αρωματικά φυτά</b>			Μούστος		1855
<b>Σύνολο</b>	<b>590</b>		<b>Σύνολο</b>	4026	
<b>Σύνολο</b>	<b>448567</b>		<b>Β. Αγροναπαύσεις</b>		
1-5 ετών			<b>Σύνολο</b>		
<b>Σύνολο</b>	<b>63608</b>		<b>Καλλιεργούμενες εκτάσεις</b>		
<b>Καλλιεργούμενες εκτάσεις</b>			<b>Σύνολο σε στρέμματα</b>		<b>862526</b>

Πίνακας 5.6 Εκτάσεις και παραγωγή ανά καλλιέργεια σε στρέμματα και σε τόνους του νομού Μαγνησίας ( Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος, έτος 2002).

Α. Αροτραίες καλλιέργειες			Γ. Δενδρώδεις καλλιέργειες		
Καλλιέργεια	Έκταση στρέμματα	Παραγωγή σε τόνους	Καλλιέργεια	Έκταση στρέμματα	Παραγωγή σε τόνους
<b>α. Σιτηρά</b>			<b>α. Δενδρώδεις καλλιέργειες (πλην ελιάς)</b>		
Σίτος(σκληρός)	63000	9500	Μηλιές	10	25
Σίτος(μαλακός)	6500	1200	Αχλαδιές	5	6
Κριθάρι	6153	1170	Αμυγδαλιές	940	313
Βρώμη	200	30	Φιστικιές	15	12
Αραβόσιτος	1400	1700	Καρυδιές	60	25
<b>Σύνολο</b>	<b>77253</b>		Ακτινίδιο	50	75
<b>β. Βιομηχανικά φυτά</b>			Λοιπά καρποφόρα	5	4
Βαμβάκι	18000	5400	<b>Σύνολο</b>	1085	460
Ζαχαρότευτλα	300	2250	<b>β. Ελαιώνες</b>		
Καπνός	-	-	Ελιές βρώσιμες		40
<b>Σύνολο</b>	<b>18300</b>		Ελιές Ελαιοποιήσεως		1960
<b>γ. Κτηνοτροφικά φυτά</b>			Ελαιόλαδο 2001/2002		
Μηδική (τριφύλλι)	800	960	<b>Σύνολο</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>
Βίκος	500	250	<b>Σύνολο</b>	<b>3085</b>	
			<b>Δ. Λαχανοκομικά</b>		
Γρασίδια	-	-	<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Έκταση στρέμματα</b>	<b>Παραγωγή σε τόνους</b>
Σανά	-	-	Τομάτα βιομηχανική	3000	24200
<b>Σύνολο</b>	<b>1300</b>		Τομάτα επιτραπέζια	80	500
<b>δ. Πεπονοειδή - Πατάτες</b>			Λάχανα Κουνουπίδια	60	134
Καρπούζια - Πεπόνια	90	470	Κρεμμύδια ξηρά	20	70
Πατάτες	80	200	Λοιπά Λαχανικά	161	200,6
<b>Σύνολο</b>	<b>170</b>		Θερμοκήπια Λαχανικών	20	300
			<b>Σύνολο</b>	<b>3341</b>	
<b>ε. Βρώσιμα όσπρια</b>			<b>Ε. Άμπελοι - Σταφιδάμπελοι</b>		
Φασόλια	10	2			
Φακή	30	4,5			
Λοιπα	30	6			
<b>Σύνολο</b>	<b>70</b>				
<b>στ. Αρωματικά φυτά</b>			<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Έκταση στρέμματα</b>	<b>Παραγωγή σε τόνους</b>
<b>Σύνολο</b>	-		Άμπελια επιτραπέζια	5	35
<b>Σύνολο</b>	97083		Άμπελια οينوπαραγωγής	86	120
<b>Β. Αγροναπαύσεις</b>			<b>Σύνολο</b>	91	155
1-5 ετών <b>Σύνολο</b>	-		<b>Σύνολο σε στρέμματα</b>		103600

Πίνακας 5.7 Εκτάσεις και παραγωγή ανά καλλιέργεια σε στρέμματα και τόνους του Δήμου Αλμυρού.

## 2.2 Δειγματοληψία και εργαστηριακές αναλύσεις

### 2.2.1 Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε εδάφη της ευρύτερης περιοχής του Αλμυρού Μαγνησίας από 11 – 24/5/2004 (Συνολική καλυπτόμενη έκταση περί τα 150.000 στρέμματα). Για την πραγματοποίηση της χρησιμοποιήθηκε ορθοφωτοχάρτης της περιοχής και εφαρμόστηκε η μέθοδος της Τυχαίας δειγματοληψίας (random sampling). Τυχαία δειγματοληψία λαμβάνεται όταν οι στατιστικές μονάδες επιλέγονται τυχαία από τον πληθυσμό που είναι προς μελέτη. Αυτό σημαίνει ότι δεν συντελεί στην επιλογή ή όχι μιας στατιστικής μονάδας αυτός που κάνει την δειγματοληψία (δεν υπάρχει υποκειμενικός παράγοντας) και κάθε στατιστική μονάδα έχει γνωστή πιθανότητα να επιλεγεί σαν μονάδα του δείγματος (Τζώρτζιος, 1997).

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας έγινε χρήση D.G.P.S. με σκοπό των ακριβή εντοπισμό των σημείων δειγματοληψίας και την καταγραφή των συντεταγμένων και του υψομετρικού σημείου αυτών. Ελήφθησαν 135 συνολικά εδαφικά δείγματα μάζας περίπου 1 kg, τα οποία συλλέχθηκαν από βάθος 0 – 30 cm και από διάφορες καλλιέργειες (πίνακας 6.1). Ο κύριος όγκος των εδαφικών δειγμάτων προέρχεται από καλλιέργειες βάμβακος, σιταριού και ελιάς. Χρησιμοποιήθηκε δε για τη πραγματοποίηση της δειγματοληψίας εδαφολήπτης τύπου Edelman (εικόνα 6.2) και τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες, ενώ ταυτόχρονα καταγράφηκαν στοιχεία που αφορούσαν τη δειγματοληψία όπως περιοχή δειγματοληψίας, αριθμός τομής, χρήση γης, γεωμορφή, φυσιογραφία, ημερομηνία δειγματοληψίας και γενικές παρατηρήσεις για κάθε δείγμα ξεχωριστά.

Στη συνέχεια τα εδαφικά δείγματα μεταφέρθηκαν στο καταψύκτη του εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βόλο όπου και διατηρήθηκαν μέχρι να γίνει ο προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων.

Είδος καλλιέργειας	Αριθμός δειγμάτων από τη συγκεκριμένη καλλιέργεια	Ποσοστό εμφάνισης επί του συνόλου (%)
Αραβόσιπος	6	4,44
Βαμβάκι	59	43,70
Σιτάρι	24	17,00
Τεύτλα	1	0,74
Μηδική	8	5,93
Αμυγδαλιές	1	0,74
Ελιές	18	13,33
Κηπευτικά (πιπεριές)	1	0,74
Ροδακινιές	1	0,74
Αμπέλι	1	0,74
Βιομηχανική Τομάτα	4	2,96
Καρπούζι	2	1,48
Καρυδιές	1	0,74
Κριθάρι	1	0,74
Αγριόχορτα για σανό	1	0,74
Ακαλλιέργητο	6	0,74
<b>Σύνολο</b>	<b>135</b>	

**Πίνακας 6.1** Κατανομή δειγμάτων σύμφωνα με τις χρήσεις γης (σύνολο 135 εδαφικά δείγματα)



**Εικόνα 6.2** Δειγματολήπτης τύπου edelman

### 2.2.2 Προσδιορισμός εδαφικής υγρασίας

Σε κάψα από πορσελάνη μεταφέρθηκαν 10 g εδάφους από κάθε δείγμα και ζυγίστηκε το μικτό βάρος της κάψας και του εδάφους. Στη συνέχεια η κάψα με το δείγμα εδάφους μεταφέρθηκαν στο πυριαντήριο όπου και παρέμειναν για 24 ώρες σε θερμοκρασία 110 °C. Μετά από 24 ώρες η κάψα και το έδαφος τοποθετήθηκαν στον ξηραντήρα για να ψυχθεί το έδαφος. Ακολούθησε ζύγισμα του συστήματος αυτού (κάψα + έδαφος) και προσδιορίστηκε από τη διαφορά των δύο μετρήσεων το βάρος του ύδατος που περιείχε το δείγμα. Έπειτα έγινε αναγωγή της υγρασίας των δέκα γραμμαρίων δείγματος εδάφους στα εκατό γραμμάρια, έτσι ώστε να υπολογισθεί το επί τοις εκατό ποσοστό της υγρασίας του εδαφικού δείγματος.

### 2.2.3 Μέτρηση pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εδαφικών δειγμάτων

Σε κάθε εδαφικό δείγμα προσδιορίστηκε το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφικών δειγμάτων.

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982), με pH-μετρο του οίκου Crison, μοντέλο 200, το οποίο συνοδεύεται από ηλεκτρόδιο υάλου και ενσωματωμένο θερμομέτρο. Τα δεδομένα εκφράστηκαν με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου.

Τα αντιδραστήρια και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. Ποτήρι ζέσεως των 100 ml.
2. Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 ml.
3. Ρυθμιστικά διαλύματα με pH=4 και pH=7.
4. pH - μετρο Crison.
5. Γυάλινη ράβδος.
6. Αποσταγμένο ύδωρ.
7. Ζυγός ακριβείας.

Αρχικά έγινε η βαθμονόμηση του πεχαμέτρου με πρότυπα ρυθμιστικά διαλύματα τα οποία είχαν τιμή pH = 4 και 7. Στη συνέχεια παρασκευάστηκε ο εδαφικός πολτός ως εξής: Στο ποτήρι ζέσεως των 100 ml μεταφέρθηκαν 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστέθηκαν 30 ml αποσταγμένου ύδατος.

Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιήθηκε ανάδευση για χρονικό διάστημα 15 λεπτών. Το αιώρημα αφέθηκε προς εξισορρόπηση. Στη συνέχεια εισήχθη το

ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου στο ανώτερο τμήμα του υδατικού αιωρήματος εδάφους και έγινε καταγραφή της τιμής του pH αμέσως μετά τη σταθεροποίηση της στην οθόνη του οργάνου.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982), με το ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο του Οίκου Methrohm. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Τα αντιδραστήρια και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. Ποτήρι ζέσεως των 100 ml.
2. Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 ml.
3. Ρυθμιστικό διάλυμα 0,1 M KCl.
4. Αγωγιμόμετρο του Οίκου Methrohm
5. Γυάλινη ράβδος.
6. Αποσταγμένο ύδωρ.
7. Ζυγός ακριβείας.
8. Θερμόμετρο.

Αρχικά έγινε η βαθμονόμηση του οργάνου με τη βοήθεια του ρυθμιστικού διαλύματος KCl 0.1M (Στους 25 °C η ένδειξή του πρέπει να είναι 1,41 dS/m ενώ σε διαφορετική θερμοκρασία ρυθμίζεται η ένδειξή του με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή).

Στη συνέχεια παρασκευάστηκε ο εδαφικός πολτός ως εξής: Στο ποτήρι ζέσεως των 100 ml μεταφέρθηκαν 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστέθηκαν 30 ml αποσταγμένου ύδατος. Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιήθηκε ανάδευση για χρονικό διάστημα 15 λεπτών. Στη συνέχεια εισήχθη το αγωγιμόμετρο στο εδαφικό αιώρημα και καταγράφηκε η μέτρηση ενώ ακόμα τα εδαφικά τεμαχίδια ευρίσκονταν σε αιώρηση. Για τη διατήρηση των εδαφικών τεμαχιδίων σε αιώρηση ανακινείται ελαφρά το αγωγιμόμετρο. Τέλος να σημειωθεί ότι λαμβάνεται η ένδειξη του αγωγιμομέτρου αφού σταθεροποιηθεί για περίπου 10 sec.

#### 2.2.4 Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Η οργανική ουσία των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των Nelson and Sommers (1982). Τα όργανα και τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Κωνικές ευρύλαιμες φιάλες των 500ml.
- Ζυγός ακριβείας δύο δεκαδικών ψηφίων.

- Σιφώνια 20mL, 10mL, 1mL.
- Προχοϊδα.

ενώ τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Πρότυπο διάλυμα  $K_2Cr_2O_7$ , 1N. Για τη παρασκευή του ζυγίστηκαν 49,04 g  $K_2Cr_2O_7$ , το οποίο είχε προηγουμένως ξηραθεί στους  $105\text{ }^\circ\text{C}$  για 1 ώρα και κατόπιν διαλύθηκε σε αποσταγμένο νερό. Μεταφέρθηκε στη συνέχεια σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml, η οποία συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο νερό.
- Πυκνό  $H_2SO_4$  (96% και άνω w/w), του εμπορίου (Όταν στο έδαφος υπήρχαν  $Cl^-$  γίνονταν προσθήκη  $15\text{ gr l}^{-1}$   $Ag_2SO_4$  στο οξύ).
- Πυκνό  $H_3PO_4$  (96% και άνω w/w), του εμπορίου.
- Πρότυπος τιτλοδότης, διάλυμα  $FeSO_4$  0,5N. Διαλύθηκαν 139g  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  σε αποσταγμένο νερό και προστέθηκαν 15ml πυκνού  $H_2SO_4$ . Ακολούθησε ψύξη και αραίωση μέχρι τελικού όγκου 1000 ml (Για την συγκέντρωση του αντιδραστήριου γίνονταν έλεγχος πριν τη χρήση, με τιτλοδότηση με 10mL διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N).
- Δείκτης ο-φαινανθρολίνης, η οποία είχε συμπλοκοποιηθεί με διάλυμα  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0,025M: 14,85 g από το αντιδραστήριο της ο-φαινανθρολίνης και 6,95 gr από το αντιδραστήριο  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , ζυγίστηκαν και διαλύθηκαν σε μικρή ποσότητα αποσταγμένου νερού. Ακολούθησε αραίωση σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL με αποσταγμένο νερό.

Μεθοδολογία :

Ζυγίστηκαν 0,2 - 1,0 g αεροξηραθέντος εδάφους, που είχε λειοτριβηθεί και κοσκινιστεί με κόσκινο (όχι μεταλλικό), διαμέτρου 0,5mm. Το δείγμα μεταφέρθηκε σε κωνική φιάλη των 500mL. Κατόπιν, προστέθηκαν 10mL διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N και ανακινήθηκε ελαφρά η φιάλη, έτσι ώστε να επιτευχθεί πλήρης διασπορά του δείγματος στο διάλυμα. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 20mL πυκνού  $H_2SO_4$ . Η φιάλη ανακινήθηκε για ένα λεπτό και αφήθηκε σε ηρεμία για 30 λεπτά της ώρας.

Κατόπιν, προστέθηκαν 200mL αποσταγμένου νερού, 10mL  $H_3PO_4$  και 1mL δείκτη ο-φαινανθρολίνης. Τελικά, ογκομετρήθηκε η περίσσεια του  $K_2Cr_2O_7$  με το διάλυμα  $FeSO_4$  μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη από κυανό σε ερυθρό χρώμα. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε και ο τυφλός προσδιορισμός της κανονικότητας του πρότυπου τιτλοδότη,  $FeSO_4$  0,5N. Όταν γίνονταν αναγωγή από τον οργανικό άνθρακα σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 75% των ιόντων  $Cr_2O_7^{2-}$ , τότε

ο προσδιορισμός επαναλαμβάνονταν με χρήση μικρότερης ποσότητας εδαφικού δείγματος.

Ο οργανικός άνθρακας υπολογίστηκε από τον τύπο :

$$\text{Οργανικός C, ( \% )} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.003)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

όπου :

meq  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  είναι ίσα με τα meq  $\text{FeSO}_4$  που καταναλώνονται για τον τυφλό προσδιορισμό, meq  $\text{FeSO}_4$  είναι τα mL του τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για το δείγμα επί την κανονικότητα του διαλύματος και f είναι συντελεστής διόρθωσης που έχει τιμή 1,3.

Συμπληρωματικά, αναφέρεται ότι οι τιμές του ολικού άνθρακα % καθώς και της ολικής οργανικής ουσίας %, υπολογίστηκαν ως εξής :

$$\text{Ολικός Οργανικός C, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.0039)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

$$\text{Οργανική Ουσία, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.0067)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

## 2.2.5 Προσδιορισμός Διαθεσίμου Φωσφόρου

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την εκχύλιση του εδαφικού φωσφόρου είναι η μέθοδος Olsen (Olsen et al., 1954). Η μέθοδος αυτή δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα για τα εδάφη σε ένα μεγάλο εύρος τιμών pH, όπως ασβεστούχα, αλκαλικά, ουδέτερα και όξινα (Farina and Channon, 1979; Smyth and Sanchez, 1982; Μήτσιος, 2004).

Κατά τη μέθοδο αυτή τα  $\text{HCO}_3^-$  αντικαθιστούν αποτελεσματικά το φώσφορο που είναι προσροφημένος στη στερεά φάση του εδάφους, το δε  $\text{Na}^+$  μειώνει την ενεργότητα του  $\text{Ca}^{2+}$  στο διάλυμα. Τα όργανα και τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Κωνικές φιάλες των 250 mL.



- Ηθμός Whatman No 2.
- Πλαστικές φιάλες των 100 mL.
- Φασματόμετρο τύπου Shimadzu UV-120-01 με μέγιστο απορρόφησης 870 nm.

ενώ τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- **Διάλυμα οξίνου ανθρακικού νατρίου ( $\text{NaHCO}_3$ ), 0,5N:** Διαλύθηκαν 84 g οξίνου ανθρακικού νατρίου σε 1600 ml απεσταγμένου νερού μέχρι όγκου 2L. Στη συνέχεια ρυθμίστηκε το pH του διαλύματος στο 8,5 με το διάλυμα NaOH 0,5N.
- **Διάλυμα θειικού οξέος ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 5N :** Διαλύθηκαν 141 ml πυκνού θειικού οξέως 96% σε 800 ml απεσταγμένου νερού και μετά από ψύξη του διαλύματος συμπληρώθηκε μέχρι όγκου 1000mL.
- **Διάλυμα NaOH 5N :** Διαλύθηκαν 40 g NaOH σε 800 ml απεσταγμένου νερού και συμπληρώνεται μέχρι 1000 ml.
- **Μολυβδαινικό αμμώνιο  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .**
- **Τρυγικό καλιοαντιμμώνιο  $\text{KSbOC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ .**
- **Διάλυμα A :** Διαλύθηκαν 6 g  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  σε 125 ml απεσταγμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως των 500 ml, καθώς και 0,145 g  $\text{KSbOC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  με 50 ml απεσταγμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως των 200 ml. Τα παραπάνω διαλύματα μεταφέρθηκαν σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml, προστέθηκαν 500 ml διαλύματος θειικού οξέως 5N και συμπληρώθηκαν με απεσταγμένο νερό μέχρι όγκου 1000 ml.
- **Ασκορβικό οξύ (L(+)) – Ascorbic acid).**
- **Διάλυμα ασκορβικού οξέως:** Διαλύθηκαν 0,528 g ασκορβικού οξέως σε 100 ml διαλύματος A (διατηρείται μόνο για 24 ώρες).
- **Δείκτης p – νιτροφαινόλη :** Διαλύθηκαν 0,25 g p - νιτροφαινόλη σε 100 ml απεσταγμένο νερό.
- **Πρότυπο διάλυμα φωσφόρου:** Το ορθοφωσφορικό δισόξινο κάλιο,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , ξηράθηκε στους 105 °C για μία ώρα και ψύχθηκε στο ξηραντήρα. Διαλύθηκαν 1,099 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  σε 250 ml αποσταγμένο νερό και προστέθηκαν 4 ml πυκνού θειικού οξέως. Πάρθηκαν 10 ml από το παραπάνω διάλυμα σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml και έγινε συμπλήρωση με απεσταγμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 100 ml. Στη συνέχεια πάρθηκαν 5 ml από το παραπάνω διάλυμα σε ογκομετρική φιάλη των 500 ml και έγινε συμπλήρωση με απεσταγμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 500 ml.

Για τη βαθμονόμηση του Φασματοφωτομέτρου και τη κατασκευή της καμπύλης προσδιορισμού του φωσφόρου ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Ελήφθησαν 10 ml  $\text{NaHCO}_3$  0,5N (pH=8,5) σε ποτήρι ζέσεως των 50 ml. Προστέθηκε μια σταγόνα δείκτη p – νιτροφαινόλης (το διάλυμα απέκτησε κίτρινο χρώμα) και στη συνέχεια προστέθηκε διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N ενώ ταυτόχρονα μετρούταν το pH του διαλύματος μέχρι τελικής τιμής pH=5 (αποχρωματισμός του διαλύματος).

Σε 6 ογκομετρικές φιάλες των 50 ml μεταφέρθηκαν με σιφώνιο 10 ml  $\text{NaHCO}_3$  0,5N (pH=8,5) και αντίστοιχα 0, 5, 10, 15, 20 και 30 ml πρότυπου διαλύματος φωσφόρου ενώ προστέθηκε η ποσότητα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N που υπολογίστηκε οπότε το pH των διαλυμάτων έγινε pH=5. Προστέθηκε απεσταγμένο νερό και το διάλυμα αφέθηκε για 30 λεπτά. Στη συνέχεια προστέθηκε σε κάθε φιάλη 8ml διαλύματος ασκορβικού οξέως, έγινε συμπλήρωση με νερό, πωματισμός της φιάλης και ανακίνηση. Μετά από παραμονή 45 λεπτών μετρήθηκε η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 880 nm με κυψελίδα 1 cm. Στην αρχή το όργανο μηδενίστηκε με το διάλυμα που περιείχε 0 μg P και στη συνέχεια μετρήθηκε η απορρόφηση στα υπόλοιπα 5 πρότυπα διαλύματα με την αυξανόμενη σειρά περιεκτικότητας σε διάλυμα P. Στη συνέχεια κατασκευάστηκε η ενδεικτική καμπύλη βαθμονόμησης και ακολούθησε η μέτρηση των δειγμάτων.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκχύλιση είναι η εξής: Ζυγίστηκαν 5 g ( $\pm 0,05$ ) αεροξηραθέντος εδάφους (<2mm) σε κωνική φιάλη των 250 mL. Προστέθηκαν 100 mL διαλύματος  $\text{NaHCO}_3$  (pH=8,5), η φιάλη πωματίστηκε και ανακινήθηκε για 30 min στους 20°C. Έπειτα το εκχύλισμα διηθήθηκε με ηθμό Whatman No. 2 σε πλαστικές φιάλες αφού προηγουμένως απορρίφθηκαν οι πρώτες σταγόνες. Διατηρήθηκε το υπόλοιπο διήθημα για τον προσδιορισμό του φωσφόρου.

Από το διήθημα ελήφθησαν 10 ml σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml. Προστέθηκε απεσταγμένο νερό και έπειτα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N σε ποσότητα ίση με αυτή που υπολογίστηκε. Το διάλυμα αφέθηκε για 30 λεπτά και στη συνέχεια προστέθηκε σε κάθε φιάλη 8 ml διαλύματος ασκορβικού οξέως, έγινε συμπλήρωση με νερό, πωματισμός της φιάλης και ανακίνηση. Μετά από παραμονή 45 λεπτών μετρήθηκε η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 880 nm με κυψελίδα 1 cm. Οι μετρήσεις της απορρόφησης μέσω της καμπύλης που κατασκευάστηκε μας δίνουν μια τιμή συγκέντρωσης φωσφόρου. Αυτή η τιμή πολλαπλασιαζόμενη επί 100 (συντελεστής αραίωσης) δίνει τη τελική τιμή του φωσφόρου κατά Olsen σε mgr/gr εδάφους.

Η εκχύλιση του φωσφόρου με διάλυμα ανθρακικού νατρίου χρησιμοποιείται για να κατανεμηθούν οι δείκτες διαθεσιμότητας του φωσφόρου στο έδαφος.

## 2.2.6 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων.

### 2.2.6.1 Περιγραφή του οργάνου της ιοντικής χρωματογραφίας του εργαστηρίου εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ο ιοντικός χρωματογράφος του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στον οποίο έγινε ο προσδιορισμός των ιόντων, είναι ένα όργανο του κατασκευαστικού οίκου της Metrohm. Αποτελείται από δύο κύρια μέρη: το πρώτο μέρος είναι το κύριο όργανο ενώ το δεύτερο είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με το απαραίτητο λογισμικό πρόγραμμα.

Το κύριο όργανο αποτελείται από τρία τμήματα: α) Το βασικό θάλαμο, που περιέχει τις στήλες ιοντοανταλλαγής των ανιόντων, των κατιόντων και του σεληνίου β) Τις αντλίες του νερού (753 Suppressor Module) και της κινητής φάσης (709 IC Pump) και γ) Τον ανιχνευτή – αγωγιμόμετρο (732 IC Detector).



**Εικόνα 2.2.** Το όργανο της ιοντικής χρωματογραφίας του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

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

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι υψηλής καθαρότητας χωρίς άλλες προσμίξεις. Το νερό είναι κι αυτό υψηλής καθαρότητας (>18MΩcm στους 25 °C) και παράγεται από την ειδική συσκευή του εργαστηρίου εδαφολογίας (συσκευή υπερκάθαρου νερού του κατασκευαστικού οίκου USF, UHQ Ultra Pure Water). Τα πρότυπα πυκνά διαλύματα είναι επίσης υψηλής καθαρότητας τα οποία κατασκευάζονται ειδικά για την ιοντική χρωματογραφία.

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις των εδαφών είναι κατασκευασμένα από γυαλί, πολυπροπυλένιο και πολυαιθυλένιο. Τα υάλινα σκεύη, ειδικά αυτά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων είναι ανώτερης ποιότητας, τύπου A. Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται για τις αναλύσεις με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας καθαρίζονται και απολυμαίνονται μόνο με απορρυπαντικό και ξεπλένονται πολλές φορές με υπερκάθαρο νερό (Neal et. al., 2003).

Σύμφωνα με τη διεθνή και την ελληνική βιβλιογραφία ο συνδυασμός της στήλης εναλλαγής ιόντων και της ανίχνευσης της αγωγιμότητας παρουσιάζει τον πιο αξιόπιστο τύπο της ιοντικής χρωματογραφίας (Μήτσιος, 2004.).

2.2.6.2 Προσδιορισμός των Νιτρικών και Νιτρωδών Ιόντων σε εδαφικά δείγματα με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας.

Αρχικά παρασκευάζεται ο εδαφικός πολτός με ανάμειξη εδάφους και νερού σε αναλογία 1:2. Εκχύλισμα για το προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων επίσης μπορεί να ληφθεί αναμιγνύοντας έδαφος και ύδωρ σε αναλογίες 1:1 και 1:5 (Methods of Soil Analysis, 1994). Καταβάλλεται προσπάθεια το εδαφικό δείγμα να βρεθεί στη κατάσταση υδατοκορεσμού, ώστε να προσεγγίσει όσο το δυνατό περισσότερο τις συνθήκες αγρού. Αφού λοιπόν γίνει η παρασκευή της πάστας, αφήνεται για 24 ώρες σε κορεσμένο με υγρασία περιβάλλον. Κατόπιν παίρνεται το εκχύλισμα είτε με τη βοήθεια της φυγόκεντρου είτε με την αντλία κενού. Το εκχύλισμα αυτό μπορεί να υποστεί αναλύσεις για το προσδιορισμό διαφόρων στοιχείων.

Ειδικότερα δε για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται από πολλά εργαστήρια σε όλο το κόσμο. Πρωτοαναφέρθηκε ως μέθοδος εκχύλισης των νιτρικών ιόντων και άλλων στοιχείων από τους Bower και Wilcox, (1965). Η αξιοπιστία της μεθόδου στηρίζεται στη μεγάλη διαλυτότητα στο ύδωρ των νιτρικών ιόντων. Η μέθοδος της εκχύλισης του υδατοκορεσμένου εδάφους χρησιμοποιείται κυρίως διότι είναι λιγότερο χρονοβόρος και μικρότερου κόστους από

κάθε άλλη. Επίσης, δε δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα κατά τον προσδιορισμό των ιόντων με τον ιοντικό χρωματογράφο.

Κατόπιν, αφού το εκχύλισμα διηθηθεί με μεγάλη προσοχή μέχρι διαυγάσεως του, μεταφέρεται στον ιοντικό χρωματογράφο για ανάλυση. Η εισαγωγή του εκχυλίσματος στον ιοντικό χρωματογράφο γίνεται με αποστειρωμένη σύριγγα των 5 mL.

Ο προσδιορισμός γίνεται με τη χρησιμοποίηση της στήλης προσδιορισμού των ανιόντων τύπου IC Anion Column Metrosep Anion Dual 2, 6.1006.100. Η στήλη περιέχει και προσθήλη για τη συγκράτηση στερεών, τύπου PRP-1. Η στήλη αποτελείται από πολυμεθακρυλικό άλας με τεταρτοταγείς αμμωνιακές βάσεις.

Ο προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων γίνεται με ροή εκλουστικού διαλύματος  $0,8 \text{ mL min}^{-1}$  και με τιμή πίεσης 37 - 40 bar. Πολλοί ερευνητές προτείνουν μεγαλύτερες ροές για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Από μετρήσεις που έγιναν στο εργαστήριο εδαφολογίας (Γάτσιος Φ.) βρέθηκε ότι η ιδανικότερη τιμή είναι  $0,8 \text{ mL min}^{-1}$  για εδάφη. Αυτό συμβαίνει γιατί το συγκεκριμένο όργανο χρειάζεται περισσότερο χρονικό διάστημα για να ανιχνεύσει και να προσδιορίσει με ακρίβεια τις συγκεντρώσεις χωρίς να χαθεί κάποια ποσότητα δείγματος.

Για να αποφευχθούν τα λάθη που ενδεχομένως θα επιφέρουν την καταστροφή της στήλης, κατά τη διάρκεια της μέτρησης, πρέπει το εκχύλισμα του εδάφους να φιλτράρεται από κατάλληλα φίλτρα κατά την εισαγωγή του στον ιοντικό χρωματογράφο (φίλτρα διαμέτρου  $0,45 \mu\text{m}$ ).

Το εκλουστικό διάλυμα (eluent) που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων έχει την εξής σύσταση:

***1,3 mmol/L ανθρακικού νατρίου, υψηλής καθαρότητας + 2 mmol/L όξινου ανθρακικού νατρίου.***

Το πυκνό εκλουστικό διάλυμα παρασκευάζεται σε ογκομετρική φιάλη των 500 mL. Για τη παρασκευή του λαμβάνονται 8,401 g όξινου ανθρακικού νατρίου και 6,889 g ανθρακικού νατρίου. Το νερό που χρησιμοποιείται είναι υψηλής καθαρότητας. Οι ποσότητες των αντιδραστηρίων πρέπει να είναι ακριβείς διότι τυχόν λάθη ενδέχεται να επηρεάσουν τη πορεία των μετρήσεων. Το πυκνό εκλουστικό διάλυμα μπορεί να διατηρηθεί στο ψυγείο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για τις μετρήσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στον ιοντικό χρωματογράφο

χρησιμοποιείται αραιό εκλουστικό διάλυμα. Το αραιό διάλυμα προκύπτει με αραιώση σε υπερκάθαρο νερό 10 mL του πυκνού διαλύματος, σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL. Το διάλυμα παρασκευάζεται κάθε φορά που γίνονται οι μετρήσεις των ιόντων έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η όσο το δυνατό καλύτερη λειτουργία του ιοντικού χρωματογράφου.

Η μέτρηση των νιτρικών ιόντων πραγματοποιήθηκε με χημική καταστολή (μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκλουστικού διαλύματος) δηλαδή με τη χρησιμοποίηση αραιού διαλύματος θειικού οξέος, έτσι ώστε μετά από αυτή τη διαδικασία το εκλουστικό διάλυμα να έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα  $14 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Το διάλυμα του θειικού οξέως παρασκευάζεται σε ογκομετρική φιάλη των 500 mL, με διάλυση 0,54 mL πυκνού θειικού οξέως σε υπερκάθαρο νερό. Η Παρασκευή του θειικού οξέος πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, διότι η συγκέντρωση του επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκλουστικού διαλύματος και συνεπώς τις μετρήσεις.

Ο χρόνος απόδοσης των νιτρικών ιόντων στο χρωματογράφημα ήταν τα 10,5 λεπτά της ώρας και για τα νιτρώδη ιόντα τα 3,5 λεπτά, από τη στιγμή της εισόδου του δείγματος. Ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των δειγμάτων που αναλύονται ο χρόνος αυτός μεγαλώνει κατά 1-1,5 λεπτά της ώρας. Ο χρόνος στον οποίο αποδίδεται κάθε στοιχείο καθορίστηκε με την πραγματοποίηση ανάλυσης πρότυπου διαλύματος για κάθε στοιχείο ή ένωση ξεχωριστά. Τα πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν περιέχουν μόνο το στοιχείο ή την ένωση που προσδιορίζεται. Έτσι το χρωματογράφημα που παράγεται είναι του στοιχείου.

Τα πρότυπα διαλύματα παρασκευάστηκαν με διάλυση του περιεχομένου της αντίστοιχης αμπούλας (1g) σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL και συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με το εκλουστικό διάλυμα (eluent).

Τα πυκνά διαλύματα φυλάσσονταν σε φιάλες από πολυαιθυλένιο σε θερμοκρασία 4°C. Πριν από κάθε μέτρηση παρασκευάζονταν σειρά πρότυπων διαλυμάτων, μεταφέροντας σε ογκομετρικές φιάλες των 100mL τις κατάλληλες ποσότητες του πυκνού διαλύματος και συμπληρώνοντας με εκλουστικό διάλυμα μέχρι τη χαραγή. Τα διαλύματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης. Σε τακτά χρονικά διαστήματα εφαρμοζόταν η μέθοδος της σταθερής προσθήκης, για να περιοριστούν οι παρεμποδίσεις των ποικίλων συστατικών των δειγμάτων.

Πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ανάμεσα στη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας και στη μέθοδο της στήλης του επιχαλκωμένου καδμίου, για τον

προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Το ποσοστό των μεταξύ τους αποκλίσεων ήταν μικρότερο του 5 %. Έτσι με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας προσδιορίζονται με ακρίβεια τα νιτρικά ιόντα. Συγχρόνως η μέθοδος αυτή είναι οικονομικότερη, λιγότερο χρονοβόρα και λιγότερο επικίνδυνη από τη μέθοδο της στήλης του επιχαλκωμένου καδμίου. Η μέθοδος προσδιορισμού των νιτρικών ιόντων με την ιοντική χρωματογραφία αποδείχτηκε επίσης πιο αξιόπιστη για μικρές τιμές συγκεντρώσεων από αυτή της στήλης καδμίου.

### 2.3 Στατιστική Επεξεργασία Αποτελεσμάτων

Για τη στατιστική ανάλυση και τη τελική παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα MS Excel, Statgraphics v.2.1 και το πρόγραμμα ArcGIS v.9.0.

Σε κάθε περίπτωση υπολογίστηκε η μέγιστη, η ελάχιστη και η μέση τιμή κάθε παραμέτρου καθώς και η τυπική απόκλιση (Standard deviation) και ο συντελεστής παραλλακτικότητας (Coefficient of Variance).

Για την εύρεση της σχέσης μεταξύ των τιμών δύο παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε η ευθεία συμμεταβολή (Linear Regression).

### 2.4 Εφαρμογή της τηλεπισκόπησης

Για τη διενέργεια της Τυχαίας δειγματοληψίας (random sampling) στην ευρύτερη περιοχή του Αλμυρού χρησιμοποιήθηκε ορθοφωτοχάρτης της περιοχής.

Οι αρχικοί ορθοφωτοχάρτες της Τοπογραφικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Γεωργίας ήταν σε ψηφιακή μορφή και ήταν γεωγραφικά διορθωμένοι και προβεβλημένοι στο γεωγραφικό προβολικό σύστημα (σε μοίρες).

Οι ψηφιακοί ορθοφωτοχάρτες συνενώθηκαν με το κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα και αποτέλεσαν τον βασικό ορθοφωτοχάρτη της περιοχής μελέτης.

### 2.5 Ψηφιακοί θεματικοί χάρτες

Για τη κατασκευή των ψηφιακών θεματικών χαρτών, που αφορούν τη περιοχή της μελέτης, αρχικά έγινε η ψηφιοποίηση με τη βοήθεια τοπογραφικών χαρτών της περιοχής του Αλμυρού. Η διαδικασία έχει ως εξής: Τοποθετείται ο χάρτης με προσοχή στο ψηφιοποιητή και ξεκινάει η διαδικασία της ψηφιοποίησης. Ορίζονται τα αρχικά όρια των χαρτών και προσδιορίζονται οι μονάδες του ψηφιοποιητή σε ίντσες. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η δόμηση της Γεωγραφικής Βάσεως Δεδομένων με

τα επίπεδα που είναι απαραίτητο να ψηφιοποιηθούν. Τα επίπεδα που τελικά ψηφιοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Σημεία δειγματοληψίας (σημεία)
- Οδικό δίκτυο (γραμμές)
- Ισοΰψεις (γραμμές)
- Υδρογραφικό δίκτυο (γραμμές)
- Υψομετρικά σημεία (σημεία)
- Επίπεδο των tics (σημεία αναφοράς)

Τυπικά τα επίπεδα οργανώνονται έτσι ώστε τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα να αποθηκεύονται σε ξεχωριστά επίπεδα. Για παράδειγμα οι δρόμοι παριστάνονται με γραμμές και αποθηκεύονται ως ένα επίπεδο, ενώ τα σημεία δειγματοληψίας παριστάνονται ως σημεία και αποθηκεύονται σε άλλο επίπεδο.

Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν επίσης να οργανωθούν θεματικά σύμφωνα με αυτό που αντιπροσωπεύουν.

Σε κάθε χάρτη ψηφιοποιείται αρχικά ένα κενό επίπεδο με τα tics. Στη συνέχεια ψηφιοποιούνται ως ανεξάρτητα επίπεδα τα υψομετρικά σημεία, οι ισοΰψεις, οι δρόμοι και τέλος τα σημεία δειγματοληψίας.

Από τη στιγμή που κάθε θεματικός χάρτης ψηφιοποιείται, αυτομάτως τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά βρίσκονται αποθηκευμένα με τη μορφή χ και ψ συντεταγμένων στη ψηφιακή βάση δεδομένων μαζί με τις περιγραφικές πληροφορίες τους σε ένα πίνακα γνωστό ως πίνακα πληροφοριών των γεωγραφικών χαρακτηριστικών ή AAT (Arc Attribute Table) και PAT (Polygon ή Point Attribute table) για τα σημεία, τις γραμμές και τα πολύγωνα.

Τέλος δημιουργούνται μητρικά tic αρχεία και γίνεται αρίθμηση κάθε tic με ένα μοναδικό αριθμό ID και ορισμός των συντεταγμένων για κάθε tic με βάση τις συντεταγμένες του χάρτη. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας πίνακας με τα ID των tics και τις συντεταγμένες. Ακολουθεί προσδιορισμός και διόρθωση τυχόν λαθών της ψηφιοποίησης.

#### 2.5.1 Προσδιορισμός λαθών από τη ψηφιοποίηση

Μετά τη διαδικασία της ψηφιοποίησης εφαρμόζεται το ARC/INFO 3.5.2 προκειμένου να γίνει επισήμανση και μετέπειτα διόρθωση λαθών. Το ARC/INFO 3.5.2, δίδει τη δυνατότητα να εντοπιστούν τυχόν ατέλειες στην απόδοση της



πραγματικότητας καθώς προσδιορίζει με ειδικά σύμβολα τα λάθη στην ψηφιοποίηση. Μερικά από τα λάθη τα οποία μπορεί να προσδιορίσει η τοπολογία είναι τα εξής:

- Τόξα που δε συνδέονται μεταξύ τους.
- Ανοιχτά πολύγωνα.
- Πολύγωνα που δεν έχουν label point ή που έχουν περισσότερα από ένα.
- Ταυτότητες σημείων που δεν είναι μοναδικές.

Τα παραπάνω λάθη αντιμετωπίζονται με συγκεκριμένες εντολές του ARC/INFO 3.5.2. Το ARC/INFO 3.5.2 παρέχει για τη δημιουργία τοπολογίας τις εντολές build και clean. Η εντολή build χρησιμοποιείται για τα σημεία, τις γραμμές και τα πολύγωνα ενώ η εντολή clean μόνο για τις γραμμές και τα πολύγωνα.

Προκειμένου να μην καταλήξουμε σε στρεβλώσεις μεταξύ των διαφόρων επιπέδων, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή ή στη διόρθωση μικρών λαθών κατά τη ψηφιοποίηση.

Για να μετατραπούν οι μονάδες των tics σε δεκαδικές μοίρες, αφήνεται το ακέραιο τμήμα ως έχει, και ως δεκαδικό μέρος αθροίζεται το αποτέλεσμα της διαίρεσης των μεν λεπτών της μοίρας με το 60, των δε δευτέρων λεπτών της μοίρας με το 3600. Τα φύλλα χάρτη που ψηφιοποιούνται ενώνονται σε ένα ενιαίο χάρτη με τη χρησιμοποίηση ειδικών εντολών του ARC/INFO 3.5.2.

## 2.5.2 Εφαρμογή του ArcGIS 9.0 Desktop

Το ArcGIS 9.0 Desktop αποτελείται από επιμέρους προγράμματα όπως είναι τα ArcView, ArcMap, ArcEditor και ArcInfo. Το ArcGIS 9.0 Desktop περιλαμβάνει μια ακολουθία ολοκληρωμένων εφαρμογών όπως τα ArcMap, ArcCatalog και ArcToolbox. Με τη χρησιμοποίηση των 3 αυτών εφαρμογών μπορεί να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε εργασία σχετική με GIS, από τις πιο απλές μέχρι τις πιο εξεζητημένες, συμπεριλαμβανομένων της δημιουργίας χαρτών, της διαχείρισης δεδομένων, της γεωγραφικής ανάλυσης και της geoproccesing.

Το ArcMap είναι η κεντρική εφαρμογή του ArcGIS 9.0 Desktop. Είναι η εφαρμογή GIS η οποία χρησιμοποιείται για όλες τις εργασίες που έχουν να κάνουν με χάρτες, όπως η χαρτογραφία, η ανάλυση χαρτών και η παρουσίαση αυτών.

Η εφαρμογή του ArcCatalog βοηθά στην οργάνωση και διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων. Περιλαμβάνει εργαλεία για την ανεύρεση γεωγραφικών

πληροφοριών, τη ταχεία προβολή δεδομένων και το καθορισμό της σχηματικής δομής των στρώσεων (layers) των γεωγραφικών δεδομένων.

Το ArcToolbox είναι μια απλή εφαρμογή που περιλαμβάνει διάφορα εργαλεία GIS κατάλληλα για γεωεπεξεργασία. Για παράδειγμα χρησιμεύει στη μετατροπή των δεδομένων και στη προβολή τους στα διάφορα προβολικά συστήματα.

Τέλος, πραγματοποιείται η δόμηση της βάσης δεδομένων με την εισαγωγή των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών αναλύσεων. Στη συνέχεια εφαρμόζεται το ArcGIS Geostatistical Analyst.

### 2.5.3. ArcGIS Geostatistical Analyst

Το ArcGIS Geostatistical Analyst χρησιμοποιεί ντετερμινιστικές και γεωστατιστικές μεθόδους προκειμένου να μοντελοποιήσει τις επιφάνειες. Περιλαμβάνει εργαλεία για χωρική ανάλυση των δεδομένων (spatial analysis) και ένα γεωστατιστικό μενού (Geostatistical Wizard) που οδηγεί στη διαδικασία δημιουργίας μιας στατιστικά ορθής επιφάνειας. Οι νέες επιφάνειες που δημιουργούνται με τη βοήθεια της Γεωστατιστικής μπορούν να απεικονιστούν σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. Με το εργαλείο αυτό, Geostatistical Analyst, επιτυγχάνεται ο συνδυασμός της Γεωστατιστικής και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Η δημιουργία επιφανειών με το Geostatistical Analyst περιλαμβάνει τα 3 ακόλουθα βήματα-κλειδιά:

1. Διερευνητική Χωρική Ανάλυση των Δεδομένων (Exploratory spatial data analysis).
2. Ανάλυση της δομής της επιφάνειας (structural analysis).
3. Πρόβλεψη επιφανειών και αιτιολόγηση των αποτελεσμάτων (Surface prediction and assessment of results).

Η διερευνητική χωρική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιεί τις γνωστές τιμές των δεδομένων για μια συγκεκριμένη περιοχή και αναλύει στατιστικά τα δεδομένα αυτά δημιουργώντας το ιστόγραμμα, την ανάλυση της τάσης των τιμών των μεταβλητών, το γράφημα των Quartiles, τα γραφήματα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) και της παραλλακτικότητας (covariance).

Με το Geostatistical Analyst υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργήσουμε προβλέψεις με μεγάλη ακρίβεια για τις θέσεις στην ίδια περιοχή όπου δεν έχουν μετρηθεί οι τιμές της μεταβλητής ή των μεταβλητών. Επιπλέον, με τη βοήθεια του εργαλείου αυτού αιτιολογούνται οι στατιστικές ιδιότητες των δεδομένων όπως η

χωρική παραλλακτικότητα, οι επιπτώσεις από τη μεταβλητή αυτή και οι γεωγραφικές τάσεις των χαρακτηριστικών των τιμών.

Η γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων αποτελείται από δύο φάσεις: τη μοντελοποίηση του διαγράμματος της ημιπαραλλακτικότητας ή της παραλλακτικότητας των τιμών των εξεταζομένων ιδιοτήτων ή μεταβλητών της υπό εξέταση περιοχής και την εφαρμογή της γεωστατιστικής μεθόδου Krigging.

Μεγάλος αριθμός από επιμέρους μεθόδους Krigging είναι διαθέσιμος για τη δημιουργία συνεχών επιφανειών χωρικής παραλλακτικότητας στη Γεωστατιστική ανάλυση και περιλαμβάνει την Ordinary Kriging, τη Simple Kriging, την Universal Kriging, την Indicator Kriging, τη Propability Kriging και τη Disjunctive Kriging.

Για όλες τις παραμέτρους που μελετήθηκαν, προκειμένου να γίνει η πρόβλεψη των αγνώστων τιμών χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα η μέθοδος Ordinary Kriging.

Το geostatistical analyst παρέχει ένα αριθμό συγκεκριμένων μοντέλων για την επιλογή του καταλληλότερου. Αυτά τα μοντέλα είναι τα: Sphaerical, Circular, Tetraspherical, Pentaspherical, Exponential, Gaussian, Rational quadratic, Hole effect, K-Bessel, J-Bessel και Stable. Η επιλογή του μοντέλου επηρεάζει τη πρόβλεψη των αγνώστων τιμών, ιδιαίτερα όταν το σχήμα της καμπύλης διαφέρει σημαντικά. Κάθε μοντέλο είναι σχεδιασμένο ώστε να προσεγγίζει διαφορετικούς τύπους φαινομένων όσο το δυνατό καλύτερα.

Το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram/covariance wizard) χρησιμοποιήθηκε για να προσαρμοστεί το πιο κατάλληλο μοντέλο πρόβλεψης σε κάθε περίπτωση. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του καλύτερα προσαρμοσμένου μοντέλου, χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για να απεικονιστεί σε χάρτη η συνεχής επιφάνεια της εκτίμησης των αγνώστων τιμών κάθε παραμέτρου.

Ποικίλοι τύποι χαρτών μπορούν να παραχθούν με τη βοήθεια της Γεωστατιστικής ανάλυσης συμπεριλαμβανομένων των χαρτών πρόβλεψης, των χαρτών πιθανότητας και αυτών που αφορούν τα ενδεχόμενα λάθη που προκύπτουν από τη πρόβλεψη του πιο κατάλληλου μοντέλου.

Αν και είναι σχετικά απλό να δημιουργηθεί ένας χάρτης με τη χρησιμοποίηση της Γεωστατιστικής Ανάλυσης, είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται ορισμένα βήματα – στάδια:

- Προσθήκη επιπέδων και παρουσίαση τους σε βάση δεδομένων στο ArcMap.
- Προσδιορισμός των στατιστικών ιδιοτήτων των δεδομένων.
- Επιλογή του κατάλληλου μοντέλου για τη δημιουργία επιφάνειας (ESDA).
- Στατιστική επιβεβαίωση του κατάλληλου μοντέλου.

- Σύγκριση των επιφανειών που δημιουργήθηκαν.

### 2.5.3.1 Εξέταση της χωρικής παραλλακτικότητας των δεδομένων

#### *Ιστόγραμμα*

Οι μέθοδοι χωρικής μεταβλητότητας που χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν μια επιφάνεια, δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα μόνο εάν τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή (καμπύλη Gauss). Σε περιπτώσεις δεδομένων που δεν ακολουθείται κανονική κατανομή, γίνεται μετατροπή των τιμών προκειμένου να προσομοιάζουν με κανονική κατανομή.

#### *Normal QQPlot*

Το εργαλείο αυτό της γεωστατιστικής εφαρμόζεται προκειμένου να γίνει σύγκριση της διασποράς των δεδομένων και της απόκλισης αυτών από την κανονική κατανομή ως ένας επιπλέον δείκτης της κανονικότητας των δεδομένων. Όσο πλησιέστερα στη γραμμή βρίσκονταν τα σημεία, τόσο περισσότερο προσέγγιζε η διασπορά τους τη κανονική.

#### *Cross Validation*

Με τη βοήθεια του cross validation μπορεί να διαπιστωθεί εάν ένα μοντέλο προβλέπει ικανοποιητικά τις άγνωστες τιμές. Για όλα τα σημεία το Cross Validation επιλέγει ένα σημείο, προβλέπει τη τιμή αυτού χρησιμοποιώντας τα υπόλοιπα δεδομένα και κατόπιν συγκρίνει τις τιμές που έχουν μετρηθεί και αυτές που έχουν προβλεφθεί.

Το πιο σημαντικό αντικείμενο της αξιολόγησης αυτής είναι η δυνατότητα που παρέχει στο χρήστη να αποφασίσει πιο μοντέλο δίδει τις πιο ακριβείς προβλέψεις.

Η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπ' όψη τα ακόλουθα:

- Η τιμή του μέσου όρου να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στη τιμή μηδέν.
- Η τιμή των root-mean-square-error και η τιμή του average standard error να είναι όσο το δυνατό μικρές και να έχουν μικρή μεταξύ τους απόκλιση.
- Η τιμή των root-mean-square-standardized-error να είναι κοντά στη τιμή 1.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 Αποτελέσματα της έρευνας έτους 2004 στην περιοχή Αλμυρού Μαγνησίας.

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζεται η κατάταξη των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού Μαγνησίας με βάση τη τιμή pH αυτών (MAFF, 1988; Rowell, 1995, Μήτσιος, 2000).

Στα εδάφη της υπό μελέτη περιοχής, σε βάθος 0 – 30 cm, η τιμή του pH κυμάνθηκε από 5,40 έως 8,80. Συγκεκριμένα, τα εδάφη σε ποσοστό 2,96% χαρακτηρίστηκαν ως όξινα εδάφη, το 7,39% των εδαφών μετρίως όξινα, το 25,19% ουδέτερα, το 60,68% ελαφρώς αλκαλικά και το 3,64% αλκαλιωμένα. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από τη γεωλογία και τα μητρικά υλικά της περιοχής που περιλαμβάνουν κυρίως ασβεστόλιθους και ασβεστόχα υλικά διαφόρων ηλικιών και φάσεων (κεφάλαιο 2.1.3.2).

Ισχυρώς όξινα εδάφη (pH= 5,1 – 5,8) παρατηρούνται βορειοδυτικά της Ευξεινούπολης, ενώ στο Κρόκιο και στη περιοχή του Νέου Πλατάνου παρατηρούνται μετρίως όξινα εδάφη (5,9 – 6,5), όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.4. Λόγω των δυσμενών επιπτώσεων της οξύτητας των εδαφών στην ανάπτυξη των φυτών κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη ασβεστόχων υλικών έτσι ώστε να επιτευχθεί η ανύψωση του pH στα συγκεκριμένα εδάφη.

pH	Κατηγορίες εδαφών	% ποσοστό των δειγμάτων
4 – 5	Πολύ ισχυρώς όξινα	0
5,1 – 5,8	Ισχυρώς όξινα	2,96
5,9 – 6,5	Μετρίως όξινα	7,39
6,6 – 7,5	Ουδέτερα	25,19
7,5 – 8,5	Ελαφρώς αλκαλικά	60,68
> 8,5	Αλκαλιωμένα	3,64

**Πίνακας 3.1** Κατάταξη εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σε αναλογία με τη τιμή pH του εδάφους (n=135).

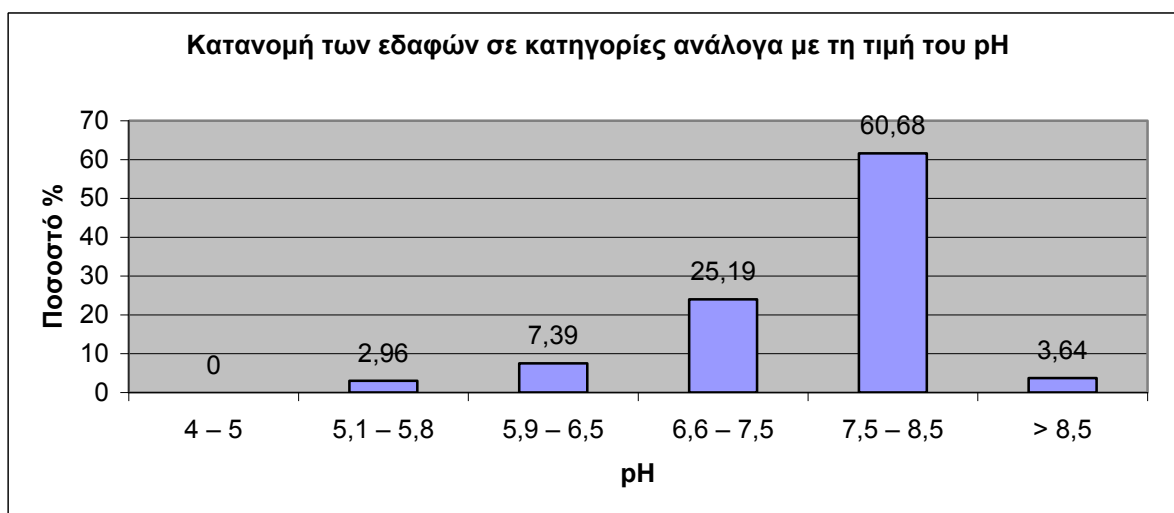
Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εδαφών της περιοχής κυμάνθηκε από 39  $\mu\text{S}/\text{cm}$  έως 7190  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι ένα ποσοστό των εδαφών της τάξης του 31,74% είναι εδάφη με χαμηλό κίνδυνο αλατότητας, το 58,73% των εδαφών έχουν μέτριο κίνδυνο αλατότητας και ένα ποσοστό της τάξης του 9,52% είναι εδάφη με υψηλό κίνδυνο αλατότητας (Πίνακας 3.2).

EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Χαρακτηρισμός εδαφών	Ποσοστό εδαφών %
0 – 250	Χαμηλός κίνδυνος αλατότητας	31,74
250 – 750	Μέτριος κίνδυνος αλατότητας	58,73
> 750	Υψηλός κίνδυνος αλατότητας	9,52

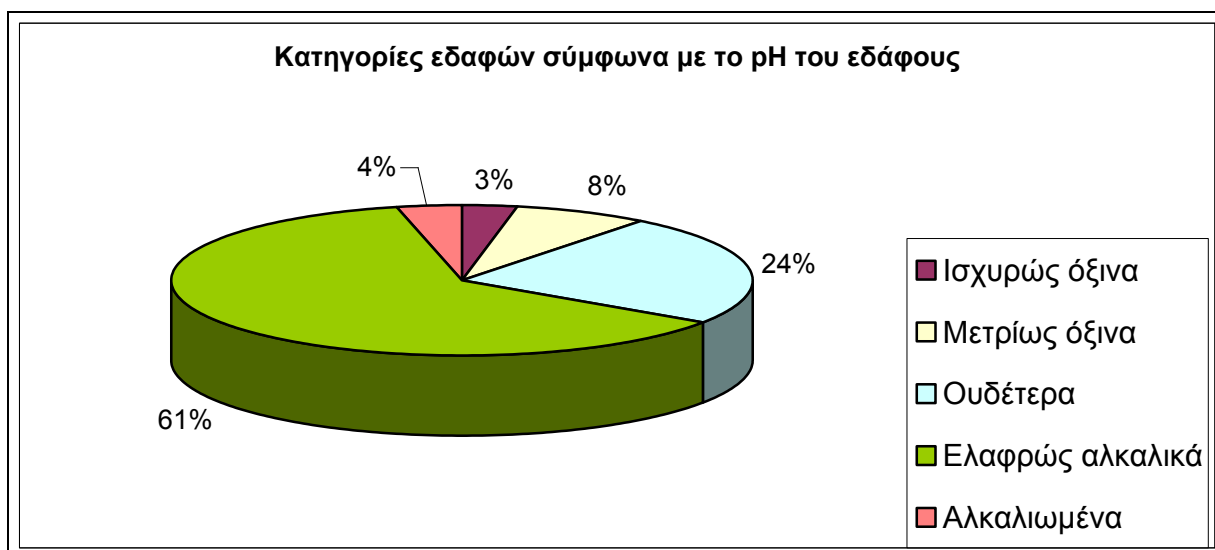
**Πίνακας 3.2.** Κατάταξη εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σε αναλογία με το κίνδυνο αλατότητας (n = 135).

Στην περιοχή του όρμου μεταξύ του Νέου Πλατάνου και της Αμαλιάπολης, δηλαδή στον όρμο της Σούρπης, παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (>750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), σε ορισμένες δε περιπτώσεις τα εδάφη της περιοχής χαρακτηρίζονται ως αλατούχα αφού η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας υπερβαίνει τα 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Οι υψηλές τιμές EC στη συγκεκριμένη περιοχή εξηγούνται λόγω της γεωγραφικής θέσης και της τοπογραφίας αφού πρόκειται για παραθαλάσσια χαμηλή περιοχή όπου τα εδάφη έρχονται σε συνεχή επαφή με το νερό της θάλασσας, με αποτέλεσμα αρχικά να καθίστανται αλατούχα και στη συνέχεια νατριομένα.

Το γεγονός ότι ένα ποσοστό της τάξης του 68 % έχει μέτριο ή και υψηλό κίνδυνο αλατότητας και μάλιστα σε περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τη θάλασσα καταδεικνύει το μέγεθος του προβλήματος. Φαίνεται λοιπόν ότι τα αρδευτικά νερά της περιοχής έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, πράγμα που σημαίνει ότι έχει γίνει υπεράντληση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με αποτέλεσμα την κάθοδο της στάθμης αυτού κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και δημιουργία ανάστροφης κίνησης των υπογείων υδάτων από τη θάλασσα προς τη στεριά.



**Ραβδόγραμμα 3.1** Κατάταξη εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σε αναλογία με τη τιμή pH του εδάφους (n=135).



**Διάγραμμα 3.2.** Κατάταξη εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σε αναλογία με το pH του εδάφους.

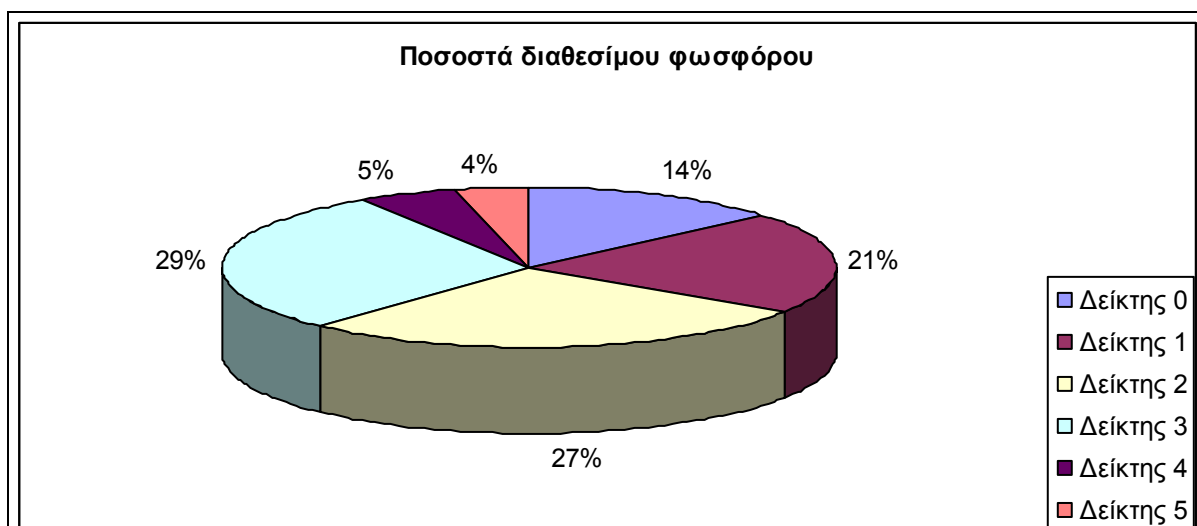
Η συγκέντρωση του διαθεσίμου φωσφόρου (που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Olsen) των εδαφών σε βάθος 0 – 30 cm κυμάνθηκε από 3,36 έως 131,26 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους με μέση τιμή 24,95 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε.. Η ταξινόμηση των εδαφών της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας πραγματοποιείται με βάση τους δείκτες διαθεσιμότητας του εδαφικού φωσφόρου (Πίνακας 3.3 – MAFF, 1988; Μήτσιος, 2000).

**Πίνακας 3.3** Δείκτες διαθεσιμότητας εδαφικού φωσφόρου (0,5 M NaHCO<sub>3</sub>, pH = 8,5).

Δείκτες	mg kg <sup>-1</sup> ξ.ε.	kg στρ <sup>-1</sup> *
0	0 – 9	0 – 3,4
1	10 – 15	3,5 – 5,6
2	16 – 25	5,7 – 9,4
3	26 – 45	9,5 – 16,9
4	46 – 70	17 – 26,3
5	71 - 100	26,4 – 37,5

Η φαινόμενη πυκνότητα στα εδάφη αυτά λαμβάνεται ίση με 1,25 g/cm<sup>3</sup>, οπότε το στρέμμα σε βάθος 30 cm έχει μάζα 375 t.

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και σε συνδυασμό με τον πίνακα 3.3 προκύπτει ότι τα εδάφη στη περιοχή του Αλμυρού Μαγνησίας και για το βάθος 0 – 30 cm κατατάσσονται ως εξής: το 13,74% των εδαφών με δείκτη 0, το 20,61% των εδαφών με δείκτη 1, το 27,48% των εδαφών με δείκτη 2, το 29% των εδαφών με δείκτη 3, το 5,34% με δείκτη 4 και το 3,8% με δείκτη 5 (εικόνα 3.3).



**Διάγραμμα 3.3.** Κατανομή των εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σύμφωνα με την περιεκτικότητα των σε διαθέσιμο φώσφορο.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.3 στα εδάφη της περιοχής του Αλμυρού Μαγνησίας παρατηρούνται ιδιαίτερα χαμηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου σε ένα ποσοστό της τάξης του 35% των εδαφών (δείκτες 0 και 1). Τα εδάφη με δείκτες διαθεσιμότητας 4 και 5 περιέχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμου φωσφόρου και ως εκ τούτου πρέπει να αποφεύγονται οι φωσφορικές λιπάνσεις σε αυτά για να μην επιβαρύνεται το περιβάλλον με φωσφορικά. Οι υψηλές συγκεντρώσεις των εδαφών σε φώσφορο έχουν ως αποτέλεσμα τη ρύπανση αυτών ως και των υδάτινων αποδεκτών με τις διαβρώσεις.

Το 38% των εδαφών της περιοχής (δείκτες 3 , 4 και 5) έχουν διαθέσιμο φώσφορο στο έδαφος σε ποσότητες μεγαλύτερες από  $9,4 \text{ kg στρ}^{-1}$  και θεωρούνται επαρκώς έως υπερβολικά εφοδιασμένα σε φώσφορο, οπότε η προσθήκη φωσφορικών λιπασμάτων σε αυτά δεν είναι απαραίτητη. Οι ποσότητες του φωσφόρου αυτές κρίνονται επαρκείς έως υπερβολικές για να καλύψουν τις ανάγκες των καλλιεργειών της περιοχής (αραβόσιπος, μηδική, βαμβάκι, ελιά κ.α.).

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις διαθέσιμου φωσφόρου παρατηρήθηκαν στη περιοχή δυτικά της Ευξεινούπολης, τα εδάφη δε της συγκεκριμένης περιοχής χαρακτηρίστηκαν ως ισχυρώς όξινα και μετρίως όξινα εδάφη. Αν ληφθεί υπόψη ότι η διαθεσιμότητα του φωσφόρου στα περισσότερα εδάφη είναι μεγαλύτερη όταν το pH κυμαίνεται από 6 έως 6,5 ενώ σε τιμές pH άνω του 7, τα ιόντα του Ca και του Mg προκαλούν κατακρήμνιση του προστιθέμενου φωσφόρου και η διαθεσιμότητα του ξανά ελαττώνεται, τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνονται.



**Πίνακας 3.5.** Ελάχιστη και μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης του διαθεσίμου εδαφικού φωσφόρου.

	P mg kg <sup>-1</sup> ξηρού εδάφους	P kg στρ <sup>-1</sup>
Μέγιστη τιμή	131,26	49,22
Ελάχιστη τιμή	3,36	1,26
Μέση τιμή	24,94	9,35

Η φαινόμενη πυκνότητα στα εδάφη αυτά λαμβάνεται ίση με 1,25 g/cm<sup>3</sup>, οπότε το στρέμμα σε βάθος 30 cm έχει μάζα 375 t.

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στα εδάφη της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας κυμάνθηκαν από 2 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε. έως 887 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους, με μέση τιμή 103 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε. Η δε τιμή 887 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε. βρέθηκε σε καλλιέργεια βάμβακος στη περιοχή της Ευξεινούπολης.

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκαν από 0 mg kg<sup>-1</sup> ξ. ε έως 337,6 mg kg<sup>-1</sup> ξ. ε, με μία μέση τιμή της τάξης των 13,11 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων 337,6 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε. βρέθηκε σε καλλιέργεια βάμβακος στην περιοχή της Ευξεινούπολης.

**Πίνακας 3.6.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρικών και νιτρικών ιόντων.

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	
	mg/kg ξηρού εδάφους	kg στρ <sup>-1</sup>	mg/kg ξηρού εδάφους	kg στρ <sup>-1</sup>
Ελάχιστη τιμή	2	0,17	0	0
Μέγιστη τιμή	887	75,1	337,6	38,53
Μέση τιμή	103	8,72	13,11	1,49

Η φαινόμενη πυκνότητα στα εδάφη αυτά λαμβάνεται ίση με 1,25 g/cm<sup>3</sup>, οπότε το στρέμμα σε βάθος 30 cm έχει μάζα 375 t.

Το γεγονός ότι βρέθηκαν κάποιες πολύ υψηλές τιμές συγκεντρώσεων νιτρικών και νιτρικών ιόντων στο έδαφος δείχνει την ανάγκη μελλοντικής δειγματοληψίας στα συγκεκριμένα εδάφη έτσι ώστε να υπάρξει διασταύρωση των αποτελεσμάτων.

Στον πίνακα 3.7 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές, ο συντελεστής παραλλακτικότητας και η τυπική απόκλιση για τις εδαφικές ιδιότητες pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, οργανική ουσία, φώσφορο, νιτρικά ιόντα και νιτρικά ιόντα.

	pH (1:1)	EC(μS/cm)	Οργανική ουσία %
<b>Μέγιστη τιμή</b>	8,8	7190	6,19
<b>Ελάχιστη τιμή</b>	5,4	39	0,22
<b>Μέση τιμή</b>	7,64	568,17	2,328
<b>Συντελεστής Παραλλακτικότητας (C.V.)</b>	0,59	1,03523E6	0,597
<b>Τυπική απόκλιση (S.D.)</b>	0,77	1017,46	0,773

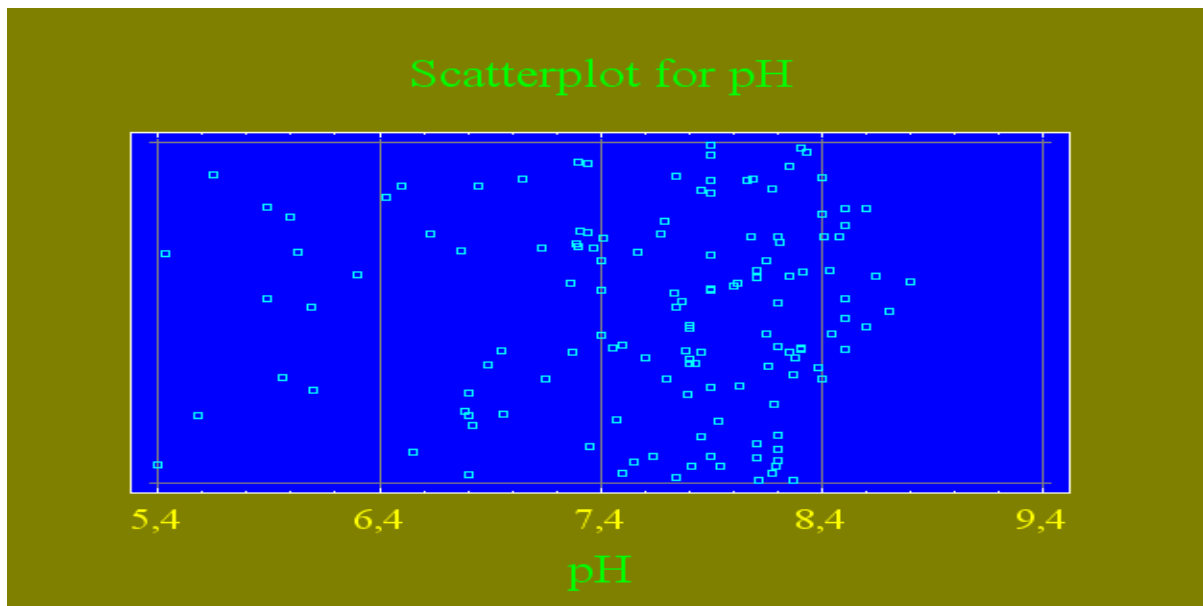
**Πίνακας 3.7α.** Μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή, συντελεστής παραλλακτικότητας και τυπική απόκλιση των εδαφικών ιδιοτήτων.

	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> ξ.ε.)	P (mg kg <sup>-1</sup> ξ.ε.)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> ξ.ε.)
<b>Μέγιστη τιμή</b>	337,6	131,26	887
<b>Ελάχιστη τιμή</b>	0	3,36	2
<b>Μέση τιμή</b>	13,11	24,94	103
<b>Συντελεστής Παραλλακτικότητας (C.V.)</b>	1140,93	318,25	31009
<b>Τυπική απόκλιση (S.D.)</b>	33,77	17,83	176

**Πίνακας 3.7β.** Μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή, συντελεστής παραλλακτικότητας και τυπική απόκλιση των εδαφικών ιδιοτήτων.

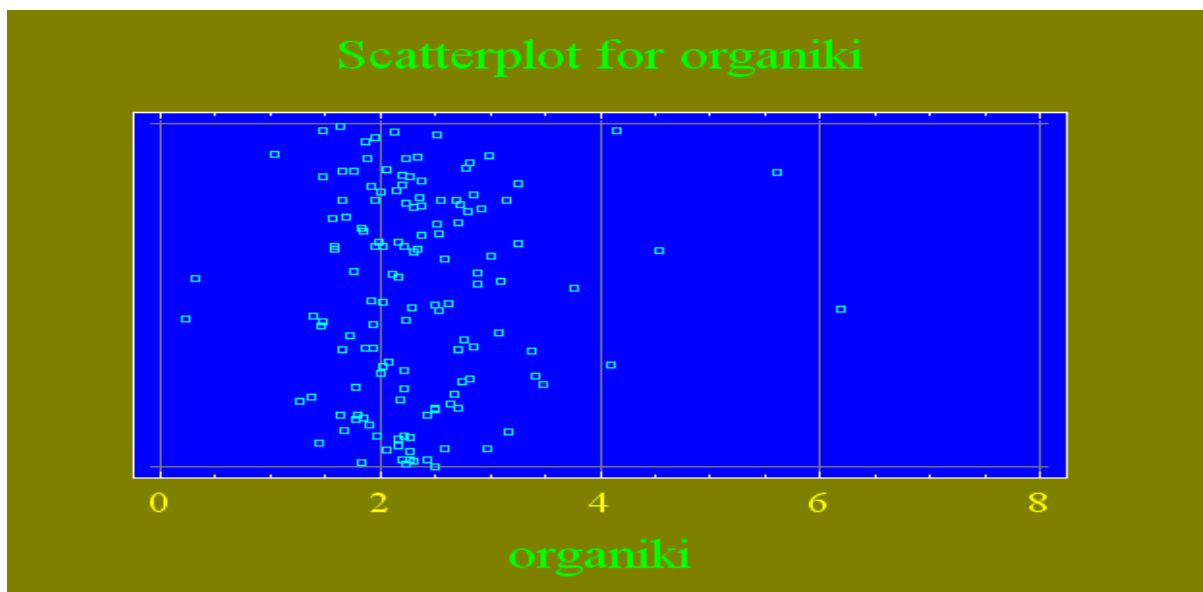
Στα διαγράμματα 3.4 – 3.10 παρουσιάζεται η διασπορά των τιμών όλων των εδαφικών ιδιοτήτων που μετρήθηκαν. Με τη βοήθεια των διαγραμμάτων Scatter plot διακρίνονται σαφώς τα όρια μεταξύ των οποίων κυμαίνονται οι τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων καθώς και οι τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων οι οποίες παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης.

Από το διάγραμμα 3.4 φαίνεται ότι το pH των περισσότερων εδαφικών δειγμάτων βρίσκεται μεταξύ 7,3 και 8,2, και συνεπώς τα εδάφη που εξετάζονται στη πλειοψηφία τους είναι ουδέτερα και ελαφρώς αλκαλικά εδάφη.



**Διάγραμμα 3.4.** Διάγραμμα Scatter plot για τις τιμές του εδαφικού pH (n=135).

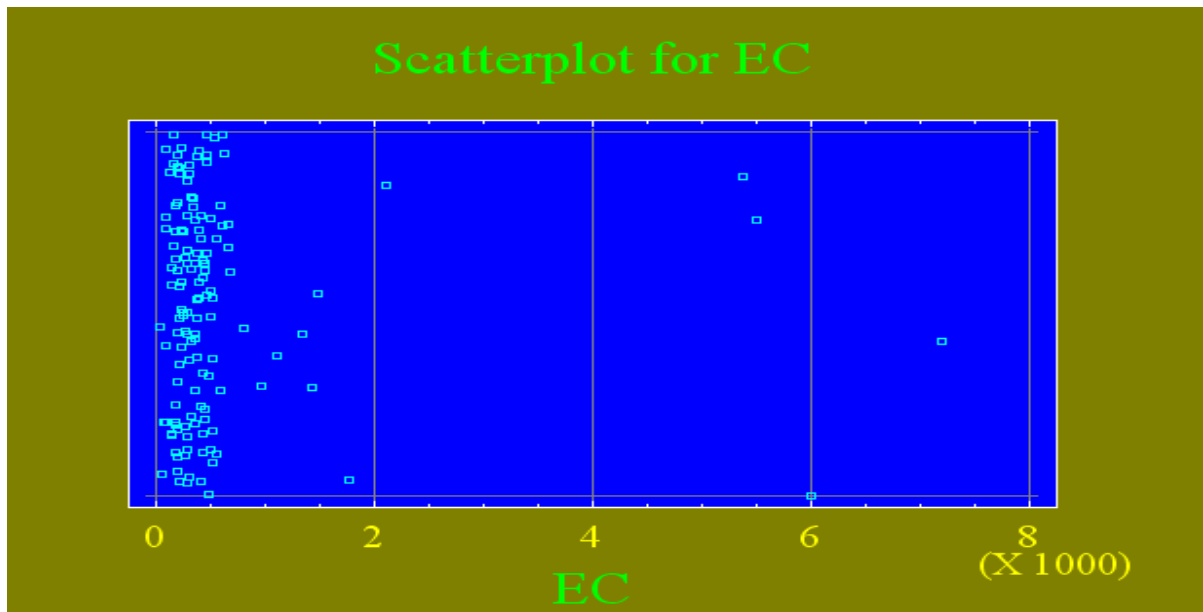
Οι τιμές της οργανικής ουσίας με τη μεγαλύτερη συχνότητα βρίσκονται μεταξύ 1,8 – 2,6 %. Ελάχιστα εδάφη βρέθηκαν με μεγαλύτερη του 3% περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, γεγονός αναμενόμενο αν ληφθεί υπόψη ότι πρόκειται για εντατικά καλλιεργούμενα εδάφη. Τα εδάφη οι τιμές των οποίων ξεπερνούν το 3% είναι ακαλλιέργητα ή βρίσκονται σε βαλτώδεις περιοχές.



**Διάγραμμα 3.5.** Διάγραμμα Scatter plot για τις τιμές της οργανικής ουσίας του εδάφους (n=135).

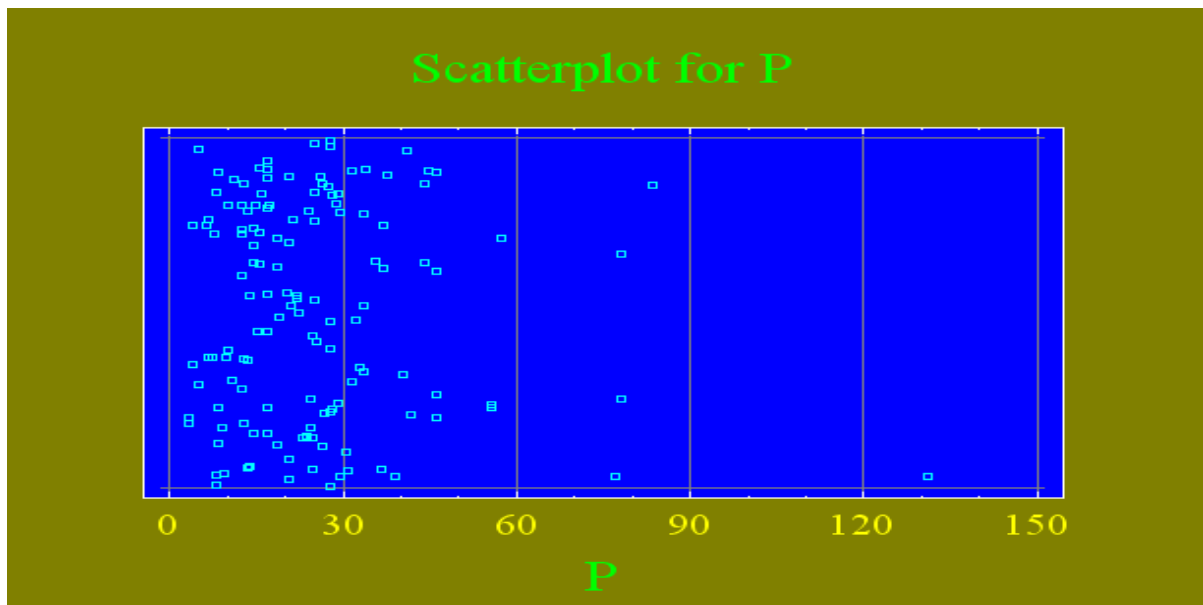
Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης είναι μεταξύ 250 και 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ελάχιστες μετρήσεις

υπερβαίνουν τα 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  και αντιπροσωπεύουν εδάφη μιας συγκεκριμένης περιοχής τα οποία βρίσκονται πολύ κοντά στις ακτές και αποτελούν ένα estuary.



**Διάγραμμα 3.6.** Διάγραμμα Scatter plot για τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους σε  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ( $n=135$ ).

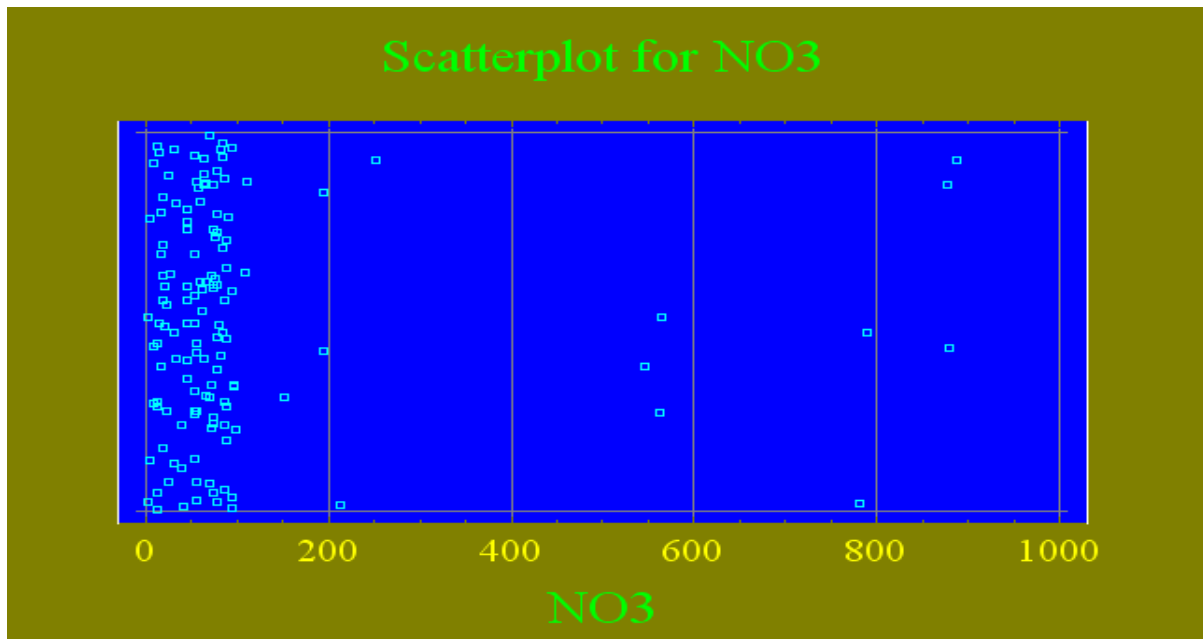
Οι τιμές του διαθέσιμου εδαφικού φωσφόρου που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης βρίσκονται μεταξύ 15 και 40  $\text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους. Αντιπροσωπεύουν δε τους δείκτες διαθεσιμότητας 1, 2 και 3 και αθροιστικά αποτελούν το 77% των μετρήσεων των εδαφικών δειγμάτων.



**Διάγραμμα 3.7.** Διάγραμμα Scatter plot για τις τιμές του διαθέσιμου φωσφόρου του εδάφους ( $n=135$ ).

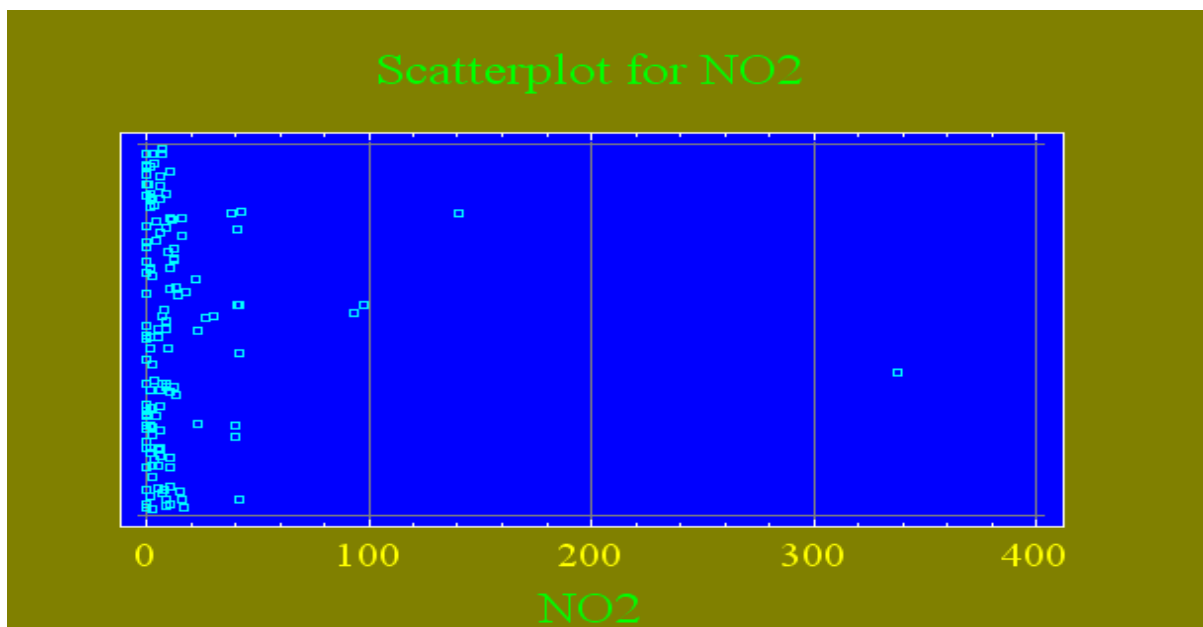
Οι τιμές των νιτρικών ιόντων που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης βρίσκονται μεταξύ των 30 και 100  $\text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους. Η μέση τιμή των 103  $\text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους προφανώς προκύπτει λόγω των εξαιρετικά

μεγάλων συγκεντρώσεων που βρέθηκαν σε 5 εδαφικά δείγματα και οι οποίες φαίνονται στα διαγράμματα που ακολουθούν ( $>750 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους).



**Διάγραμμα 3.8.** Διάγραμμα Scatter plot για τις τιμές των νιτρικών ιόντων του εδάφους ( $n=135$ ).

Οι τιμές των νιτρικών ιόντων που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης βρίσκονται μεταξύ των 0 και  $15 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας είναι μεγάλος λόγω των ελαχίστων μετρήσεων που ξεπερνούν τα  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους και φαίνονται στο δεξιό μέρος των γραφημάτων.

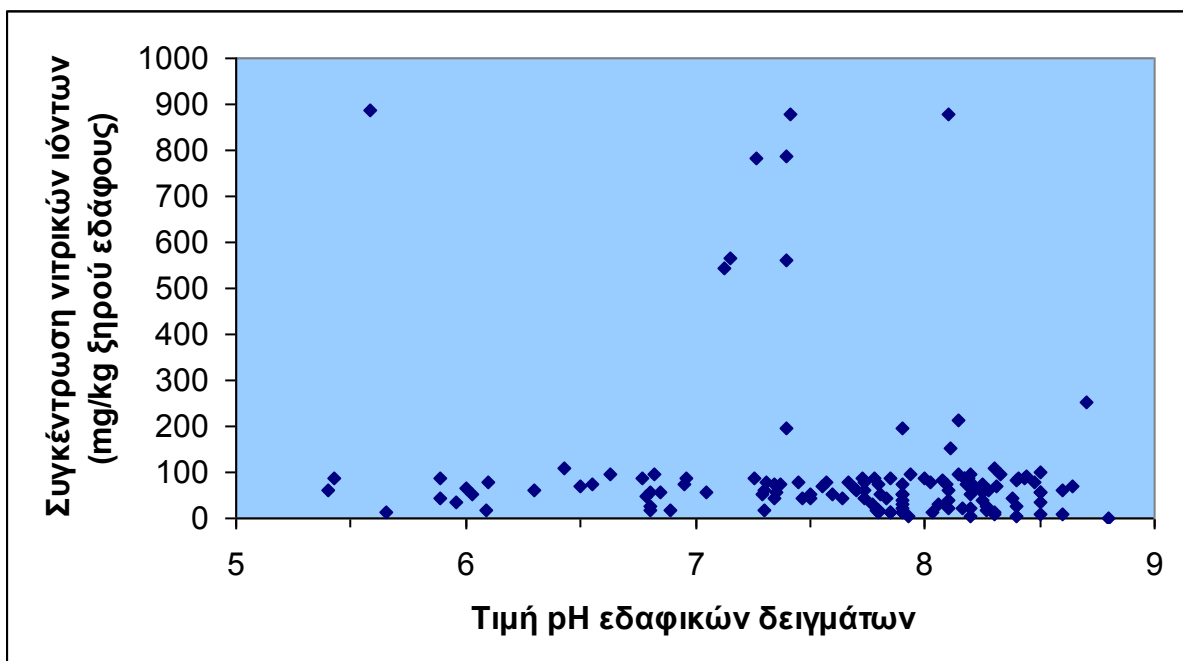


**Διάγραμμα 3.9.** Διάγραμμα Scatter plot για τις τιμές των νιτρωδών ιόντων του εδάφους ( $n=135$ ).

Στα επόμενα γραφήματα παριστάνονται οι τιμές των συγκεντρώσεων του διαθεσίμου φωσφόρου, των νιτρικών ιόντων και των νιτρωδών ιόντων σε συνάρτηση με το pH του εδάφους. Σημειώνεται ότι δε βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ των τιμών του pH των εδαφών και των συγκεντρώσεων σε νιτρικά ιόντα, νιτρώδη ιόντα και φώσφορο.



**Γράφημα 3.10.** Συγκεντρώσεις φωσφόρου των εδαφικών δειγμάτων σε συνάρτηση με τις τιμές pH αυτών.

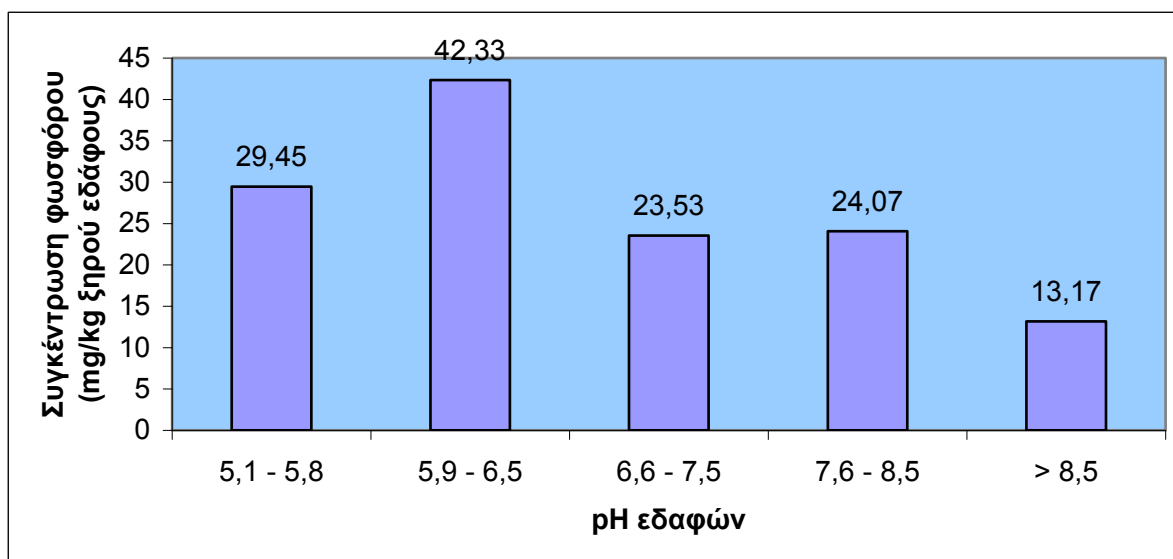


**Γράφημα 3.11.** Συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων σε συνάρτηση με τις τιμές pH αυτών.



**Γράφημα 3.12.** Συγκεντρώσεις νιτρωδών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων σε συνάρτηση με τις τιμές pH αυτών.

Από τα παραπάνω γραφήματα (3.10, 3.11, 3.12) προκύπτουν τα ραβδογράμματα 3.21, 3.22, και 3.23 με την κατηγοριοποίηση των συγκεντρώσεων (μέσες τιμές/κλάση) των νιτρικών ιόντων, νιτρωδών ιόντων και φωσφορικών ιόντων, σύμφωνα με τη ταξινόμηση των εδαφών του πίνακα 3.1 (με βάση τις κλάσεις του pH).



**Ραβδογράμμα 3.21.** Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων φωσφόρου σε σχέση με τις διάφορες κλάσεις του pH.

Από τη μελέτη του ραβδογράμματος 3.21 προκύπτει ότι τα μετρίως όξινα εδάφη παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε φώσφορο ( $42,33 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους) και ακολουθούν τα ισχυρώς όξινα εδάφη ( $29,45 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους). Τα ουδέτερα ( $23,53 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους), τα ελαφρώς αλκαλικά

(24,07 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους) και τα αλκαλικά (13,17 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους) εδάφη παρουσιάζουν μικρότερες συγκεντρώσεις σε διαθέσιμο φώσφορο.

Τα παραπάνω αποτελέσματα επαληθεύονται από το γεγονός ότι η διαθεσιμότητα του φωσφόρου στα περισσότερα εδάφη είναι μεγαλύτερη όταν το pH κυμαίνεται από 6 έως 6,5. Σε χαμηλές τιμές pH, η συγκράτηση του φωσφόρου είναι αποτέλεσμα της αντίδρασής του με τα ένυδρα οξείδια του Fe και του Al. Σε τιμές pH άνω του 7, τα ιόντα του Ca και του Mg προκαλούν κατακρήμνιση του προστιθέμενου φωσφόρου και η διαθεσιμότητα του ελαττώνεται (Κεφάλαιο 1.2.2).

Οι συγκεντρώσεις που απεικονίζονται στο ραβδόγραμμα 3.21 προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο Olsen, μέθοδος κατά την οποία προσδιορίζεται το διαθέσιμο κλάσμα του φωσφόρου στα εδάφη. Η διαθεσιμότητα του φωσφόρου συνδέεται με τη συγκέντρωση των φωσφορικών στο εδαφικό διάλυμα και προπαντός με την ικανότητα του εδάφους να διατηρεί τη συγκέντρωση αυτή σε όλη τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών. Εξαρτάται δηλαδή από τη ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους ως προς τα φωσφορικά (phosphate buffer capacity).

Για να ικανοποιούνται οι ανάγκες των φυτών στις περιόδους εντόνου αναπτύξεως, τα φωσφορικά ιόντα του εδαφικού διαλύματος θα πρέπει να αναπληρώνονται πολλές φορές την ημέρα. Η αναπλήρωση γίνεται από τις εύκολα διαθέσιμες πηγές (labile pools) και στο σημείο αυτό είναι που η ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους και το μέγεθος της " αποθήκης " των φωσφορικών έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη θρέψη των φυτών (Olsen και Vatanable, 1970).

Τα υδατοδιαλυτά H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> των υπερφωσφορικών λιπασμάτων, σε ουδέτερα εδάφη αντιδρούν αμέσως με Ca<sup>+2</sup> τα οποία αφθονούν, για να σχηματιστεί αρχικά το λιγότερο διαλυτό φωσφορικό διασβέστιο, CaHPO<sub>4</sub> και τελικά το δυσδιάλυτο φωσφορικό τριασβέστιο Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.

Στα ασβεστούχα εδάφη, όπως είναι τα περισσότερα εδάφη της υπό μελέτη περιοχής, η αδιαλυτοποίηση του υδατοδιαλυτού Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) είναι ταχύτερη λόγω της άφθονης παρουσίας του CaCO<sub>3</sub>. Η διαθεσιμότητα του P σε αυτά τα εδάφη είναι μικρή επειδή οι επιφάνειες προσρόφησης του CaCO<sub>3</sub> δεν έχουν μεγάλη προσροφητική ικανότητα και γιατί τα ένυδρα οξείδια διαλύονται σε αυτά τα εδάφη και καταστρέφονται μ' αυτό το τρόπο οι επιφάνειες προσρόφησης. Η μείωση της ρυθμιστικής ικανότητας σε αυτά τα εδάφη θα αυξήσει το συντελεστή διάχυσης του P στη ριζόσφαιρα, με αποτέλεσμα την αύξηση της διαθεσιμότητας του P.

Στα όξινα εδάφη, τα υδατοδιαλυτά H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> των υπερφωσφορικών λιπασμάτων, προσροφούνται στα αργιλικά ορυκτά και στα υδροξείδια του Fe και του Al, με



αποτέλεσμα τη μείωση της διαθεσιμότητας του φωσφόρου. Επιπλέον το αργίλιο, που επικρατεί σε αυτά τα εδάφη, δημιουργεί δεσμούς με το φώσφορο στις επιφάνειες των ριζών, στα κυτταρικά τοιχώματα και στους μεσοκυττάριους χώρους με αποτέλεσμα να μειώνεται πολύ η διαθεσιμότητα του φωσφόρου. Το αργίλιο κατακρημνίζεται στα κυτταρικά τοιχώματα και επειδή η κατανομή του φωσφόρου συνδέεται άμεσα με την κατανομή του αργιλίου σε αυτά, συμπεραίνεται ότι το αργίλιο κατακρημνίζεται με τη μορφή φωσφορικού αργιλίου (Μήτσιος, 2004). Αυξημένες ποσότητες ανταλλαξιμού αργιλίου σημαίνει αυξημένες ποσότητες μη διαθεσίμου P στις επιφάνειες των φυτών, με αποτέλεσμα τροφοπενίες P.

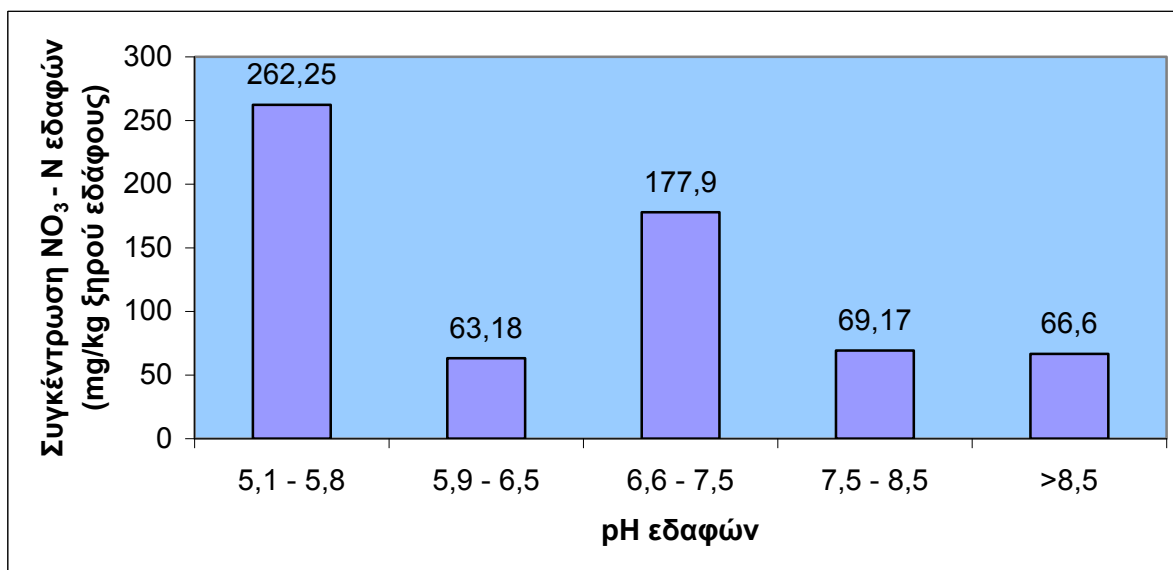
Συνοψίζοντας, σε χαμηλές τιμές pH και σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε υδροξείδια του Fe και του Al, τα φωσφορικά ιόντα καθίστανται λιγότερο διαθέσιμα λόγω της αντίδρασής τους με αυτές τις ενώσεις. Η προσθήκη ενός υλικού ασβέστωσης σε αυτά τα εδάφη θα αδρανοποιήσει το Fe και το Al αυξάνοντας έτσι τα επίπεδα του διαθεσίμου φωσφόρου. Αν το εδαφικό pH ανυψωθεί αρκετά, η διαθεσιμότητα των φωσφορικών ελαττώνεται ξανά λόγω της κατακρήμνισης του P σαν φωσφορικό ασβέστιο και μαγνήσιο.

Από τη μελέτη του ραβδογράμματος 3.22 προκύπτει ότι τα χαρακτηριζόμενα ως ισχυρώς όξινα εδάφη (pH 5,1 – 5,8) έχουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε νιτρικά ιόντα ( $262,25 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους) και έπονται τα εδάφη με ουδέτερο pH ( $177,9 \text{ mg kg}^{-1}$  ξ. ε). Τα μετρίως όξινα, ελαφρώς αλκαλικά και ισχυρώς αλκαλικά εδάφη έχουν σαφώς μικρότερες συγκεντρώσεις σε νιτρικά ιόντα οι οποίες είναι 63,18 , 69,17 και  $66,6 \text{ mg kg}^{-1}$  ξ. ε αντίστοιχα.

Η νιτροποίηση λαμβάνει χώρα σε τιμές pH 5,5 – 10, με το βέλτιστο να είναι η τιμή pH = 8,5. Επίσης έχει αναφερθεί νιτροποίηση και σε τιμές εδαφικού pH της τάξης του 4.5 ή και του 3.8. Τα νιτροποιητικά βακτήρια χρειάζονται επαρκείς ποσότητες ασβεστίου και φωσφόρου στο έδαφος αλλά και την ύπαρξη κατάλληλης ισορροπίας μεταξύ των στοιχείων Fe, Cu και Mn. Η επίδραση του εδαφικού pH και του διαθεσίμου ασβεστίου στη δραστηριότητα των νιτροποιητικών βακτηρίων δείχνουν τη σημασία της προσθήκης βελτιωτικών σε εδάφη με χαμηλό pH.

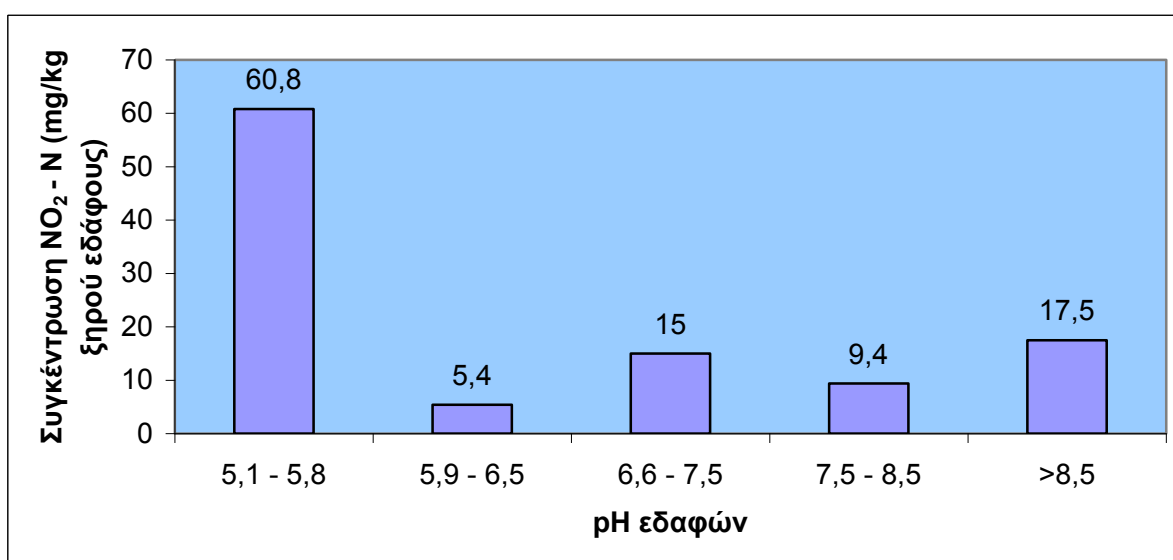
Η συγκέντρωση των  $262,25 \text{ mg}$  ανά  $\text{kg}$  ξ.ε δείχνει ότι σε πολύ ισχυρώς όξινα εδάφη βρέθηκαν οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων. Αν αναλογιστούμε ότι τα ισχυρώς όξινα εδάφη αποτελούν το 2,96 % των εδαφών της περιοχής, τότε γίνεται αντιληπτή η βαρύτητα που αποκτάει οιαδήποτε μέτρηση μέσα σε αυτό το εύρος τιμών pH για τη διαμόρφωση της μέσης τιμής σε αυτή τη κατηγορία των εδαφών. Η τιμή των  $887 \text{ mg}$  ανά  $\text{kg}$  ξ. ε. που βρέθηκε σε καλλιέργεια βάμβακος σε

ισχυρώς όξινο έδαφος, πιθανότατα οφείλεται στο είδος και στη ποσότητα του προστιθέμενου λιπάσματος.



**Ραβδόγραμμα 3.22.** Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων σε σχέση με τις διάφορες κλάσεις του pH.

Από τη μελέτη του ραβδογράμματος 3.23 προκύπτει ότι τα ισχυρώς όξινα εδάφη έχουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε νιτρώδη ιόντα ( $60,8 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους) και ακολουθούν τα αλκαλικά ( $17,5 \text{ mg kg}^{-1}$  ξ.ε.) και τα ουδέτερα εδάφη ( $15 \text{ mg kg}^{-1}$  ξ.ε.). Τα ελαφρώς αλκαλικά ( $5,4 \text{ mg kg}^{-1}$  ξ.ε.) και τα μετρίως όξινα εδάφη ( $9,4 \text{ mg kg}^{-1}$  ξ.ε.) έχουν μικρότερες συγκεντρώσεις σε νιτρώδη ιόντα.



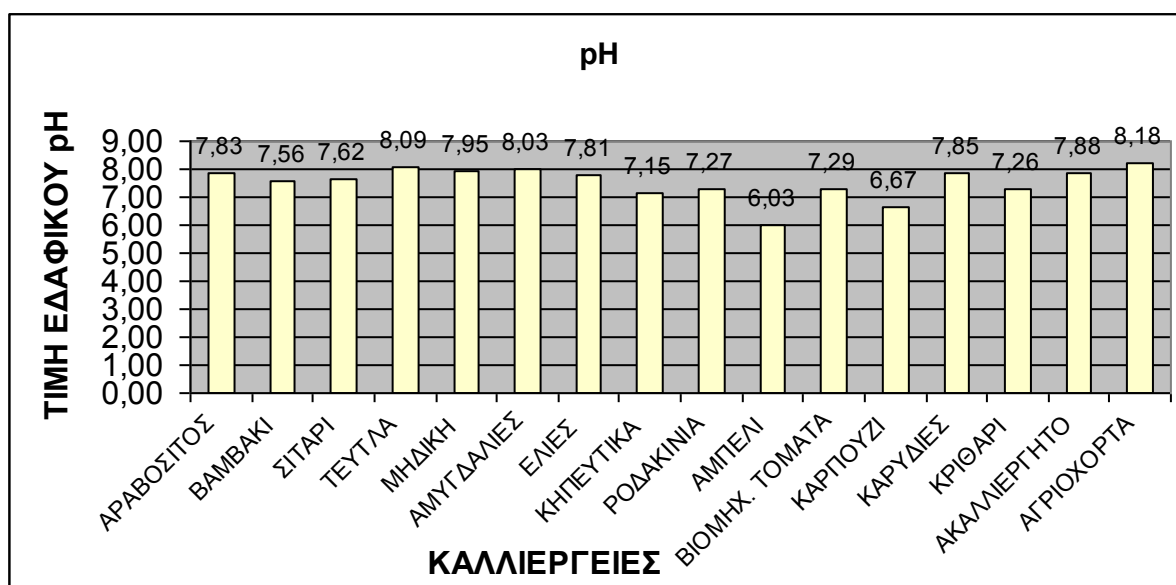
**Ραβδόγραμμα 3.23.** Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων νιτρωδών ιόντων σε σχέση με τις διάφορες κλάσεις του pH.

Τα υψηλά επίπεδα νιτρωδών ιόντων στα εδάφη οφείλονται στη βασική αντίδραση του εδάφους και στα υψηλά επίπεδα αμμωνιακών ιόντων σε αυτά. Η συσσώρευση των νιτρωδών οφείλεται στη ανασταλτική επίδραση των αμμωνιακών

αλάτων σε αλκαλικά εδάφη στους μικροοργανισμούς Nitrobacter. Σε τιμές εδαφικού pH από 7,5 έως 8 ο ρυθμός της παραγωγής νιτρωδών ξεπερνάει αυτό της παραγωγής νιτρικών, ενώ το αντίθετο συμβαίνει σε τιμές εδαφικού pH ουδέτερες.

Επιπλέον αν και η συσσώρευση νιτρωδών ιόντων στα εδάφη ευνοείται σε εδάφη με υψηλά pH, η διάσπασή του σε αέριες μορφές αζώτου παρεμποδίζεται σε υψηλές τιμές εδαφικού pH.

Στα διαγράμματα 3.24 – 3.29 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων που εξετάστηκαν ανά καλλιέργεια.

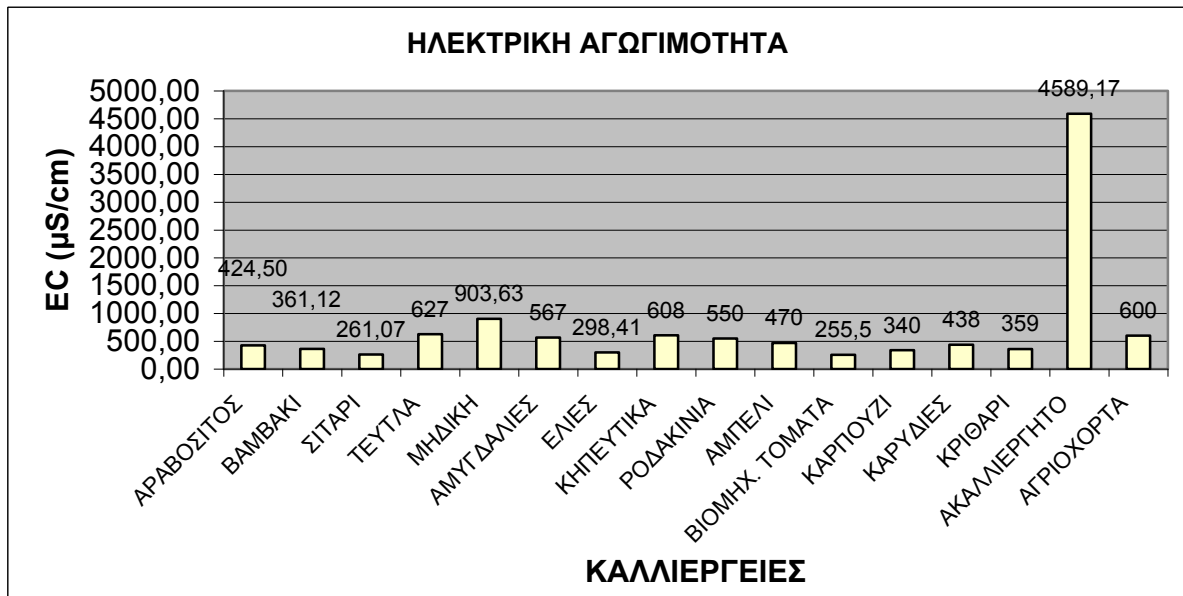


**Ραβδόγραμμα 3.24.** Μέση τιμή εδαφικού pH στις διάφορες καλλιέργειες της περιοχής μελέτης.

Η άριστη περιοχή τιμών pH για ικανοποιητική ανάπτυξη των φυτών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, περισσότερο όμως συνδέεται με το είδος της καλλιέργειας. Γενικά στις Εύκρατες περιοχές, για τα καλλιεργούμενα φυτά το επιθυμητό pH κυμαίνεται μεταξύ 6,5 και 7. Από την μελέτη της εικόνας 3.24 προκύπτει ότι καμία από τις παραπάνω καλλιέργειες δε βρίσκεται εκτός των αποδεκτών, για αυτή, τιμών εδαφικού pH. Τα εδάφη που καλλιεργούνται με αμπέλι και καρπούζι χαρακτηρίζονται ως μετρίως όξινα ενώ οι υπόλοιπες καλλιέργειες βρίσκονται σε ουδέτερα έως ελαφρώς αλκαλικά εδάφη.

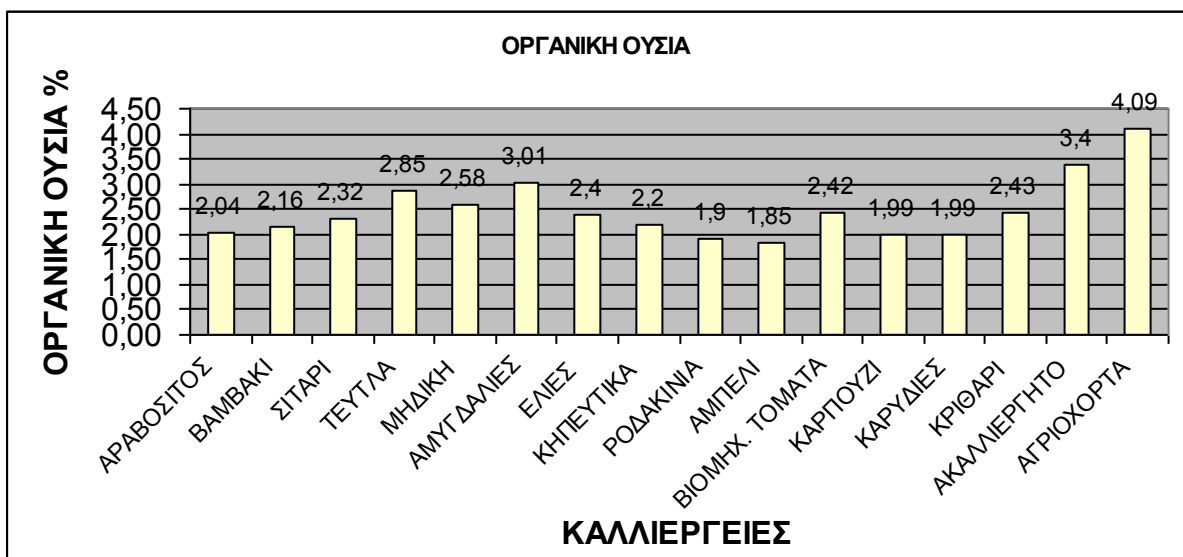
Οι μεγαλύτερες τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ραβδόγραμμα 3.25) εμφανίζονται σε εδάφη που καλλιεργούνται με μηδική (903  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), τεύτλα (627  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) και κηπευτικά (608  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Τα μη καλλιεργούμενα εδάφη έχουν μέση τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας ίση με 4580,17  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , γεγονός που δικαιολογείται από το ότι πρόκειται για εδάφη τα οποία βρίσκονται κοντά στη θάλασσα. Οι περισσότερες καλλιέργειες στα συγκεκριμένα εδάφη θα αντιμετώπιζαν προβλήματα και κατά συνέπεια συνιστάται ή όσο το δυνατό καλύτερη μελέτη των εδαφών της περιοχής

πριν την εγκατάσταση οιασδήποτε καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, συνιστάται η δημιουργία δικτύων στράγγισης, η έκπλυση των αλάτων από το έδαφος και η εγκατάσταση καλλιεργειών ανθεκτικών σε άλατα. Πρόσθετα μέτρα αποτελούν η ισοπέδωση του εδάφους, ο σωστός προγραμματισμός των αρδεύσεων και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου άρδευσης καθώς και η ορθολογική χρήση των λιπασμάτων.



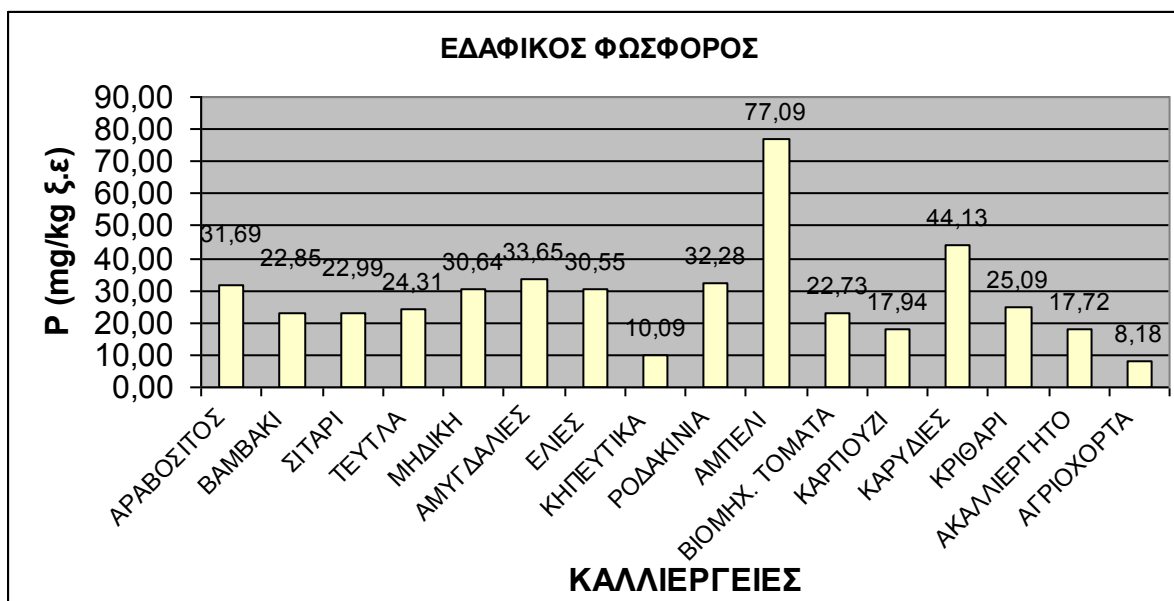
**Ραβδόγραμμα 3.25.** Μέση τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μS/cm) στις διάφορες καλλιέργειες της περιοχής μελέτης.

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία κυμαίνεται από 1,85 έως 2,43 %, ποσοστό που δικαιολογείται αφού πρόκειται κυρίως για εδάφη που καλλιεργούνται εντατικά, ενώ στα εδάφη που δε καλλιεργούνται προσεγγίζει το 3,5 %.



**Ραβδόγραμμα 3.26.** Μέση τιμή της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία στις διάφορες καλλιέργειες της περιοχής μελέτης.

Η υψηλότερη συγκέντρωση διαθεσίμου εδαφικού φωσφόρου (κατά μέσο όρο) βρέθηκε σε καλλιέργεια αμπέλου. Τα 77,09 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε. αντιστοιχούν σε 28,9 περίπου kg P ανά στρέμμα, γεγονός που δείχνει ότι το συγκεκριμένο έδαφος είναι πλούσιο όσον αφορά την περιεκτικότητά του σε διαθέσιμο φώσφορο. Αντίθετα, η χαμηλότερη τιμή διαθεσίμου φωσφόρου παρατηρήθηκε σε έδαφος ακαλλιέργητο που έχει φυτοκάλυψη (8,18 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε.).



**Ραβδόγραμμα 3.27.** Μέση τιμή της περιεκτικότητας σε διαθέσιμο φώσφορο στις διάφορες καλλιέργειες της περιοχής μελέτης.

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	P (mg/kg ξ.ε.)	P (kg/στρέμμα)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/στρέμμα)
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	31,69	11,88	27,23
ΒΑΜΒΑΚΙ	22,85	8,57	19,64
ΣΙΤΑΡΙ	22,99	8,62	19,76
ΤΕΥΤΛΑ	24,31	9,12	20,89
ΜΗΔΙΚΗ	30,64	11,49	26,33
ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ	33,65	12,62	28,92
ΕΛΙΕΣ	30,55	11,46	26,25
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	10,09	3,78	8,67
ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ	32,28	12,11	27,74
ΑΜΠΕΛΙ	77,09	28,91	66,24
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΜΑΤΑ	22,73	8,52	19,53
ΚΑΡΠΟΥΖΙ	17,94	6,73	15,42
ΚΑΡΥΔΙΕΣ	44,13	16,55	37,92
ΚΡΙΘΑΡΙ	25,09	9,41	21,56
ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	17,72	6,65	15,23
ΑΓΡΙΟΧΟΡΤΑ	8,18	3,07	7,03

**Πίνακας 3.8.** Μέσες τιμές διαθέσιμου φωσφόρου ως και προστιθέμενου φωσφόρου (σε kg στρέμμα<sup>-1</sup> στα εδάφη της περιοχής μελέτης).

Τα εδάφη τα οποία καλλιεργούνται με βαμβάκι, σιτάρι, κριθάρι, τεύτλα, βιομηχανική τομάτα και καρπούζι είναι εδάφη με δείκτη διαθεσιμότητας 2 ενώ τα εδάφη που καλλιεργούνται με αραβόσιτο, μηδική, ελιές, ροδακινιές και καρυδιές έχουν δείκτη 3. Τα εδάφη που καλλιεργούνται με κηπευτικά έχουν δείκτη διαθεσιμότητας 1.

Για τη παραγωγή 5t σε καλλιέργεια καρπουζιού χρειάζονται 6,5 kg P (Τσαπικούνης, 1997), γεγονός που σημαίνει ότι τα 6,73 kg P που βρέθηκαν δείχνουν επάρκεια για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

Ο διαθέσιμος φώσφορος σε καλλιέργεια κηπευτικών (κυρίως πιπεριές) βρέθηκε να είναι 10,09 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους, ήτοι 8,67 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> στρέμμα<sup>-1</sup>. Για απόδοση 5,4 t πιπεριάς ανά στρέμμα αφαιρούνται από το έδαφος 5,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ανά στρέμμα (Μαρκάκης, 1994), πράγμα που σημαίνει ότι η συγκέντρωση που βρέθηκε επαρκεί για την συγκεκριμένη παραγωγή της συγκεκριμένης καλλιέργειας.

Σε καλλιέργεια τομάτας για τη παραγωγή 20 t ανά στρέμμα αφαιρούνται 12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> στρέμμα<sup>-1</sup> (Γραφιαδέλης, 1972). Επιπλέον, σύμφωνα με τους Tisdale et al (1985) για παραγωγή καρπών 7400 kg ανά στρέμμα απομακρύνονται από το έδαφος 5,4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Συνεπώς η ποσότητα των 22,73 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους επαρκεί για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια αφού αντιστοιχεί σε 19,53 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> στρέμμα<sup>-1</sup>.

Η επάρκεια φωσφόρου κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του αραβοσίτου είναι βασικής σημασίας για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Ο μέσος όρος των 31,69 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους, που αντιστοιχεί σε 27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> στρέμμα<sup>-1</sup>, κρίνεται επαρκής για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια αφού σύμφωνα με τον Κουκουλάκη (1994) για την παραγωγή 800 kg ανά στρέμμα απορροφούνται 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ανά στρέμμα. Επιπλέον αναφέρεται ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε P είναι επαρκής όταν ο διαθέσιμος φώσφορος (κατά Olsen) έχει τιμή μεγαλύτερη ή ίση των 13 mg kg<sup>-1</sup> ξ.ε. (Χάρδας και Καραγιάννη – Χρήστου, 1992).

Για την καλλιέργεια βάμβακος, σαν δείκτης διαθεσιμότητας του φωσφόρου χρησιμοποιείται η τιμή Olsen. Εδάφη με συγκεντρώσεις διαθέσιμου φωσφόρου μεγαλύτερες των 15 ppm κρίνονται επαρκώς εφοδιασμένα (Κουκουλάκης, Πασχαλίδης και Λίγκος, 1994) και συνεπώς η τιμή των 22,85 ppm δείχνει επάρκεια για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια στα εδάφη της υπό μελέτη περιοχής. Σύμφωνα με τη Σετάτου (1995) για να παραχθούν 600 kg σύσπορου βάμβακος από ένα στρέμμα χρειάζονται 5,2 kg P.

Για το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών οι ανάγκες σε φώσφορο για την καλλιέργεια του ζαχαροτεύτλου κυμαίνονται μεταξύ 6 και 8 λιπαντικών μονάδων ανά στρέμμα (Μάσλαρης, 1995). Η συγκέντρωση που βρέθηκε ήταν  $24,31 \text{ mg kg}^{-1}$  ξ.ε. και αντιστοιχεί σε 9 μονάδες φωσφόρου ανά στρέμμα.

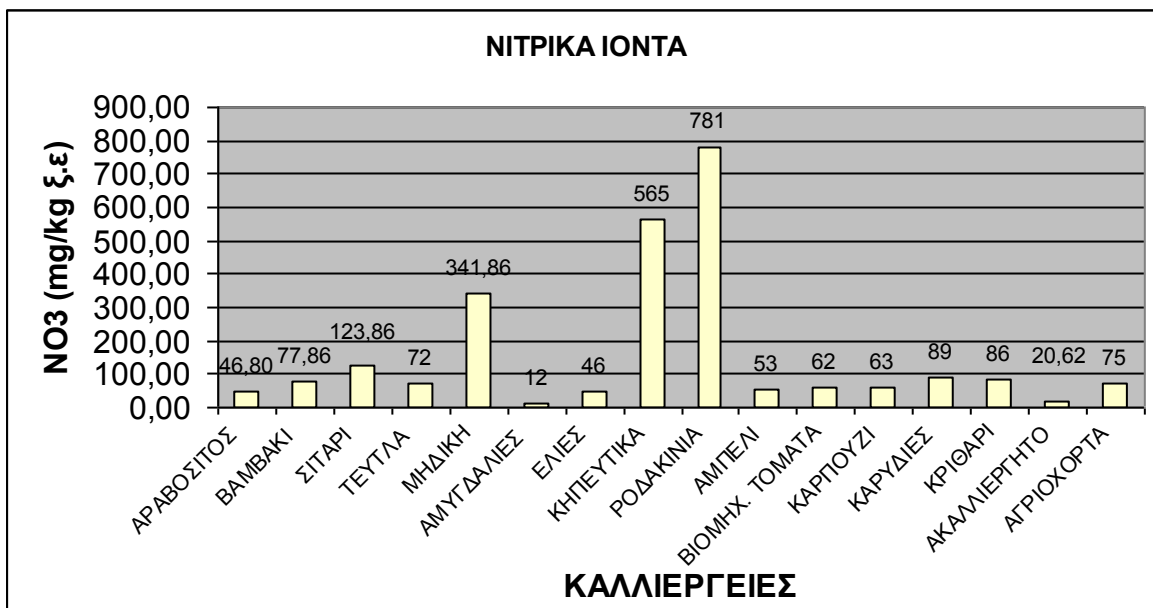
Ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων του διαθεσίμου φωσφόρου στα εδάφη της περιοχής που καλλιεργούνται με μηδική είναι  $30,64 \text{ mg kg}^{-1}$  ξ.ε., ποσό που αντιστοιχεί σε  $26,33 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  ανά στρέμμα και κρίνεται επαρκές αφού για την παραγωγή 2,5 t μηδικής ανά στρέμμα απορροφούνται από το έδαφος  $14 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  ανά στρέμμα (Tisdale, 1985).

Σύμφωνα με τον Κουκουλάκη (1994) για την επίτευξη της παραγωγής 500 kg ανά στρέμμα σιταριού, απορροφούνται από το έδαφος  $6 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  ανά στρέμμα. Τα  $19,76 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  ανά στρέμμα που βρέθηκαν στα εδάφη της περιοχής δείχνουν επάρκεια του στοιχείου για την επίτευξη της απόδοσης των 500 kg.

Το Ινστιτούτο Σιτηρών δίνει ότι για την παραγωγή 583 kg καρπού κριθαριού ανά στρέμμα απορροφούνται από το έδαφος  $6 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ . Οι ποικιλίες κριθαριού μπορούν να αξιοποιήσουν 3 – 5 μονάδες P ανά στρέμμα (Τσιπρόπουλος, 1994). Οι 9,4 μονάδες P ανά στρέμμα που βρέθηκαν στα εδάφη της περιοχής δείχνουν επάρκεια του φωσφόρου για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

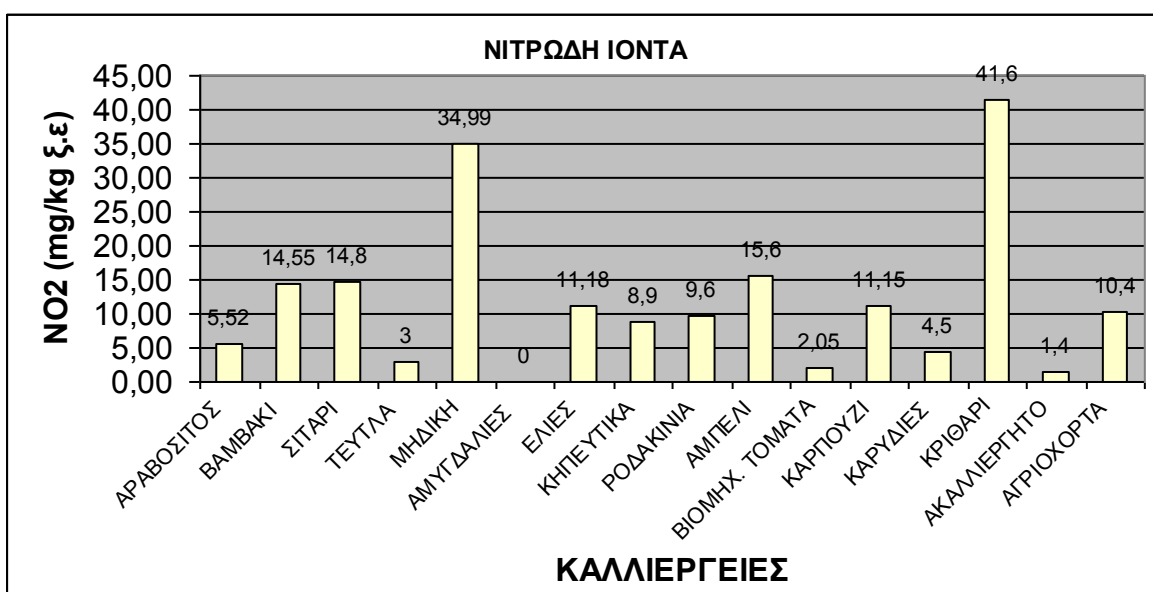
Έχει βρεθεί ότι η εμπειρική λίπανση για την καρυδιά πρέπει να περιλαμβάνει 10 μονάδες φωσφόρου (Ποντίκης, 1996) γεγονός που σημαίνει ότι τα  $16,55 \text{ kg P}$  ανά στρέμμα είναι επαρκή για τη καλλιέργεια αυτή.

Επιπλέον, η εμπειρική λίπανση για τη καλλιέργεια της ροδακινιάς έχει βρεθεί ότι είναι οι 5 – 6 μονάδες φωσφόρου (Ποντίκης, 1996). Τα  $12,11 \text{ kg P}$  ανά στρέμμα που μετρήθηκαν στα εδάφη της περιοχής δείχνουν επάρκεια αυτού του στοιχείου.



**Ραβδόγραμμα 3.28.** Μέση τιμή της περιεκτικότητας σε νιτρικά ιόντα των εδαφών, ανά καλλιέργεια, της περιοχής μελέτης.

Οι συγκεντρώσεις των 565 και 781 mg kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους που μετρήθηκαν σε εδάφη που καλλιεργούνται με κηπευτικά και ροδακινιές αντίστοιχα είναι αυξημένες σε σχέση με τις συγκεντρώσεις που παρατηρήθηκαν στα εδαφικά δείγματα των υπολοίπων καλλιεργειών. Οι συγκεκριμένες τιμές αντιστοιχούν σε 47,84 και 66,13 kg N στο στρέμμα. Ενδεχομένως στα συγκεκριμένα εδάφη η δειγματοληψία έγινε σε σημεία που είχαν λιπανθεί πρόσφατα και προτείνεται η συνέχιση της έρευνας αυτών των εδαφών, έτσι ώστε είτε να επαληθευτούν τα αποτελέσματα είτε να απορριφθούν.



**Ραβδόγραμμα 3.29.** Μέση τιμή της περιεκτικότητας σε νιτρώδη ιόντα των εδαφών, ανά καλλιέργεια, της περιοχής μελέτης.



<b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	<b>NO<sub>3</sub> (mg/kg ξ.ε)</b>	<b>NO<sub>3</sub>-N (kg/στρέμμα)</b>
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	46,80	3,96
ΒΑΜΒΑΚΙ	77,86	6,59
ΣΙΤΑΡΙ	123,86	10,48
ΤΕΥΤΛΑ	72	6,09
ΜΗΔΙΚΗ	341,86	28,94
ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ	12	1,01
ΕΛΙΕΣ	46	3,89
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	565	47,84
ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ	781	66,13
ΑΜΠΕΛΙ	53	4,48
ΒΙΟΜΗΧ. ΤΟΜΑΤΑ	62	5,25
ΚΑΡΠΟΥΖΙ	63	5,33
ΚΑΡΥΔΙΕΣ	89	7,53
ΚΡΙΘΑΡΙ	86	7,28
ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	20,62	1,74
ΑΓΡΙΟΧΟΡΤΑ	75	6,35
<b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	<b>NO<sub>2</sub> (mg/kg ξ.ε.)</b>	<b>N (kg/στρέμμα)</b>
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	5,52	0,63
ΒΑΜΒΑΚΙ	14,55	1,66
ΣΙΤΑΡΙ	14,8	1,69
ΤΕΥΤΛΑ	3	0,34
ΜΗΔΙΚΗ	34,99	3,99
ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ	0	0,00
ΕΛΙΕΣ	11,18	1,28
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	8,9	1,02
ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ	9,6	1,10
ΑΜΠΕΛΙ	15,6	1,78
ΒΙΟΜΗΧ. ΤΟΜΑΤΑ	2,05	0,23
ΚΑΡΠΟΥΖΙ	11,15	1,27
ΚΑΡΥΔΙΕΣ	4,5	0,51
ΚΡΙΘΑΡΙ	41,6	4,75
ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	1,4	0,16
ΑΓΡΙΟΧΟΡΤΑ	10,4	1,19

**Πίνακας 3.9.** Μέσες τιμές νιτρικών ιόντων και νιτρωδών ιόντων ανά καλλιέργεια ως και νιτρικού αζώτου ανά στρέμμα.

Βρέθηκε ότι ο αραβόσιτος προσλαμβάνει 5 kg N ανά στρέμμα από τη σπορά μέχρι και 55 ημέρες μετά τη σπορά. Τα 4,59 kg N ανά στρέμμα δείχνουν ότι υπάρχει επάρκεια N τουλάχιστο για αυτό το χρονικό διάστημα. Οι Voss et al (1970) και Pierre et al (1977) αναφέρουν ότι όταν το εδαφικό N έχει συγκέντρωση μικρότερη από 50 mg/kg ξηρού εδάφους η απόδοση του αραβοσίτου μειώνεται σημαντικά.

Για τα εδάφη που καλλιεργούνται με βαμβάκι ο μέσος όρος των 77,86 mg/kg ξηρού εδάφους αποτελεί ένδειξη επάρκειας του N αφού σύμφωνα με τους Κουκουλάκη, Πασχαλίδη και Λίγκο (1994) συγκέντρωση νιτρικού αζώτου στο έδαφος άνω των 50 mg/kg ξ.ε είναι επαρκής για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

Επιπλέον η αναφερόμενη ποσότητα των 8,25 Kg N ανά στρέμμα (εικόνα 3.30) είναι επαρκής για το πρώτο στάδιο ανάπτυξης του βάμβακος (στάδιο βλάστησης). Οι ποσότητες του N που προσλαμβάνουν τα φυτά βαμβακιού σε αυτό το στάδιο είναι 4,5 Kg ανά στρέμμα (Σετάτου και Σιμώνης, 1991).

Για την καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου, τα 6,44 Kg N ανά στρέμμα δείχνουν επάρκεια του υπ' όψη μακροθρεπτικού αφού η συνιστώμενη αζωτούχος λίπανση κυμαίνεται μεταξύ 6 – 8 λιπαντικών μονάδων N ανά στρέμμα ( Μάσλαρης, 1995).

Οι Σετάτου και Σιμώνης (1991) αναφέρουν ότι η ποσότητες του N που προσλαμβάνουν τα φυτά μηδικής από το έδαφος για παραγωγή 2 t είναι 47 kg ανά στρέμμα. Τα 32,95 kg N που μετρήθηκαν πιθανότατα δείχνουν επάρκεια του N για παραγωγές σίγουρα μικρότερες.

Βρέθηκε ότι υπαίθρια καλλιέργεια πιπεριάς για απόδοση 5,4 t / στρέμμα αφαιρεί από το έδαφος 20,1 kg N (Μαρκάκης, 1994). Η ποσότητα που μετρήθηκε είναι της τάξης των 48,86 kg N ανά στρέμμα που σημαίνει επάρκεια N στο έδαφος για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

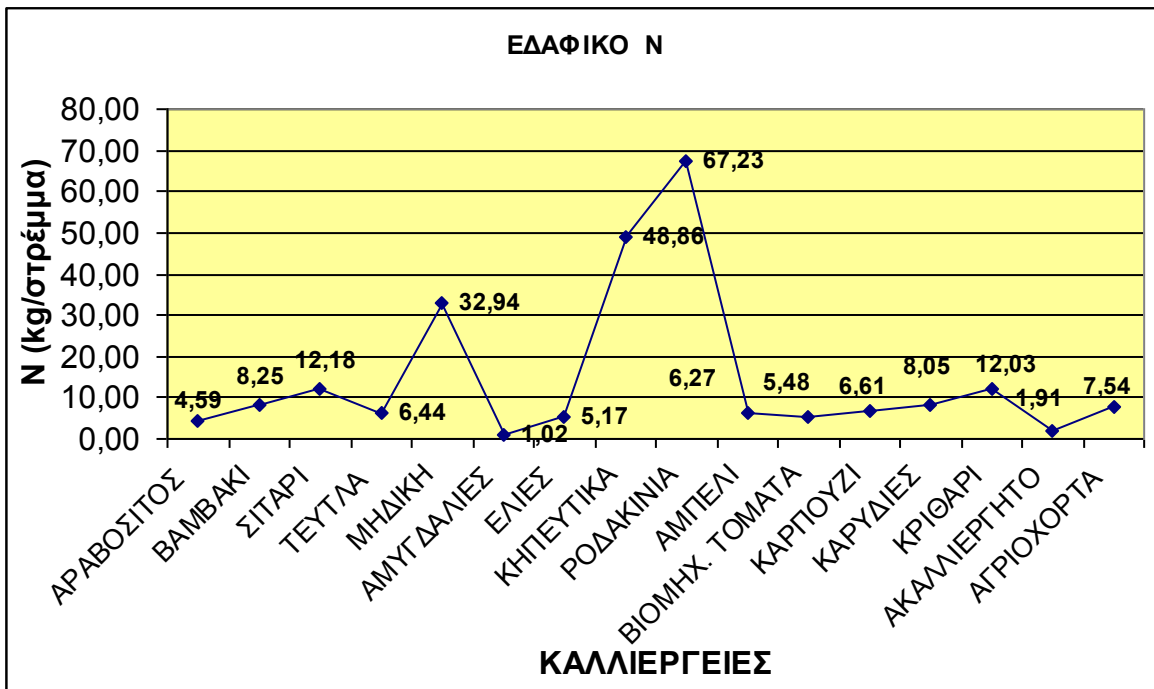
Σε εδάφη που καλλιεργούνται με τομάτα, όταν η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων είναι 50 mg/kg ξηρού εδάφους, για την επίτευξη 13 – 14 t / στρέμμα απαιτείται η προσθήκη 20 -25 kg N ανά στρέμμα (Κουκουλάκης, 1994). Στα εδάφη της περιοχής βρέθηκε συγκέντρωση 62 mg / kg ξηρού εδάφους.

Για την παραγωγή 5 τόννων καρπουζιού απορροφούνται 8,5 kg N. Στα εδάφη της περιοχής βρέθηκαν 6,61 kg N ανά στρέμμα.

Οι ποικιλίες κριθαριού μπορούν να αξιοποιήσουν 7 – 17 μονάδες N ανά στρέμμα (Τσιπρόπουλος, 1994). Στα εδάφη της περιοχής βρέθηκαν 12 kg N ανά στρέμμα, γεγονός που δείχνει επάρκεια του N στο έδαφος.

Η εμπειρική λίπανση κατά στρέμμα για καλλιέργειες καρυδιάς είναι 10 – 15 μονάδες N (Ποντίκης, 1996). Τα 8,05 kg N που βρέθηκαν στα εδάφη της περιοχής δείχνουν ανεπάρκεια του N για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

Επιπλέον, για καλλιέργεια ροδακινιάς η εμπειρική λίπανση κατά στρέμμα είναι 15 – 20 μονάδες N (Ποντίκης, 1996). Το ποσό των 67,23 kg N που βρέθηκαν στα εδάφη της περιοχής δείχνουν επάρκεια του N για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.



**Διάγραμμα 3.30.** Εδαφικό άζωτο των καλλιεργειών της περιοχής μελέτης

Στους πίνακες των επόμενων σελίδων παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών μετρήσεων των εδαφικών ιδιοτήτων pH, περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα, σε διαθέσιμο φώσφορο και σε νιτρώδη ιόντα.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΔΑΦΟΤΟΜΗΣ	pH (1:1)	EC (μS/cm)	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)
T1	7,3	419	1,89
T2	6,85	175	1,65
T3	6,95	412	1,96
T4	8,3	455	2,18
T5	7,47	457	2,23
T6	8,09	627	2,85
T7	7,9	670	1,87
T8	8,15	602	2,27
T9	8,1	507	2,81
T10	7,29	356	2,3
T11	7,81	531	2,63
T12	8,03	567	3,01
T13	7,79	409	3,41
T14	7,5	403	2,75
T15	8,06	390	1,69
T16	8,21	406	2,36
T17	8,48	380	2,5
T18	7,05	515	2,7
T19	8,5	211	2,03
T20	7,45	372	2,17
T21	8,4	339	2,01
T22	7,15	608	2,2
T23	7,27	550	1,9
T24	7,9	78	2,07
T25	7,83	159	1,76
T26	6,63	205	2,49
T27	7,31	239	2,3
T28	7,67	165	1,26
T29	7,34	266	1,57
T30	7,85	228	1,64
T31	6,8	203	1,82
T32	6,1	226	1,59
T33	6,03	470	1,85
T34	5,65	201	2,71
T35	7,8	189	1,45
T36	6,09	101	2,01
T37	7,35	193	2,38
T38	7,74	212	2,37
T39	6,96	337	2,16
T40	7,74	218	2,76
T41	7,4	360	2,55
T42	7,4	290	1,78
T43	6,77	472	1,59
T44	6,55	378	2,22
T45	7,64	294	1,38

**Πίνακας 3.5** .Τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων pH, EC και περιεκτικότητα σε οργανική ουσία για τις εδαφοτομές 1 – 45.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΔΑΦΟΤΟΜΗΣ	pH (1:1)	EC (μS/cm)	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)
T46	8,1	59	2,51
T47	8,17	615	2,21
T48	7,8	504	2,2
T49	7,7	435	2,72
T50	7,3	312	2,42
T51	8,2	147	2,26
T52	8,3	283	2,23
T53	8,2	496	1,86
T54	5,43	202	2,03
T55	7,41	189	1,66
T56	5,58	243	1,46
T57	7,13	321	1,93
T58	6,3	333	2,22
T59	8,15	294	3,1
T60	5,89	154	1,82
T61	8,2	258	3,37
T62	8,5	293	2,16
T63	8,19	178	2,77
T64	8,33	365	2,88
T65	7,8	493	2,89
T66	7,9	442	2,59
T67	8,41	306	2,29
T68	8,2	289	2,81
T69	7,57	323	1,48
T70	7,37	237	5,6
T71	8,28	311	1,92
T72	8,25	285	2,26
T73	7,94	440	2,11
T74	8,6	240	2,51
T75	6,82	404	1,95
T76	7,55	101	1,66
T77	5,96	100	1,48
T78	6	38,7	2,03
T79	6,79	228	1,76
T80	8,27	275	1,96
T81	8,5	225	2,79
T82	8,11	355	3,26
T83	8,44	274	2,38
T84	8,7	202	2,05
T85	8,1	288	2,34
T86	8,5	372	2,99
T87	8,3	422	3,77
T88	6,89	103	1,39
T89	6,43	380	1,67
T90	7,34	196	2,84

**Πίνακας 3.6** .Τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων pH, EC και περιεκτικότητα σε οργανική ουσία για τις εδαφοτομές 46 - 90.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΔΑΦΟΤΟΜΗΣ	pH (1:1)	EC (μS/cm)	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (%)
T91	8,31	290	1,92
T92	7,9	459	2,24
T93	5,4	560	2,49
T94	7,73	395	2,5
T95	7,85	438	1,99
T96	7,85	687	2,24
T97	8,4	218	2,16
T98	7,9	174	1,97
T99	6,8	256	1,72
T100	8,64	305	2,54
T101	7,78	465	2,14
T102	7,74	1430	1,79
T103	7,5	208	1,85
T104	7,8	517	2,06
T105	7,9	478	1,94
T106	8,25	300	2,3
T107	8,2	183	2,12
T108	8,08	435	2,21
T109	8,25	1116	2,98
T110	8,5	517	1,04
T111	6,5	150	2,33
T112	8	189	0,22
T113	8,8	248	2,26
T114	7,9	277	3,49
T115	8,4	375	3,08
T116	8,6	969	3,25
T117	8,02	188	3,14
T118	7,26	359	2,43
T119	7,4	1772	2,19
T120	5,89	101	1,77
T121	7,9	5500	4,54
T122	8,16	5380	0,31
T123	8,27	6000	4,15
T124	6,8	1347	6,19
T125	8,38	7190	2,67
T126	8,18	600	4,09
T127	7,69	801	2,69
T128	7,6	504	2,7
T129	8,17	675	2,62
T130	8,1	447	2,58
T131	8,2	1485	3,17
T132	8,43	521	1,47
T133	7,9	475	2,91
T134	7,93	131	1,63
T135	7,77	2118	2,53

**Πίνακας 3.7.** Τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων pH, EC και περιεκτικότητα σε οργανική ουσία για τις εδαφοτομές 91 - 135.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΔΑΦΟΤΟΜΗΣ	P Olsen	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
T1	13,87	63	5,2
T2	18,89	55	8,9
T3	37,02	72	15,6
T4	14,58	108	10,1
T5	4,09	45	2,2
T6	24,31	72	3,0
T7	46,18	195	3,0
T8	29,29	213	40,1
T9	46,24	877	140,2
T10	22	54	4,5
T11	24,56	54	8,9
T12	33,65	12	0,0
T13	33,66	17	0,0
T14	20,46	45	8,9
T15	20,47	31	5,9
T16	12,33	66	3,7
T17	13,87	78	40,1
T18	31,6	55	23,0
T19	12,61	34	17,1
T20	13,46	79	11,1
T21	31,53	4	10,4
T22	10,09	565	8,9
T23	32,28	781	9,6
T24	36,46	12	3,0
T25	35,46	45	1,5
T26	27,75	96	5,9
T27	25,09	79	6,1
T28	37,02	78	4,5
T29	27,88	45	5,2
T30	16,83	12	6,7
T31	13,46	28	8,9
T32	78,08	78	6,7
T33	77,09	53	15,6
T34	32,74	12	5,9
T35	14,58	15	0,7
T36	24,11	18	0,0
T37	24,66	56	0,0
T38	27,88	59	0,0
T39	18,5	89	38,6
T40	5	45	23,0
T41	27,75	563	41,6
T42	44,14	194	12,15
T43	20,44	89	30,4
T44	30,44	74	1,5
T45	23,13	45	2,2

**Πίνακας 3.8** .Τιμές των συγκεντρώσεων σε διαθέσιμο εδαφικό φώσφορο, νιτρικών ιόντων και νιτρωδών ιόντων για τις εδαφοτομές 1 – 45.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΔΑΦΟΤΟΜΗΣ	P Olsen	NO3	NO2
T46	24,55	41	10,4
T47	16,73	85	1,5
T48	10,79	19	3,0
T49	9,55	63	3,7
T50	14,71	17	8,2
T51	30,67	3	11,9
T52	17,33	9	6,1
T53	55,77	20	5,6
T54	20,46	87	8,9
T55	78,08	879	43,0
T56	46,18	887	337,6
T57	41,63	545	93,5
T58	8,19	62	2,2
T59	15,77	95	1,5
T60	26,21	85	0,0
T61	11,11	74	0,0
T62	29,17	9	7,4
T63	12,33	85	0,0
T64	9,25	96	14,1
T65	24,3	74	0,0
T66	12,66	53	11,1
T67	4,09	86	0,0
T68	16,81	95	0,0
T69	3,36	78	0,0
T70	25,87	74	0,0
T71	46,18	63	5,9
T72	21,87	58	0,0
T73	44,61	95	12,6
T74	21,02	59	0,0
T75	7,7	95	10,4
T76	27,88	70	3,0
T77	40,93	34	3,0
T78	27,32	65	0,0
T79	28,22	46	0,0
T80	23,56	24	0,0
T81	7,29	56	1,5
T82	12,27	152	12,9
T83	8,92	89,7	26,7
T84	4,88	252	97,9
T85	12,5	62	10,4
T86	57,22	98	8,9
T87	131,26	12	2,2
T88	15,41	18	1,5
T89	10,09	110	2,8
T90	15,41	74	0,0

**Πίνακας 3.9.** Τιμές των συγκεντρώσεων σε διαθέσιμο εδαφικό φώσφορο, νιτρικών ιόντων και νιτρωδών ιόντων για τις εδαφοτομές 46 - 90.

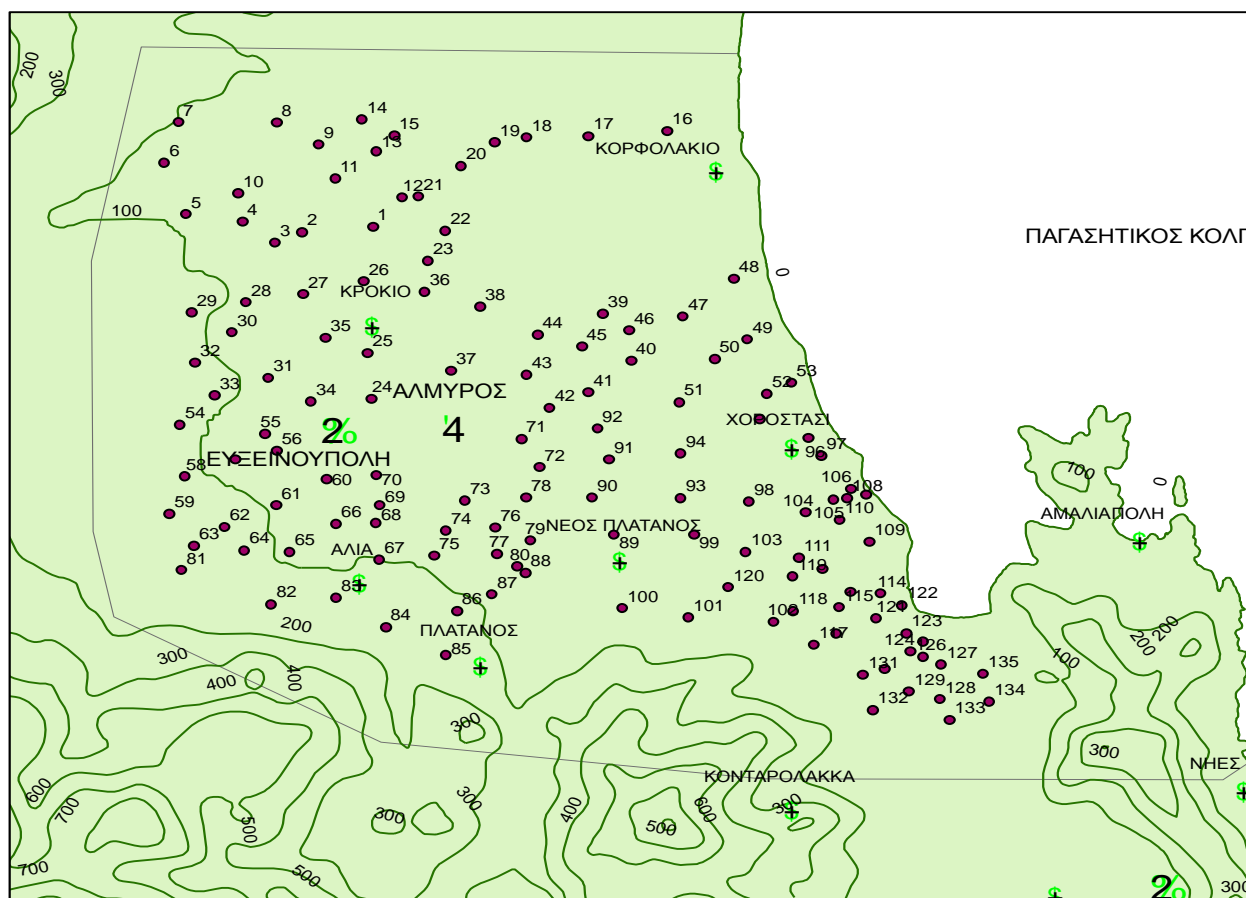


ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΔΑΦΟΤΟΜΗΣ	P Olsen	NO3	NO2
T91	28,61	70	0,0
T92	18,5	76	10,4
T93	18,42	63	3,0
T94	6,73	87	0,0
T95	44,13	89	4,5
T96	33,91	12	5,9
T97	16,81	25	14,8
T98	39,04	54	12,6
T99	6,73	55	5,9
T100	15,15	70	5,9
T101	8,18	87	8,9
T102	55,77	77	5,2
T103	25,22	54	0,0
T104	14,58	18	1,5
T105	15,41	39	13,4
T106	22,3	39	6,7
T107	29,17	80	18
T108	6,44	82	40,8
T109	8,42	75	40,8
T110	26,74	55	22,3
T111	29,42	71	12,6
T112	21,37	88	15,8
T113	16,81	2	0,0
T114	16,83	20	10,8
T115	16,81	82	0,0
T116	7,99	8	0,0
T117	33,46	78	0,0
T118	25,09	86	41,6
T119	25,09	789	41,6
T120	83,66	45	8,9
T121	14,58	15	0,0
T122	28,22	23	0,0
T123	12,33	18	0,0
T124	12,61	16	0,0
T125	13,46	45	5,1
T126	8,18	75	10,4
T127	20,19	65	8,2
T128	27,88	53	3,2
T129	26,21	85	3,4
T130	40,18	23	2,2
T131	37,55	54	1,5
T132	3,36	89	2,2
T133	16,81	32	3,0
T134	8,41	4	2,2
T135	25,09	31,1	7,0

**Πίνακας 3.10** .Τιμές των συγκεντρώσεων σε διαθέσιμο εδαφικό φώσφορο, νιτρικών ιόντων και νιτρωδών ιόντων για τις εδαφοτομές 91 - 135.

### 3.2 Θεματικοί χάρτες περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας

## ΙΣΟΥΨΕΙΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ



#### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
- ⌘ ΧΩΡΙΑ
- ⌘ ΚΩΜΟΠΟΛΕΙΣ
- ⌘ ΠΟΛΕΙΣ
- ΝΟΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ
- ΙΣΟΥΨΕΙΣ

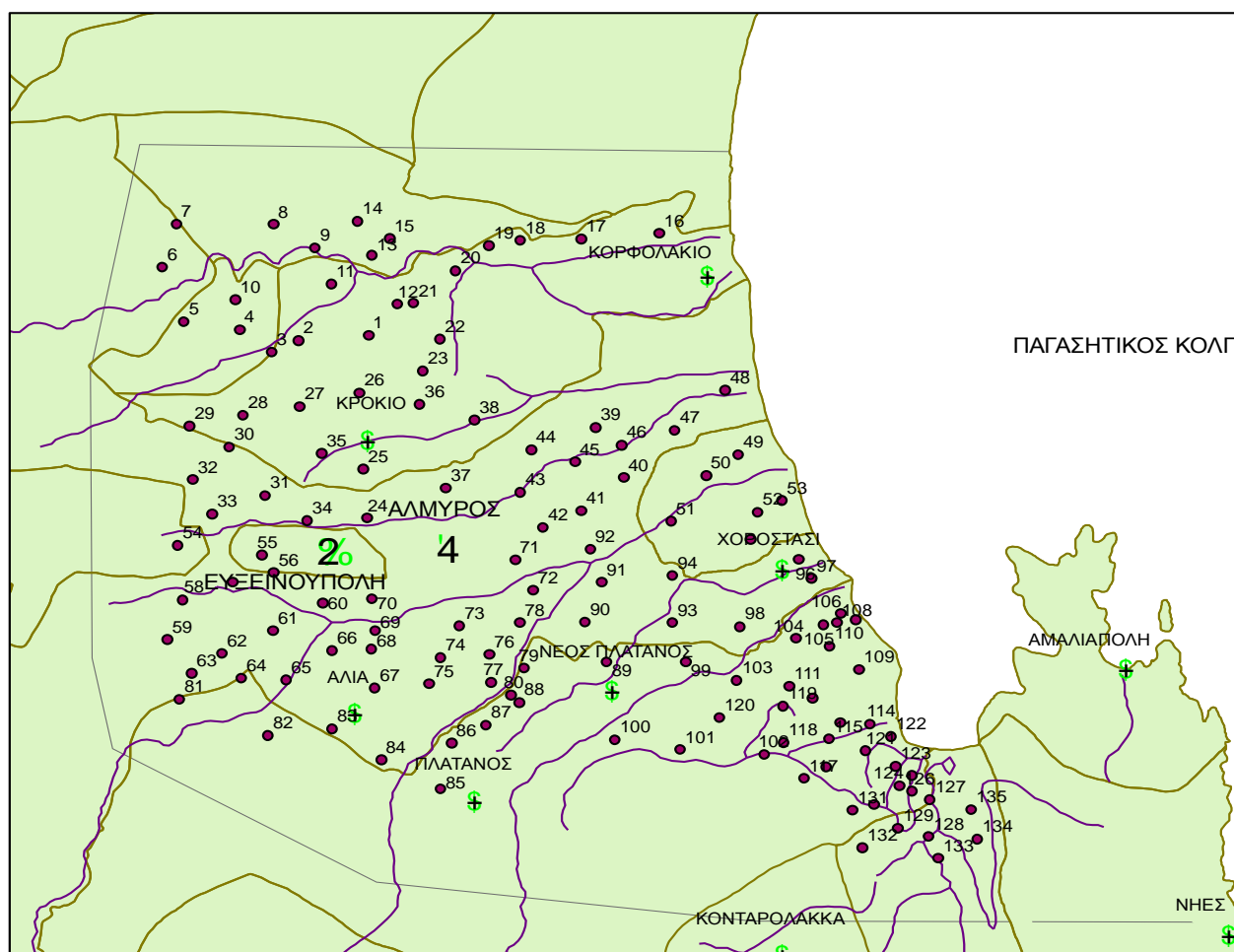
0 1.215 2.430 4.860 7.290 9.720 Meters

1:110.000

4

Εικόνα 4.1. Χάρτης των ισοϋψών της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία με τις 135 τομές.

## ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
- ⌘ ΧΩΡΙΑ
- 2% ΚΩΜΟΠΟΛΕΙΣ
- 4 ΠΟΛΕΙΣ
- ΟΡΙΑ ΔΗΜΟΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ
- ΝΟΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ
- ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

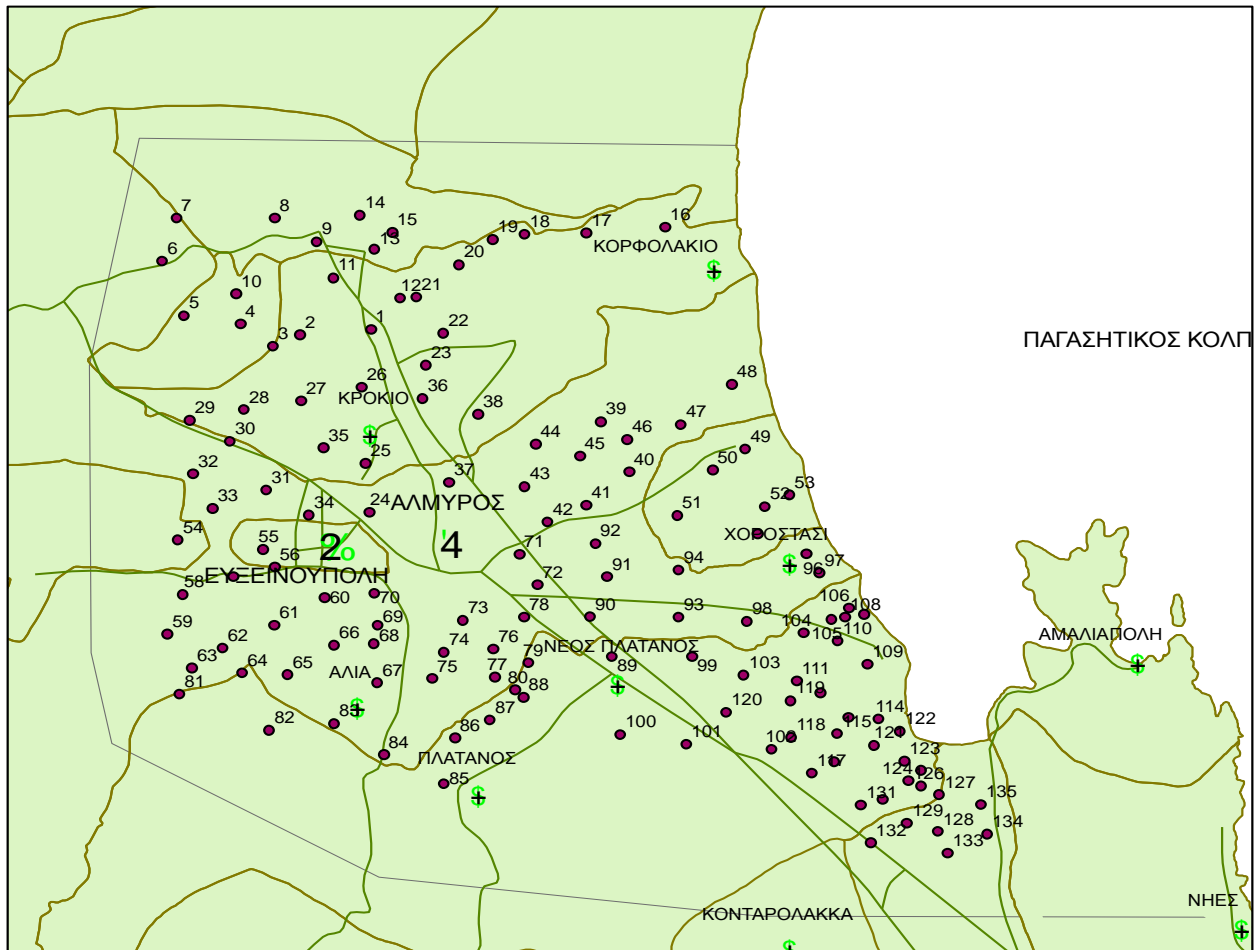
0 1.175 2.350 4.700 7.050 9.400 Meters

1:110.000

4

Εικόνα 4.2. Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας.

## ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
- ⌘ ΧΩΡΙΑ
- 20 ΚΩΜΟΠΟΛΕΙΣ
- 4 ΠΟΛΕΙΣ
- ΟΡΙΑ ΔΗΜΟΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ
- ΝΟΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ
- ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

0 1.175 2.350 4.700 7.050 9.400 Meters

1:110.000

4

Εικόνα 4.3. Οδικό δίκτυο της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας.

Όπως ήδη αναφέρθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών της περιοχής (90%) είναι ουδέτερα έως αλκαλικά γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την προέλευση των μητρικών υλικών των εδαφών (γεωλογία) της περιοχής.

Ισχυρώς όξινα εδάφη παρατηρούνται βορειοδυτικά της Ευξεινούπολης, ενώ στο Κρόκιο και στη περιοχή του Νέου Πλατάνου παρατηρούνται μετρίως όξινα εδάφη (εικόνα 4.4). Στα ισχυρά όξινα εδάφη τα περισσότερα είδη των καλλιεργούμενων φυτών δίνουν αποδόσεις μικρότερες του δυναμικού τους. Αυτό οφείλεται είτε σε τοξικότητες αργιλίου, μαγγανίου και σιδήρου, είτε σε τροφοπενίες ασβεστίου, μαγνησίου και μολυβδαινίου. Επιπλέον είναι δυνατόν να παρατηρούνται τροφοπενίες αζώτου, φωσφόρου και θείου λόγω της μικρής ταχύτητας αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας.

Λόγω των δυσμενών επιπτώσεων της οξύτητας των εδαφών στην ανάπτυξη των φυτών κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη βελτιωτικών εδάφους στα συγκεκριμένα εδάφη έτσι ώστε να επιτευχθεί η ανύψωση του pH στα συγκεκριμένα εδάφη.

Η δε περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των εδαφών της περιοχής μελέτης είναι της τάξης του 2 έως 3 %, γεγονός που οφείλεται στο ότι τα περισσότερα εδάφη είναι εντατικής καλλιέργειας, καλλιεργούνται δε με βαμβάκι, αραβόσιπο, μηδική κλπ.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα εδάφη της περιοχής βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα αφού το 68 % των εδαφών έχουν από μέτριο έως υψηλό κίνδυνο αλατότητας γεγονός που οφείλεται τόσο στο ότι η περιοχή μελέτης βρίσκεται κοντά στη θάλασσα αλλά και στο ότι υπάρχει υπεράντληση του υδροφόρου ορίζοντα με αποτέλεσμα την υφαλμύρωση του αρδευτικού νερού.

Οι υψηλότερες τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (5180 έως 7190  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) βρέθηκαν Ανατολικά της περιοχής του Πλατάνου σε εδάφη που είναι ακαλλιέργητα (περιοχή Βάλτος). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε καλλιέργειες μηδικής βρέθηκαν τιμές EC 1430, 1116 και 1772  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Το γεγονός αυτό καθιστά απαραίτητη την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών της περιοχής έτσι ώστε να δοθεί έμφαση σε καλλιέργειες σχετικά ανθεκτικές ή και ανθεκτικές στην αλατότητα των εδαφών. Τέτοιες καλλιέργειες είναι : α) από φυτά μεγάλης καλλιέργειας τα κριθάρι, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα, κτηνοτροφικά μπιζέλια, βρώμη, σίκαλη, σαφράνα, σόργο, σόγια και σιτάρι, β) από λαχανικά : σπαράγγι, αγγινάρα, κολοκυθάκι, γ) από οπωροφόρα: η ελιά και η ροδιά, δ) από χορτοδοτικά: τα σιτάρι, φάλαρη, λόλιο το πολυετές και σόργο (Maas, 1985).

Επειδή όμως η περιοχή του βάλτου η οποία βρίσκεται πολύ κοντά θάλασσα και στα χαμηλότερα σημεία αυτής η θάλασσα σχεδόν μπαινοβγαίνει στην ξηρά (αποτελεί δηλαδή ένα estuary), είναι πάρα πολύ ευαίσθητη οικολογικά περιοχή, προτείνεται όπως συνταχθεί μια πολύ λεπτομερής εδαφολογική μελέτη, για την όσο το δυνατόν άριστη από κάθε πλευρά διαχείριση του πολύ ευαίσθητου οικοσυστήματος.

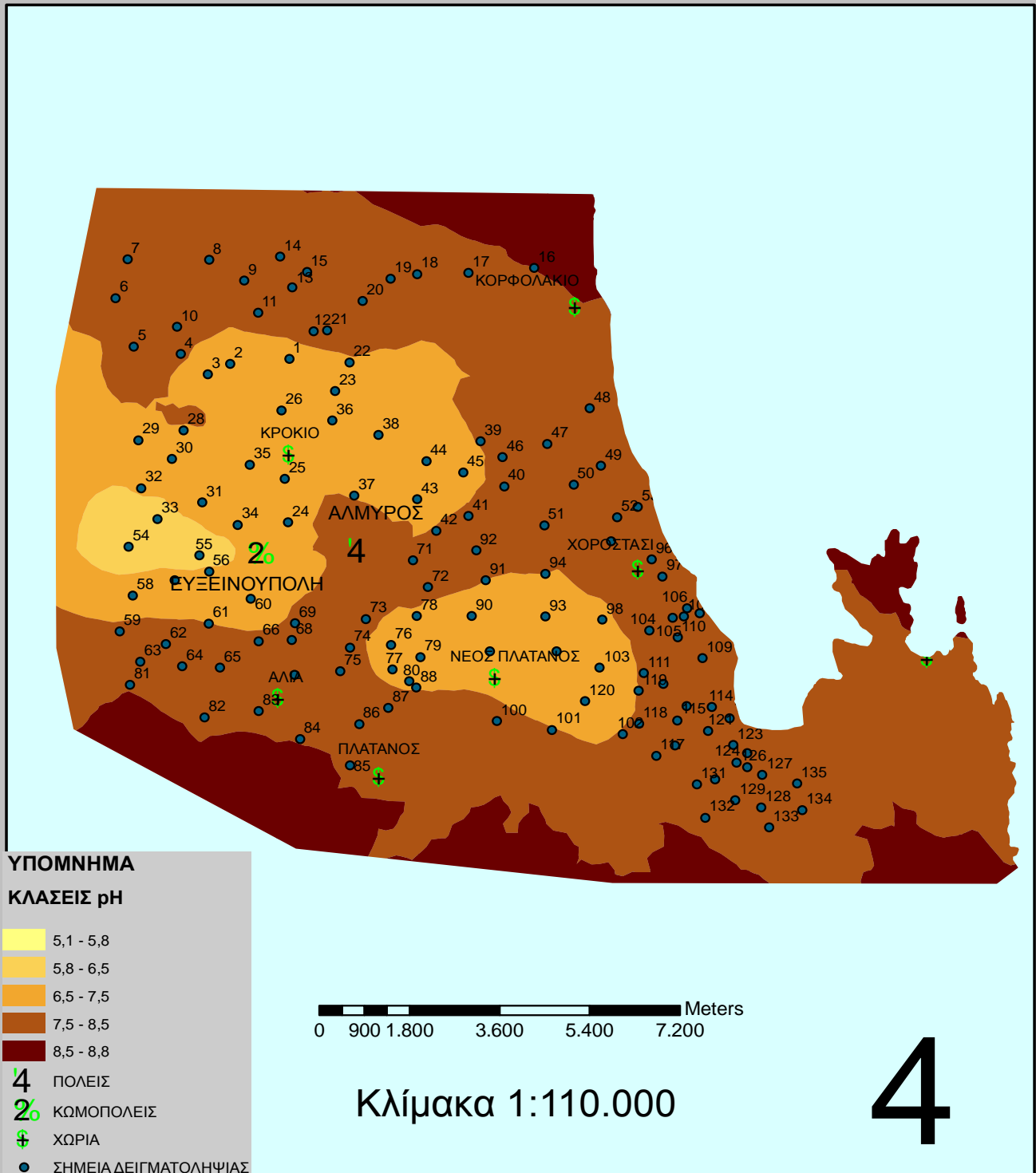
Όσον αφορά την περιεκτικότητά τους σε φώσφορο, από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν βρέθηκε ότι τα εδάφη στη περιοχή του Αλμυρού Μαγνησίας και για το βάθος 0 – 30 cm κατατάσσονται ως εξής: το 13,8% των εδαφών με δείκτη 0, το 20,6% των εδαφών με δείκτη 1, το 27,5% των εδαφών με δείκτη 2, το 29% των εδαφών με δείκτη 3, το 5,4% με δείκτη 4 και το 3,8% με δείκτη 5. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φωσφόρου βρέθηκαν σε μετρίως όξινα εδάφη.

Η περιοχή μελέτης στη πλειονότητά της χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις σε νιτρικά και σε νιτρώδη ιόντα, γεγονός που οφείλεται στο ότι τα περισσότερα εδάφη της περιοχής καλλιεργούνται εντατικά με καλλιέργειες υψηλών απαιτήσεων σε άζωτο. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων (887mg/kg ξ.ε.) εμφανίστηκαν σε καλλιέργειες βάμβακος και μηδικής σε περιοχές βόρεια του Κροκίου και ανατολικά της Ευξεινούπολης. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι σε καλλιέργεια κηπευτικών (κυρίως πιπεριές) βρέθηκε συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ίση με 565mg/kg ξηρού εδάφους.

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε νιτρώδη ιόντα βρέθηκαν σε καλλιέργεια βάμβακος (337mg/kg ξηρού εδάφους) στην περιοχή της Ευξεινούπολης.

Στους χάρτες που ακολουθούν παρουσιάζεται η χωροταξική απεικόνιση των εδαφικών ιδιοτήτων pH, περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, φωσφόρου, νιτρικών και νιτρωδών ιόντων.

## Εδαφικό pH στην περιοχή Αλμυρού Μαγνησίας



Εικόνα 4.4. Χάρτης εδαφικού pH (1:1) στην περιοχή του Αλμυρού Μαγνησίας.

TOMH	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
1	7,30	7,22	0,626	-0,080	-0,127	0,000
2	6,85	7,41	0,636	0,555	0,873	0,928
3	6,95	7,39	0,635	0,441	0,694	0,766
4	8,30	7,34	0,632	-0,958	-1,517	-1,656
5	7,47	7,74	0,681	0,271	0,398	0,490
6	8,09	7,53	0,686	-0,561	-0,818	-0,818
7	7,90	7,93	0,727	0,029	0,040	0,170
8	8,15	7,54	0,656	-0,613	-0,934	-0,872
9	8,10	7,75	0,635	-0,349	-0,550	-0,469
10	7,29	7,75	0,639	0,461	0,721	0,872
11	7,81	7,65	0,628	-0,159	-0,252	-0,170
12	8,03	7,63	0,616	-0,401	-0,651	-0,645
13	7,79	7,93	0,618	0,144	0,234	0,326
14	7,50	8,19	0,655	0,689	1,052	1,051
15	8,06	7,92	0,639	-0,140	-0,220	-0,075
16	8,21	8,97	0,780	0,758	0,971	0,988
17	8,48	8,02	0,709	-0,461	-0,650	-0,622
18	7,05	8,26	0,667	1,206	1,808	1,363
19	8,50	8,41	0,683	-0,093	-0,136	-0,019
20	7,45	7,97	0,640	0,521	0,813	0,899
21	8,40	7,58	0,618	-0,815	-1,319	-1,317
22	7,15	7,52	0,642	0,373	0,582	0,669
23	7,27	7,11	0,629	-0,157	-0,249	-0,151
24	7,90	7,62	0,620	-0,277	-0,447	-0,346
25	7,83	7,14	0,647	-0,690	-1,066	-1,119
26	6,63	7,09	0,650	0,463	0,713	0,844
28	7,67	7,38	0,646	-0,288	-0,446	-0,326
29	7,34	6,98	0,631	-0,358	-0,568	-0,533
30	7,85	6,94	0,631	-0,912	-1,447	-1,523
31	6,80	6,84	0,630	0,039	0,061	0,190
32	6,10	6,71	0,647	0,612	0,946	0,957
33	6,03	6,36	0,629	0,328	0,521	0,599
34	5,65	6,96	0,635	1,313	2,069	1,523
35	7,80	8,15	0,628	0,354	0,564	0,622
36	6,09	7,34	0,639	1,250	1,957	1,465
37	7,35	7,49	0,683	0,144	0,210	0,287
38	7,74	6,68	0,662	-1,061	-1,603	-1,735
39	6,96	7,73	0,655	0,769	1,174	1,232
40	7,74	7,67	0,623	-0,075	-0,120	0,019
41	7,40	7,58	0,621	0,175	0,282	0,386
42	7,40	7,71	0,619	0,306	0,494	0,555
43	6,77	7,45	0,631	0,677	1,073	1,119
44	6,55	7,26	0,641	0,707	1,104	1,155
45	7,64	7,28	0,618	-0,356	-0,575	-0,555

Πίνακας 4.4 α. Cross Validation των τιμών pH των εδαφικών δειγμάτων 1 – 45.



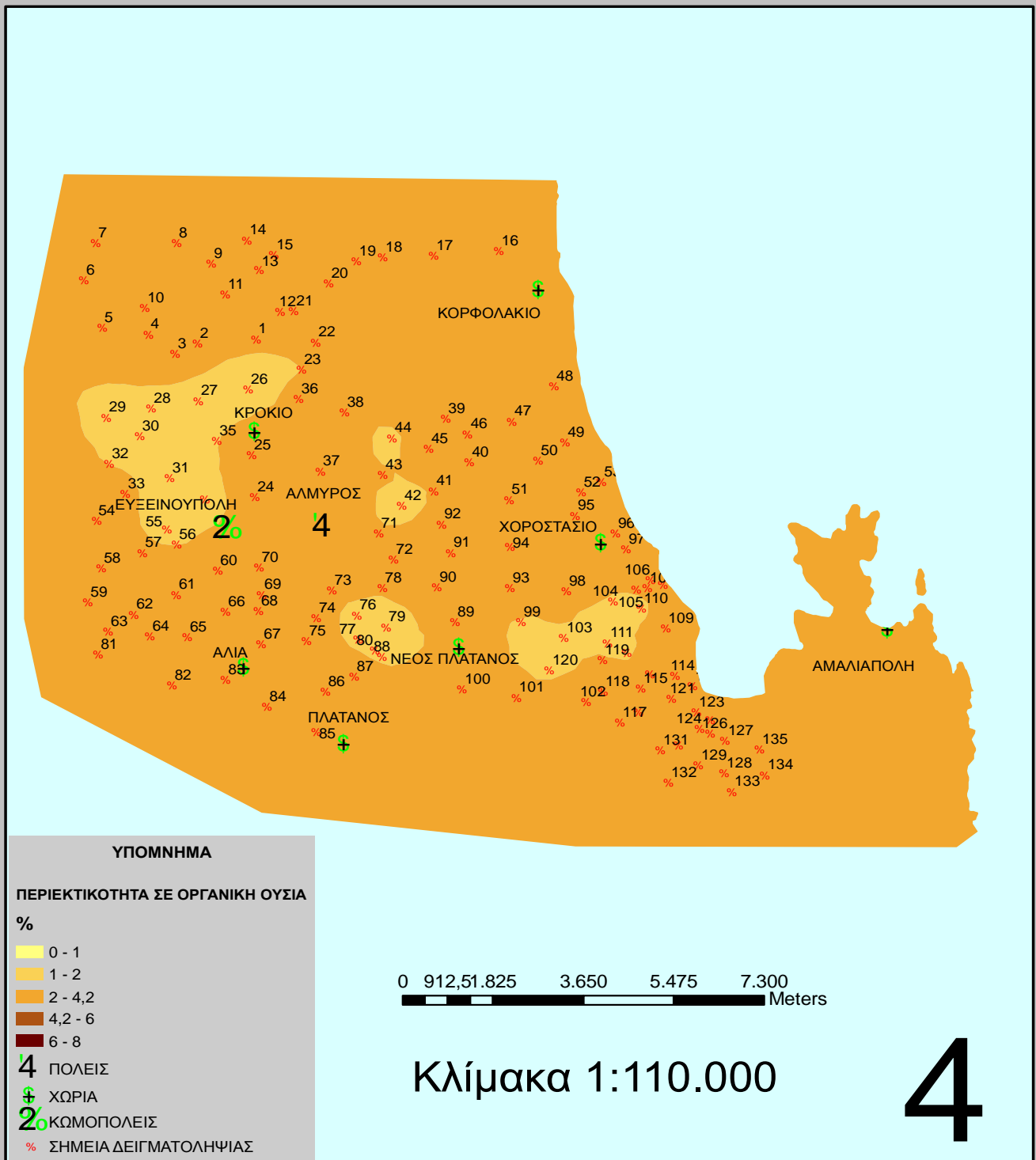
TOMH	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
46	8,10	8,59	0,704	0,492	0,699	0,792
47	8,17	7,72	0,647	-0,445	-0,688	-0,669
48	7,80	7,15	0,650	-0,651	-1,001	-1,051
49	7,70	7,92	0,648	0,219	0,338	0,469
50	7,30	7,96	0,630	0,665	1,054	1,084
51	8,20	7,33	0,622	-0,868	-1,396	-1,465
52	8,30	7,67	0,627	-0,629	-1,003	-1,084
53	8,20	7,73	0,619	-0,465	-0,751	-0,741
54	5,43	6,45	0,664	1,018	1,532	1,317
55	7,41	6,10	0,620	-1,310	-2,111	-2,673
56	5,58	6,76	0,623	1,185	1,902	1,412
57	7,13	6,53	0,622	-0,600	-0,966	-0,988
58	6,30	7,15	0,645	0,854	1,323	1,273
59	8,15	7,92	0,697	-0,231	-0,331	-0,267
60	5,89	7,27	0,634	1,379	2,174	1,827
61	8,20	7,70	0,645	-0,498	-0,772	-0,766
62	8,50	7,90	0,617	-0,599	-0,971	-1,019
63	8,19	8,25	0,628	0,058	0,093	0,248
64	8,33	8,16	0,622	-0,166	-0,267	-0,209
65	7,80	8,18	0,749	0,383	0,511	0,577
66	7,90	6,89	0,673	-1,013	-1,505	-1,586
67	8,41	8,08	0,626	-0,326	-0,520	-0,407
68	8,20	8,03	0,657	-0,175	-0,266	-0,190
69	7,57	7,72	0,631	0,151	0,240	0,346
71	8,28	7,42	0,639	-0,856	-1,340	-1,363
72	8,25	7,48	0,622	-0,769	-1,236	-1,192
73	7,94	7,50	0,636	-0,444	-0,698	-0,716
74	8,60	7,51	0,617	-1,092	-1,771	-2,079
75	6,82	8,11	0,619	1,287	2,078	1,586
76	7,55	7,20	0,605	-0,350	-0,579	-0,577
77	5,96	7,54	0,602	1,578	2,622	2,079
78	6,00	7,70	0,617	1,699	2,755	2,281
79	6,79	7,22	0,609	0,430	0,706	0,818
80	8,27	7,21	0,611	-1,063	-1,742	-1,938
81	8,50	7,98	0,637	-0,515	-0,809	-0,792
82	8,11	8,53	0,699	0,423	0,605	0,716
83	8,44	8,28	0,656	-0,159	-0,243	-0,132
84	8,70	8,36	0,678	-0,338	-0,499	-0,386
85	8,10	7,51	0,627	-0,594	-0,947	-0,957
86	8,50	7,66	0,659	-0,837	-1,269	-1,273
87	8,30	7,89	0,625	-0,405	-0,648	-0,599
88	6,89	7,60	0,620	0,713	1,149	1,192
89	6,43	7,08	0,659	0,647	0,982	1,019
90	7,34	7,23	0,677	-0,110	-0,162	-0,057

Πίνακας 4.4 β. Cross Validation των τιμών pH των εδαφικών δειγμάτων 46 - 90.

TOMH	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
91	8,31	7,28	0,628	-1,029	-1,638	-1,827
92	7,90	7,84	0,623	-0,057	-0,091	0,038
93	5,40	7,35	0,638	1,955	3,062	2,673
94	7,73	7,42	0,647	-0,310	-0,479	-0,366
95	7,85	7,91	0,629	0,065	0,103	0,267
96	7,85	8,13	0,633	0,283	0,447	0,533
97	8,40	8,06	0,622	-0,338	-0,543	-0,448
98	7,90	7,10	0,639	-0,798	-1,250	-1,232
99	6,80	6,66	0,638	-0,144	-0,226	-0,113
100	8,64	7,28	0,722	-1,360	-1,884	-2,281
101	7,78	7,39	0,687	-0,387	-0,563	-0,511
102	7,74	7,51	0,629	-0,229	-0,364	-0,306
103	7,50	6,83	0,620	-0,671	-1,082	-1,155
104	7,80	7,82	0,608	0,019	0,031	0,132
105	7,90	8,10	0,598	0,201	0,336	0,448
106	8,25	8,15	0,609	-0,098	-0,161	-0,038
107	8,20	8,21	0,615	0,015	0,024	0,113
108	8,08	8,13	0,602	0,055	0,091	0,228
109	8,25	8,11	0,624	-0,137	-0,220	-0,094
110	8,50	8,01	0,599	-0,494	-0,825	-0,844
111	6,50	7,79	0,605	1,288	2,127	1,656
112	8,00	7,78	0,602	-0,218	-0,361	-0,287
113	8,80	7,97	0,599	-0,827	-1,381	-1,412
114	7,90	8,14	0,596	0,239	0,401	0,511
115	8,40	7,99	0,596	-0,410	-0,688	-0,692
116	8,60	8,03	0,603	-0,571	-0,946	-0,928
117	8,02	8,00	0,626	-0,024	-0,039	0,094
118	7,26	7,67	0,606	0,413	0,681	0,741
119	7,40	7,57	0,604	0,165	0,274	0,366
120	5,89	7,41	0,632	1,522	2,411	1,938
121	7,90	8,25	0,608	0,348	0,572	0,645
122	8,16	8,11	0,616	-0,055	-0,089	0,057
123	8,27	7,95	0,596	-0,321	-0,538	-0,427
124	6,80	8,08	0,593	1,284	2,165	1,735
125	8,38	7,82	0,600	-0,563	-0,938	-0,899
126	8,18	7,85	0,595	-0,333	-0,560	-0,490
127	7,69	7,88	0,601	0,187	0,311	0,427
128	7,60	7,96	0,609	0,359	0,589	0,692
129	8,17	7,99	0,604	-0,182	-0,301	-0,228
130	8,10	8,08	0,599	-0,023	-0,039	0,075
131	8,20	8,22	0,624	0,021	0,033	0,151
132	8,43	8,21	0,663	-0,217	-0,327	-0,248
133	7,90	8,05	0,650	0,150	0,230	0,306
134	7,93	7,98	0,659	0,050	0,077	0,209
135	7,77	7,97	0,647	0,201	0,310	0,407

Πίνακας 4.4 γ. Cross Validation των τιμών pH των εδαφικών δειγμάτων 91 – 135.

## Περιεκτικότητα σε οργανική ουσία στην περιοχή Αλμυρού Μαγνησίας



Εικόνα 4.5. Χάρτης της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία (%) της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας.

TOMH	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
1	1,89	1,91	0,598	0,019	0,031	-0,056
2	1,65	2,83	0,947	1,176	1,241	1,530
3	1,96	2,17	0,621	0,211	0,340	0,380
4	2,18	2,44	0,721	0,264	0,367	0,441
5	2,23	2,31	0,647	0,077	0,119	0,112
6	2,85	2,41	0,696	-0,439	-0,631	-0,938
7	1,87	2,55	0,823	0,681	0,828	1,061
8	2,27	2,46	0,773	0,187	0,241	0,263
9	2,81	2,36	0,743	-0,453	-0,610	-0,910
10	2,30	2,60	0,860	0,297	0,345	0,400
11	2,63	2,55	0,782	-0,076	-0,097	-0,206
12	3,01	2,55	0,793	-0,455	-0,574	-0,828
13	3,41	2,37	0,693	-1,042	-1,503	-1,530
14	2,75	2,10	0,562	-0,653	-1,163	-1,325
15	1,69	2,61	0,779	0,917	1,177	1,420
16	2,36	2,37	0,693	0,011	0,015	-0,074
17	2,50	2,20	0,611	-0,297	-0,486	-0,657
18	2,70	2,29	0,743	-0,408	-0,549	-0,803
19	2,03	2,09	0,583	0,060	0,103	0,074
20	2,17	2,16	0,628	-0,009	-0,015	-0,149
21	2,01	1,96	0,597	-0,048	-0,081	-0,187
22	2,20	2,21	0,641	0,010	0,015	-0,093
23	1,90	2,35	0,642	0,451	0,703	0,938
24	2,07	2,12	0,610	0,052	0,086	0,037
25	1,76	2,15	0,598	0,386	0,647	0,855
26	2,49	2,15	0,649	-0,337	-0,519	-0,728
27	2,30	2,22	0,651	-0,080	-0,123	-0,225
28	1,26	2,12	0,627	0,865	1,379	1,663
29	1,57	1,99	0,591	0,420	0,711	0,967
30	1,64	2,03	0,619	0,393	0,636	0,828
31	1,82	2,76	0,917	0,945	1,030	1,240
32	1,59	1,87	0,596	0,284	0,476	0,634
33	1,85	2,11	0,612	0,263	0,429	0,546
34	2,71	1,85	0,587	-0,863	-1,470	-1,473
35	1,45	2,05	0,604	0,596	0,988	1,201
36	2,01	2,26	0,648	0,250	0,386	0,503
37	2,38	2,49	0,778	0,107	0,138	0,130
38	2,37	2,36	0,750	-0,007	-0,010	-0,130
39	2,16	2,61	0,812	0,446	0,550	0,704
40	2,76	2,26	0,649	-0,496	-0,765	-1,094
41	2,55	2,30	0,651	-0,249	-0,383	-0,589
42	1,78	2,17	0,603	0,394	0,654	0,882
43	1,59	2,09	0,582	0,500	0,859	1,094
44	2,22	2,19	0,613	-0,028	-0,046	-0,168
45	1,38	2,37	0,701	0,992	1,415	1,834

Πίνακας 4.5 α. Cross Validation των τιμών της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία (%) των εδαφικών δειγμάτων 1 – 45.

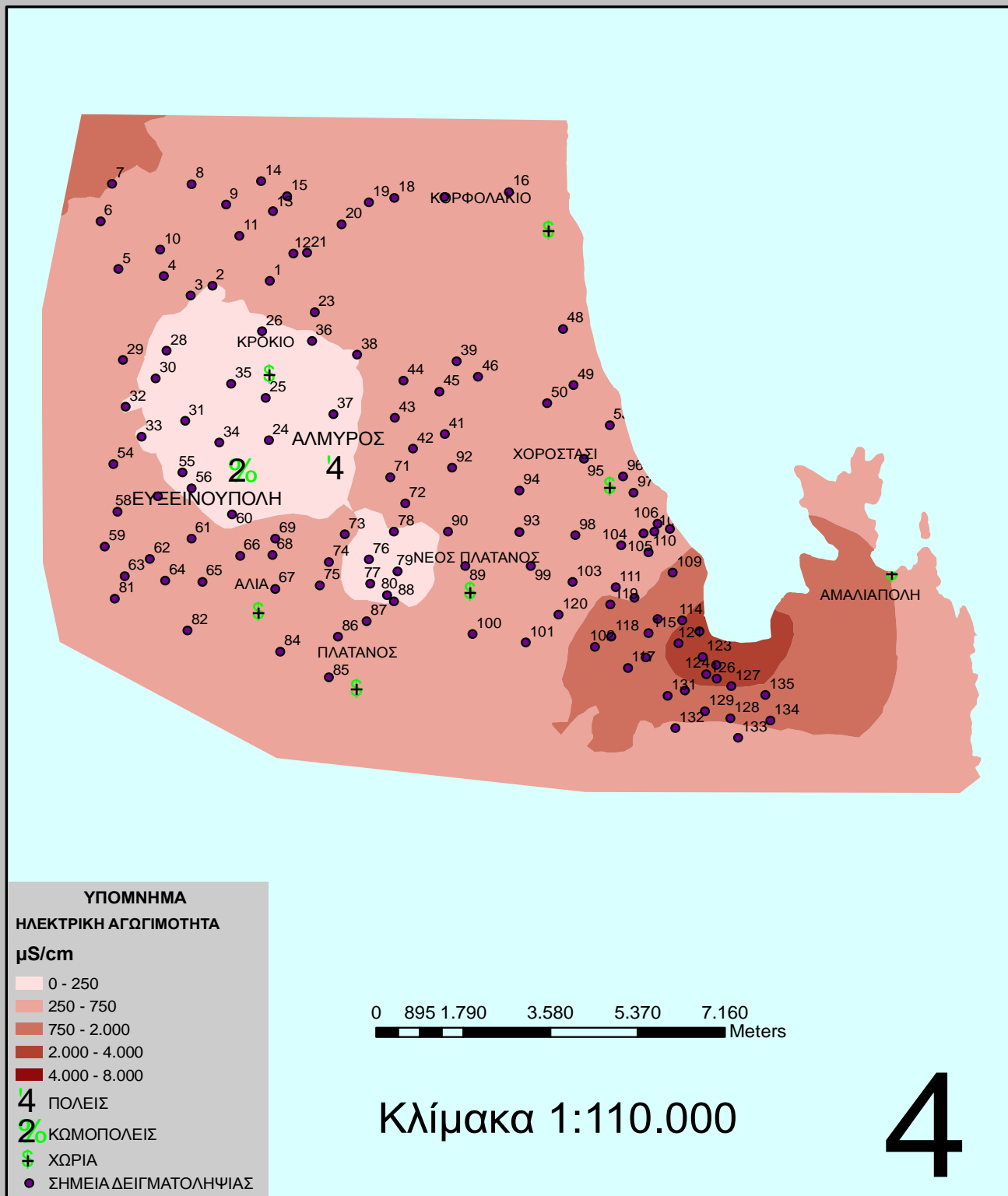
TOMH	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
46	2,51	2,10	0,575	-0,406	-0,705	-1,061
47	2,21	2,52	0,740	0,308	0,417	0,524
48	2,20	2,55	0,805	0,352	0,437	0,589
49	2,72	2,34	0,747	-0,378	-0,506	-0,704
50	2,42	2,29	0,673	-0,126	-0,187	-0,341
51	2,26	2,09	0,584	-0,168	-0,288	-0,503
52	2,23	2,34	0,708	0,114	0,161	0,168
53	1,86	2,18	0,590	0,322	0,546	0,680
54	2,03	2,35	0,747	0,324	0,434	0,568
55	1,66	2,48	0,771	0,816	1,058	1,325
56	1,46	2,08	0,569	0,615	1,082	1,371
57	1,93	2,04	0,566	0,108	0,191	0,225
58	2,22	1,90	0,589	-0,322	-0,546	-0,777
59	3,10	2,14	0,620	-0,963	-1,554	-1,593
60	1,82	1,86	0,579	0,042	0,073	0,019
61	3,37	2,12	0,605	-1,250	-2,067	-1,944
62	2,16	2,17	0,655	0,005	0,008	-0,112
63	2,77	2,66	0,815	-0,115	-0,141	-0,244
64	2,88	2,62	0,794	-0,256	-0,323	-0,546
65	2,89	2,75	0,876	-0,141	-0,161	-0,302
66	2,59	2,72	0,881	0,135	0,153	0,149
67	2,29	2,57	0,778	0,283	0,364	0,421
68	2,81	2,26	0,644	-0,549	-0,853	-1,128
69	1,48	2,87	0,925	1,395	1,507	1,944
70	5,60	2,08	0,559	-3,517	-6,295	-2,678
71	1,92	2,15	0,616	0,230	0,373	0,482
72	2,26	2,30	0,661	0,036	0,055	-0,019
73	2,11	2,15	0,613	0,036	0,059	0,000
74	2,51	2,12	0,585	-0,387	-0,660	-0,998
75	1,95	2,47	0,727	0,523	0,719	1,029
76	1,66	1,97	0,547	0,308	0,564	0,728
77	1,48	2,04	0,537	0,556	1,036	1,282
78	2,03	2,17	0,619	0,136	0,220	0,244
79	1,76	1,86	0,558	0,104	0,186	0,187
80	1,96	1,85	0,532	-0,114	-0,214	-0,360
81	2,79	2,59	0,824	-0,199	-0,242	-0,380
82	3,26	2,55	0,832	-0,712	-0,856	-1,164
83	2,38	1,98	0,593	-0,405	-0,683	-1,029
84	2,05	2,52	0,807	0,466	0,577	0,752
85	2,34	2,56	0,841	0,225	0,267	0,321
86	2,99	2,51	0,764	-0,483	-0,632	-0,967
87	3,77	2,14	0,594	-1,629	-2,742	-2,085
88	1,39	2,15	0,563	0,764	1,356	1,593
89	1,67	2,37	0,726	0,697	0,961	1,164
90	2,84	2,07	0,599	-0,771	-1,287	-1,420

**Πίνακας 4.5 β.** Cross Validation των τιμών της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία (%) των εδαφικών δειγμάτων 46 - 90.

TOMH	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
91	1,92	2,43	0,717	0,510	0,712	0,998
92	2,24	2,09	0,589	-0,148	-0,251	-0,400
93	2,49	2,12	0,616	-0,368	-0,598	-0,882
94	2,50	2,32	0,693	-0,185	-0,267	-0,482
95	1,99	2,16	0,609	0,170	0,278	0,341
96	2,24	2,14	0,595	-0,103	-0,173	-0,321
97	2,16	2,22	0,610	0,062	0,101	0,056
98	1,97	2,21	0,653	0,243	0,373	0,461
99	1,72	2,15	0,624	0,427	0,684	0,910
100	2,54	2,14	0,678	-0,396	-0,585	-0,855
101	2,14	2,17	0,661	0,028	0,043	-0,037
102	1,79	2,49	0,732	0,703	0,960	1,128
103	1,85	2,00	0,579	0,153	0,263	0,302
104	2,06	1,89	0,558	-0,167	-0,299	-0,524
105	1,94	2,07	0,518	0,130	0,250	0,282
106	2,30	2,13	0,528	-0,173	-0,328	-0,568
107	2,12	2,23	0,582	0,108	0,186	0,206
108	2,21	2,08	0,508	-0,134	-0,263	-0,421
109	2,98	1,95	0,581	-1,030	-1,773	-1,742
110	1,04	2,21	0,566	1,173	2,073	2,085
111	2,33	1,78	0,558	-0,549	-0,983	-1,240
112	0,22	2,40	0,648	2,178	3,361	2,678
113	2,26	2,59	0,739	0,331	0,448	0,612
114	3,49	2,35	0,627	-1,139	-1,817	-1,834
115	3,08	2,66	0,778	-0,416	-0,534	-0,752
116	3,25	3,09	1,040	-0,159	-0,153	-0,282
117	3,14	2,73	0,861	-0,409	-0,475	-0,634
118	2,43	2,27	0,600	-0,158	-0,264	-0,441
119	2,19	1,97	0,539	-0,222	-0,412	-0,612
120	1,77	2,09	0,601	0,320	0,533	0,657
121	4,54	2,92	0,928	-1,622	-1,748	-1,663
122	0,31	3,54	1,262	3,227	2,557	2,287
123	4,15	3,01	0,971	-1,139	-1,173	-1,371
124	6,19	3,14	1,029	-3,045	-2,959	-2,287
125	2,67	3,35	1,144	0,678	0,592	0,777
126	4,09	3,16	1,038	-0,931	-0,897	-1,201
127	2,69	3,02	0,989	0,326	0,330	0,360
128	2,70	2,59	0,752	-0,109	-0,144	-0,263
129	2,62	2,70	0,818	0,085	0,104	0,093
130	2,58	3,25	1,115	0,674	0,605	0,803
131	3,17	2,74	0,854	-0,430	-0,503	-0,680
132	1,47	2,75	0,907	1,278	1,409	1,742
133	2,91	2,27	0,638	-0,645	-1,011	-1,282
134	1,63	2,65	0,839	1,020	1,215	1,473
135	2,53	2,35	0,677	-0,179	-0,264	-0,461

Πίνακας 4.5 γ. Cross Validation των τιμών της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία (%) των εδαφικών δειγμάτων 91 - 135.

## Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας



Εικόνα 4.6. Χάρτης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μS/cm) της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας.

TOMES	MEASURED	PREDICTED	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
1	419	341	824,062	-77,865	-0,094	-0,700
2	175	331	821,132	156,276	0,190	0,700
3	412	244	816,929	-167,881	-0,206	-1,085
4	455	343	816,996	-112,355	-0,138	-0,805
5	457	534	864,891	77,012	0,089	0,398
6	627	643	875,093	16,281	0,019	-0,030
7	670	707	900,260	36,867	0,041	0,150
8	243	226	804,145	-17,370	-0,022	-0,272
9	507	468	823,858	-38,520	-0,047	-0,420
10	356	445	827,526	88,829	0,107	0,508
11	531	354	820,739	-177,253	-0,216	-1,160
12	567	357	799,694	-209,794	-0,262	-1,200
13	409	408	801,218	-1,447	-0,002	-0,150
14	403	431	837,298	28,450	0,034	0,070
15	390	399	817,565	9,473	0,012	-0,070
16	406	476	953,870	69,972	0,073	0,313
17	380	412	895,804	31,916	0,036	0,110
18	515	352	850,390	-163,368	-0,192	-1,016
19	211	411	838,072	199,720	0,238	0,862
20	372	370	837,443	-2,209	-0,003	-0,170
21	339	421	806,153	82,240	0,102	0,486
23	550	239	833,665	-310,837	-0,373	-1,333
24	78	234	857,544	156,405	0,182	0,674
25	159	130	836,808	-29,466	-0,035	-0,313
26	205	254	845,939	49,375	0,058	0,293
28	165	259	832,490	94,411	0,113	0,554
29	266	286	856,355	19,561	0,023	0,010
30	228	222	818,129	-6,287	-0,008	-0,231
31	203	194	824,910	-9,183	-0,011	-0,251
32	226	297	836,008	71,207	0,085	0,355
33	470	253	820,738	-216,727	-0,264	-1,242
34	201	150	829,037	-51,060	-0,062	-0,578
35	189	131	838,761	-57,526	-0,069	-0,601
36	101	296	830,790	195,242	0,235	0,833
37	193	221	867,997	27,513	0,032	0,050
38	212	288	858,810	76,424	0,089	0,377
39	337	287	841,551	-50,299	-0,060	-0,554
41	360	327	820,645	-32,550	-0,040	-0,377
42	290	327	812,380	37,387	0,046	0,210
43	472	323	823,894	-149,456	-0,181	-0,983
44	378	308	831,363	-69,655	-0,084	-0,650
45	294	313	816,490	18,711	0,023	0,030
46	59	391	839,546	332,244	0,396	1,050
48	504	354	928,315	-150,304	-0,162	-0,921

Πίνακας 4.6α. Cross Validation των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εδαφικών δειγμάτων 1 - 48.



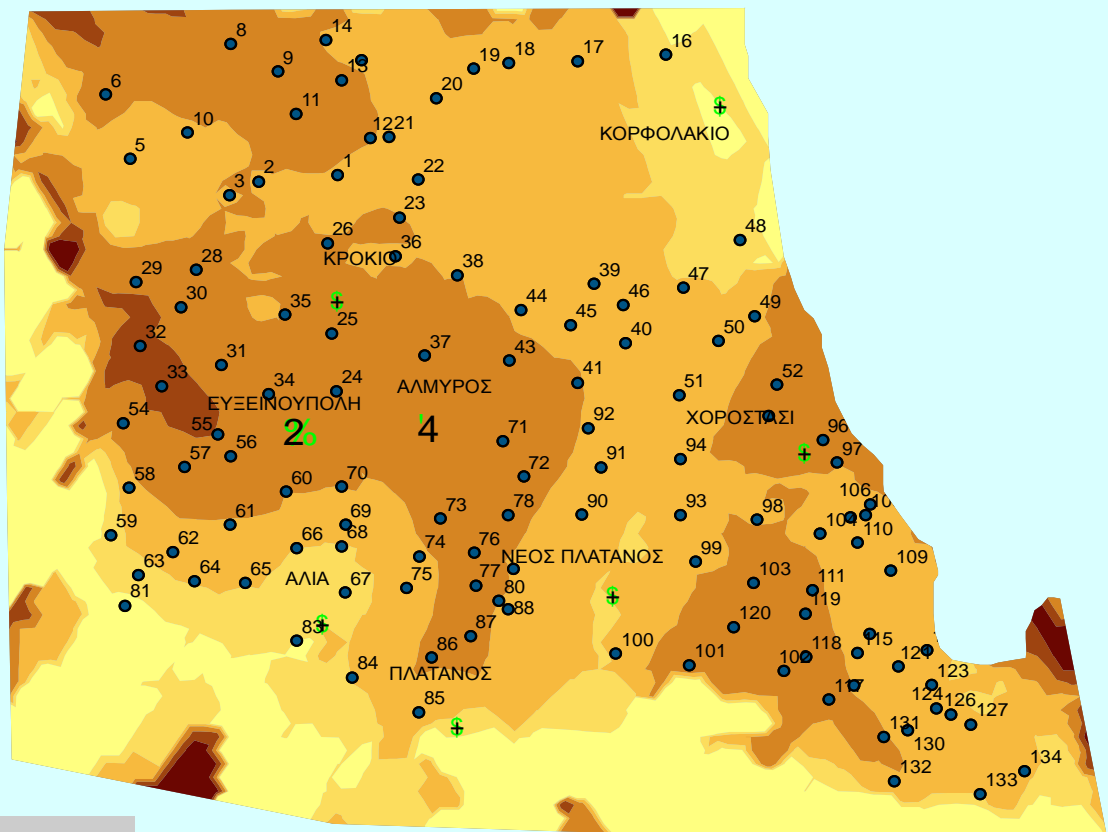
TOMES	MEASURED	PREDICTED	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
49	435	393	851,587	-42,191	-0,050	-0,442
50	312	313	850,158	1,018	0,001	-0,110
53	496	495	865,609	-0,997	-0,001	-0,130
54	202	366	855,668	163,599	0,191	0,725
55	189	251	802,991	61,941	0,077	0,334
56	602	535	876,095	-66,806	-0,076	-0,625
57	321	273	813,851	-47,614	-0,059	-0,531
58	333	330	835,085	-3,201	-0,004	-0,190
59	294	337	841,313	42,985	0,051	0,231
60	154	289	829,435	134,746	0,162	0,625
61	258	295	817,884	36,605	0,045	0,190
62	293	301	803,956	7,888	0,010	-0,090
63	178	350	809,081	172,248	0,213	0,778
64	365	323	811,310	-42,281	-0,052	-0,486
65	493	332	825,382	-161,261	-0,195	-1,050
66	442	315	813,037	-126,785	-0,156	-0,891
67	306	319	827,147	13,426	0,016	-0,050
68	289	316	798,474	27,177	0,034	0,090
69	323	276	810,944	-46,539	-0,057	-0,508
71	311	281	826,190	-29,979	-0,036	-0,334
72	285	254	814,578	-31,109	-0,038	-0,355
73	440	213	823,943	-227,387	-0,276	-1,286
74	240	269	803,266	29,162	0,036	0,130
75	404	278	811,212	-126,112	-0,155	-0,862
76	101	223	791,757	122,324	0,154	0,601
77	100	234	783,711	133,912	0,171	0,650
78	39	251	810,475	211,761	0,261	0,921
79	228	187	796,605	-41,370	-0,052	-0,464
80	275	201	776,725	-73,506	-0,095	-0,725
81	225	354	856,133	128,579	0,150	0,578
82	355	374	893,934	18,991	0,021	-0,010
84	202	374	883,313	172,181	0,195	0,751
85	288	375	891,764	87,023	0,098	0,442
86	372	298	828,887	-74,252	-0,090	-0,674
87	422	253	815,013	-169,294	-0,208	-1,122
88	103	287	790,543	183,580	0,232	0,805
89	380	298	849,461	-81,802	-0,096	-0,751
90	196	281	838,698	85,109	0,101	0,464
92	459	344	833,690	-115,475	-0,139	-0,833
93	560	242	832,903	-317,717	-0,381	-1,383
94	395	389	860,984	-6,151	-0,007	-0,210
95	438	482	845,650	43,852	0,052	0,251

Πίνακας 4.6β. Cross Validation των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εδαφικών δειγμάτων 49 - 95.

TOMES	MEASURED	PREDICTED	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
96	687	332	821,179	-355,319	-0,433	-1,495
97	218	508	810,127	290,432	0,359	0,983
98	174	453	836,280	279,265	0,334	0,952
99	256	348	829,764	92,047	0,111	0,531
100	305	342	893,648	37,173	0,042	0,170
101	465	516	871,179	50,701	0,058	0,272
102	1430	527	812,463	-902,641	-1,111	-1,630
103	208	522	814,034	314,215	0,386	1,016
104	517	378	796,810	-138,792	-0,174	-0,952
105	478	390	767,390	-87,903	-0,115	-0,778
106	300	374	771,630	74,338	0,096	0,420
107	183	515	794,461	332,354	0,418	1,122
108	435	399	761,686	-35,515	-0,047	-0,398
109	1116	703	818,568	-412,689	-0,504	-1,559
110	517	491	780,257	-25,799	-0,033	-0,293
111	150	782	787,125	632,496	0,804	1,333
112	189	882	785,376	693,318	0,883	1,437
113	248	1416	779,768	1167,802	1,498	1,710
114	277	2397	788,339	2119,631	2,689	2,260
115	375	1342	777,626	966,766	1,243	1,559
116	969	1297	786,908	327,576	0,416	1,085
117	188	1193	808,629	1005,177	1,243	1,495
118	359	1049	790,087	689,900	0,873	1,383
119	1772	376	785,914	-1396,153	-1,776	-1,803
120	101	716	823,446	614,621	0,746	1,286
121	5500	1989	777,977	-3511,437	-4,514	-2,260
122	5380	2698	795,832	-2681,989	-3,370	-1,915
123	6000	2876	771,277	-3123,588	-4,050	-2,057
124	1347	2853	760,605	1506,336	1,980	2,057
125	7190	2311	769,968	-4879,229	-6,337	-2,655
126	600	2811	762,221	2210,603	2,900	2,655
127	801	2244	782,669	1443,438	1,844	1,803
128	504	1043	791,053	538,968	0,681	1,242
129	675	1084	788,999	409,476	0,519	1,200
130	447	1917	780,555	1470,443	1,884	1,915
131	1485	1160	799,854	-325,393	-0,407	-1,437
132	521	900	847,765	379,052	0,447	1,160
133	475	687	827,533	211,712	0,256	0,891
134	131	1333	841,295	1202,431	1,429	1,630
135	2118	1129	831,383	-989,282	-1,190	-1,710

Πίνακας 4.6γ. Cross Validation των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εδαφικών δειγμάτων 96 - 135.

## Εδαφικός φώσφορος στη περιοχή Αλμυρού Μαγνησίας



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

#### ΕΔΑΦΙΚΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΜΕΘΟΔΟΣ OLSEN

ppm

- 0 - 9
- 9 - 15
- 15 - 25
- 25 - 45
- 45 - 70
- 70 - 100

**4** ΠΟΛΕΙΣ

**2%** ΚΩΜΟΠΟΛΕΙΣ

**+** ΧΩΡΙΑ

**●** ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

0 920 1.840 3.680 5.520 7.360 Meters

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100.000

# 4

Εικόνα 4.7. Χάρτης του διαθέσιμου εδαφικού φωσφόρου (ppm) της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας.

TOMES	MEASURED	PREDICTED	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
1	13,87	27,486	15,501	13,616	0,878	0,942
2	18,89	27,731	15,468	8,841	0,572	0,581
3	37,02	27,961	15,588	-9,059	-0,581	-0,699
4	14,58	24,549	15,451	9,969	0,645	0,627
5	4,09	28,022	16,849	23,932	1,420	1,817
6	24,31	33,668	19,366	9,358	0,483	0,448
7	46,18	24,424	24,127	-21,756	-0,902	-0,973
8	29,29	37,567	17,591	8,277	0,471	0,427
9	46,24	25,394	15,804	-20,846	-1,319	-1,453
10	22,00	23,085	15,596	1,085	0,070	-0,126
11	24,56	28,498	15,430	3,938	0,255	0,145
12	33,65	23,743	15,187	-9,907	-0,652	-0,801
13	33,66	25,922	15,291	-7,738	-0,506	-0,627
14	20,46	35,760	17,322	15,300	0,883	0,973
15	20,47	24,329	16,097	3,859	0,240	0,106
16	12,33	13,757	15,862	1,427	0,090	-0,048
17	13,87	18,236	17,388	4,366	0,251	0,126
18	31,60	11,248	16,826	-20,352	-1,210	-1,304
19	12,61	21,209	16,103	8,599	0,534	0,558
20	13,46	43,792	15,678	30,332	1,935	2,272
21	31,53	21,883	15,217	-9,647	-0,634	-0,749
22	10,09	25,266	15,519	15,176	0,978	1,179
23	32,28	23,256	15,660	-9,024	-0,576	-0,674
24	36,46	23,327	15,925	-13,133	-0,825	-0,912
25	35,46	25,830	15,745	-9,630	-0,612	-0,724
26	27,75	24,414	15,891	-3,336	-0,210	-0,344
27	25,09	26,940	15,717	1,850	0,118	-0,029
28	37,02	20,826	15,389	-16,194	-1,052	-1,179
29	27,88	45,348	17,804	17,468	0,981	1,218
30	16,83	43,408	15,498	26,578	1,715	2,070
31	13,46	23,387	15,907	9,927	0,624	0,604
32	78,08	36,897	16,641	-41,183	-2,475	-1,817
33	77,09	37,512	15,524	-39,578	-2,549	-1,928
34	32,74	38,915	15,608	6,175	0,396	0,324
35	14,58	28,067	15,617	13,487	0,864	0,884
37	24,66	32,988	16,153	8,328	0,516	0,513
38	27,88	22,798	16,173	-5,082	-0,314	-0,470
39	18,50	25,483	15,346	6,983	0,455	0,365
40	5,00	23,478	15,377	18,478	1,202	1,574
41	27,75	25,070	15,311	-2,680	-0,175	-0,324
42	44,14	26,399	15,299	-17,741	-1,160	-1,218
43	20,44	31,230	15,695	10,790	0,687	0,699
45	23,13	21,426	15,499	-1,704	-0,110	-0,243

Πίνακας 4.7α. Cross Validation των τιμών του εδαφικού φωσφόρου των εδαφικών δειγμάτων 1 - 45.

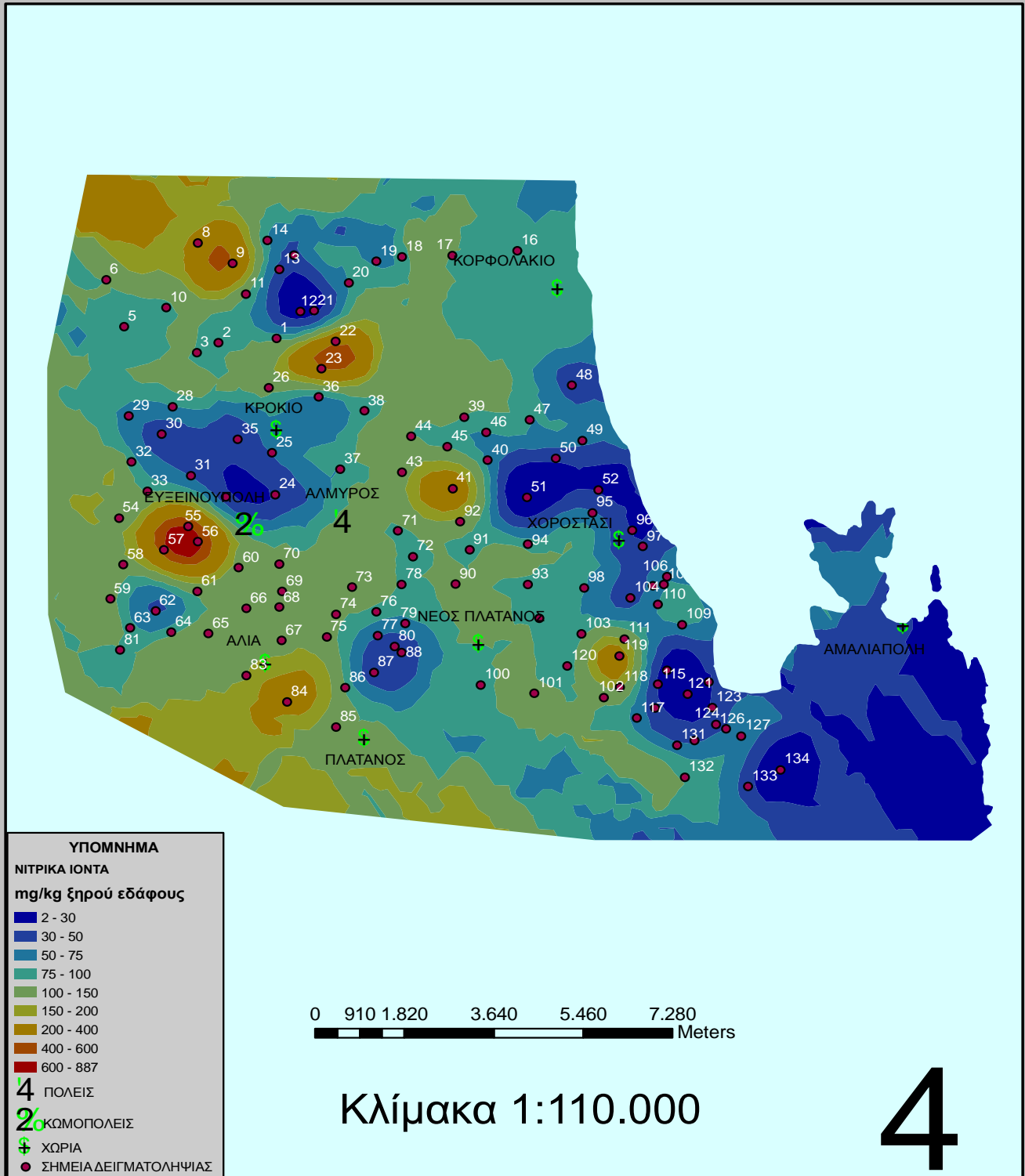
TOMES	MEASURED	PREDICTED	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
46	24,55	17,673	15,293	-6,877	-0,450	-0,581
47	16,73	15,497	15,738	-1,233	-0,078	-0,224
48	10,79	9,831	18,606	-0,959	-0,052	-0,184
49	9,55	27,364	16,061	17,814	1,109	1,350
50	14,71	22,401	15,528	7,691	0,495	0,491
51	30,67	18,504	15,630	-12,166	-0,778	-0,884
52	17,33	33,706	15,340	16,376	1,068	1,304
53	55,77	28,080	15,547	-27,690	-1,781	-1,645
54	20,46	25,855	18,022	5,395	0,299	0,184
55	78,08	37,103	15,259	-40,977	-2,685	-2,272
56	46,18	39,541	15,249	-6,639	-0,435	-0,558
57	41,63	38,275	15,404	-3,355	-0,218	-0,365
58	8,19	27,572	16,284	19,382	1,190	1,511
59	15,77	7,189	17,593	-8,581	-0,488	-0,604
60	26,21	27,574	15,554	1,364	0,088	-0,068
61	11,11	27,610	15,518	16,500	1,063	1,260
62	29,17	14,996	15,300	-14,174	-0,926	-1,004
63	12,33	4,796	28,630	-7,534	-0,263	-0,406
64	9,25	16,853	15,410	7,603	0,493	0,470
65	24,30	12,123	15,708	-12,177	-0,775	-0,855
66	12,66	16,013	15,356	3,353	0,218	0,087
67	4,09	15,759	15,630	11,669	0,747	0,775
68	16,81	14,940	15,202	-1,870	-0,123	-0,283
69	3,36	20,835	15,340	17,475	1,139	1,400
71	46,18	27,830	15,470	-18,350	-1,186	-1,260
72	21,87	31,902	15,319	10,032	0,655	0,650
73	44,61	23,884	15,577	-20,726	-1,331	-1,511
74	21,02	24,116	15,204	3,096	0,204	0,068
75	7,70	22,449	15,361	14,749	0,960	1,004
76	27,88	28,099	15,045	0,219	0,015	-0,165
77	40,93	25,444	14,951	-15,486	-1,036	-1,105
78	27,32	29,456	15,328	2,136	0,139	0,010
79	28,22	22,283	15,167	-5,937	-0,391	-0,513
80	23,56	24,780	15,083	1,220	0,081	-0,106
81	7,29	4,211	25,305	-3,079	-0,122	-0,263
82	12,27	6,960	19,431	-5,310	-0,273	-0,427
84	4,88	21,817	17,426	16,937	0,972	1,105
85	12,50	32,113	20,262	19,613	0,968	1,070
86	57,22	14,375	16,346	-42,845	-2,621	-2,070
88	15,41	25,381	15,216	9,971	0,655	0,674
89	10,09	17,335	15,783	7,245	0,459	0,385
90	15,41	20,612	15,540	5,202	0,335	0,224

Πίνακας 4.7β. Cross Validation των τιμών του εδαφικού φωσφόρου των εδαφικών δειγμάτων 46 - 90.

TOMES	MEASURED	PREDICTED	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
91	28,61	20,758	15,423	-7,852	-0,509	-0,650
92	18,50	20,366	15,576	1,866	0,120	-0,010
93	18,42	23,556	15,608	5,136	0,329	0,204
94	6,73	25,183	15,791	18,453	1,169	1,453
95	44,13	25,010	15,398	-19,120	-1,242	-1,350
96	33,91	28,537	15,680	-5,373	-0,343	-0,491
97	16,81	28,259	15,448	11,449	0,741	0,749
98	39,04	19,628	15,629	-19,412	-1,242	-1,400
99	6,73	27,925	15,678	21,195	1,352	1,725
100	15,15	29,022	18,524	13,872	0,749	0,801
101	8,18	51,075	17,695	42,895	2,424	2,665
102	55,77	16,764	17,458	-39,006	-2,234	-1,725
103	25,22	31,547	15,319	6,327	0,413	0,344
104	14,58	25,004	15,123	10,424	0,689	0,724
105	15,41	20,596	14,665	5,186	0,354	0,283
106	22,30	17,998	15,176	-4,302	-0,283	-0,448
107	29,17	11,871	16,623	-17,299	-1,041	-1,141
108	6,44	20,689	14,768	14,249	0,965	1,036
109	8,42	21,074	15,832	12,654	0,799	0,855
110	26,74	17,287	14,780	-9,453	-0,640	-0,775
111	29,42	27,263	14,936	-2,157	-0,144	-0,303
112	21,37	23,616	14,859	2,246	0,151	0,029
113	16,81	21,896	14,745	5,086	0,345	0,263
114	16,83	18,052	15,025	1,222	0,081	-0,087
115	16,81	19,153	14,796	2,343	0,158	0,048
116	7,99	27,151	14,954	19,161	1,281	1,645
117	33,46	34,322	15,600	0,862	0,055	-0,145
118	25,09	32,840	14,911	7,750	0,520	0,535
119	25,09	39,828	15,096	14,738	0,976	1,141
120	83,66	21,032	15,566	-62,628	-4,023	-2,665
121	14,58	18,689	14,721	4,109	0,279	0,165
122	28,22	15,361	15,296	-12,859	-0,841	-0,942
123	12,33	17,843	14,726	5,513	0,374	0,303
124	12,61	19,334	14,529	6,724	0,463	0,406
125	13,46	18,550	14,853	5,090	0,343	0,243
126	8,18	19,690	14,597	11,510	0,789	0,828
127	20,19	16,774	14,958	-3,416	-0,228	-0,385
128	27,88	17,330	15,227	-10,550	-0,693	-0,828
129	26,21	20,168	15,103	-6,042	-0,400	-0,535
130	40,18	19,991	14,860	-20,189	-1,359	-1,574
131	37,55	22,868	15,462	-14,682	-0,950	-1,070
132	3,36	33,194	18,350	29,834	1,626	1,928
133	16,81	15,752	17,956	-1,058	-0,059	-0,204
134	8,41	25,304	19,500	16,894	0,866	0,912
135	25,09	6,282	20,165	-18,808	-0,933	-1,036

Πίνακας 4.7γ. Cross Validation των τιμών του P των εδαφικών δειγμάτων 91 - 135.

## Νιτρικά ιόντα στη περιοχή Αλμυρού Μαγνησίας



Εικόνα 4.8. Χάρτης της περιεκτικότητας σε νιτρικά ιόντα (mg/kg ξ.ε) της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας.

TOMEΣ	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
1	63	107	210,783	43,507	0,206	0,146
2	55	91	155,280	35,833	0,231	0,316
3	72	102	191,454	29,532	0,154	-0,083
5	45	133	274,551	88,341	0,322	0,668
6	72	118	266,615	46,482	0,174	-0,021
8	213	217	241,259	4,347	0,018	-0,617
9	877	104	142,966	-772,983	-5,407	-2,641
10	54	146	324,929	91,871	0,283	0,473
11	54	161	183,602	107,245	0,584	1,610
12	12	105	193,263	93,422	0,483	1,361
13	17	64	219,461	47,292	0,215	0,209
14	45	73	171,730	28,369	0,165	-0,062
15	31	51	219,324	19,845	0,090	-0,338
16	66	77	167,719	11,471	0,068	-0,427
17	78	72	236,430	-5,548	-0,023	-0,694
18	55	114	403,368	59,456	0,147	-0,166
19	34	54	171,369	20,094	0,117	-0,316
20	79	50	171,141	-29,204	-0,171	-0,924
21	4	61	209,745	56,609	0,270	0,450
22	565	133	168,716	-431,606	-2,558	-1,691
23	781	148	178,721	-632,757	-3,540	-1,897
24	12	101	198,862	88,943	0,447	1,176
25	45	100	176,296	54,865	0,311	0,617
26	96	61	257,016	-35,261	-0,137	-0,893
28	78	47	139,213	-31,427	-0,226	-1,060
29	45	46	135,023	0,945	0,007	-0,642
30	12	89	209,873	76,762	0,366	0,833
31	28	65	194,994	37,260	0,191	0,083
32	78	124	242,317	46,173	0,191	0,062
33	53	153	264,256	100,400	0,380	0,956
34	12	21	194,524	8,735	0,045	-0,473
35	15	19	157,524	3,660	0,023	-0,568
36	18	73	150,623	55,302	0,367	0,862
37	56	137	235,716	81,178	0,344	0,748
38	59	133	192,275	73,679	0,383	0,990
39	89	138	217,784	48,802	0,224	0,251
40	45	140	134,354	95,183	0,708	2,040
41	563	97	164,360	-466,435	-2,838	-1,784
43	89	78	211,894	-10,797	-0,051	-0,776
44	74	142	339,528	67,832	0,200	0,104
45	45	87	183,058	41,651	0,228	0,294

Πίνακας 4.8α. Cross Validation των τιμών του νιτρικών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων 0 - 45.



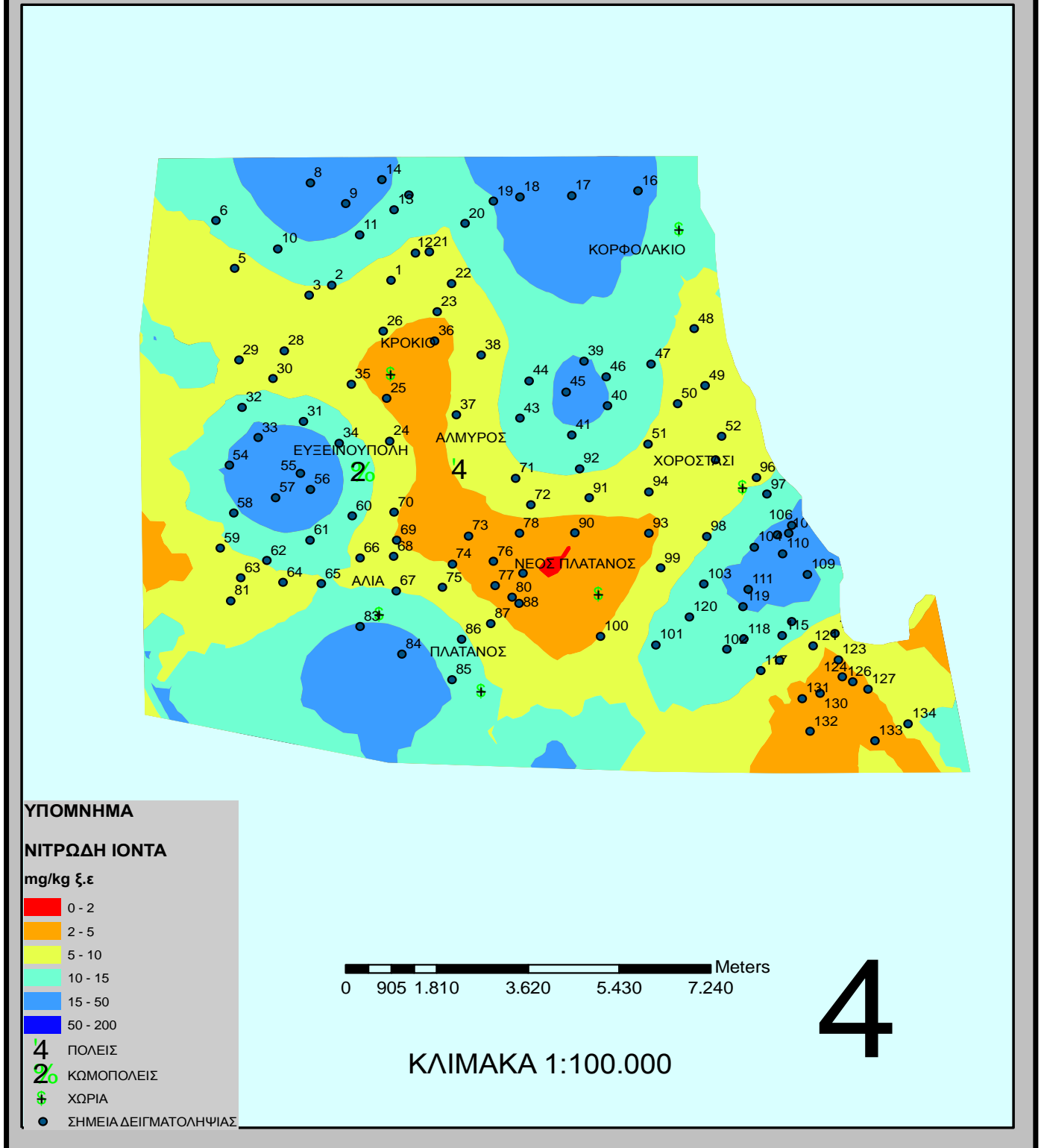
TOMEΣ	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
46	41	97	157,019	56,064	0,357	0,776
47	85	69	264,360	-16,192	-0,061	-0,833
48	19	92	172,321	72,733	0,422	1,135
49	63	102	157,429	38,813	0,247	0,360
50	17	55	113,826	38,273	0,336	0,721
51	3	95	203,051	91,630	0,451	1,218
52	9	160	391,103	150,948	0,386	1,024
54	87	151	337,999	64,000	0,189	0,041
55	879	333	151,767	-546,441	-3,601	-2,040
56	887	453	182,668	-434,465	-2,378	-1,610
57	545	331	246,191	-213,668	-0,868	-1,538
58	62	204	395,935	142,008	0,359	0,804
59	95	107	295,149	11,571	0,039	-0,496
60	85	141	221,605	56,232	0,254	0,404
61	74	173	340,639	98,878	0,290	0,568
62	9	77	101,808	67,837	0,666	1,784
63	85	49	94,816	-35,919	-0,379	-1,263
64	96	89	174,274	-6,864	-0,039	-0,748
65	74	124	237,657	49,671	0,209	0,166
66	53	143	313,516	90,369	0,288	0,544
67	86	161	283,400	75,168	0,265	0,427
68	95	114	266,517	19,128	0,072	-0,404
69	78	82	163,464	3,560	0,022	-0,592
70	74	98	198,104	24,466	0,123	-0,273
71	63	100	244,141	36,597	0,150	-0,146
72	58	106	238,612	47,932	0,201	0,125
73	95	102	210,205	7,344	0,035	-0,520
74	59	126	321,836	67,294	0,209	0,188
75	95	92	162,434	-2,550	-0,016	-0,668
76	70	92	179,709	22,077	0,123	-0,294
77	34	113	198,514	79,256	0,399	1,097
78	65	111	190,059	45,840	0,241	0,338
79	46	72	179,590	25,514	0,142	-0,188
80	24	36	160,323	11,660	0,073	-0,382
81	56	82	154,769	26,152	0,169	-0,041
83	105	154	266,825	49,430	0,185	0,021
84	252	129	233,686	-123,316	-0,528	-1,310
85	62	181	297,874	118,618	0,398	1,060
86	98	72	199,604	-26,053	-0,131	-0,862
87	12	77	221,153	65,159	0,295	0,592
88	18	216	198,076	197,929	0,999	2,641
90	74	126	237,406	51,971	0,219	0,230

Πίνακας 4.8β. Cross Validation των τιμών του νιτρικών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων 46 - 90.

TOMEΣ	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
91	70	95	176,087	24,945	0,142	-0,209
92	76	181	181,707	104,831	0,577	1,538
93	63	37	82,361	-26,293	-0,319	-1,218
94	87	62	145,100	-25,409	-0,175	-0,956
95	89	23	77,204	-65,949	-0,854	-1,474
96	12	53	123,617	41,405	0,335	0,694
97	25	30	91,799	5,320	0,058	-0,450
98	54	125	224,804	70,789	0,315	0,642
99	55	105	221,087	49,569	0,224	0,273
100	70	92	175,575	21,868	0,125	-0,251
101	87	107	228,357	19,685	0,086	-0,360
102	77	122	158,760	45,383	0,286	0,520
103	54	86	206,279	31,752	0,154	-0,104
104	18	37	74,515	18,832	0,253	0,382
105	39	59	109,703	20,245	0,185	0,000
106	39	90	179,411	51,033	0,284	0,496
108	82	14	114,915	-68,099	-0,593	-1,361
109	75	49	119,258	-26,001	-0,218	-0,990
110	55	72	116,258	17,464	0,150	-0,125
111	71	205	138,181	134,309	0,972	2,245
113	2	95	152,771	92,869	0,608	1,691
115	82	59	92,564	-23,072	-0,249	-1,097
116	8	79	143,533	71,039	0,495	1,415
117	78	40	119,164	-37,644	-0,316	-1,176
118	86	182	143,316	95,737	0,668	1,897
119	789	97	129,511	-691,949	-5,343	-2,245
120	45	136	239,250	90,879	0,380	0,924
121	15	64	106,186	48,541	0,457	1,310
122	23	55	85,817	32,023	0,373	0,893
123	18	42	184,750	24,111	0,131	-0,230
124	16	53	72,382	36,621	0,506	1,474
126	75	38	49,437	-36,650	-0,741	-1,415
127	65	47	66,986	-18,341	-0,274	-1,135
130	23	26	96,985	3,341	0,034	-0,544
131	54	47	136,510	-7,231	-0,053	-0,804
132	89	64	113,251	-25,166	-0,222	-1,024
133	32	30	87,728	-2,443	-0,028	-0,721
134	4	59	120,467	54,641	0,454	1,263

Πίνακας 4.8γ. Cross Validation των τιμών του νιτρικών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων 91 - 134.

## Νιτρώδη ιόντα στη περιοχή Αλμυρού Μαγνησίας



Εικόνα 4.9. Χάρτης της περιεκτικότητας σε νιτρώδη ιόντα (mg/kg ξ.ε) της περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας.

TOMES	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
1	5	9	13,011	3,642	0,280	0,000
2	9	10	13,199	1,230	0,093	-0,338
3	16	8	13,254	-8,370	-0,632	-1,024
5	2	10	13,734	7,686	0,560	0,642
6	3	14	14,292	10,875	0,761	1,060
8	40	14	13,767	-25,822	-1,876	-1,263
9	140	12	13,192	-40,241	-3,050	-2,245
10	4	14	13,371	10,379	0,776	1,097
11	9	15	13,022	5,554	0,427	0,338
12	0	10	12,950	9,785	0,756	1,024
13	0	14	13,021	14,262	1,095	1,691
14	9	18	13,381	8,613	0,644	0,862
15	6	14	13,185	7,937	0,602	0,694
16	4	21	14,641	16,776	1,146	1,897
17	40	13	13,970	-27,221	-1,949	-1,310
18	23	18	13,636	-5,386	-0,395	-0,893
19	17	15	13,476	-2,491	-0,185	-0,694
20	11	12	13,203	0,657	0,050	-0,427
21	10	8	12,982	-1,860	-0,143	-0,617
22	9	7	13,172	-1,916	-0,145	-0,642
23	10	5	13,122	-5,238	-0,399	-0,924
24	3	7	13,327	3,904	0,293	0,062
25	2	5	13,259	2,757	0,208	-0,166
26	6	5	13,179	-0,596	-0,045	-0,568
28	4	7	13,227	3,190	0,241	-0,104
29	5	8	13,528	3,308	0,245	-0,083
30	7	8	13,155	1,151	0,088	-0,360
31	9	15	13,037	5,821	0,447	0,404
32	7	13	13,308	6,101	0,458	0,427
33	16	16	13,095	0,006	0,000	-0,520
34	6	15	13,087	8,925	0,682	0,956
35	1	7	13,211	6,080	0,460	0,450
36	0	5	13,175	5,215	0,396	0,273
37	0	7	13,433	6,929	0,516	0,496
38	0	9	13,342	8,782	0,658	0,893
39	39	11	13,314	-28,317	-2,127	-1,474
40	23	14	13,008	-9,314	-0,716	-1,060
41	42	11	13,017	-31,217	-2,398	-1,691
43	30	9	13,184	-20,546	-1,558	-1,218
44	2	15	13,205	12,906	0,977	1,415
45	2	18	13,047	15,563	1,193	2,641

Πίνακας 4.9α. Cross Validation των τιμών του νηρωδών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων 1 – 45.

TOMES	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
46	10	15	13,115	5,345	0,408	0,294
47	2	13	13,268	10,516	0,793	1,135
48	3	10	14,146	7,382	0,522	0,520
49	4	8	13,401	4,258	0,318	0,166
50	8	9	13,131	0,742	0,057	-0,404
51	12	8	13,119	-3,635	-0,277	-0,776
52	0	7	13,289	7,183	0,541	0,544
54	9	18	13,395	8,525	0,636	0,776
55	43	16	12,987	-26,579	-2,047	-1,361
56	337	15	12,981	-37,426	-2,883	-2,040
57	93	15	12,985	-37,414	-2,881	-1,897
58	2	16	13,223	14,097	1,066	1,538
59	2	9	13,383	6,514	0,487	0,473
60	0	13	12,990	13,350	1,028	1,474
61	0	15	12,951	14,977	1,156	2,040
62	7	11	12,992	4,035	0,311	0,083
63	0	8	13,258	8,472	0,639	0,833
64	14	7	13,119	-7,251	-0,553	-0,956
65	0	12	13,108	11,649	0,889	1,263
66	11	9	12,949	-2,199	-0,170	-0,668
67	0	11	13,014	11,089	0,852	1,218
68	0	7	12,940	7,137	0,552	0,617
69	0	6	12,982	5,718	0,441	0,360
70	0	7	13,124	7,125	0,543	0,568
71	6	9	13,196	3,002	0,228	-0,125
72	0	7	13,053	7,175	0,550	0,592
73	13	2	13,020	-11,254	-0,864	-1,097
74	0	5	12,913	5,017	0,389	0,251
75	10	7	12,919	-2,654	-0,205	-0,721
76	3	3	12,854	-0,040	-0,003	-0,544
77	3	3	12,849	0,274	0,021	-0,473
78	0	4	12,966	4,089	0,315	0,146
79	0	3	12,930	2,815	0,218	-0,146
80	0	4	12,955	3,690	0,285	0,021
81	2	8	13,738	6,129	0,446	0,382
83	27	13	13,484	-13,871	-1,029	-1,176
84	98	9	13,563	-42,524	-3,135	-2,641
85	10	15	13,758	5,220	0,379	0,230
86	9	11	13,176	2,178	0,165	-0,209
87	2	7	13,068	4,947	0,379	0,209
88	2	4	13,044	1,697	0,130	-0,230
90	0	3	13,159	3,486	0,265	-0,041

Πίνακας 4.9β. Cross Validation των τιμών του νιτρωδών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων 1 – 45.

TOMES	MEASURED VALUE	PREDICTED VALUE	STANDARD ERROR	ERROR	STANDARDIZED ERROR	NORMAL VALUE
91	0	8	13,095	8,042	0,614	0,721
92	10	11	13,051	0,533	0,041	-0,450
93	3	5	13,220	1,533	0,116	-0,294
94	0	8	13,178	7,830	0,594	0,668
95	4	7	13,163	3,331	0,253	-0,062
96	6	10	13,235	3,830	0,289	0,041
97	15	11	13,111	-3,960	-0,302	-0,833
98	13	9	13,043	-3,731	-0,286	-0,804
99	6	7	13,202	0,979	0,074	-0,382
100	6	5	13,856	-1,247	-0,090	-0,592
101	9	12	13,615	2,738	0,201	-0,188
102	25	12	13,078	-13,260	-1,014	-1,135
103	0	15	12,987	14,810	1,140	1,784
104	2	17	12,851	14,914	1,161	2,245
105	13	17	12,903	4,049	0,314	0,125
106	7	19	13,076	12,059	0,922	1,310
108	41	14	12,994	-26,648	-2,051	-1,415
109	41	13	13,083	-27,856	-2,129	-1,538
110	22	18	12,897	-4,429	-0,343	-0,862
111	13	17	12,839	4,016	0,313	0,104
113	0	14	12,826	13,877	1,082	1,610
115	0	12	12,779	12,097	0,947	1,361
116	0	10	12,824	9,676	0,755	0,990
117	0	11	13,006	10,942	0,841	1,176
118	42	10	12,891	-31,933	-2,477	-1,784
119	42	12	12,835	-29,814	-2,323	-1,610
120	9	14	13,099	5,450	0,416	0,316
121	0	9	12,807	8,603	0,672	0,924
122	0	8	13,042	8,028	0,616	0,748
123	0	5	12,898	4,847	0,376	0,188
124	0	3	12,855	3,432	0,267	-0,021
126	10	3	12,935	-7,224	-0,559	-0,990
127	8	4	13,118	-3,583	-0,273	-0,748
130	2	4	12,865	1,632	0,127	-0,251
131	2	3	13,003	1,424	0,110	-0,316
132	2	4	13,616	1,637	0,120	-0,273
133	3	3	13,710	0,186	0,014	-0,496
134	2	11	13,834	8,812	0,637	0,804

Πίνακας 4.9γ. Cross Validation των τιμών του νιτρικών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων 91 - 134.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### 4. Συμπεράσματα

1. Τα εδάφη στα οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα καλλιεργούνται ως επί το πλείστον με καλλιέργειες υψηλών απαιτήσεων σε άζωτο και φώσφορο (βαμβάκι, μηδική, σιτάρι κ.α.). Στο μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών (65%) της περιοχής οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου είναι υψηλές. Παρατηρείται έλλειψη φωσφόρου σε ένα μικρό ποσοστό των εδαφών της περιοχής και κατά συνέπεια η προσθήκη φωσφορικών λιπασμάτων σε αυτά κρίνεται απαραίτητη.

2. Οι καλλιέργειες στη συντριπτική τους πλειοψηφία έχουν τις απαιτούμενες συγκεντρώσεις N και P στα εδάφη που καλλιεργούνται. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι της δειγματοληψίας προηγήθηκε η βασική λίπανση, αφού η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στα μέσα Μαΐου. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε διαθέσιμο φώσφορο (κατά μέσο όρο ανά καλλιέργεια) βρέθηκαν σε εδάφη που καλλιεργούνται με αμπέλι ενώ οι χαμηλότερες σε έδαφος μη καλλιεργούμενο. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε νιτρικά και νιτρώδη ιόντα (κατά μέσο όρο ανά καλλιέργεια) παρατηρήθηκαν σε εδάφη που καλλιεργούνται με ροδακινιές και κριθάρι αντίστοιχα ενώ οι μικρότερες σε εδάφη που καλλιεργούνται με αμυγδαλιές.

3. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τα εδάφη του Αλμυρού κυμαίνονται σε πολύ υψηλά επίπεδα και κατά συνέπεια υπάρχει υψηλός κίνδυνος αλατότητας. Επιβάλλεται να ληφθούν μέτρα για τη βελτίωση της κατάστασης όπως κατασκευή στραγγιστικών δικτύων, έλεγχος ποιότητας του αρδευτικού νερού, αποφυγή υπεράντλησης υπογείων υδάτων και επιλογή ανθεκτικών καλλιεργειών.

4. Τα εδάφη της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζονται ως ισχυρώς όξινα σε ποσοστό 2,96%, μετρίως όξινα σε ποσοστό 7,39%, ουδέτερα σε ποσοστό 25,19%, ελαφρώς αλκαλικά σε ποσοστό 60,68% και αλκαλικά σε ποσοστό 3,64%. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις διαθεσίμου φωσφόρου παρατηρήθηκαν

σε εδάφη μετρίως όξινα. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε νιτρικά και νιτρώδη ιόντα αντίστοιχα παρατηρήθηκαν σε εδάφη ισχυρώς όξινα.

5. Υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και ευτροφισμού από τη παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων φωσφόρου. Η υψηλότερη συγκέντρωση σε εδαφικό φώσφορο με τη μέθοδο Olsen βρέθηκε σε ελαιώνα στη περιοχή δυτικά του Νέου Πλατάνου (131 mg/kg ξηρού εδάφους).

6. Στην περιοχή του Αλμυρού παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις τόσο σε νιτρικά όσο και σε νιτρώδη ιόντα. Η υψηλότερη συγκέντρωση σε νιτρικά ιόντα (887mg/kg ξηρού εδάφους) μετρήθηκε σε έδαφος με καλλιέργεια βάμβακος σε περιοχή δυτικά της Ευξεινούπολης, ενώ και η υψηλότερη συγκέντρωση σε νιτρώδη ιόντα (337mg/kg ξηρού εδάφους) μετρήθηκε επίσης σε καλλιέργεια βάμβακος στην ίδια περιοχή. Επειδή πρόκειται για συγκεντρώσεις αρκετά υψηλές, κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω έρευνα στη περιοχή και η διενέργεια νέας δειγματοληψίας, αν είναι εφικτό από τα ίδια εδάφη που παρουσιάζουν αυτές τις υψηλές συγκεντρώσεις.

7. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων και λόγω των εδαφοκλιματικών συνθηκών της περιοχής αλλά και του εντόνου υδρογραφικού δικτύου εκτιμάται ότι τα νιτρικά και τα νιτρώδη ιόντα αποτελούν κύριο ρυπογόνο παράγοντα στη περιοχή του Αλμυρού και ότι υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης των υπογείων και επιφανειακών υδάτων. Ιδίως δε τους χειμερινούς μήνες, όπου το έδαφος μένει ακάλυπτο, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα έκπλυσης των νιτρικών ιόντων στους υπόγειους ορίζοντες.

8. Επιβάλλεται να ληφθούν άμεσα μέτρα για την αντιμετώπιση της νιτρορύπανσης και να παρακολουθείται η ποιότητα του ύδατος ύδρευσης στην ευρύτερη περιοχή.

9. Οι θεματικοί χάρτες του φωσφόρου, των νιτρικών ιόντων και των νιτρωδών δύναται να χρησιμοποιηθούν για περιβαλλοντικούς σκοπούς, να ληφθούν υπ' όψη για περαιτέρω έρευνα και να αποτελέσουν τη βάση για την ανάπτυξη της περιοχής και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών κινδύνων από ρυπογόνες συγκεντρώσεις φωσφόρου, νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στα εδάφη.

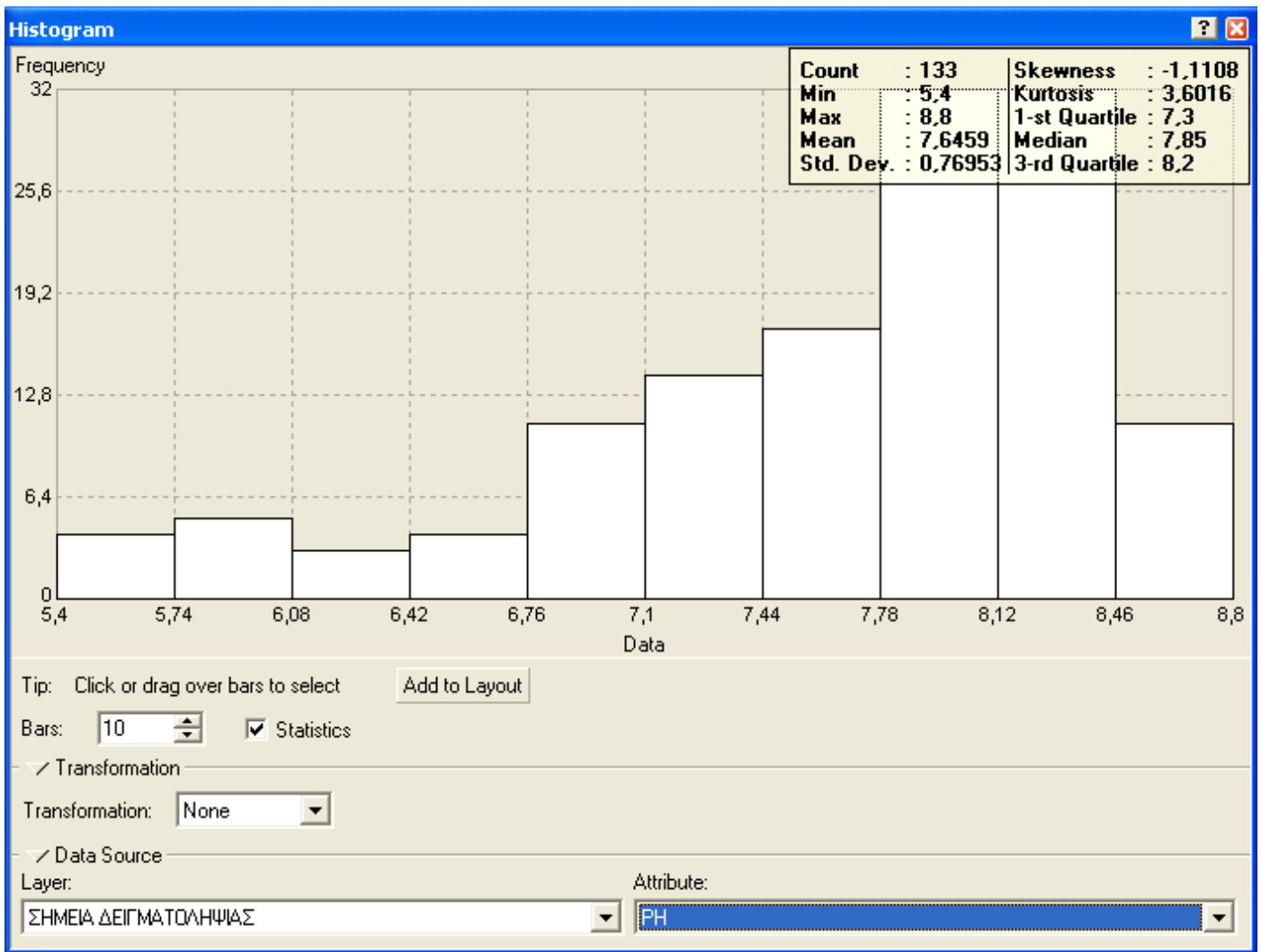


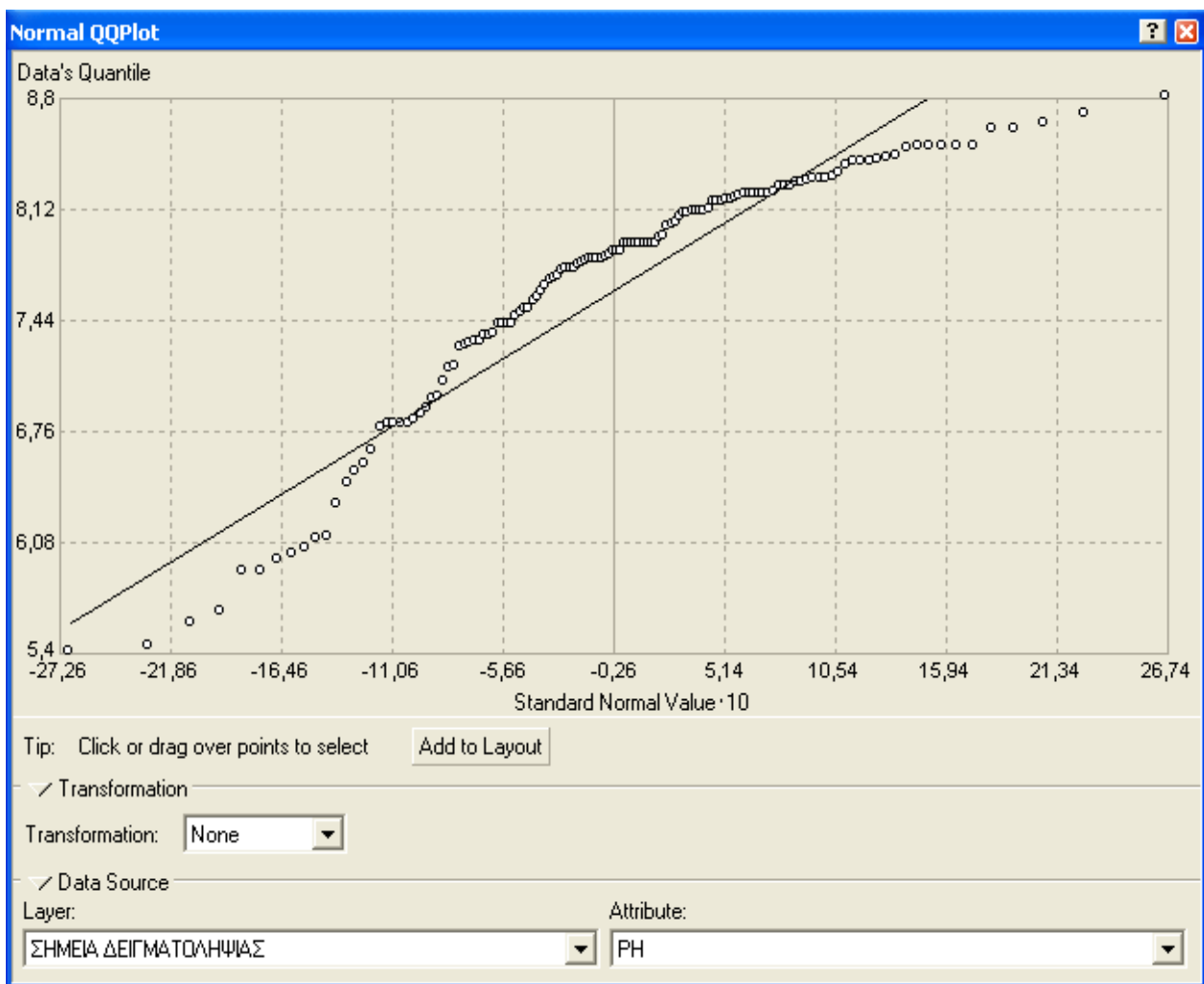
Επιπλέον, παρέχουν τη δυνατότητα συνεχούς ανανέωσης της βάσης δεδομένων τους αλλά και της διόρθωσης ή και ακόμη και βελτίωσης της πρόβλεψης του βαθμού ρύπανσης της περιοχής μελέτης.

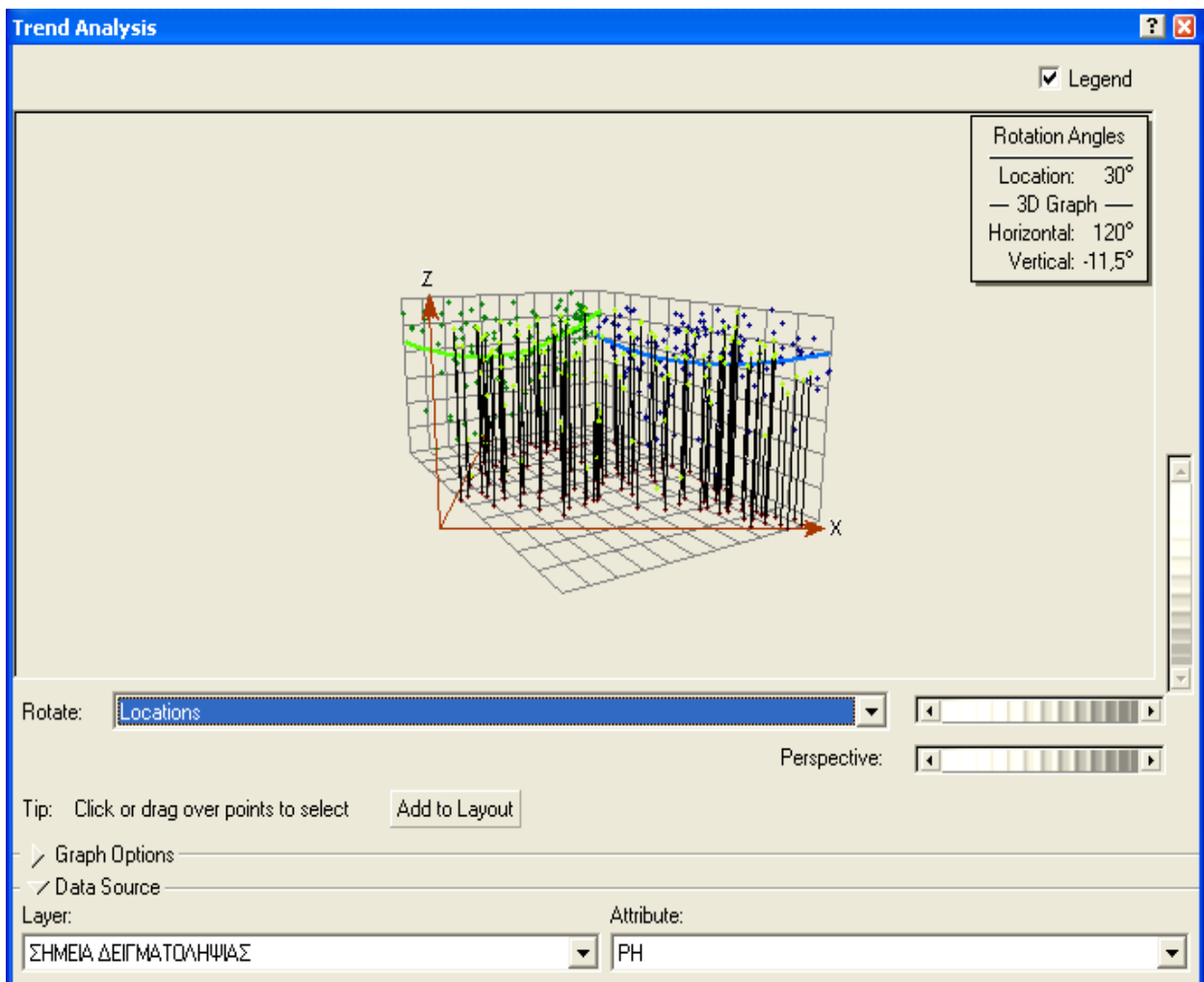
10. Η περιοχή του βάλτου βρίσκεται πολύ κοντά στη θάλασσα και στα χαμηλότερα σημεία αυτής η θάλασσα σχεδόν μπαινοβγαίνει στην ξηρά (αποτελεί δηλαδή ένα estuary). Είναι δε πάρα πολύ ευαίσθητη οικολογικά περιοχή και προτείνεται να συνταχθεί μια πολύ λεπτομερής εδαφολογική μελέτη, για την όσο το δυνατόν άριστη από κάθε πλευρά διαχείριση, αυτού του πολύ ευαίσθητου οικοσυστήματος.

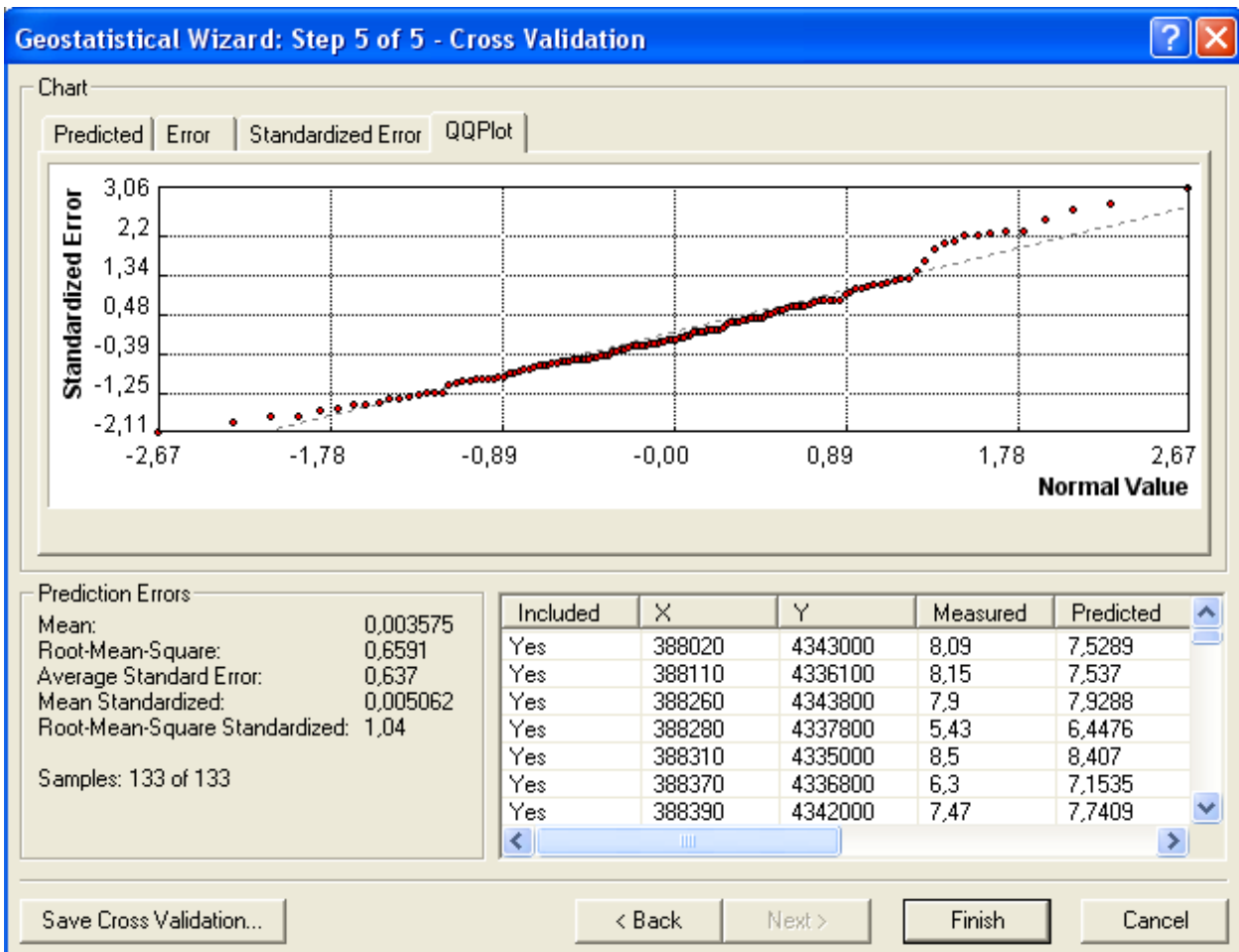
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

# pH





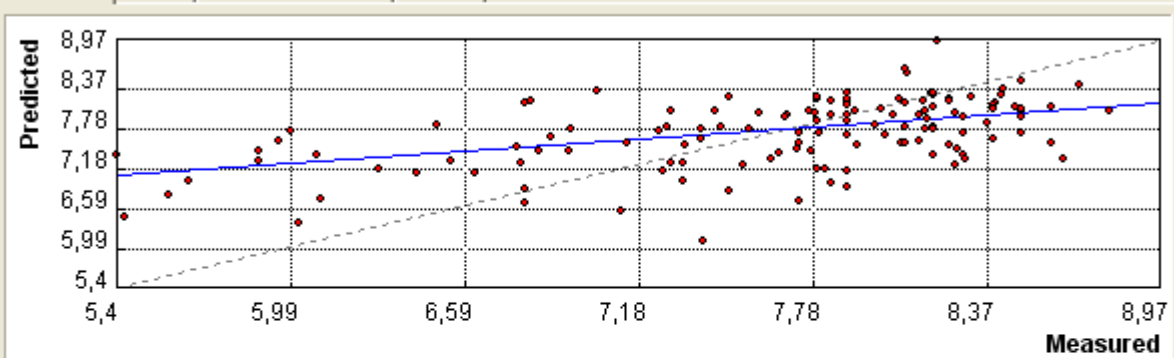




Geostatistical Wizard: Step 5 of 5 - Cross Validation

Chart

Predicted | Error | Standardized Error | QQPlot



Regression function:  $0,293 * x + 5,444$

Prediction Errors

Mean: 0,003575  
 Root-Mean-Square: 0,6591  
 Average Standard Error: 0,637  
 Mean Standardized: 0,005062  
 Root-Mean-Square Standardized: 1,04

Samples: 133 of 133

Included	X	Y	Measured	Predicted
Yes	388020	4343000	8,09	7,5289
Yes	388110	4336100	8,15	7,537
Yes	388260	4343800	7,9	7,9288
Yes	388280	4337800	5,43	6,4476
Yes	388310	4335000	8,5	8,407
Yes	388370	4336800	6,3	7,1535
Yes	388390	4342000	7,47	7,7409

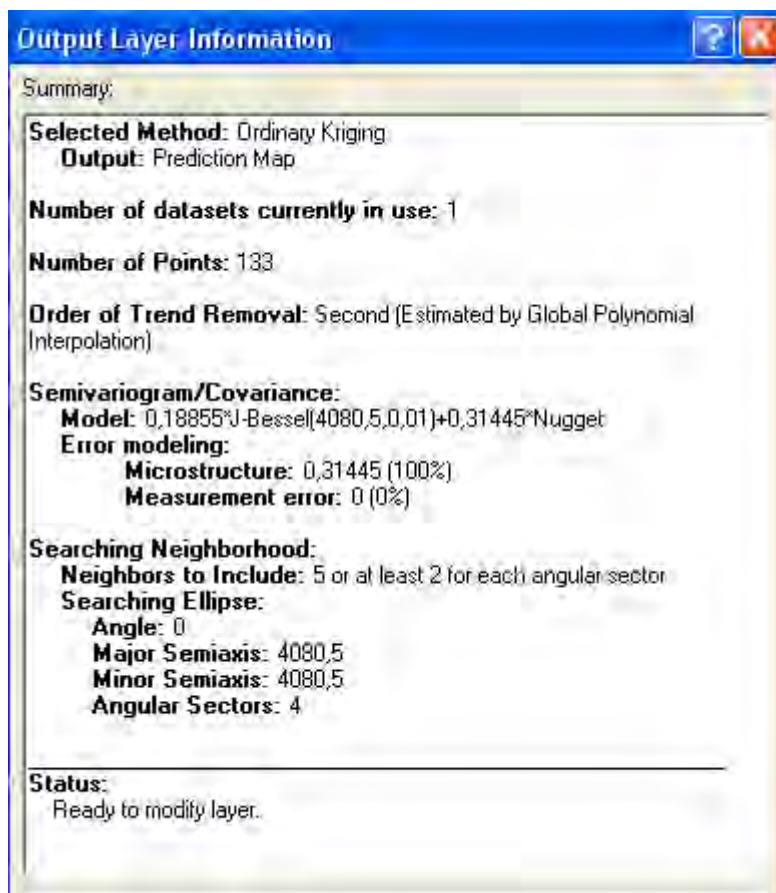
Save Cross Validation...

< Back

Next >

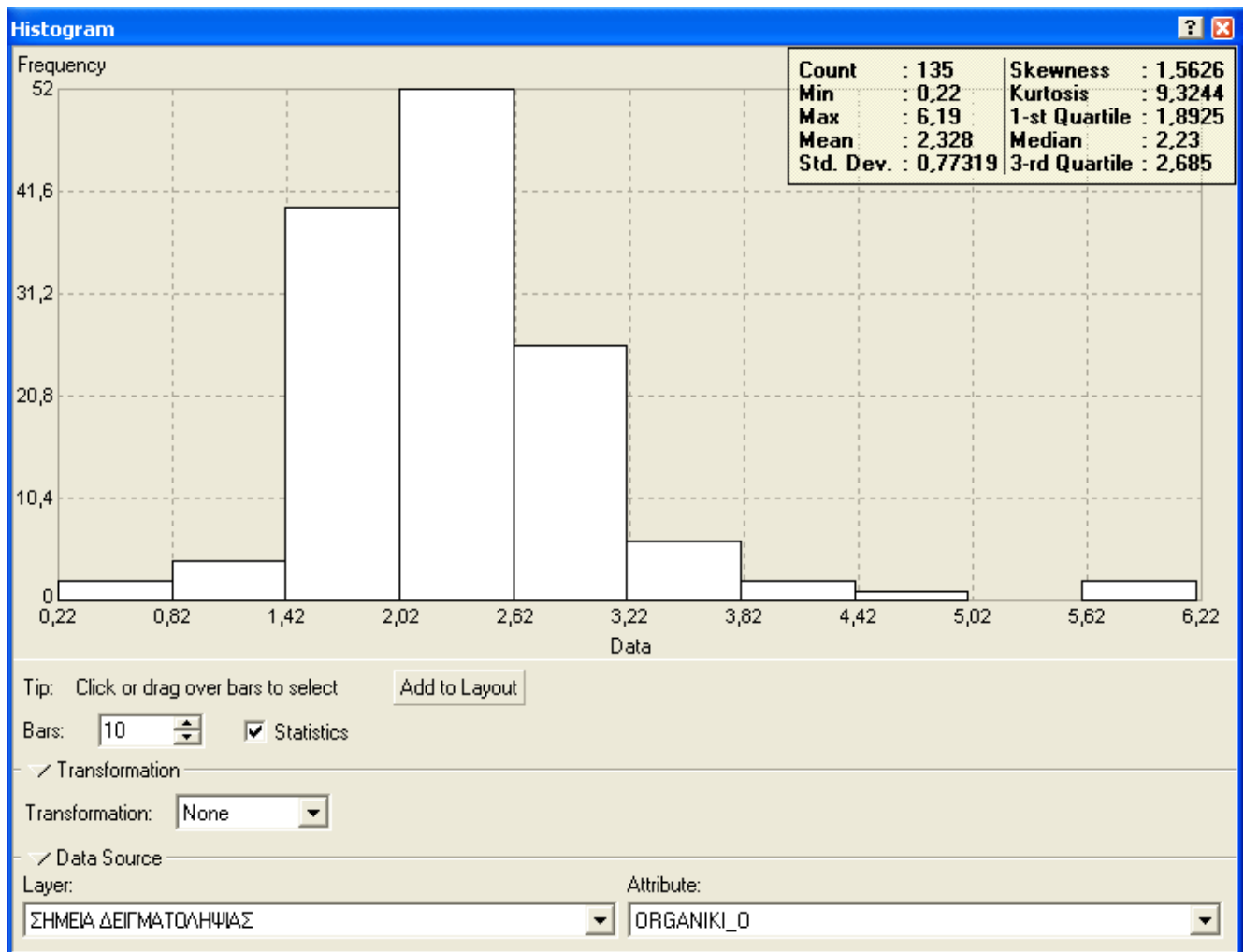
Finish

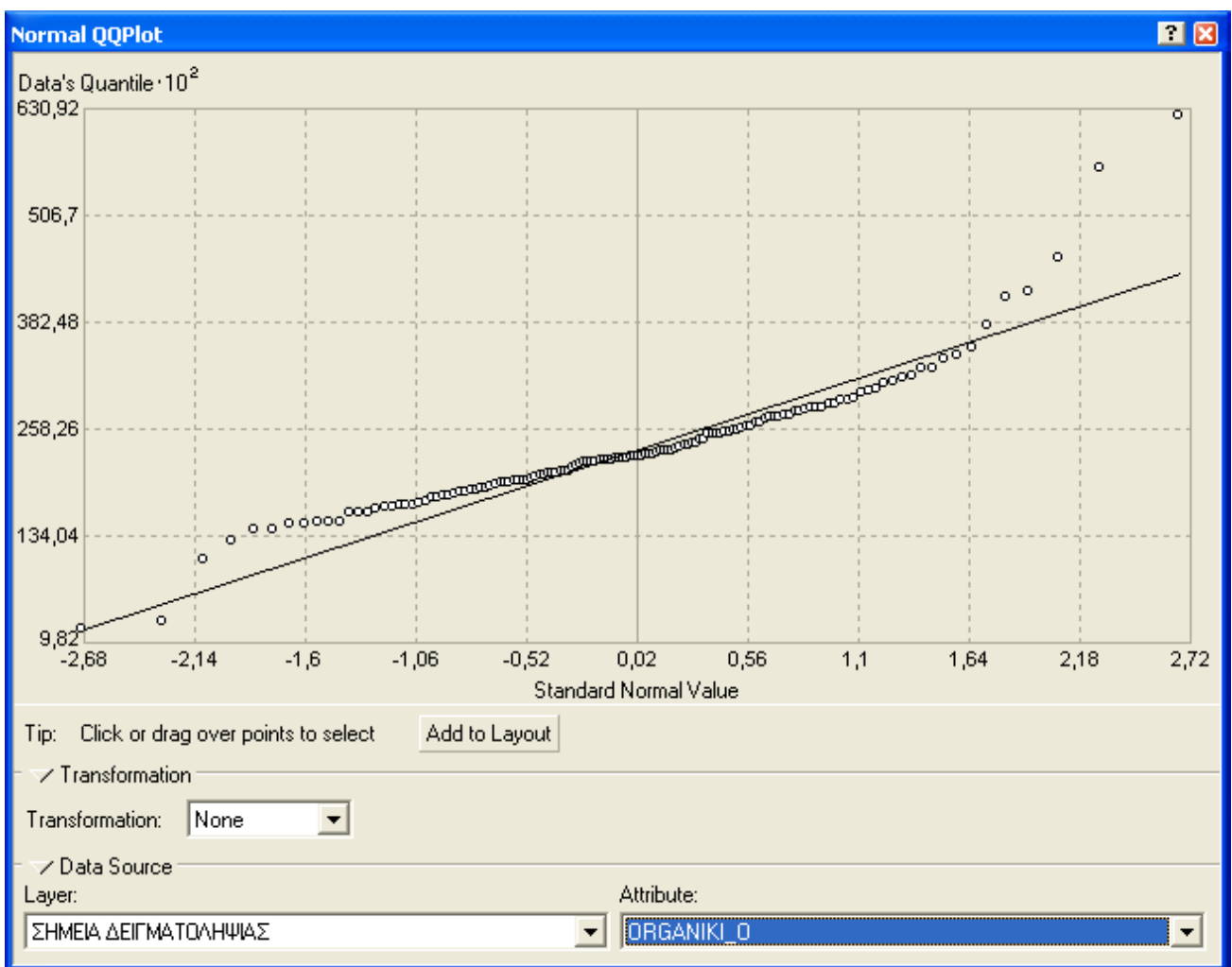
Cancel

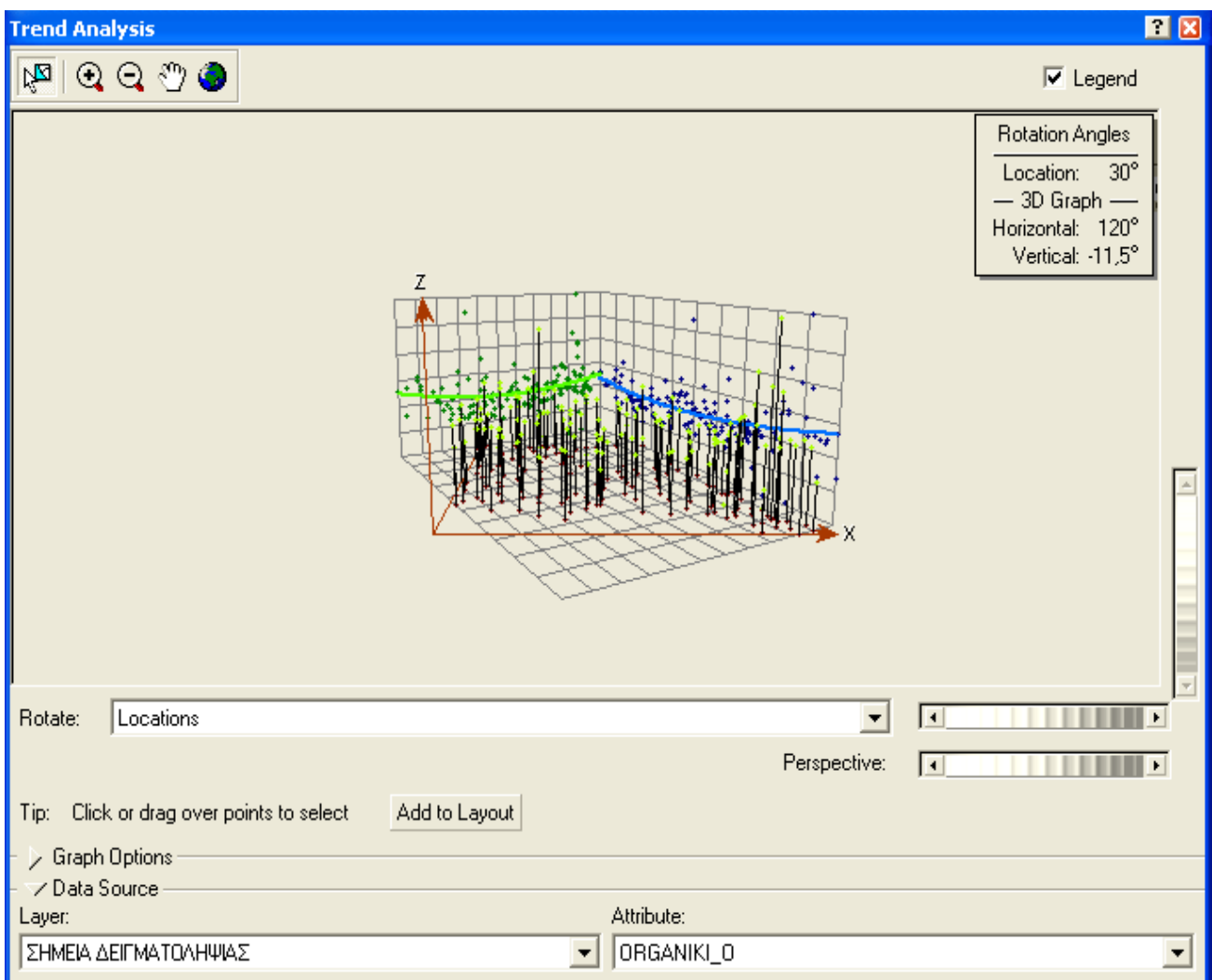


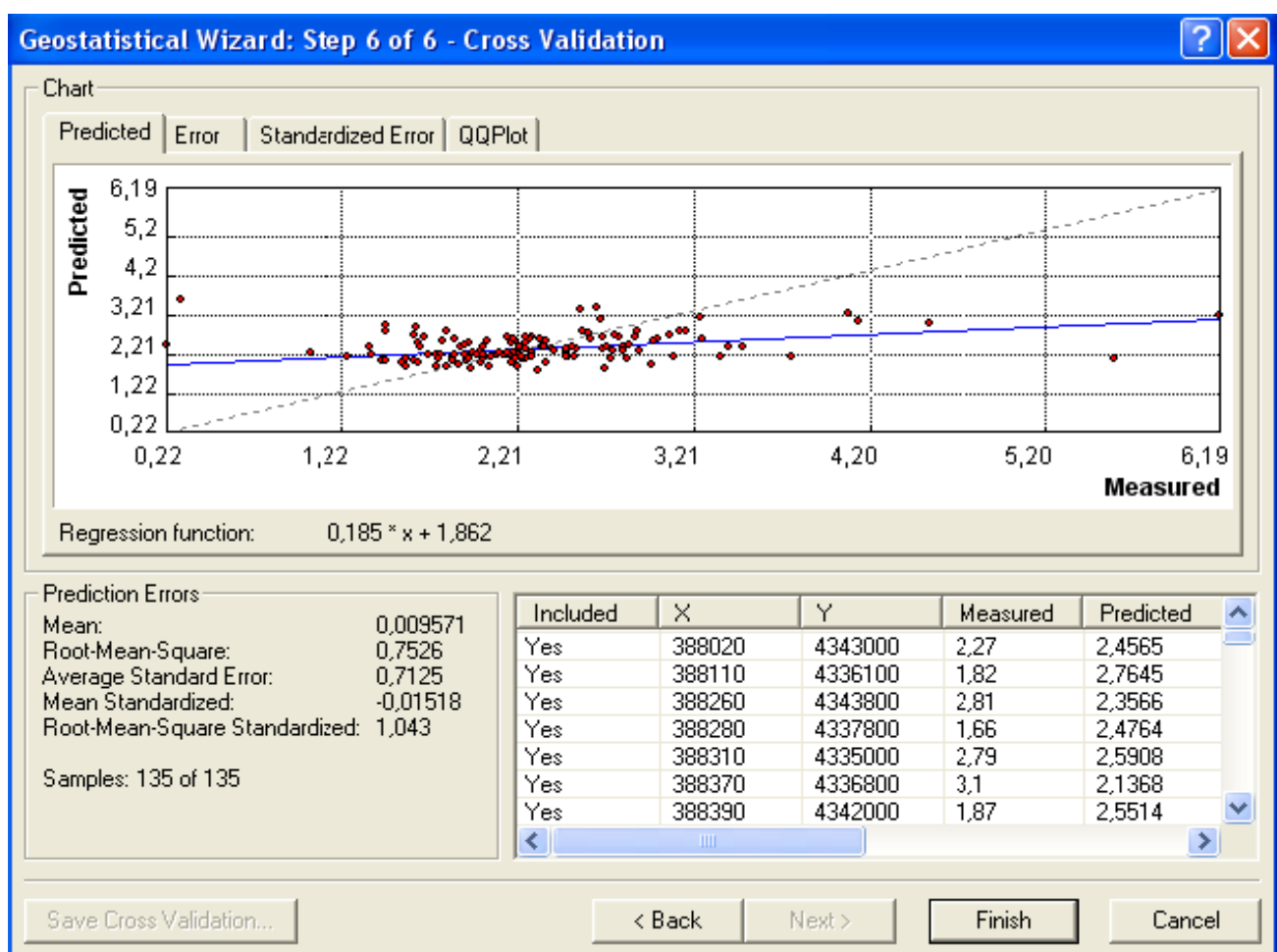


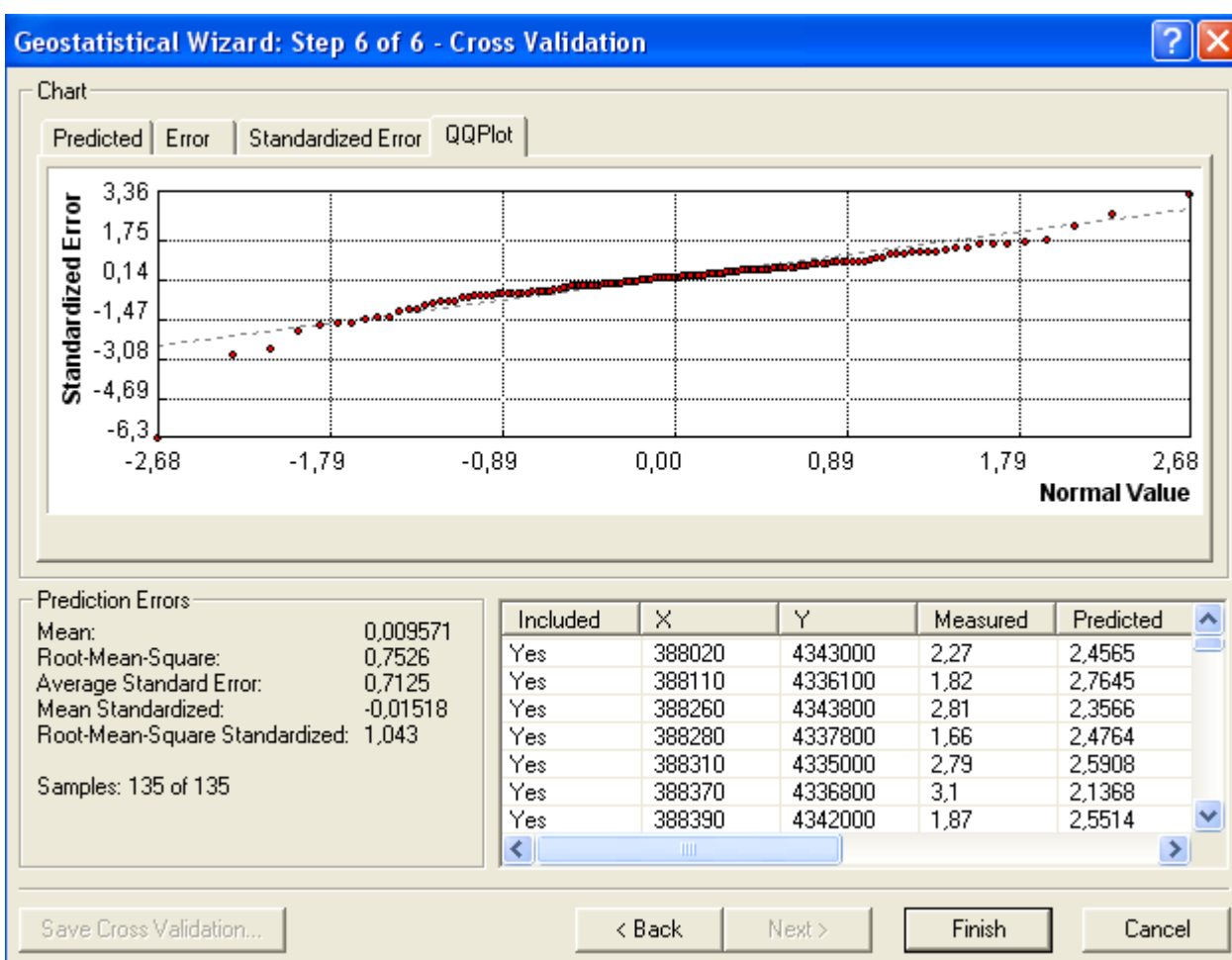
## Οργανική ουσία





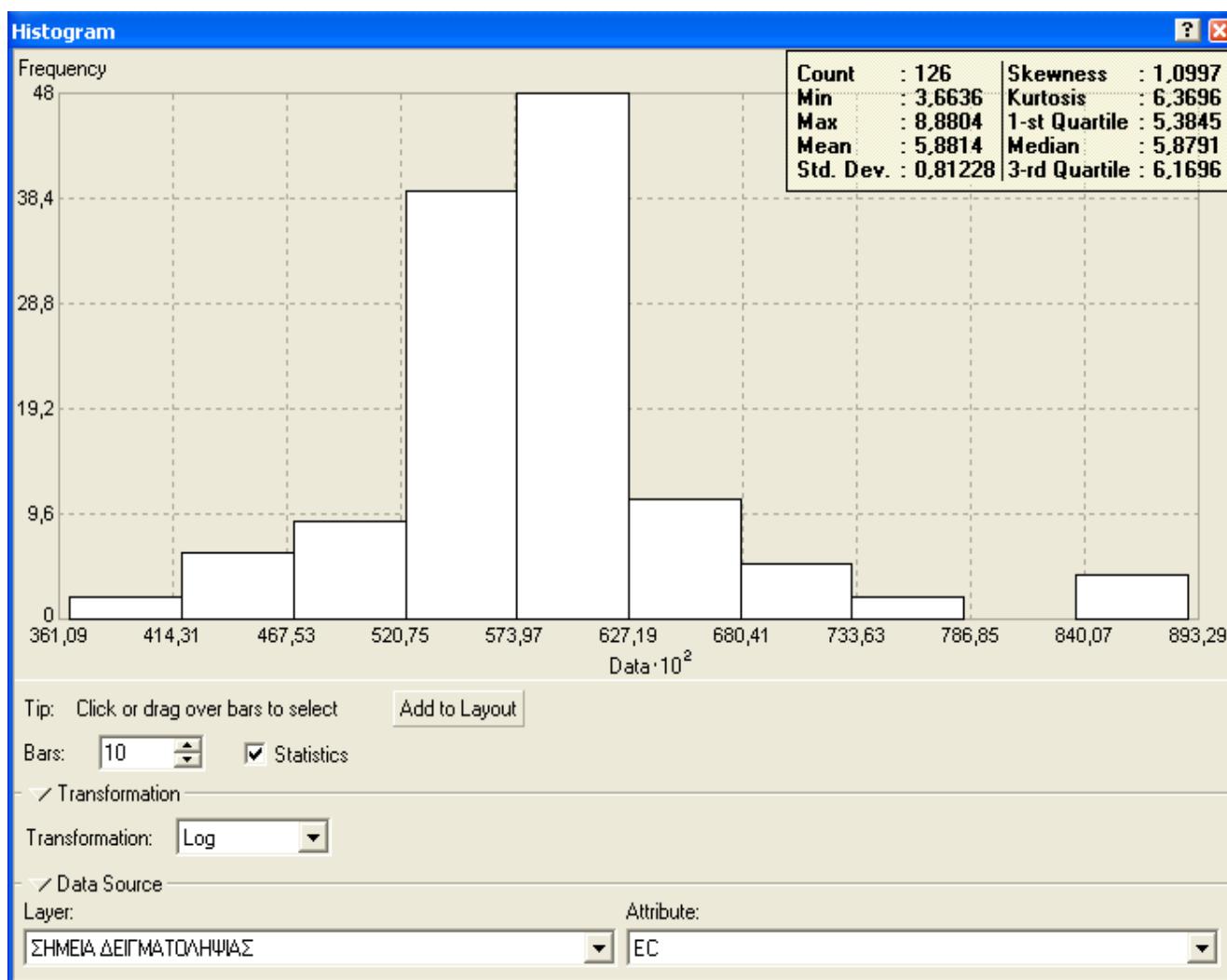


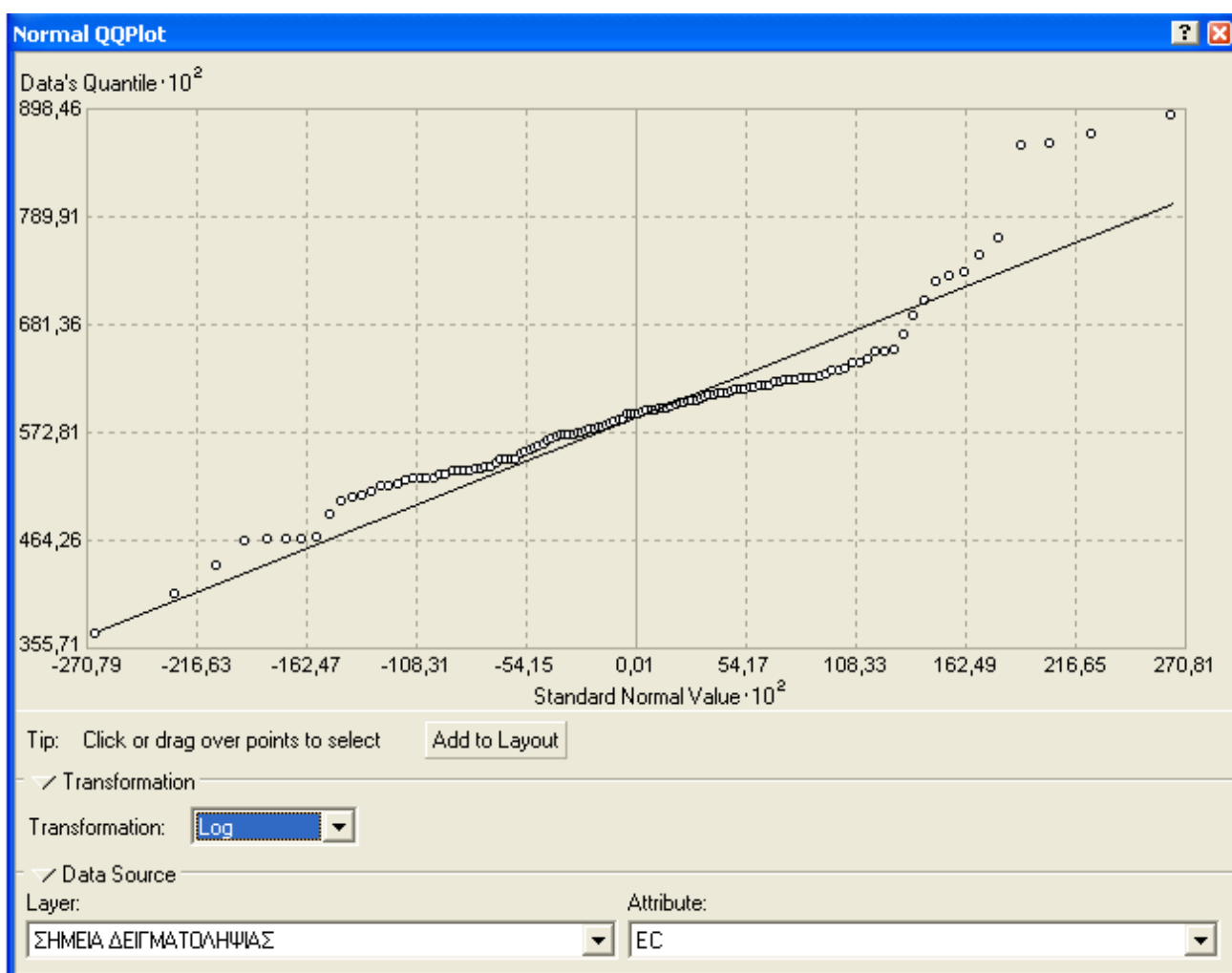




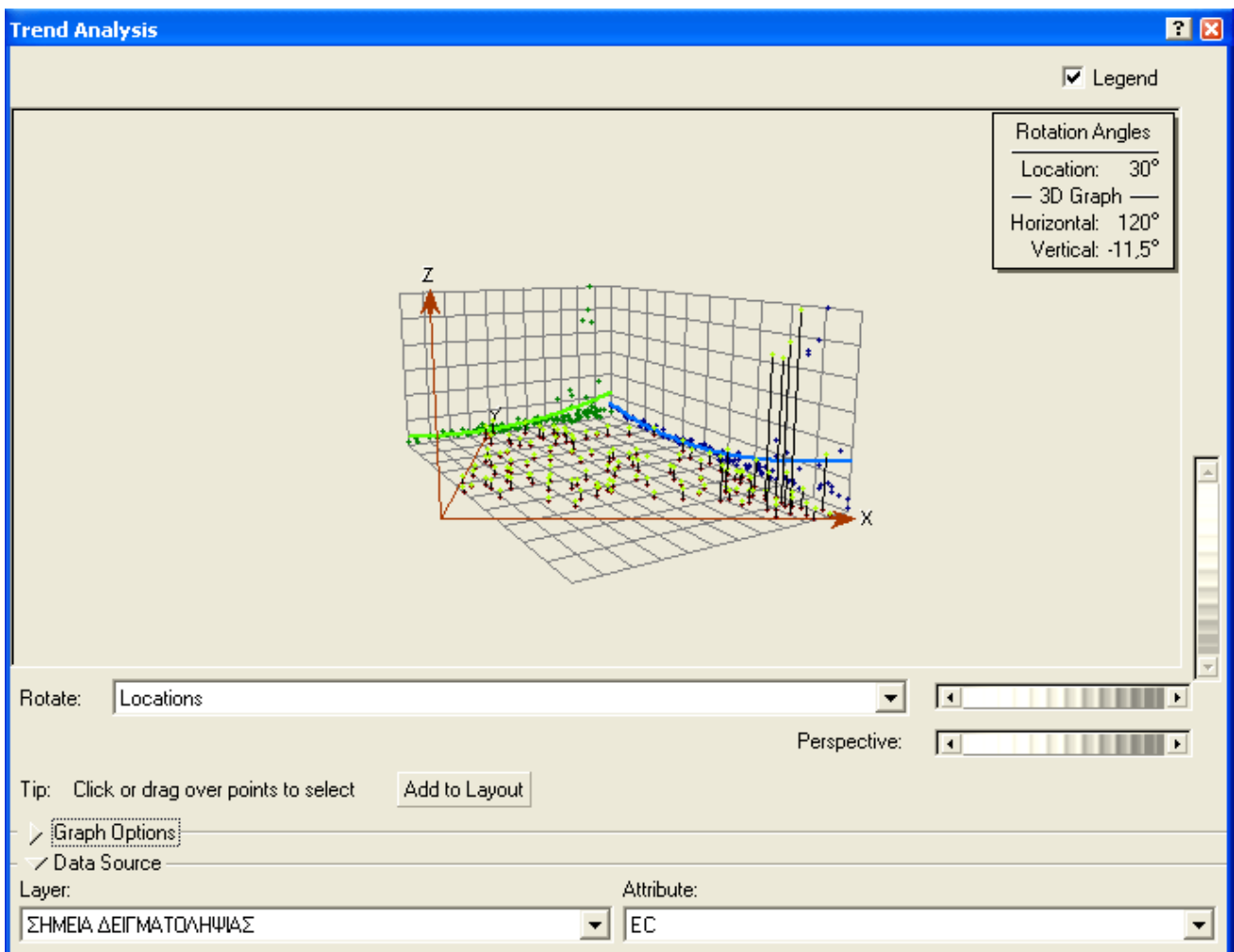


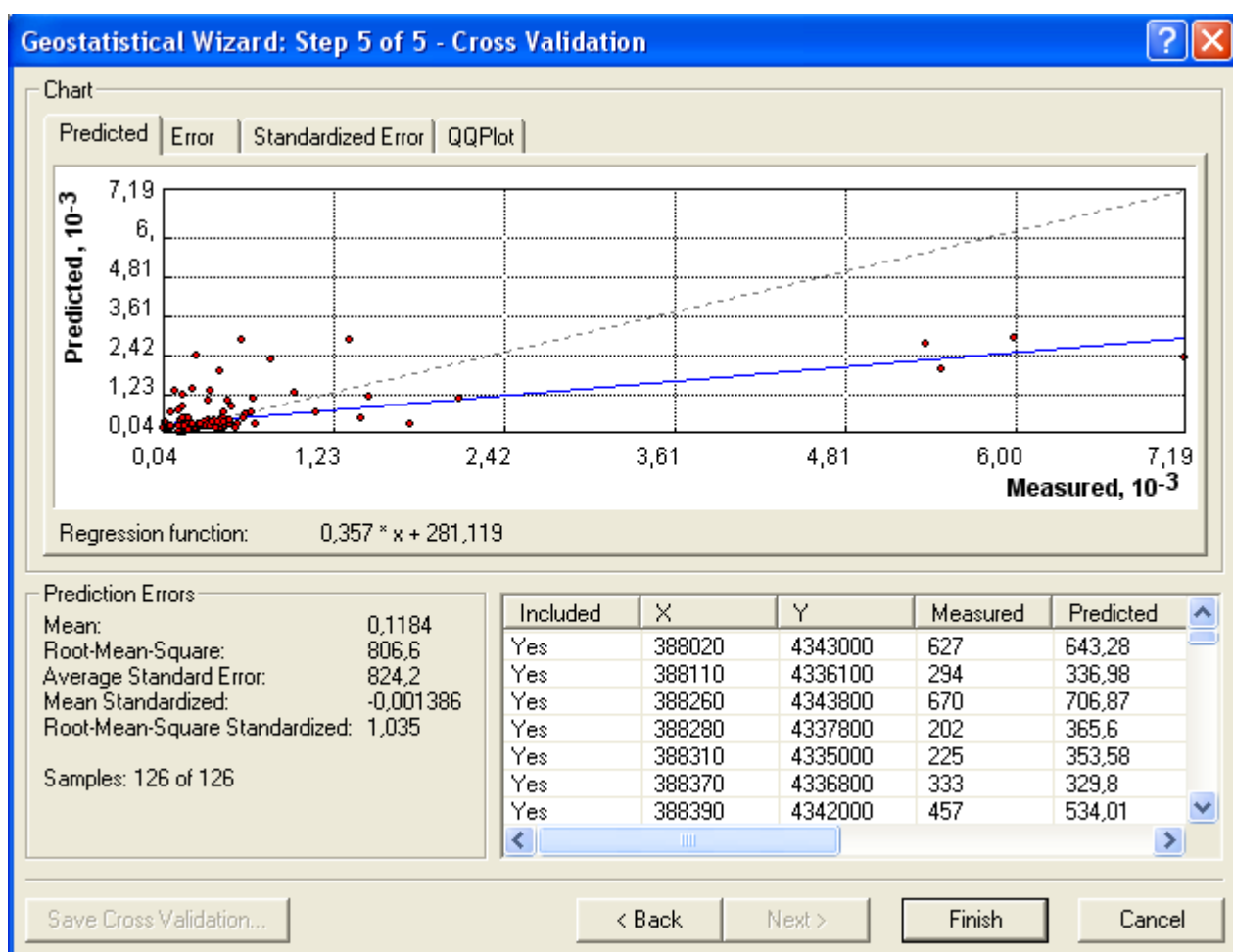
# Ηλεκτρική αγωγιμότητα

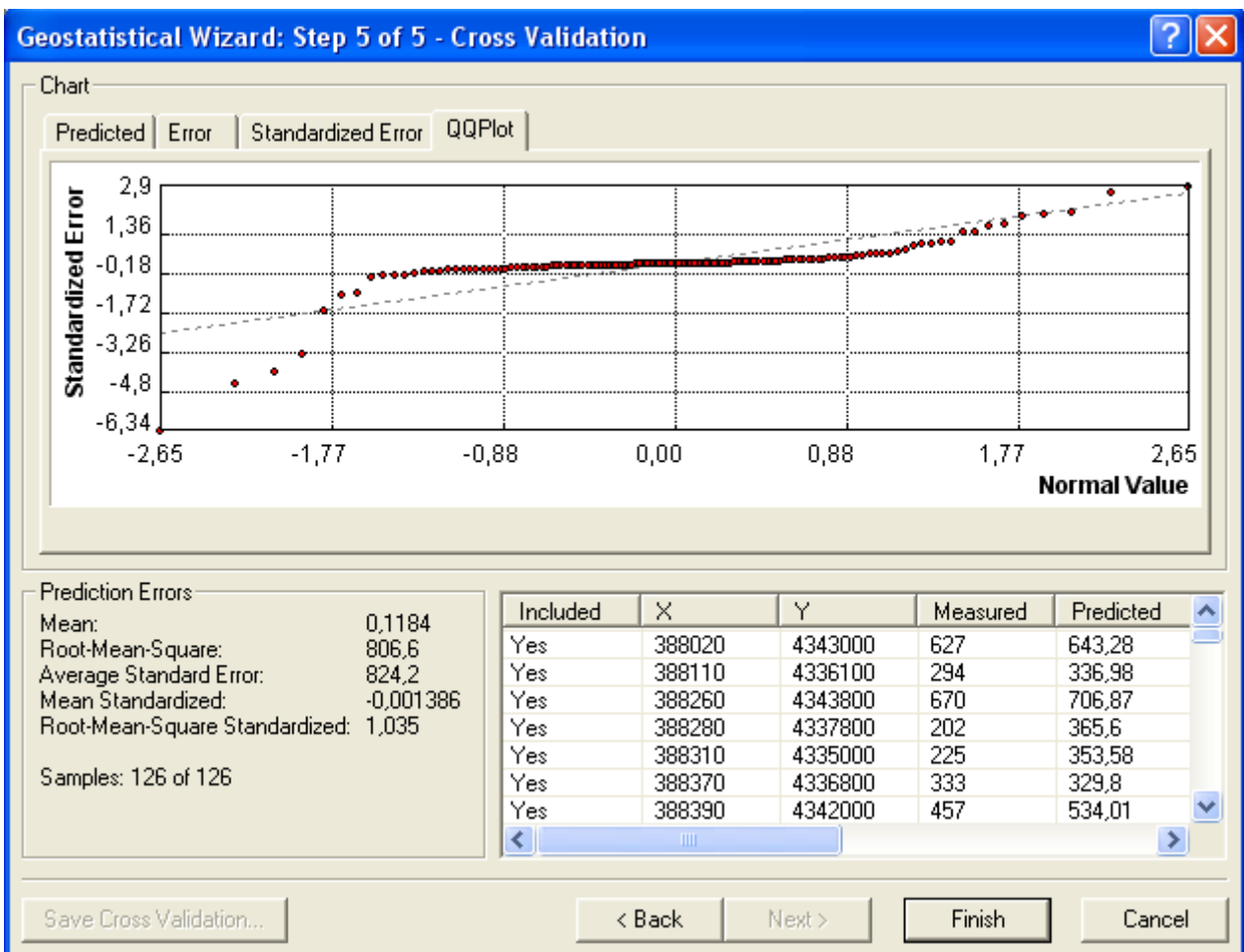






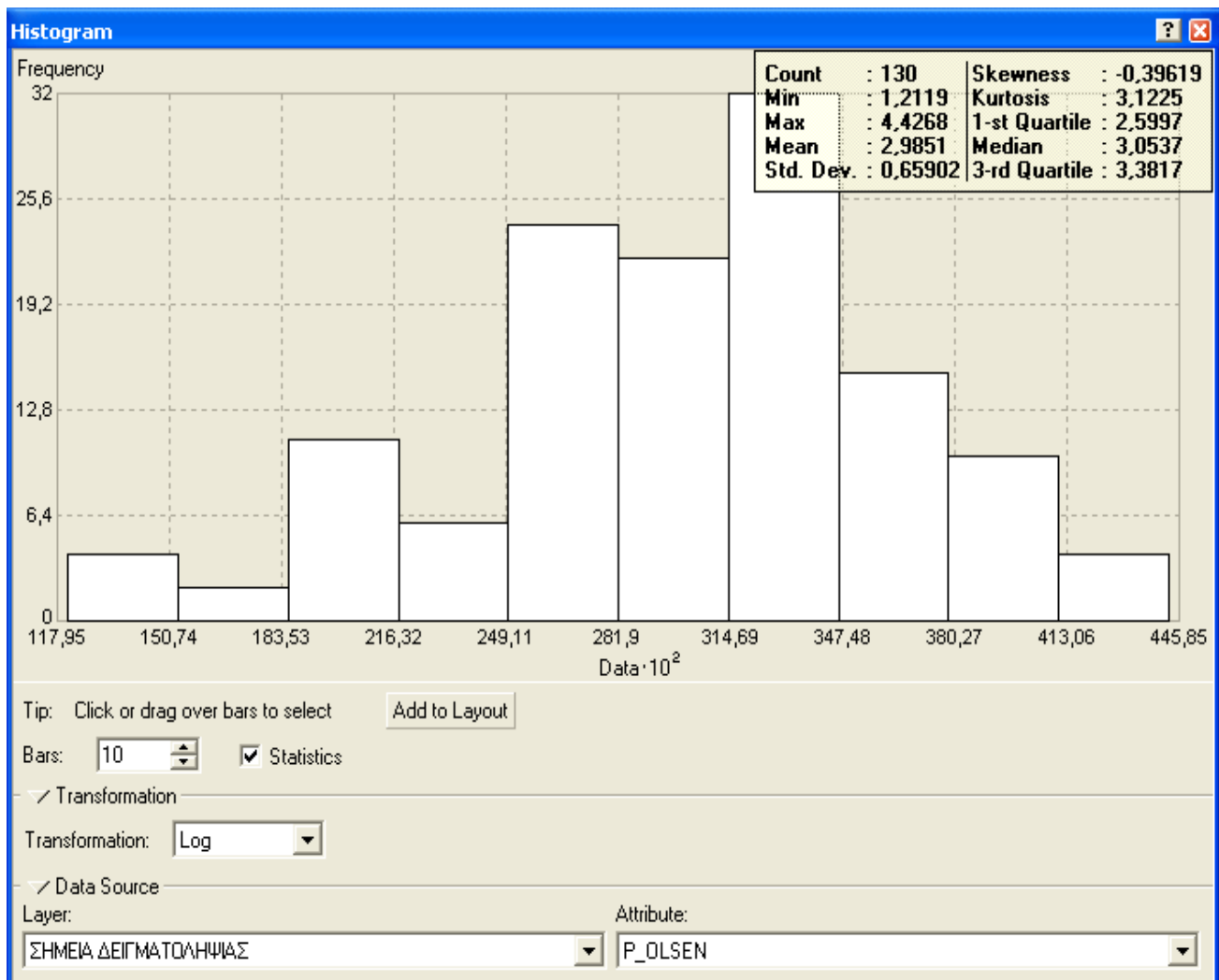


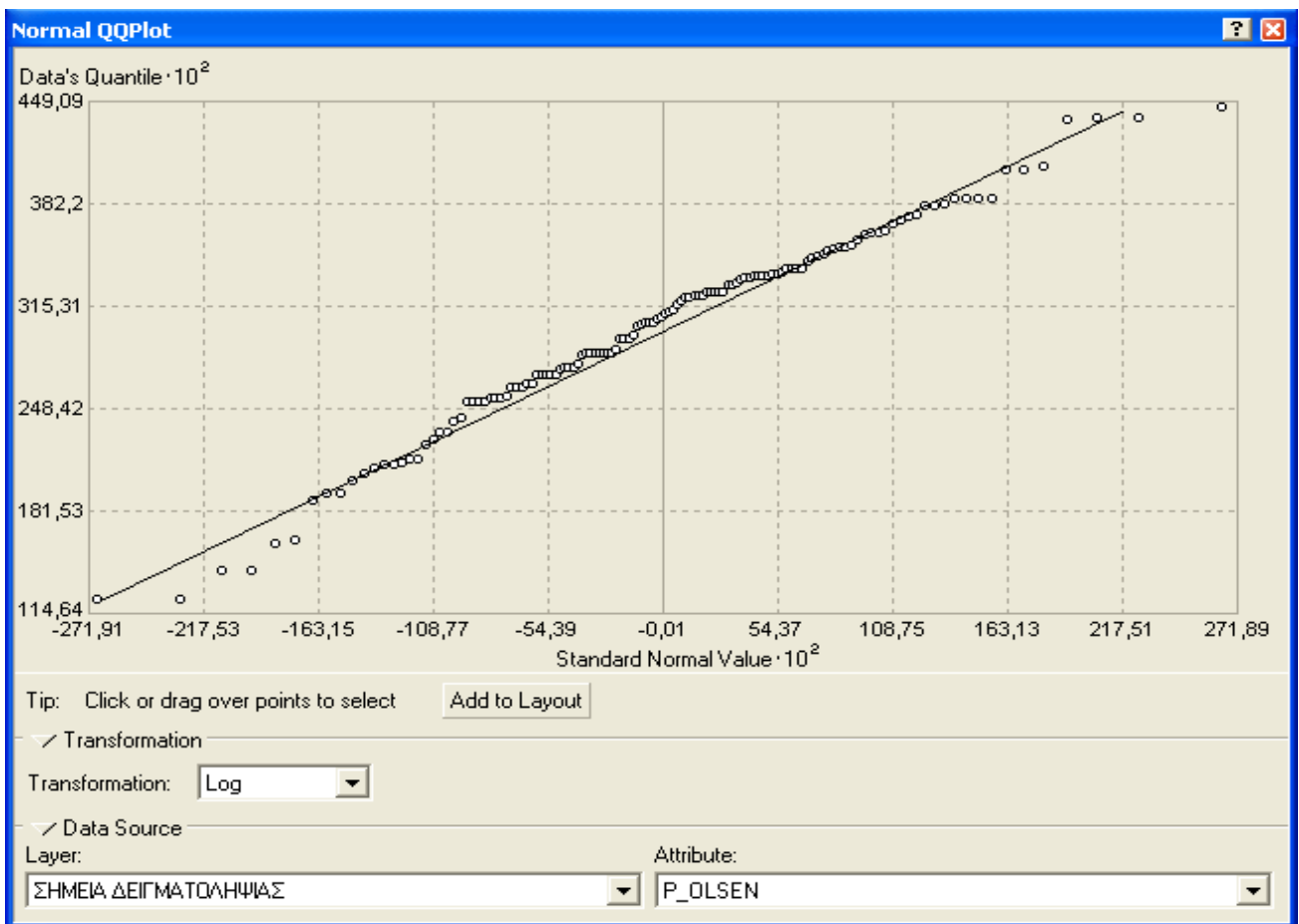


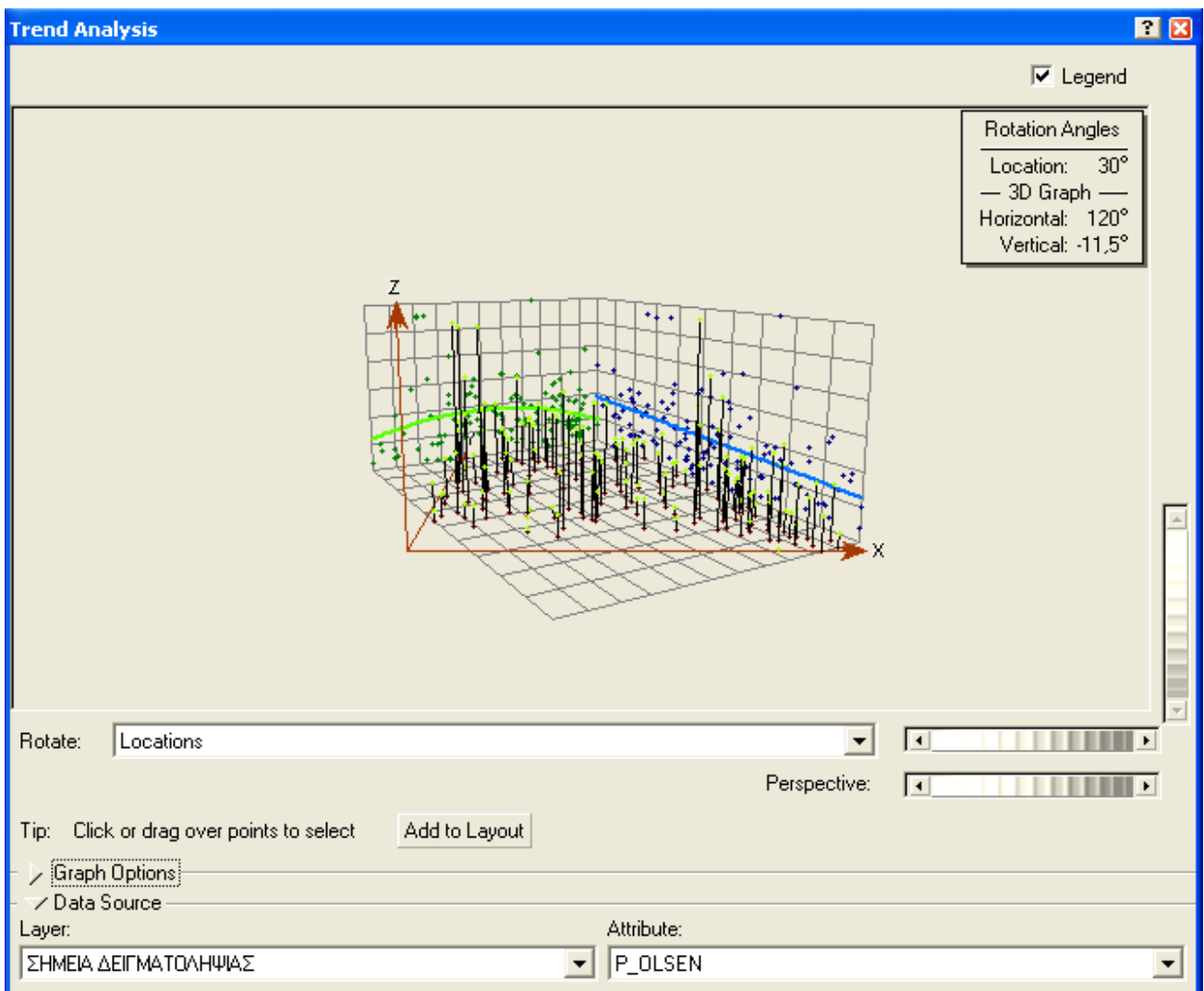


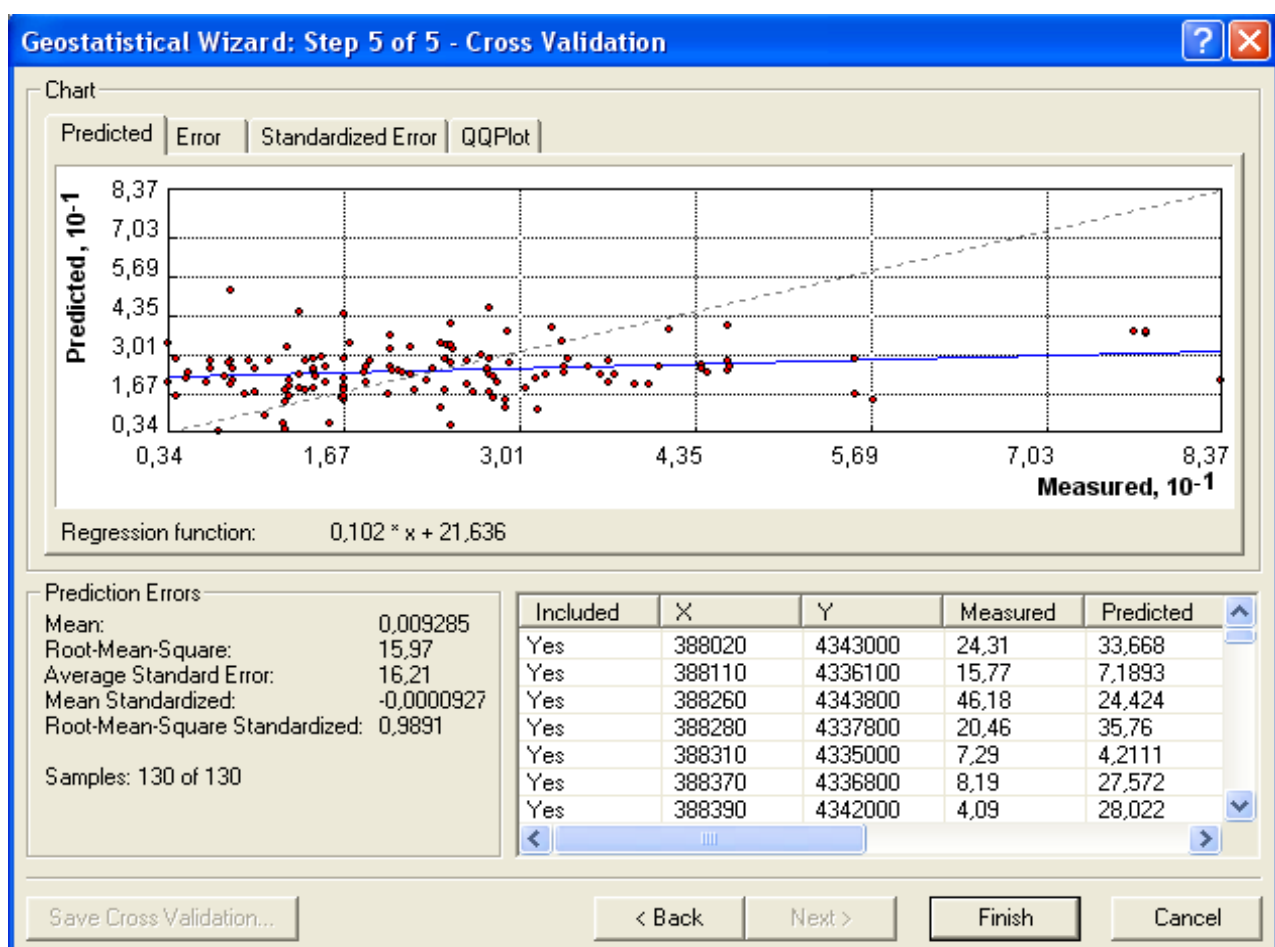


# Φώσφορος

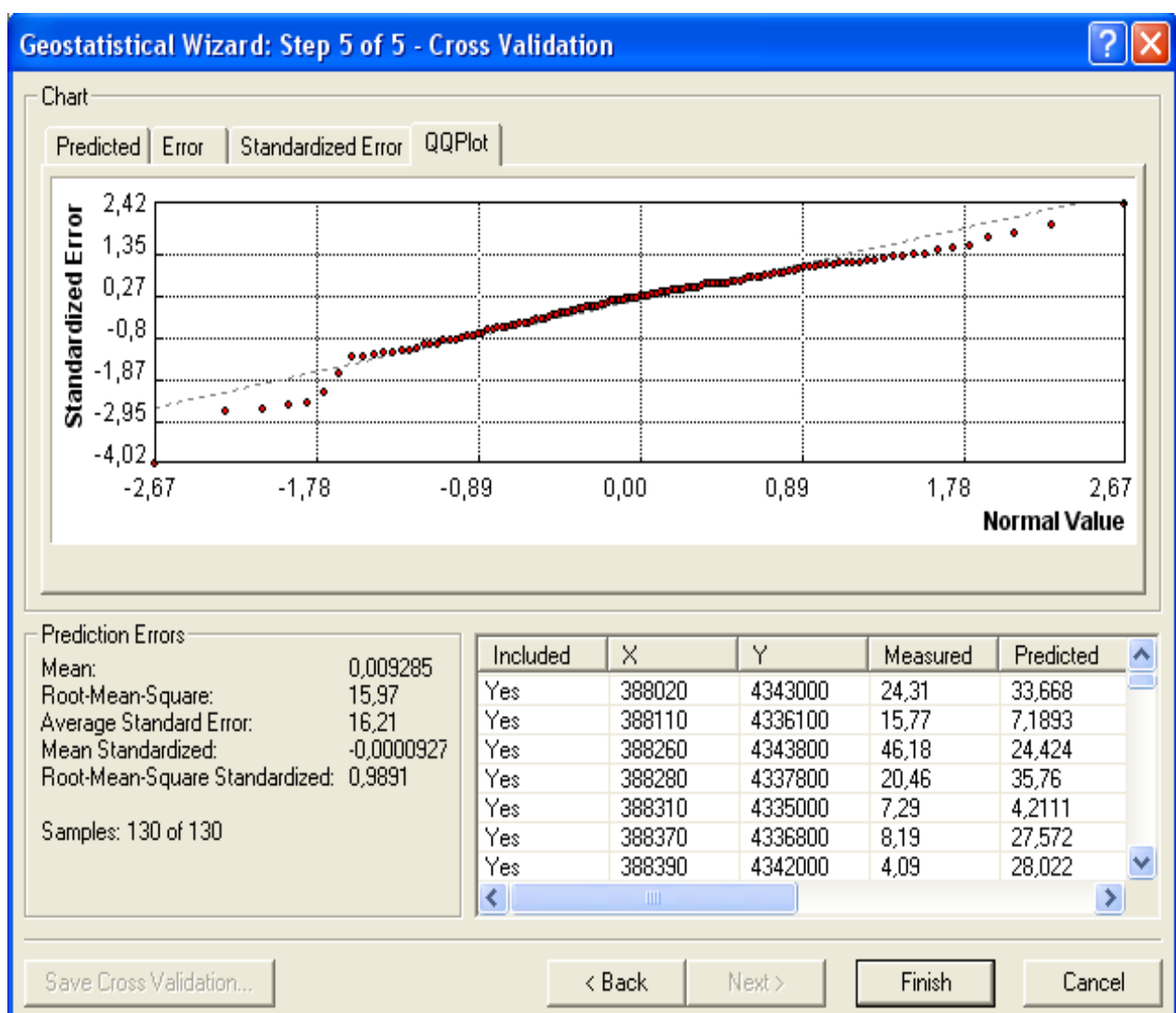


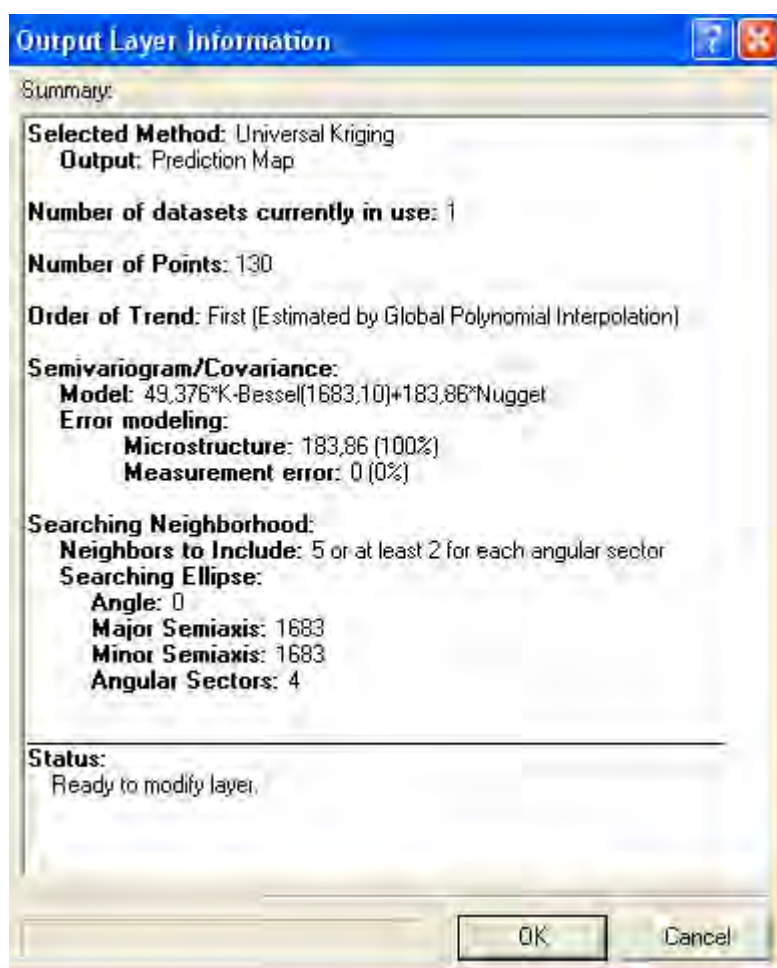




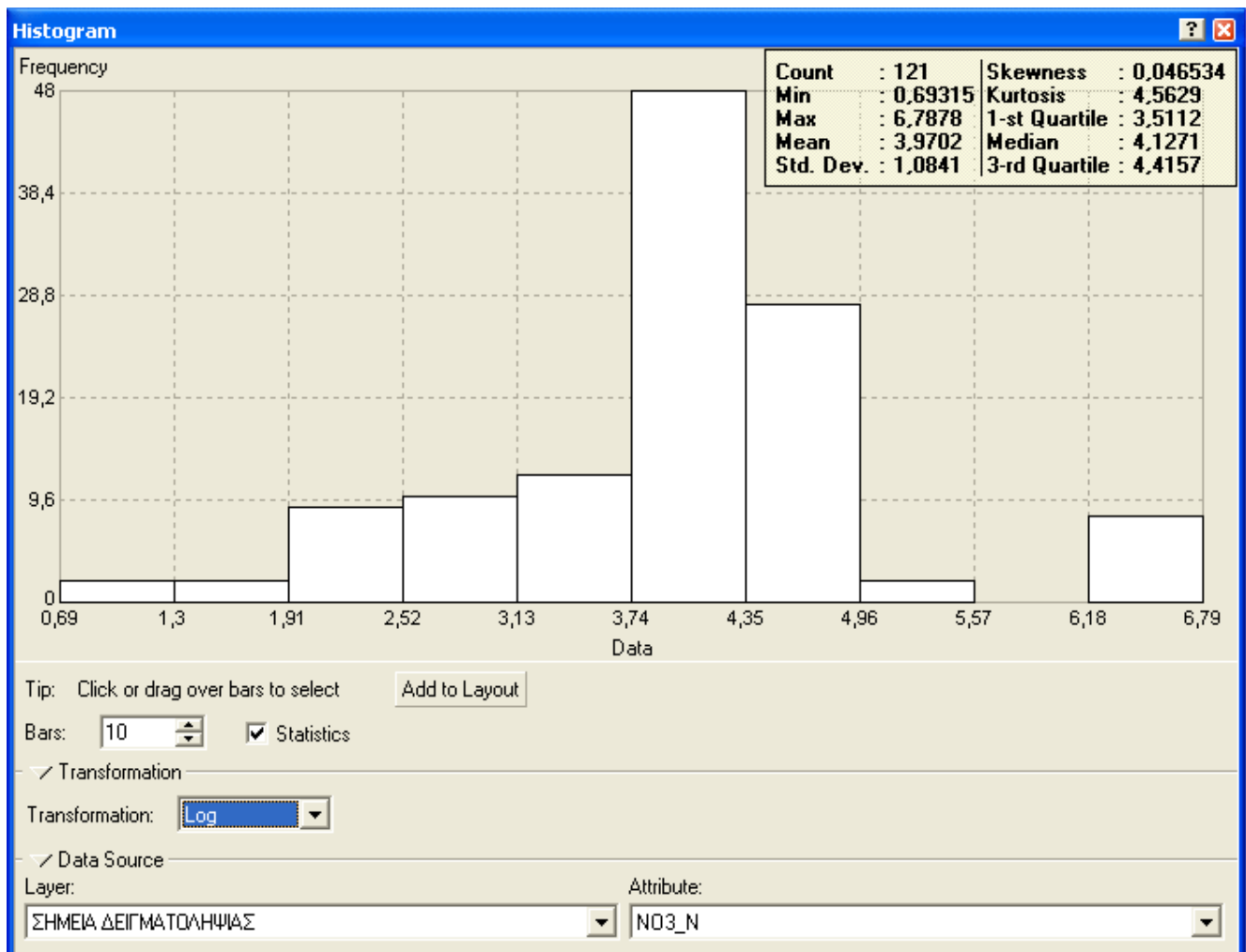


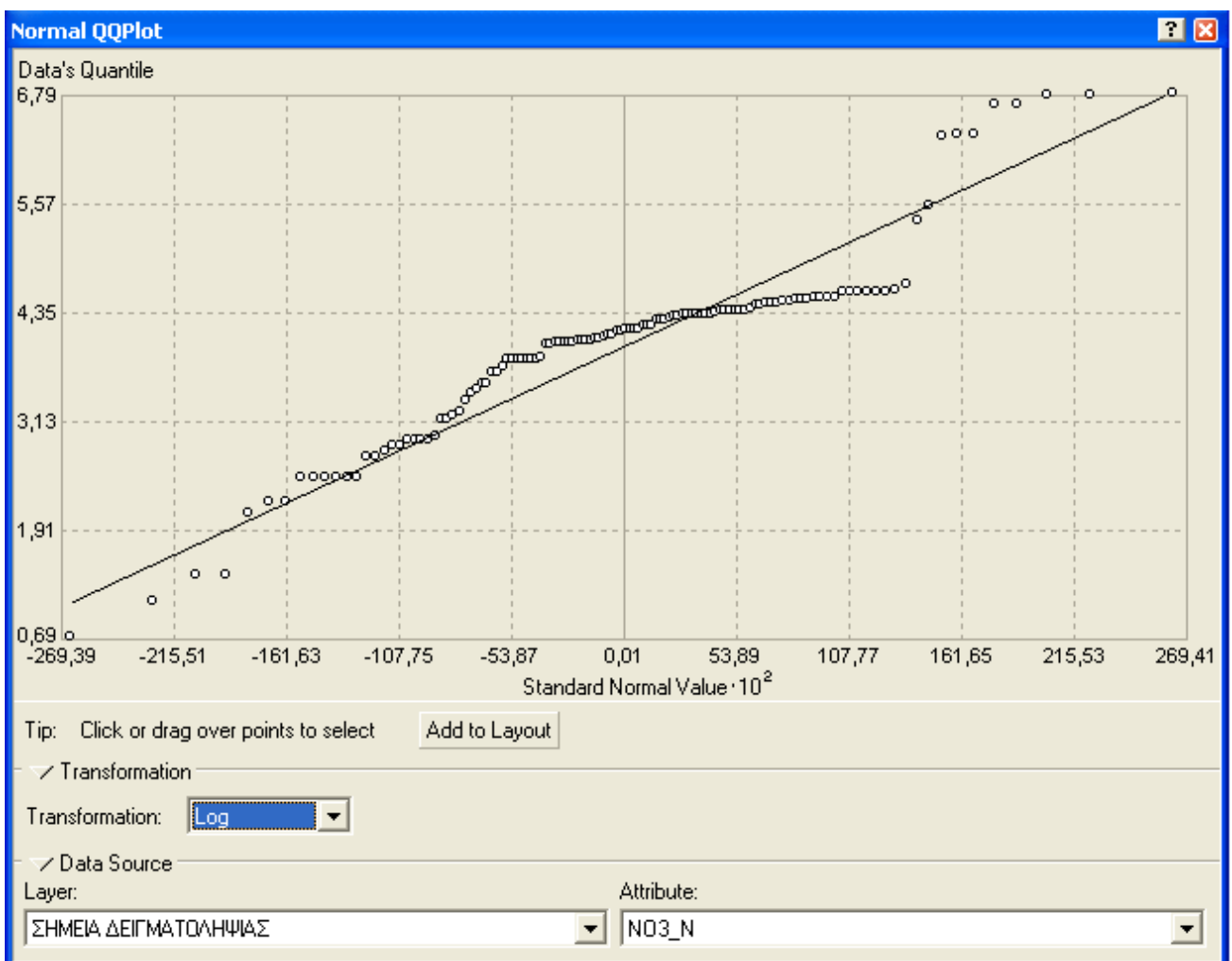


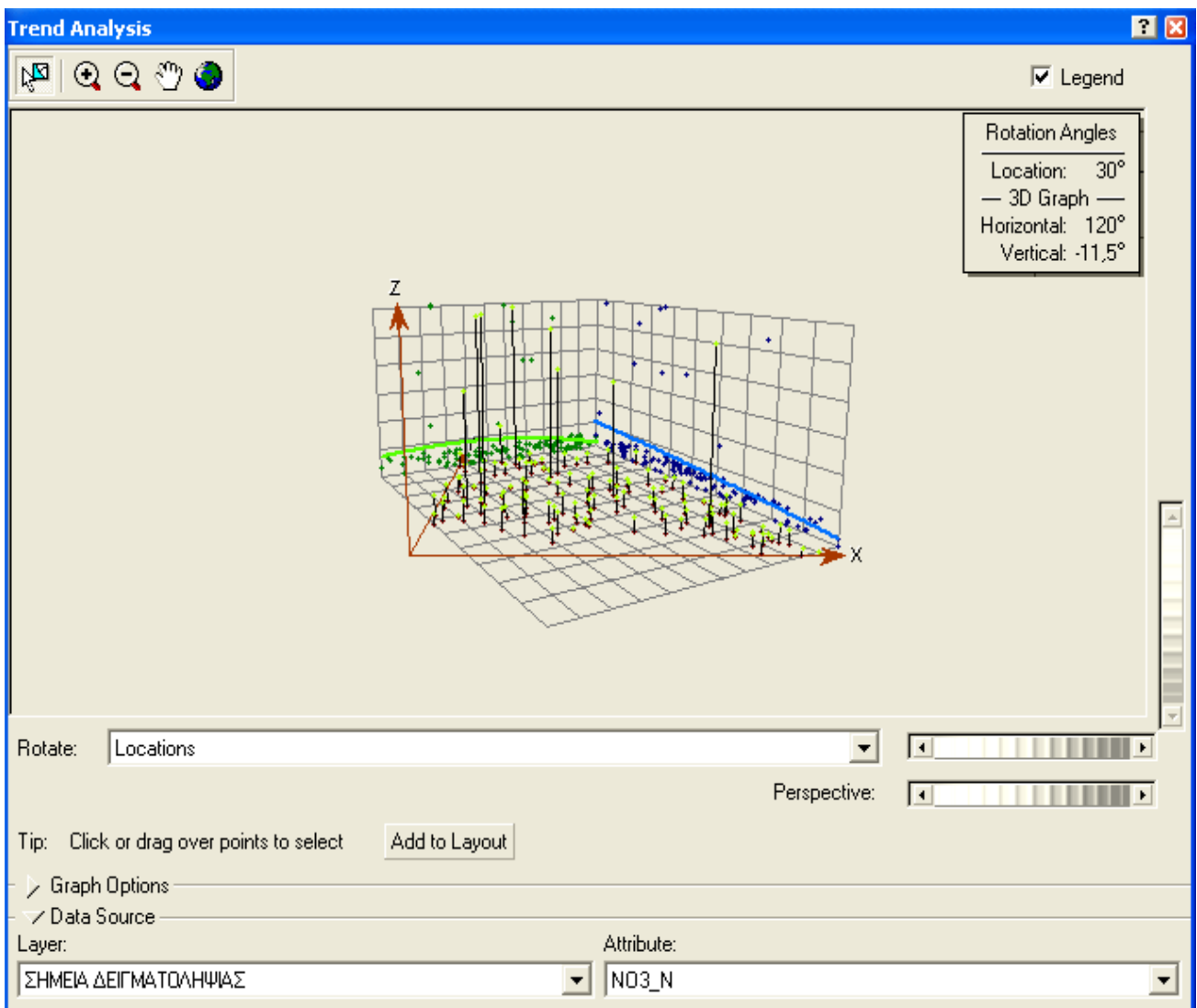


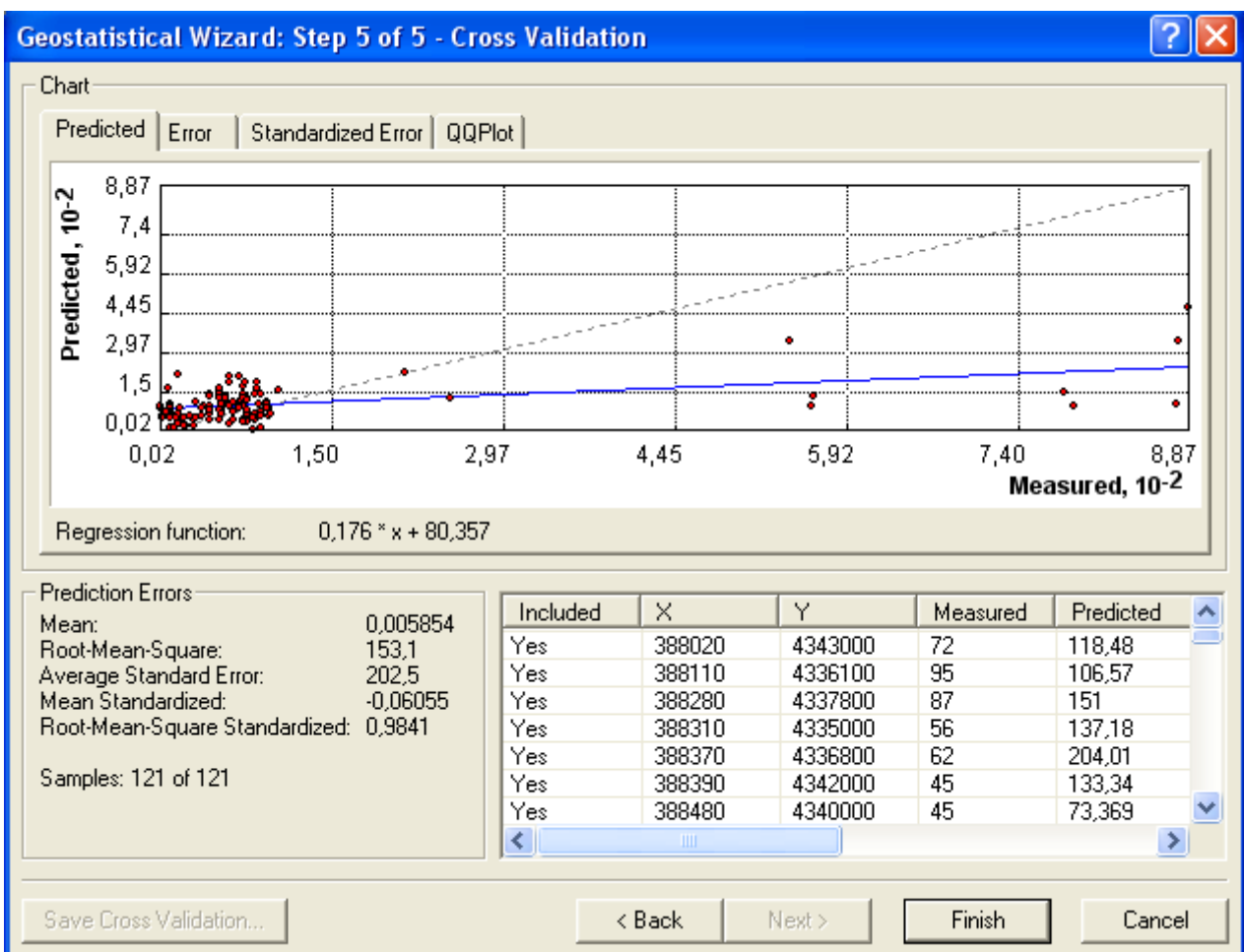


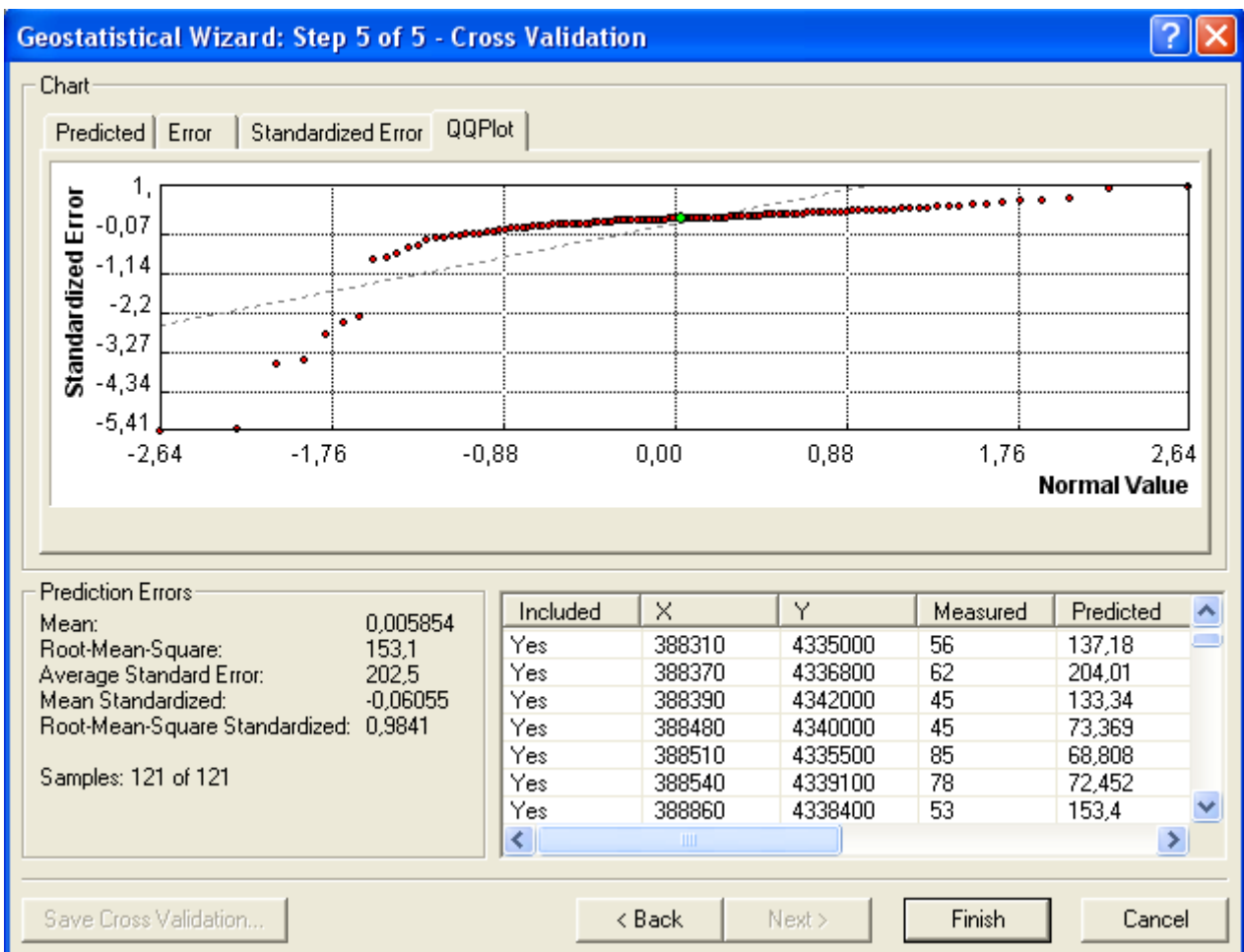
# Νιτρικά Ιόντα

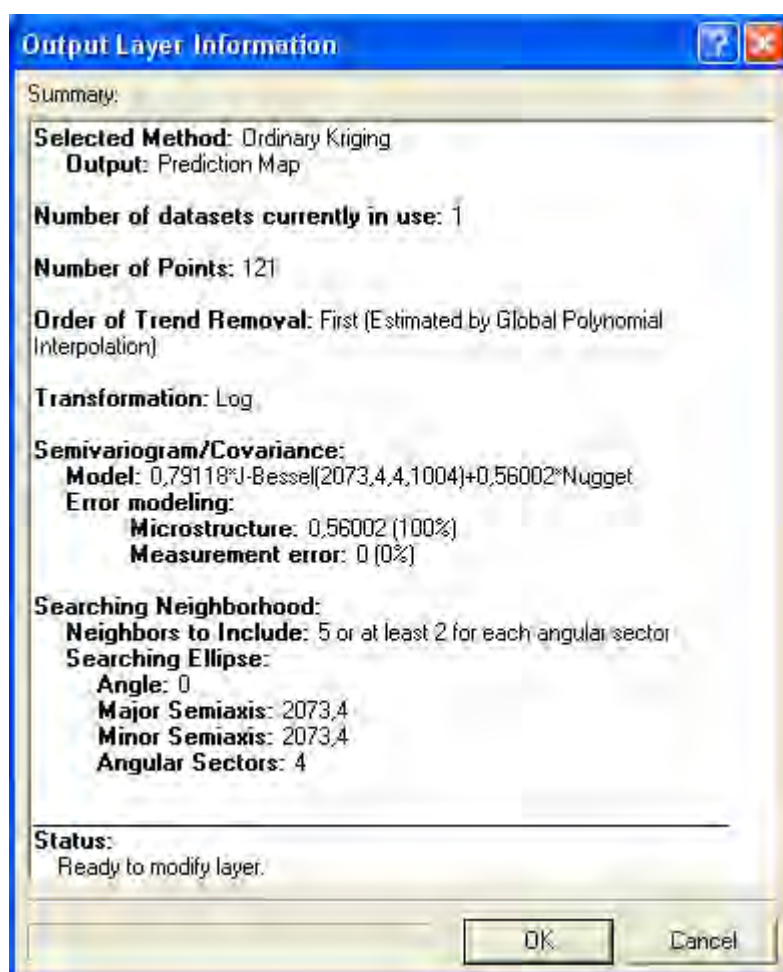






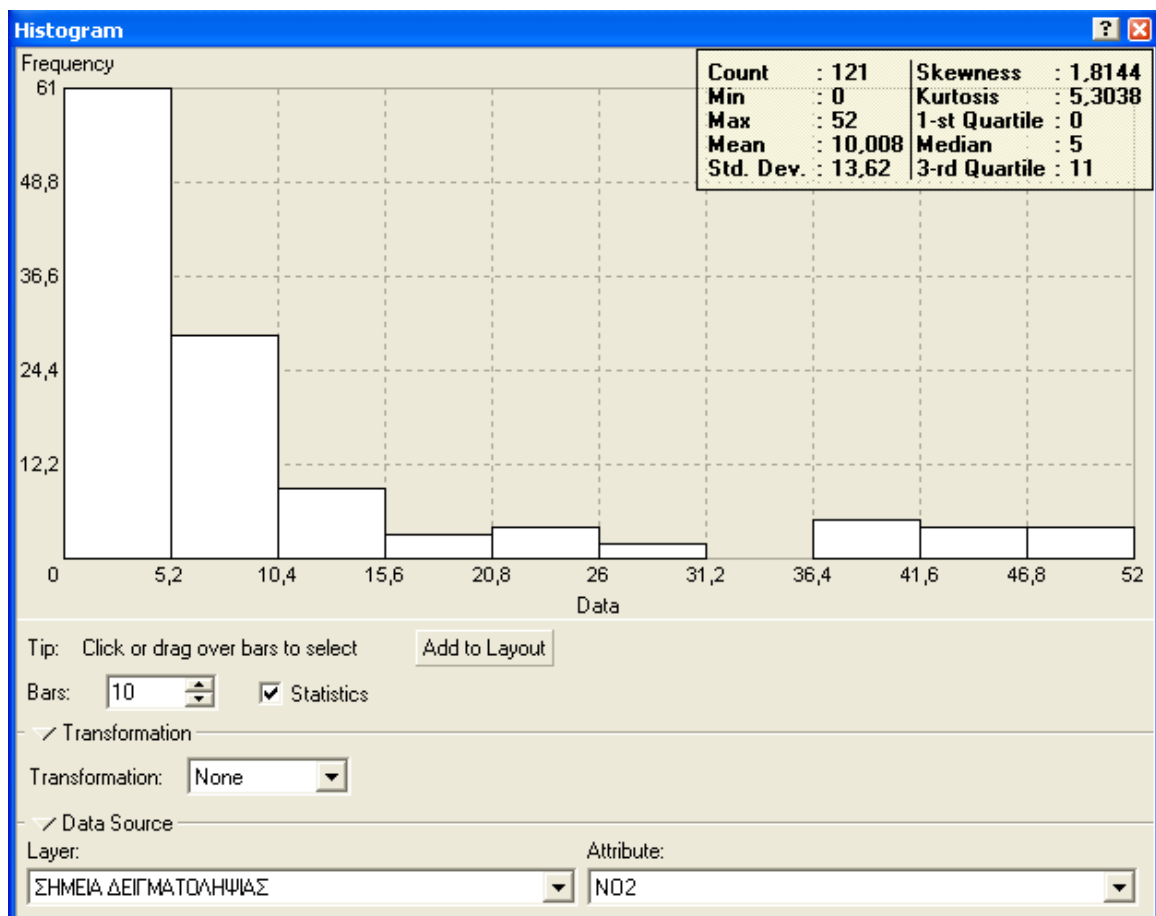


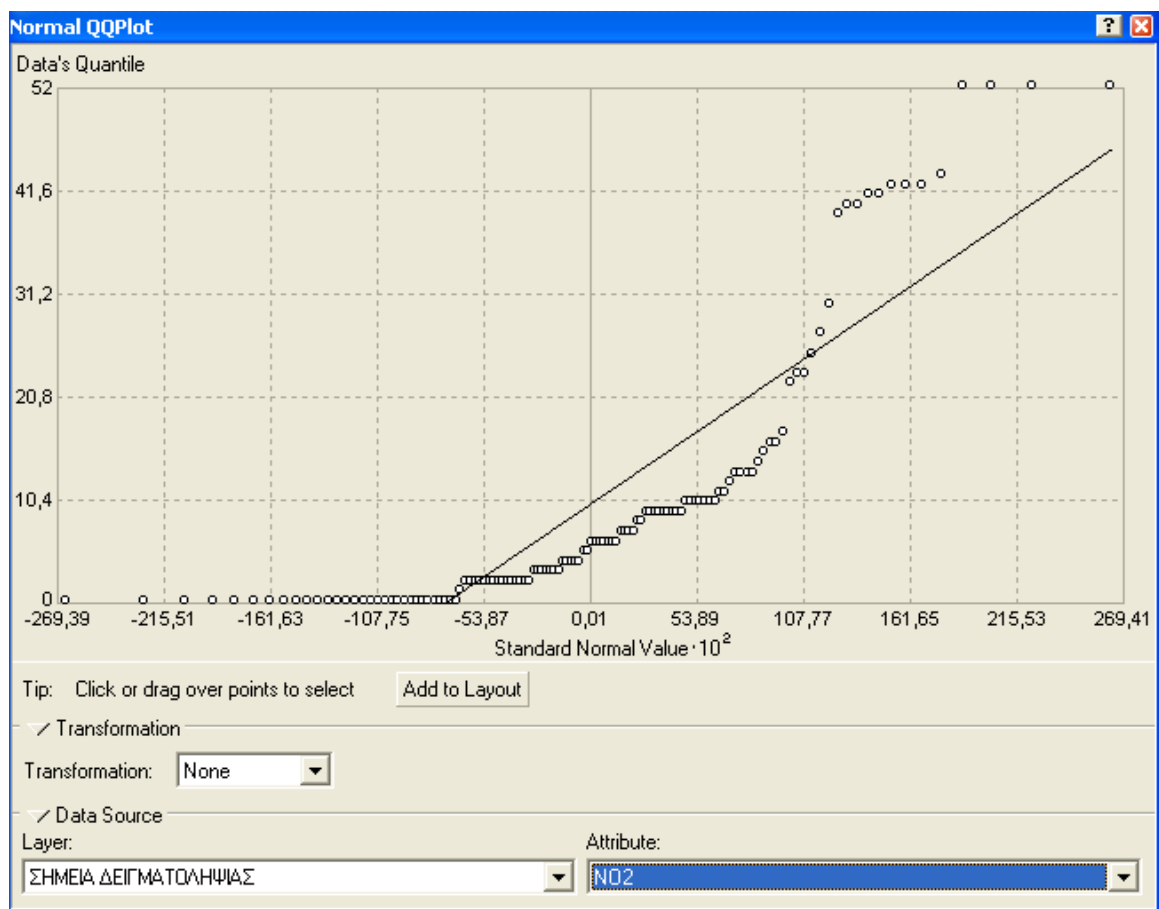


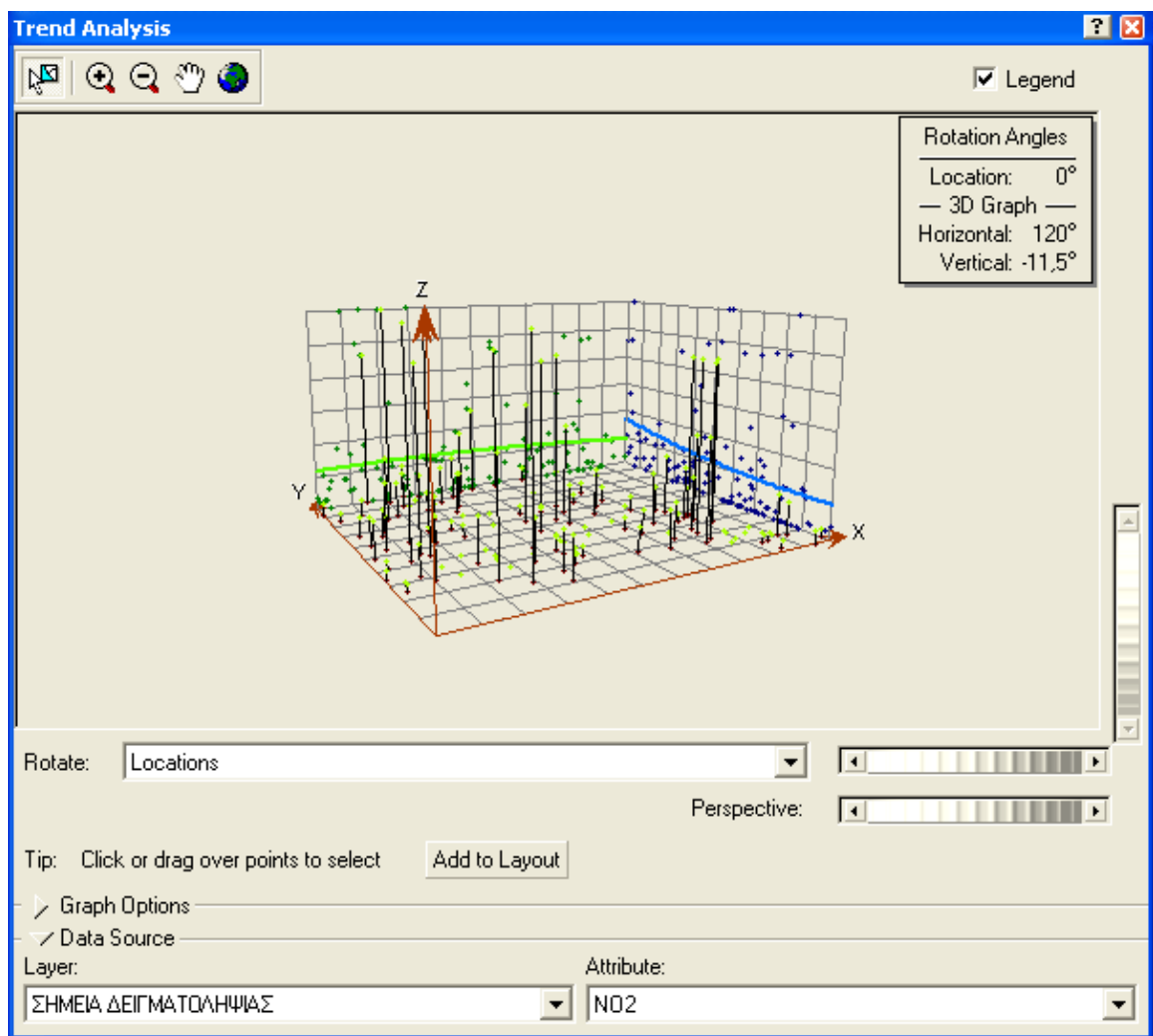


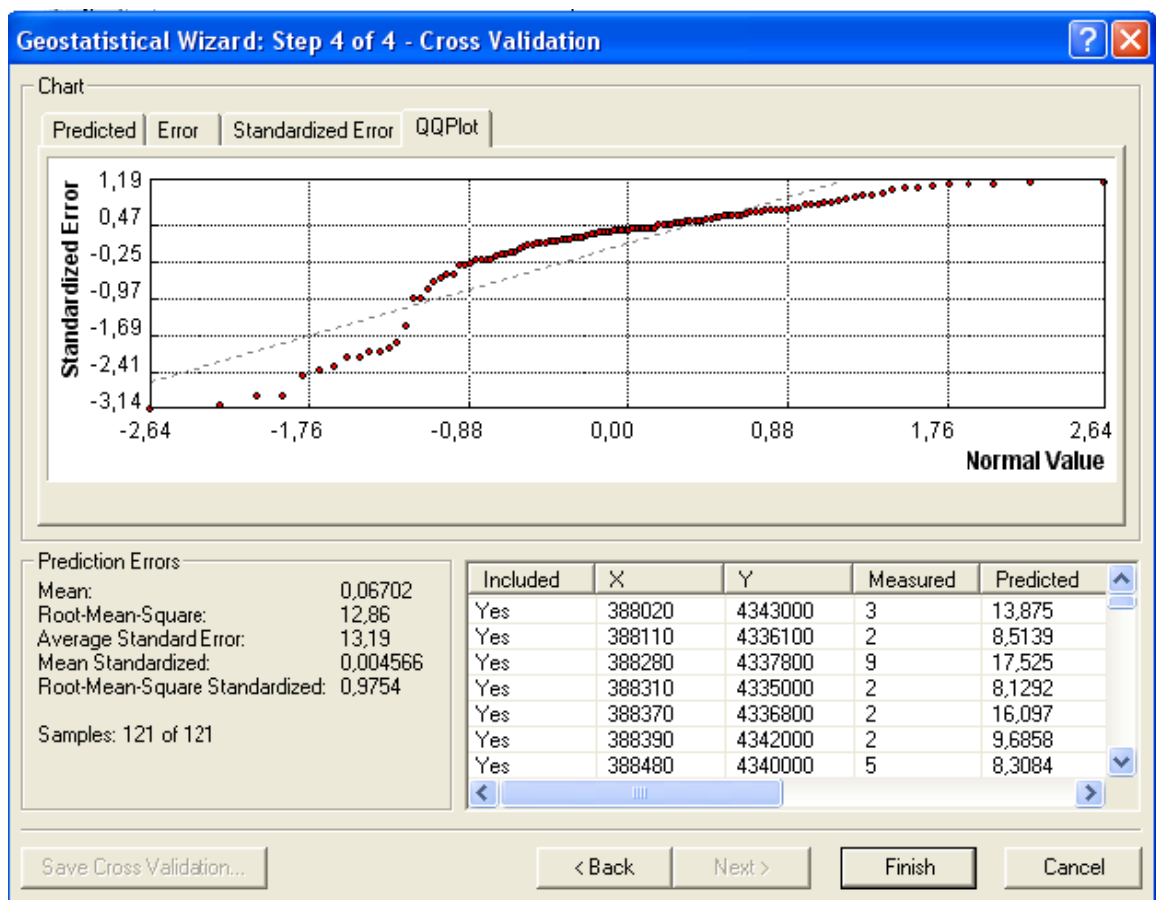


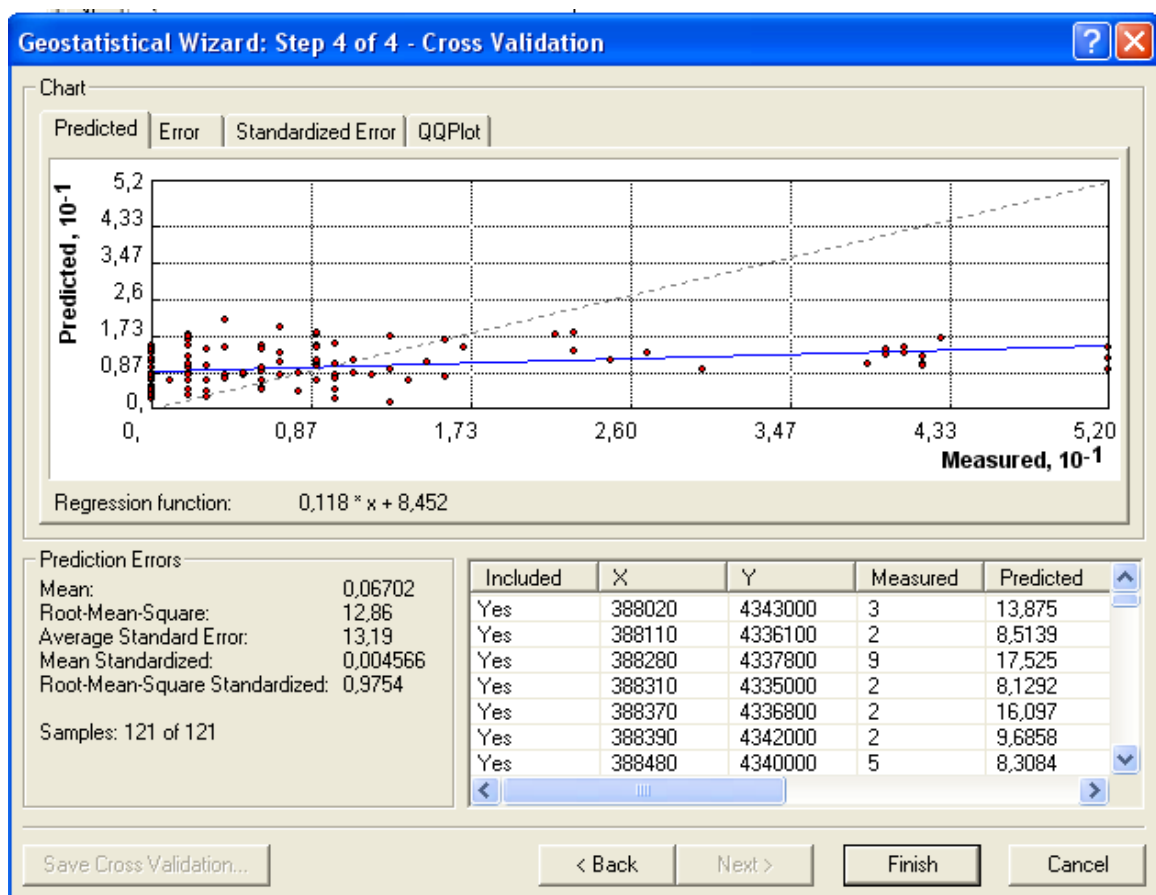
# Νιτρώδη Ιόντα

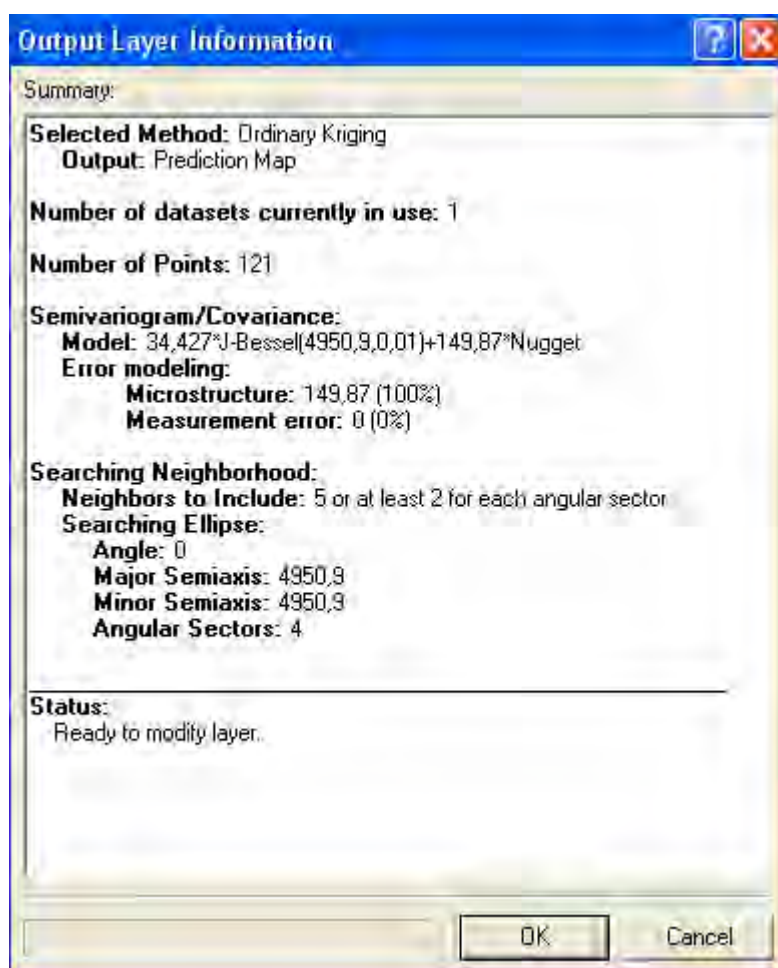












ΤΟΜΗ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (Χ)	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (Ψ)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΠΕΡΙΟΧΗ
T1	391490	4341712	55	ΚΡΟΚΙΟ
T2	390311	4341612	60	ΚΡΟΚΙΟ
T3	389868	4341401	77	ΚΡΟΚΙΟ
T4	389321	4341813	92	ΜΑΥΡΟΛΟΦΟΣ
T5	388388	4341962	105	ΜΑΥΡΟΛΟΦΟΣ
T6	388022	4342965	94	ΜΑΥΡΟΛΟΦΟΣ
T7	388260	4343760	99	ΜΑΥΡΟΛΟΦΟΣ
T8	389889	4343754	73	ΜΑΥΡΟΛΟΦΟΣ
T9	390593	4343322	49 (5)	ΜΑΥΡΟΛΟΦΟΣ
T10	389248	4342371	90 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T11	390869	4342662	65 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T12	391975	4342286	40 (5)	ΚΡΟΚΙΟ - ΑΙΔΙΝΙΟ
T13	391550	4343188	40 (5)	ΑΙΔΙΝΙΟ
T14	391309	4343816	52 (5)	ΑΙΔΙΝΙΟ
T15	391845	4343498	42 (5)	ΑΙΔΙΝΙΟ
T16	396388	4343586	10 (4)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T17	395070	4343485	16 (7)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T18	394045	4343460	26 (5)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T19	393520	4343367	33 (5)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T20	392959	4342905	35 (5)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T21	392251	4342304	40 (5)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T22	392693	4341640	45 (5)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T23	392407	4341053	50 (5)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T24	391466	4338347	71 (5)	ΔΑΣΟΣ ΚΟΥΡΙ
T25	391402	4339245	71 (5)	ΔΑΣΟΣ ΚΟΥΡΙ
T26	391334	4340650	66 (5)	ΚΡΟΚΙΟ
T27	390333	4340399	83 (4)	ΚΡΟΚΙΟ
T28	389377	4340238	104 (5)	ΚΡΟΚΙΟ
T29	388480	4340042	119 (5)	ΚΡΟΚΙΟ
T30	389151	4339653	110 (5)	ΚΡΟΚΙΟ
T31	389752	4338759	102 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T32	388535	4339054	124 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T33	388860	4338420	121 (6)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T34	390459	4338298	95 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T35	390700	4339537	85 (5)	ΚΡΟΚΙΟ - ΚΟΥΡΙ
T36	392351	4340446	51 (5)	ΚΡΟΚΙΟ
T37	392789	4338899	48 (5)	ΚΡΟΚΙΟ
T38	393276	4340153	42 (5)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T39	395315	4340017	21 (4)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T40	395785	4339091	19 (4)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T41	395074	4338478	25 (4)	ΑΛΜΥΡΟΣ
T42	394427	4338173	35 (4)	ΑΛΜΥΡΟΣ
T43	394048	4338825	40 (4)	ΑΛΜΥΡΟΣ
T44	394229	4339607	33 (4)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T45	394965	4339376	26 (4)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ

**Πίνακας 1.** Γενικά στοιχεία δειγματοληψίας

ΤΟΜΗ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (Χ)	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (Ψ)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΠΕΡΙΟΧΗ
T46	395756	4339689	18 (4)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T47	396646	4339959	12 (4)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T48	397497	4340699	10 (6)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T49	397715	4339514	11 (6)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T50	397173	4339127	20 (5)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T51	396586	4338288	25 (7)	ΑΕΡΟΔΡ. ΑΓΧΙΑΛΟΥ
T52	398043	4338450	9 (5)	ΠΑΡΑΛ. ΖΩΝΗ ΑΛΜΥΡΟΥ
T53	398453	4338668	7 (5)	ΠΑΡΑΛ. ΖΩΝΗ ΑΛΜΥΡΟΥ
T54	388282	4337844	127 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T55	389696	4337669	102 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T56	389889	4337336	95 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T57	389199	4337163	106 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T58	388369	4336841	124 (5)	ΞΕΡΙΑΣ
T59	388105	4336107	140 (5)	ΖΕΡΕΛΙΑ
T60	390720	4336780	84 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T61	389882	4336269	104 (5)	ΖΕΡΕΛΙΑ
T62	389028	4335845	126 (4)	ΖΕΡΕΛΙΑ
T63	388513	4335483	148 (5)	ΖΕΡΕΛΙΑ
T64	389350	4335390	137 (5)	ΖΕΡΕΛΙΑ
T65	390106	4335361	104 (5)	ΖΕΡΕΛΙΑ
T66	390879	4335904	88 (5)	ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗ
T67	391597	4335212	116 (5)	ΠΑΛΑΙΟΣ ΠΛΑΤΑΝΟΣ
T68	391544	4335931	97 (4)	ΑΛΜΥΡΟΣ
T69	391604	4336270	72 (5)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΞΕΡΙΑΣ
T70	391547	4336859	78 (4)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΞΕΡΙΑΣ
T71	393959	4337570	39 (6)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΣΤΑΔΙΟ
T72	394265	4337015	40(6)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΟΤΙΑ
T73	393024	4336362	69	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΟΤΙΑ
T74	392704	4335774	86(5)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΟΤΙΑ
T75	392512	4335286	101(5)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΟΤΙΑ
T76	393523	4335831	68(5)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΟΤΙΑ
T77	393550	4335320	80(5)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΟΤΙΑ
T78	394036	4336419	53(5)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΑ
T79	394109	4335580	68(5)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΑ
T80	393891	4335081	78(5)	ΑΛΜΥΡΟΣ - ΝΑ
T81	388309	4335006	164(4)	ΖΕΡΕΛΙΑ
T82	389802	4334337	127(4)	ΚΤΗΜΑ ΙΔΙΩΤΙΚΟ
T83	390877	4334464	131(6)	Ν. ΕΥΞΕΙΝΟΥΠΟΛΗΣ
T84	391705	4333889	164(5)	ΠΑΛΙΟΣ ΠΛΑΤΑΝΟΣ
T85	392702	4333350	137(6)	ΠΡΟΠΟΔΕΣ ΟΡΘΡΥΟΣ
T86	392888	4334201	115(4)	ΑΛΜΥΡΟΣ ΝΟΤΙΑ
T87	393471	4334530	103(5)	ΠΛΑΤΑΝΟΣ ΔΥΤΙΚΑ
T88	394032	4334950	78(5)	ΠΛΑΤΑΝΟΣ ΔΥΤΙΚΑ
T89	395497	4335693	48(4)	ΠΛΑΤΑΝΟΣ
T90	395136	4336424	44(4)	ΠΛΑΤΑΝΟΣ

Πίνακας 2. Γενικά στοιχεία δειγματοληψίας



ΤΟΜΗ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (Χ)	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (Ψ)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΠΕΡΙΟΧΗ
T91	395418	4337162	32(4)	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΑΛΜΥΡΟΥ
T92	395226	4337770	33(5)	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΑΛΜΥΡΟΥ
T93	396606	4336415	26(6)	ΝΟΤΙΑ ΑΛΜΥΡΟΥ
T94	396606	4337286	18(6)	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΑΛΜΥΡΟΥ
T95	397922	4337958	12(6)	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΑΛΜΥΡΟΥ
T96	398731	4337584	10(5)	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΑΛΜΥΡΟΥ
T97	398943	4337236	10(5)	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΑΛΜΥΡΟΥ
T98	397748	4336346	13(5)	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΑΛΜΥΡΟΥ
T99	396836	4335694	22(6)	ΠΛΑΤΑΝΟΣ
T100	395642	4334259	57(6)	ΝΟΤΙΑ ΠΛΑΤΑΝΟΥ
T101	396736	4334080	35(6)	
T102	398150	4333990	13(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T103	397693	4335358	21(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T104	398688	4336128	12(5)	
T105	399149	4336385	8(4)	
T106	399438	4336585	4(4)	ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΖΩΝΗ
T107	399691	4336475	2	ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΖΩΝΗ
T108	399374	4336416	5	ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΖΩΝΗ
T109	399745	4335553	3	
T110	399250	4335989	15(5)	
T111	398574	4335247	16(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T112	398961	4335026	16(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T113	399435	4334572	5(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T114	399937	4334549	5(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T115	399248	4334275	5(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T116	399195	4333763	5(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T117	398825	4333545	17(4)	ΑΡΧΑΙΑ ΑΛΟΣ
T118	398482	4334206	10(5)	ΒΑΛΤΟΣ ΑΝΑΝΤΗ
T119	398470	4334884	14(5)	ΒΑΛΤΟΣ ΑΝΑΝΤΗ
T120	397403	4334668	22(5)	ΝΑ ΠΛΑΤΑΝΟΥ
T121	399860	4334060	9(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T122	400289	4334319	1(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T123	400359	4333770	2(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T124	400432	4333410	1(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T125	400639	4333604	1(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T126	400642	4333314	1(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T127	400944	4333158	4(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T128	400923	4332479	9(6)	ΒΑΛΤΟΣ
T129	400403	4332631	8(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T130	399998	4333064	11(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T131	399639	4332959	16(4)	ΒΑΛΤΟΣ
T132	399800	4332271	27(5)	ΒΑΛΤΟΣ
T133	401082	4332074	8(4)	ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΟΥΡΠΗΣ
T134	401744	4332432	9(5)	ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΟΥΡΠΗΣ
T135	401640	4332975	7(5)	ΒΑΛΤΟΣ

**Πίνακας 3.** Γενικά στοιχεία δειγματοληψίας

ΤΟΜΗ	ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	ΓΕΩΜΟΡΦΗ	ΦΥΣΙΟΓΡΑΦΙΑ
T1	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T2	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T3	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T4	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T5	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T6	ΤΕΥΤΛΑ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ
T7	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T8	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T9	ΜΗΔΙΚΗ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T10	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T11	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T12	ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T13	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T14	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ
T15	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T16	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T17	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T18	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T19	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T20	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T21	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ
T22	ΠΙΠΕΡΙΕΣ, ΚΟΛΟΚΥΘΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ
T23	ΡΟΔΑΚΙΝΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T24	ΣΙΤΑΡΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T25	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΣΧΕΔΟΝ ΕΠΙΠΕΔΟ 0 - 3%
T26	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T27	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T28	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T29	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T30	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ
T31	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T32	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T33	ΑΜΠΕΛΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T34	ΣΙΤΑΡΙ ΣΚΛΗΡΟ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T35	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T36	ΣΙΤΑΡΙ ΣΚΛΗΡΟ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T37	ΤΟΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧ.	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T38	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T39	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T40	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T41	ΜΗΔΙΚΗ	ΑΛΛΟΥΒ. ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T42	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T43	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T44	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T45	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T46	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T47	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T48	ΣΙΤΑΡΙ, ΚΕΡΑΣΙΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

**Πίνακας 4.** Γενικά στοιχεία δειγματοληψίας

ΤΟΜΗ	ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	ΓΕΩΜΟΡΦΗ	ΦΥΣΙΟΓΡΑΦΙΑ
T49	ΤΟΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧ.	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T50	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T51	ΕΛΙΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T52	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T53	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T54	ΚΑΡΠΟΥΖΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T55	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T56	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T57	ΣΙΤΑΡΙ ΒΟΣΚΗΜΕΝΟ	ΥΨΗΛΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ
T58	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΥΨΗΛΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ
T59	ΤΟΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧ.	ΠΛΑΓΙΑ ΚΟΙΛΑΔΑΣ	ΚΛΙΣΗ 6 - 12%
T60	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΑΛΛΟΥΒ. ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)
T61	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗΣ ΡΑΧΗΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗΣ ΡΑΧΗΣ
T62	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗΣ ΡΑΧΗΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗΣ ΡΑΧΗΣ
T63	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΛΟΦΟΥ ΠΡΟΣ ΜΕΓΑΛΗ ΛΙΜΝΗ ΖΕΡΕΛΙΑ	ΠΛΑΓΙΑ ΛΟΦΟΥ ΠΡΟΣ ΜΕΓΑΛΗ ΛΙΜΝΗ ΖΕΡΕΛΙΑ
T64	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΛΟΦΟΥ	ΠΛΑΓΙΑ ΛΟΦΟΥ
T65	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T66	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T67	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΚΟΡΥΦΗ ΜΑΚΡΟΣΤΕΝΗΣ ΡΑΧΗΣ	6 - 12% Κ 12 - 18%
T68	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΚΟΡΥΦΗ ΜΑΚΡΟΣΤΕΝΗΣ ΡΑΧΗΣ	6 - 12% Κ 12 - 18%
T69	ΕΛΙΕΣ ΝΕΟΦΥΤΕΣ	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΚΛΙΣΗ 0 - 3%
T70	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΚΛΙΣΗ 0 - 3%
T71	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΚΛΙΣΗ 0 - 3%
T72	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΛΑΦΡΙΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΚΛΙΣΗ 0 - 3%
T73	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΛΑΦΡΙΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΚΛΙΣΕΙΣ Α+Β
T74	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΡΑΧΗ ΜΕ ΚΛΙΣΕΙΣ Β+C ΚΑΙ ΣΕ ΜΕΡΙΚΕΣ ΘΕΣΕΙΣ D
T75	ΕΛΙΕΣ ΜΙΚΡΕΣ ΜΕ ΚΑΡΚΙΝΩΜΑΤΑ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ	ΚΛΙΣΕΙΣ C + D
T76	ΣΙΤΑΡΙ ΘΕΡΙΣΜΕΝΟ ΓΙΑ ΖΟΩΤΡΟΦΗ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ	ΚΛΙΣΕΙΣ C + D
T77	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΝΤΟΜΑΤΑ 15CM	ΥΨΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΚΛΙΣΕΙΣ Β
T78	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ (ΜΑΝΔΡΑΓΑΝΙ)	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T79	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T80	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΥΨΗΛΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T81	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ	ΚΛΙΣΕΙΣ C + D
T82	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ	ΚΛΙΣΕΙΣ C + D
T83	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ	ΚΛΙΣΕΙΣ D

**Πίνακας 5.** Γενικά στοιχεία δειγματοληψίας

ΤΟΜΕΣ	ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	ΓΕΩΜΟΡΦΗ	ΦΥΣΙΟΓΡΑΦΙΑ
T84	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ ROLLING	ΚΛΙΣΕΙΣ D
T85	ΕΛΙΕΣ ΜΙΚΡΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΚΟΙΛΟΤΗΤΑ	ΚΛΙΣΕΙΣ C + D
T86	ΕΛΙΕΣ	ROLLING ΤΟΠΙΟ	ΚΛΙΣΕΙΣ C + D
T87	ΕΛΙΕΣ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΣ ΤΟΠΙΟ	ΚΛΙΣΕΙΣ A+B
T88	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T89	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T90	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T91	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T92	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T93	ΒΑΜΒΑΚΙ 3 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T94	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T95	ΚΑΡΥΔΙΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T96	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T97	ΜΗΔΙΚΗ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T98	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T99	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T100	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΣ ΤΟΠΙΟ	ΚΛΙΣΕΙΣ B,C,D
T101	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΣ ΤΟΠΙΟ	ΚΛΙΣΕΙΣ B,C,D
T102	ΜΗΔΙΚΗ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T103	ΣΙΤΑΡΙ ΜΑΛΑΚΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T104	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T105	ΚΑΡΠΟΥΖΙ ΥΠΟ ΚΑΛΑΜΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T106	ΕΛΙΕΣ ΝΕΟΦΥΤΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T107	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T108	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T109	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΥ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%

**Πίνακας 6.** Γενικά στοιχεία δειγματοληψίας.

ΤΟΜΕΣ	ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	ΓΕΩΜΟΡΦΗ	ΦΥΣΙΟΓΡΑΦΙΑ
T110	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T111	ΣΙΤΟΣ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T112	ΣΙΤΟΣ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T113	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T114	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T115	ΣΙΤΟΣ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T116	ΜΗΔΙΚΗ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T117	ΣΙΤΟΣ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	ΚΑΤΩΤΕΡΕΣ ΠΟΔΙΕΣ ΛΟΦΩΝ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T118	ΚΡΙΘΑΡΙ ΔΙΣΤΙΧΟ	ΤΕΛΟΣ ΠΟΔΙΩΝ ΛΟΦΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΗ Η ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΜΗΜΑ ΒΑΛΤΟΥ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T119	ΜΗΔΙΚΗ	ΤΕΛΟΣ ΠΟΔΙΩΝ ΛΟΦΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΗ Η ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΜΗΜΑ ΒΑΛΤΟΥ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T120	ΕΛΙΕΣ ΝΕΟΦΥΤΕΣ	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T121	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒ.ΠΕΔΙΑΔΑ ΚΟΝΤΑ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T122	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T123	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T124	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T125	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T126	ΑΓΡΙΟΧΟΡΤΑ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T127	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΒΑΛΤΟΥ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T128	ΜΗΔΙΚΗ	ΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΒΑΛΤΟΥ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T129	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗ ΠΟΔΙΑ ΛΟΦΩΝ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T130	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ΜΙΣΟΥ ΜΕΤΡΟΥ	ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗ ΠΟΔΙΑ ΛΟΦΩΝ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T131	ΜΗΔΙΚΗ	ΑΝΩΤΕΡΗ ΠΟΔΙΑ ΛΟΦΩΝ	ΚΛΙΣΕΙΣ 3 - 6%
T132	ΒΑΜΒΑΚΙ 3 ΕΚ	ΑΝΩΤΕΡΗ ΠΟΔΙΑ ΛΟΦΩΝ	ΚΛΙΣΕΙΣ 3 - 6%
T133	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ ΣΟΥΡΠΗΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T134	ΕΛΙΕΣ ΜΙΚΡΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ ΣΟΥΡΠΗΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%
T135	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΡΜΥΡΙΚΙΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%

Πίνακας 7. Γενικά στοιχεία δειγματοληψίας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Addiscott T.M., Whitmore A.P., Powlson D.S.**, "Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem", CAB International – World services to agriculture, 7 – 9.

**Al – Dabbagh, S., Forman, D., Bryson, D., Stratton, I. and Doll, R. (1986).** Mortality of nitrate fertilizer workers. *British Journal of Industrial Medicine* 43, 507 – 515.

**Barrow, N.J., 1961.** "Phosphorus in soil organic matter". *Soils Fert.*, 24:169.

**Beresford, S.A. (1985).** Is nitrate in the drinking water associated with gastric cancer in the urban United Kingdom? *International Journal of Epidemiology* 14, 57 – 63.

**Bockman O. C., 1994.** Best Agricultural Practice for the Protection of Air. Proceedings No 360. The Fertilizer Society, Peterborough U.K.

**Bouwman, A.F., 1996.** Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient cycling in Agrosystems* 46: 53 – 70.

**Bower, C. A. and L. V. Wilcox, 1965.** Soluble salts. In C. A. Black (ed.). *Methods of soils analysis.* Agronomy.

**Γκίζας Β. Δημήτριος., (2003).** Απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας των συγκεντρώσεων φωσφόρου, pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας καλλιεργούμενων εδαφών της Ελασσόνας με χρήση γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (GIS).

**Clough, P.W.L. (1983).** Nitrates and gastric carcinogenesis. *Mineral and the Environment* 5, 947 – 959.

**Cole, V., C. Cerri, K. Minami, A. Mosier and N. Rosenberg, 1996.** Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions. pp 745 – 771. In R.T. Watson et al (eds): *Climate Change. 1995. Impacts adaptations and mitigation of climate change: Scientific – technical analysis.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.

**Colwell, Robert N., (1997).** History and Place of Photographic Interpretation, p. 3-47. In *Manual of Photographic Interpretation, Second Edition,* American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

**Deak, S. (1985).** Quoted in WHO (1985). Health Hazards from nitrates in drinking water. Report on a WHO meeting. Copenhagen 5 – 9 March, 1984.

**De Martonne, E., (1940).** *Tgaite de geographie physique.* Paris

**Duncan C., Li Hong, R. Frazer, P. Johnston, G. MacNight, L. Smith, Lamza Kathryn, H. McKenzie, Les Batt, D. Kelly, Golden M N. Benjamin, and C. Leifert, 1997.** Protection against Oral and Gastrointestinal Diseases; Importance

of Dietary Intake, Oral Nitrate Reductions and Enterosalivary Nitrate Circulation. *Comp. Biochem Physiol.* 118A (4) : 939 – 948.

**ECETOC, 1994.** Ammonia Emissions to Air in Western Europe. Techn. Report No 62. European Centre for Ecotoxicology of Chemicals, Brussels.

**ECETOC, 1988.** Nitrate and Drinking Water. Techn. Report No 27. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.

**Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, (1999)** Κλιματικά στοιχεία των σταθμών της Ε.Μ.Υ. Διεύθυνση Κλιματολογίας, Τμήμα Ελέγχου και Επεξεργασίας, Αθήνα.

**Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, (2003).** Εκτάσεις και παραγωγή γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων για το 2002.

**Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, (1999).** Ετήσια γεωργική στατιστική κατά Δήμους και Κοινότητες για το έτος 1999.

**ESRI, (2001).** What is ArcGIS? GIS by ESRI

**Ewing, M.C and Mayon – White, R. M. (1951).** Cyanosis in infancy from nitrates in drinking water. *Lancet* 260, 931 – 934.

**Farina, M. P. W., Channon, P. (1979).** “A comparison of several phosphorus availability indexes”. *Gewasproduksie* 8:165 – 169. In *Soli Science Society of America, 1990: Soil Testing and Plant Analysis*. 3<sup>rd</sup> edition, SSSA.

**FAS, Foreign Agricultural Service, (1998).** Remote Sensing in the Foreign Agricultural Service, Available in: [http://www.fas.usda.gov/WAP/circular/1997/97-08/remote\\_sensing/rs\\_toc.html](http://www.fas.usda.gov/WAP/circular/1997/97-08/remote_sensing/rs_toc.html)

**Forman, D., Al – Dabbagh, A. and Doll, R. (1985).** Nitrate, nitrite and gastric cancer in Great Britain. *Nature* 313, 620 – 625.

**Fox, R. L., 1981.** “ Using phosphate sorption curves to determine P requirements.” *Better Crops Plant Food*, 66:24 (Winter 1981 – 1982).

**Freeman, J. S., and D .L. Rowell, 1981.** “ The adsorption and precipitation of phosphate onto calcite.” *J.Soil Sci.*, 32:75 (1981).

**Gachon, L., 1969.** “Les Méthodes d’ appréciation de la fertilité phosphorique des sols.” *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol*, 4:17 (1969).

**Göppen, W. (1931).** *Grundriss der Klimakunde*. 2<sup>nd</sup> Ed. Der W. Gründer. Berlin – Leibzig 1931.

**Gracanic Z., (1950).** Monthly rain-factors and their significance for pedological investigation. (In: *Gracanic Z.1964: Soil micromorphology* edited by A. Jungerius, p.251 – 260)

**Johnston Kevin, Ver Hoef M. Jay, Krivoruchko Konstantin, Lucas Neil, (2001).** Using ArcGIS Geostatistical Analyst, GIS by ESRI.

**Juergens – Gschwind S., 1989.** Ground water nitrates in other developed countries (Europe) – Relationships to land use patterns. pp 75 – 138 in: Follet., RF. (ed). Nitrogen Management and Ground Water Protection. Developments in Agricultural and Management – Forest Ecology 21. Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo.

**Κόλλια – Κουσουρή Β.** Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα – Σημειώσεις Διδασκαλίας, Αθήνα, 2004.

**MAFF., 1988.** *Fertilizer Recommendations*. Reference Book 209. HMSO, London.

**Mc Lean E.O. 1982.** Soil pH and lime requirements. pp 199 – 224. In Methods of soil analysis. Eds. AI Page et al., Part 2. 2<sup>nd</sup> edition. Agronomy. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

**Μέρμηγκας Ε. Δημήτριος, (2003).** Απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας και εκτίμηση του βαθμού ρύπανσης των εδαφών της περιοχής Ελασσόνας από νιτρικά ιόντα.

**Methods of Soil Analysis , 1994.**

**Μήτσιος Κ. Ιωάννης, (2004).** “Γονιμότητα Εδαφών, Θρεπτικά στοιχεία φυτών (μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά) και Βαρέα Μέταλλα – Μέθοδοι και εφαρμογές”. Βόλος 2004

**Μήτσιος Κ. Ιωάννης, (2000).** Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίου. Αθήνα 2000.

**Μήτσιος Κ. Ιωάννης, (1999).** Εδαφολογία 2<sup>η</sup> Έκδοση.

**Μήτσιος Ι. Κ., Π. Κουκουλάκης, Χ. Πασχαλιδης, Ε. Γκατζογιάννη, Ι. Μπριασούλη, Αρ. Παπαδόπουλος και Α. Γκέρτσης, 1996.** Ισοζύγιο αζώτου σε καλλιέργεια καλαμποκιού. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο, Ναύπλιο, 29/5 – 1/6/1996. Πρακτικά Τόμου Β, 552 – 563.

**Μήτσιος, Ι.Κ., (1994).** Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες. Πανεπιστημιακή έκδοση, Βόλος.

**Morgan, M.A., 1997.** The Behaviour of Soil and Fertilizer Phosphorus. pp 137 – 149 In: Tunney et al. (eds). Phosphorus Loss from Soil to Water. CAB Intern, Oxon UK and New York, USA.

**Μουντράκης, Δ., 1986.** Γεωλογία της Ελλάδος. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.

**Nelson, D. W. and L. E. Sommers, 1982.** Phosphorus. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds). Methods of soil analysis. Part 2 – Chemical and



microbiological properties. *Agronomy* 9 (2): 403 – 430. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

**Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe and L. N. Dean, 1954.** Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dep of Agric. Circ. 939.

**Prather, M., R. Derwent, D. Ehhalt, P. Fraser, E. Sanhueza, and X. Zhou, 1995.** Other trace gases and atmospheric chemistry. pp 73 -126 In J.T. Houghton et al (eds): *Climate change 1994; Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

**Risch, H.A., Jain, M. and Cloi, N.W. (1985).** Dietary factors and the incidence of cancer of the stomach. *American Journal of Epidemiology* 122, 947 – 959.

**Rowell, D.L., 1995.** *Soil Science, Methods and Applications*. Longman Group UK Limited.

**Sattelmacher P.G. (1962).** Methaemoglobinaemia durch nitrate in Trinkwasser. Schriftenreihe Verein, Wasser Boden Lufthyg. Berlin-Dahlen 20, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

**Sharpley, A.N., and J. Lemunyon, 1997.** Identifying Critical Sources of Phosphorus Export from Agriculture Catchments. Pp 391 – 394 in: Tunney et al. (eds). *Phosphorus Loss from Soil to Water*. CAB Intern. Oxon UK and New York, USA.

**Sharpley, A.N., and S. Rekolainen, 1997.** Phosphorus in Agriculture and Its Environmental Implications, pp 1 – 54 in: Tunney et al. (eds). *Phosphorus Loss from Soil to Water*. CAB Intern. Oxon UK and New York, USA.

**Smith, K.A., I.P. Mc Taggar, and H. Tsuruta, 1997.** Emissions of N<sub>2</sub>O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture and the potential for mitigation. *Soil Use and Management*. No 4: (Supplement: Soils and the Greenhouse Effect).13:246 – 304.

**Smith T. and P.A Sanchez, 1982.** Phosphate rock dissolution availability in Cerrado soils affected by phosphorus sorption capacity. *Soil Sci. Soc. Am.* Pp 46 : 339 – 345.

**Soil Taxonomy, 1999.** A basic system of soil classification for making and interpreting Soil Surveys. USDA. Agric. Handb. 436 U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

**Tabatabai, M. A., and W. A. Dick, 1979.** Distribution and stability of pyrophosphates in soils." *Soil Biol. Biochem.*, 11:655.

**Theocharopoulos S.P., M. Karagianni – Christou, P. Galtzogianni, P. Papadopoulos, C. Paschalides, P. Dimitropoulos and G. Antonacopoulos,**

**1989.** An approach to measure nitrate leaching in Kopaidis area in Greece. Preliminary results in : Management Systems to Reduce Impacts on Nitrates (ed. German G.C./ Elsevier Applied Sciences and C.E.C London and N. York).

**Tisdale L. S., Nelson L. W. and Beaton D. J., 1985.** Soil Fertility and Fertilizers – Fourth Edition, New York.

**Τζώρτζιος Ι. Στέργιος, (1997).** Εισαγωγή στον γεωργικό πειραματισμό. Βόλος, 1997

**UK DoE (1986).** Nitrate in Water. Department of the Environment. Pollution Paper 26, HMSO, London.

**Υπουργείο Γεωργίας (2001).** Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και προέγκρισης χωροθέτησης λιμνοδεξαμενής ποταμού Ξεριά Ν. Μαγνησίας.

**Φλωράς Σταμάτης (2004),** Παραδόσεις του μαθήματος Τηλεπισκόπηση (RS), Βόλος 2004.

**Φλωράς Σταμάτης (2004),** Παραδόσεις του μαθήματος Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Βόλος 2004.

**Φλωράς Σταμάτης, (2002).** Παραδόσεις του μαθήματος Γένεση, Ταξινόμηση και Χαρτογράφηση Εδαφών, Βόλος 2002.