



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ και  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Μελέτη των επιπέδων νιτρορύπανσης σε γεωργικά εδάφη της  
περιοχής Θεσσαλίας που είναι ενταγμένα στο μέτρο 3.5 Μείωση  
Νιτρορύπανσης Γεωργικής Προέλευσης»**

**Κόκκαλης Χ. Ιωάννης**

**ΒΟΛΟΣ 2009**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια**  
**Α. Δημήρκου**  
**Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Θεσσαλίας**  
**Διευθύντρια του Εργαστηρίου Εδαφολογίας**  
**Γνωστικό Αντικείμενο : Εδαφολογία με έμφαση στη Χημεία εδάφους**

<b>Μέλη Συμβουλευτικής Επιτροπής</b>	
<p><b>Ν. Τσιρόπουλος</b> <b>Αν. Καθηγητής Πανεπιστημίου</b> <b>Θεσσαλίας</b></p> <p>Γνωστικό Αντικείμενο: Χημεία, Ανάλυση και προσδιορισμός οργανικών ουσιών</p>	<p><b>Δρ. Στ Φλωράς</b> <b>Γεωπόνος – Εδαφολόγος (MSc, PhD)</b> Αναπληρωτής Ερευνητής Διδάσκων με Π.Δ. 407/80</p> <p>Γνωστικό Αντικείμενο: Γένεση, Ταξινόμηση και Χαρτογράφηση Εδαφών με τη Χρήση Μεθόδων και Τεχνικών Τηλεπισκόπησης και GIS</p>

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b>	<b>1</b>
1.1 Το άζωτο του εδάφους	2
1.1.1 Ο κύκλος του αζώτου	2
1.1.2 Η δυναμική του αζώτου στο έδαφος	6
1.1.3 Έκπλυση των νιτρικών και απώλειες αζώτου	8
1.1.4 Επιπτώσεις του αζώτου στο περιβάλλον	13
1.2 Εκπλυση αζώτου-Συσχέτιση νιτρικών ιόντων στο σύστημα έδαφος-νερό	15
1.3 Η «τύχη» του αζωτούχου λιπάσματος κατά την προσθήκη του στην καλλιέργεια-έκπλυση νιτρικών	18
1.4 Νομοθεσία περι νιτρορύπανσης-Διαδικασία ένταξης στο πρόγραμμα-Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Κ.Ο.Γ.Π.)	20
1.5 Πρόγραμμα της νιτρορύπανσης-διαδικασία ένταξης και περιοχές εφαρμογής	29
1.6 Η έκθεση της Commission για την προστασία των νερών απο την νιτρορύπανση	34
1.7 Ιστορική πορεία του προγράμματος της νιτρορύπανσης στην Θεσσαλία	38
1.8 Συνέχεια του προγράμματος νιτρορύπανσης μέτρου 3.5 «Μείωση της Νιτρορύπανσης Γεωργικής Προέλευσης» Στόχοι του προγράμματος δράσης κατά της νιτρορύπανσης στην Θεσσαλία	41
1.9 Δ' Προγραμματική περίοδος-Σχέδιο ΚΥΑ Γεωργοπεριβαλλοντικές ενισχύσεις στο πλαίσιο ορισμένων δράσεων του μέτρου 2.1.4 του Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης (Π.Α.Α) 2007-2013 «Αλέξανδρος Μπαλατατζής»	44
1.10 Ανάλυση του εδάφους για την εκτίμηση της περιεκτικότητάς του σε διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία	45
1.11 Προϋποθέσεις και στόχοι της εδαφικής ανάλυσης	45
1.12 Προγράμματα ανάλυσης του εδάφους	46
1.13 Δειγματοληψία εδάφους στον αγρό	46
1.14 Συσχέτιση και βαθμονόμηση	50
1.15 Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)	52
1.16 Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσεων (Global Positioning System)	53
1.17 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems)	54
1.17.1 Γενικά	54
1.17.2 Ορισμός Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών	56
1.17.3 Πεδία εφαρμογής των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων	57
1.17.4 Δεδομένα	58
1.17.5 Βασικές αρχές του σχεδιασμού και της υλοποίησης των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων	60
1.18 Γεωστατιστική	65
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	<b>73</b>

2.1 Περιοχή δειγματοληψίας	74
2.2 Λήψη εδαφικών δειγμάτων	75
2.3 Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων	77
2.3.1 Προσδιορισμός του pH-EC	77
2.3.2 Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας	77
2.3.3 Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης του εδάφους	77
2.3.4 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών και νιτροδών ιόντων	78
2.3.5 Προσδιορισμός ανθρακικού ασβεστίου	78
2.3.6 Προσδιορισμός του ολικού αζώτου-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> στο έδαφος με την μέθοδο Kjeldahl.	78
2.4 Στατιστική Επεξεργασία Αποτελεσμάτων	79
2.5 Εφαρμογή της τηλεπισκόπησης	79
2.6 Ψηφιακοί θεματικοί χάρτες	79
2.7 Προσδιορισμός λαθών από την ψηφιοποίηση	80
2.8 Σύστημα προβολής χαρτών	80
2.9 Εφαρμογή του ArcGIS 9.2 Desktop	81
2.10 ArcGIS Geostatistical Analyst	81
2.11 Εξέταση της χωρικής μεταβλητότητας των δεδομένων	83
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	85
3.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφικών δειγμάτων	86
3.2 Θεματικοί ψηφιακοί χάρτες	89
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	151
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην περιοχή του Αλμυρού του Ν.Μαγνησίας πραγματοποιήθηκε έρευνα για την εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας των νιτρικών και νιτροδών ιόντων, αμμωνιακών ιόντων και ολικού αζώτου καθώς και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους (pH, ηλεκτρικής αγωγιμότητας, οργανικής ουσίας) καλλιεργούμενων εδαφών με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) με σκοπό τη μελέτη των επιπέδων νιτρορύπανσης κυρίως σε καλλιεργούμενα εδάφη ενταγμένα στο μέτρο 3.5 «Μείωση της Νιτρορύπανσης Γεωργικής Προέλευσης» του Άξονα 3 «Γεωργοπεριβαλλοντικά Μέτρα» του Εγγράφου Προγραμματισμού Αγροτικής Ανάπτυξης (Ε.Π.Α.Α.) 2000-2006.

Η μελέτη των επιπέδων νιτρορύπανσης αποτελεί το θέμα που θα αναπτυχθεί στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

Ύστερα από τη μελέτη της περιοχής καθορίστηκαν οι θέσεις λήψης εδαφικών δειγμάτων και συνελέγησαν 135 δείγματα εδάφους σε βάθος 0-30cm. Οι θέσεις δειγματοληψίας ορίστηκαν με τη μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας. Στη συνέχεια ακολούθησαν εργαστηριακές αναλύσεις για τον προσδιορισμό όλων των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η ανάγκη για βέλτιστη διαχείριση των εδαφικών πόρων, αλλά και για την πληρέστερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, οδήγησε στη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) για τη δημιουργία ψηφιακών θεματικών χαρτών, οι οποίοι μπορούν να περιλάβουν μεγάλο αριθμό δεδομένων και πληροφοριών που αφορούν μία περιοχή. Με τους ψηφιακούς θεματικούς χάρτες μελετάται η κατάσταση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων, καθώς η βάση των χαρτών μπορεί να εμπλουτίζεται διαρκώς με την προσθήκη νέων στοιχείων. Ακόμη η δημιουργία ψηφιακών θεματικών χαρτών θα βοηθήσει στην πιο λεπτομερή παρουσίαση των επιπέδων νιτρορύπανσης κατά τη συγκεκριμένη περίοδο.

Στη μεταπτυχιακή διατριβή θα υπάρχει μια εκτενής ανάλυση του μέτρου 3.5 «Μείωση της Νιτρορύπανσης Γεωργικής Προέλευσης», της μείωσης της εφαρμοζόμενης αζωτούχου λίπανσης κατά 20% σε σχέση με τα προβλεπόμενα στα Προγράμματα Δράσης της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ, και της εφαρμογής αμειψισποράς σε ποσοστό τουλάχιστον 25% επί της έκτασης της ενταγμένης στο μέτρο. Επίσης θα αναφερθεί λεπτομερειακά η σημασία των Κ.Ο.Γ.Π. Η μελετηθείσα περιοχή του Αλμυρού έχει χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητη από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης, σύμφωνα με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ και αποτελεί ζώνη παρέμβασης του μέτρου.

Συμπερασματικά, η εφαρμογή του μέτρου 3.5 «Μείωση της Νιτρορύπανσης Γεωργικής Προέλευσης» στα μελετηθέντα εδάφη επέφερε τη μείωση των επιπέδων νιτρορύπανσης. Συνεπώς είναι επιβεβλημένη η εφαρμογή του και στο μέλλον με σκοπό την αειφορική διαχείριση των γεωργικών γαιών και των φυσικών πόρων καθώς και την εφαρμογή των Κωδίκων Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Κ.Ο.Γ.Π.).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### **1.1 Το άζωτο του εδάφους**

#### **1.1.1 Ο κύκλος του αζώτου**

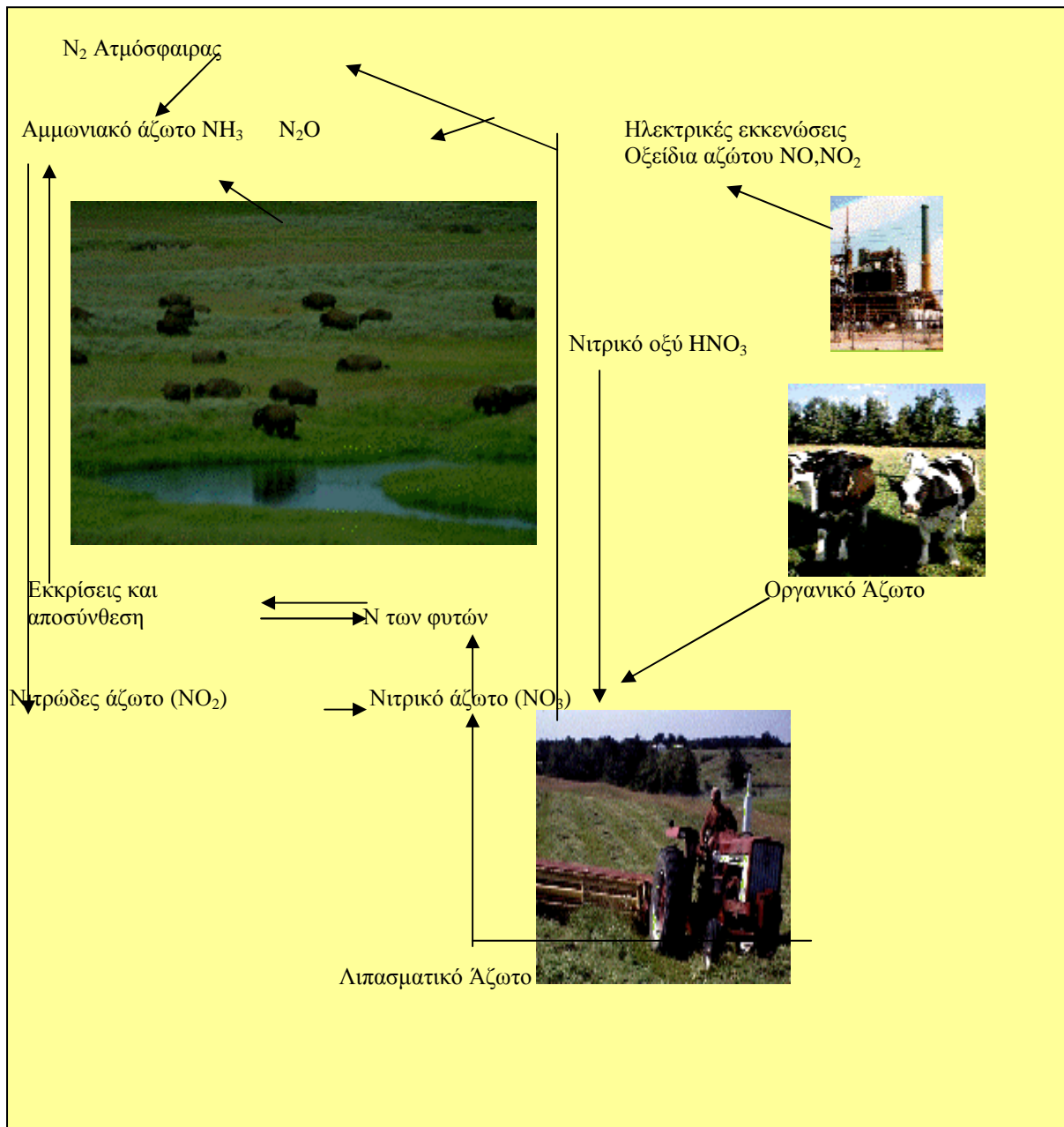
Το άζωτο (N) είναι το τέταρτο πιο συχνά απαντώμενο στοιχείο στη φύση μετά τον C, το H και το O. Περιέχεται στα περισσότερα από τα συστατικά των ζωντανών κυττάρων όπως πρωτεΐνες,

αμινοξέα, νουκλεικά 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.

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).

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 αφότου έχει δεσμευτεί ή ενωθεί με άλλα στοιχεία, όπως οξυγόνο ή υδρογόνο.

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).



**Εικόνα 1.1** Ο κύκλος του αζώτου



**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

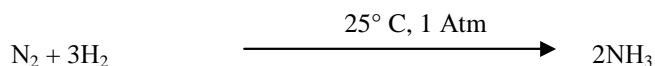
Ο όρος αζωτοδέσμευση ερμηνεύεται ως η μετατροπή του μοριακού αζώτου σε μια από τις ανόργανες μορφές του. Η αζωτοδέσμευση είναι μια δυσχερής διεργασία, οι δε συνθήκες για τη δέσμευση του αζώτου παρουσιάζονται με τη μέθοδο Haber. Η μέθοδος αυτή αφορά την αντίδραση του N<sub>2</sub> και του H<sub>2</sub> 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 οξείδια 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 συμβιούν 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*.

#### 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, νιτροδών 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 (Θεριός 1995).

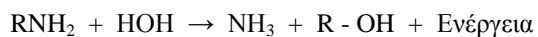
Η ανοργανοποίηση των αζωτούχων ενώσεων γίνεται σε τρία βασικά στάδια, τα οποία είναι :

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



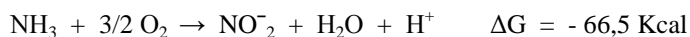
Κατά την αμινοποίηση η υδρόλυση γίνεται με τη βοήθεια των ετερότροφων οργανισμών.

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 οξείδωση 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  $\text{CO}_2$  (Θερίος 1995).

Η προσθήκη  $\text{NH}_3$  στο έδαφος έχει αποτέλεσμα τη δημιουργία αλκαλικής αντίδρασης στην περιοχή προσρόφησης της  $\text{NH}_3$ . Η μεγάλη αλκαλικότητα μαζί με την υψηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_3$  προκαλούν μερική αποστείρωση του εδάφους με αποτέλεσμα μια σημαντική μείωση των νιτροποιητικών οργανισμών. Επειδή το *Nitrobacter* που οξειδώνει τα  $\text{NO}_2^-$  σε  $\text{NO}_3^-$  είναι περισσότερο ευαίσθητο σε υψηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_3$  σε σχέση με το *Nitrosomonas* που οξειδώνει τα  $\text{NH}_4^+$  σε  $\text{NO}_2^-$  δημιουργείται μια σημαντική συσσώρευση νιτρωδών ιόντων που στη συνέχεια μπορούν να αντιδράσουν με το οργανικό κλάσμα του εδάφους και να σχηματίσουν σταθερά αζωτούχα οργανικά σύμπλοκα και αέριες μορφές του αζώτου (Σετάτου και Σιμώνης, 1992).

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

1) 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.

2) Η θερμοκρασία του εδάφους. Σε θερμοκρασία περίπου 9 – 10 °C παρατηρείται πλήρης νιτροποίηση εντός 9 εβδομάδων. Η νιτροποίηση αναστέλλεται σε θερμοκρασία 45 °C.

3) 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.

4) Η ύπαρξη αμμωνιακών ιόντων στο έδαφος καθώς και νιτροποιητικών βακτηρίων.

5) Επαρκής εφοδιασμός του εδάφους σε ασβέστιο, φώσφορο, σίδηρο, μαγγάνιο και χαλκό. (Θεριός 1995)

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.

### 1.1.3 Έκπλυση των νιτρικών και απώλειες αζώτου.

Το άζωτο στα εδάφη χάνεται με πολλούς τρόπους, όπως επιστροφή στην ατμόσφαιρα ως αέριο (N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>) 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>O) ή pH = 7,3- 7,9 (απώλεια ως N<sub>2</sub>).

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. (Μήτσιος, 2004).

### **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

### **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.

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 1.2 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. 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.

**Πίνακας 1.2** Εισροές και εκροές θρεπτικών στοιχείων N, P, K στα ελληνικά εδάφη (Μήτσιος και Κουκουλάκης, 1992)

Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που προστέθηκαν στα ελληνικά εδάφη, σε τόνους			Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά, σε τόνους		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>1961</b>			<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>1982</b>		
<b>335.100</b>	<b>115.500</b>	<b>40.000</b>	<b>182.381</b>	<b>65.275</b>	<b>119.274</b>

Οι ερευνητές Theocharopoulos et al. (1989) από πειράματα που έκαναν στην Κοπαΐδα 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.

**Πίνακας 1.3** Απώλειες αζώτου εξαιτίας έκπλυσης κατά την περίοδο 1989- 1993 (kg/στρέμμα)

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

Τέλος, στον πίνακα 1.3 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 νιτροδών 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 γειτνιάζουν 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. (Μήτσιος, 2004). Οι Κ.Ο.Γ.Π θα αναλυθούν εκτενέστερα σε άλλο κεφάλαιο.

#### **1.1.4 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 υπεδάφιους 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 θεικής αμμωνίας.
- Επιβάρυνση με νιτρικό άζωτο του εδαφικού ύδατος με αποτέλεσμα έμμεσα στη συμβολή του φαινομένου του ευτροφισμού.

Τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για επίλυση του προβλήματος 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.

Ένας άλλος τρόπος περιορισμού των απωλειών N μέσω της έκπλυσης, καθώς και ελαχιστοποίησης της ρύπανσης με νιτρικό N του υπογείου ορίζοντα είναι η χρήση λιπασμάτων



βραδείας αποδέσμευσης. Χαρακτηριστική τους κοινή ιδιότητα είναι ο βραδύς ρυθμός διαλυτοποίησης του εμπεριεχόμενου αζώτου (slow release N-fertilizers) που επιτυγχάνεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους (Αναλογίδης, 2005). 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.

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.

## 1.2 ΕΚΠΛΥΣΗ ΑΖΩΤΟΥ-ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΑΦΟΥΣ-ΝΕΡΟ

Η εύκολη μετακίνηση των νιτρικών ιόντων που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής εγκυμονεί κινδύνους. Η επικινδυνότητα της έκπλυσης των νιτρικών αναλύεται εκτενώς στο αρθ. 2 της ΚΥΑ που αφορά το Πρόγραμμα δράσης για το Θεσσαλικό πεδίο που έχει χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητη ζώνη από την νιτρορύπανση. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κατανόηση του μηχανισμού μεταφοράς των νιτρικών στο νερό. Από έρευνες που έχουν γίνει έχει διατυπωθεί η άποψη ότι εφόσον δεχθούμε ότι δεν γίνεται απονιτροποίηση κάτω από το στρώμα εδάφους όπου αναπτύσσεται η βλάστηση, τα 50 mg/l στο υπόγειο νερό αντιστοιχούν σε κατείδυση της βροχής σε ετήσια βάση ως εξής:

150 mm	17 Kg/ha	
250 mm	28 Kg/ha	
350 mm	40 Kg/ha	( 1ha ισοδυναμεί με 10 στρέμματα)

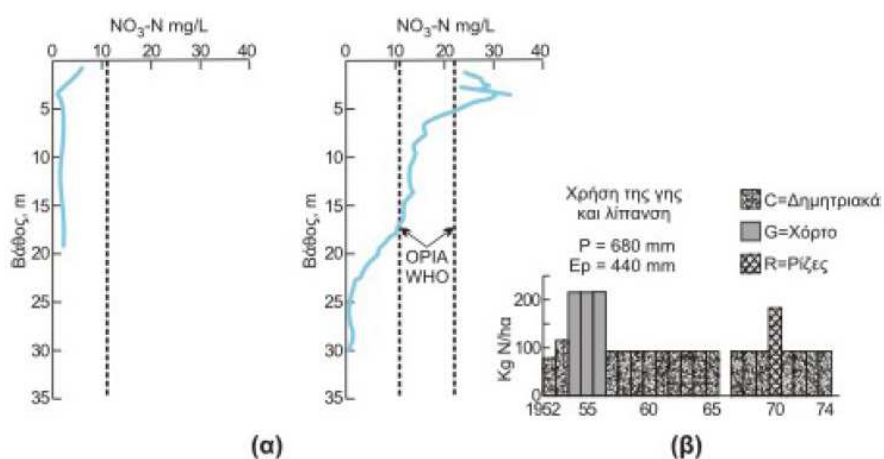
Η σύγκριση των στοιχείων του παραπάνω πίνακα με τα αντίστοιχα δεδομένα που αφορούν την Ελλάδα , φανερώνει την πολύ μικρή ρύπανση σε σχέση με τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πρακτικώς τα πιο πάνω ποσά βροχής αναφέρονται στην περίσσεια (μετά την εξάτμιση-κατακράτηση κομμοστέγης) νερού από τις χειμερινές βροχοπτώσεις.

Τα μέχρι τώρα αποτελέσματα ερευνών έχουν δείξει ότι τα εκπλύματα νιτρικών γεωργικής προέλευσης και ο ρυθμός δημιουργίας τους είναι συνάρτηση της χρήσης γής (του είδους της καλλιέργειας), του ύψους της βροχόπτωσης που περισεύει μετά την εξατμισοδιαπνοή και την

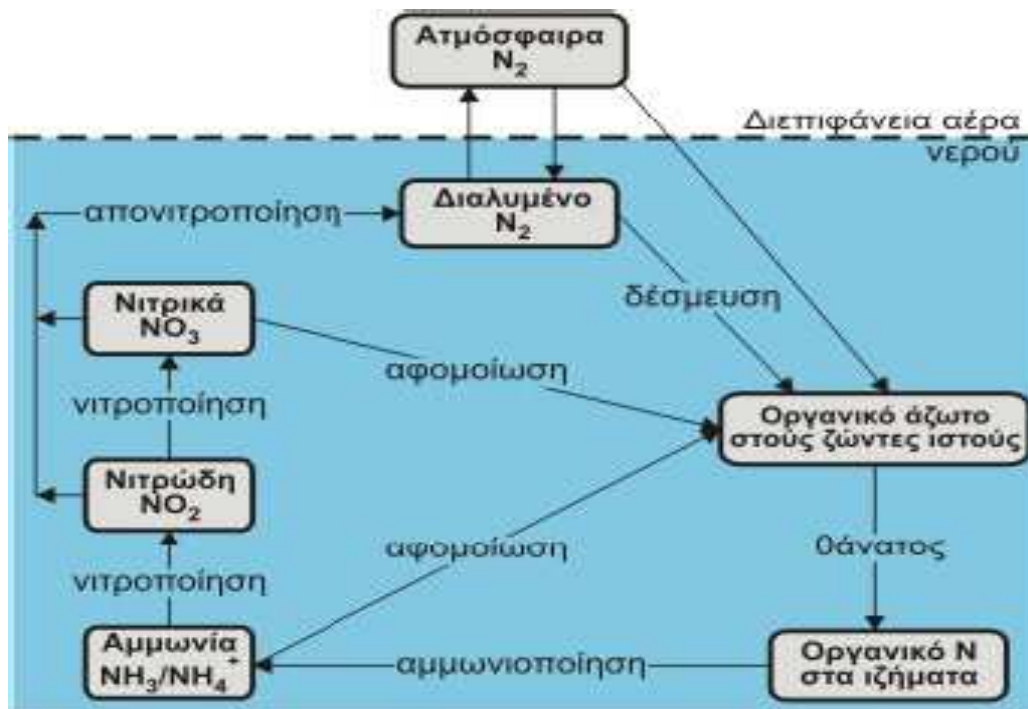
κατακράτηση και απο το χρόνο αντίδρασης δημιουργίας νέας ισορροπίας στη συγκέντρωση νιτρικών στο αντλούμενο απο τους υδροφόρους νερό, που ακολουθεί την μεταβολή της χρήσης γής.

Η συγκέντρωση στο υπόγειο νερό είναι συνάρτηση του δυναμικού έκπλυσης του αζώτου απο τα αζωτούχα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών. Επίσης, εξαρτάται απο την ποσότητα των αζωτούχων λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται, το χρόνο λίπανσης, τη χρήση γής, τις επιστροφές του νερού άρδευσης και τέλος του είδους του εδάφους.(ΦΕΚ 1422/Β' 22-10-2001)

Η νιτρούπανση γεωργικής προέλευσης, είναι μια σημαντική αιτία ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων νερών (εικόνα 1.2). Οι συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3$  είναι μικρότερες όταν παρεμβάλλεται αργιλικό στρώμα στην ακόρεστη ζώνη και μειώνονται με το βάθος κάτω από τη στάθμη του υπόγειου νερού. Γενικά οι αβαθείς υδροφόροι ορίζοντες ρυπαίνονται από νιτρικά ιόντα σε μεγαλύτερο βαθμό από τους βαθύτερους υδροφόρους.



**Εικόνα 1.2 :** Κατανομή νιτρικών στο έδαφος: α) για μεγάλη περίοδο αγρανάπαισης χωρίς λίπανση και β) με λίπανση μετά από μικρής διάρκειας αγρανάπαιση (Young & Gray, 1978).



Εικόνα 1.3: Ο κύκλος του αζώτου στο νερό (Αντωνόπουλος, 2001).

Από την Εικόνα 1.2 προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις νιτρικού αζώτου στον αγρό με το γρασίδι χωρίς λίπανση είναι <6mg/L. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις του νιτρικού αζώτου στους αγρούς που λιπαίνονται υπερβαίνουν τα 10 mg/L. Η υπερβολική λίπανση μπορεί να προκαλέσει την έκπλυση των νιτρικών στο υπόγειο νερό.

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

$$t = - \frac{t_r}{\ln\left(\frac{C}{C_0}\right)}$$

όπου:  $t_r$  = ο χρόνος παραμονής του ρυπασμένου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα, που είναι ίσος με  $t_r = Dn/I$

$D$  = το πάχος του υδροφόρου

$n$  = το πορώδες

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

$C_0$  = η αρχική συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων και

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

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

### **1.3 Η «ΤΥΧΗ» ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ-ΕΚΠΛΥΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ**

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

Μπορεί να προσληφθούν από τα φυτά. Το άζωτο βρίσκεται στο έδαφος και γίνεται διαθέσιμο στα φυτά μετά από τη διαδικασία της ανοργανοποίησης. Κάθε χρόνο και ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και το είδος του εδάφους ανοργανοποιείται από τους μικροοργανισμούς ένα ποσοστό 1-3% του οργανικού αζώτου το οποίο μετατρέπεται κατ' αρχήν σε αμμωνιακά ιόντα και μετά οξειδώνεται σε νιτρικά με την βοήθεια νιτροποιητικών μικροοργανισμών του εδάφους.

Μπορεί να ενσωματωθούν στην οργανική ουσία του εδάφους όπου δεν δημιουργούν πρόβλημα έως ότου ανοργανοποιηθούν από τους μικροοργανισμούς του εδάφους.

Μπορεί να εκπλυθούν στο έδαφος και να αποτελέσουν μέρος του προβλήματος της νιτρορύπανσης. Τα νιτρικά ιόντα επειδή έχουν αρνητικό φορτίο απωθούνται από τα σωματίδια του εδάφους που είναι επίσης αρνητικά φορτισμένα και επομένως μετακινούνται πολύ εύκολα διαμέσου των εδαφικών στρώσεων με το νερό έκπλυσης. Για το λόγο αυτό καταλήγουν να συσσωρεύονται σε διάφορους υδάτινους αποδέκτες και σε υψηλές συγκεντρώσεις να αποτελούν πρόβλημα για την ποιότητα του νερού. (Soil Survey Staff, 1995, Keys to Soil Taxonomy, 6th edition).

Μπορεί να απονιτροποιηθούν σε αέριες μορφές αζώτου ( $N_2$  ή  $N_2O$ ). Διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της βιολογικής απονιτροποίησης ως μοριακό άζωτο, οξείδια του αζώτου και αμμωνία. Οι ποσότητες των νιτρικών που εκπλύνονται εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

#### **Την ένταση και το ύψος της βροχόπτωσης.**

Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση και το ύψος της βροχόπτωσης τόσο πιο μεγάλος είναι ο κίνδυνος απώλειας θρεπτικών στοιχείων από βαθιά διήθηση και επιφανειακή απορροή.

#### **Τη φυτική κάλυψη.**

Ο κ. Γκαντίδης το 1989 (Μέλφου Αικατερίνη, 2000) αναφέρει διάφορα πειράματα από τα οποία προκύπτει ότι η μεγαλύτερη έκπλυση νιτρικών προέρχεται από εδάφη που βρίσκονται σε αγρανάπωση. Σε τέτοιες συνθήκες, με ανεπαρκή δηλαδή φυτική κάλυψη οι απώλειες φθάνουν τα 280

kg NO<sub>3</sub>/εκτάριο/έτος και μάλιστα αυξάνουν όταν προηγείται καλλιέργεια ψυχανθών. Η έκπλυση του αζώτου μειώνεται σημαντικά στις λιβαδικές εκτάσεις και τα δάση.

#### **Τη κτηνοτροφία.**

Η υπερβόσκηση μειώνει την φυτική κάλυψη και διευκολύνει την έκπλυση.

#### **Τη μηχανική σύσταση του εδάφους.**

Η διήθηση του νερού είναι μικρότερη στα βαριά απ'ό,τι στα ελαφρά εδάφη γεγονός που έχει επίπτωση στην έκπλυση νιτρικών. Κατά μέσο όρο οι απώλειες από τα αμμώδη εδάφη φθάνουν τα 3-4 kg/N/στρέμμα ενώ από τα πηλώδη 2- 3kg/N/στρ. (Σιμώνης και Σετάτου, 1995).

#### **Τη στάθμη υπεδάφιου νερού–στράγγιση.**

Όταν το βάθος του υπεδάφιου νερού είναι μικρό η συσσώρευση νιτρικών, λόγω έκπλυσης τους, είναι μεγαλύτερη ειδικά όταν τα εδάφη είναι ελαφρά (αμμώδη).

#### **Τη χρήση λιπασμάτων.**

Η υπερβολική χρήση λιπασμάτων αυξάνει και την έκπλυση νιτρικών από έδαφος. Διάφορα πειράματα έδειξαν ότι με παροχή 0-120kg ανά εκτάριο στα σιτηρά, οι απώλειες αζώτου με έκπλυση ήταν της τάξεως των 50kg/N/ha/έτος. Όταν η παροχή αυξάνεται στα 180 kg/ha, οι απώλειες ανέρχονται στα 75kg/N/ha/έτος. Άλλα πειράματα στις ΗΠΑ έδειξαν ότι κάθε ποσότητα αζωτούχου λίπανσης πάνω από τις πραγματικές ανάγκες των φυτών μπορεί να διαφύγει με έκπλυση σε ποσοστό πάνω από 50% (Γκαντίδης et al., 1989)

## **1.4 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΕΡΙ ΝΙΤΡΟΥΠΙΑΝΣΗΣ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΝΤΑΞΗΣ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ – ΚΩΔΙΚΕΣ ΟΡΘΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ (Κ.Ο.Γ.Π.)**

Είναι γνωστό ότι η Κοινοτική Νομοθεσία (Οδηγία 676/91/ΕΟΚ), επιβάλλει στα κράτη-μέλη να προσδιορίσουν τα ύδατα που υφίστανται ρύπανση καθώς και εκείνα που ενδέχεται να την υποστούν και να χαρακτηρίσουν ευπρόσβλητες ζώνες με βάση τα αποτελέσματα της παρακολούθησης που η ίδια απαιτεί. Για τις ζώνες αυτές, τα περισσότερα κράτη-μέλη έχουν καταρτίσει και υποβάλει στα αρμόδια

όργανα της Ε.Ε. τα Προγράμματα Δράσης, που περιλαμβάνουν μέτρα υποχρεωτικής εφαρμογής σχετικά με τις γεωργικές πρακτικές και στα οποία συγκαταλέγεται ο καθορισμός μέγιστης ποσότητας κοπριάς ή ανόργανων λιπασμάτων που μπορούν να διασπαρθούν στο έδαφος κατ' έτος.

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

- Στη μείωση της ρύπανσης των υδάτων που προκαλείται άμεσα ή έμμεσα από νιτρικά ιόντα γεωργικής προέλευσης .

- Στην πρόληψη της περαιτέρω ρύπανσης αυτού του είδους.

Η χώρα μας έχει θεσπίσει (π.χ. Θεσσαλία) τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, του οποίου η εφαρμογή είναι προαιρετική εκτός των ευπρόσβλητων ζωνών αλλά υποχρεωτική στο εσωτερικό τους. Στις ζώνες αυτές τηρούνται ειδικοί ΚΟΓΠ., όπως αυτοί καθορίζονται από τα «Προγράμματα Δράσης» της Οδηγίας (Ευπρόσβλητες ζώνες της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ, ΚΥΑ (ΦΕΚ) 1575/Β/5.8.1999). Οι γενικοί ΚΟΓΠ καθορίζονται με την Υπουργική Απόφαση υπ αριθμ. 85167/820/6.4.2000 (ΦΕΚ) 477/Β/6.4.2000. Οι Ειδικοί Κώδικες καθορίζονται με ΚΥΑ ανά ευαίσθητη περιοχή. Οι Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (ΚΟΓΠ) αποτελούν τις ελάχιστες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις που πρέπει να τηρούν οι παραγωγοί για την ένταξη στα αγροπεριβαλλοντικά προγράμματα του Καν. (ΕΚ) 1257/99 (για τη στήριξη της αγροτικής ανάπτυξης από το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΕΓΤΠΕ) και για την τροποποίηση και κατάργηση ορισμένων κανονισμών) καθώς επίσης αποτελούν τις ελάχιστες δεσμεύσεις του άρθρου 3 του Καν. (ΕΚ) 1259/99 (σχετικά με τη θέσπιση κοινών κανόνων για τα καθεστάτα άμεσης στήριξης στα πλαίσια της κοινής γεωργικής πολιτικής).

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

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

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

- **Κατεργασία του εδάφους.** Η κατεργασία του εδάφους δεν είναι αυτοσκοπός. Γίνεται για να ετοιμαστεί το χωράφι για την επόμενη καλλιέργεια, να ετοιμαστεί για τη σπορά, να καταστραφούν και να παραχωθούν τα ανεπιθύμητα φυτά, να εξασφαλιστεί η σωστή στράγγιση των νερών και ο αερισμός του εδάφους. Με την κατεργασία του εδάφους διαταράσσεται η δομή του, ενώ με άκαιρες ή ακατάλληλες επεμβάσεις αυτή καταστρέφεται. Το κατεργασμένο γυμνό έδαφος είναι ευάλωτο στη διάβρωση από τον αέρα ή από το νερό. Επομένως η κατεργασία του εδάφους πρέπει να περιορίζεται όσο είναι δυνατόν, στις απαραίτητες επεμβάσεις. Η υπερβολική κατεργασία εδάφους αυξάνει την απαιτούμενη ενέργεια, επιφέρει μεγάλη και άσκοπη κατανάλωση καυσίμων και παράλληλα προκαλεί αρνητικές συνέπειες στο έδαφος.

Για να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από την κατεργασία του εδάφους και να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές συνέπειες, συνίσταται:

1. Οι κατεργασίες να γίνονται την κατάλληλη εποχή με τα κατάλληλα, για το έδαφος και την εργασία που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε, γεωργικά μηχανήματα. Σκόπιμο είναι να γίνονται, κατά το δυνατόν, οι λιγότερες επεμβάσεις.

2. Οι κατεργασίες του εδάφους να γίνονται πάντα, όταν το έδαφος βρίσκεται στο «ρόγο του», δηλαδή μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές. Σκόπιμο είναι να αποφεύγονται οι θερινές αρόσεις, στην περίπτωση που αυτές δεν θεωρούνται απαραίτητες για την καταπολέμηση πολυετών ζιζανίων.

3. Να αποφεύγεται η βαθιά άροση κάτω από 40 εκατοστά, αν δεν υπάρχει ανάγκη εκρίζωσης βαθύριζων ζιζανίων και θραύσης αδιαπέραστου εδαφικού ορίζοντα. Στην περίπτωση βαθιάς άροσης, λόγω θραύσης αδιαπέραστου εδαφικού ορίζοντα δεν πρέπει να γίνεται αναστροφή του εδάφους.

Στις περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος πλημμύρων η άροση, θα πρέπει να γίνεται με μέθοδο, που εξασφαλίζει την ισοπέδωση αγροτεμαχίων με χρήση αναστρεφόμενων αρότρων. Επιβάλλεται:

1. Σε εδάφη με κλίση μεγαλύτερη από 10% η άροση να γίνεται κατά τις ισοϋψείς, ή διαγώνια, ή να δημιουργούνται φυσικά αναχώματα κατά τις ισοϋψείς και η άροση να γίνεται διαγώνια (ακαλλιέργητες ζώνες με φυτική κάλυψη) με εύρος 1-2 μέτρα.

2. Η χρησιμοποίηση των γεωργικών μηχανημάτων να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην καταστρέφονται οι αγροτικοί δρόμοι.

3. Να μην καταστρέφονται τα ακαλλιέργητα περιθώρια μεταξύ των αγροτεμαχίων καθώς και οι φυτοφράκτες, η φυσική βλάστηση των ρεματιών και τα γειτονεύοντα δάση.

4. Η διατήρηση των φυσικών ρεμάτων. Επεμβάσεις, οι οποίες αφορούν στην αλλαγή πορείας ρεμάτων με χωματουργικά μηχανήματα γίνονται μόνο μετά από άδεια της αρμόδιας υπηρεσίας.

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

Η αμειψισπορά είναι πρακτική που πρέπει να αρχίσει να εφαρμόζεται ξανά, όπου έχει σταματήσει. Καλό είναι επίσης να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε το χωράφι να μην μένει γυμνό κατά την περίοδο του χειμώνα που είναι πιο ευπρόσβλητο στη διάβρωση από τις βροχές. Στα ελαφρά εδάφη με περιεκτικότητα σε άμμο μεγαλύτερη από 50% (αμμώδη ηλοαμμώδη, άμμοπηλώδη) υποχρεωτικά πρέπει να υπάρχει φυτοκάλυψη το χειμώνα.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλο πρόγραμμα αμειψισποράς που περιλαμβάνει και καλλιέργεια χλωρής λίπανσης ή κατάλληλη διαχείριση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας ή της αυτοφυούς χλωρίδας.

Με την αμειψισπορά επιτυγχάνονται οι παρακάτω στόχοι:

1. Αύξηση της γονιμότητας του εδάφους
2. Βελτίωση της δομής του εδάφους
3. Μείωση των προβλημάτων από ζιζάνια
4. Μείωση των προβλημάτων από ασθένειες.

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι θα πρέπει να υπάρχει εναλλαγή καλλιεργειών (αμειψισπορά) και ανάλογα με το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε πρέπει να υπάρχει εναλλαγή διαφόρων τύπων καλλιεργειών στα πλαίσια της αμειψισποράς. Οι ιδιαίτερες συνθήκες των χωραφιών, των καλλιεργειών που έχουν προηγηθεί και των κλιματικών συνθηκών πρέπει να συνυπολογίζονται για την διαμόρφωση του προγράμματος αμειψισποράς.

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

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος εναλλαγής των καλλιεργειών μπορούν να ακολουθηθούν οι παρακάτω μέθοδοι :

#### **Μέθοδος Α:**

Στη διάρκεια της πενταετίας για ένα ολόκληρο έτος το αγροτεμάχιο τίθεται σε αγρανάπαυση ή αμειψισπορά.

#### **Μέθοδος Β:**

Στη διάρκεια της 5ετίας το 20% τουλάχιστο του αγροτεμαχίου (βασικής καλλιέργειας) θα τίθεται σε αγρανάπαυση ή αμειψισπορά.

Στη διάρκεια της πενταετίας για κάποια αγροτεμάχια ακολουθείται η μέθοδος Α και για κάποια άλλα η μέθοδος Β. Δεν μπορεί ένα αγροτεμάχιο να καλλιεργηθεί και με τη μία μέθοδο και με την άλλη σε διάστημα μικρότερο των 5 ετών. Αλλαγή στη μέθοδο αμειψισποράς σε συγκεκριμένο αγροτεμάχιο μπορεί να γίνει μόνο όταν εξασφαλισθεί επαρκής (όχι λιγότερο από 20%) αμειψισπορά σε αυτό.

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

Η χρήση των λιπασμάτων, χωρίς την επιλογή του κατάλληλου είδους και την εφαρμογή στην κατάλληλη ποσότητα και στο σωστό χρόνο, αυξάνει το κόστος παραγωγής καθώς γίνεται



υπερκατανάλωση λιπασμάτων. Πέρα όμως από τη αύξηση του κόστους δημιουργούνται προβλήματα στο έδαφος και ρυπαίνονται τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά.

Το πρόβλημα προκαλείται κυρίως από τα αζωτούχα λιπάσματα τα οποία είναι εύκολα διαλυτά στο νερό. Τα νιτρικά ιόντα είναι πολύ ευκίνητα στο έδαφος σε αντίθεση με τα φωσφορικά και το κάλιο. Οι ποσότητες από τα νιτρικά που βρίσκονται στο έδαφος και δεν απορροφούνται από τα φυτά, είτε γιατί δεν είναι στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης για να τα απορροφήσουν, είτε γιατί έχουν χορηγηθεί μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που μπορούν να απορροφήσουν, εκπλύνονται με το νερό της βροχής ή της άρδευσης και καταλήγουν στα υπόγεια νερά όπου και συσσωρεύονται. Όταν η περιεκτικότητα των νερών αυτών υπερβεί κάποια όρια (50 mg/l) τότε το νερό θεωρείται ακατάλληλο προς πόση. Εξ άλλου όταν το έδαφος είναι επικλινές ή έχει μικρή διηθητικότητα (είναι βαρύ ή αδιαπέραστο) ή το σημείο όπου εφαρμόζονται τα λιπάσματα είναι πλησίον ή εντός λεκανών απορροής, τα νιτρικά και τα φωσφορικά παρασύρονται και μεταφέρονται προκαλώντας «ευτροφισμό» των επιφανειακών νερών και την υποβάθμισή τους.

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

Με στόχο την ορθολογική χρήση των λιπασμάτων οι παραγωγοί πρέπει:

1. Να εφαρμόζουν ανά καλλιέργεια και τύπο εδάφους τις «άριστες» ποσότητες και τύπους λιπασμάτων για την κάλυψη των αναγκών θρέψης των φυτών, όπως αυτά προσδιορίζονται στα «πρακτικά λίπανσης» που εκδίδονται από τις οικείες Δ/σεις Αγροτικής Ανάπτυξης- Γεωργίας, τα Π.Ε.Γ.Ε.Α.Α και το ΕΘΙΑΓΕ.

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

Εξαιρούνται τα οργανικά λιπάσματα (κοπριές, κόμποστ) που είναι αργής αποδέσμευσης, υπό την προϋπόθεση ότι είναι «χωνεμένα» .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Οι υδατικοί πόροι θεωρούνται σήμερα απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη κάθε είδους δραστηριότητας και την διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και γενικότερα της ζωής.

Τις τελευταίες δεκαετίες η αλματώδης ανάπτυξη των διαφόρων τομέων της οικονομίας, προεξάρχουσας της γεωργίας, είχαν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης νερού γεγονός, το οποίο σε συνδυασμό με την αλόγιστη πολλές φορές χρήση του και την ταυτόχρονη αύξηση των πηγών ρύπανσης δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην ανάπτυξη και το μέλλον, τουλάχιστον ορισμένων περιοχών.

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

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

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

Μια επιτυχημένη άρδευση πρέπει, αφενός, να δίνει στο έδαφος τόσο νερό όσο χρειάζεται για να αναπτυχθεί σωστά η καλλιέργεια και αφετέρου, η εφαρμογή του νερού να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχουν όσο το δυνατόν μικρότερες απώλειες νερού και θρεπτικών στοιχείων από βαθιά διήθηση και επιφανειακή απορροή. Σε κάθε άρδευση πρέπει να εφαρμόζεται τόσο νερό ώστε να κορεστεί το έδαφος σε τόσο βάθος όσο το βάθος του ριζικού συστήματος. Η βαθιά διήθηση και η επιφανειακή απορροή μπορούν να περιοριστούν με τον κατάλληλο έλεγχο μιας σειράς παραγόντων από τους οποίους επηρεάζονται, όπως είναι:

α. Η παροχή της άρδευσης (να αποφεύγονται απώλειες κατά την παροχή με επιδιόρθωση του συστήματος παροχής)

β. Ο χρόνος εφαρμογής

γ. Η κλίση του εδάφους

- δ. Το μήκος διαδρομής του νερού στον αγρό
- ε. Η διηθητικότητα του εδάφους
- στ. Η μέθοδος άρδευσης.

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

Να λαμβάνουν μέριμνα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού άρδευσης με αποφυγή της επιφανειακής απορροής ή βαθιάς διήθησης. Εξαιρούνται οι περιπτώσεις, που η βαθιά διήθηση χρειάζεται, για να αντιμετωπιστούν προβλήματα αλατότητας.

Να μην αρδεύουν με κατάκλιση (με αυλάκια) σε αγροτεμάχια με κλίση πάνω από 3% (εξαιρείται η άρδευση πολυετών καλλιεργειών με αύλακες περιμετρικά του κορμού του φυτού).

Να τηρούν τις αρδευτικές πρακτικές ανά καλλιέργεια (συνολική ποσότητα, αριθμός εφαρμογών, δόση ανά εφαρμογή), όπως ορίζονται από τις εκάστοτε ισχύουσες πρακτικές των οικείων Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων.

Να τηρούν τους κανονισμούς των Οργανισμών Εγγείων Βελτιώσεων και γενικά των φορέων λειτουργίας συλλογικών έργων.

Να τηρούν τα περιοριστικά μέτρα χρήσης νερού, όπως προβλέπεται από τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

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

Πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια για την πρόληψη και την αποτροπή εγκατάστασης επιβλαβών οργανισμών στις καλλιέργειες

1. με προσφυγή στη βιολογική καταπολέμηση πριν εφαρμοστούν χημικά μέσα.
2. Με χρήση ανθεκτικού στις ασθένειες πολλαπλασιαστικού υλικού ή απαλλαγμένου από ασθένειες πολλαπλασιαστικού υλικού.
3. Με διαχείριση της αυτοφουούς βλάστησης ώστε να αποφεύγεται η σποροπαραγωγή της ανεπιθύμητης και να υπάρχει σε κατάλληλα σημεία η επιθυμητή καταστροφή των διαχειμαζουσών μορφών των εχθρών και των ασθενειών τον χειμώνα.
4. Εφαρμογή κατάλληλης αμειψισποράς.
5. Παρακολούθηση της εξέλιξης των εχθρών, ζιζανίων και ασθενειών στην περιοχή, ώστε να είναι δυνατή η έγκαιρη λήψη κατασταλτικών μέτρων.
6. Διαχείριση της πυκνότητας σποράς.

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

- Διαχείριση αυτοφυούς γλωρίδας.
- Συγκομιδή.
- Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας.
- Διαχείριση απορριμμάτων.

Η πρακτική της αμειψισποράς αφορά μόνο τις ετήσιες καλλιέργειες, αροτραίες και κηπευτικά. Όλες οι άλλες δραστηριότητες αφορούν όλους τους τύπους των καλλιεργειών.

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

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

## 1.5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗΣ-ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΝΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η Ελλάδα έχει συντάξει “Πρόγραμμα Δράσης κατά της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης” που εκτός από τα δίκτυα παρακολούθησης της ρύπανση και των φορέων που συνεργάζονται για την καταγραφή αυτής, υπάρχει και το επιδοτούμενο μέρος το οποίο αφορά τους αγρότες και το οποίο έχει ενταχθεί στον 3 Άξονα του ΕΠΑΑ( Έγγραφο Προγραμματισμού Αγροτικής Ανάπτυξης, Άξονας 3: Γεωργοπεριβαλλοντικά Μέτρα, Μέτρο 3.5: Μείωση της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης) του Γ΄ ΚΠΣ και προτείνει λιπαντική αγωγή για τις παρακάτω καλλιέργειες: βαμβάκι, σιτηρά, καλαμπόκι, ζαχαρότευτλα κ.τ.λ.. Η λιπαντική αγωγή διαφοροποιείται με βάση την κοκκομετρική σύσταση, την κλίση, την υδρομορφία, την καλλιέργεια, το σύστημα άρδευσης κ.α. (Καρυώτης Θ. et al, 2002) καθώς και την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων.

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

Τα βήματα που ακολουθούνται για να συμμετέχουν οι ενδιαφερόμενοι στο πρόγραμμα μείωσης της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης είναι:

α. Να ενημερωθούν από τις Δ/σεις Αγροτικής Ανάπτυξης για τους όρους και προϋποθέσεις του μέτρου, το χρόνο υποβολής της αίτησης και το απαραίτητο έντυπο υλικό (πληροφοριακό, αίτηση κλπ).

β. Υποβολή φακέλων υποψηφιότητας στις Δ/σεις Αγροτικής Ανάπτυξης των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων. Οι φάκελοι αυτοί περιλαμβάνουν:

1. Αίτηση ένταξης
2. Δικαιολογητικά

- Νόμιμης χρήσης και κατοχής της έκτασης.
- Απόδειξη της ιδιότητας του γεωργού ή ύπαρξης γεωργικού εισοδήματος.

3. Σχέδιο Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (ΣΠΔ: είναι μια καταγραφή των υποχρεώσεων που θα αναλάβει ο υπήφιος και η οποία συντάσσεται και υπογράφεται από Σύμβουλο Γεωτεχνικό).

γ. Εφόσον εγκριθεί η αίτησή τους να υπογράψουν σύμβαση στη Δ/ση Αγροτικής Ανάπτυξης που καθορίζει τις λεπτομέρειες ένταξης τους στο πρόγραμμα.

Το αρχικό πρόγραμμα (ή υποπρόγραμμα 1) εγκρίθηκε στα πλαίσια της προγραμματικής περιόδου 1995-1999 με την Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Ε (95)1392/26.7.95 και τροποποιήθηκε με την Απόφαση Ε(99) 664/ 27.4.99 για την αντιμετώπιση λειτουργικών δυσκολιών του. Ειδικότερα με την τροποποίηση επεκτάθηκε η εφαρμογή του προγράμματος σε περισσότερες καλλιέργειες και περιοχές (Φθιώτιδα) καθώς και περιελήφθησαν δράσεις πέραν της μείωσης της αζωτούχου λίπανσης. Με τις τροποποιήσεις αυτές απορροφήθηκε το σύνολο των εγκεκριμένων εκτάσεων που είχαν κατανεμηθεί.

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

Στα πλαίσια της νέας προγραμματικής περιόδου 2000-2006 και του ΕΠΑΑ καταρτίζεται το νέο πρόγραμμα με την υπ. αριθ. 85154/574/14.3.2001 Απόφαση του Υπ. Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Το πεδίο εφαρμογής περιλαμβάνει:

#### 1. Θεσσαλία.

Το μέτρο θα εφαρμοσθεί στους νομούς Μαγνησίας, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων και στην περιοχή της Επαρχίας Δομοκού του νομού Φθιώτιδας. Στις περιοχές αυτές προτεραιότητα θα δοθεί στις ζώνες I (Υψηλής ευαισθησίας) και II (Μέσης ευαισθησίας) και θα εφαρμοστεί στις εδαφολογικές κλάσεις I, II, III, VI, VII, VIII, όπως αυτές έχουν προσδιορισθεί και οριοθετηθεί με την Κ.Υ.Α 25638/2905/22-10-01 (ΦΕΚ 1422/Β/2001), μέσα στην ως άνω ζώνη περιοχές προτεραιότητας καθορίζονται οι αρδευόμενες με γεωτρήσεις υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών και οι περιοχές εξάντλησης των υπόγειων υδροφορέων.

Εάν τα όρια των ζωνών I και II τέμνουν τις καλλιεργούμενες εκτάσεις ενός Δημοτικού Διαμερίσματος τότε το σύνολο των γεωργικών εκτάσεων του Δημοτικού Διαμερίσματος θα θεωρούνται ότι εντάσσονται στην αντίστοιχη ζώνη.

#### 2. Κωπαΐδα.

Το μέτρο θα εφαρμοσθεί στις ζώνες υψηλής και μέσης ευαισθησίας, όπως προσδιορίζεται στο Πρόγραμμα Δράσης των Ευαίσθητων στη Νιτρορύπανση περιοχών της Κωπαΐδας ΚΥΑ 20417/2520/01 (ΦΕΚ 1195/Β/14-9-2001), σύμφωνα με την Οδηγία 91/ 676/ΕΟΚ. Μέσα στην ως άνω ζώνη περιοχές προτεραιότητας καθορίζονται οι αρδευόμενες με γεωτρήσεις υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών και οι περιοχές εξάντλησης των υπόγειων υδροφορέων.

### 3. Πηνεϊός Ν. Ηλείας.

Το μέτρο θα εφαρμοσθεί στις ζώνες υψηλής και μέσης ευαισθησίας, όπως προσδιορίζεται στο Πρόγραμμα Δράσης των Ευαίσθητων στη Νιτρορύπανση περιοχών του Πηνεϊού ΚΥΑ 20418/2521/01 (ΦΕΚ 1197/Β/14-9-2001) σύμφωνα με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ

Μέσα στην ως άνω ζώνη περιοχές προτεραιότητας καθορίζονται οι αρδευόμενες με γεωτρήσεις υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών και οι περιοχές εξάντλησης των υπόγειων υδροφορέων.

Συγκεκριμένα θα καλυφθούν:

- ΘΕΣΣΑΛΙΑ και ΦΘΙΩΤΙΔΑ μέχρι 60.000 ha.
- ΚΩΠΑΪΔΑ μέχρι 30.000 ha.
- ΠΗΝΕΙΟΣ μέχρι 3.000 ha.

Το 2005 υπογράφηκε νέα ΚΥΑ και αφορά την εφαρμογή του Μέτρου 3.5 «Μείωση της Νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης» του Εγγράφου Προγραμματισμού Αγροτικής Ανάπτυξης (Ε.Π.Α.Α.) 2000-2006, στο πλαίσιο του Καν. (ΕΚ) 1257/99 του Συμβουλίου “για τη στήριξη της αγροτικής ανάπτυξης από το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (Ε.Γ.Τ.Π.Ε.) – Τμήμα Εγγυήσεων”.

Το Μέτρο εφαρμόζεται σε περιοχές οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητες από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης, σύμφωνα με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ. Η ελληνική νομοθεσία εναρμονίστηκε με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ, με την έκδοση της αρ. 16190/1335/1997 ΚΥΑ (ΦΕΚ Β΄ 519/25-6-1997) και ο κατάλογος των ευπρόσβλητων ζωνών καθορίστηκε με την αριθμ. 19652/1906/1999 ΚΥΑ (ΦΕΚ Β΄ 1575/ 5-9-1999).

Οι περιοχές παρέμβασης είναι:

#### Α. ΘΕΣΣΑΛΙΑ

- Το μέτρο θα εφαρμοσθεί στους νομούς Μαγνησίας, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων και στην περιοχή της τέως Επαρχίας Δομοκού του νομού Φθιώτιδας.

Στις περιοχές αυτές προτεραιότητα θα δοθεί στις ζώνες I (Υψηλής ευαισθησίας) και II (Μέσης ευαισθησίας), με βάση την ευκολία εισαγωγής και διακίνησης των ρύπων εντός αυτών καθώς και τα επίπεδα συγκέντρωσης νιτρικών στα υπόγεια νερά και θα εφαρμοστεί στις εδαφικές κλάσεις I, II, III, VI, VII, VIII, όπως αυτές έχουν προσδιορισθεί και οριοθετηθεί στο Πρόγραμμα Δράσης για το Θεσσαλικό Πεδίο, Κ.Υ.Α 25638/2905/22-10-01 (ΦΕΚ Β΄ 1422/22-10-01), σύμφωνα με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ.

- Εάν η επιλέξιμη έκταση, ανά έτος και ανά Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση, δεν καλυφθεί από αιτήσεις παραγωγών των οποίων οι εκμεταλλεύσεις βρίσκονται στις ζώνες I και II (υψηλής και μέσης ευαισθησίας αντίστοιχα),

παρέχεται η δυνατότητα στους παραγωγούς των οποίων οι εκμεταλλεύσεις βρίσκονται στη ζώνη III (χαμηλής ευαισθησίας) να υποβάλλουν αιτήσεις για να ενταχθούν στο πρόγραμμα, σύμφωνα με τη σειρά κατάταξης που θα δημιουργηθεί βάσει των κριτηρίων αξιολόγησης.

## **B. ΚΩΠΑΪΔΑ**

Το μέτρο θα εφαρμοσθεί στο Νομό Βοιωτίας και στις ζώνες I και II (υψηλής και μέσης ευαισθησίας αντίστοιχα), όπως αυτές έχουν προσδιορισθεί στο Πρόγραμμα Δράσης για την περιοχή του Κωπαϊδικού Πεδίου, ΚΥΑ 20417/2520/01 (ΦΕΚ Β' 1195/14-9-01), σύμφωνα με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ, λαμβάνοντας υπόψη τον χάρτη νιτρορύπανσης της περιοχής.

## **Γ. ΠΗΝΕΙΟΣ Ν. ΗΛΕΙΑΣ**

Το μέτρο θα εφαρμοσθεί στο Νομό Ηλείας και στις ζώνες I και II (υψηλής και μέσης ευαισθησίας αντίστοιχα), όπως αυτές έχουν προσδιορισθεί στο Πρόγραμμα Δράσης για τη Λεκάνη του Πηνειού Ν. Ηλείας, ΚΥΑ 20418/2521/01 (ΦΕΚ Β' 1197/14-9-2001), σύμφωνα με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ.

### ***Ζώνες εφαρμογής***

α) Ως ζώνες εφαρμογής του μέτρου καθορίζονται γεωγραφικές υποενότητες των περιοχών παρέμβασης, οι οποίες εμφανίζουν αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης νιτρικών στα υπόγεια νερά καθώς και μεγαλύτερο κίνδυνο έκπλυσης νιτρικών με βάση την ευκολία εισαγωγής και διακίνησης των ρύπων εντός αυτών.

β) Η ευκολία διακίνησης νιτρικών στα υπόγεια νερά εξαρτάται από τα λιθολογικά χαρακτηριστικά των υδροφόρων οριζόντων, τη δομή τους, τους συντελεστές κατείδυσης και το καθεστώς υδροδυναμικής τους εξέλιξης. Με βάση τους γεωλογικούς σχηματισμούς, όπως παρατίθενται στο Παράρτημα της παρούσας, διακρίνονται τρεις ζώνες ευαισθησίας - υψηλής (I), μέσης (II) και χαμηλής (III).

γ) Στα πλαίσια των ζωνών ευαισθησίας I, II και III, η συμπεριφορά των αζωτούχων λιπασμάτων επηρεάζεται σημαντικά και από εδαφικούς παράγοντες, από τους οποίους

σημαντικότεροι είναι η κοκκομετρική σύσταση, η κλίση και η υδρομορφία, όπως περιγράφονται στο παράρτημα της παρούσας..

Η κατάταξη των δημοτικών διαμερισμάτων κάθε Νομού στις Ζώνες I, II και III καθορίζεται με έκδοση αποφάσεων Νομαρχών από τις οικείες Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις.

Για την περίοδο 2000-2006 το μέτρο θα εφαρμοστεί συνολικά σε έκταση 600.000 στρεμμάτων στην περιοχή του Θεσσαλικού Πεδίου, 300.000 στρεμμάτων στην περιοχή του Κωπαϊδικού Πεδίου και 30.000 στρεμμάτων στην περιοχή της Λεκάνης Πηνειού του Ν. Ηλείας.

Η κατανομή της επιλέξιμης έκτασης ανά έτος και Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση θα καθορίζεται με Απόφαση του Γενικού Γραμματέα του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Εάν σε κάποια από τις περιοχές παρέμβασης τα όρια των ζωνών I και II τέμνουν τις καλλιεργούμενες εκτάσεις ενός Δημοτικού Διαμερίσματος που δεν ανήκει σε μια από τις παραπάνω ζώνες, τότε θεωρείται ότι εντάσσεται στην αντίστοιχη επιλέξιμη ζώνη το σύνολο των γεωργικών εκτάσεων του Δημοτικού Διαμερίσματος.

Μέσα στις ζώνες I και II ως περιοχές προτεραιότητας καθορίζονται οι αρδευόμενες εκτάσεις με γεωτρήσεις υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών και οι περιοχές εξάντλησης των υπόγειων υδροφορέων.

#### **1.6 Η ΕΚΘΕΣΗ ΤΗΣ COMMISSION ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗ**

Η Οδηγία του Συμβουλίου 91/676/ΕΟΚ για την προστασία των υδάτων από την νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης εκδόθηκε στις 12 Δεκεμβρίου 1991. Το άρθρο 10 της Οδηγίας για την νιτρορύπανση επιβάλλει στα κράτη μέλη να υποβάλλουν στην Επιτροπή έκθεση, από την τετραετία που ακολουθεί την κοινοποίησή της και στη συνέχεια κάθε τετραετία.

Στην έκθεση αυτή πρέπει να περιέχονται πληροφορίες για τους Κώδικες Ορθών Γεωργικών Πρακτικών για τις ευπρόσβλητες στη νιτρορύπανση ζώνες (NVZ) και περίληψη των προγραμμάτων δράσης για τις ζώνες αυτές (Καρυώτης Θ. et al, 2002).

Στην τελευταία πενήνταετία έχουμε απότομη αύξηση στην χρήση του ανόργανου Ν που έφθασε τα 11 εκ. τόνους ετησίως στα μέσα της δεκαετίας του 80 και αργότερα μειώθηκε στα 9- 10 εκ. ετησίως.

Κατά την πενήνταετή αυτή περίοδο, η συρρίκνωση των μόνιμων χορτολιβάδων και των “διαχωριστικών” ζωνών (αυλάκια και φράκτες, υγρότοποι κλπ) η οποία ευνοεί τη διάβρωση, την



απορροή και την ταχύτερη διήθηση θρεπτικών συστατικών στα υδάτινα οικοσυστήματα και στα υπόγεια ύδατα, απετέλεσε ένα χαρακτηριστικό της μετασχηματιζόμενης γεωργίας.

Μέρος των εν λόγω απωλειών αζώτου (50-80%) ανακυκλώνεται στα ύδατα και στο έδαφος, προκαλώντας εμπλουτισμό των υπογείων υδάτων, ευτροφισμό των επιφανειακών υδάτων, σε συνδυασμό με το φωσφόρο. Ένα άλλο μέρος, μέχρι ποσοστού 20-50% ‘απονιτροποιείται’ σε αδρανή αέρια αζώτου από βακτηρίδια του εδάφους ή από χημική αναγωγή, σε ορισμένους τύπους εδάφους (κακώς αποστραγγιζόμενα) και υπογείων υδάτων.

Τα ανόργανα λιπάσματα μεταφέρουν απευθείας αμμώνιο και νιτρικά ιόντα στα υπόγεια ύδατα μέσω της έκπλυσης, και στα επιφανειακά ύδατα μέσω απορροής και υπόγειας “διήθησης”.

Η έκταση των διεργασιών αυτών εξαρτάται από τις συνθήκες του εδάφους και την στιγμή της διασποράς.

Το οργανικό άζωτο (στην κοπριά) χρησιμοποιεί τις ίδιες “οδούς”, πέραν των πρόσθετων απωλειών προς την ατμόσφαιρα υπό μορφή αμμωνίας (εξαέρωση) και  $N_2O$  (ατελής απονιτροποίηση). Οι ποσότητες αυτές κυμαίνονται σε ποσοστό 10% έως 38% του αρχικού N που απεκκρίνεται από τα ζώα και εναποτίθενται εκ νέου στο έδαφος και στα υδάτινα συστήματα μέσω της βροχής (υγρή εναπόθεση) ή απευθείας (ξηρά ατμοσφαιρική εναπόθεση).

Προκειμένου να περιοριστούν οι απώλειες από τις γεωργικές δραστηριότητες, οι κύριοι τύποι δράσεων που η Οδηγία για την νιτρορύπανση προάγει τους κώδικες ορθών γεωργικών πρακτικών και τα προγράμματα δράσης, τα οποία αφορούν τα εξής:

Συστήματα αμειψισποράς, χειμερινή κάλυψη εδάφους, παρεμβαλλόμενες καλλιέργειες, προκειμένου να περιοριστεί η έκπλυση κατά τις υγρές εποχές.

Χρήση λιπασμάτων και κοπριάς, με εξισορρόπηση των καλλιεργητικών αναγκών, των εισροών και της εδαφικής παροχής N, συχνές αναλύσεις κοπριάς και εδάφους, υποχρεωτικά προγράμματα χρήσης λιπασμάτων και γενικοί περιορισμοί ανά καλλιέργεια για τα λιπάσματα ανόργανου και οργανικού αζώτου.

Κατάλληλα χρονοδιαγράμματα διασκορπισμού αζώτου και επαρκής αποθήκευση κοπριάς, η οποία θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνον όταν οι καλλιέργειες χρειάζονται θρεπτικά συστατικά, καθώς και ορθές πρακτικές διασκορπισμού.

Ρυθμιστικός ρόλος ζωνών βλάστησης (ποώδη ή θάμνοι) όπου δεν έχουν διασπαρθεί λιπάσματα, κατά μήκος υδατικών ρευμάτων και αυλακιών.

Χρηστή διαχείριση και περιορισμοί καλλιέργειας σε επικλινή εδάφη μεγάλης κλίσης, καθώς και άρδευσης.

Το πλεόνασμα αζώτου (διαφορά μεταξύ εισροών και εκροών εξαιτίας των καλλιεργειών, της παραγωγής κρέατος ή γάλακτος) μπορεί να αποτελέσει ένα καλό δείκτη των ενδεχόμενων απωλειών προς το περιβάλλον, σε επίπεδο αγροκτήματος, και σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο.

Παρατηρείται μεγάλη ετερογένεια μεταξύ περιφερειών της ΕΕ, με πλεόνασμα από 0 έως 380 kg N/ha, ενώ το μέγιστο παρατηρείται σε περιοχές με εξαιρετικά μεγάλη κτηνοτροφική πυκνότητα.

Επιπλέον, μεγάλο πλεόνασμα N και κίνδυνοι απωλειών προς τα ύδατα, παρατηρούνται επίσης και σε περιοχές εντατικών καλλιεργειών φρούτων και λαχανικών, ή δημητριακών και αραβοσίτου με

την εφαρμογή μη ορθολογικών λιπάνσεων και πρακτικών που ευνοούν τις απώλειες N (όπως στα γυμνά εδάφη τον χειμώνα).

Η “διαδικασία” εφαρμογής της Οδηγίας “για τη νιτρορύπανση” συνίσταται σε διάφορα στάδια (Καρυώτης Θ. et al, 2002):

- Εντοπισμός ρυπανθέντων ή απειλούμενων υδάτων από νιτρικά.
- Χαρακτηρισμός “ευπρόσβλητων ζωνών” (NVZ).
- Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (σε ολόκληρη την επικράτεια των Κρατών Μελών - Εθελοντικός).
- Προγράμματα Δράσης στις ευπρόσβλητες ζώνες (NVZ).
- Εθνική Παρακολούθηση (200-2800 σημεία ανά Κ-Μ και υποβολή σε εθνικό επίπεδο) ανά 4ετία εις ό,τι αφορά τις συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3^-$  και τον ευτροφισμό .
- Εκτίμηση του αντίκτυπου των Προγραμμάτων δράσης.
- Επανεξέταση των NVZ και των Προγραμμάτων δράσης.

Τα δίκτυα δειγματοληπτικών σταθμών πρέπει να καλύπτουν όλα τα σημαντικά υπόγεια ύδατα (και το μη πόσιμο νερό), τα ποτάμια, τις λίμνες και τα φράγματα, τα παράκτια και θαλάσσια ύδατα όπως απαιτείται από το άρθρο 6 της Οδηγίας. Τα κριτήρια παρακολούθησης είναι το άζωτο (αμμωνία, ολικό N, νιτρικά ιόντα) και ο ευτροφισμός (χλωροφύλλη, ραγδαίος πολλαπλασιασμός φυκών, ανάπτυξη μακροφύτων και μεταβολές της κατανομής /εξάπλωσης ειδών). Σε γενικές γραμμές, τα περισσότερα Κράτη Μέλη έχουν εγκαταστήσει δίκτυα εκατοντάδων ή χιλιάδων δειγματοληπτικών σταθμών (1 για 100-200 km<sup>2</sup>), τα οποία αποδίδουν μια ικανοποιητική εικόνα της Κατάστασης (1996-98) και των τάσεων των υδάτων, σε σύγκριση με το διάστημα 1992-94, όταν πραγματοποιήθηκε η πρώτη σχετική επισκόπηση.

Στην Ελλάδα και την Πορτογαλία το δίκτυο για τα υπόγεια ύδατα περιορίζεται στις χαρακτηρισμένες ευπρόσβλητες ζώνες, γεγονός που εμποδίζει την περιοδική εξέταση των χαρακτηρισμών.

12 χώρες πέτυχαν την υποβολή δεδομένων με γεωγραφική αναφορά υπό μορφή συμβατή με το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών της ΕΚ (GIS), χρησιμοποιώντας εναρμονισμένους κώδικες και ταξινομήσεις που προέβλεπαν οι κατευθυντήριες γραμμές για την υποβολή εκθέσεων.

Από τα υπάρχοντα στοιχεία, το 20% περίπου των σταθμών παρακολούθησης της ΕΕ παρουσιάζει συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων άνω των 50 mgNO<sub>3</sub>/l, και το 40% άνω των 25 mgNO<sub>3</sub>/l, για το διάστημα 1996-98. Για να γίνουν απολύτως ακριβή τα στοιχεία, είναι αναγκαία η περισσότερο ισόρροπη κατανομή της πυκνότητας των σταθμών παρακολούθησης μεταξύ περιοχών που έχουν προσβληθεί από ρύπανση και εκείνων των περιοχών που δεν έχουν προσβληθεί

Σύμφωνα με την άποψη της COMMISSION, ορισμένα αποτελέσματα μπορούν να χαρακτηρισθούν αντιφατικά (ταυτόχρονες μειώσεις και αυξήσεις) που αφορούν τις Κάτω Χώρες την Ελλάδα (ευπρόσβλητες ζώνες) και τη Γερμανία.

Σχετικά με τη νιτρορύπανση, παρατηρήθηκε αύξηση στα βόρεια και δυτικά διαμερίσματα της Γαλλίας, τη νοτιοανατολική Αυστρία και τη νότια Σουηδία.

Η Πορτογαλία εφάρμοσε το "Μοντέλο Ποιότητας των Υδάτων στη Ζώνη των Ριζών" προκειμένου να προσομοιώσει τα αποτελέσματα μιας μείωσης της δόσης αζώτου, καθώς και τα αποτελέσματα των ρυθμών άρδευσης στην έκπλυση νιτρικών ιόντων από το έδαφος στα ύδατα.

Η επακόλουθη βελτιστοποίηση αναμένεται να επιτρέψει σε διάφορες καλλιέργειες, τον κατά 50% περιορισμό της εισροής αζώτου.

## **1.7 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑ .**

Ο έλεγχος της νιτρορύπανσης σε αγροτεμάχια της Θεσσαλίας, σύμφωνα με τον ΚΑΝ2078/92, άρχισε το 1996. Η Θεσσαλία καταλαμβάνει επιφάνεια περίπου 14.000 km<sup>2</sup> δηλαδή το 11% της ελληνικής επικράτειας. Από αυτήν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις αντιπροσωπεύουν το 36% (Καρυώτης Θ. et al, 2002). Οι αρδεύσιμες εκτάσεις στη Θεσσαλία αυξήθηκαν σημαντικά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες, παράλληλα με την εκμηχάνιση, την εισαγωγή νέων παραγωγικών ποικιλιών και την αύξηση της χρήσης λιπασμάτων.

Ωστόσο η ένταση της γεωργικής εκμετάλλευσης, σε συνδυασμό με την έλλειψη ορθολογικού συστήματος διαχείρισης των υδατικών πόρων, οδήγησε στην υπεράντληση των υπόγειων υδάτων, με επακόλουθο την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα.

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

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

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

Τα αποτελέσματα του πρότυπου εγχειρήματος σχετικά με τη νιτρορύπανση στη Θεσσαλία, το οποίο εντάσσεται στο πλαίσιο του Εθνικού Σχεδίου δράσης, υποδηλώνουν, ότι οι αγρότες άρχισαν να αλλάζουν στάση όσον αφορά την λίπανση των καλλιεργειών, προσανατολιζόμενοι σε μια ορθολογικότερη και επιστημονικότερη προσέγγιση. Μέχρι στιγμής, διαπίστωσαν ότι η μείωση των ποσοτήτων αζώτου δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκην αντίστοιχη απώλεια παραγωγής, ιδίως για το βαμβάκι. Η πρόσληψη αζώτου είναι χαμηλή κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης και οι απώλειες αζώτου

μπορούν να περιοριστούν σημαντικά με τη μείωση της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων στο προ της σποράς στάδιο. Οι αγρότες που γνωρίζουν τα παραπάνω αρχίζουν να πείθονται, ότι η αποδοτικότητα της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων αυξάνεται και μπορεί να επιτευχθεί με την κατάρτιση της συνιστώμενης ποσότητας.

Την περίοδο 1996-2000, περισσότεροι από 3.200 αγρότες συμμετείχαν στο εγχείρημα. Υπολογίστηκε ότι σημειώθηκε μείωση των χρησιμοποιούμενων αζωτούχων λιπασμάτων κατά περίπου 10 kton για την πρότυπη Περιοχή της Θεσσαλίας (π.χ.-30% για το βαμβάκι. από 140 σε 100 kg N/ha ή - 25 % για τις τομάτες από 270 σε 200 kg N/ha) (Καρυώτης Θ. et al, 2002). Οι απορροφήσεις το έτος 2001 έφθασαν περίπου το 50% (κατανεμηθείσα έκταση 10000 ha - απορροφηθείσα 4800 ha). Το έτος 2002 υποβλήθηκαν αιτήσεις ένταξης που αντιστοιχούν σε 18.000 ha έναντι των 26.100 ha που κατανεμήθηκαν (ποσοστό απορρόφησης 68%).

Η σύνταξη του Προγράμματος Δράσης της Οδηγίας 91/676 ΕΟΚ για τη Θεσσαλία, η προβλεπόμενη από τη διυπουργική απόφαση (έναρξη εφαρμογής από το φθινόπωρο του 2000 για τις χειμερινές και από την άνοιξη του 2001 για τις εαρινές καλλιέργειες), δημιούργησε την ανάγκη προσαρμογής του Προγράμματος της Θεσσαλίας σε νέα δεδομένα.

Την περίοδο αυτή η εφαρμογή στηρίχθηκε στην υποχρέωση των δικαιούχων:

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

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

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

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

Εδαφικές κλάσεις:

<i><b>Εδαφική Κλάση</b></i>	<i><b>Κλίση</b></i>	<i><b>Κοκκομετρία</b></i>	<i><b>Υδρομορφία</b></i>
I	Πεδινά<6%	Ελαφρά	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
II	Πεδινά<6%	Μέσης σύστασης	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
III	Πεδινά<6%	Βαριά	Μετρίως έως πολύ καλώς

			αποστραγγιζόμενα
IV	Πεδινά<6%	Βαριά	Κακώς αποστραγγιζόμενα
V	Πεδινά<6%	Ελαφρά- Μέσης σύστασης	Κακώς αποστραγγιζόμενα
VI	Λοφώδη >6%	Ελαφρά	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
VII	Λοφώδη >6%	Μέσης σύστασης	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα
VIII	Λοφώδη >6%	Βαριά	Μετρίως έως πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα

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

Το πρόγραμμα δράσης της Οδηγίας θα εφαρμοσθεί σε συνολική έκταση 600.000 στρέμματα, καλύπτοντας τις σημαντικότερες καλλιέργειες του κάμπου. Το πρόγραμμα επιβάλλει μείωση του εφαρμοζόμενου N κατά 30%, χωρίς αυτό να συνοδεύεται από μείωση της παραγωγής και των εισοδημάτων, προκειμένου να είναι κοινωνικά αποδεκτό. Η ουδέτερη επίπτωση στην παραγωγή επιτυγχάνεται με την ανακύκλωση και χρησιμοποίηση του αρδευτικού νερού, του φορτισμένου με νιτρικά, ως υγρού λιπάσματος και με την βελτίωση των μεθόδων εφαρμογής των λιπασμάτων που στοχεύουν στον περιορισμό των απωλειών αζώτου και κατά συνέπεια στην αύξηση του συντελεστή χρησιμοποίησης των λιπασμάτων.

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

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

Το Πρόγραμμα Μείωσης της νιτρορύπανσης 2000-2006 στοχεύει σε μειώσεις του εφαρμοζόμενου N κατά 20% περισσότερο από τα επίπεδα μείωσης της νιτρορύπανσης τα επιτεύχθηκαν κατά την προηγούμενη περίοδο εφαρμογής του προγράμματος Δράσης της Οδηγίας 91/676 ΕΟΚ.

### **1.8 ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ ΜΕΤΡΟΥ 3.5 «ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ» ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑ.**

Η Ελλάδα έχει συντάξει και υποβάλλει στην Ε.Ε τα Προγράμματα Δράσης κατά της νιτρορύπανσης για τις 7 δηλωθείσες ευπρόσβλητες ζώνες της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ. Πρώτο υποβλήθηκε το Πρόγραμμα Δράσης της Θεσσαλίας, λόγω της ιδιαίτερης σημασίας της. Αρχικά εφαρμόστηκε στη Θεσσαλία το αγροπεριβαλλοντικό πρόγραμμα μείωσης της νιτρορύπανσης, γεγονός που καθιστά αναγκαία και άμεση την προσαρμογή του στα δεδομένα του προγράμματος Δράσης της Οδηγίας.

Το αρχικό πρόγραμμα μείωσης της νιτρορύπανσης στη Θεσσαλία εφαρμόστηκε στους νομούς Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων και Μαγνησίας και σε τμήμα του Νομού Φθιώτιδας.

Στόχοι του Προγράμματος (Καρυώτης Θ. et al, 2002):

1. Είναι η μείωση της ρύπανσης που προκαλεί η γεωργία (άρθρο 1 Παρ .Α του Κανονισμού (ΕΟΚ) 2078/92) και ιδιαίτερα της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης (Οδηγία 91/676/ΕΟΚ σχετικά με την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης).

2. Δικαιούχοι ενίσχυσης είναι κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο κάτοχος γεωργικής εκμετάλλευσης. Ο κάτοχος μπορεί να είναι ιδιοκτήτης ή να εκμεταλλεύεται με οποιαδήποτε μορφή μίσθωσης τη γεωργική εκμετάλλευση.

Οι δεσμεύσεις των δικαιούχων είναι:

Να εφαρμόζουν πρόγραμμα αμεινισποράς στη διάρκεια της πενταετούς τους δέσμευσης (π.χ. εισάγοντας την καλλιέργεια του σιταριού ούτως ώστε το βαμβάκι να μην καλλιεργείται περισσότερο από τρία συνεχόμενα χρόνια στο ίδιο χωράφι).

Να μειώνουν την αζωτούχο λίπανση στη βασική και επιφανειακή λίπανση. Η επιφανειακή να γίνεται με κρυσταλλικά υδατοδιαλυτά λιπάσματα με τουλάχιστον 5 εφαρμογές.

Να αρδεύουν υποχρεωτικά με στάγδην άρδευση ή καταιονισμό. Να προβούν σε μείωση της κατανάλωσης αρδευτικού νερού στις περιοχές εξάντλησης των υπόγειων υδρο- φορέων.

Να λάβουν μέτρα για τον έλεγχο της διάβρωσης στις επικλινείς (λοφώδεις) εκτάσεις.

Να θέσουν σε αγρανάπωση, σταθερό ακαλλιέργητο περιθώριο, ίσο με το 3% της έκτασης της εκμετάλλευσης.

Η Τροποποίηση του Προγράμματος εγκρίθηκε με την αρ.664 Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής την 27/ 4/1999 και ανάμεσα στα άλλα, αφορά την:

Επέκταση της γεωγραφικής περιοχής εφαρμογής ώστε να συμπεριλάβει: τις πεδινές εκτάσεις του Θεσσαλικού κάμπου, που δεν υπάγονται διοικητικά στην περιφέρεια Θεσσαλίας, αλλά στην περιφέρεια Στ. Ελλάδας (Νομός Φθιώτιδας, την περιοχή της Ξυνιάδας), καθώς και εκτάσεις της επαρχίας Δομοκού που απορρέουν στο Θεσσαλικό κάμπο.

Τροποποίηση του μέτρου μείωσης του εφαρμοζόμενου αζώτου (N) με: επανακαθορισμό της μέγιστης ποσότητας εφαρμοζόμενου αζώτου στις καλλιέργειες βαμβακιού και σιταριού και του χρόνου εφαρμογής της λίπανσης, επέκτασή του και σε άλλες εντατικές αροτραίες καλλιέργειες όπως αραβόσιτος, βιομηχανική τομάτα, σακχαρότευτλα, καρπούζι, πεπόνι, ξερά κρεμμύδια, ξερά σκόρδα, ξερά φασόλια και φρέσκα φασολάκια .

Διεύρυνση του σχήματος αμεινισποράς.

Εισαγωγή του μέτρου της εκ περιτροπής αγρανάπωσης.

Εισαγωγή του μέτρου διαδοχικής καλλιέργειας στις επικλινείς εκτάσεις.

Για τη μείωση της νιτρορύπανσης στα εδάφη θα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

Κατά την εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή χρήσης ή διασποράς των λιπασμάτων σε τοποθεσίες όπου ο κίνδυνος της επιφανειακής απορροής είναι μεγάλος και ιδιαίτερα σε εδάφη με ατελή στράγγιση.

Η ανάγκη ενσωμάτωσης σε μικρές ποσότητες της λίπανσης σε επικλινείς και ακάλυπτες από βλάστηση επιφάνειες

Στις περιοχές αυτές θα πρέπει επιπλέον να λαμβάνονται μέτρα αντιδιαβρωτικής προστασίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις κρίνεται αναγκαία η αποθάρρυνση της γεωργικής εκμετάλλευσης και επαναφορά του φυσικού περιβάλλοντος. Η εφαρμογή του λιπάσματος εντός των ορίων του κτήματος και στην αποφυγή εφαρμογής του λιπάσματος όταν πνέει ισχυρός άνεμος.

Κατά τη συσκευασία, μεταφορά και αποθήκευση να λαμβάνονται μέτρα (ειδικά στα υγρές μορφές λιπάσματα) για τη διασφάλιση, λόγω κινδύνου διαρροής.

Οι βιομηχανίες παραγωγής λιπασμάτων να λαμβάνουν μέτρα κατά της διαφυγής προς την ατμόσφαιρα.

Να λαμβάνεται μέριμνα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού άρδευσης με αποφυγή της επιφανειακής απορροής ή βαθιάς διήθησης

Έλεγχοι :

1) Οι Δ/νσεις Αγροτική Ανάπτυξης συντάσσουν βεβαίωση ελέγχου για τους πραγματοποιούμενους επιτόπιους κατόπιν προειδοποίησης ή αιφνιδιαστικούς ελέγχους σύμφωνα με το συνημμένο πρότυπο.

2) Οι Δ/νσεις Αγροτικής ανάπτυξης συντάσσουν συγκεντρωτική κατάσταση επιτόπιων ελέγχων κατά το συνημμένο πρότυπο, την οποία υποβάλλουν στη Δ/νση Χωροταξίας και προστασίας Περι/ντος στις 15/10 εκάστου έτους.

3) Οι Δ/νσεις Αγροτικής Ανάπτυξης συμπληρώνουν το συνημμένο έντυπο 1 του Φύλλου Ελέγχου (CHECK LIST) κατά την πραγματοποίηση των διοικητικών ελέγχων προ της καταβολής των ενισχύσεων. Το έντυπο 1 παραμένει στον ατομικό φάκελο του κάθε δικαιούχου.

Η συγκεντρωτική κατάσταση ελέγχου (έντυπο 2) αποστέλλεται στη Δ/νση Χωροταξίας & Προστασίας Περιβάλλοντος και συνοδεύει κάθε αίτημα κατανομής πιστώσεων.

4) Το Ι.Χ.Τ.Ε.Λ επεκτείνει τους εργαστηριακούς του ελέγχους στα πλαίσια του μέτρου α (λίπανση), στις εφαρμοζόμενες ποσότητες των λοιπών θρεπτικών στοιχείων στις εντός του προγράμματος εκτάσεις καθώς και στις εφαρμοζόμενες ποσότητες Ν στις εκτός του προγ/τος εκτάσεις. Επί πλέον το Ι.Χ.Τ.Ε.Λ επεκτείνει τους εργαστηριακούς ελέγχους και στα νέα μέτρα του προγράμματος για τον έλεγχο των εφαρμοζομένων ποσοτήτων Ν. Το ποσοστό των δειγματοληψιών θα καθοριστεί από τη Δ/νση Χωροταξίας & Προστασίας Περι/ντος σε συνεργασία με το Ι.Χ.Τ.Ε.Λ στα πλαίσια των συμβάσεων και στα πλαίσια των εγκεκριμένων πιστώσεων.

5) Η Δ/νση Χωροταξία & Προστασίας Περι/ντος του Υπουργείου Γεωργίας σε συνεργασία με το ΕΘΙΑΓΕ καθορίζει έναν φορέα δειγματοληπτικών δευτεροβάθμιων εργαστηριακών αναλύσεων για την ενίσχυση του συστήματος ελέγχων.

#### **1.9 Δ' ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ-ΣΧΕΔΙΟ ΚΥΑ ΓΕΩΡΓΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΜΕΤΡΟΥ 2.1.4 ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (Π.Α.Α) 2007-2013 «ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΠΑΛΤΑΤΖΗΣ»**

Η σπουδαιότητα του προβλήματος της νιτρορύπανσης των υδάτων, η επιτυχής έως τώρα εφαρμογή του, είχε σαν αποτέλεσμα τη συνέχιση του προγράμματος μέσω του Δ' ΕΣΠΑ στις ήδη

εφαρμοζόμενες περιοχές καθώς και η επέκτασή του σε νέες. Σύμφωνα με το σχέδιο της ΚΥΑ, της οποίας αναμένεται η εφαρμογή, οι νέες περιοχές εφαρμογής είναι:

-Αργολικό Πεδίο και συγκεκριμένα περιοχές του νομού Αργολίδας, όπως περιγράφονται στην αριθμ. 24838/1400/Ε103/2008 ΚΥΑ (ΦΕΚ Β΄ 1132/2008)

-Νομοί Θεσσαλονίκης-Κιλκίς-Πέλλας-Ημαθίας, όπως περιγράφονται στην αριθμ. 16175/824/2006 ΚΥΑ (ΦΕΚ Β΄ 530/2006)

-Λεκάνη Στρυμόνα και συγκεκριμένα περιοχές του νομού Σερρών, όπως περιγράφονται στην αριθμ. 50982/2309/2006 ΚΥΑ (ΦΕΚ Β΄ 1894/2006)

-Πεδιάδα Άρτας-Πρέβεζας όπως περιγράφονται στην αριθμ. 50981/2808/2006 ΚΥΑ (ΦΕΚ Β΄ 1895/2006)

## **1.10 Ανάλυση του εδάφους για την εκτίμηση της περιεκτικότητάς του σε διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία**

Ανάλυση του εδάφους σημαίνει κάθε φυσικός ή χημικός προσδιορισμός που γίνεται σε ένα έδαφος, που οι στόχοι του μπορεί να είναι ποικίλοι και συχνά αστικής ή περιβαλλοντικής κατεύθυνσης.

Σύμφωνα με τον Μήτσιο (2004), η ανάλυση του εδάφους είναι το κύριο διαγνωστικό εργαλείο που στην απλούστερη μορφή της έχει καθαρά ποιοτικό χαρακτήρα, ενώ η πλέον προχωρημένη μεθοδολογία έχει χαρακτήρα ποσοτικό. Με την ποιοτική μέθοδο μπορεί να διαγνωστεί μόνο η φύση του προβλήματος δηλαδή αν προκύπτει έλλειψη ή πλεονασματικότητα ενός ή περισσότερων θρεπτικών στοιχείων.

Οι ποσοτικές μέθοδοι προσδιορίζουν συγχρόνως και το μέγεθος του προβλήματος, αντιστοίχως δε τις ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο έδαφος για τη συνολική διαχείριση του εδάφους

### **1.11 Προϋποθέσεις και στόχοι της εδαφικής ανάλυσης**

Περιγράφονται από τον Μήτσιο (2004) και αφορούν κάθε φυσικό ή χημικό προσδιορισμό που γίνεται σε ένα έδαφος, που οι στόχοι του μπορεί να είναι ποικίλοι και συχνά αστικής ή περιβαλλοντικής κατεύθυνσης.



Για το χαρακτηρισμό της γονιμότητας όμως του εδάφους δεν λαμβάνεται υπόψη μόνο ο φυσικοχημικός του χαρακτήρας αλλά πρωτίστως η περιεκτικότητά του σε διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία (soil testing). Στον όρο soil testing δεν περιλαμβάνεται μόνο η ανάλυση του εδάφους για τον προσδιορισμό της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων αλλά και η αξιολόγηση του αναλυτικού αποτελέσματος με σκοπό τη σύσταση της ενδεικνυόμενης λιπαντικής αγωγής. Τελικώς, με τη διαπίστωση της περιεκτικότητας του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία (soil testing) ακολουθεί η συμβουλευτική λίπανση (fertilizer recommendations).

Σκοπός της ανάλυσης του εδάφους είναι:

- Η εκτίμηση με ακρίβεια του βαθμού επάρκειας των εδαφικών θρεπτικών στοιχείων.
- Η ενημέρωση των παραγωγών για τη σοβαρότητα της έλλειψης ή της περίσσειας ενός θρεπτικού στοιχείου ή πολλών θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με τις απαιτήσεις της καλλιέργειας.
- Η εκτίμηση των λιπαντικών αναγκών της καλλιέργειας
- Η έκφραση των αποτελεσμάτων με τρόπο ώστε να είναι εφικτή η οικονομική αξιολόγηση των παρεχόμενων συστάσεων ή συνταγών λιπάνσεως.
- Η παροχή συμβουλών για την άριστη αειφορική διαχείριση του εδάφους.

Με την ανάλυση του εδάφους επιδιώκεται η εκτίμηση του βαθμού διαθεσιμότητας ή διαφορετικά η εκτίμηση του διαθέσιμου κλάσματος των εδαφικών θρεπτικών στοιχείων.

Τονίζεται ότι η εδαφική ανάλυση ρουτίνας αποτελεί ημιποσοτική μεθοδολογία. Δηλαδή, δεν είναι σε θέση να προσδιορίσει επακριβώς το διαθέσιμο κλάσμα, αλλά απλώς το προσεγγίζει. Με την εδαφοανάλυση ρουτίνας επιδιώκεται η προσέγγιση μιας ποσότητας (ή κλάσματος) θρεπτικού στοιχείου ώστε η μεταβολή του διαθέσιμου κλάσματος να βρίσκεται σε αντίστοιχη μεταβολή της παραγωγικής συμπεριφοράς μιας καλλιέργειας. Η τρέχουσα πρακτική σημασία του όρου διαθέσιμο κλάσμα έχει μεγάλη σημασία. Όμως στην πράξη περιπλέκεται η ακριβής συσχέτιση του αποτελέσματος της ανάλυσης του εδάφους και της παραγωγικής συμπεριφοράς της καλλιέργειας καθότι δεν είναι προκαθορισμένη η σχέση αυτή.

Η συσχέτιση αυτή θα πρέπει να διαπιστωθεί με πειραματισμό. Ο πειραματισμός αποτελεί τη βασική προϋπόθεση για τη βαθμονόμηση (calibration) της αντίστοιχης μεθόδου εδαφικής ανάλυσης. Η καταλληλότητα της μεθόδου εδαφικής ανάλυσης εξαρτάται από τις ειδικές συνθήκες του εδάφους (φυσικές, χημικές και ορυκτολογικές). Επίσης η βαθμονόμηση διαφέρει κατά περίπτωση και εξαρτάται όχι μόνο από την αναλυτική μέθοδο αλλά και από το είδος της καλλιέργειας καθώς και από άλλες συνθήκες.

### **1.12 Προγράμματα ανάλυσης του εδάφους**

Κάθε πρόγραμμα ανάλυσης του εδάφους μπορεί να περιλάβει τις εξής φάσεις διεξαγωγής: (I) δειγματοληψία εδάφους (II) προπαρασκευή των εδαφικών δειγμάτων (III) ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων (IV) συσχέτιση και βαθμονόμηση (Μήτσιος, 2003).

### **1.13 Δειγματοληψία εδάφους στον αγρό**

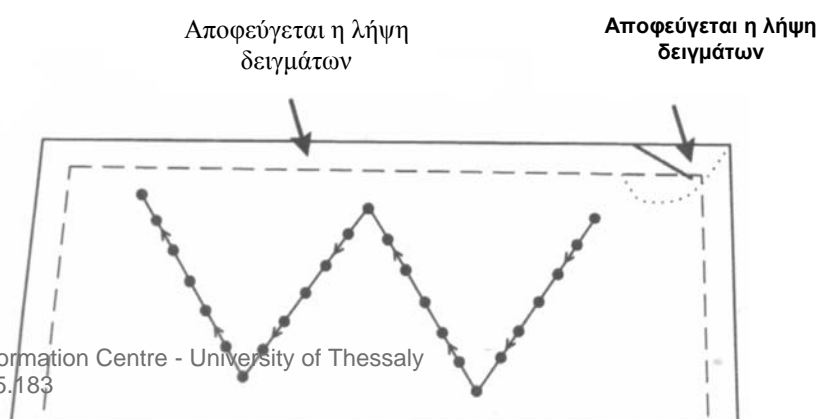
Βασικός σκοπός της δειγματοληψίας του εδάφους είναι η συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών για τη μελέτη της γονιμότητας του εδάφους και ειδικότερα για τη συγκέντρωση όλων εκείνων των επιστημονικών πληροφοριών που αφορούν τη μελέτη των προβλημάτων θρέψης των φυτών, της λίπανσης των καλλιεργειών, τη διερεύνηση των χημικών, φυσικών και βιολογικών παραμέτρων του εδάφους που θα αξιοποιηθούν για να στηριχθεί η ακολουθητέα λιπαντική αγωγή, καθώς και την πολιτική που είναι απαραίτητη να εφαρμοσθεί προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα ρύπανσης των εδαφών, από νιτρικά και νιτρώδη ιόντα καθώς και από τα ρυπογόνα στοιχεία Cd, Pb, Se, Cr, As, Ni, Hg, κ.λ.π. (Rowell, 1995; Μήτσιος, 2004).

Έτσι τα δείγματα του εδάφους λαμβάνονται με ειδικούς δειγματολήπτες που διαφέρουν στο μέγεθος και στη σχεδιάσή τους. Οι δειγματολήπτες περιστρέφονται και πιέζονται για να εισέλθουν στο έδαφος και στη συνέχεια λαμβάνονται δείγματα εδάφους από το επιθυμητό βάθος π.χ. 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm 90-100cm και 120-150cm ή 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm ανάλογα τους σκοπούς της δειγματοληψίας (βαθύρριζα φυτά, επιπολαιόριζα φυτά, δενδρώδεις καλλιέργειες).

Τα δείγματα εδάφους αναπόφευκτα διαταράσσονται σε διάφορο βαθμό. Οι παρατηρήσεις που γίνονται σ' αυτά όπως το χρώμα, η κοκκομετρική σύσταση οι πέτρες, οι ρίζες από τα φυτά το βάθος της εδαφικής κατατομής, καταγράφονται για το χαρακτηρισμό του εδάφους. Η δομή του εδάφους στις περιπτώσεις αυτές είναι αδύνατον να χαρακτηριστεί εκτός αν τα δείγματα του εδάφους είναι αδιατάρακτα.

Πριν από τη δειγματοληψία η επιφάνεια του εδάφους καθαρίζεται από τα χόρτα, τις πέτρες και από τα φυτά. Για να αποφευχθούν επιμολύνσεις από τις συνεχείς κατακόρυφες δειγματοληψίες πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για τον καθαρισμό του δειγματολήπτη από το έδαφος και στη συνέχεια ο δειγματολήπτης να εισέρχεται στο όρυγμα (τομή) που διανοίχτηκε για να ληφθεί δείγμα εδάφους από μεγαλύτερο βάθος.

Προκειμένου να ληφθούν αντιπροσωπευτικά δείγματα από έναν αγρό κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν δείγματα ακολουθώντας διαδρομή σχήματος W (εικόνα 1.4)



#### **Εικόνα 1.4** Λήψη δειγμάτων εδάφους στον αγρό

Κατά τη δειγματοληψία πρέπει να αποφεύγεται η λήψη δειγμάτων εδάφους από θέσεις ή σημεία του εδάφους που οι ιδιότητες του εδάφους διαφέρουν από τις πραγματικές ιδιότητες του εδάφους του αγρού, έτσι δε λαμβάνονται δείγματα από θέσεις που βρίσκονται πλησίον των εισόδων και των γωνιών που δημιουργούν οι γεωργικοί ελκυστήρες κατά την άροση, από θέσεις πλησίον οδών, στραγγιστικών τάφρων ή αρδευτικών αυλακιών. Αν σε κάποια σημεία προστέθηκαν μεγάλες ποσότητες ασβεστίου ή μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων επίσης δε λαμβάνονται δείγματα εδάφους.

Ο αριθμός των δειγμάτων αποτελεί βασικό παράγοντα μείωσης της ανομοιομορφίας του εδάφους και βελτίωση της ακριβείας των αποτελεσμάτων. Ο αριθμός των δειγμάτων εξαρτάται από την ομοιομορφία εδαφικής μάζας (βάθος, ανάγλυφο και φυσικά χαρακτηριστικά).

Εξαιτίας της μεγάλης ανομοιομορφίας του εδάφους δημιουργήθηκε η ανάγκη της ταξινόμησης των εδαφών σε διάφορες ταξινομικές μονάδες που η καθεμία ταξινομική μονάδα διαφέρει από τις άλλες ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά (κοκκομετρική σύσταση, βάθος χρώμα,  $\text{CaCO}_3$ , pH κ.λ.π.).

Οι παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό των δειγμάτων που θα ληφθούν από τον αγρό είναι οι εξής:

- Ο βαθμός της ακρίβειας
- Ο βαθμός ομοιομορφίας του εδάφους
- Ο ειδικός σκοπός της ανάλυσης
- Το βάθος της δειγματοληψίας
- Η έκταση της περιοχής από την οποία θα ληφθούν τα δείγματα του εδάφους
- Ο οικονομικός παράγοντας
- Η εργαστηριακή υποδομή

Από την εμπειρία που αποκτήθηκε για έκταση 2-5 στρεμμάτων συνήθως λαμβάνονται 2-3 μικτά δείγματα εδάφους. Όταν η δειγματοληψία γίνεται για πρώτη φορά λαμβάνονται τρία δείγματα.

Το επιφανειακό δείγμα (0-30 cm) προέρχεται από 5 δείγματα ή από ένα μικτό επιφανειακό δείγμα, στη συνέχεια λαμβάνονται δείγματα από βάθος 30-60 cm και από βάθος 60-90 cm. Η συχνότητα της δειγματοληψίας εξαρτάται από την ομοιομορφία του εδάφους από το είδος της καλλιέργειας ως και το βαθμό της εντατικοποίησης της καλλιέργειας.

Για κηπευτικά υπό κάλυψη η δειγματοληψία γίνεται δυο φορές το χρόνο. Στις μεγάλες καλλιέργειες και στις δενδρώδεις καλλιέργειες η δειγματοληψία του εδάφους γίνεται μια φορά το χρόνο. Κατά τη δειγματοληψία του εδάφους θα πρέπει να αποφεύγονται μολύνσεις από διάφορα μέταλλα στις περιπτώσεις που το δείγμα του εδάφους χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό διαφόρων μικροθρεπτικών π.χ. Zn, Mn, Cu, Mo, B.

Στις περιπτώσεις αυτές κρίνεται απαραίτητο να αποφεύγεται η χρήση εργαλείων ή δοχείων από γαλβανισμένο μέταλλο, μαλακό σίδηρο ή μπρούτζο. Επίσης τα δείγματα του εδάφους πρέπει να τοποθετούνται σε πλαστικές σακούλες. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει αποδεκτός τρόπος δειγματοληψίας του εδάφους για να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με την ανομοιογένεια του εδάφους σε μια περιοχή (Webster and Oliver, 1990). Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες όπως:

- Το βάθος της δειγματοληψίας
- Τα σύνθετα δείγματα λαμβάνονται από σημεία ή περιοχές που έχουν ανομοιομορφία
- Η λήψη σύνθετων δειγμάτων από ομοιόμορφες περιοχές αλλά με διαφορετικό ιστορικό ασβέστωσης
- Η διαφορετική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των διάφορων δειγμάτων
- Μερικές φορές τα δείγματα του εδάφους περιέχουν μαλακά πετρώματα
- Η λήψη δειγμάτων εδάφους από περιοχές όπου έγινε ανομοιόμορφη εφαρμογή λιπασμάτων ή και υλικών ασβέστωσης.
- Σε συνθήκες ξηρασίας δε διαλύονται στο έδαφος τα λιπάσματα που προστίθενται
- Η προετοιμασία των δειγμάτων ή η κατεργασία αυτών σε μολυσμένο περιβάλλον ή σε ακατάλληλα σκεύη
- Η κακή συσκευασία του δείγματος

Μερικές φορές γίνονται λάθη στην τοποθέτηση των καρτών στις πλαστικές σακούλες συσκευασίας με αποτέλεσμα να μη γίνεται η σωστή περιγραφή των εδαφικών δειγμάτων.

#### **1.14 Συσχέτιση και βαθμονόμηση**

Κάθε μέθοδος ανάλυσης του εδάφους πρέπει να συσχετιστεί (correlation) με πειραματικά δεδομένα αγρού και να γίνει βαθμονόμηση (calibration) της μεθόδου αυτής, διαφορετικά η ερμηνεία των αποτελεσμάτων δεν θα έχει αξία για λιπαντικές αγωγές. Η συσχέτιση εκφράζει το βαθμό της

συμμεταβολής μεταξύ εργαστηριακού αποτελέσματος και πρόσληψης του θρεπτικού στοιχείου από φυτά σε πειράματα δοχείων.

Με τη διαδικασία αυτή αξιολογείται η μέθοδος ανάλυσης του εδάφους και κατά πόσο αυτή η μέθοδος εκφράζει τη διαθεσιμότητα ενός θρεπτικού στοιχείου του εδάφους. Η βαθμονόμηση αφορά στην αμοιβαία ποσοτική σχέση μεταξύ της ανάλυσης του εδάφους και παραγωγικού αποτελέσματος μιας καλλιέργειας. Η συσχέτιση και βαθμονόμηση απαιτούν χημικές αναλύσεις με διάφορα εκχυλιστικά και πειραματισμό για κάθε καλλιέργεια και περιοχή.

Η βαθμονόμηση μιας μεθόδου ανάλυσης του εδάφους έχει ως σκοπό τον καθορισμό διαφορετικών βαθμίδων ποσοτικής επάρκειας. Η πιο στοιχειώδης ημιποσοτικής φύσεως βαθμονόμηση, είναι ο καθορισμός ενός ορίου επάρκειας (sufficiency limit) που αναφέρεται ως και κρίσιμο επίπεδο (critical level). Ανωθεν του ορίου επάρκειας οι καλλιέργειες δεν αντιδρούν παραγωγικά στην πρόσληψη του θρεπτικού στοιχείου, ενώ όταν η τιμή από την ανάλυση του εδάφους είναι κάτωθεν του ορίου επάρκειας αναμένεται απώλεια της παραγωγής, η οποία αποφεύγεται μόνο με την προσθήκη του ελλείποντος θρεπτικού στοιχείου.

Για ένα συγκεκριμένο καλλιεργούμενο είδος κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι εδαφικοί και καλλιεργητικοί παράγοντες.

Εκτός από τους καλλιεργητικούς παράγοντες σπουδαίο ρόλο διαδραματίζει το ύψος της αναμενόμενης απόδοσης (δυναμικό παραγωγής). Υψηλό δυναμικό παραγωγής που οφείλεται σε γενική βελτίωση των συνθηκών καλλιεργητικής διαχείρισης, βελτιωμένο γενετικό υλικό που προϋποθέτει αυξημένες θρεπτικές ανάγκες και απαιτεί προσεκτική βαθμονόμηση των μεθόδων της ανάλυσης του εδάφους (Barber, 1973).

Διακρίνονται 3-5 επίπεδα επάρκειας (sufficiency levels) δηλαδή **πολύ χαμηλό, χαμηλό, μέσο, υψηλό** και **πλεονασματικό**. Συνήθως μια βαθμονόμηση που βασίζεται σε μια εξίσωση συμμεταβολής δεν απαντά στο ερώτημα, πόσο λίπασμα πρέπει να προστεθεί για να ανέλθει η τιμή που προκύπτει από την εδαφική ανάλυση στην επιθυμητή στάθμη.

Τέτοιες προσεγγίσεις για την επίλυση του προβλήματος λίπανσης των καλλιεργειών ισχύουν μόνο σε περιορισμένο εύρος εδαφικών και καλλιεργητικών συνθηκών και μάλιστα σε συνθήκες κάτω από τις οποίες πραγματοποιήθηκαν τα αντίστοιχα πειράματα. Η επίλυση του προβλήματος της λίπανσης απαιτεί και συμπληρωματικές πληροφορίες ήτοι:

- την ποσότητα του θρεπτικού στοιχείου που παραλαμβάνει η ίδια καλλιέργεια ανά μονάδα επιφανείας, η οποία εξαρτάται από το ύψος της παραγωγής και
- το βαθμό της αξιοποίησης του λιπάσματος που εξαρτάται κυρίως από τη φύση του θρεπτικού στοιχείου. Το άζωτο των λιπασμάτων αξιοποιείται σε ποσοστό 30-60% κατά μέσο όρο. Αντίστοιχα, ο φώσφορος κατά 10-20% και σε ένα ενδιάμεσο ποσοστό το κάλιο. Επίσης η αξιοποίηση του λιπάσματος εξαρτάται από τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους, καθώς και τη μέθοδο και το χρόνο εφαρμογής.

Ο καθορισμός των λιπαντικών αναγκών εξαρτάται από τους στόχους κάθε προγράμματος.

Οι στόχοι αυτοί μπορεί να είναι:

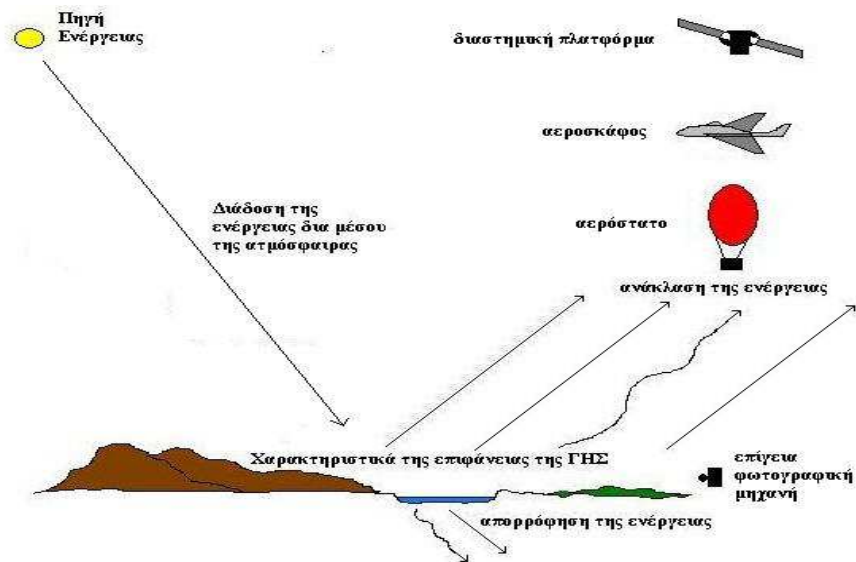
- Η επίτευξη μιας οριακής τιμής επάρκειας των θρεπτικών στοιχείων με απλή αναπλήρωση των θρεπτικών απωλειών, ή

- Η δημιουργία ενός ικανοποιητικού επιπέδου γονιμότητας του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή η ζητούμενη τιμή της ανάλυσης του εδάφους είναι αρκετά υψηλότερη από την οριακή.

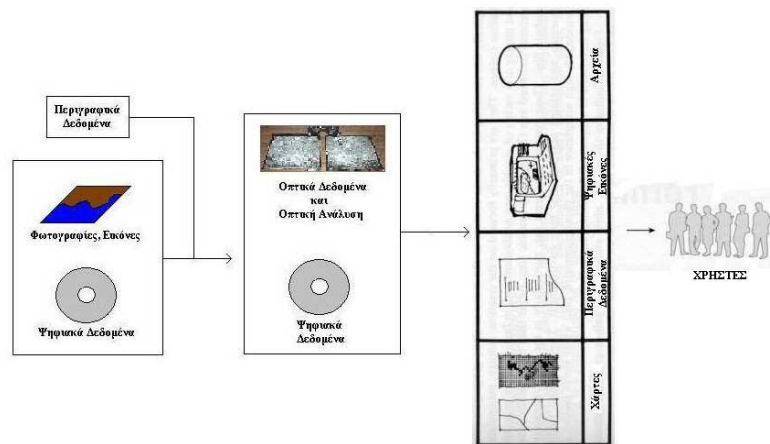
Συμπερασματικά η επιλογή του επιδιωκόμενου στόχου σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από περισσότερους παράγοντες οπωσδήποτε δε και από οικονομικούς παράγοντες.

### 1.15 Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)

Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing): είναι η μέτρηση ή η απόκτηση πληροφοριών για κάποια ιδιότητα ενός αντικείμενου ή φαινομένου, από μία συσκευή η οποία δεν βρίσκεται σε επαφή με το αντικείμενο ή φαινόμενο (εικόνα 1.5 και 1.6) (Πηγή: Φλωράς 2009). Η τηλεπισκόπηση υποστηρίζει εξειδικευμένες δυνατότητες για τη διαχείριση, ανάλυση, επεξεργασία και εμφάνιση των εικόνων και αεροφωτογραφιών. Επειδή όμως στερούνται τη διαχείριση απαιτητικών γεωγραφικών δεδομένων, αναλυτικών λειτουργιών και χαρτογραφικών απλοποιημένων εργαλείων, δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως πλήρη ΓΣΠ.



**Εικόνα 1.5:** Τηλεπισκόπηση η οποία χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για την καταγραφή πληροφοριών (Πηγή: Φλωράς 2009).

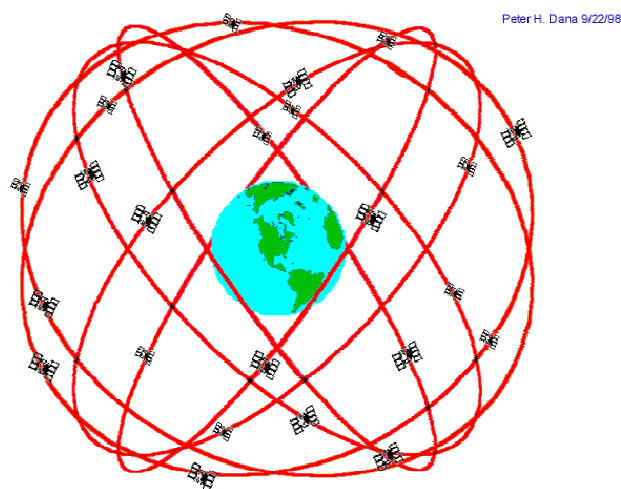


**Εικόνα 1.6:** Δεδομένα τηλεπισκόπησης και αποτελέσματα της επεξεργασίας και ανάλυσής τους (Πηγή: Φλωράς 2009).

### 1.16 Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσεων (Global Positioning System)

Το GPS είναι ένα δορυφορικό σύστημα πλοήγησης και εντοπισμού θέσεων.

Το σύστημα χρηματοδοτείται και υποστηρίζεται από το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας των ΗΠΑ. Παρά το γεγονός ότι σήμερα υπάρχουν χιλιάδες χρήστες-πολίτες, αρχικά το σύστημα δημιουργήθηκε για χρήση από τις ένοπλες δυνάμεις των ΗΠΑ. Οι δορυφόροι GPS εκπέμπουν ειδικά κωδικοποιημένα σήματα από δορυφόρους τα οποία είναι επεξεργάσιμα από GPS δέκτες, δίδοντας την δυνατότητα υπολογισμού της θέσης, του χρόνου και της ταχύτητας (εικόνα 1.7).



**GPS Nominal Constellation**  
**24 Satellites in 6 Orbital Planes**  
**4 Satellites in each Plane**  
**20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination**

**Εικόνα 1.7:** Η δορυφόρων που παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού.

διάταξη των χρησιμοποιεί το

### 1.17 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems)

#### 1.17.1 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 τηλεπισκόπησης επιτρέπουν στους φωτογραμμέτρους να χαρτογραφούν μεγάλες περιοχές με σημαντική ακρίβεια. Η τεχνολογία της τηλεπισκόπησης 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, τηλεπισκόπησης, 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 διαφόρων 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 :

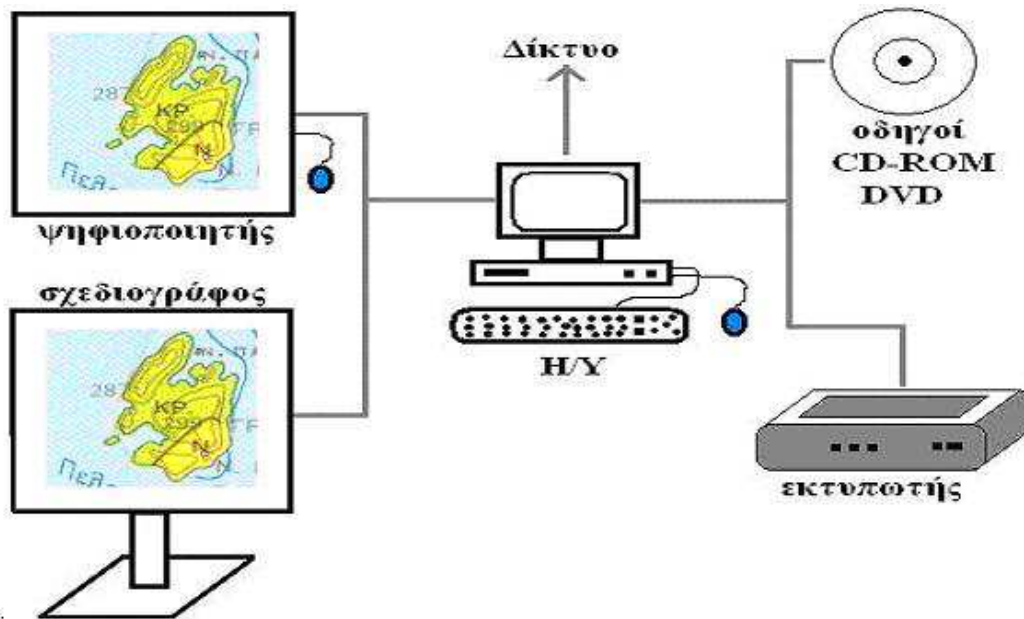


1. Γρήγορος και φθηνός σχεδιασμός χαρτών.
2. Σχεδιασμός χαρτών προσαρμοσμένος στις ανάγκες του χρήστη.
3. Ο σχεδιασμός χαρτών είναι εφικτός ακόμη και απουσία εξειδικευμένου προσωπικού.
4. Επιτρέπεται ο πειραματισμός με διάφορες γραφικές παραστάσεις των ιδίων δεδομένων.
5. Διευκολύνεται ο σχεδιασμός ενημερωμένων 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.

#### **1.17.2 Ορισμός Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών**

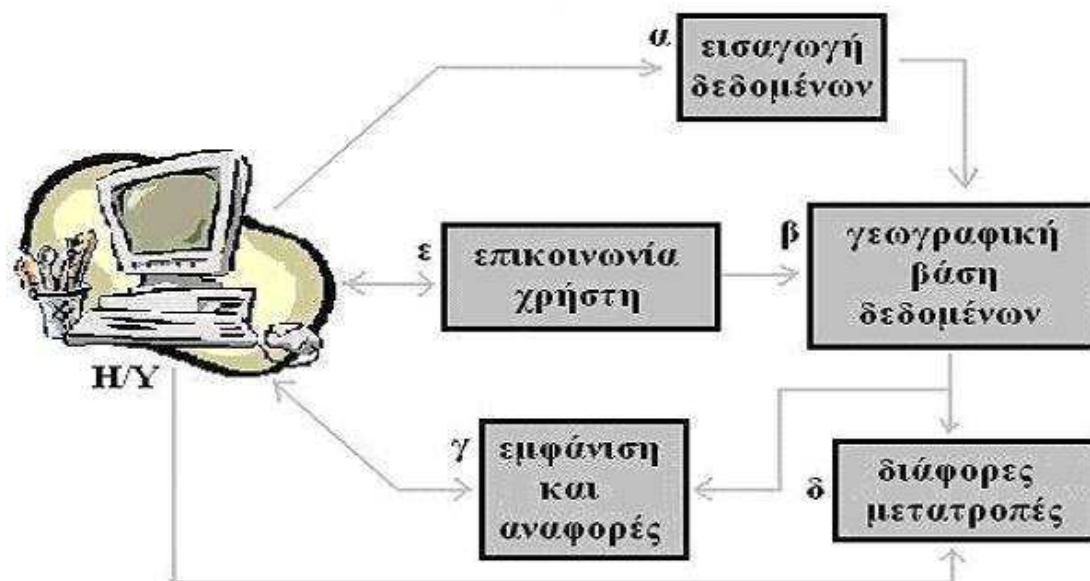
Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π., Geographic Information System ή G.I.S.): είναι ένα καλά οργανωμένο σύστημα, αποτελούμενο από πολύ καλά και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, καθώς και από ένα σύστημα ηλεκτρονικού υπολογιστή μαζί με το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα, σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να εισάγει, αποθηκεύει, ενημερώνει, διαχειρίζεται, αναλύει και εμφανίζει όλες τις μορφές των γεωγραφικά σχετιζόμενων πληροφοριών. Ουσιαστικά δηλαδή το G.I.S. είναι μια πολύ δυναμική (ζωντανή) Γεωγραφική Βάση Δεδομένων (Φλωράς, 2009).

Τα στοιχεία ενός Γ.Σ.Π. είναι : α) τα μηχανικά μέρη ή hardware και β) από τα λογισμικά προγράμματα ή software. Στην εικόνα 1.8 φαίνονται τα μηχανικά μέρη (hardware) ενός ΓΣΠ.



Εικόνα 1.8: Τα μηχανικά μέρη (hardware) ενός ΓΣΠ. (Πηγή: Φλωράς, 2009).

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 1.9: Το Λογισμικό ενός Γ.Σ.Π. (Πηγή: Φλωράς, 2009)

### 1.17.3 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 αγοραστές 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, 2009).

### 1.17.4 Δεδομένα

#### 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 τηλεπισκόπισης, 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.

### **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.

### **1.17.5 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 και Διαχείριση 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 κωδικοποίηση 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 (Πηγή: Φλωράς, 2009).

1	Να εμφανίζει τις θέσεις των οντοτήτων ή αντικειμένων του πραγματικού κόσμου π.χ. τύπου <b>A</b> .
2	Να εμφανίζει τη θέση της οντότητας <b>A</b> σε σχέση με τη θέση της οντότητας <b>B</b> .
3	Να μπορεί να λογαριάζει των αριθμό των περιπτώσεων να υπάρχει, ή την πιθανότητα ύπαρξης, της οντότητας <b>A</b> μέσα στην απόσταση $\Delta$ της οντότητας του τύπου <b>B</b> .
4	Να μπορεί να εκτιμήσει την τιμή της συνάρτησης $\varphi$ στη θέση <b>X</b> .
5	Να μπορεί να υπολογίσει το μέγεθος της οντότητας <b>B</b> (επιφάνεια, περίμετρο, αριθμό περιεχομένων).
6	Να μπορεί να καθορίζει και να υπολογίζει το αποτέλεσμα της διχοτόμησης, ή διασταύρωσης, ή επικάλυψης των χωρικών ή γεωγραφικών δεδομένων.
7	Να υπολογίζει και να βρίσκει τη διαδρομή, του ελαχίστου κόστους, της αντίστασης ή απόστασης πάνω στην επιφάνεια του εδάφους από το σημείο <b>X</b> στο σημείο <b>Y</b> , πάνω σ' ένα δίκτυο, ή μια συνεχή επιφάνεια.
8	Να θέτει με τη σειρά και να πινακοποιεί τις ιδιότητες των οντοτήτων που βρίσκονται στις θέσεις <b>X<sub>1</sub></b> και <b>X<sub>2</sub></b> .
9	Να καθορίζει ποιές οντότητες βρίσκονται κοντά σε οντότητες που έχουν ορισμένους συνδυασμούς ιδιοτήτων.
10	Να αναταξινομεί ή ξαναχρωματίζει τις οντότητες που έχουν ορισμένους συνδυασμούς ιδιοτήτων.
11	Όταν γνωρίζει την τιμή του $\zeta$ στα σημεία $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ , να μπορεί να προβλέψει την τιμή του $\zeta$ στα σημεία $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$ .
12	Να μπορεί να χρησιμοποιεί αριθμητικές μεθόδους για να δημιουργεί νέες ιδιότητες από υπάρχουσες ιδιότητες ή νέες οντότητες από υπάρχουσες οντότητες.
13	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 <b>X</b> και για ένα δεδομένο σενάριο <b>\Sigma</b> .

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 H/Y, η παρουσίαση των φυσικών αντικειμένων και φαινομένων γίνεται όπως φαίνεται στα παρακάτω

σχήματα, είτε με διανυσματική μορφή (vector), είτε με ένα δικτυωτό κυβελίδων ή φατνίων (raster). (Πηγή: Φλωράς, 2004).

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 1.10: Παρουσίαση φυσικών αντικειμένων ή φαινομένων με Διανυσματική ή Κυβελωτή μορφή (Vector ή Raster).

### 1.18 Γεωστατιστική Ανάλυση

#### **Παρεμβολή ή Εσωεκτίμηση (Interpolation)**

Είναι η διαδικασία της εκτίμησης ή πρόβλεψης της τιμής μιας μεταβλητής στις θέσεις όπου δεν έχουν ληφθεί δείγματα, από τις μετρήσεις οι οποίες έγιναν στις θέσεις όπου έχουν ληφθεί δείγματα, εντός της ίδιας επιφάνειας ή περιοχής.

Η εκτίμηση ή πρόβλεψη σε θέσεις έξω από την επιφάνεια ή περιοχή όπου έχουν ληφθεί τα δείγματα και έγιναν οι μετρήσεις ονομάζεται αντίστοιχα: **εξωεκτίμηση (extrapolation)**.

Η παρεμβολή χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των δεδομένων από σημειακές παρατηρήσεις σε συνεχή πεδία έτσι ώστε η χωρική κατανομή η οποία προκύπτει από τη δειγματοληψία των σημείων, μπορεί να συγκριθεί με τη χωρική κατανομή άλλων χωρικών οντοτήτων.

Η παρεμβολή ή εσωεκτίμηση είναι απαραίτητη:



α) όταν η διακριτή επιφάνεια έχει ένα διαφορετικό επίπεδο διακριτικότητας, μέγεθος κυψελίδας, ή προσανατολισμό από εκείνα που απαιτούνται, ή

β) όταν η συνεχής επιφάνεια αντιπροσωπεύεται από ένα πρότυπο δεδομένων το οποίο είναι διαφορετικό από εκείνο που απαιτείται, ή

γ) όταν τα δεδομένα που διαθέτουμε δεν καλύπτουν ολοκληρωτικά όλη την επιφάνεια του ενδιαφέροντός μας, είναι δηλαδή σημειακά δείγματα.

Παραδείγματα για την περίπτωση (α) είναι η μετατροπή σκαναρισμένων εικόνων (έγγραφα, αερο-φωτογραφίες, ή δορυφορικές εικόνες), από κυψελωτή μωσαϊκή μορφή με κυψελίδιο ορισμένου μεγέθους και προσανατολισμό σε κυψελωτή μωσαϊκή μορφή με κυψελίδιο διαφορετικού μεγέθους και προσανατολισμό. Η διαδικασία αυτή γενικά ονομάζεται **συστροφή (convolution)**.

Παραδείγματα για την περίπτωση (β) είναι η μετατροπή μιας συνεχούς επιφάνειας από ένα τύπο μωσαϊκοποίησης σ' έναν άλλο (π.χ. από TIN σε raster, ή raster σε TIN, ή πολύγωνα μορφής vector σε raster).

Παραδείγματα για την περίπτωση (γ) είναι η μετατροπή δεδομένων από σημειακά δείγματα, σε διακριτές συνεχείς επιφάνειες.

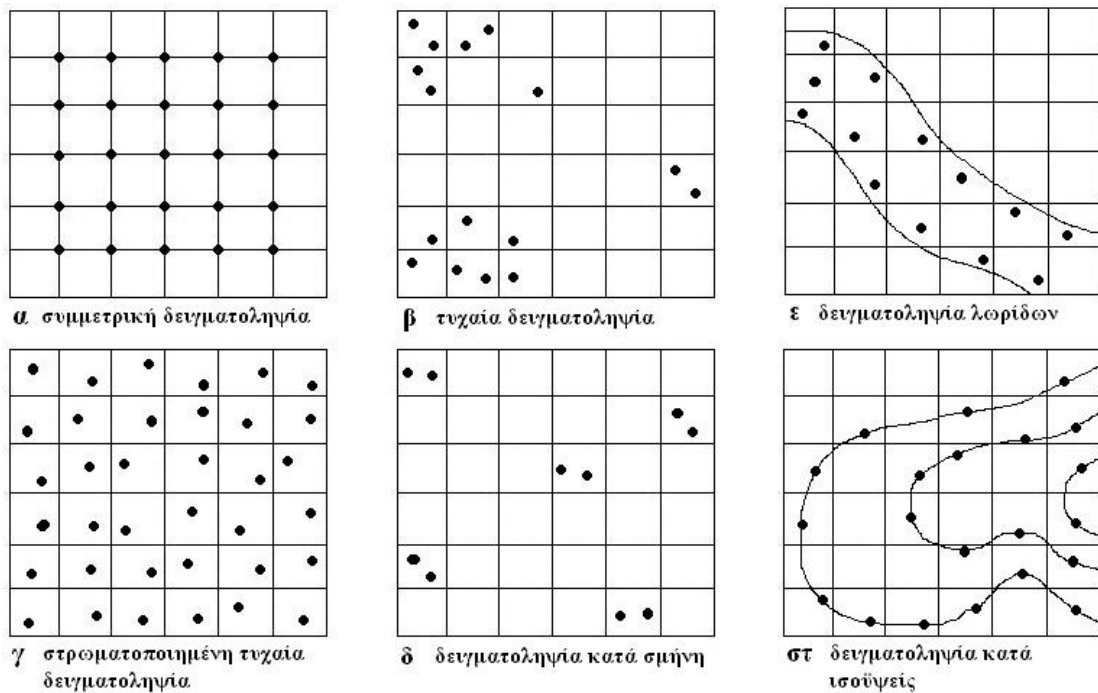
Οι συνεχείς επιφάνειες που δημιουργούνται από την εσωεκτίμηση μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως επίπεδα πληροφορίας σ' ένα ΓΣΠ, ή να εμφανιστούν ως εικόνες με κάποιο πρότυπο εικόνας (π.χ. bmp, jpg, tiff, κ.λπ.).

Οι συνεχείς επιφάνειες μπορούν να παρουσιαστούν με πρότυπα όπως είναι οι ισοϋψείς γραμμές (isopleths), τα διακριτά κανονικά κυψελωτά δίκτυα (discrete regular grids), ή τα κυψελωτά δίκτυα με ακανόνιστες κυψελίδες (irregular tiles). Τα πρότυπα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται είναι τα κανονικά κυψελωτά δίκτυα (raster), ισοϋψείς γραμμές (isopleths), ή τα τριγωνικά ακανόνιστα δίκτυα (triangular irregular networks ή TINs).

Η λογική που διέπει την εσωεκτίμηση, καθώς και την εξωεκτίμηση, είναι η κοινή παρατήρηση ότι συνήθως οι τιμές μιας μεταβλητής σε σημεία τα οποία κοντά στο χώρο, είναι περισσότερο πιθανό να είναι παρόμοιες, παρά σε σημεία τα οποία απέχουν αρκετά μεταξύ των.

Η θέση των σημείων δειγματοληψίας μπορεί να είναι κρίσιμη, δηλαδή να παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην χωρική ανάλυση η οποία αναπόφευκτα θα ακολουθήσει στο ΓΣΠ. Ιδεωδώς, για τους σκοπούς της χαρτογράφησης, τα σημεία δειγματοληψίας θα πρέπει να βρίσκονται συμμετρικά κατανεμημένα στο χώρο της περιοχής που μας ενδιαφέρει. Πάντως, ένα εντελώς κανονικό συμμετρικό δίκτυο σημείων δειγματοληψίας μπορεί να είναι μεροληπτικό, εάν συμπίπτει στη συχνότητα με μια κανονική διασπορά ή κατανομή στο τοπίο, όπως για παράδειγμα κανονικά διατεταγμένες τάφροι στράγγισης ή κανονικά διατεταγμένα δένδρα και γι' αυτό το λόγο οι στατιστικολόγοι προτιμούν να έχουν κάποιο είδος τυχαίας δειγματοληψίας, ώστε να έχουν αμερόληπτους μέσους όρους και παραλλακτικότητες.

Οι εντελώς τυχαίες θέσεις των σημείων δειγματοληψίας έχουν και μερικά μειονεκτήματα. Πρώτον, στην τυχαία δειγματοληψία κάθε σημείο είναι αυτοτελές, ενώ σ' ένα συμμετρικό δίκτυο δειγματοληψίας χρειαζόμαστε μόνο τη θέση του αρχικού σημείου, τον προσανατολισμό και την απόσταση του ενός σημείου από το άλλο για να ορίσουμε τη θέση του κάθε σημείου. Αυτό το είδος δειγματοληψίας είναι ευκολότερο σε δασικές περιοχές ή τοπία με έντονο ανάγλυφο, ακόμη και με λήψη των σημείων δειγματοληψίας με **Global Positioning System (GPS)**. Δεύτερον, η πλήρης τυχαιοποίηση μπορεί να οδηγήσει σε μια άνιση κατανομή των σημείων δειγματοληψίας, εκτός και αν πολλά σημεία δειγματοληψίας μπορούν να μετρηθούν, πράγμα το οποίο συνήθως εμποδίζεται από το υπερβολικό κόστος. Στην εικόνα 1.11 φαίνονται οι κυριότεροι τρόποι δειγματοληψίας:



**Εικόνα 1.11:** Οι κυριότεροι τρόποι δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή χωρικών δεδομένων (Πηγή: Δρ. Σταμάτης Φλωράς, 2004).

Μια συμβιβαστική λύση μεταξύ της τυχαίας και της συμμετρικής 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 (nested) 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 υπόβαθρο υποστήριξης ή η υποστήριξη (the 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 όπως είναι η ογκοποίηση (bulking) ή ο χωρικός μέσος όρος (spatial averaging) που συσχετίζουν τις παρατηρήσεις με μεγαλύτερες επιφάνειες ή όγκους. Οι διαδικασίες αυτές καλούνται διαδικασίες μεγέθυνσης της κλίμακας (upsampling).

Ακριβείς και μη ακριβείς εσωεκτιμητές (exact και inexact interpolators): Μια μέθοδος εσωεκτίμησης η οποία προβλέπει μια τιμή της μεταβλητής σε μια άγνωστη θέση, η οποία είναι ίδια με εκείνη που μετρήθηκε σ' αυτή τη θέση, ονομάζεται ακριβής εσωεκτιμητής (exact interpolator). Αυτή φυσικά είναι η ιδεώδης κατάσταση, διότι μόνο στα σημεία δειγματοληψίας γνωρίζουμε την τιμή της μεταβλητής που εξετάζουμε. Όλες οι άλλες μέθοδοι ονομάζονται μη ακριβείς εσωεκτιμητές (inexact interpolators).

#### **Εκτίμηση και μέθοδοι εσωεκτίμησης**

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι ή μέθοδοι προβλημάτων εκτίμησης. Κάθε μέθοδος είναι χρήσιμη για κάθε ιδιαίτερο πρόβλημα εκτίμησης, γι' αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό να κατανοήσουμε ποια μέθοδος εφαρμόζεται σ' ένα συγκεκριμένο τύπο προβλήματος. Τρία συστατικά χαρακτηρίζουν ένα πρόβλημα εκτίμησης ή πρόβλεψης:

- Θέλουμε εκτεταμένη (global) ή τοπική (local) εκτίμηση;
- Θέλουμε να εκτιμήσουμε ή προβλέψουμε μόνο το μέσο όρο (mean), ή ολόκληρη την κατανομή ή διασπορά των τιμών μιας μεταβλητής;
- Θέλουμε να εκτιμήσουμε ή προβλέψουμε τις τιμές μιας μεταβλητής από σημεία δειγματοληψίας, ή από ένα μεγαλύτερο σύνολο τιμών;

Οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα θα υπαγορεύσουν ποιές μέθοδοι είναι κατάλληλοι.

Οι μέθοδοι εσωεκτίμησης περιλαμβάνουν:

- Μέθοδοι εκτεταμένης εσωεκτίμησης (global methods)

1. Ταξινόμηση με τη χρησιμοποίηση εξωτερικών πληροφοριών (classification using external information)
2. Επιφάνειες τάσεως με γεωγραφικές συντεταγμένες (trend surfaces on geometric coordinates)
3. Πρότυπα παλινδρόμησης σε τιμές μεταβλητών ως ελεγκτές (regression models on surrogate attributes)
4. Μέθοδοι φασματικής ανάλυσης (methods of spectral analysis)

- Τοπικές προκαθοριστικές ή αιτιοκρατικές μέθοδοι (local deterministic methods)

1. Πολύγωνα Thiessen και πυκνοφυλακτικές μέθοδοι (Thiessen polygons and pycnophylactic methods)
2. Γραμμικές μέθοδοι και μέθοδοι σταθμισμένης αντίστροφης απόστασης (linear and inverse distance weighting)
3. Λείες ή ομαλές λεπτές καμπύλες επιφάνειες για την αναπαράσταση της χωρικής παραλλακτικότητας (thin plate splines)

Όλες αυτές οι μέθοδοι που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι σχετικά άμεσες και απαιτούν μόνο την κατανόηση των αιτιοκρατικών ή προκαθοριστικών και των απλών στατιστικών μεθόδων.

- Γεωστατιστικές μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούν μεθόδους χωρικής αυτοσυσχέτισης (Geostatistical methods using methods of spatial autocorrelation)

Αυτές οι μέθοδοι οι οποίες είναι γνωστές και ως μέθοδοι "Kriging", απαιτούν την κατανόηση των αρχών της στατιστικής χωρικής αυτοσυσχέτισης. Οι μέθοδοι "kriging" χρησιμοποιούνται όταν η παραλλακτικότητα μιας μεταβλητής είναι τόσο ανώμαλη και η πυκνότητα των δειγμάτων είναι τέτοια ώστε, η εφαρμογή απλών μεθόδων εσωεκτίμησης μπορεί να δώσει αναξιόπιστες εκτιμήσεις ή προβλέψεις.

Οι γεωστατιστικές μέθοδοι μας παρέχουν την πιθανότητα της εκτίμησης του βαθμού ακρίβειας της εσωεκτίμησης. Επίσης, κάνουν εκτιμήσεις ή προβλέψεις για εκτάσεις ή επιφάνειες γης οι οποίες είναι μεγαλύτερες ή πολύ μεγαλύτερες από την επιφάνεια υποστήριξης.

Επιπλέον, οι γεωστατιστικές μέθοδοι επιτρέπουν τη μη γραμμική εσωεκτίμηση (indicator kriging) όπου τα δεδομένα μετατρέπονται από συνεχή σε δυαδική κλίμακα (continuous to binary scale) και μπορούν να ενσωματώσουν και ξένα δεδομένα (soft data), αυξάνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

### **Εκτεταμένη εσωεκτίμηση (global interpolation)**

Οι μέθοδοι της εσωεκτίμησης ταξινομούνται σε δύο ομάδες: α) αυτές που ονομάζονται εκτεταμένοι εσωεκτιμητές (global interpolators) και β) αυτές που ονομάζονται τοπικοί εσωεκτιμητές (local interpolators). Οι εκτεταμένοι εσωεκτιμητές χρησιμοποιούν όλα τα διαθέσιμα δεδομένα για να εκτιμήσουν ολόκληρη την επιφάνεια ή περιοχή του ενδιαφέροντός μας, ενώ οι τοπικοί εσωεκτιμητές ενεργούν εντός μιας μικρής ζώνης γύρω από το σημείο στο οποίο γίνεται εκτίμηση, έτσι ώστε να είναι βέβαιο ότι οι εκτιμήσεις γίνονται μόνο με τα δεδομένα από τις θέσεις οι οποίες είναι στον ενδιάμεσο χώρο και πολύ κοντά στο εκτιμώμενο σημείο (in the intermediate neighbourhood) και ότι η προσαρμογή είναι όσο το δυνατόν καλύτερη.

Οι εκτεταμένοι εσωεκτιμητές χρησιμοποιούνται κυρίως για έμμεση εκτίμηση, αλλά και για εξέταση και πιθανόν αφαίρεση των επιδράσεων των εκτεταμένων παραλλακτικοτήτων οι οποίες προκαλούνται από τις μεγάλες τάσεις, ή την παρουσία διαφόρων κλάσεων του εδάφους και/ή της γης ή τοπίου, οι οποίες κλάσεις μπορεί να δείχνουν περιοχές οι οποίες έχουν διαφορετικούς μέσους όρους τιμών της ή των μεταβλητών. Από τη στιγμή που έχουμε λάβει υπόψη μας την επίδραση της

μεγάλης επιφάνειας ή έκτασης (global effects), το υπόλοιπο της εκτεταμένης παραλλακτικότητας (residuals), μπορεί να εκτιμηθεί με έναν τοπικό εκτιμητή (interpolated locally).

Οι μέθοδοι της εκτεταμένης εσωεκτίμησης (global methods) είναι συνήθως εύκολες στον υπολογισμό και συχνά βασίζονται σε σταθερές στατιστικές θεωρίες της ανάλυσης της παραλλακτικότητας (analysis of variance) και της παλινδρόμησης (regression).

Οι μέθοδοι ταξινόμησης χρησιμοποιούν εύκολα διαθέσιμα ξένα δεδομένα (soft data) και πληροφορίες (π.χ. τύποι εδαφικών σωμάτων, διοικητικές περιοχές), με σκοπό να διαιρέσουν την περιοχή σε υποπεριοχές οι οποίες μπορούν να χαρακτηρισθούν με τις στατιστικές στιγμές (statistical moments: μέσος όρος, παραλλακτικότητα, συμπαραλλακτικότητα, ημι-παραλλακτικότητα), των τιμών της ή των μεταβλητών που μετρώνται στις θέσεις εντός αυτών των περιοχών.

Οι μέθοδοι παλινδρόμησης (regression methods) εξερευνούν μια πιθανή συναρτησιακή σχέση μεταξύ των τιμών των μεταβλητών οι οποίες είναι εύκολο να μετρηθούν και των τιμών των μεταβλητών που πρόκειται να εκτιμηθούν.

Αυτές οι μέθοδοι μπορεί να βασίζονται μόνο στις γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας - οπότε στην περίπτωση αυτή η μέθοδος ονομάζεται ανάλυση επιφανειακής τάσεως (trend surface analysis) - ή σε κάποια σχέση με μία ή περισσότερες τιμές χωρικών μεταβλητών - οπότε το εμπειρικό πρότυπο της παλινδρόμησης συχνά ονομάζεται συνάρτηση μεταφοράς (transfer function).

### Εκτεταμένη εκτίμηση με τη χρήση προτύπων ταξινόμησης

Όταν τα χωρικά δεδομένα είναι σπάνια είναι μερικές φορές εύκολο να υποθέσουμε οι παρατηρήσεις λαμβάνονται από ένα σταθερό πληθυσμό (stationary population), (δηλαδή ο μέσος όρος και η παραλλακτικότητα των δεδομένων είναι ανεξάρτητα από τη γεωγραφική θέση και το μέγεθος της υποστήριξης). Εναλλακτικά, μπορούμε να αποφασίσουμε ότι αυτές οι παρατηρήσεις έχουν κάποια συντονισμένη χωρική αλλαγή. Αν επιλέξουμε την πρώτη περίπτωση, ότι δηλαδή οι παρατηρήσεις λαμβάνονται από ένα σταθερό πληθυσμό, τότε αυτομάτως επιλέγουμε μια ταξινομητική προσέγγιση για τη χωρική εκτίμηση, η οποία συνεπάγεται ότι η χωρική δομή της παραλλακτικότητας καθορίζεται απ' αυτές τις εξωτερικά ορισμένες χωρικές μονάδες. Αν επιλέξουμε την ταξινόμηση, μπορούμε να υπολογίσουμε τις εκτιμήσεις μας με τη χρησιμοποίηση της πολύ γνωστής μεθόδου της ανάλυσης της παραλλακτικότητας (analysis of variance ή ANOVA).

Στην ταξινόμηση σε ομοιογενή πολύγωνα υποθέτουμε ότι η παραλλακτικότητα εντός των πολυγώνων είναι μικρότερη από την παραλλακτικότητα μεταξύ των πολυγώνων. Στην περίπτωση αυτή οι σημαντικότερες αλλαγές λαμβάνουν χώρα στα όρια των πολυγώνων. Αυτό το φανταστικό (μη πραγματικό) πρότυπο χρησιμοποιείται πάρα πολύ στη χαρτογράφηση των εδαφικών σωμάτων, καθώς και στη χαρτογράφηση των φυσιογραφικών μονάδων, των μονάδων του τοπίου ή γης, των οικοτόπων, κ.λπ., όπου για παράδειγμα, αντικείμενα όπως είναι οι εδαφικές χαρτογραφικές μονάδες, οι ποτάμιες αναβαθμίδες, οι λεκάνες απορροής, οι πλαγιές λόφων, κ.λπ., αναγνωρίζονται ως χρήσιμα χαρακτηριστικά του τοπίου και τα οποία δίνουν πληροφορίες για άλλες ιδιότητες των τοπίων.

Το πιο απλό στατιστικό πρότυπο είναι το πρότυπο της Ανάλυσης της Παραλλακτικότητας (analysis of variance = ANOVA), το οποίο παρίσταται ως εξής:

$$Z(x_0) = \mu + \alpha_k + \varepsilon$$

Όπου:  $z$  = η τιμή της μεταβλητής στη θέση  $x_0$

$\mu$  = ο γενικός μέσος όρος του  $z$  στην περιοχή ενδιαφέροντος

$\alpha_k$  = είναι η απόκλιση μεταξύ του  $\mu$  και της μονάδας  $k$

$\varepsilon$  = το υπολειμματικό σφάλμα ή λάθος (εντός της μονάδας) γνωστό και ως θόρυβος (noise)

Το πρότυπο αυτό υποθέτει ότι για κάθε κλάση  $k$  οι τιμές της μεταβλητής κατανέμονται κανονικά και ιδεωδώς κάθε κλάση περιέχει ένα ξεχωριστό σχήμα. Η τιμή του μέσου όρου της μεταβλητής για κάθε κλάση  $k$  είναι  $\mu + \alpha_k$ , η οποία εκτιμάται από μια σειρά ανεξάρτητων δειγμάτων τα οποία υποθέτουμε ότι είναι χωρικά ανεξάρτητα. Η μέση παραλλακτικότητα εντός της κλάσεως υπολογίζεται από το  $\varepsilon$  και υποθέτουμε ότι είναι η ίδια για όλες τις κλάσεις.

Η σχετική παραλλακτικότητα  $(\sigma_w^2 / \sigma_T^2)$  όπου  $\sigma_w^2$  είναι η παραλλακτικότητα εντός της κλάσεως και  $\sigma_T^2$  είναι η παραλλακτικότητα ολόκληρου του δείγματος, είναι ένα μέτρο της επιτυχίας της ταξινόμησης. Και οι δύο μπορούν να

εκτιμηθούν όταν όλες οι χαρτογραφικές μονάδες περιέχουν περισσότερα του ενός δειγματοληπτικά σημεία. Όσο μικρότερη είναι η σχετική παραλλακτικότητα, τόσο καλύτερη είναι η ταξινόμηση.

Ο βαθμός της επιτυχίας ή η σημαντικότητα της επιτυχίας της ταξινόμησης (significance of the success), μπορεί να υπολογισθεί με τη συνηθισμένη δοκιμή της στατιστικής την F-test, πάνω στο λόγο της παραλλακτικότητας με τους βαθμούς ελευθερίας  $m, n - k$ .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

# ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

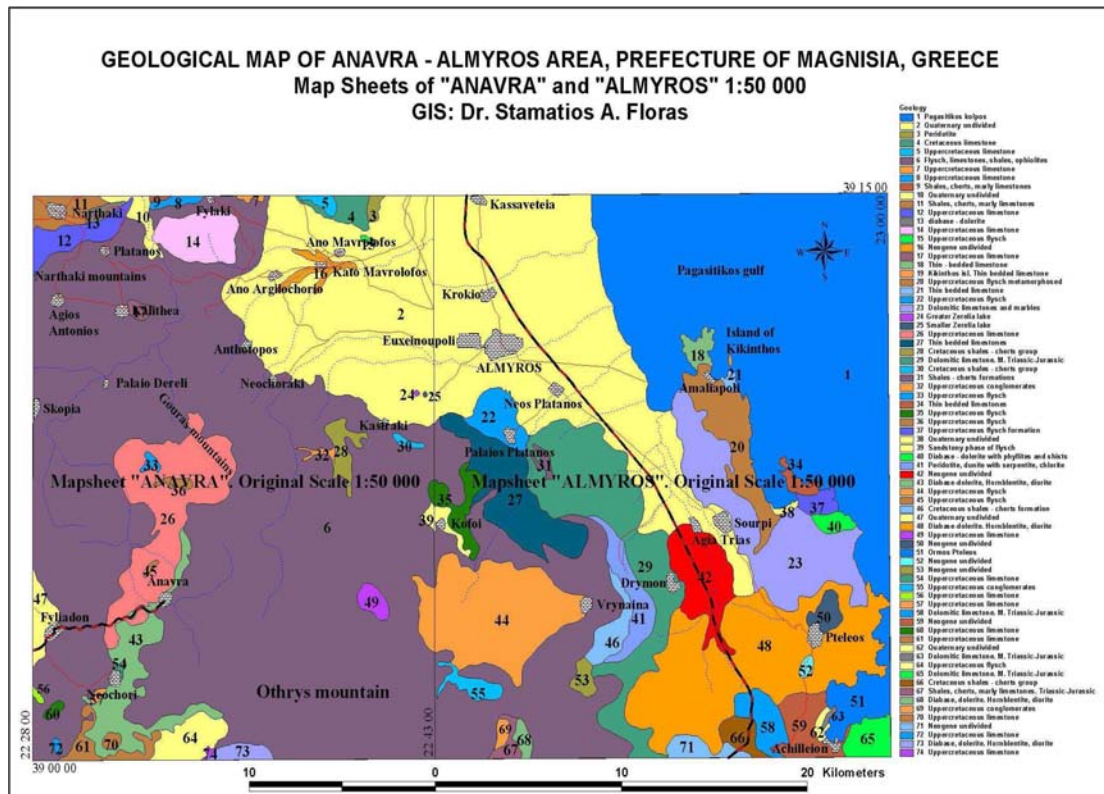
## 2.1 Περιοχή Δειγματοληψίας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στη περιοχή Αλμυρού η οποία βρίσκεται στο νομό Μαγνησίας . Συγκεκριμένα περιλαμβάνει τα δημοτικά διαμερίσματα Αλμυρού, Ευξεινουπόλεως, Κροκίου, Πλατάνου, Νέας Αγχιάλου, Αϊδινίου, Μικροθηβών, Αγίας Τριάδος και Βруναίνης. Η έκταση της περιοχής από όπου ελήφθησαν τα δείγματα ανέρχεται περίπου σε 150.000 στρέμματα.

Το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής είναι σχετικά ομαλό αφού υπάρχουν μικροί λοφίσκοι ενώ γύρω από την πεδιάδα του Αλμυρού υπάρχουν ορεινοί όγκοι.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής περιλαμβάνει κυρίως από τον ποταμό Ξηριά ο οποίος εκβάλλει στον Όρμο του Αλμυρού. Ο ποταμός αυτός με τη βοήθεια ενός συμπλέγματος ρεμιμάτων όπως το Ξηρόρρεμα, το Πλατανόρρεμα, το Χολόρρεμα κ.α. αποστραγγίζουν το κάμπο του Αλμυρού σχετικά καλώς. Εξάιρεση αποτελεί περιοχή του Όρμου της Σούρπης όπου υπάρχει ελώδης περιοχή.

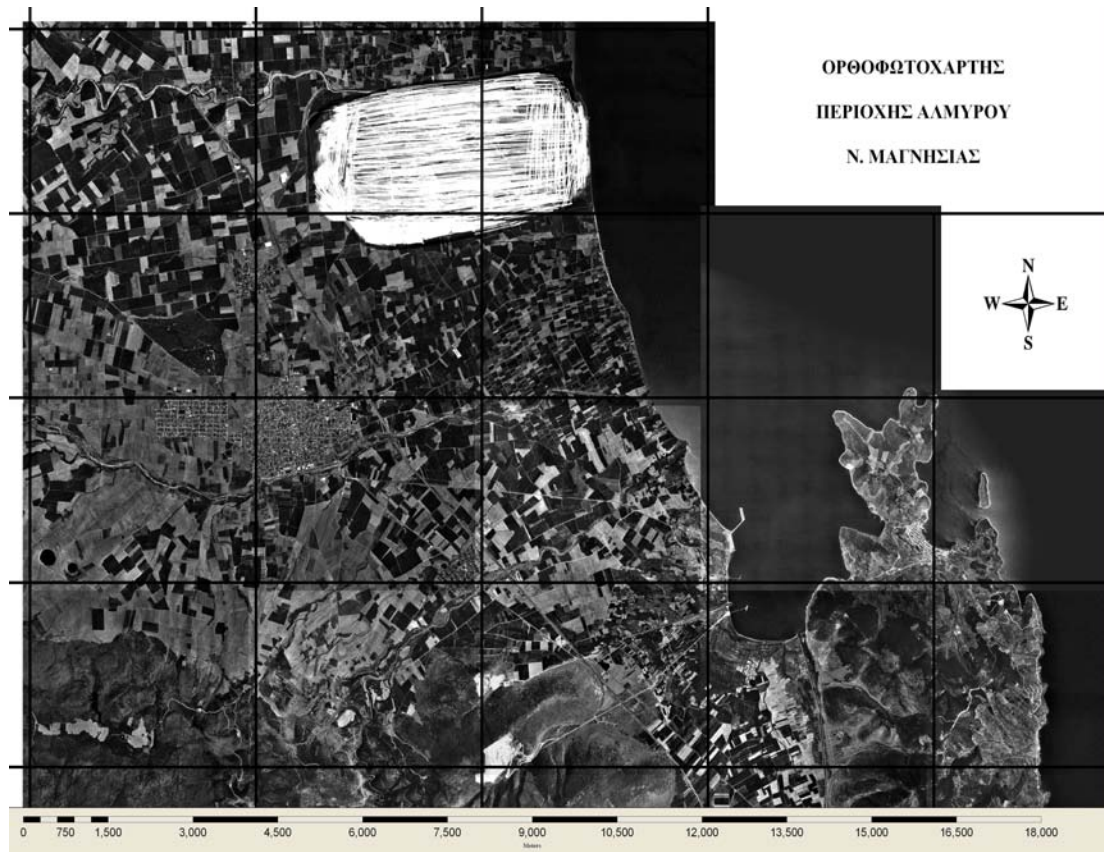
Η γεωλογία της περιοχής περιλαμβάνει κυρίως ασβεστολιθικά πετρώματα καθώς και αλουβιακές αποθέσεις. Το σύνολο της γεωλογίας της περιοχής διακρίνεται στο γεωλογικό χάρτη Αλμυρού (εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Γεωλογικός χάρτης Αλμυρού (Πηγή: Δρ. Σ. Φλωράς)

## 2.2 Λήψη εδαφικών δειγμάτων

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε εδάφη της ευρύτερης περιοχής του Αλμυρού Μαγνησίας από αρχές Μαΐου έως αρχές Ιουνίου 2007 (Συνολική καλυπτόμενη έκταση περί τα 150.000 στρέμματα). Για την πραγματοποίηση της χρησιμοποιήθηκε ορθοφωτοχάρτης της περιοχής (εικόνα 2.2) 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).



**Εικόνα 2.2:** Ορθοφωτοχάρτης περιοχής Αλμυρού (Πηγή: Δρ. Σταμάτης Αθ. Φλωράς)

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας έγινε χρήση 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. Ο κύριος όγκος των εδαφικών δειγμάτων προέρχεται από καλλιέργειες βάμβακος, σιταριού κ.α. Χρησιμοποιήθηκε δε για τη πραγματοποίηση της δειγματοληψίας εδαφολήπτης τύπου Edelman (εικόνα 2.3) και τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες, στις οποίες τοποθετήθηκε χάρτινη καρτέλα στην οποία αναγράφηκαν με μολύβι τα χαρακτηριστικά του δείγματος.



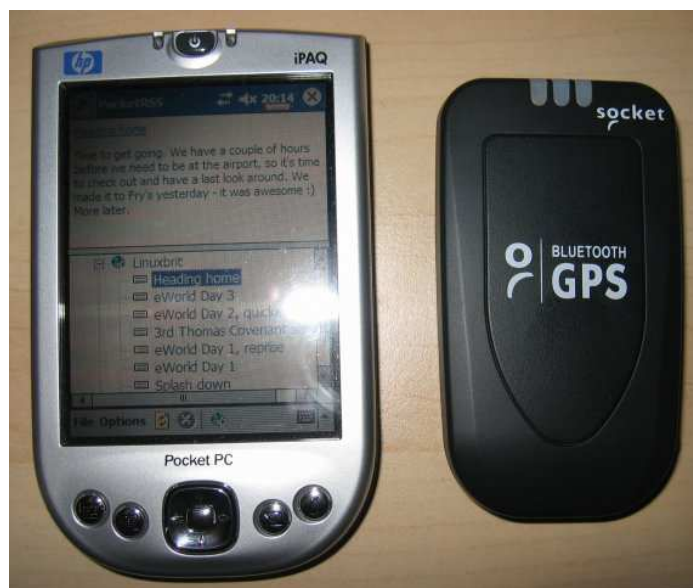
**Εικόνα 2.3:**

Δειγματολήπτης τύπου Edelman



Στη συνέχεια τα εδαφικά δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βόλο όπου περίπου η μισή ποσότητα του κάθε εδαφικού δείγματος διατηρήθηκε στον καταψύκτη μέχρι να γίνει ο προσδιορισμός των νιτρικών και νιτροδών ιόντων, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα αφού αεροξηράνθηκε σε θερμοκρασία δωματίου για χρονικό διάστημα 10 ημερών και αφού διήλθε από κόσκινα (2mm) διατηρήθηκε σε πλαστικές σακούλες.

Η θέση (συντεταγμένες  $\chi$ ,  $\psi$  σε μοίρες) των σημείων δειγματοληψίας καθορίστηκε με την βοήθεια του GPS (Global Positioning System, GPS) (εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: Συσκευή G.P.S. (Global Positioning System).

## 2.3 Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων

(Αναφέρονται αναλυτικά στο παράρτημα)

### 2.3.1 Προσδιορισμός του pH-EC

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982).

### 2.3.2 Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας

Χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη μέθοδος των Nelson and Sommers (1982).

### 2.3.3 Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης του εδάφους.

Χρησιμοποιείται η μέθοδος κοκκομετρικής ανάλυσης με το υδρόμετρο του Βουγιούκου. Τα εδαφικά δείγματα διέρχονται αρχικά από κόσκινο διαμέτρου 2mm.

### 2.3.4 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων

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

Τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα προσδιορίστηκαν σε εκχύλισμα που παρασκευάζεται αναμιγνύοντας έδαφος και ύδωρ σε αναλογίες 1:1 και 1:5 (Methods of Soil Analysis, 2000). Η αξιοπιστία της μεθόδου στηρίζεται στη μεγάλη διαλυτότητα στο ύδωρ των νιτρικών ιόντων.

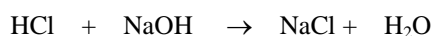
Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας με τη χρησιμοποίηση της στήλης προσδιορισμού των ανιόντων τύπου IC Anion Column Metrosep Anion Dual 2. Η στήλη περιέχει προστήλη για τη συγκράτηση στερεών. Η στήλη αποτελείται από πολυμεθακρυλικό άλας με τεταρτοταγείς αμμωνιακές βάσεις.

### 2.3.5 Προσδιορισμός ανθρακικού ασβεστίου

Η μέθοδος προσδιορισμού του ανθρακικού ασβεστίου σε δείγματα εδάφους στηρίζεται στην αντίδραση με διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης HCl και ογκομέτρηση της περίσσειας ποσότητας του HCl με διάλυμα NaOH. Η αντίδραση η οποία πραγματοποιείται είναι η εξής:



Απο τη στοιχειομετρία της παραπάνω αντίδρασης προκύπτει ότι 1 mol ανθρακικού ασβεστίου αντιδρά πλήρως με 2 mols υδροχλωρικού οξέος. Η περίσσεια του διαλύματος υδροχλωρικού οξέος ογκομετρείται με διάλυμα καυστικού νατρίου, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το τέλος της αντίδρασης προσδιορίζεται με αλλαγή του χρώματος απο άχρωμο σε έντονο ρόζ.

### 2.3.6 Προσδιορισμός του ολικού αζώτου-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.

#### Αρχή της μεθόδου

Η μέθοδος του προσδιορισμού του ολικού αζώτου % βασίζεται στη διαδικασία υγρής πέψης – καύσης του αζώτου του εδάφους (ή των φυτικών ιστών των σπόρων, των τροφίμων) και τη μετατροπή του σε άμμωνιο (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) με την κατεργασία πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> σε υψηλές θερμοκρασίες. Η παραγόμενη NH<sub>3</sub> με απόσταξη μετά τη δέσμευση της με βορικό οξύ προσδιορίζεται με τιτλοδότηση HCl.

## 2.4 Στατιστική Επεξεργασία Αποτελεσμάτων

Για τη στατιστική ανάλυση και τη τελική παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Microsoft Excel και το πρόγραμμα E.S.R.I ArcGIS v.9.2.

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).

## 2.5 Εφαρμογή της τηλεπισκόπησης

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

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 το βασικό ορθοφωτοχάρτη της περιοχής μελέτης.

## 2.6 Ψηφιακοί θεματικοί χάρτες

Για τη κατασκευή των ψηφιακών θεματικών χαρτών, που αφορούν τη περιοχή της μελέτης (π.χ. Χάρτης Σημείων Δειγματοληψίας, Χάρτης Οδικού δικτύου, Χάρτης Υδρογραφικού δικτύου, Χάρτης Οικισμών, Χάρτης Ακαλλιέργητων περιοχών και Χάρτης Βιομηχανικών ζωνών), έγινε η ψηφιοποίηση με τη βοήθεια του Λογισμικού Προγράμματος (Software) του ArcGIS v.9.2 και χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο τον Ορθοφωτοχάρτη της περιοχής Αλμυρού, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. (Πηγή Δρ. Σταμάτης Φλωράς, 2004).

## 2.7 Προσδιορισμός λαθών από την ψηφιοποίηση

Μετά τη διαδικασία της ψηφιοποίησης επισημάνθηκαν και διορθώθηκαν τυχόν λάθη.

Μερικά από τα συνήθη λάθη τα οποία η τοπολογία μπορεί να προσδιορίσει είναι :

- Τόξα που δεν συνδέονται μεταξύ τους,
- Πολύγωνα ανοιχτά,
- Πολύγωνα που δεν έχουν label point ή που έχουν περισσότερα από ένα και
- Ταυτότητες σημείων που δεν είναι μοναδικές

Το ArcGIS v.9.2 παρέχει πλήρη δυνατότητα διόρθωσης όλων των λαθών χάρις στην προηγμένη τεχνολογική του δυνατότητα.

## 2.8 Σύστημα προβολής χαρτών

Οι περισσότεροι χάρτες παρουσιάζουν τα δεδομένα σύμφωνα με ένα αναγνωρισμένο σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων όπως είναι για παράδειγμα το Universal Transverse Mercator

(UTM), το Albers Conical Equal (ACE) και το Area Polar Stereographic System (APSS). Πρόκειται για παραδείγματα προβολών χαρτών που χρησιμοποιούνται για να παραστήσουν ελλειπτικά χαρακτηριστικά σε μια επίπεδη επιφάνεια. Βέβαια τα προβολικά συστήματα που υπάρχουν σήμερα είναι πάνω από 300.

Λαμβανομένου υπόψη ότι η Γη είναι ένα σφαιροειδές, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια μαθηματική μετατροπή για να δημιουργηθεί ένας επίπεδος χάρτης από την σφαιροειδή επιφάνεια. Η μαθηματική αυτή μετατροπή αναφέρεται συχνά ως χαρτογραφική προβολή (map projection). (Φλωράς Σ., 2004)

Οι τιμές του γεωγραφικού πλάτους και μήκους δεν είναι στο Καρτεσιανό Σύστημα Συντεταγμένων αλλά σε ένα γεωγραφικό σύστημα αναφοράς. Οι τιμές όμως αυτές είναι οι πλέον διαθέσιμες ακριβείς μετρήσεις σε πολλούς χάρτες. Με τη βοήθεια του **ArcGIS v.9.2**, οι τιμές αυτές μετατράπηκαν στο Σύστημα Προβολής το οποίο ονομάζεται “ **ΕΓΣΑ 87** ” . Το σύστημα αυτό επιλέχθηκε μεταξύ των άλλων ως το καλύτερο διότι έχει τη μικρότερη παραμόρφωση ως προς την επιφάνεια και ως προς τη διεύθυνση, διατηρεί δηλαδή το σχήμα του χάρτη σχεδόν αναλλοίωτο.

## 2.9 Εφαρμογή του ArcGIS 9.2 Desktop

Το ArcGIS 9.2 Desktop αποτελείται από επιμέρους προγράμματα όπως είναι τα ArcView, ArcMap, ArcEditor και ArcInfo. Το ArcGIS 9.2 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 γεωστατιστικής επεξεργασίας.

Το ArcMap είναι η κεντρική εφαρμογή του ArcGIS 9.2 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.

## 2.10 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 Kriging.

Μεγάλος αριθμός από επιμέρους μεθόδους Kriging 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.

## 2.11 Εξέταση της χωρικής μεταβλητότητας 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 του 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, εφαρμόστηκε προκειμένου να γίνει σύγκριση της διασποράς των δεδομένων και της τυπικής απόκλισης αυτών από την κανονική κατανομή ως ένας επιπλέον δείκτης της κανονικότητας των δεδομένων. Όσο πιο κοντά στην γραμμή βρίσκονταν τα σημεία, τόσο περισσότερο προσέγγιζε η διασπορά τους την κανονική.

### Cross Validation

Με τη βοήθεια της Cross Validation μπορεί να διαπιστωθεί εάν ένα πρότυπο προβλέπει ικανοποιητικά τις άγνωστες τιμές. Για όλα τα σημεία, η Cross Validation επιλέγει ένα σημείο, προβλέπει την 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 ποιο πρότυπο δίδει τις πιο ακριβείς προβλέψεις.

Η επιλογή του καταλληλότερου προτύπου πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα :

1. Η τιμή του μέσου όρου να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην τιμή 0,

2. Η τιμή της τετραγωνικής ρίζας του μέσου τετραγώνου του σφάλματος (root-mean-square-error) και του μέσου τυπικού σφάλματος (average standard error) να είναι όσο το δυνατόν μικρές και να έχουν μικρή μεταξύ τους απόκλιση και
3. Η τιμή της τυποποιημένης τετραγωνικής ρίζας του μέσου τετραγώνου του σφάλματος (root-mean-square-standardized-error) να είναι κοντά στην τιμή 1.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ**



### 3.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφικών δειγμάτων

Στο Παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικά οι φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφικών δειγμάτων καθώς και οι συντεταγμένες των σημείων από όπου πάρθηκαν τα δείγματα στα εδάφη της περιοχής του Αλμυρού. Από τα δεδομένα του παραρτήματος κατασκευάστηκε ο πίνακας 3.1 στον οποίο αναφέρονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $EC_{1:1}$ ) καθώς και της οργανικής ουσίας.

**Πίνακας 3.1** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές του pH,  $EC_{1:1}$  και οργανική ουσίας

	<b>pH</b> (1:1)	<b>Ηλ. Αγωγιμότητα</b> ( $\mu S\ cm^{-1}$ )	<b>Οργανική Ουσία</b> %
<b>Ελάχιστη τιμή</b>	<b>5,4</b>	<b>39</b>	<b>0,66</b>
<b>Μέγιστη τιμή</b>	<b>8,4</b>	<b>3190</b>	<b>5,2</b>
<b>Μέση τιμή</b>	<b>7,63</b>	<b>462</b>	<b>1,66</b>

Στον πίνακα 3.2 παρουσιάζεται η κατάταξη των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού Μαγνησίας με βάση τη τιμή pH αυτών (MAFF, 1988; Rowell, 1995, Μήτσιος, 2000).

**Πίνακας 3.2** Κατάταξη εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σε αναλογία με τη τιμή pH του εδάφους.

<b>pH</b>	<b>Κατηγορίες εδαφών</b>	<b>% ποσοστό των δειγμάτων</b>
4 – 5	Πολύ ισχυρώς όξινα	0
5,1 – 5,8	Ισχυρώς όξινα	2,96
5,9 – 6,5	Μετρίως όξινα	7,41
6,6 – 7,5	Ουδέτερα	24,44
7,5 – 8,5	Ελαφρώς αλκαλικά	65,19
> 8,5	Αλκαλιωμένα	0

Στα εδάφη της υπό μελέτη περιοχής, η τιμή του pH κυμάνθηκε από 5,40 έως 8,40. Συγκεκριμένα, τα εδάφη σε ποσοστό 2,96% χαρακτηρίστηκαν ως όξινα εδάφη, το 7,41% των εδαφών μετρίως όξινα, το 24,44% ουδέτερα, και το 65,19% ελαφρώς αλκαλικά. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από τη γεωλογία και τα μητρικά υλικά της περιοχής που περιλαμβάνουν κυρίως ασβεστόλιθους και ασβεστόχα υλικά διαφόρων ηλικιών και φάσεων.

Ισχυρώς όξινα εδάφη παρατηρούνται βορειοδυτικά της Ευξεινούπολης, ενώ στο Κρόκιο και στη περιοχή του Νέου Πλατάνου παρατηρούνται μετρίως όξινα εδάφη προς ουδέτερα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.7 του χάρτη χωρικής παραλλακτικότητας του pH. Λόγω των δυσμενών επιπτώσεων της οξύτητας των εδαφών στην ανάπτυξη των φυτών κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη ασβεστούχων υλικών έτσι ώστε να επιτευχθεί η ανύψωση του pH στα συγκεκριμένα εδάφη.



**Σχήμα 3.1.** Κατάταξη εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σε αναλογία με το pH του εδάφους

Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εδαφών της περιοχής κυμάνθηκε από 39  $\mu\text{S}/\text{cm}$  έως 3190  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι ένα ποσοστό των εδαφών της τάξης του 32% είναι εδάφη με χαμηλό κίνδυνο αλατότητας, το 59% των εδαφών έχουν μέτριο κίνδυνο αλατότητας και ένα ποσοστό της τάξης του 9% είναι εδάφη με υψηλό κίνδυνο αλατότητας (Πίνακας 3.3).

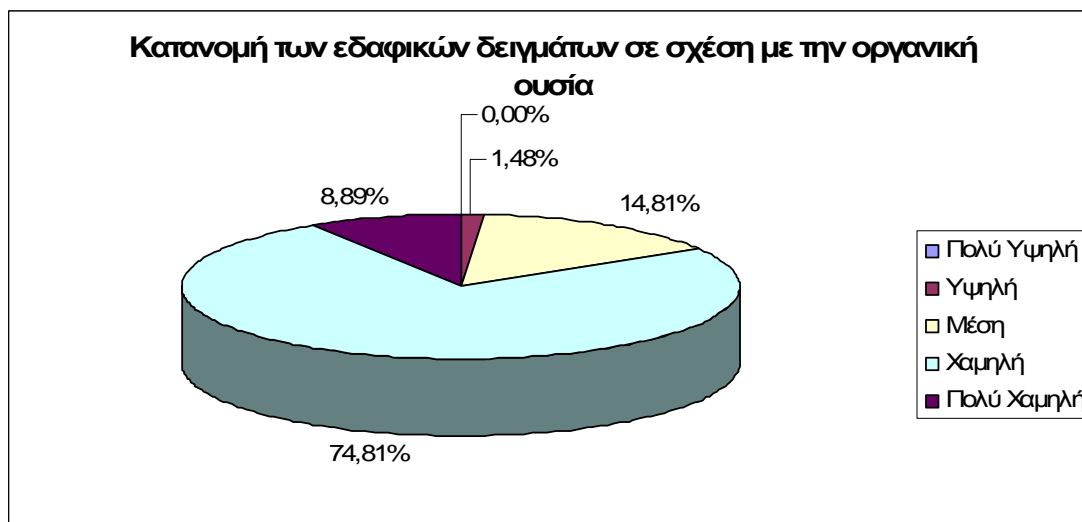
**Πίνακας 3.3** Κατάταξη εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σε αναλογία με το κίνδυνο αλατότητας.

EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Χαρακτηρισμός εδαφών	Ποσοστό εδαφών %
0 – 250	Χαμηλός κίνδυνος αλατότητας	31,85
250 – 750	Μέτριος κίνδυνος αλατότητας	59,26
> 750	Υψηλός κίνδυνος αλατότητας	8,89

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 (εικόνα 3.25).

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.

Στο σχήμα 3.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή των εδαφικών δειγμάτων με βάση το ποσοστό της οργανικής ουσίας.



**Σχήμα 3.2.** Κατάταξη εδαφών της περιοχής Αλμυρού Ν. Μαγνησίας σε αναλογία με την οργανική ουσία.

Από το σχήμα προκύπτει ότι κάτω από 1% σε οργανική ουσία βρέθηκε το 8,89% των εδαφών ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών κυμαίνεται από 1-2% και κατατάσσονται στην κατηγορία των εδαφών με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Επίσης, ένα ποσοστό της τάξης του 15% έχει μέση περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Η κατάταξη των εδαφικών δειγμάτων σε σχέση με την τιμή της οργανικής ουσίας (Μήτσιοις, 2000) βασίστηκε στον Πίνακα 3.4, που ακολουθεί.

**Πίνακας 3.4.** Κατηγορίες εδαφών με βάση τα ποσοστά σε οργανική ουσία (Μήτσιοις, 2000)

Κατηγορίες	Οργανική Ουσία %
Πολύ Υψηλή	> 6
Υψηλή	4,3 – 6
Μέση	2,1 – 4,2
Χαμηλή	1,0 – 2,0
Πολύ Χαμηλή	< 1

### 3.2 Θεματικοί ψηφιακοί χάρτες

Για τη δημιουργία των θεματικών χαρτών χρησιμοποιήθηκαν γεωστατιστικές και προκαθοριστικές μέθοδοι. Για την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου έγιναν δοκιμές και συγκρίσεις των μεθόδων παρεμβολής (ordinary, simple, universal, indicator, probability και disjunctive kriging) και των προτύπων (μαθηματικών μοντέλων) (Circular, Spherical, Tetraspherical, Pentaspherical, Exponential, Gaussian, Rational quadratic, Hole Effect, k-Bessel, j-Bessel και Stable). Για την δημιουργία των θεματικών χαρτών τελικά επιλέχθηκε η μέθοδος εσωεκτίμησης Ordinary Kriging ενώ για την επιλογή του καταλληλότερου προτύπου εκτίμησης της συνεχούς παραλλακτικότητας κάθε παραμέτρου που μελετήθηκε, δημιουργήθηκαν και εξετάστηκαν τα γραφήματα της ημι-παραλλακτικότητας, της διασποράς των τιμών και της ανάλυσης τάσης για κάθε μία από τις παραμέτρους που μελετήθηκε.

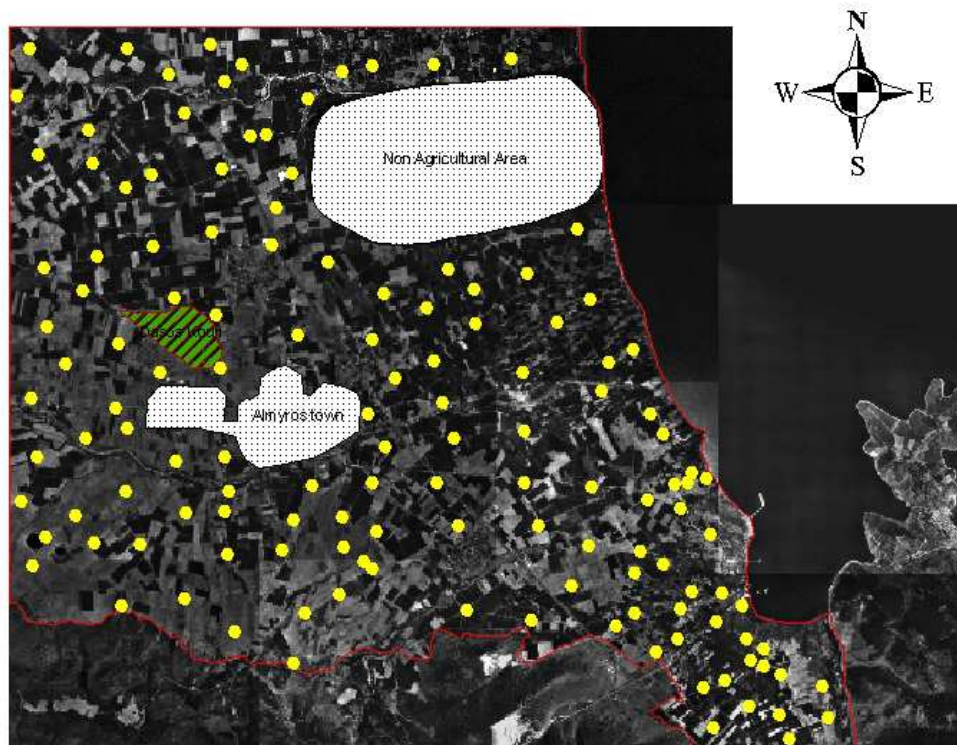
Τα πρότυπα, που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία χαρτών εκτίμησης της συνεχούς παραλλακτικότητας των μελετηθέντων παραμέτρων παρουσιάζονται στον πίνακα 3.5.

**Πίνακας 3.5** Πρότυπα εκτίμησης συνεχών επιφανειών των μελετηθέντων παραμέτρων

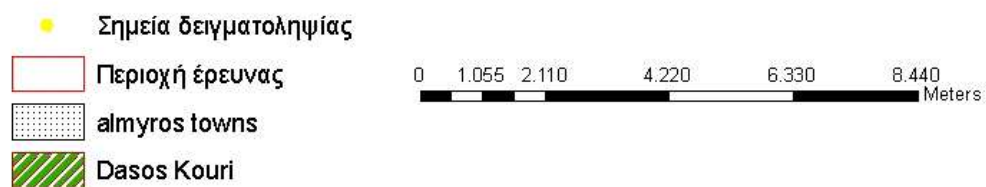
Παράμετρος	Μοντέλο
pH	K-bessel
EC	Exponential
Οργανική ουσία	Hole Effect
CaCO <sub>3</sub>	Exponential
Άμμος	Rational Quadratic
Ιλύς	Circular
Άργιλος	Exponential
NO <sub>2</sub>	Gaussian
NO <sub>3</sub>	Rational Quadratic
NH <sub>4</sub>	Pentaspherical
Ολικό N	Rational Quadratic

Αρχικά δημιουργήθηκε ο χάρτης αναφοράς στον οποίο φαίνεται όλη η περιοχή του Αλμυρού η οποία ψηφιοποιήθηκε. Στην εικόνα 3.1 φαίνεται η περιοχή και τα σημεία δειγματοληψίας.

# Σημεία δειγματοληψίας



## Υπόμνημα



Εικόνα 3.1 Περιοχή μελέτης και σημεία δειγματοληψίας

Μετά τη δημιουργία του ψηφιακού χάρτη των εδαφικών δειγμάτων (εικόνα 3.1), οι σημειακές αυτές παρατηρήσεις αποτέλεσαν δεδομένο εισαγωγής για τη δημιουργία, μέσω μεθόδων εσωεκτίμησης, των εξής θεματικών χαρτών συνεχούς επιφάνειας:

- **Χάρτης οξύτητας (pH)**
- **Χάρτης  $\text{CaCO}_3$**
- **Χάρτης οργανικής ουσίας**
- **Χάρτης EC**
- **Χάρτης άμμου**
- **Χάρτης ιλύος**
- **Χάρτης αργίλου**
- **Χάρτης  $\text{NO}_2$**
- **Χάρτης  $\text{NO}_3$**
- **Χάρτης  $\text{NH}_4$**
- **Χάρτης Ολικού N**

Με τους χάρτες συνεχούς επιφάνειας που δημιουργήθηκαν δίνεται η δυνατότητα της λήψης πληροφορίας από οποιοδήποτε σημείο της περιοχής σε αντίθεση του χάρτη των εδαφικών τομών όπου μόνο στα σημεία δειγματοληψίας είναι δυνατή η λήψη πληροφορίας.

Ο χάρτης pH (εικόνα 3.7) μας αποκαλύπτει ότι στην πεδιάδα του Αλμυρού υπάρχουν κατά κύριο λόγο αλκαλικά και ουδέτερα εδάφη αλλά και όξινα σε μικρότερο βαθμό. Παρά τα λίγα σχετικά δείγματα όξινων εδαφών (είναι 14 στα 135) στο χάρτη πρόβλεψης διακρίνεται καθαρά μια περιοχή όξινων εδαφών. Η πρόβλεψη για όξινα εδάφη στην περιοχή επιβεβαιώνεται και από τις παρατηρήσεις που έγιναν για τη βλάστηση των συγκεκριμένων σημείων. Είναι χαρακτηριστικό ότι στη περιοχή που σημειώνεται από το χάρτη πρόβλεψης ως όξινη υπάρχουν βελανιδιές διασπαρτες ενώ στο μέσο της περιοχής υπάρχει και δάσος με το συγκεκριμένο είδος. Οι βελανιδιές είναι από τα πιο χαρακτηριστικά φυτά – δείκτες όξινων εδαφών.

Στις εικόνες 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 και 3.6 παρουσιάζεται η γεω-στατιστική επεξεργασία των τιμών του εδαφικού pH, στην περιοχή της μελέτης, προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης της χωρικής μεταβλητότητας ή χωρικής παραλλακτικότητας των τιμών pH (εικόνα 3.7).

Στην εικόνα 3.3 απεικονίζεται η διασπορά των τιμών του pH (Normal QQplot) καθώς και η απόκλιση των τιμών από την κανονική κατανομή. Όσο πιο κοντά στη γραμμή της κανονικής κατανομής βρίσκονται οι τιμές του pH των εδαφικών δειγμάτων, τόσο περισσότερο η διασπορά τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

Η ανάλυση της τάσης (Trend Analysis) που παρουσιάζουν οι τιμές του εδαφικού pH στο χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.4.

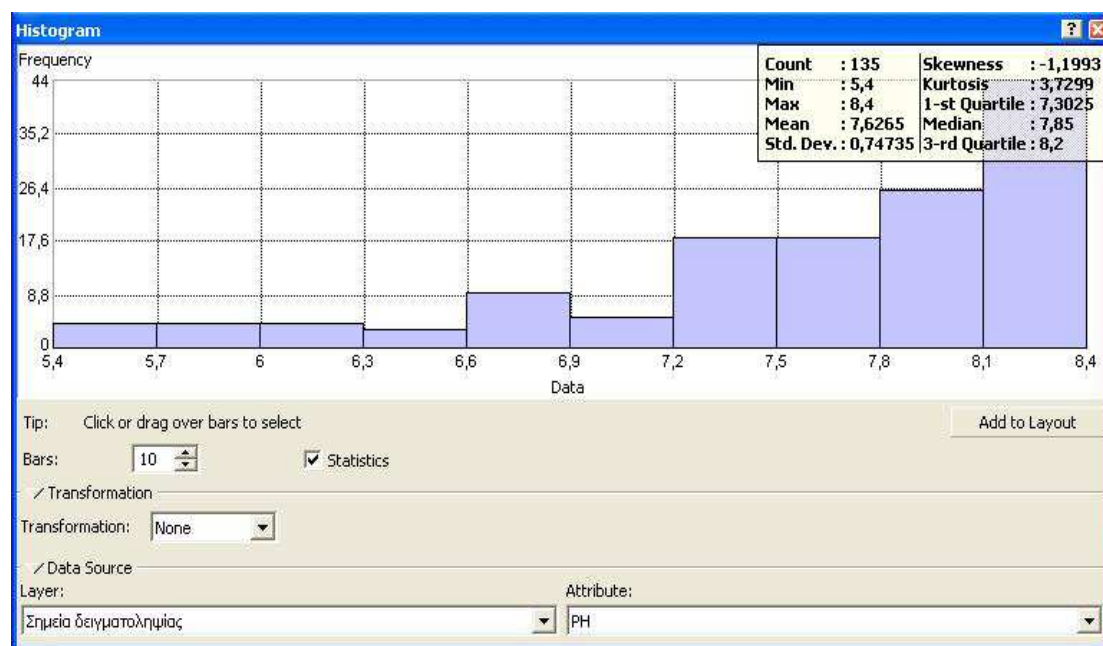
Διαπιστώνεται από το διάγραμμα αυτό μια αύξηση των τιμών από Δύση προς Ανατολή. Είναι εμφανής επίσης η τάση αύξησης των τιμών του εδαφικού pH από βορρά προς νότο.

Στην εικόνα 3.5 παρουσιάζεται το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) των τιμών του pH του εδάφους. Με τη βοήθεια του διαγράμματος αυτού γίνεται η προσαρμογή του καταλληλότερου προτύπου (μαθηματικού μοντέλου) που οδήγησε τελικά στη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης.

Το μαθηματικό πρότυπο το οποίο επελέγη ως καταλληλότερο ήταν το **K-bessel**.

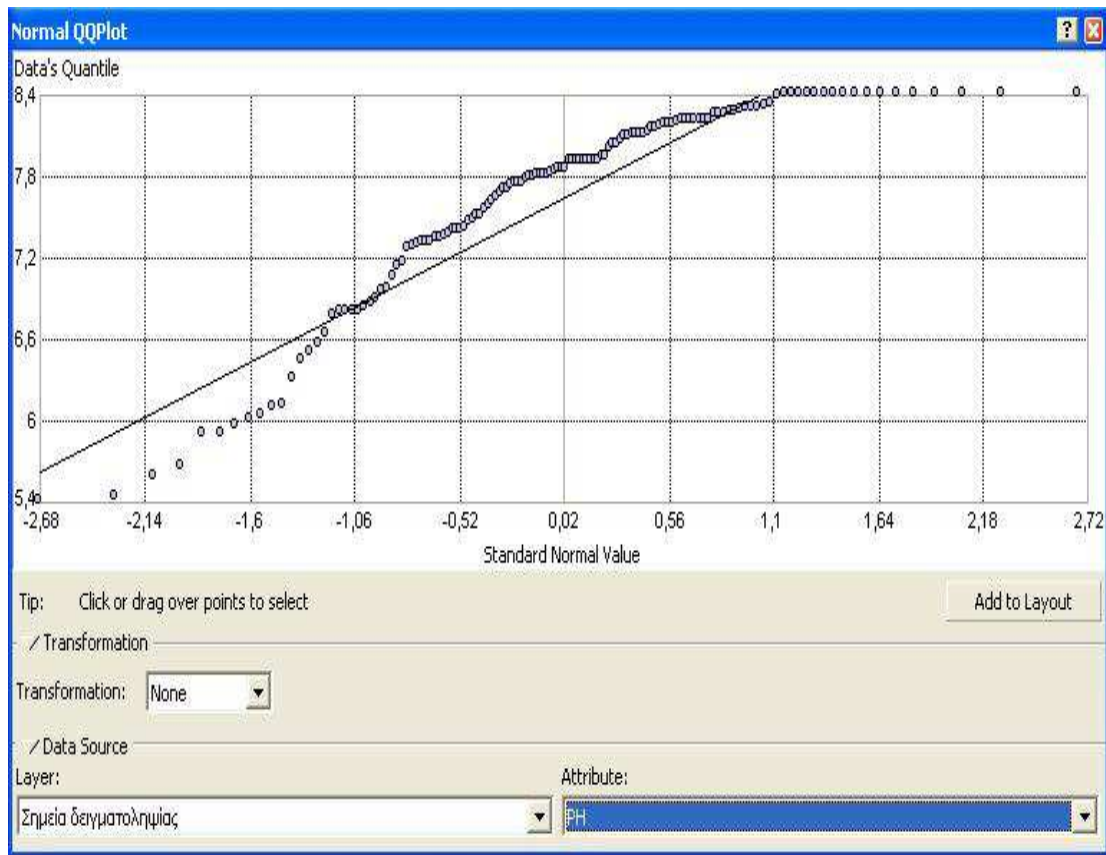
Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγέντος μαθηματικού προτύπου παρουσιάζεται στην εικόνα 3.6 (Cross Validation). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετρηθείσες αλλά και οι υπολογισθείσες, μέσω του μαθηματικού προτύπου, τιμές του εδαφικού pH. Ο έλεγχος έγινε μετά από εξέταση των τιμών του μέσου όρου, του σφάλματος των τετραγώνων των μέσων τετραγώνων καθώς και του μέσου τυπικού σφάλματος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.

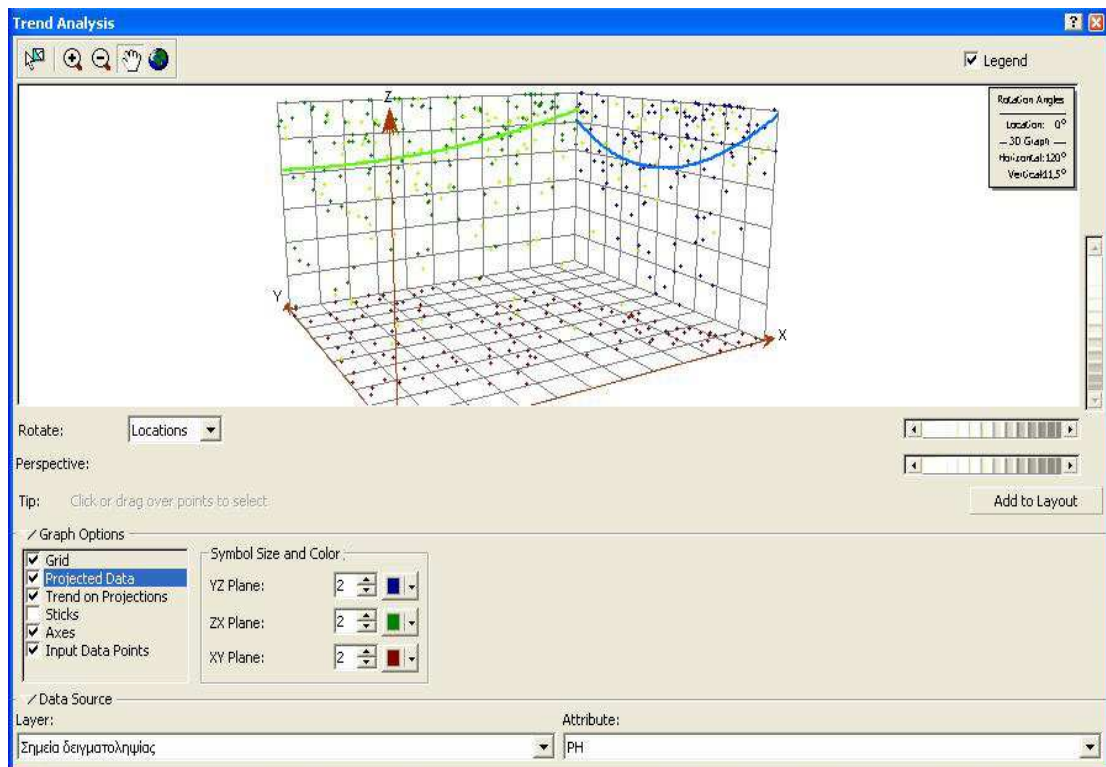


Εικόνα 3.2 Στατιστικά στοιχεία



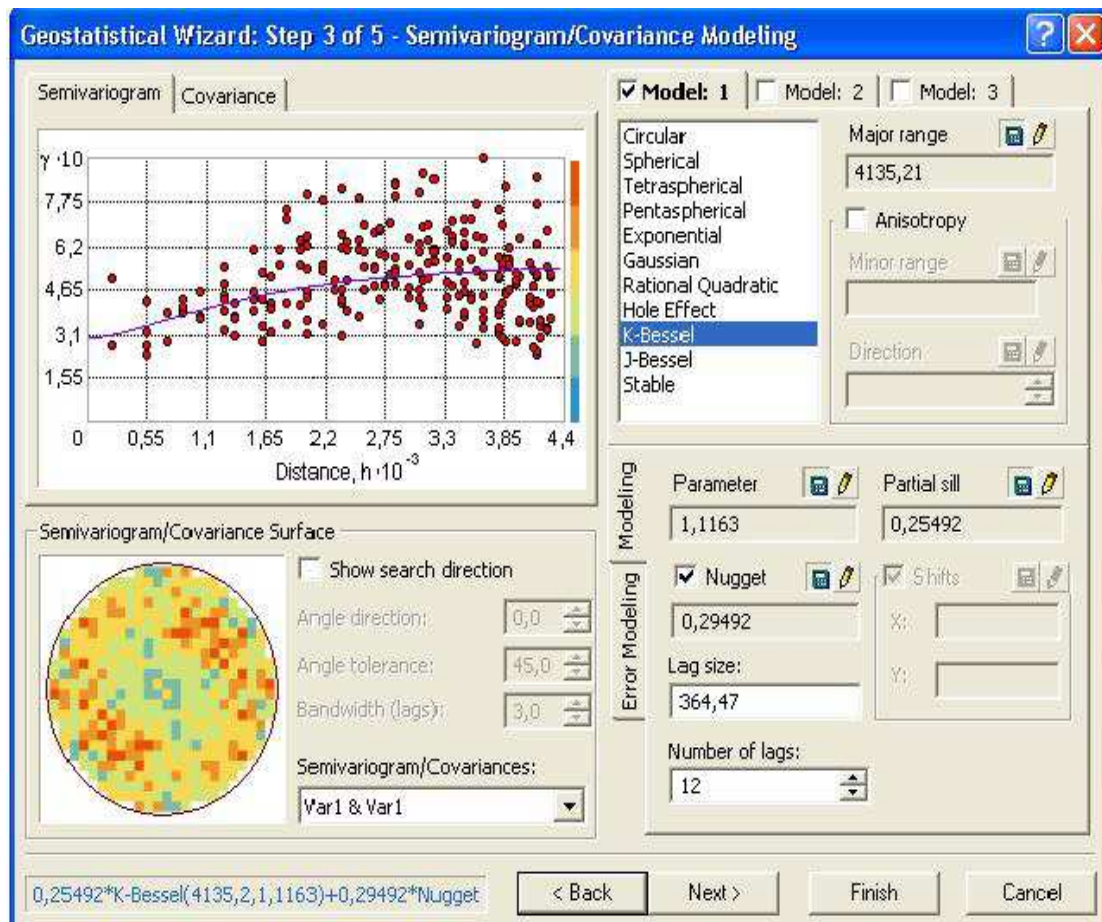


Εικόνα 3.3 Διασπορά των τιμών του pH

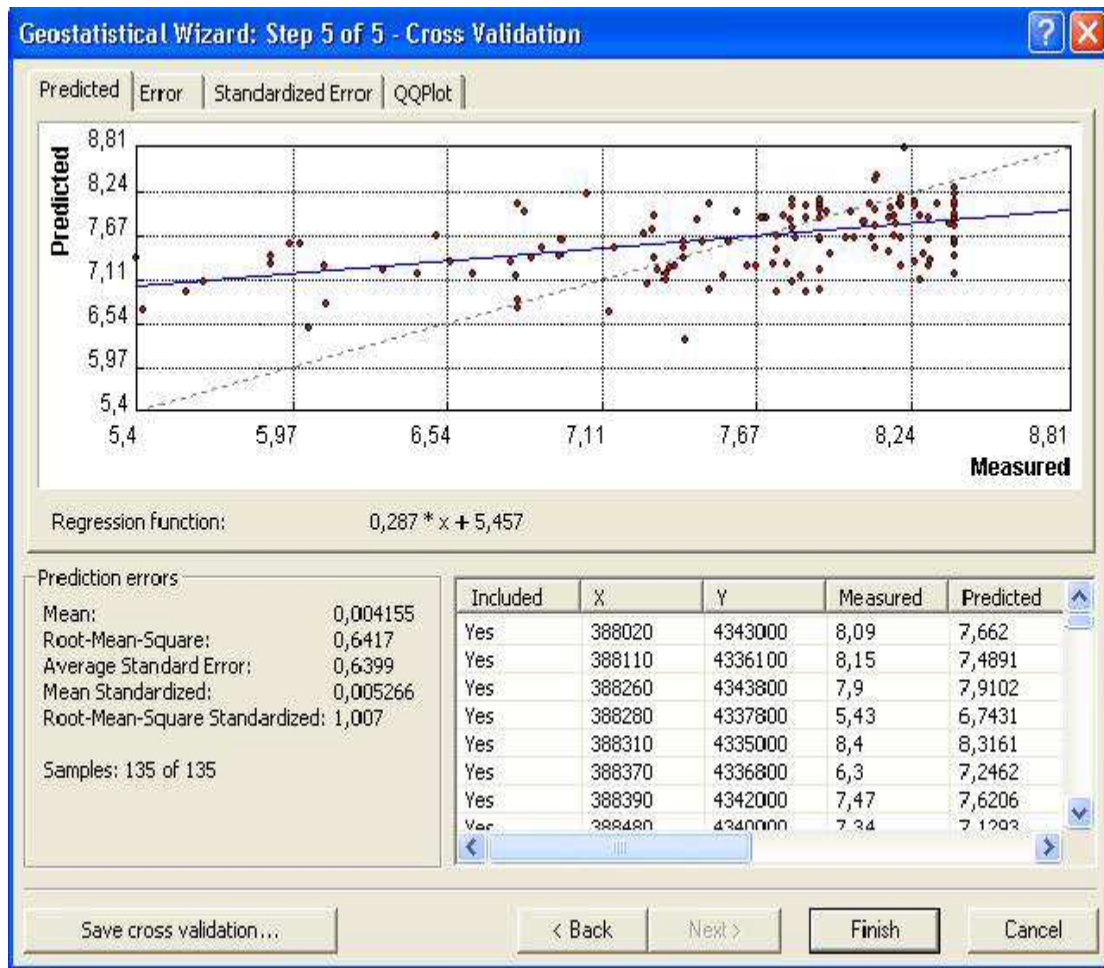


Εικόνα 3.4 Ανάλυση της τάσης των τιμών του pH



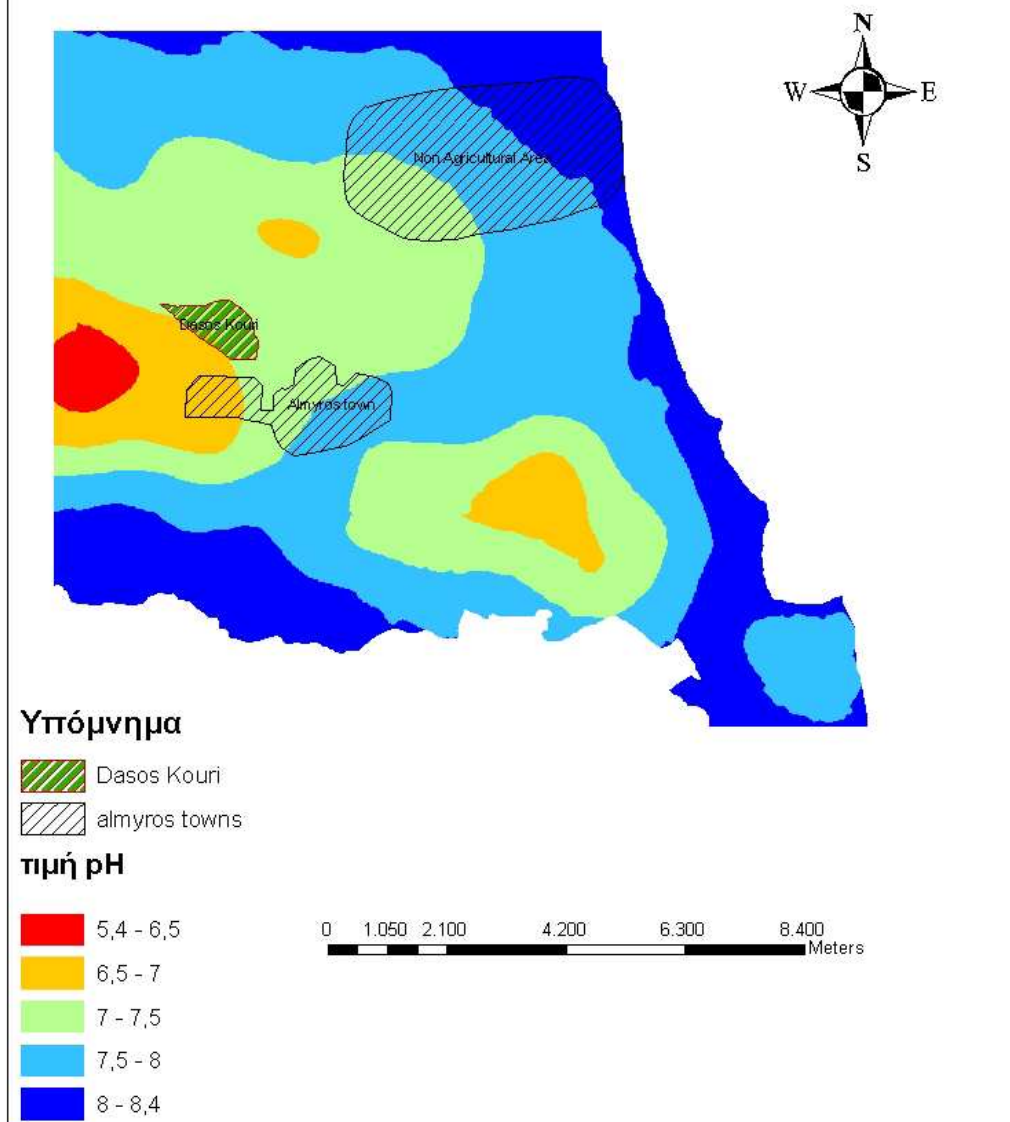


Εικόνα 3.5 Διάγραμμα της ημιπαράλλακτικότητας των τιμών του pH



Εικόνα 3.6 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών του pH

Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας  
του pH  
με Ordinary Kriging και μοντέλο K-bessel



Εικόνα 3.7 Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής του pH

Ο χάρτης  $\text{CaCO}_3$  (εικόνα 3.13) εμφανίζει υψηλά ποσοστά στις παρυφές των λόφων του Αλμυρού γεγονός απόλυτα δικαιολογημένο λόγο των πλούσιων σε ασβέστιο πετρωμάτων που υπάρχουν εκεί. Η πρόταση αυτή επιβεβαιώνεται από το γεωλογικό χάρτη της περιοχής καθώς και τις παρατηρήσεις της δειγματοληψίας. Στο χάρτη πρόβλεψης ακόμη, παρατηρούμε ότι στη περιοχή που υπάρχουν όξινα εδάφη έχουμε και χαμηλές τιμές  $\text{CaCO}_3$ . Οι χαμηλές τιμές  $\text{CaCO}_3$  επεκτείνονται ανατολικότερα της περιοχής της Ευξεινουπόλεως όπου έχουμε αποδεδειγμένα τιμές χαμηλού pH. Η περιοχές αυτές είναι κατά κύριο λόγο πεδινές συνεπώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι μειωμένες τιμές του ανθρακικού ασβεστίου να οφείλονται στην έκπλυση του από τον επιφανειακό ορίζοντα. Τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας δείχνουν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (65%) έχει χαμηλές συγκεντρώσεις  $\text{CaCO}_3$  όπως αυτό φαίνεται εξάλλου και στο σχήμα 3.4.



**Σχήμα 3.4.** Κατανομή δειγμάτων σε σχέση με το ποσοστό  $\text{CaCO}_3$

Στις εικόνες 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 και 3.12 παρουσιάζεται η γεω-στατιστική επεξεργασία των τιμών του  $\text{CaCO}_3$ , στην περιοχή της μελέτης, προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης της χωρικής μεταβλητότητας ή χωρικής παραλλακτικότητας των τιμών του  $\text{CaCO}_3$  (εικόνα 3.13).

Στην εικόνα 3.9 απεικονίζεται η διασπορά των τιμών του  $\text{CaCO}_3$  (Normal QQplot) καθώς και η απόκλιση των τιμών από την κανονική κατανομή. Όσο πιο κοντά στη γραμμή της κανονικής κατανομής βρίσκονται οι τιμές του  $\text{CaCO}_3$  των εδαφικών δειγμάτων, τόσο περισσότερο η διασπορά τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

Η ανάλυση της τάσης (Trend Analysis) που παρουσιάζουν οι τιμές του  $\text{CaCO}_3$  στο χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.10. Διαπιστώνεται από το διάγραμμα αυτό τάση 2<sup>ου</sup> βαθμού.

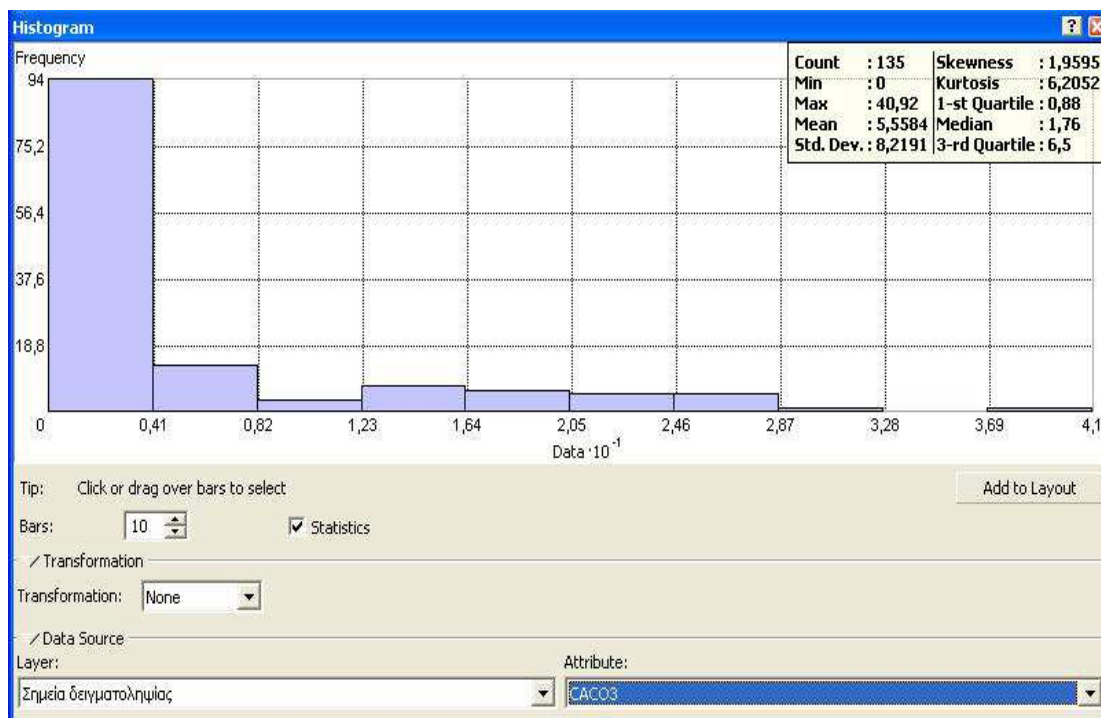
Στην εικόνα 3.11 παρουσιάζεται το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) των τιμών του  $\text{CaCO}_3$  του εδάφους. Με τη βοήθεια του διαγράμματος αυτού γίνεται η προσαρμογή του καταλληλότερου προτύπου (μαθηματικού μοντέλου) που οδήγησε τελικά στη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης.

Το μαθηματικό πρότυπο το οποίο επελέγη ως καταλληλότερο ήταν το **Exponential**.

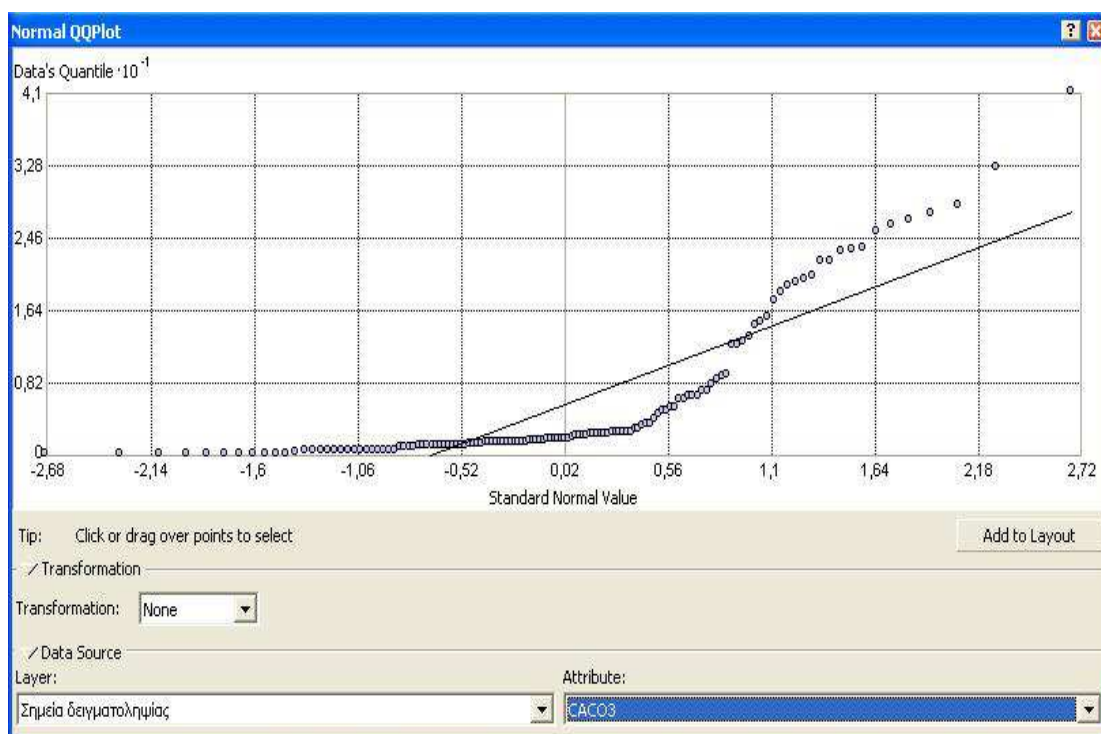
Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγέντος μαθηματικού προτύπου παρουσιάζεται στην εικόνα 3.12 (Cross Validation). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετρηθείσες αλλά και οι

υπολογισθείσες, μέσω του μαθηματικού προτύπου, τιμές του  $\text{CaCO}_3$ . Ο έλεγχος έγινε μετά από εξέταση των τιμών του μέσου όρου, του σφάλματος των τετραγώνων των μέσων τετραγώνων καθώς και του μέσου τυπικού σφάλματος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.

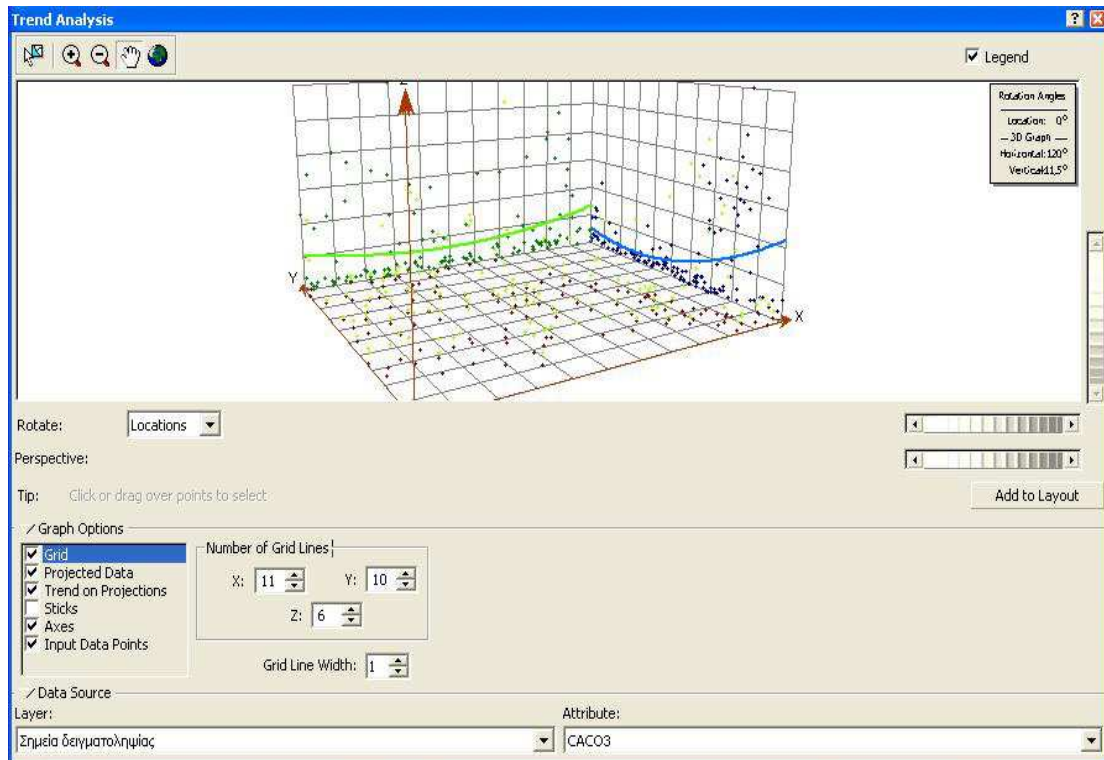


Εικόνα 3.8 Στατιστικά στοιχεία

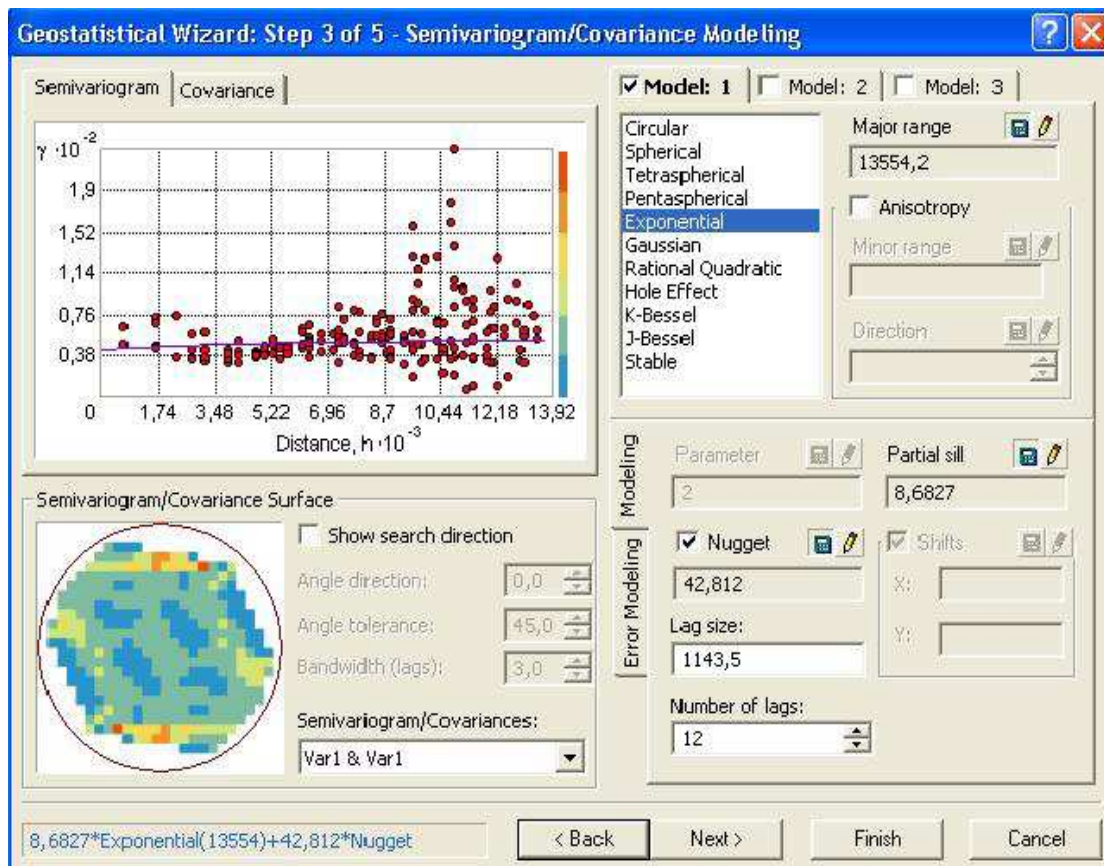




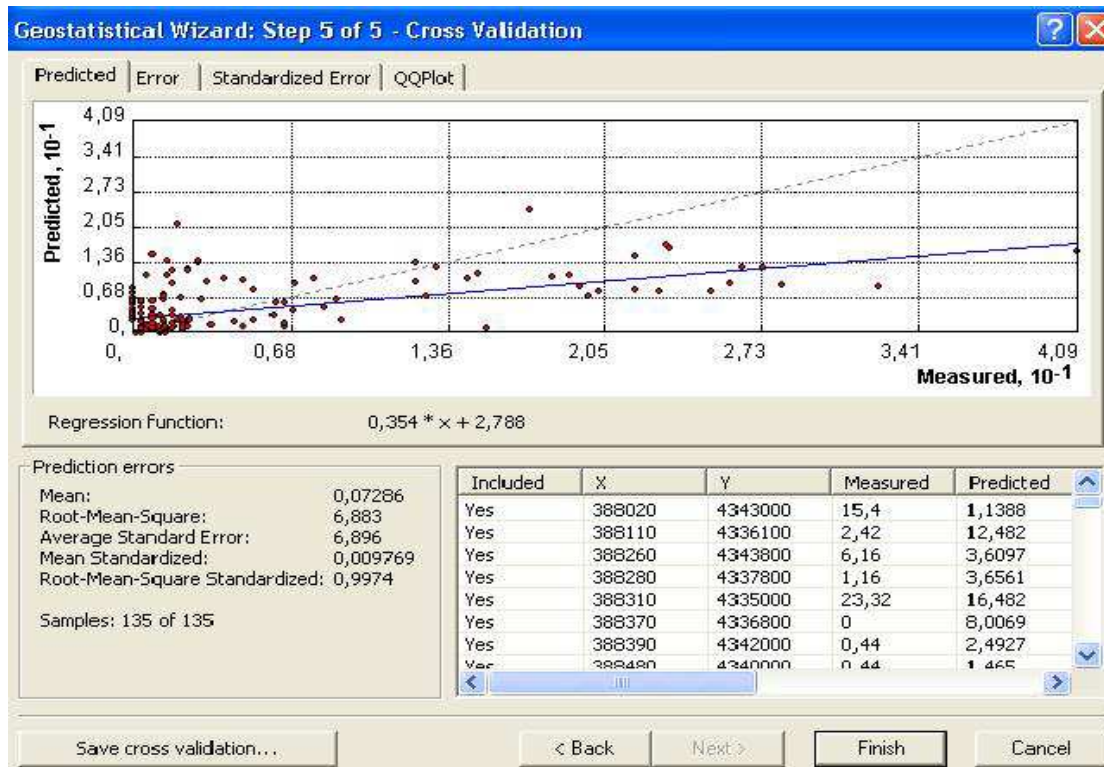
Εικόνα 3.9 Διασπορά των τιμών του CaCO<sub>3</sub>



Εικόνα 3.10 Ανάλυση της τάσης των τιμών του CaCO<sub>3</sub>

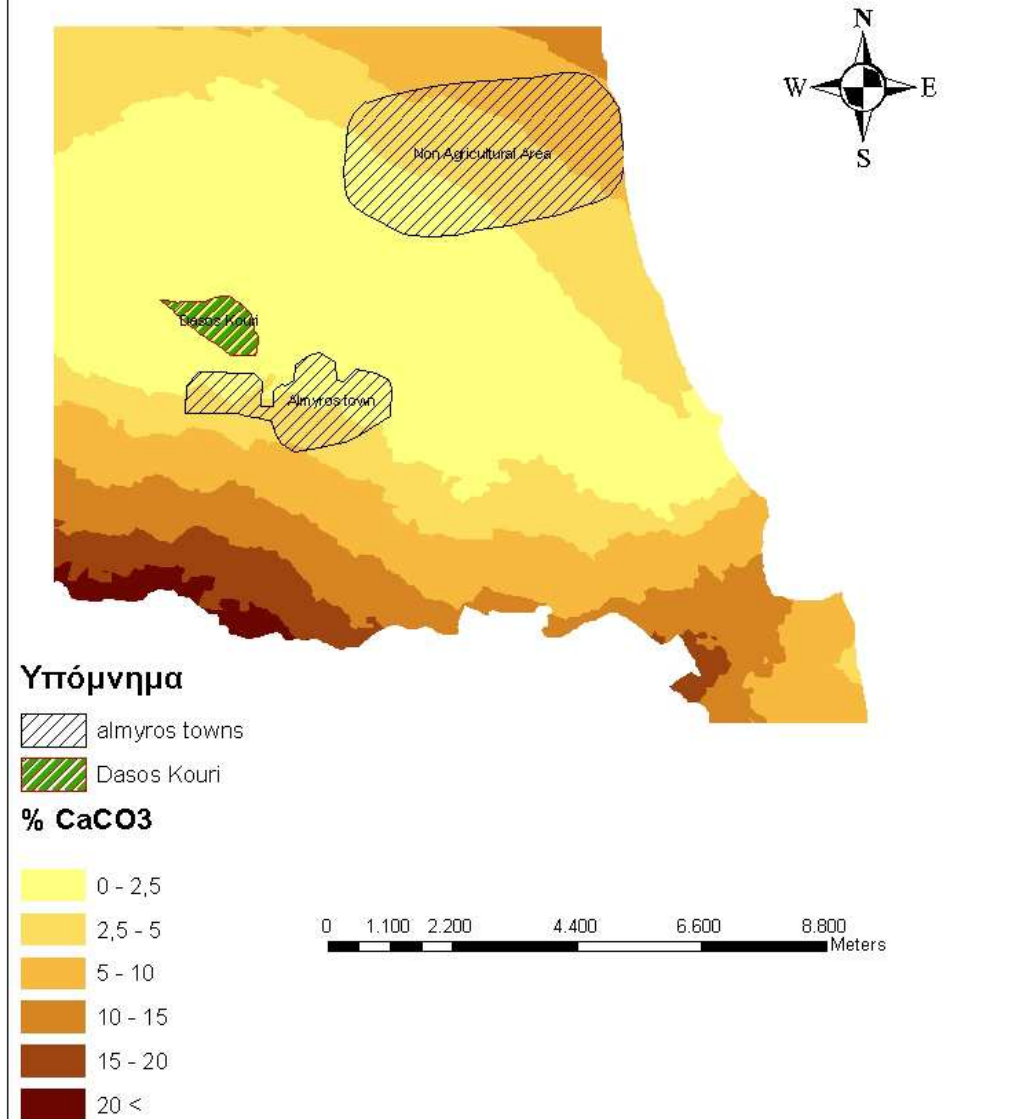


Εικόνα 3.11 Διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας των τιμών του CaCO<sub>3</sub>



Εικόνα 3.12 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών του  $\text{CaCO}_3$

## Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας του $\text{CaCO}_3$ με Ordinary Kriging και μοντέλο Exponential



Εικόνα 3.13 Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής του  $\text{CaCO}_3$

Ο χάρτης οργανικής ουσίας (εικόνα 3.19) αποκαλύπτει μικρότερα ποσοστά σε περιοχές υπερεκμετάλλευσης των εδαφών σε σχέση με περιοχές που η εκμετάλλευση



είναι λιγότερο έντονη. Η γενική εικόνα της πεδιάδας του Αλμυρού είναι μιας περιοχής με χαμηλή οργανική ουσία. Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνεται από το χάρτη πρόβλεψης καθώς και από τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας τα οποία σε ποσοστό 75% χαρακτηρίζουν εδάφη με χαμηλή και 9% με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην υπερεκμετάλλευση των εδαφών από τους γεωργούς καθώς και από τη κακή διαχείριση εδάφους που εφαρμόζουν.

Εξαιρέση στην όλη εικόνα της περιοχής αποτελεί ο βάλτος στην περιοχή του όρμου Σούρπης όπου υπάρχουν μέσες και υψηλές τιμές οργανικής ουσίας όπως καταγράφεται από τον χάρτη πρόβλεψης και επιβεβαιώνεται και από τη δειγματοληψία.

Στις εικόνες 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 και 3.18 παρουσιάζεται η γεω-στατιστική επεξεργασία των τιμών της οργανικής ουσίας, στην περιοχή της μελέτης, προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης της χωρικής μεταβλητότητας ή χωρικής παραλλακτικότητας των τιμών της οργανικής ουσίας (εικόνα 3.19).

Στην εικόνα 3.15 απεικονίζεται η διασπορά των τιμών της οργανικής ουσίας (Normal QQplot) καθώς και η απόκλιση των τιμών από την κανονική κατανομή. Όσο πιο κοντά στη γραμμή της κανονικής κατανομής βρίσκονται οι τιμές της οργανικής ουσίας των εδαφικών δειγμάτων, τόσο περισσότερο η διασπορά τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

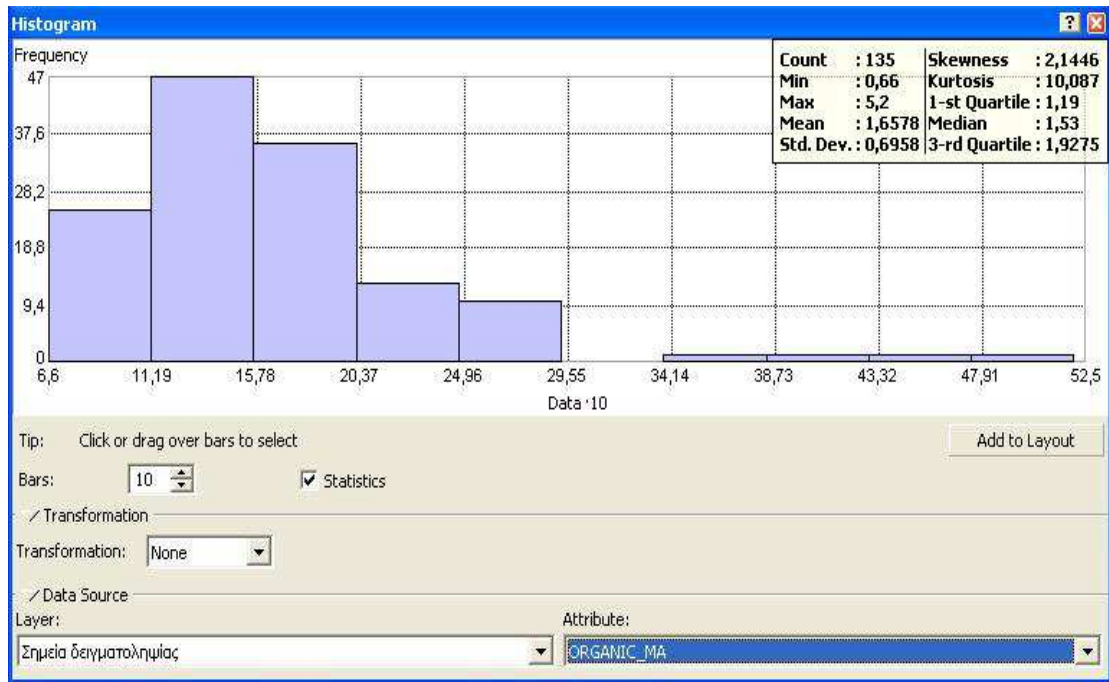
Η ανάλυση της τάσης (Trend Analysis) που παρουσιάζουν οι τιμές της οργανικής ουσίας στο χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.16. Και σε αυτή την περίπτωση διαπιστώθηκε τάση 2<sup>ου</sup> βαθμού.

Στην εικόνα 3.17 παρουσιάζεται το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) των τιμών της οργανικής ουσίας του εδάφους. Με τη βοήθεια του διαγράμματος αυτού γίνεται η προσαρμογή του καταλληλότερου προτύπου (μαθηματικού μοντέλου) που οδήγησε τελικά στη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης.

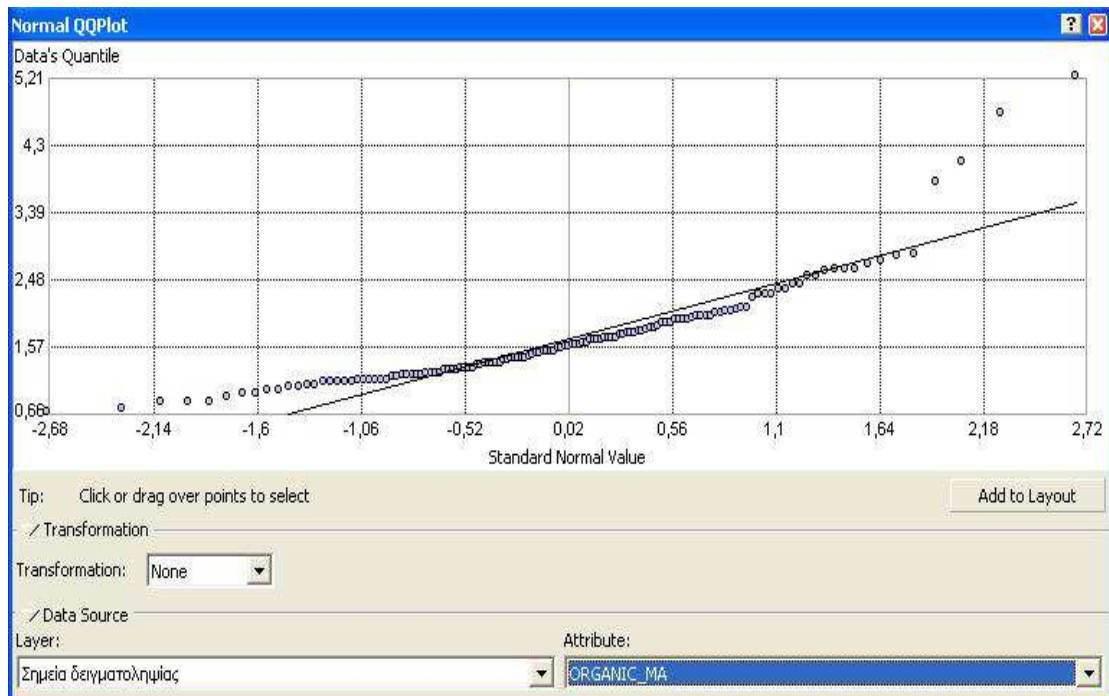
Το μαθηματικό πρότυπο το οποίο επελέγη ως καταλληλότερο ήταν το **Hole Effect**.

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγέντος μαθηματικού προτύπου παρουσιάζεται στην εικόνα 3.18 (Cross Validation). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετρηθείσες αλλά και οι υπολογισθείσες, μέσω του μαθηματικού προτύπου, τιμές της οργανικής ουσίας. Ο έλεγχος έγινε μετά από εξέταση των τιμών του μέσου όρου, του σφάλματος των τετραγώνων των μέσων τετραγώνων καθώς και του μέσου τυπικού σφάλματος.

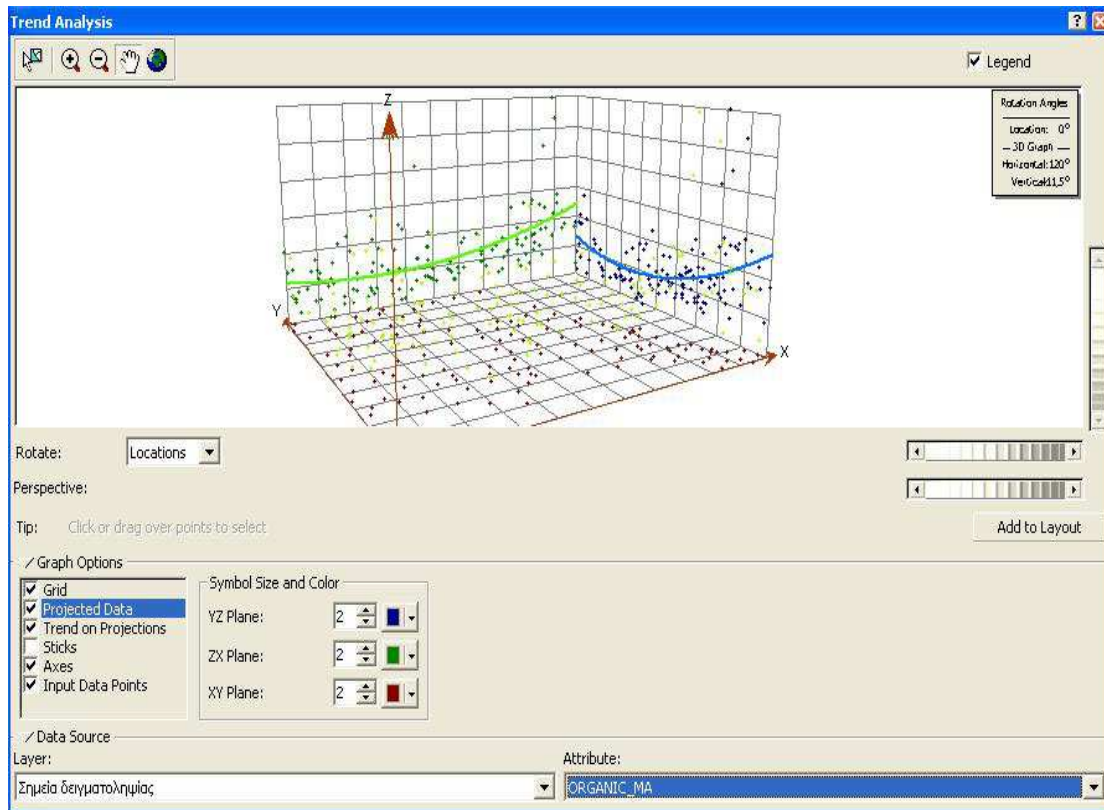
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.



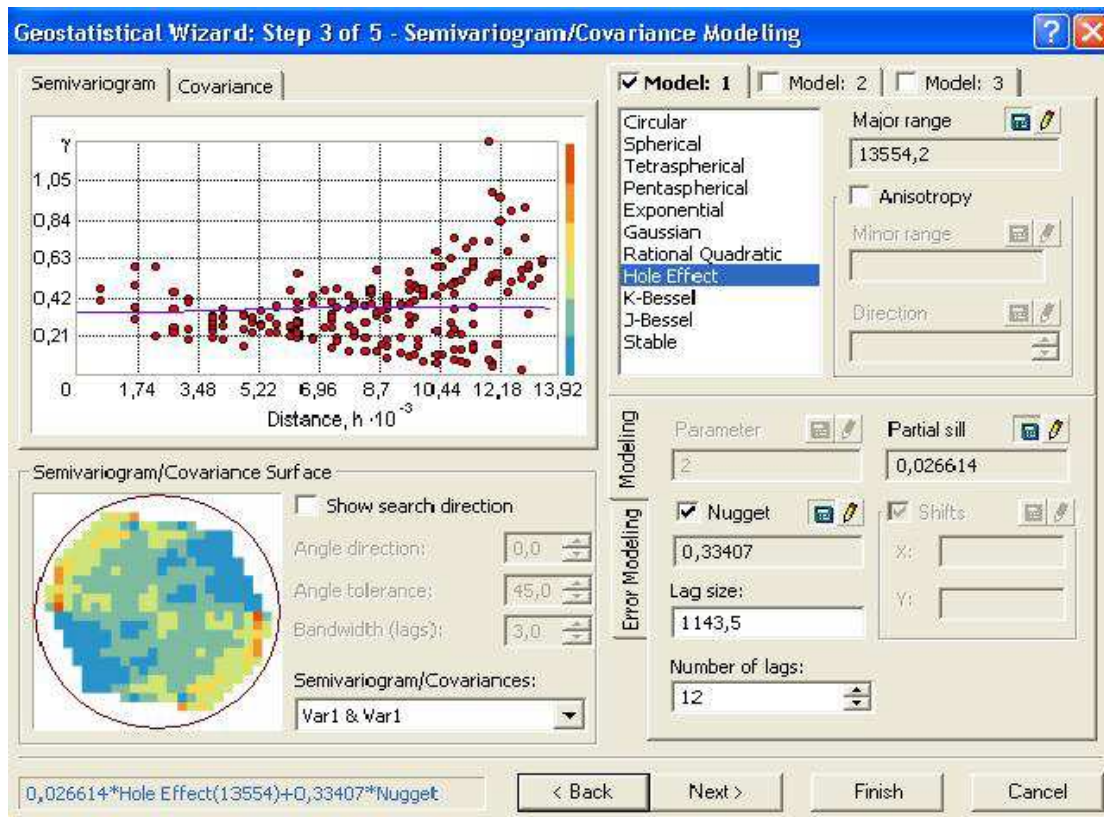
**Εικόνα 3.14** Στατιστικά στοιχεία



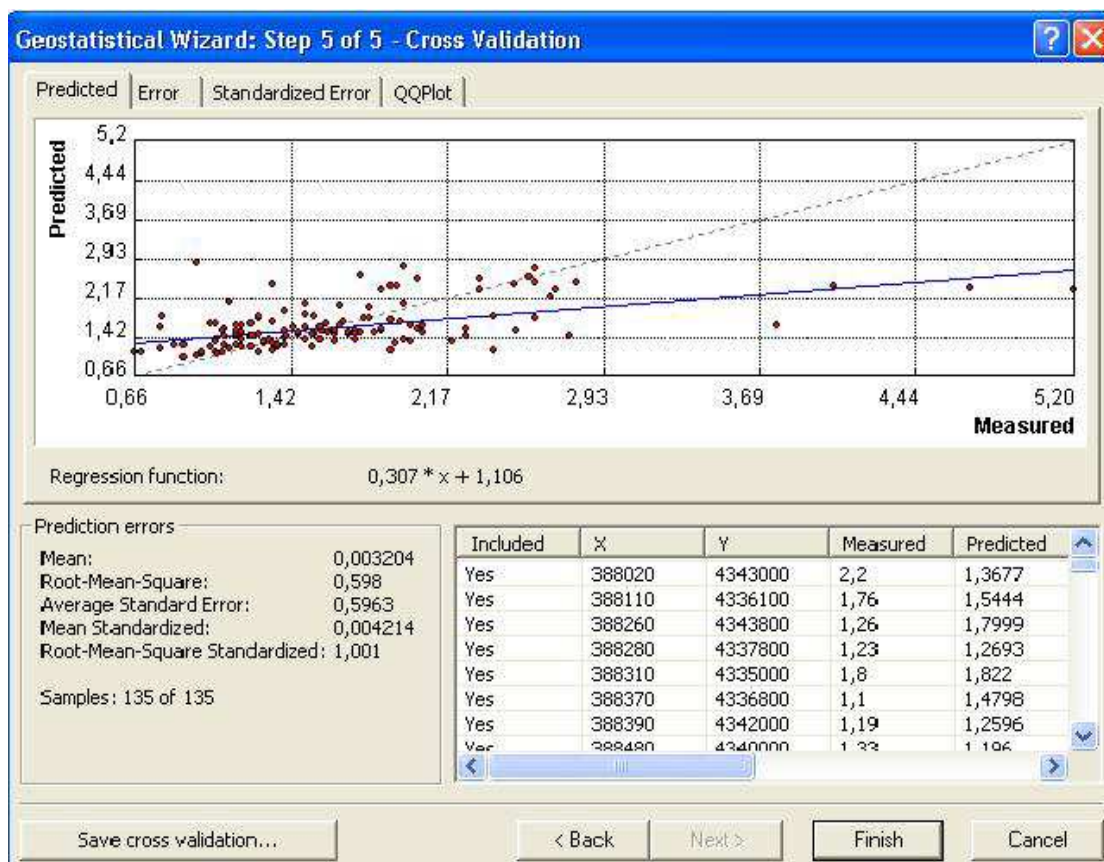
**Εικόνα 3.15** Διασπορά των τιμών της οργανικής ουσίας



**Εικόνα 3.16** Ανάλυση της τάσης των τιμών της οργανικής ουσίας

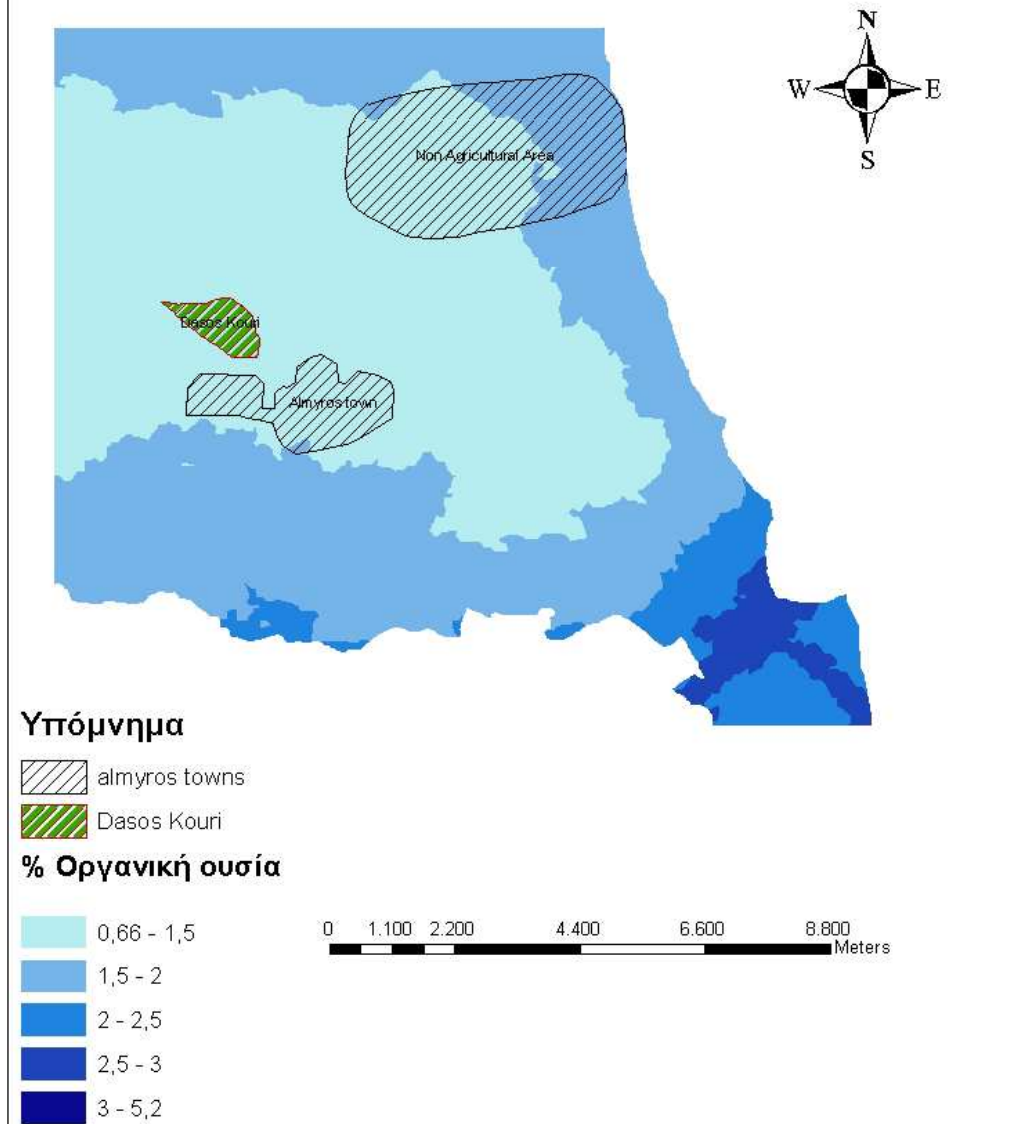


Εικόνα 3.17 Διάγραμμα της ημιπαράλλακτικότητας των τιμών της οργανικής ουσίας



Εικόνα 3.18 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγμένου προτύπου βάση των τιμών της οργανικής ουσίας

## Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας της Οργανικής ουσίας με Ordinary Kriging και μοντέλο Hole Effect



Εικόνα 3.19 Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής της οργανικής ουσίας



Στις εικόνες 3.20, 3.21, 3.22, 3.23 και 3.24 παρουσιάζεται η γεω-στατιστική επεξεργασία των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, στην περιοχή της μελέτης, προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης της χωρικής μεταβλητότητας ή χωρικής παραλλακτικότητας των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (εικόνα 3.25).

Στην εικόνα 3.21 απεικονίζεται η διασπορά των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Normal QQplot) καθώς και η απόκλιση των τιμών από την κανονική κατανομή. Όσο πιο κοντά στη γραμμή της κανονικής κατανομής βρίσκονται οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εδαφικών δειγμάτων, τόσο περισσότερο η διασπορά τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

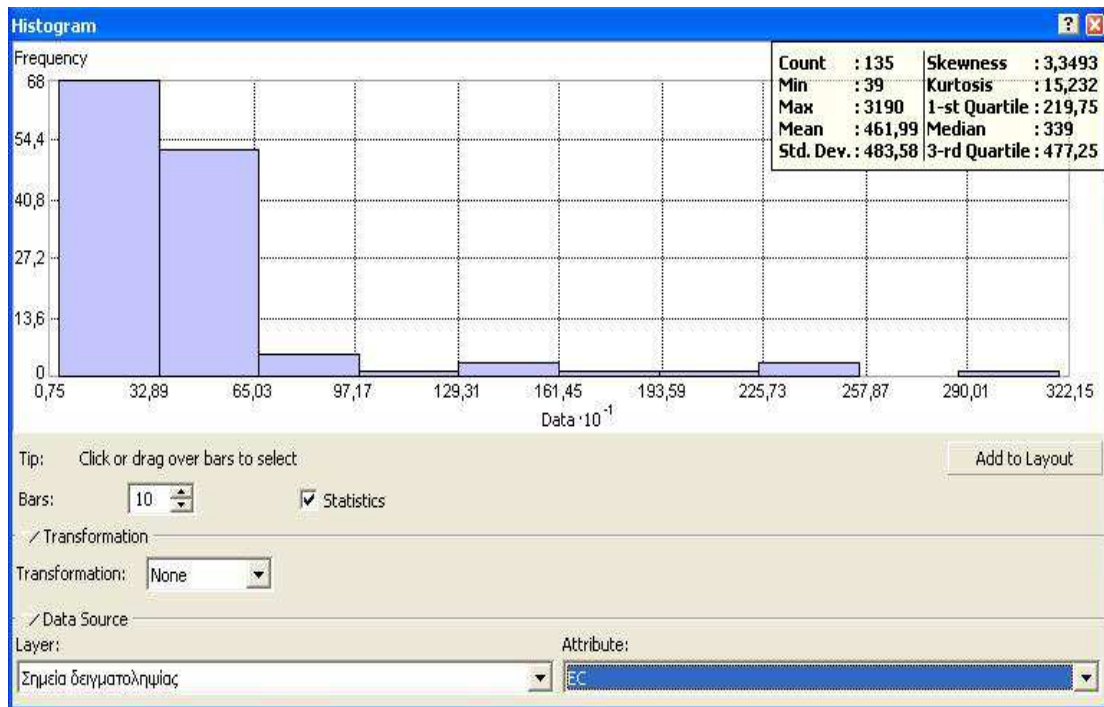
Η ανάλυση της τάσης (Trend Analysis) που παρουσιάζουν οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.22. Και σε αυτή την περίπτωση διαπιστώθηκε τάση 2ου βαθμού.

Στην εικόνα 3.23 παρουσιάζεται το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Με τη βοήθεια του διαγράμματος αυτού γίνεται η προσαρμογή του καταλληλότερου προτύπου (μαθηματικού μοντέλου) που οδήγησε τελικά στη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης.

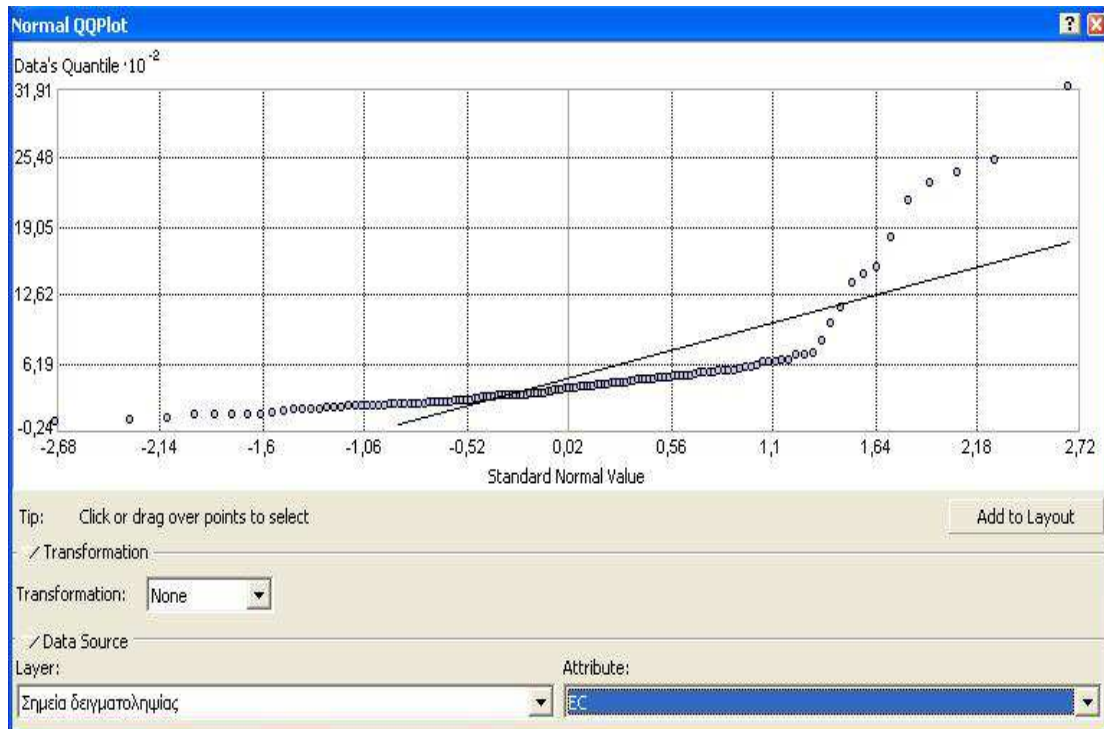
Το μαθηματικό πρότυπο το οποίο επελέγη ως καταλληλότερο ήταν το **Exponential**.

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγέντος μαθηματικού προτύπου παρουσιάζεται στην εικόνα 3.24 (Cross Validation). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετρηθείσες αλλά και οι υπολογισθείσες, μέσω του μαθηματικού προτύπου, τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ο έλεγχος έγινε μετά από εξέταση των τιμών του μέσου όρου, του σφάλματος των τετραγώνων των μέσων τετραγώνων καθώς και του μέσου τυπικού σφάλματος.

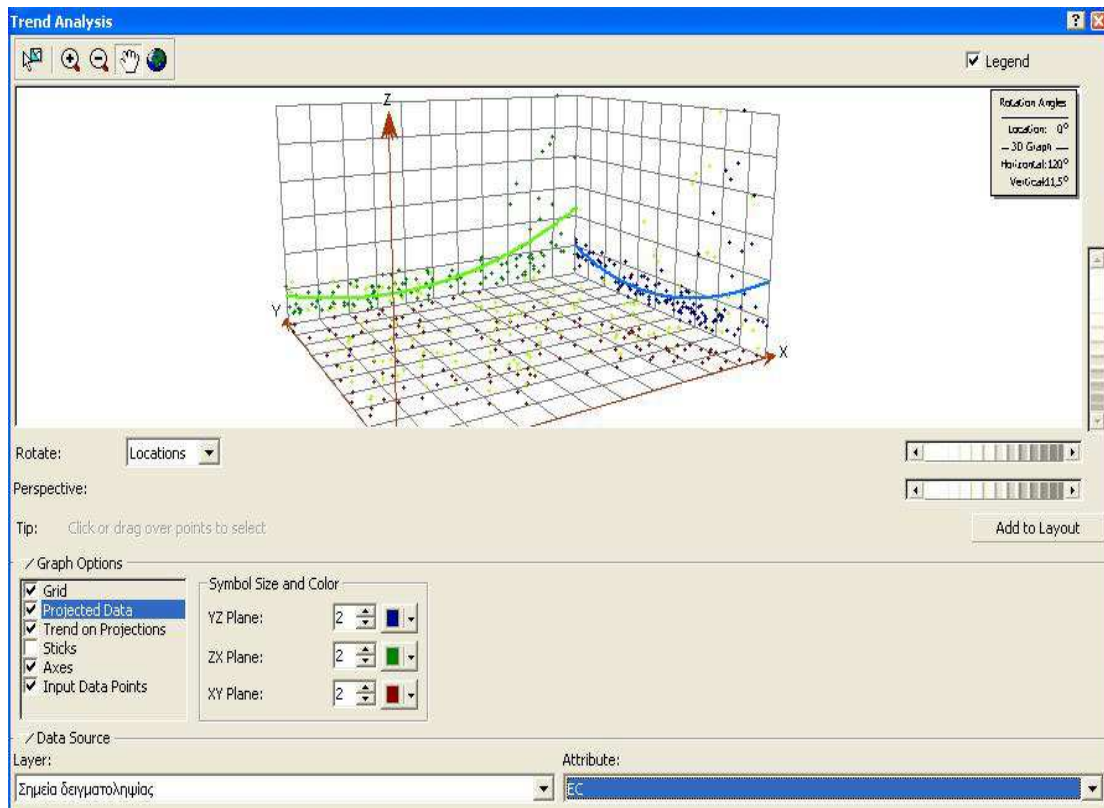
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.



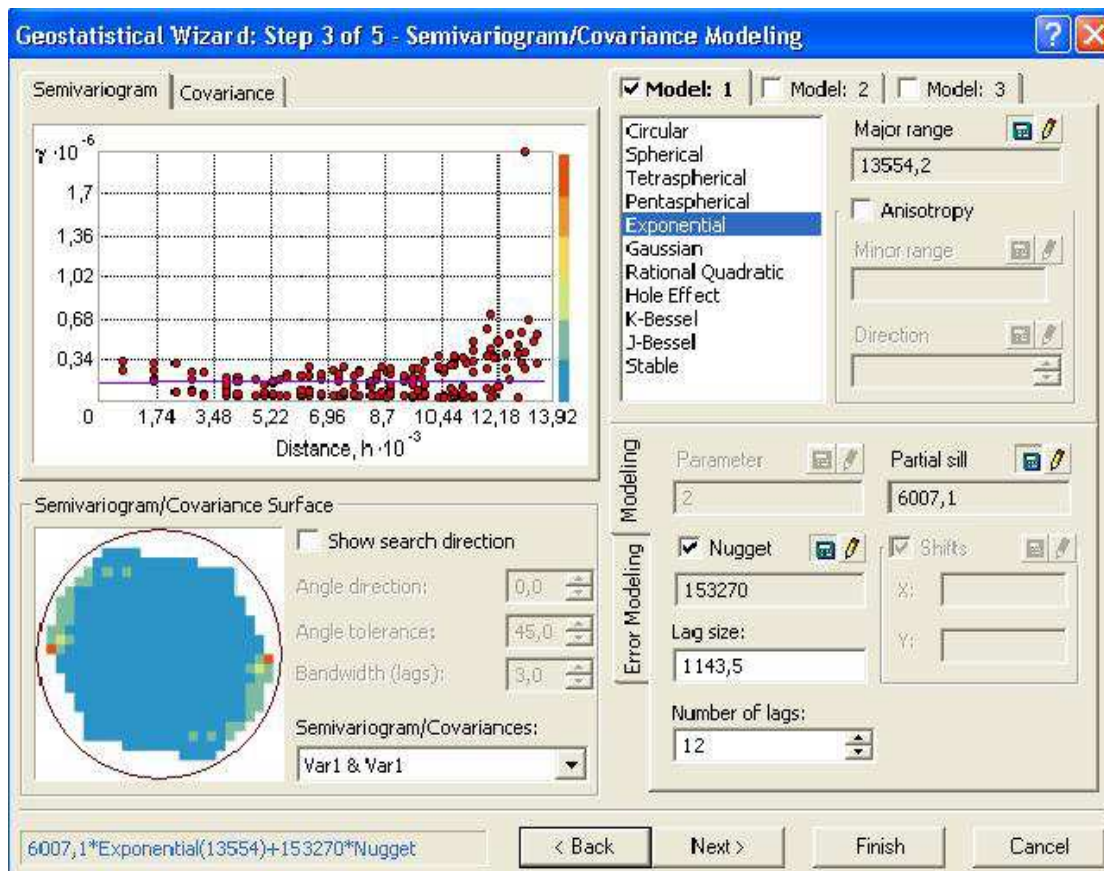
**Εικόνα 3.20** Στατιστικά στοιχεία



**Εικόνα 3.21** Διασπορά των τιμών της EC

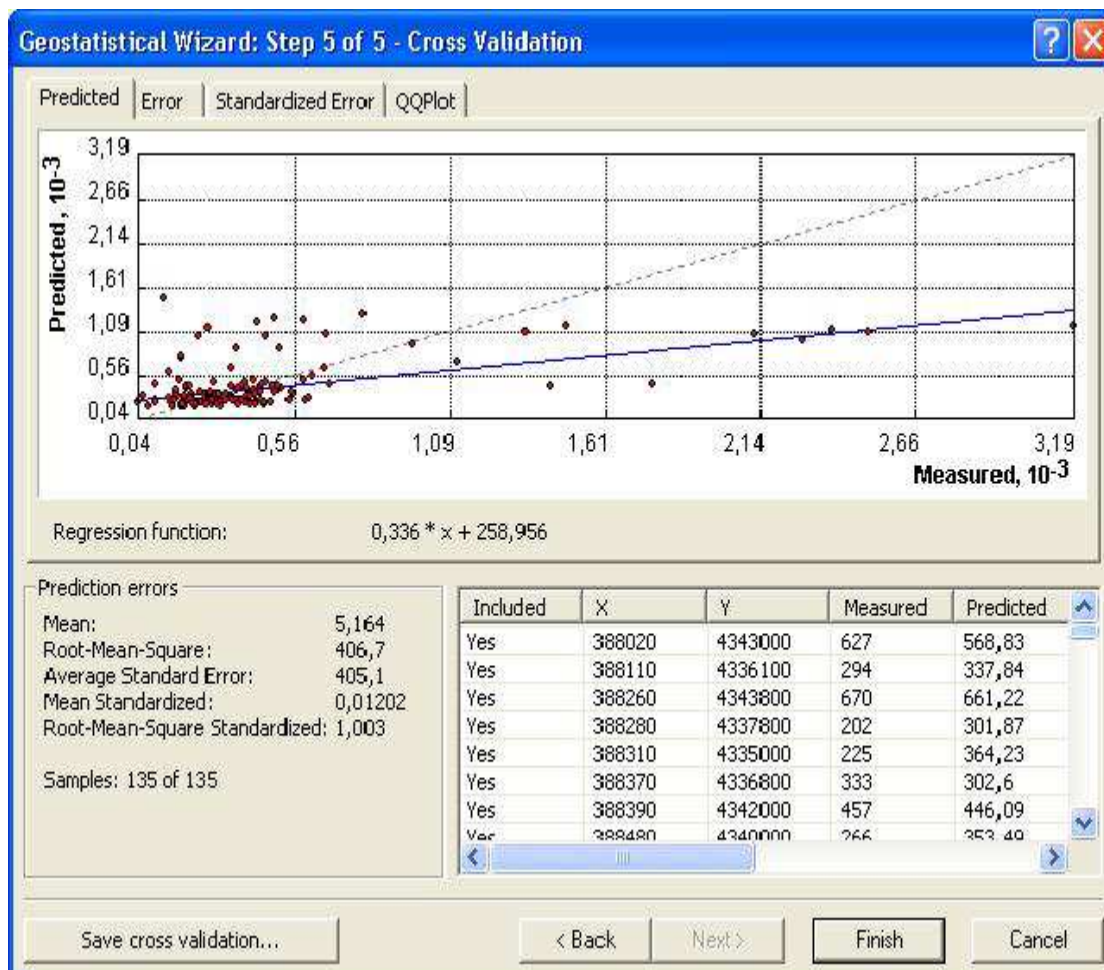


Εικόνα 3.22 Ανάλυση της τάσης των τιμών της EC



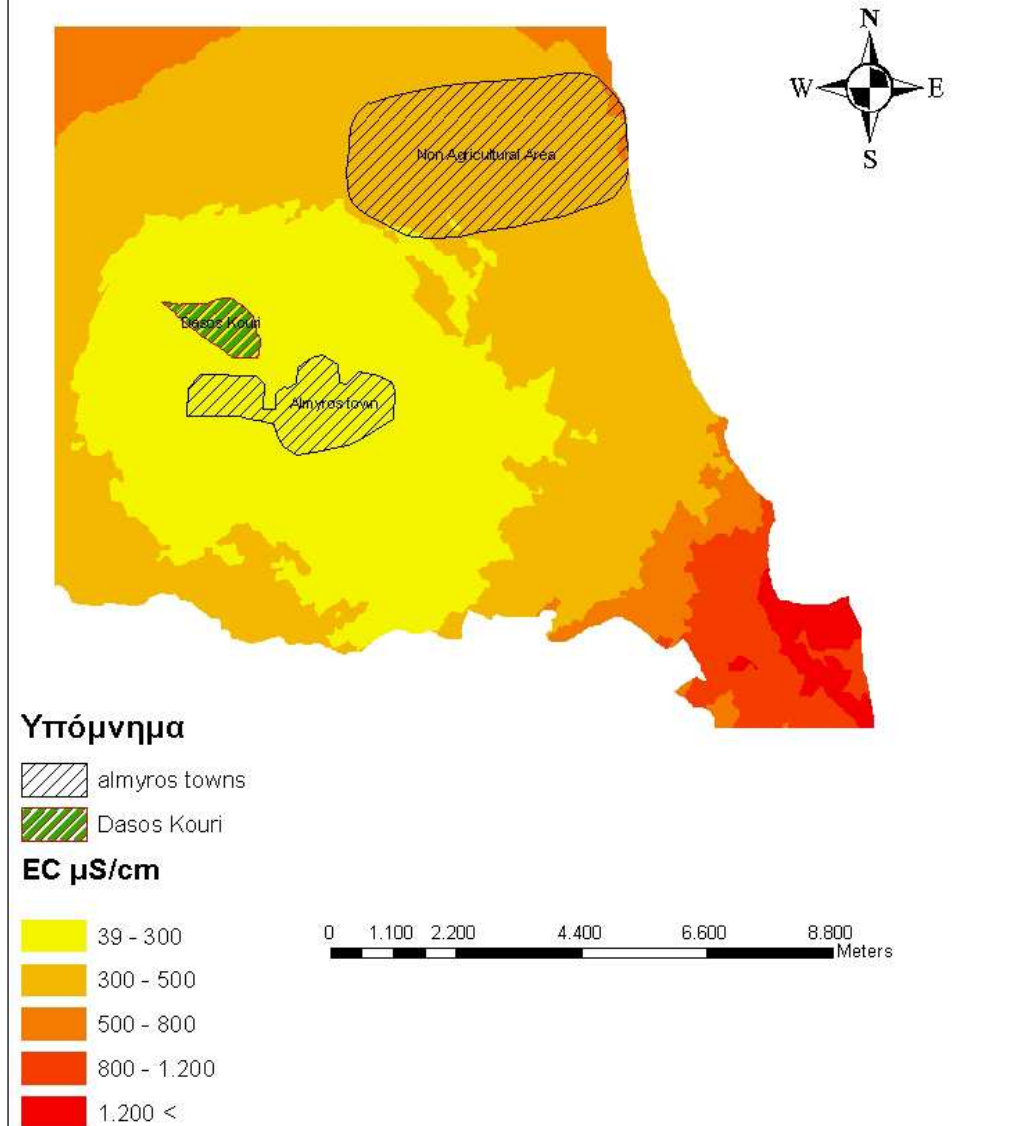
Εικόνα 3.23 Διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας των τιμών της EC





Εικόνα 3.24 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών της EC

## Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας της Ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) με Ordinary Kriging και μοντέλο Exponential



Εικόνα 3.25 Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής της EC

Προκειμένου να υπολογιστεί η χωροταξική απεικόνιση της κοκκομετρικής σύστασης δημιουργήθηκαν χάρτες εσωεκτίμησης περιεκτικότητας σε άμμο, ιλύ και άργιλο στην πεδιάδα Αλμυρού.

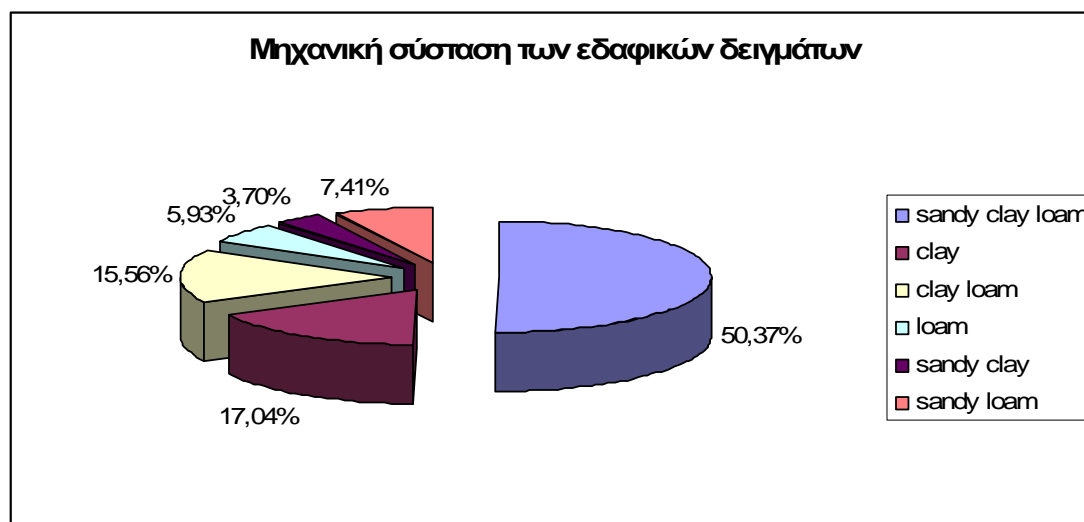
Ο χάρτης πρόβλεψης σε άμμο (εικόνα 3.31) δείχνει υψηλές συγκεντρώσεις στην περιοχή γύρω από τον Αλμυρό ενώ η περιοχή γύρω από το Αϊδίνιο έχει τη χαμηλότερη περιεκτικότητα. Για τη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης άμμου χρησιμοποιήθηκε το **Rational quadratic** πρότυπο του ArcGis 9.2. Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν διαπιστώθηκε τάση.

Ο χάρτης πρόβλεψης σε ιλύ δείχνει σχεδόν ομοιόμορφες συγκεντρώσεις ιλύος σε όλο τον κάμπο του Αλμυρού με εξαίρεση μια περιοχή νότια του Χοροστασίου όπου εκβάλουν ο ποταμός Ξηριάς και τα ρέματα Μαγγανίτσα και Πλατανόρρεμα. Για τη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης ιλύος χρησιμοποιήθηκε το **Circular** πρότυπο του ArcGis 9.2. Επίσης, δεν διαπιστώθηκε και εδώ τάση.

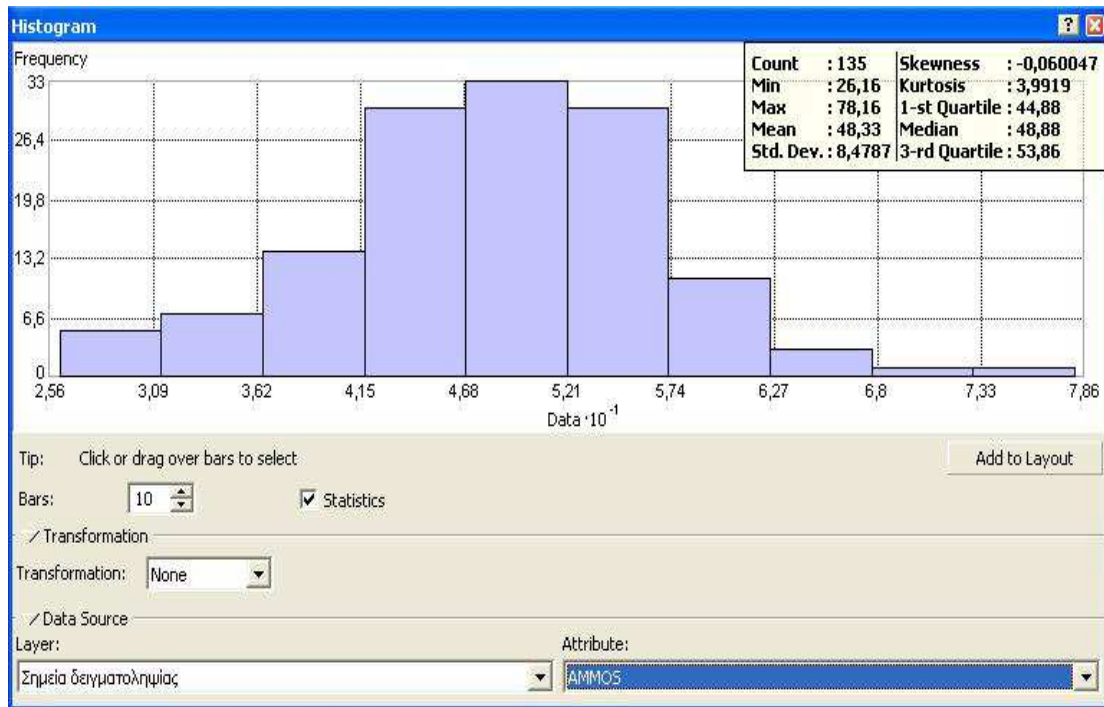
Το ποσοστό περιεκτικότητας σε άργιλο είναι αυτό που επηρεάζει περισσότερο από τα ποσοστά σε άμμο και ιλύ την κατάταξη ενός εδάφους. Ο χάρτης πρόβλεψης σε άργιλο δείχνει μεγάλα ποσοστά αργίλου βορειοδυτικά του χωριού Αϊδίνιο. Για τη δημιουργία του προτύπου πρόβλεψης χρησιμοποιήθηκε το **Exponential** πρότυπο του ArcGis 9.2. Στην περίπτωση της αργίλου διαπιστώθηκε τάση  $2^{00}$  βαθμού.

Από το σύνολο των δεδομένων που περιγράφεται παραπάνω προέκυψαν οι παρακάτω χάρτες πρόβλεψης (εικόνες 3.31,3,37,3.43). Κυριαρχούν τα αμμοαργιλοπηλώδη (Sandy clay loam) εδάφη και αυτό είναι απόλυτα φυσικό αφού πάνω από τα μισά δείγματα εδαφών κατατάχθηκαν στα Sandy clay loam εδάφη (Σχήμα 3.5).

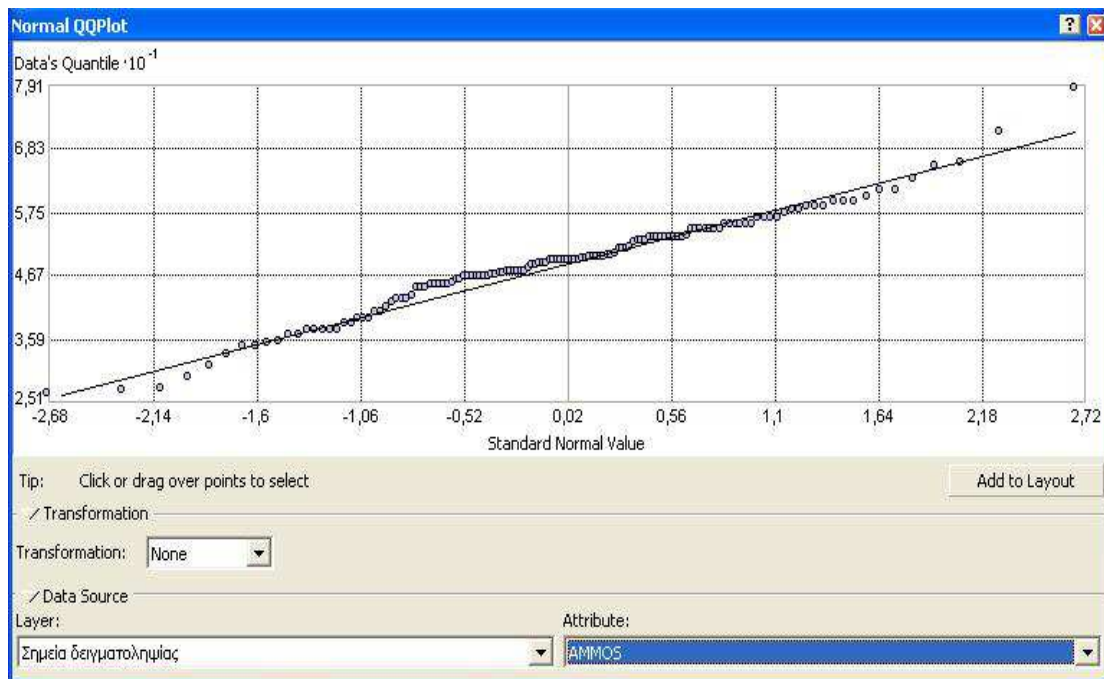
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.



Σχήμα 3.5 Κατανομή δειγμάτων σε σχέση με τη μηχανική σύσταση

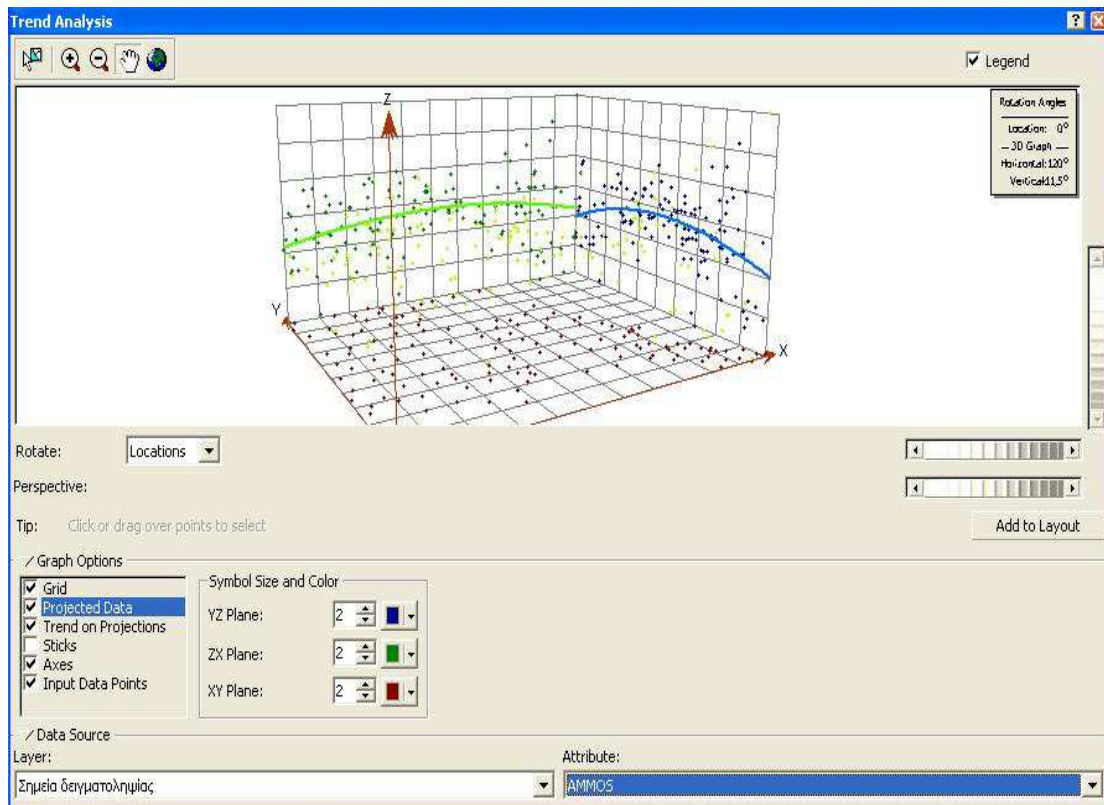


Εικόνα 3.26 Στατιστικά στοιχεία

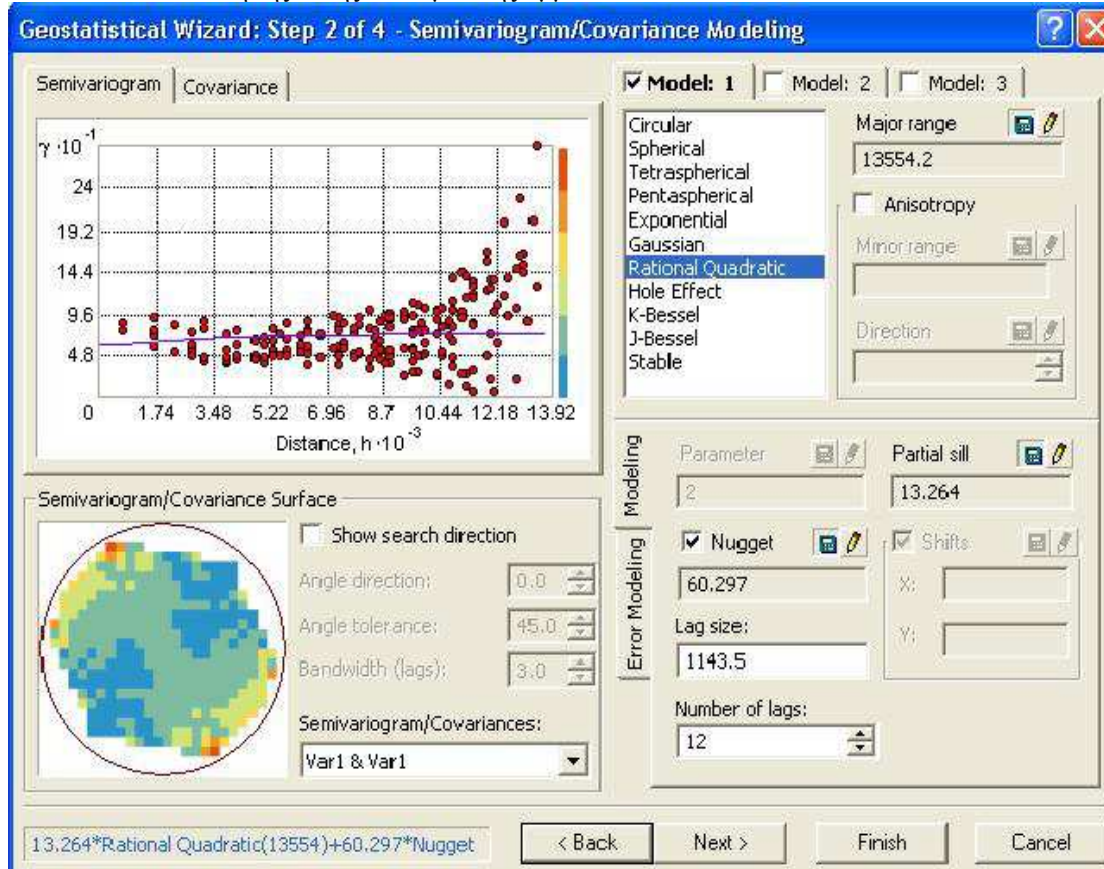


Εικόνα 3.27 Διασπορά των τιμών της άμμου

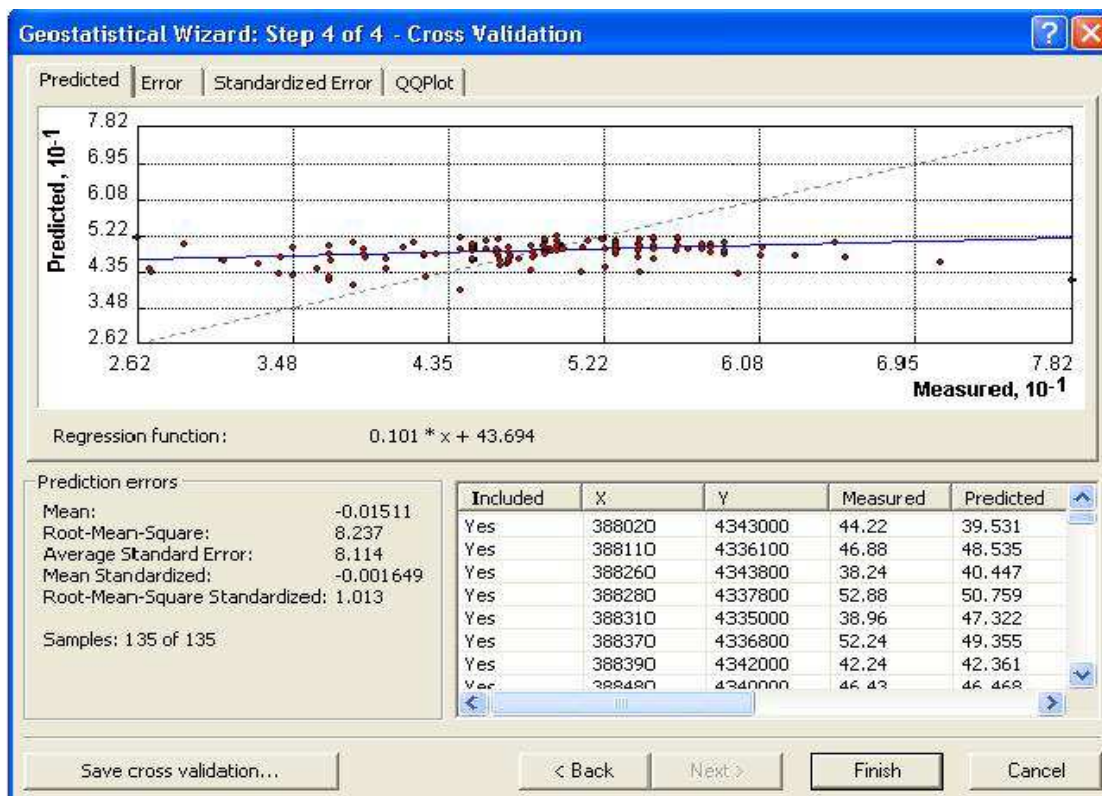




Εικόνα 3.28 Ανάλυση της τάσης των τιμών της άμμου

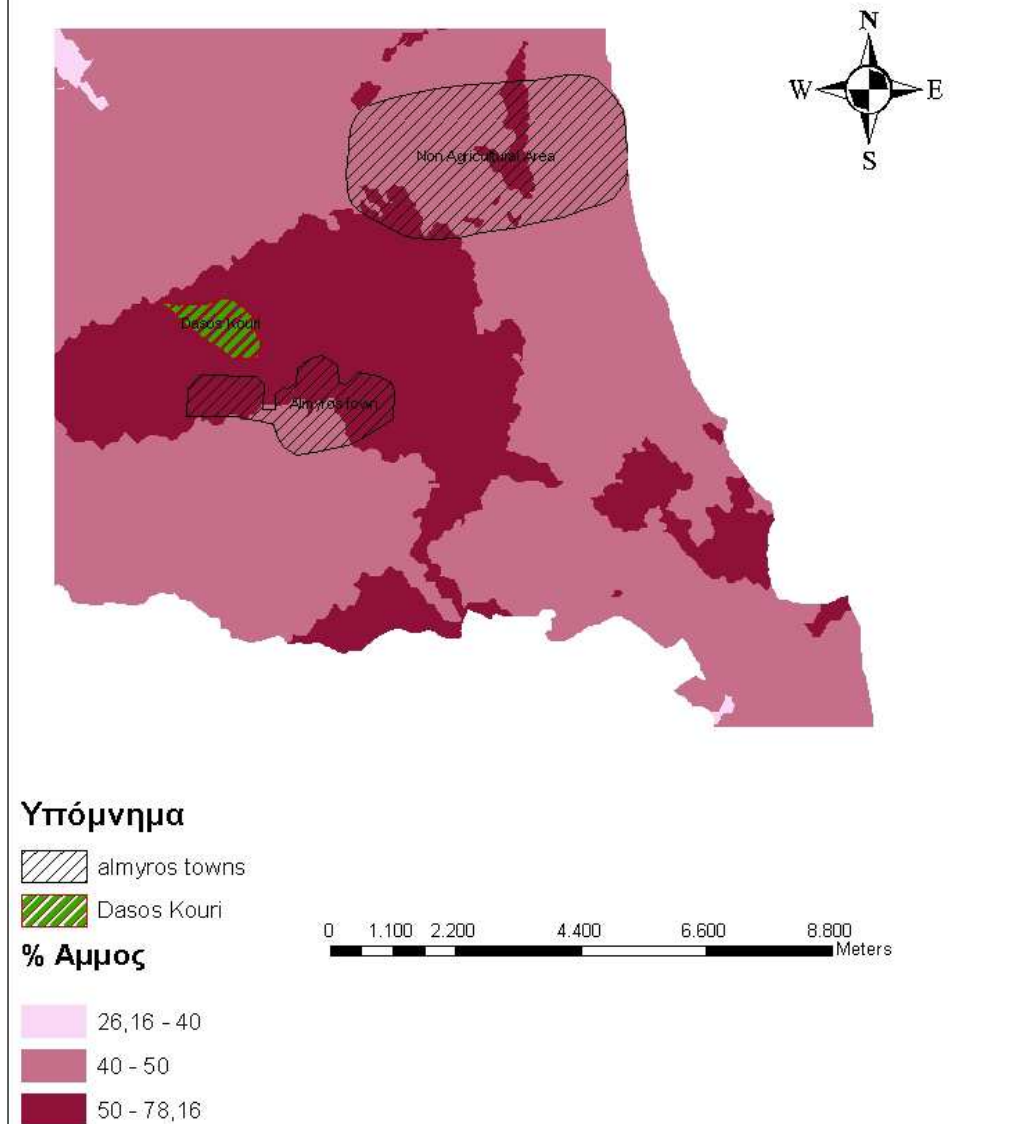


Εικόνα 3.29 Διάγραμμα της ημιπαράλλακτικότητας των τιμών της άμμου

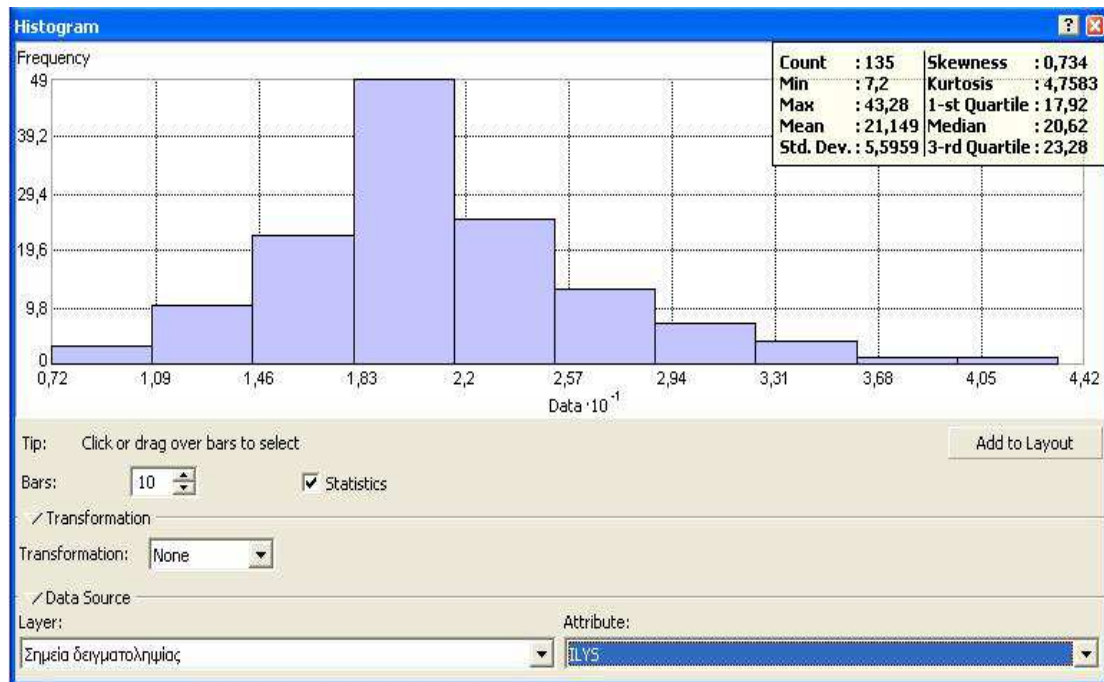


Εικόνα 3.30 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών της άμμου

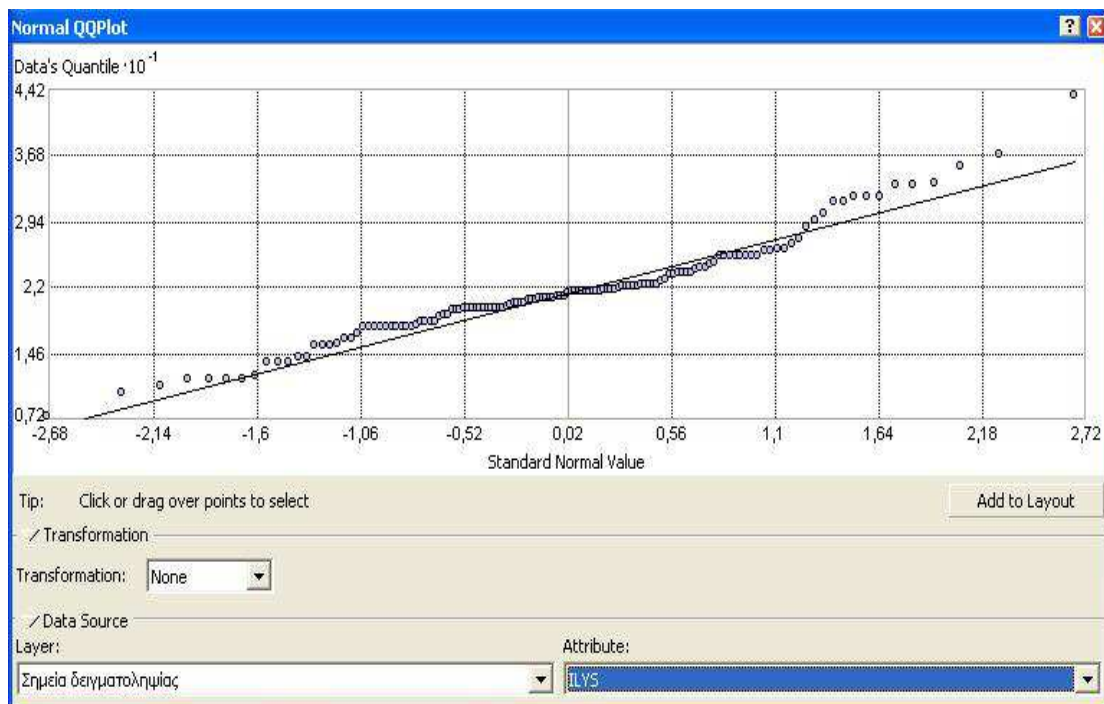
**Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας  
της Άμμου  
με Ordinary Kriging και μοντέλο Rational Quadratic**



**Εικόνα 3.31** Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής της άμμου

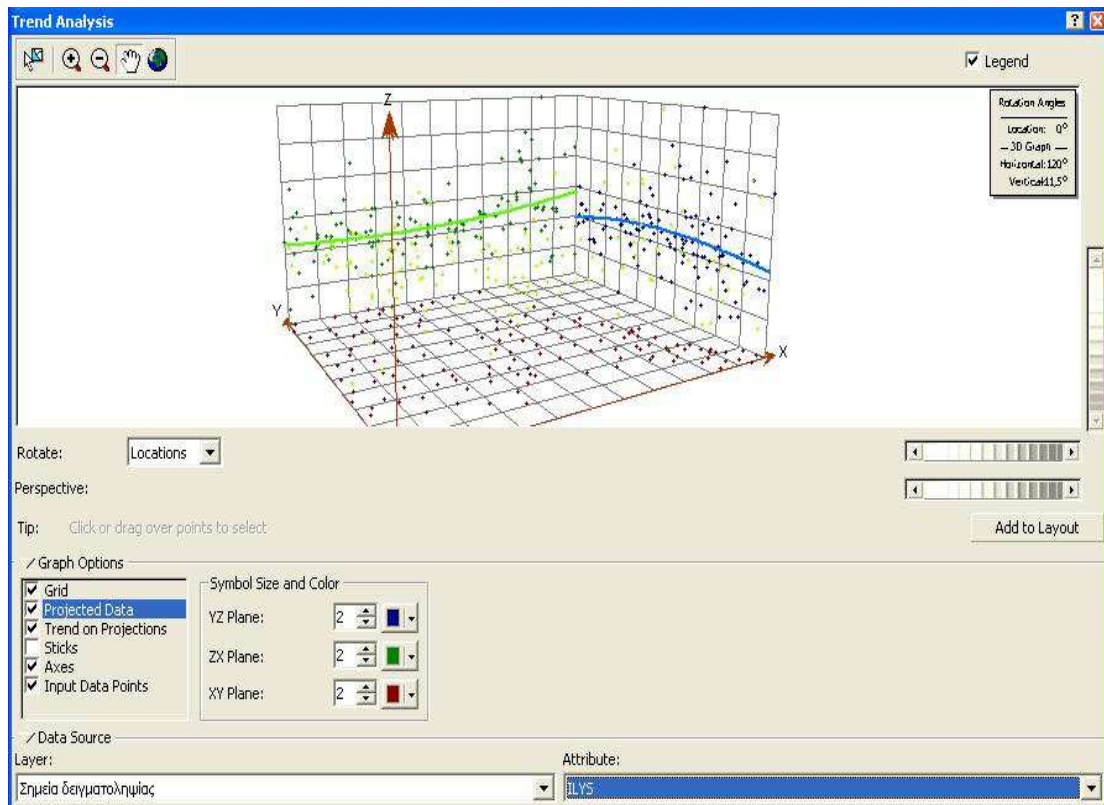


**Εικόνα 3.32** Στατιστικά στοιχεία

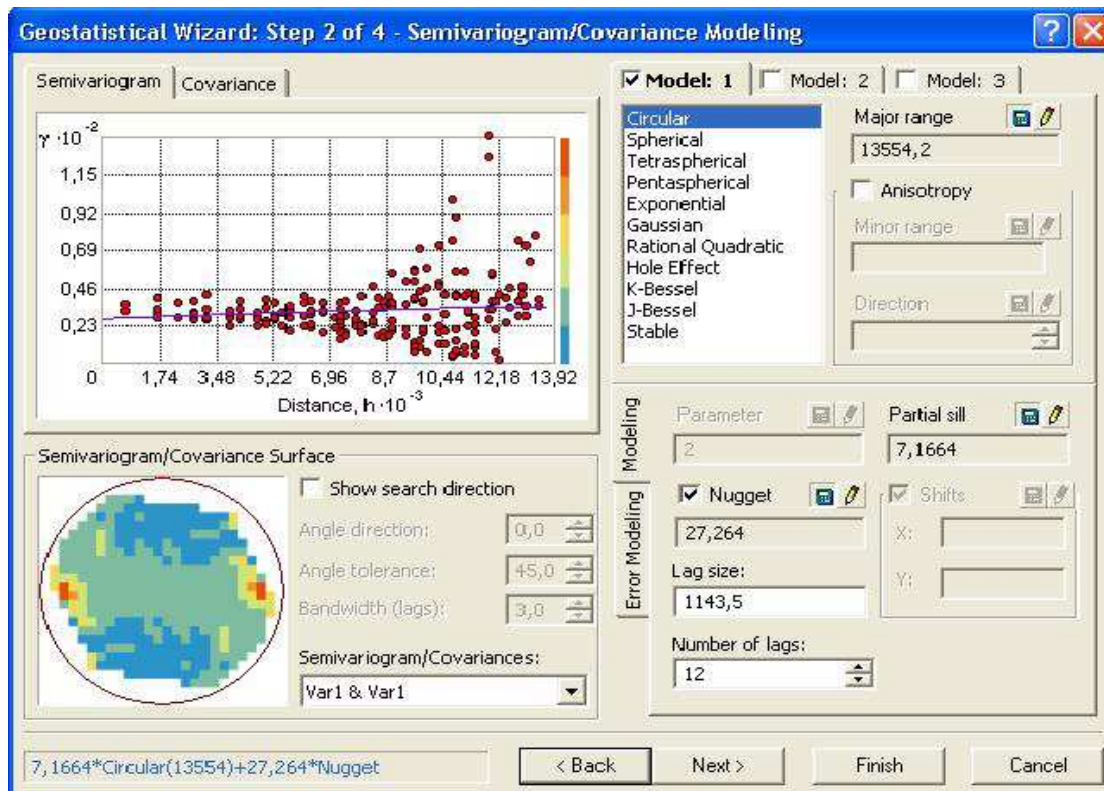


**Εικόνα 3.33** Διασπορά των τιμών της ιλύος

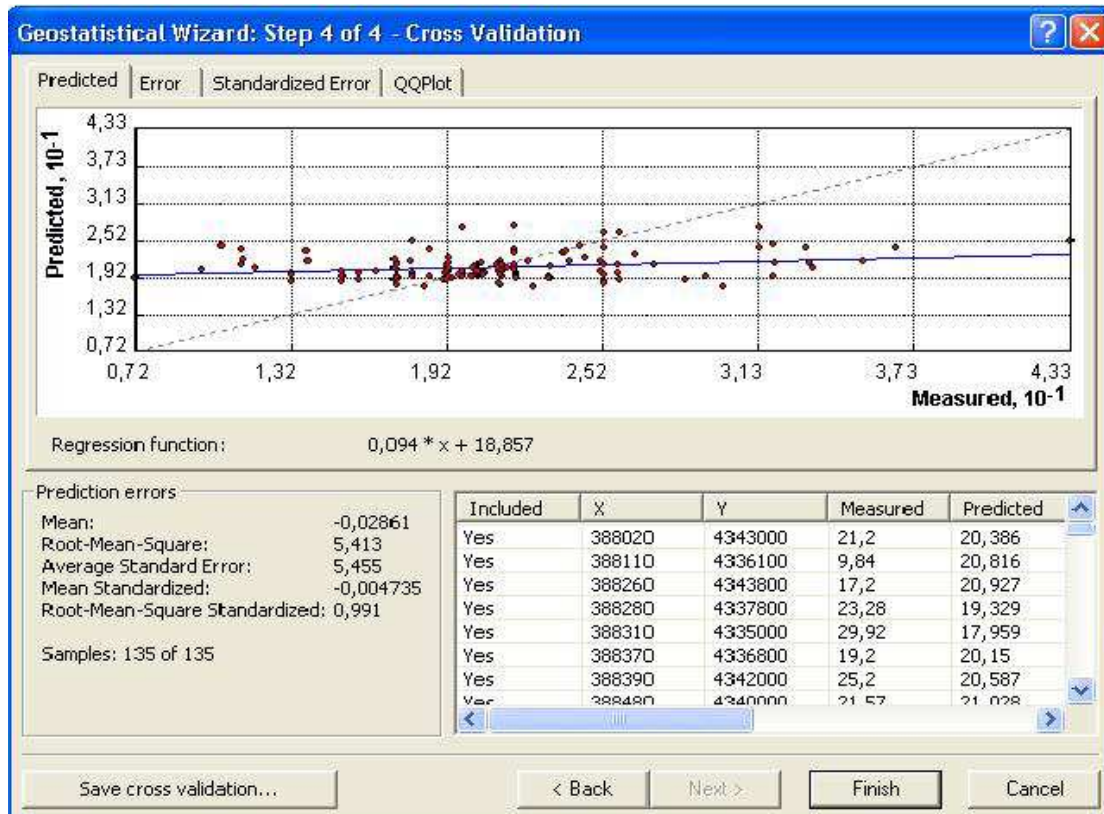




Εικόνα 3.34 Ανάλυση της τάσης των τιμών της υλούς

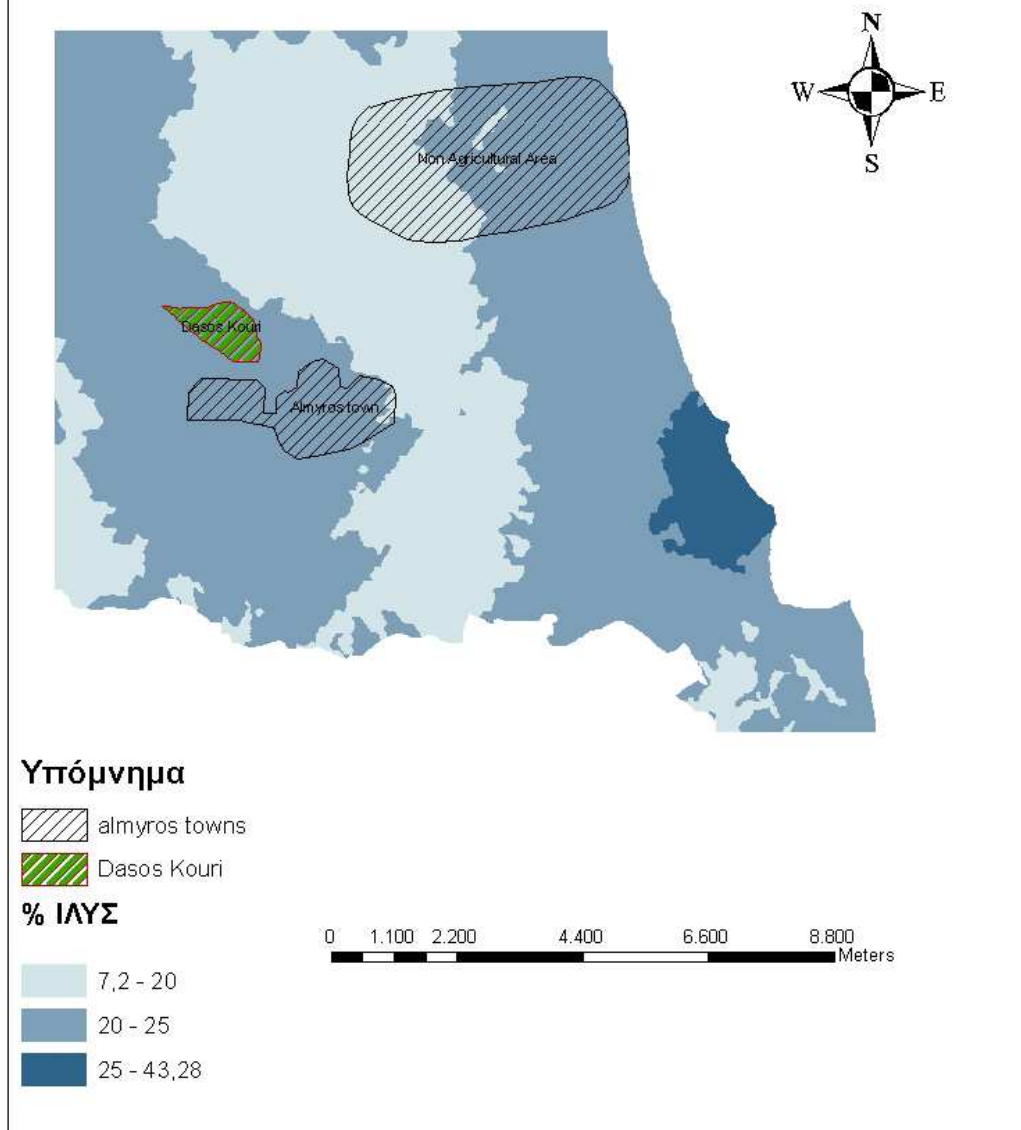


Εικόνα 3.35 Διάγραμμα της ημιπαράλλακτικότητας των τιμών της υλούς

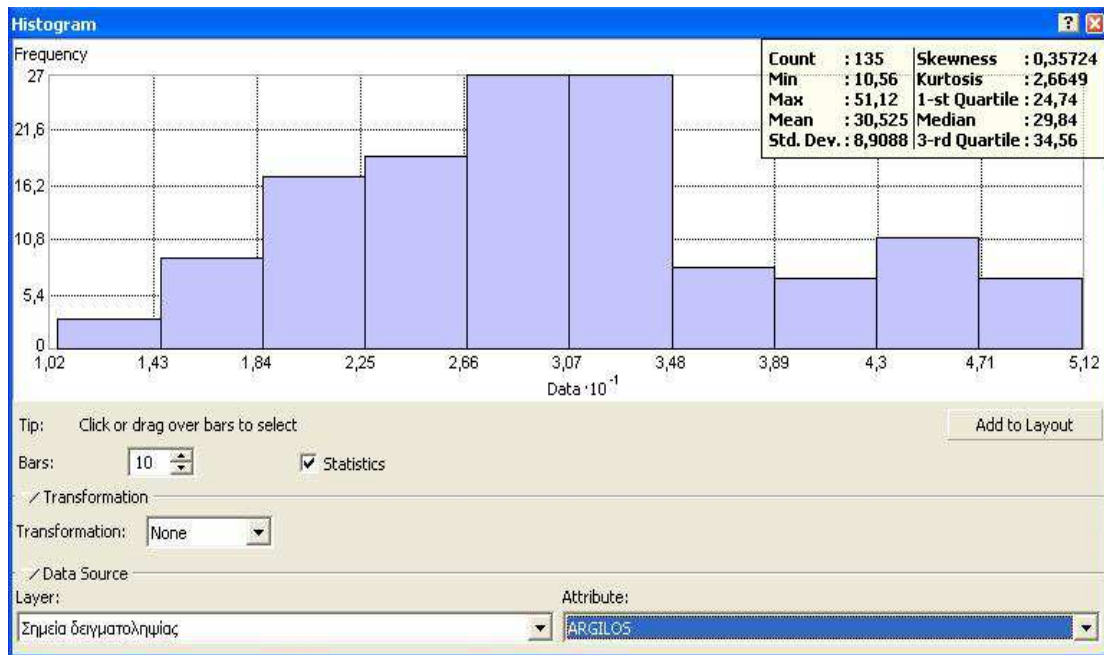


Εικόνα 3.36 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών της ιλύος

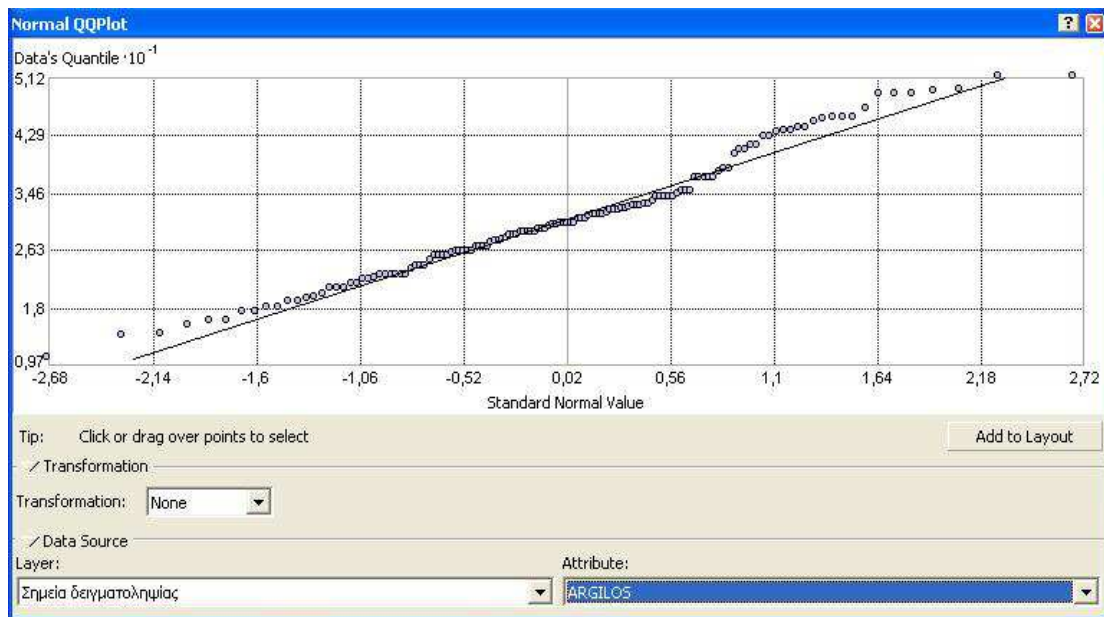
## Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας της Ιλύος με Ordinary Kriging και μοντέλο Circular



Εικόνα 3.37 Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής της ιλύος

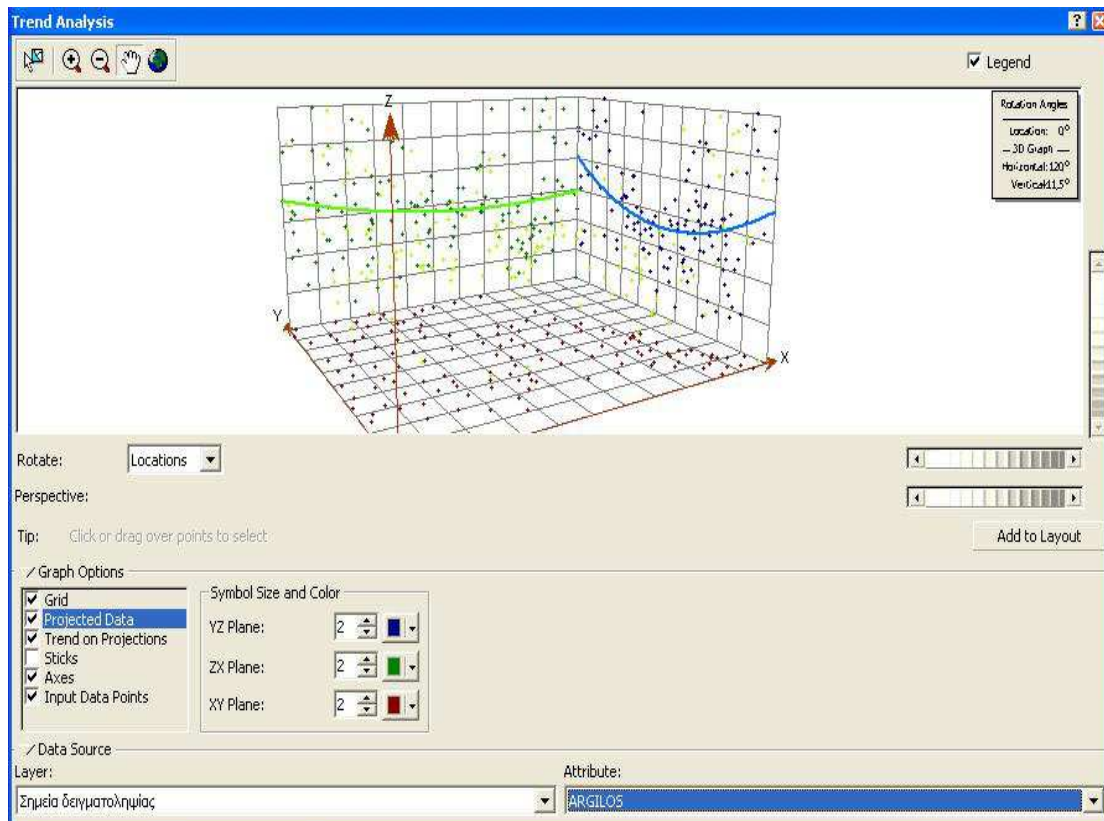


Εικόνα 3.38 Στατιστικά στοιχεία

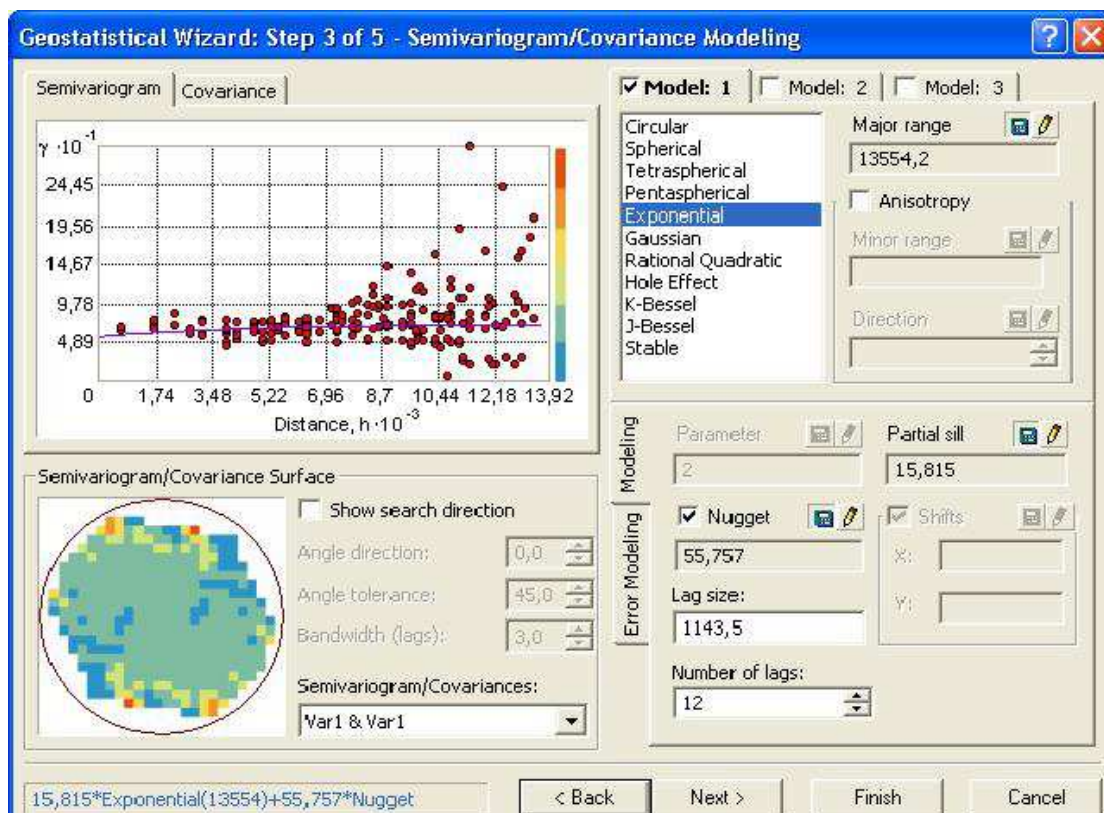


Εικόνα 3.39 Διασπορά των τιμών της αργίλου

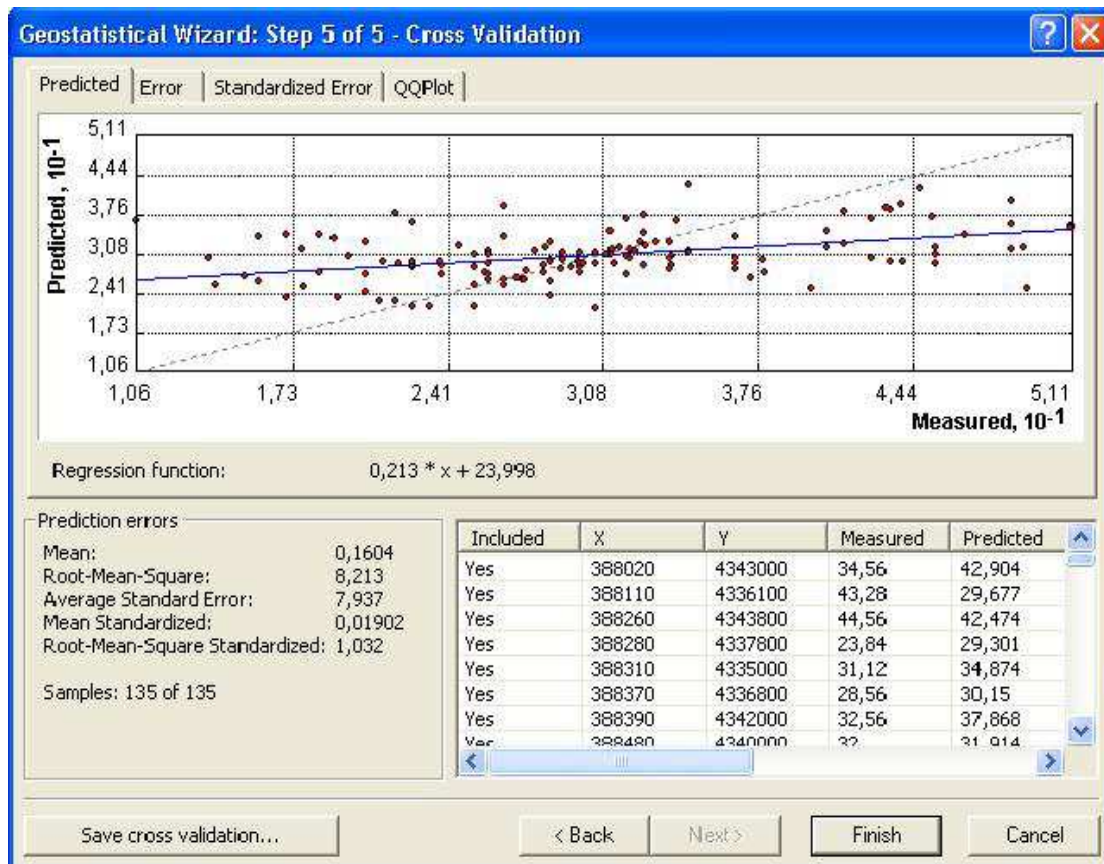




Εικόνα 3.40 Ανάλυση της τάσης των τιμών της αργίλου

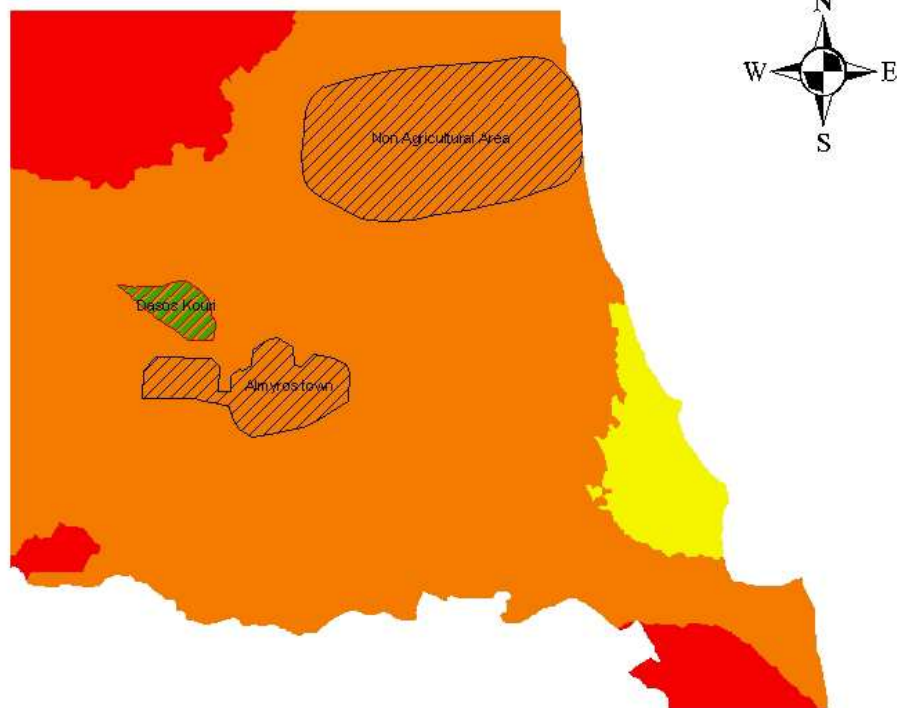


Εικόνα 3.41 Διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας των τιμών της αργίλου





Εικόνα 3.42 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών της αργίλου




**Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας  
της Αργίλου  
με Ordinary Kriging και μοντέλο Exponential**



**Υπόμνημα**

-  almyros towns
-  Dasos Kouri

**% Αργίλος**

-  10,56 - 25
-  25 - 35
-  35 - 51,12

0 1.100 2.200 4.400 6.600 8.800 Meters

**Εικόνα 3.43** Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής της αργίλου

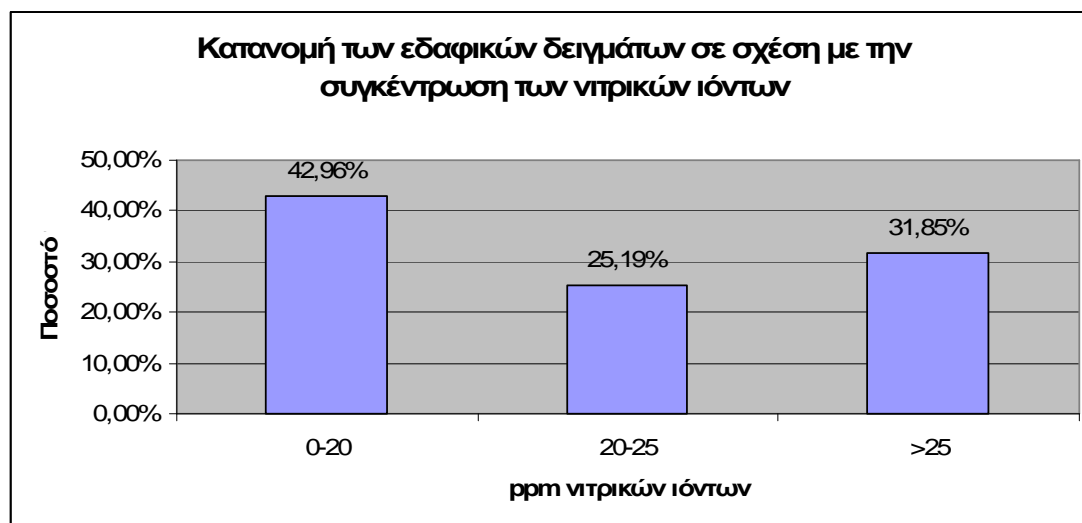
Από τα δεδομένα του παραρτήματος κατασκευάστηκε ο πίνακας 3.6 στον οποίο αναφέρονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές των νιτρικών ιόντων.

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

	NO <sub>3</sub> (mg/kg )
Ελάχιστη τιμή	9,9
Μέγιστη τιμή	52,54
Μέση τιμή	22,7

Στο Σχήμα 3.6 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατανομή των δειγμάτων εδάφους σε σχέση με την τιμή της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων. Η κατανομή των νιτρικών ιόντων έγινε με βάση την γεωστατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης (ArcGIS). Οι κατηγορίες συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων ήταν οι εξής:

- Κατηγορία 1: 0-20 ppm
- Κατηγορία 2: 20-25 ppm
- Κατηγορία 3: >25 ppm



**Σχήμα 3.6** Κατανομή των εδαφικών δειγμάτων με βάση την τιμή της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων

Η περιεκτικότητα των νιτρικών ιόντων κυμαίνεται από 9,9 έως 52,54 ppm. Το 43% περίπου των δειγμάτων περιέχουν συγκέντρωση κάτω από 20 ppm. Το 25% περιέχει νιτρικά από 20-25 ppm ενώ 32% είναι μεγαλύτερο των 25 ppm με μέγιστη τιμή αυτή των 52,54 ppm.

Στις εικόνες 3.44, 3.45, 3.46, 3.47 και 3.48 παρουσιάζεται η γεω-στατιστική επεξεργασία των τιμών των νιτρικών ιόντων στην περιοχή της μελέτης, προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης της χωρικής μεταβλητότητας ή χωρικής παραλλακτικότητας των τιμών των νιτρικών ιόντων (εικόνα 3.49).

Στην εικόνα 3.45 απεικονίζεται η διασπορά των τιμών των νιτρικών ιόντων (Normal Q-Qplot) καθώς και η απόκλιση των τιμών από την κανονική κατανομή. Όσο πιο κοντά στη γραμμή της κανονικής κατανομής βρίσκονται οι τιμές των νιτρικών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων, τόσο περισσότερο η διασπορά τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

Η ανάλυση της τάσης (Trend Analysis) που παρουσιάζουν οι τιμές των νιτρικών ιόντων στο χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.46. Δεν διαπιστώθηκε τάση στην συγκεκριμένη περίπτωση.

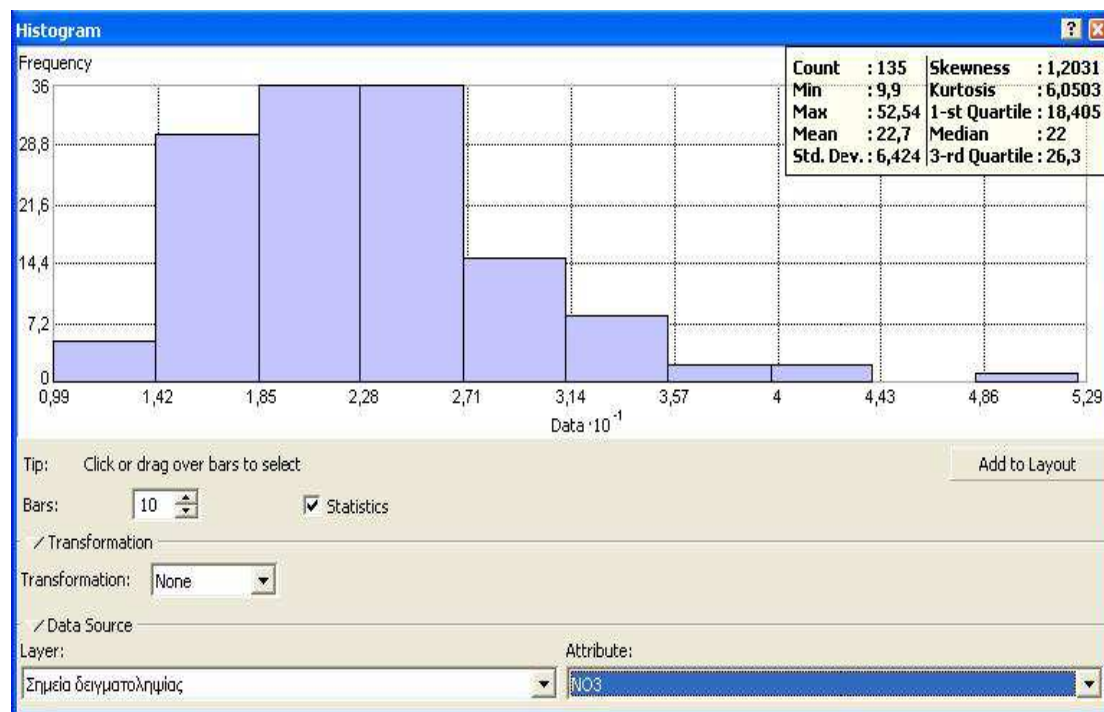


Στην εικόνα 3.47 παρουσιάζεται το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) των τιμών των νιτρικών ιόντων του εδάφους. Με τη βοήθεια του διαγράμματος αυτού γίνεται η προσαρμογή του καταλληλότερου προτύπου (μαθηματικού μοντέλου) που οδήγησε τελικά στη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης.

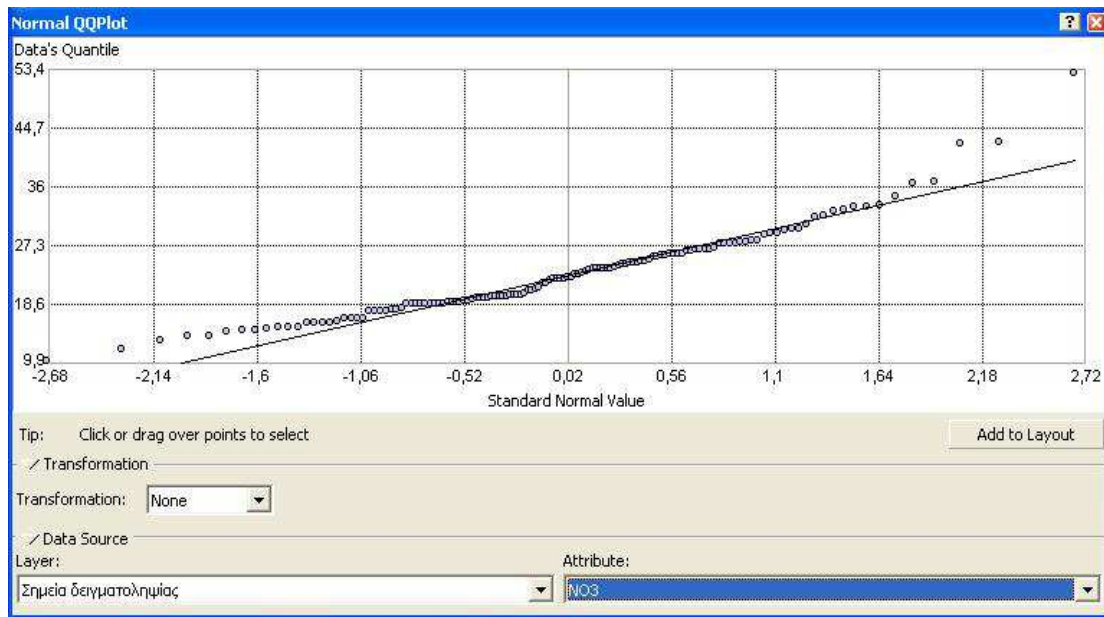
Το μαθηματικό πρότυπο το οποίο επελέγη ως καταλληλότερο ήταν το **Rational quadratic**.

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγέντος μαθηματικού προτύπου παρουσιάζεται στην εικόνα 3.48 (Cross Validation). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετρηθείσες αλλά και οι υπολογισθείσες, μέσω του μαθηματικού προτύπου, τιμές των νιτρικών ιόντων. Ο έλεγχος έγινε μετά από εξέταση των τιμών του μέσου όρου, του σφάλματος των τετραγώνων των μέσων τετραγώνων καθώς και του μέσου τυπικού σφάλματος.

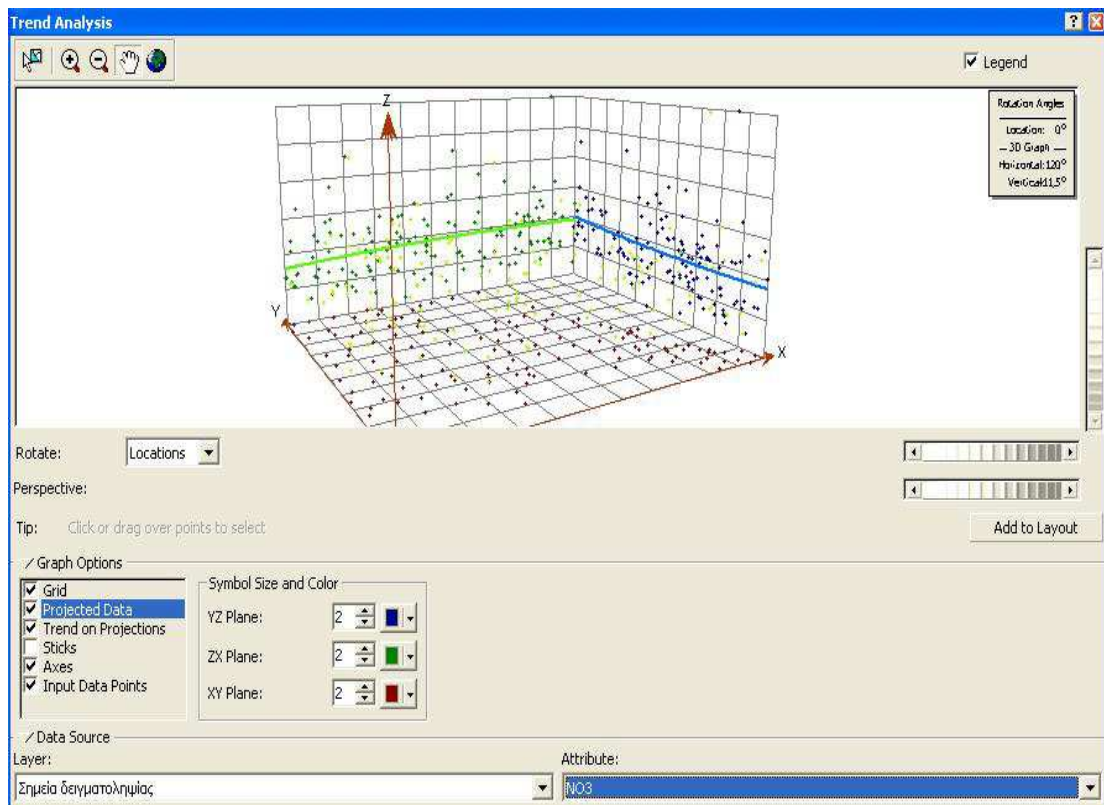
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.



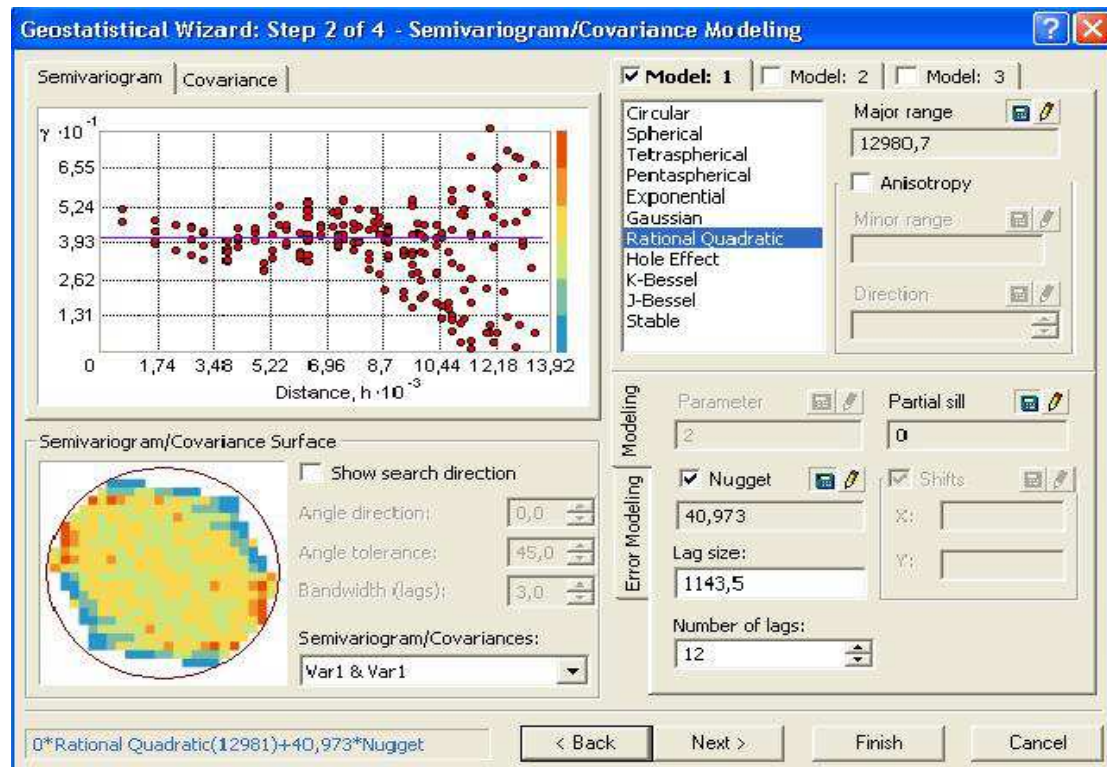
**Εικόνα 3.44** Στατιστικά στοιχεία



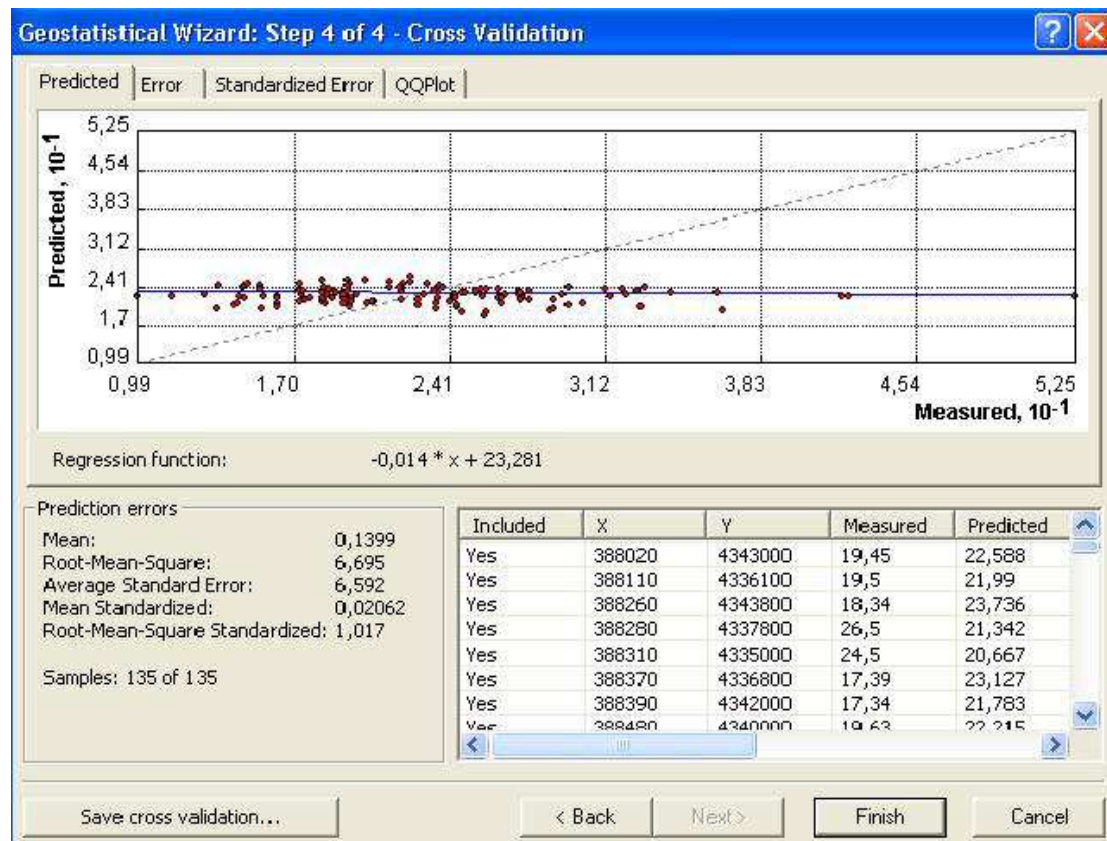
Εικόνα 3.45 Διασπορά των τιμών των νιτρικών ιόντων



Εικόνα 3.46 Ανάλυση της τάσης των τιμών των νιτρικών ιόντων

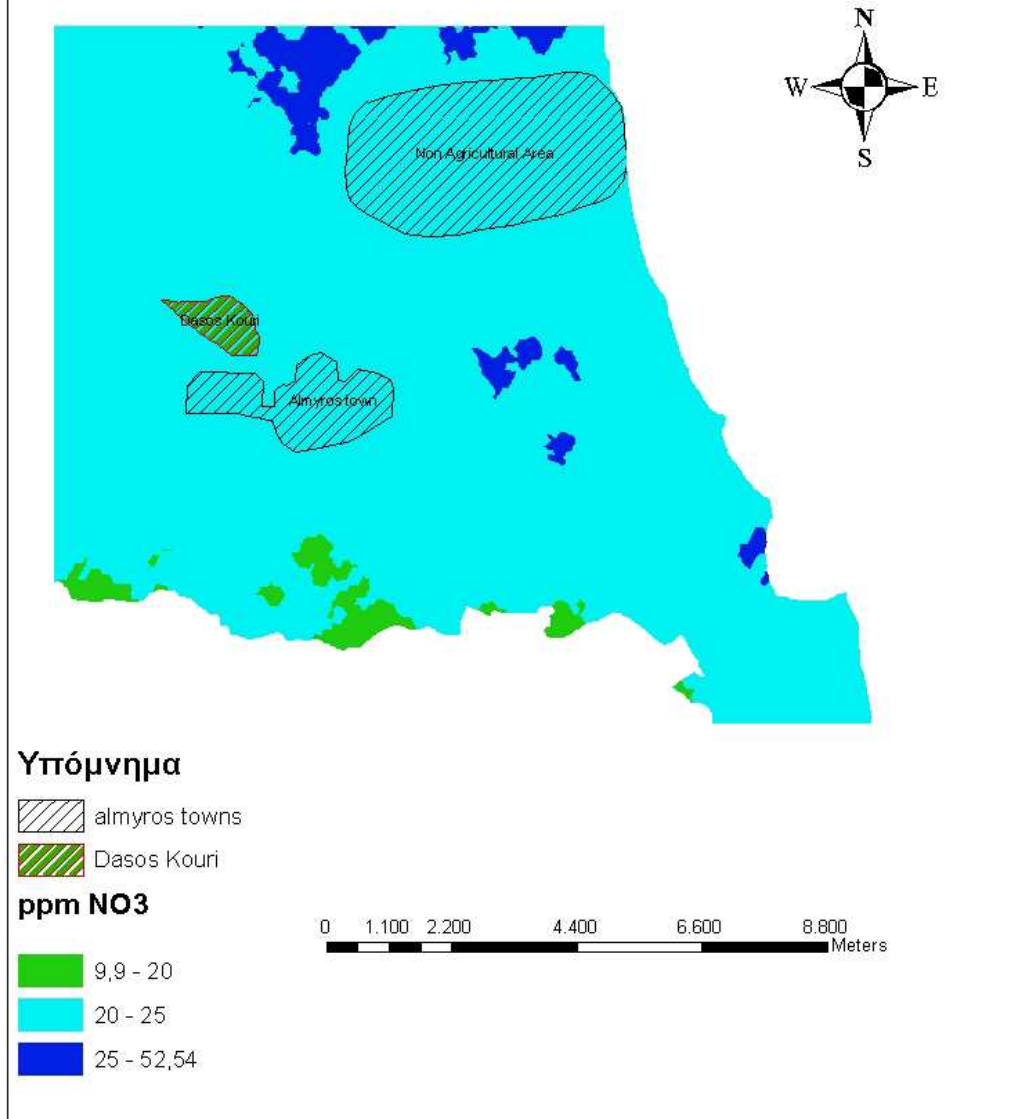


Εικόνα 3.47 Διάγραμμα της ημιπαράλλακτικότητας των τιμών των νιτρικών ιόντων



**Εικόνα 3.48** Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών των νιτρικών ιόντων

**Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας  
των NO<sub>3</sub>  
με Ordinary Kriging και μοντέλο Rational Quadratic**



**Εικόνα 3.49** Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής των νιτρικών ιόντων



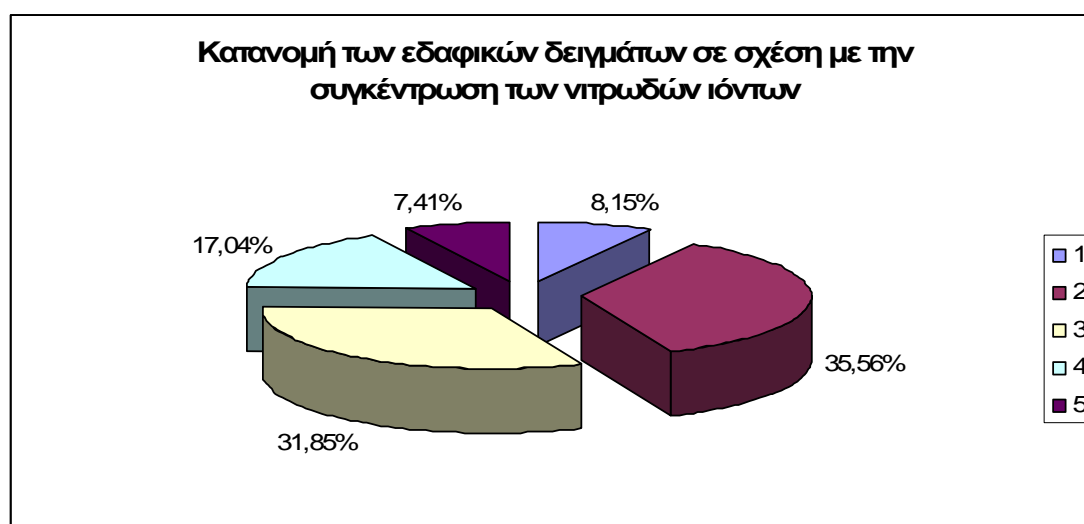
Από τα δεδομένα του παραρτήματος κατασκευάστηκε ο πίνακας 3.7 στον οποίο αναφέρονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές των νιτρωδών ιόντων.

**Πίνακας 3.7** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές των νιτρωδών ιόντων

	NO <sub>2</sub> (mg/kg )
Ελάχιστη τιμή	0,36
Μέγιστη τιμή	7,31
Μέση τιμή	2,34

Στο Σχήμα 3.7 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατανομή των δειγμάτων εδάφους σε σχέση με την τιμή της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων. Η κατανομή των νιτρωδών ιόντων έγινε με βάση την γεωστατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης (ArcGIS). Οι κατηγορίες συγκέντρωσης νιτρωδών ιόντων ήταν οι εξής:

- Κατηγορία 1: 0-1 ppm
- Κατηγορία 2: 1-2 ppm
- Κατηγορία 3: 2-3 ppm
- Κατηγορία 4: 3-4 ppm
- Κατηγορία 5: >4 ppm



**Σχήμα 3.7** Κατανομή των εδαφικών δειγμάτων με βάση την τιμή της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων (κατηγορίες 1-5)

Η περιεκτικότητα των νιτρωδών ιόντων κυμαίνεται από 0,36 έως 7,31 ppm. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (36%) περιέχουν συγκέντρωση 1-2 ppm νιτρωδών ιόντων. Παρόμοιο ποσοστό (32%) κατέχουν και τα δείγματα που έχουν συγκέντρωση 2-3 ppm. Χαμηλή συγκέντρωση 0-1 ppm έχει περίπου το 8% των δειγμάτων ενώ το υπόλοιπο 24% έχει συγκέντρωση μεγαλύτερη των 3 ppm.

Στις εικόνες 3.50, 3.51, 3.52, 3.53 και 3.54 παρουσιάζεται η γεω-στατιστική επεξεργασία των τιμών των νιτρωδών ιόντων, στην περιοχή της μελέτης, προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης της χωρικής μεταβλητότητας ή χωρικής παραλλακτικότητας των τιμών των νιτρωδών ιόντων (εικόνα 3.55).

Στην εικόνα 3.51 απεικονίζεται η διασπορά των τιμών των νιτρωδών ιόντων (Normal QQplot) καθώς και η απόκλιση των τιμών από την κανονική κατανομή. Όσο πιο κοντά στη γραμμή της κανονικής κατανομής βρίσκονται οι τιμές των νιτρωδών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων, τόσο περισσότερο η διασπορά τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

Η ανάλυση της τάσης (Trend Analysis) που παρουσιάζουν οι τιμές των νιτρωδών ιόντων στο χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.52. Διαπιστώνεται από το διάγραμμα αυτό μια τάση 2<sup>ου</sup> βαθμού.

Στην εικόνα 3.53 παρουσιάζεται το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) των τιμών των νιτρωδών ιόντων του εδάφους. Με τη βοήθεια του διαγράμματος αυτού γίνεται η προσαρμογή του καταλληλότερου προτύπου (μαθηματικού μοντέλου) που οδήγησε τελικά στη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης.

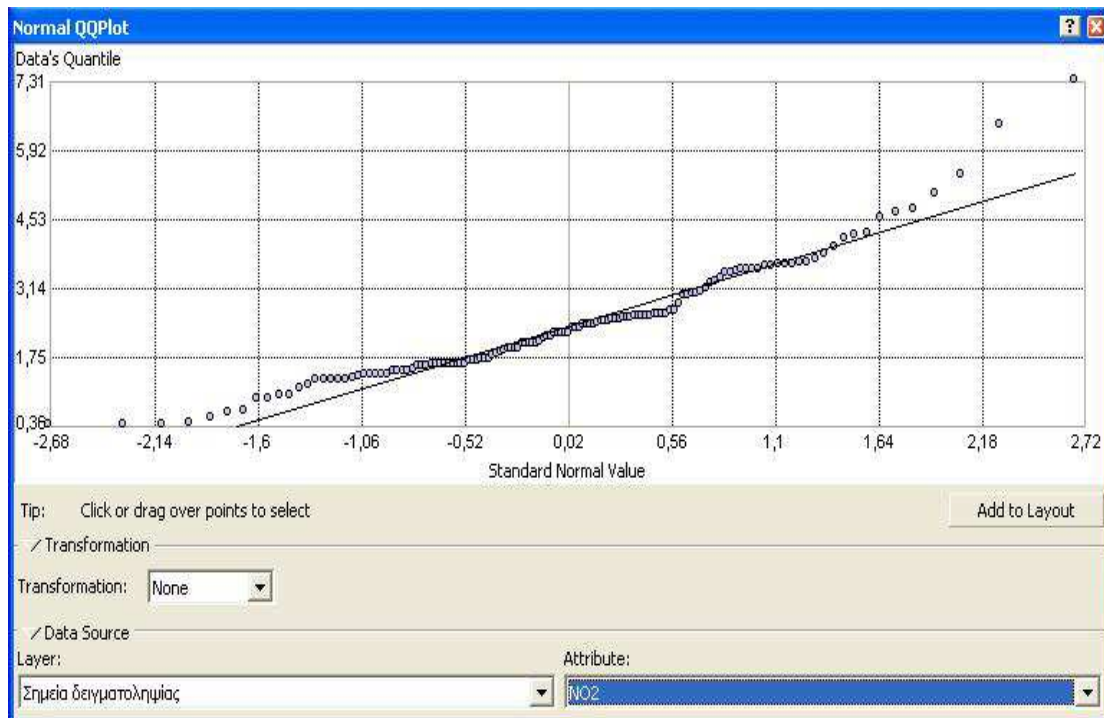
Το μαθηματικό πρότυπο το οποίο επελέγη ως καταλληλότερο ήταν το **Gaussian**.

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγέντος μαθηματικού προτύπου παρουσιάζεται στην εικόνα 3.54 (Cross Validation). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετρηθείσες αλλά και οι υπολογισθείσες, μέσω του μαθηματικού προτύπου, τιμές των νιτρωδών ιόντων. Ο έλεγχος έγινε μετά από εξέταση των τιμών του μέσου όρου, του σφάλματος των τετραγώνων των μέσων τετραγώνων καθώς και του μέσου τυπικού σφάλματος.

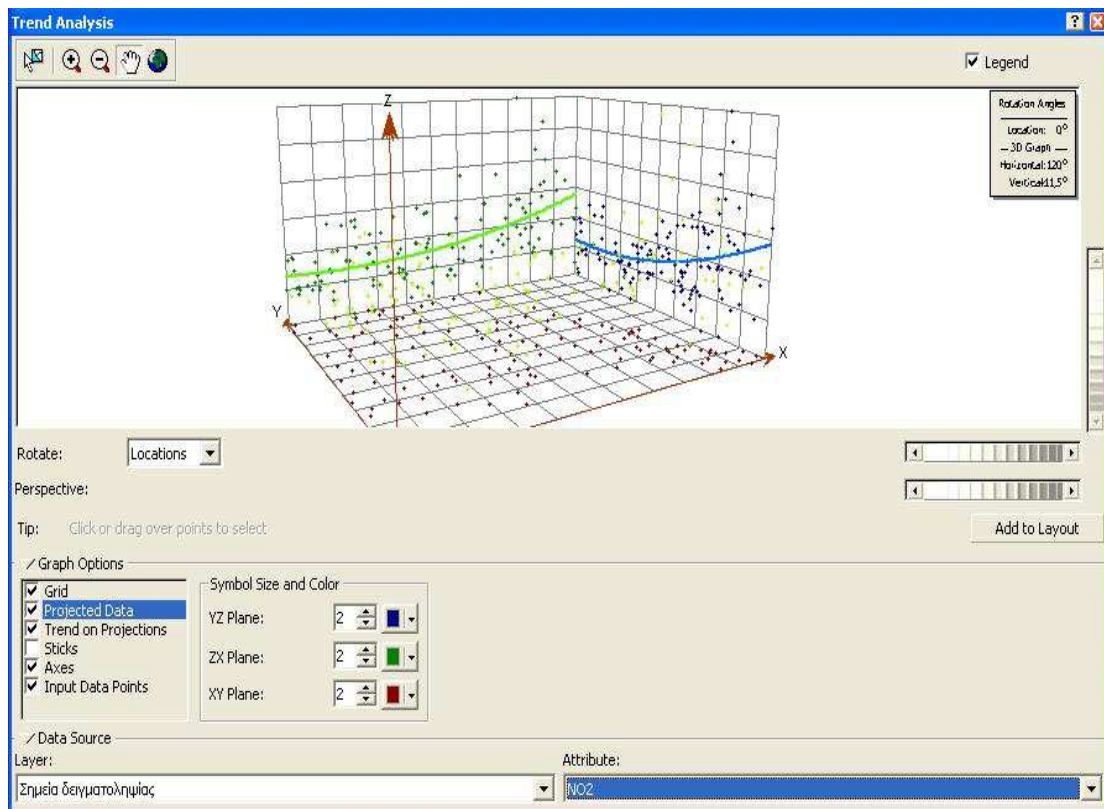
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.



**Εικόνα 3.50** Στατιστικά στοιχεία

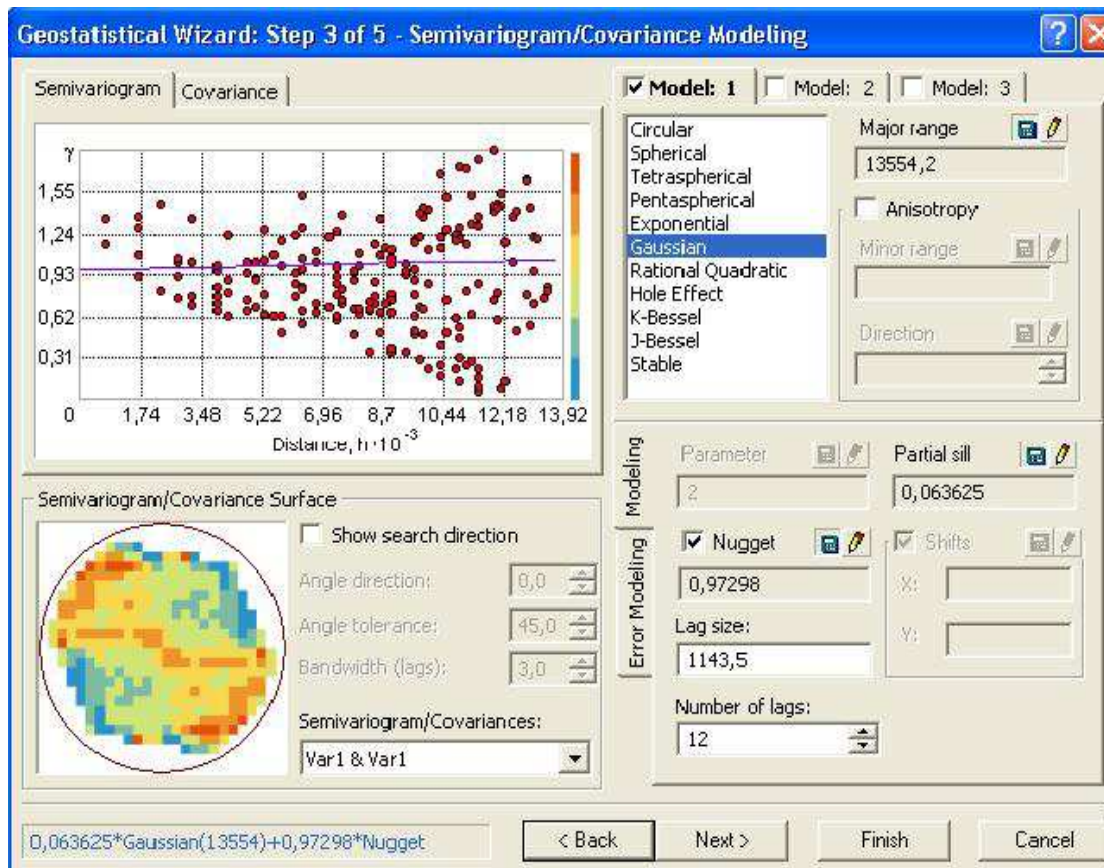


Εικόνα 3.51 Διασπορά των τιμών των νιτρικών ιόντων

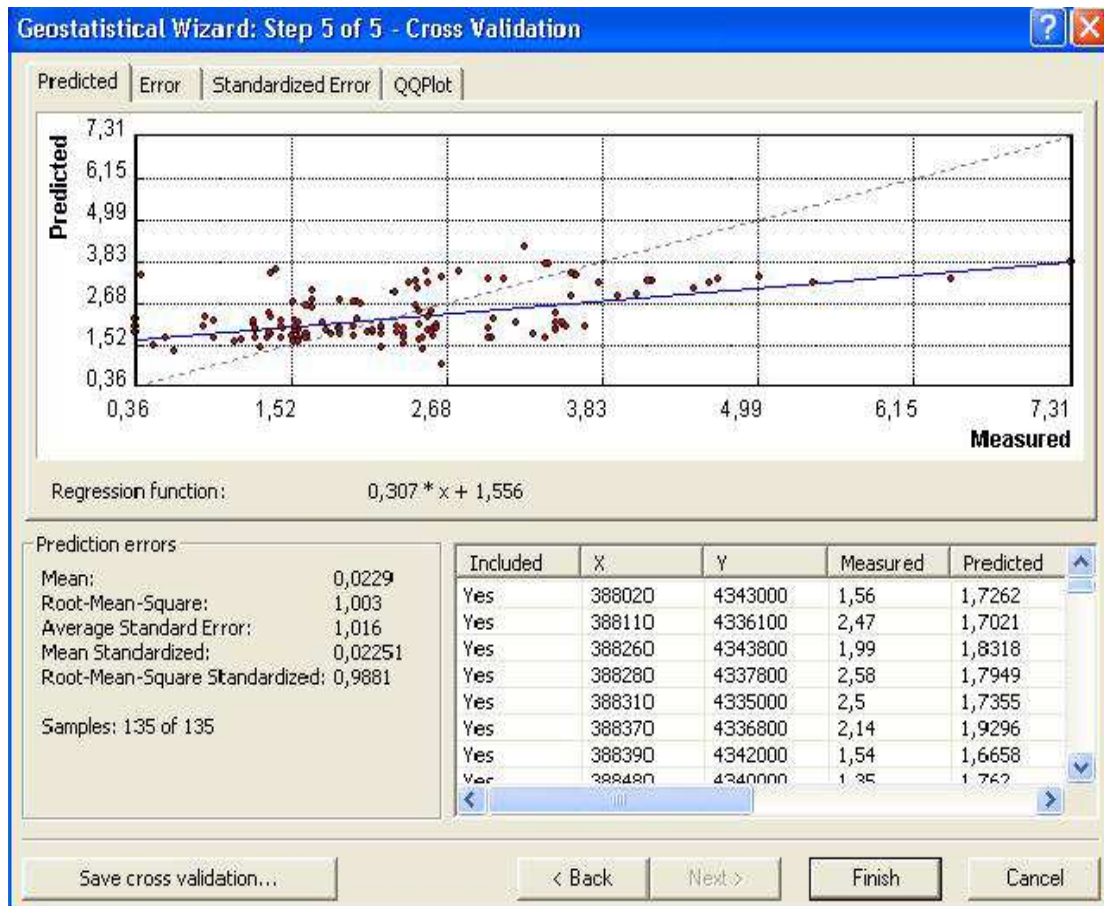


Εικόνα 3.52 Ανάλυση της τάσης των τιμών των νιτρικών ιόντων



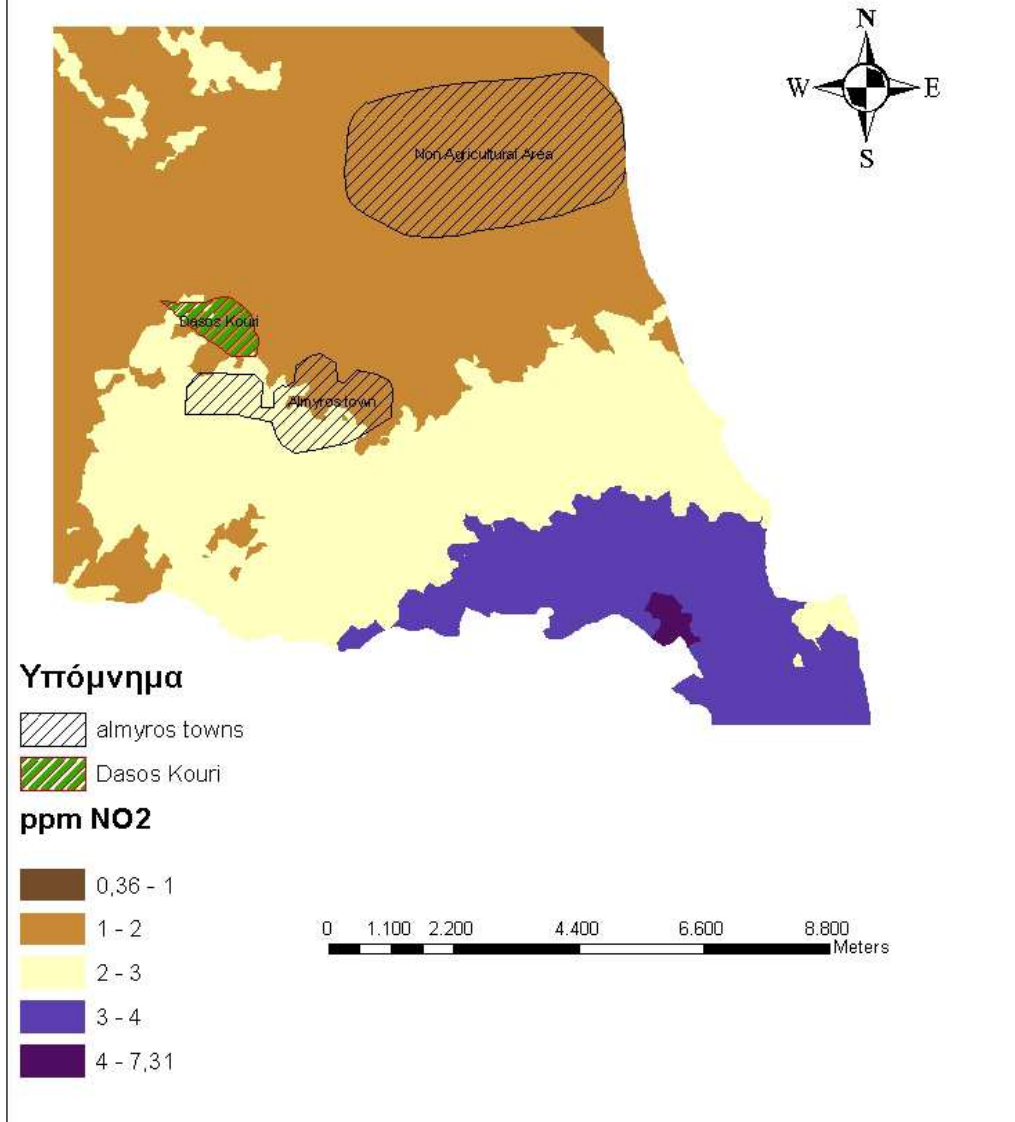


Εικόνα 3.53 Διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας των τιμών των νιτροδών ιόντων



Εικόνα 3.54 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάσει των τιμών των νιτροδών ιόντων

Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας  
των NO<sub>2</sub>  
με Ordinary Kriging και μοντέλο Gaussian



Εικόνα 3.55 Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής των νιτρωδών ιόντων

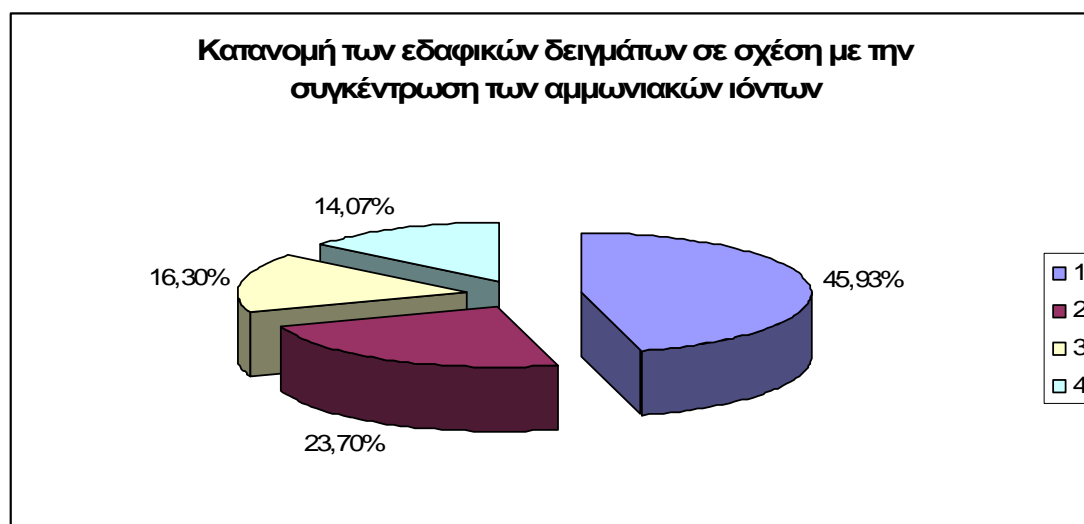
Από τα δεδομένα του παραρτήματος κατασκευάστηκε ο πίνακας 3.8 στον οποίο αναφέρονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές των αμμωνιακών ιόντων.

**Πίνακας 3.8** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές των αμμωνιακών ιόντων

	NH <sub>4</sub> (mg/kg )
Ελάχιστη τιμή	0,43
Μέγιστη τιμή	6,43
Μέση τιμή	2,14

Στο Σχήμα 3.8 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατανομή των δειγμάτων εδάφους σε σχέση με την τιμή της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων. Η κατανομή των αμμωνιακών ιόντων έγινε με βάση την γεωστατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης (ArcGIS). Οι κατηγορίες συγκέντρωσης αμμωνιακών ήταν οι εξής:

- Κατηγορία 1: 0-2,0 ppm
- Κατηγορία 2: 2,0-2,5 ppm
- Κατηγορία 3: 2,5-3,0 ppm
- Κατηγορία 4: >3 ppm



**Σχήμα 3.8** Κατανομή των εδαφικών δειγμάτων με βάση την τιμή της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων

Η περιεκτικότητα των αμμωνιακών ιόντων κυμαίνεται από 0,43 έως 6,43 ppm. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (46%) περιέχουν συγκέντρωση μέχρι 2 ppm αμμωνιακών ιόντων. Ποσοστό της τάξης του 40% κατέχουν και τα δείγματα που έχουν συγκέντρωση 2-3 ppm. Τέλος, συγκέντρωση πάνω από 3 ppm έχει περίπου το 14% των δειγμάτων.

Στις εικόνες 3.56, 3.57, 3.58, 3.59 και 3.60 παρουσιάζεται η γεω-στατιστική επεξεργασία των τιμών των αμμωνιακών ιόντων, στην περιοχή της μελέτης, προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης της χωρικής μεταβλητότητας ή χωρικής παραλλακτικότητας των τιμών των αμμωνιακών ιόντων (εικόνα 3.61).

Στην εικόνα 3.57 απεικονίζεται η διασπορά των τιμών των αμμωνιακών ιόντων (Normal QQplot) καθώς και η απόκλιση των τιμών από την κανονική κατανομή. Όσο πιο κοντά στη γραμμή της

κανονικής κατανομής βρίσκονται οι τιμές των αμμωνιακών ιόντων των εδαφικών δειγμάτων, τόσο περισσότερο η διασπορά τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

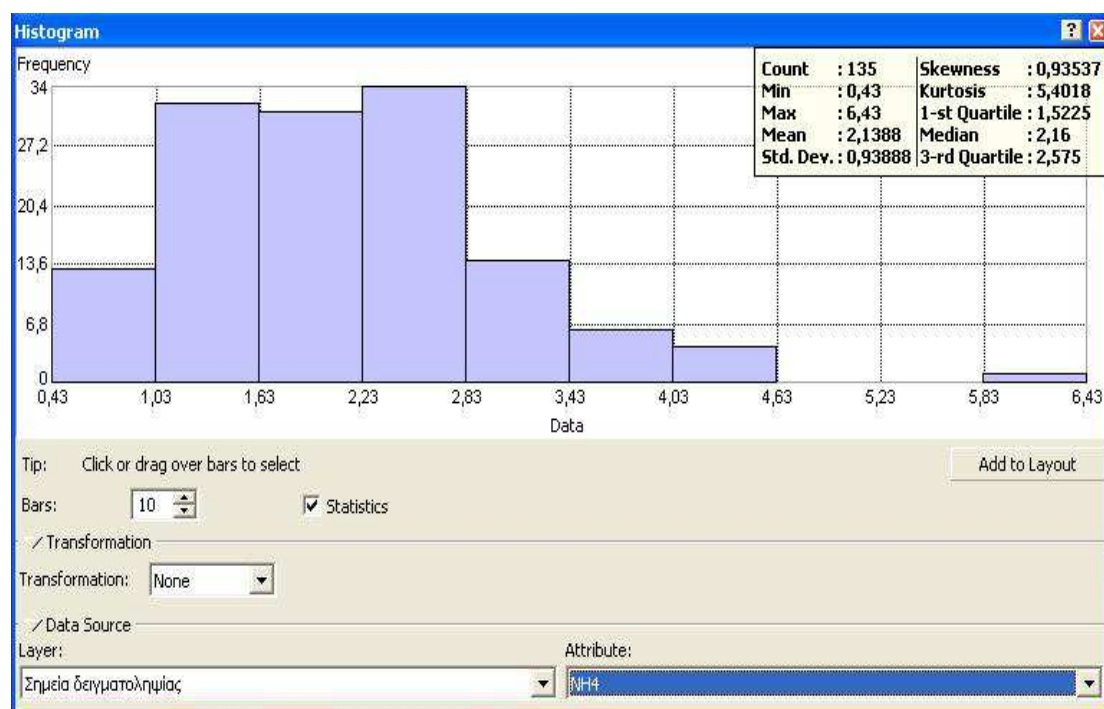
Η ανάλυση της τάσης (Trend Analysis) που παρουσιάζουν οι τιμές των αμμωνιακών ιόντων στο χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.58. Διαπιστώνεται από το διάγραμμα αυτό μια τάση 2<sup>ου</sup> βαθμού.

Στην εικόνα 3.59 παρουσιάζεται το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) των τιμών των αμμωνιακών ιόντων του εδάφους. Με τη βοήθεια του διαγράμματος αυτού γίνεται η προσαρμογή του καταλληλότερου προτύπου (μαθηματικού μοντέλου) που οδήγησε τελικά στη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης.

Το μαθηματικό πρότυπο το οποίο επελέγη ως καταλληλότερο ήταν το **Pentaspherical**.

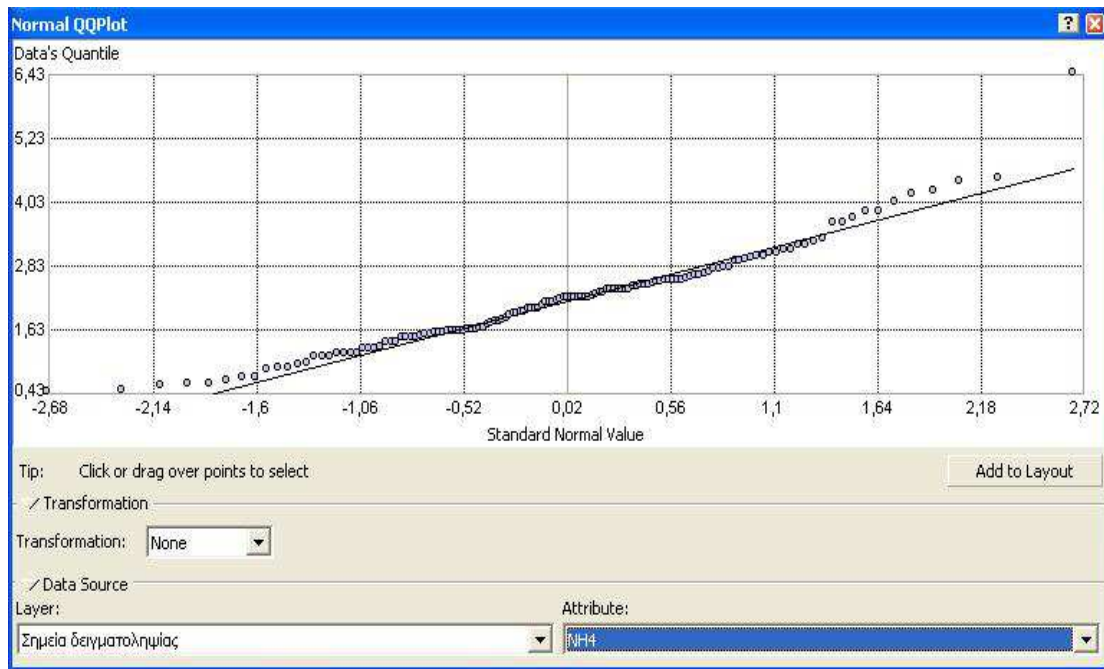
Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγέντος μαθηματικού προτύπου παρουσιάζεται στην εικόνα 3.60 (Cross Validation). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετρηθείσες αλλά και οι υπολογισθείσες, μέσω του μαθηματικού προτύπου, τιμές των αμμωνιακών ιόντων. Ο έλεγχος έγινε μετά από εξέταση των τιμών του μέσου όρου, του σφάλματος των τετραγώνων των μέσων τετραγώνων καθώς και του μέσου τυπικού σφάλματος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.

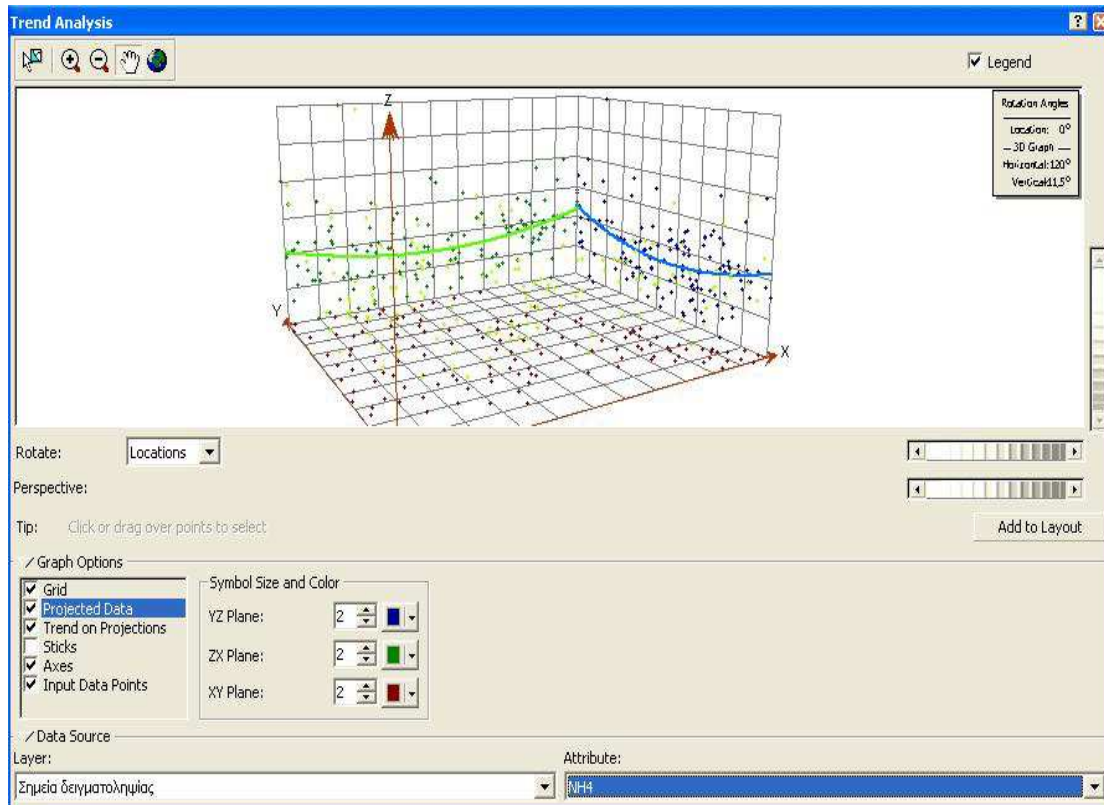


Εικόνα 3.56 Στατιστικά στοιχεία

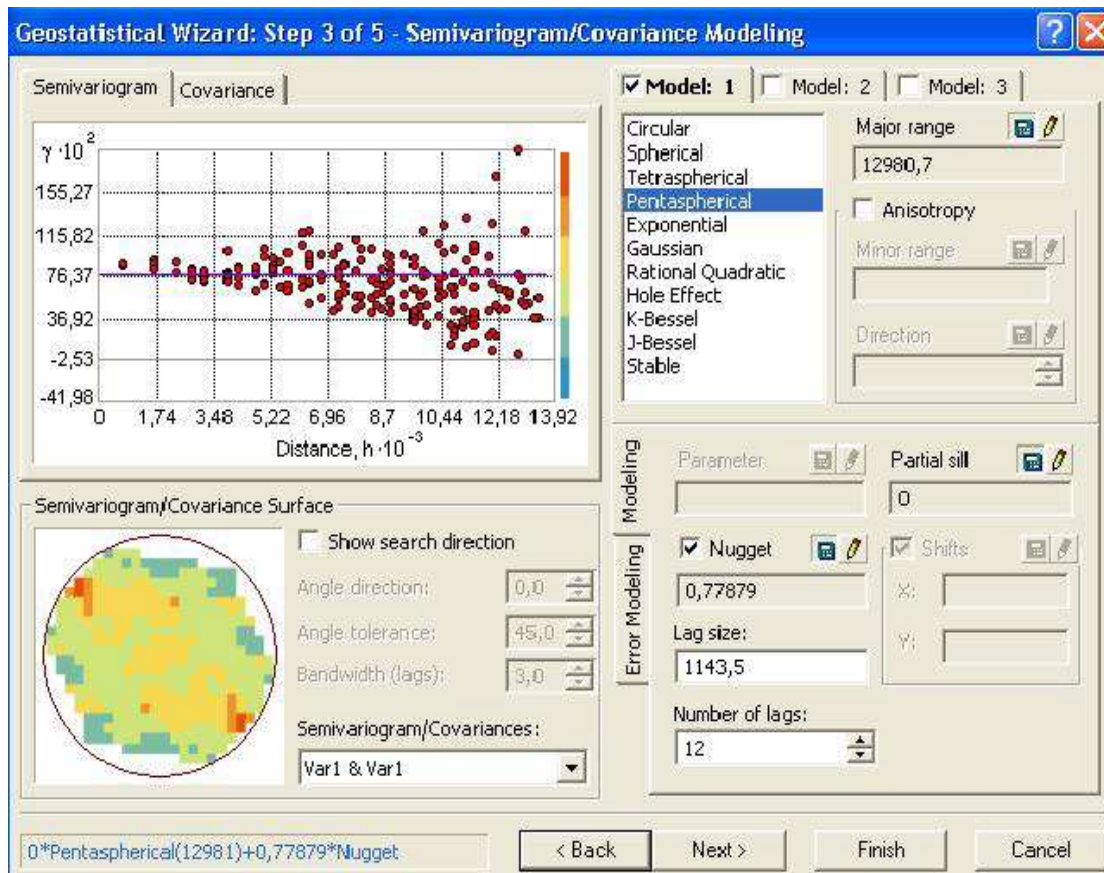




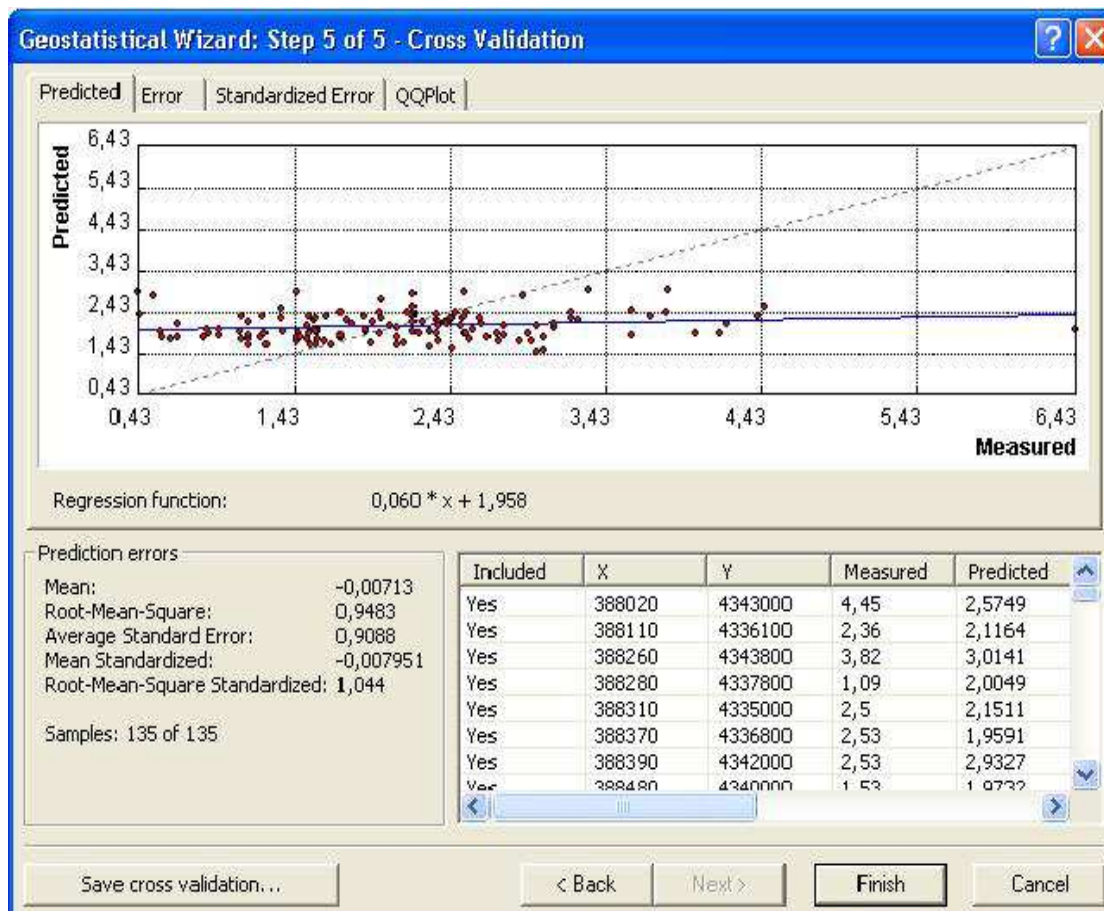
Εικόνα 3.57 Διασπορά των τιμών των αμμωνιακών ιόντων



Εικόνα 3.58 Ανάλυση της τάσης των τιμών των αμμωνιακών ιόντων



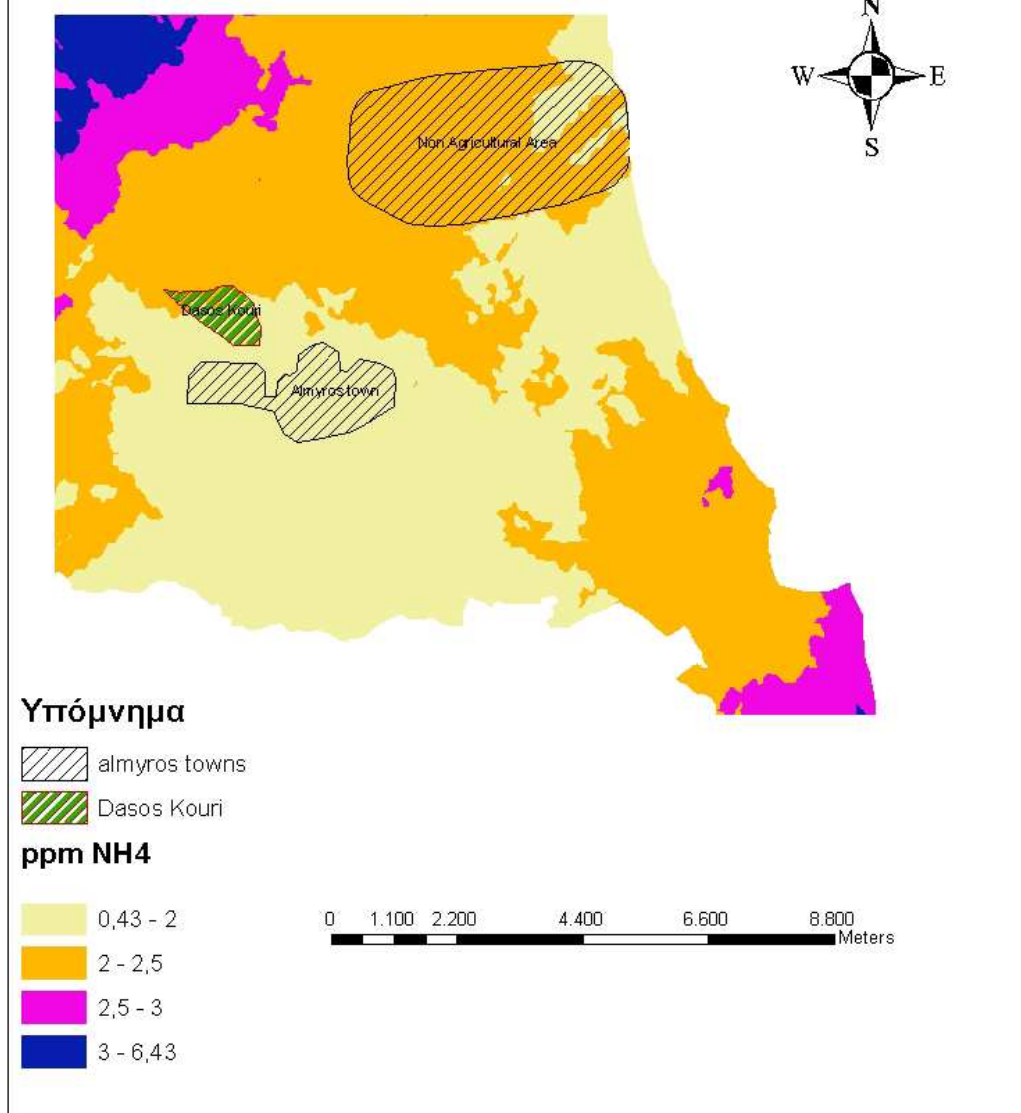
Εικόνα 3.59 Διάγραμμα της ημιπαράλλακτικότητας των τιμών των αμμονιακών ιόντων



Εικόνα 3.60 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών των αμμωνιακών ιόντων



## Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας των NH<sub>4</sub> με Ordinary Kriging και μοντέλο Pentaspherical



Εικόνα 3.61 Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής των αμμωνιακών ιόντων

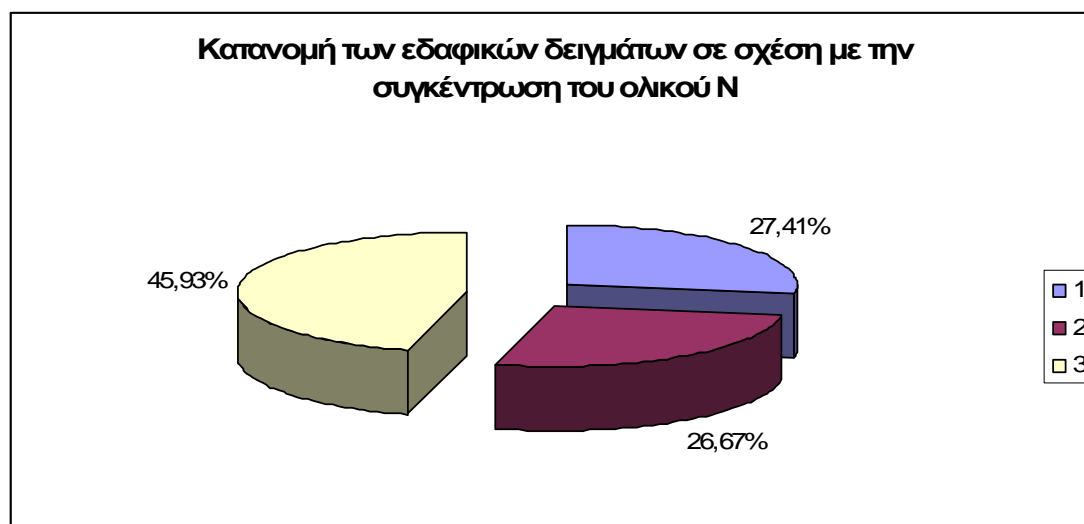
Από τα δεδομένα του παραρτήματος κατασκευάστηκε ο πίνακας 3.9 στον οποίο αναφέρονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές του ολικού N.

**Πίνακας 3.9** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές του ολικού N

	Ολικό N (mg/kg)
Ελάχιστη τιμή	17,39
Μέγιστη τιμή	71,51
Μέση τιμή	35,34

Στο Σχήμα 3.9 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατανομή των δειγμάτων εδάφους σε σχέση με την τιμή της συγκέντρωσης του ολικού N. Η κατανομή του ολικού N έγινε με βάση την γεωστατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης (ArcGIS). Οι κατηγορίες συγκέντρωσης του ολικού N ήταν οι εξής:

- Κατηγορία 1: 0-30 ppm
- Κατηγορία 2: 30-35 ppm
- Κατηγορία 3: >35 ppm



**Σχήμα 3.9** Κατανομή των εδαφικών δειγμάτων με βάση την τιμή της συγκέντρωσης του ολικού N

Η περιεκτικότητα του ολικού N κυμαίνεται από 17,39 έως 71,51 ppm. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (46%) περιέχει συγκέντρωση μεγαλύτερη των 35 ppm με μέγιστη την τιμή των 71,51 ppm. Τα υπόλοιπα δείγματα κατανέμονται με το ίδιο περίπου ποσοστό (27%) σε συγκεντρώσεις από 0-30 και από 30-35 ppm.

Στις εικόνες 3.62, 3.63, 3.64, 3.65 και 3.66 παρουσιάζεται η γεω-στατιστική επεξεργασία των τιμών του ολικού N, στην περιοχή της μελέτης, προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης της χωρικής μεταβλητότητας ή χωρικής παραλλακτικότητας των τιμών του ολικού N (εικόνα 3.67).

Στην εικόνα 3.63 απεικονίζεται η διασπορά των τιμών του ολικού N (Normal QQplot) καθώς και η απόκλιση των τιμών από την κανονική κατανομή. Όσο πιο κοντά στη γραμμή της κανονικής κατανομής βρίσκονται οι τιμές του ολικού N των εδαφικών δειγμάτων, τόσο περισσότερο η διασπορά τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

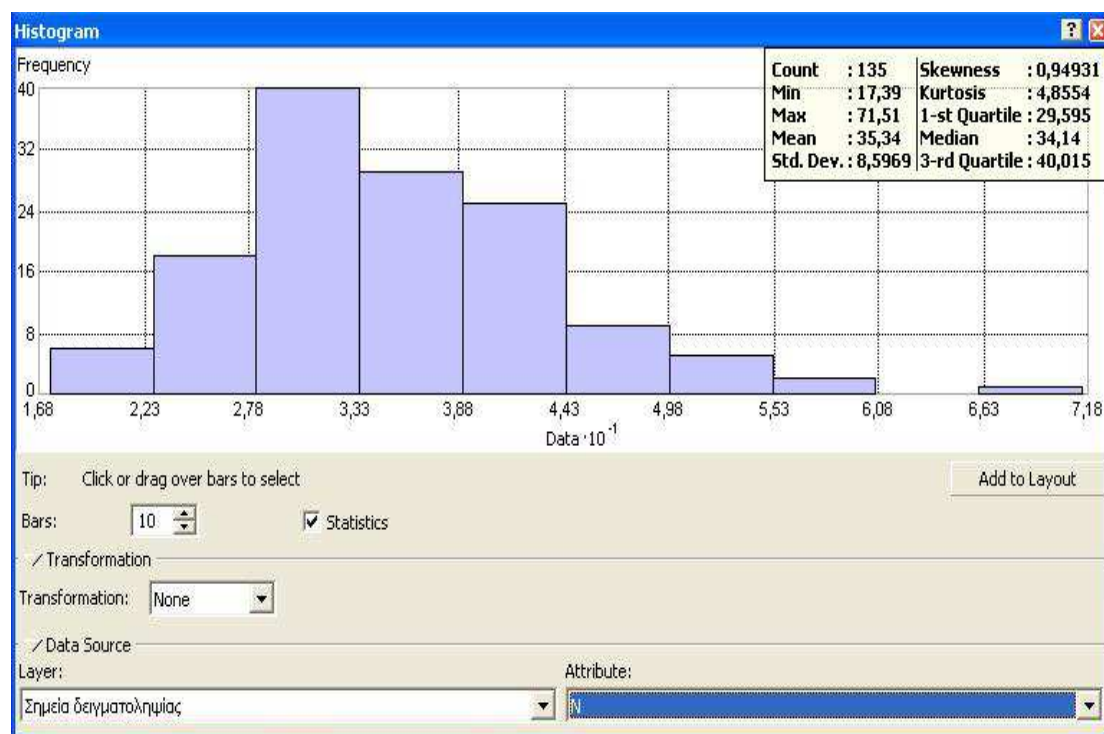
Η ανάλυση της τάσης (Trend Analysis) που παρουσιάζουν οι τιμές του ολικού N στο χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 3.64. Απο το διάγραμμα δεν διαπιστώθηκε τάση στην συγκεκριμένη περίπτωση.

Στην εικόνα 3.65 παρουσιάζεται το διάγραμμα της ημιπαραλλακτικότητας (semivariogram) των τιμών του ολικού N του εδάφους. Με τη βοήθεια του διαγράμματος αυτού γίνεται η προσαρμογή του καταλληλότερου προτύπου (μαθηματικού μοντέλου) που οδήγησε τελικά στη δημιουργία του χάρτη πρόβλεψης.

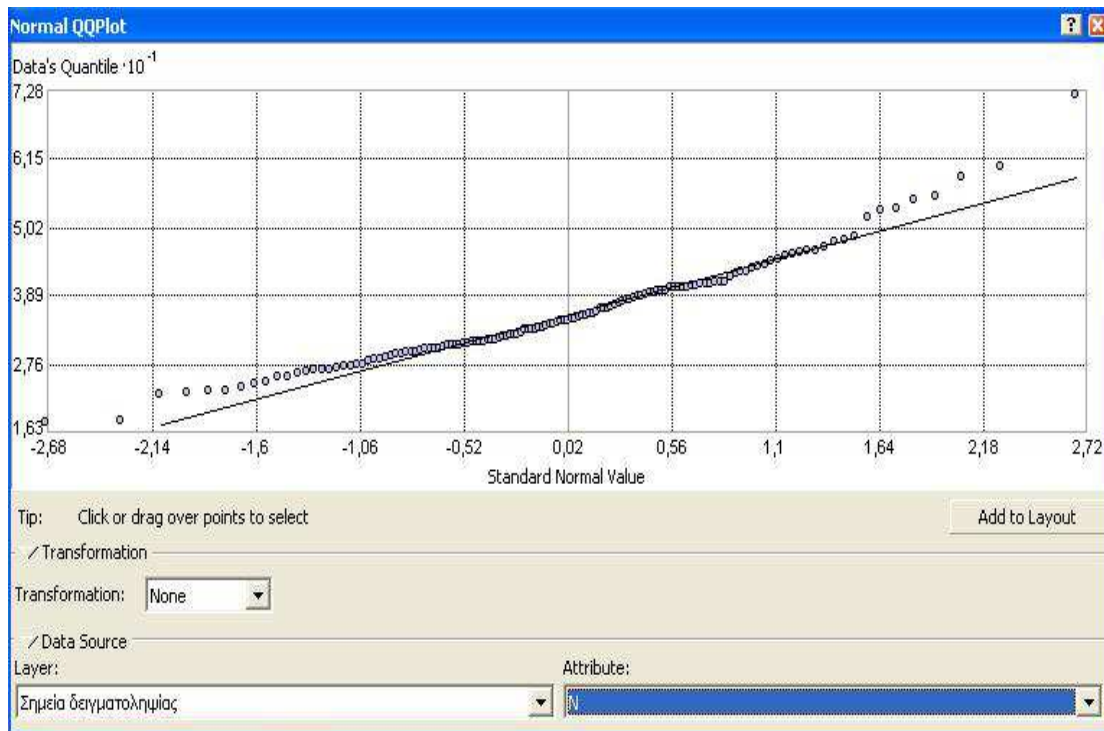
Το μαθηματικό πρότυπο το οποίο επελέγη ως καταλληλότερο ήταν το **Rational quadratic**.

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγέντος μαθηματικού προτύπου παρουσιάζεται στην εικόνα 3.66 (Cross Validation). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται οι μετρηθείσες αλλά και οι υπολογισθείσες, μέσω του μαθηματικού προτύπου, τιμές του ολικού N. Ο έλεγχος έγινε μετά από εξέταση των τιμών του μέσου όρου, του σφάλματος των τετραγώνων των μέσων τετραγώνων καθώς και του μέσου τυπικού σφάλματος.

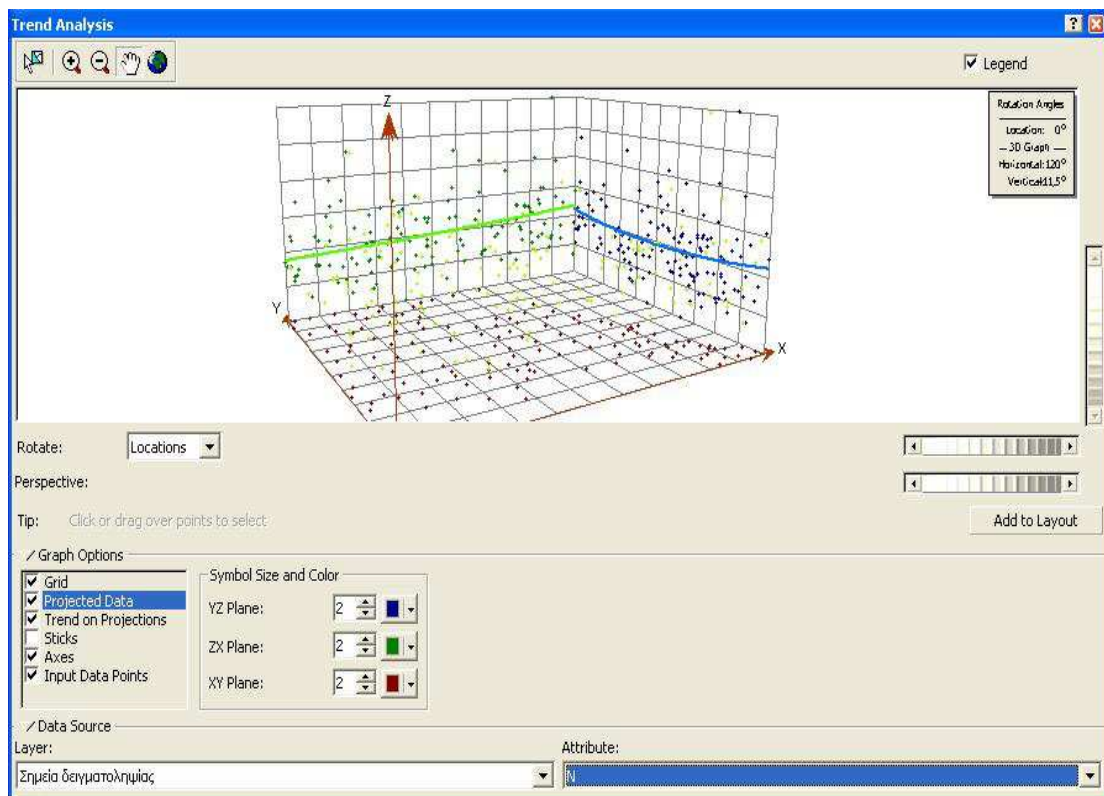
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ημιπαραλλακτικότητας, της διασποράς, της ανάλυσης τάσης, ο έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου μαθηματικού προτύπου και οι ψηφιακοί θεματικοί χάρτες των μελετηθέντων παραμέτρων.



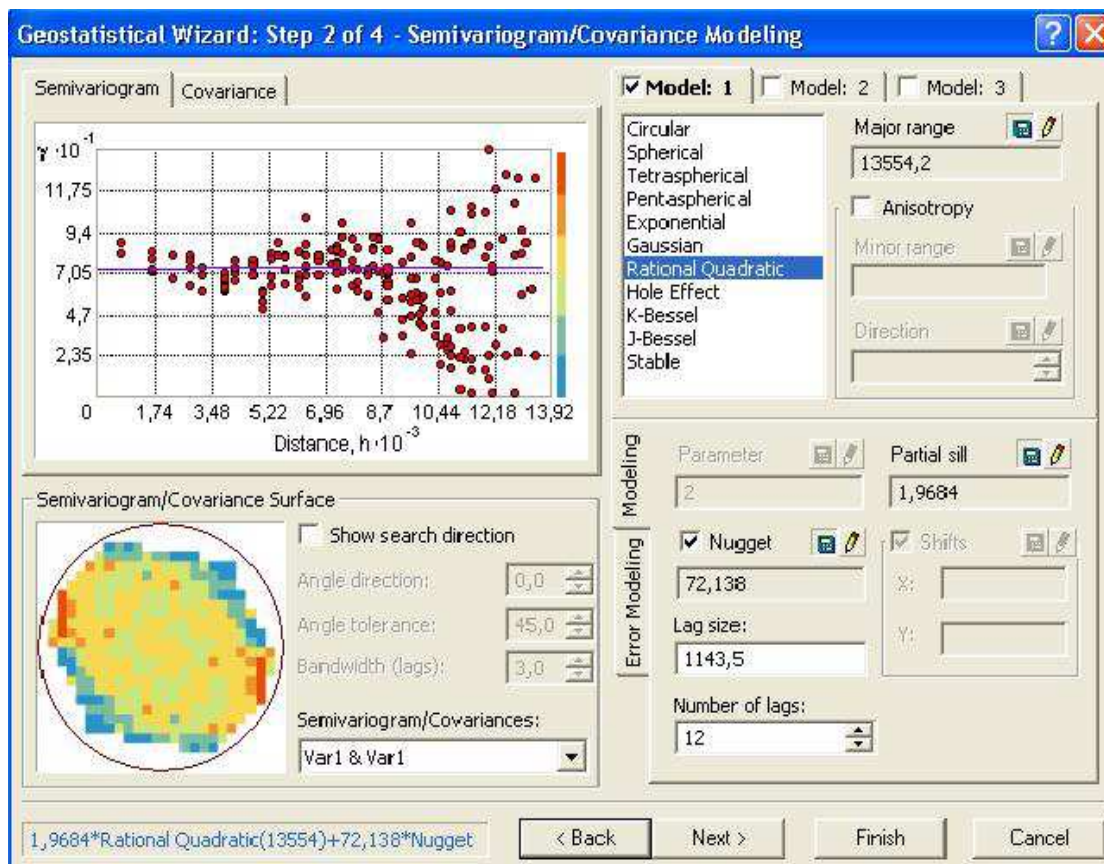
**Εικόνα 3.62** Στατιστικά στοιχεία



Εικόνα 3.63 Διασπορά των τιμών του ολικού N

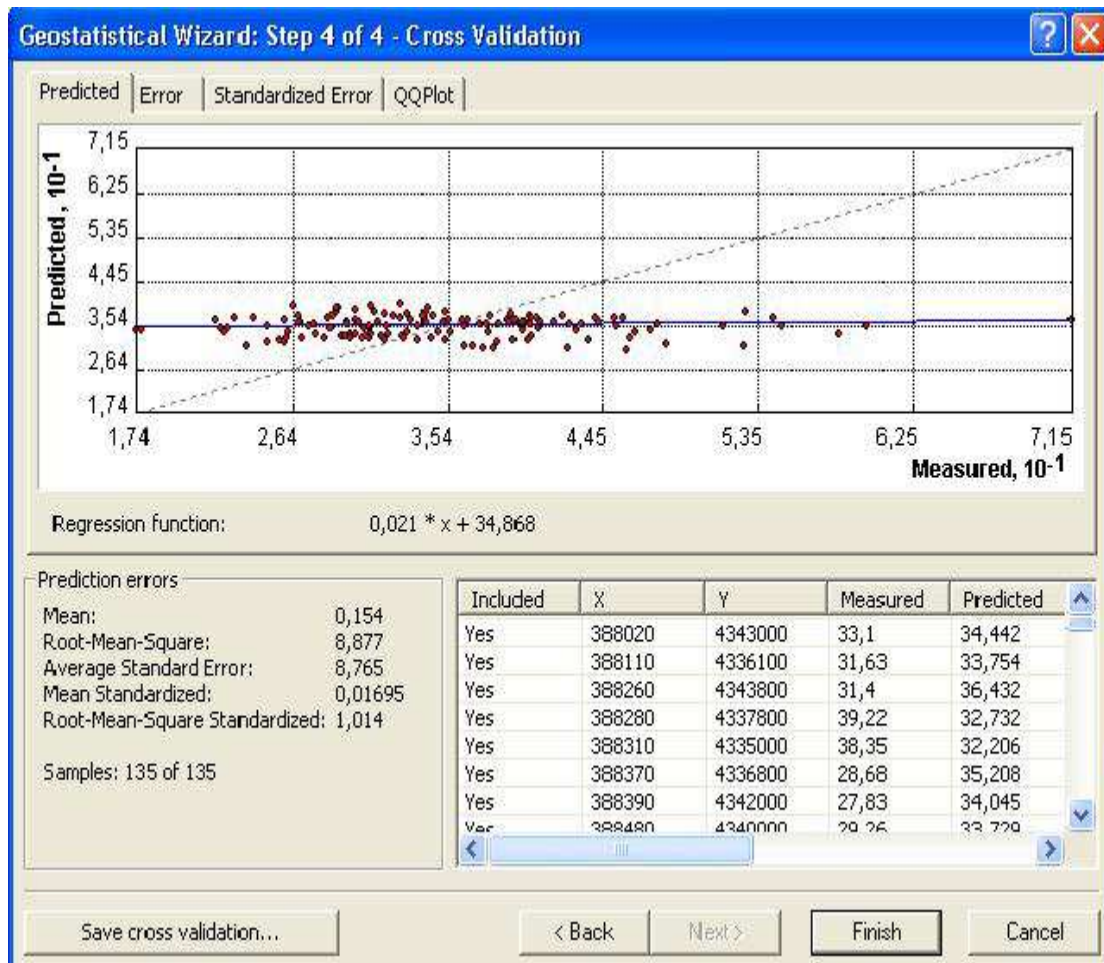


Εικόνα 3.64 Ανάλυση της τάσης των τιμών του ολικού N



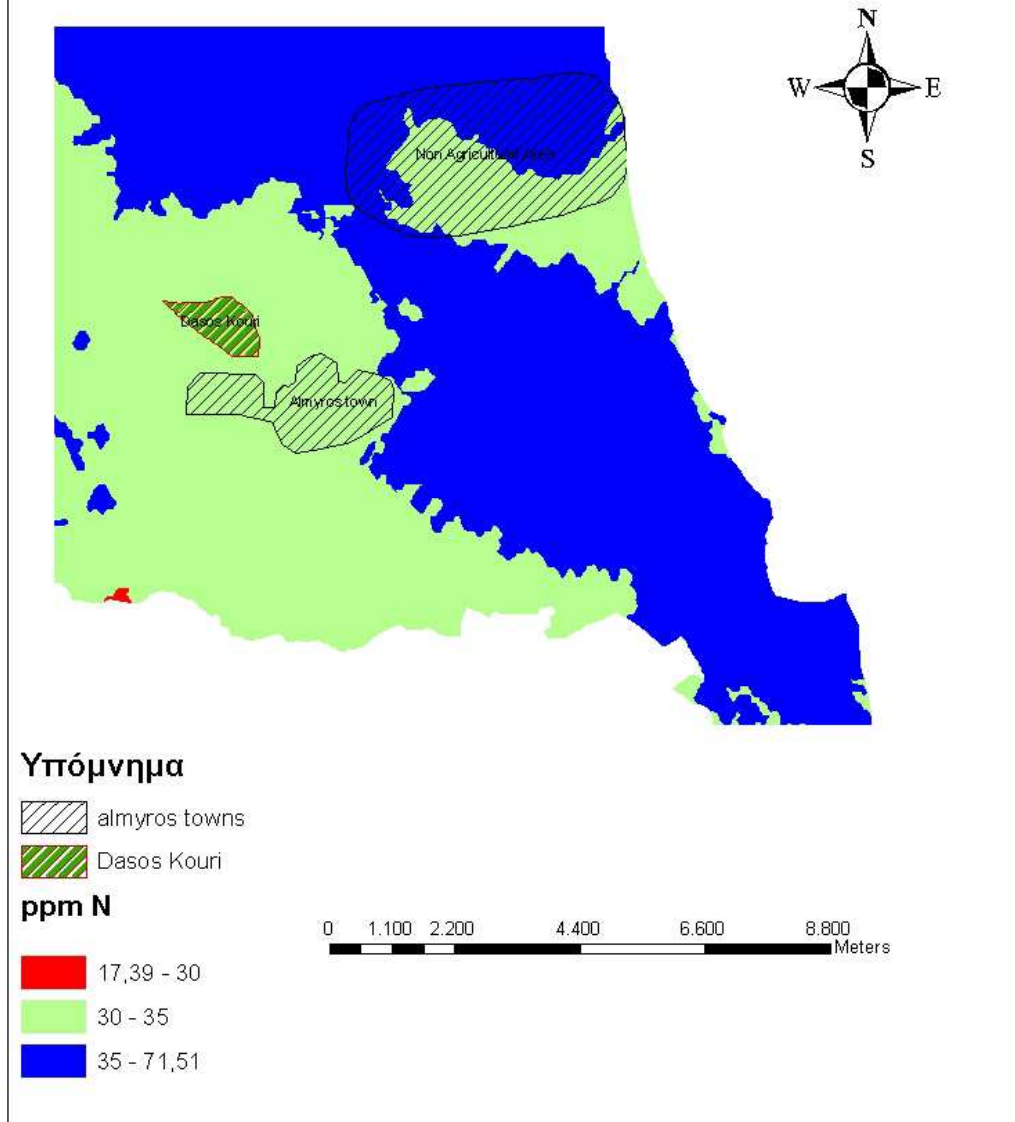
Εικόνα 3.65 Διάγραμμα της ημιπαράλλακτικότητας των τιμών του ολικού N





Εικόνα 3.66 Έλεγχος της αξιοπιστίας του επιλεγόμενου προτύπου βάση των τιμών του ολικού N

**Απεικόνιση χωρικής παραλλακτικότητας  
του ολικού N  
με Ordinary Kriging και μοντέλο Rational Quadratic**



**Εικόνα 3.67** Εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας της τιμής του ολικού N

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**



Η εκτίμηση ή πρόβλεψη των επιλεγμένων εδαφικών παραμέτρων στην περιοχή μελέτης, έγινε με τα Πρότυπα (Μοντέλα) του Γεωστατιστικού Αναλυτή του ΓΣΠ (GIS), ArcGiS v.9.2. Η Ανάλυση αυτή μας αποκάλυψε σημαντικές πληροφορίες για την χωρική παραλλακτικότητα των ιδιοτήτων του εδάφους.

1) Στην πεδιάδα του Αλμυρού υπάρχουν όξινα αλλά κυρίως ελαφρώς αλκαλικά εδάφη, τα τελευταία καταλαμβάνουν και μεγαλύτερη έκταση στρεμμάτων. Στο μεγαλύτερο ποσοστό τα δείγματα της περιοχής μελέτης είναι ελαφρώς αλκαλικά, καθώς το 65% των εδαφικών δειγμάτων έχουν τιμές pH που κυμαίνονται από 7,5-8,5. Ενώ αρκετά μεγάλο ποσοστό των εδαφικών δειγμάτων είναι ουδέτερα. Πιο συγκεκριμένα το 24,5% των εδαφικών δειγμάτων είναι ουδέτερα.

2) Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τα εδάφη του Αλμυρού κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα και κατά συνέπεια υπάρχει 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. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (59%) της περιοχής μελέτης παρουσιάζουν ηλεκτρική αγωγιμότητα από  $250 \mu\text{Scm}^{-1}$  έως  $750 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Η δημιουργία αλατούχων εδαφών σχετίζεται με την τοπογραφική και γεωγραφική θέση μιας περιοχής (Μήτσιος,1999).

3) Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι χαμηλή με εξαίρεση την περιοχή του όρμου της Σούρπης όπου και υπάρχει βαλτώδης περιοχή. Απο τα αποτελέσματα της οργανικής ουσίας, βρέθηκε ότι τα εδάφη της υπό μελέτη περιοχής περιέχουν κάτω από 1% σε οργανική ουσία σε ποσοστό περίπου 9% και κατατάσσονται στην κατηγορία των εδαφών με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφικών δειγμάτων (75%) περιέχουν ποσοστό από 1-2% και κατατάσσονται στην κατηγορία των εδαφών με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.

Αρκετά απο τα εδαφικά δείγματα προέρχονται από καλλιέργειες σίτου. Δυστυχώς η συνεχής καύση των φυτικών υπολειμμάτων των σιτηρών έχει προκαλέσει την μείωση της περιεκτικότητας των εδαφών σε οργανική ουσία.. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι θα πρέπει να ανησυχούμε όταν η οργανική ουσία πέσει κάτω από 0,5% και αυτό γιατί σημαίνει ότι το σύστημα της γεωργικής εκμετάλλευσης δεν είναι το σωστό και οδηγεί στην ταχεία εξάντληση των αποθεμάτων σε οργανική ουσία, με συνέπεια την χειροτέρευση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους (Κεραμίδας,1997).

4) Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (65%) της περιοχής έρευνας έχει χαμηλό ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου (0-2,5%) και βρίσκονται σε περιοχές με σχετικά χαμηλότερο pH.

5) Το μεγαλύτερο μέρος των εδαφών της πεδιάδας του Αλμυρού χαρακτηρίζονται ως αμμοαργιλοπηλώδη ενώ στην περιοχή του Αϊδίνιου υπάρχουν αργιλώδη εδάφη.

6) Η κατανομή των νιτρικών ιόντων έγινε με βάση την γεωστατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης με τον Γεωστατιστικό Αναλυτή του ΓΣΠ (GIS), ArcGiS v.9.2. Η περιεκτικότητα των νιτρικών ιόντων κυμαίνεται από 9,9 έως 52,54 ppm. Το 43% περίπου των δειγμάτων περιέχουν συγκέντρωση κάτω από 20 ppm. Το 25% περιέχει νιτρικά από 20-25 ppm ενώ 32% είναι μεγαλύτερο των 25 ppm με μέγιστη τιμή αυτή των 52,54 ppm. Ο μέσος όρος των νιτρικών ιόντων των δειγμάτων είναι 22,7 ppm. Τα κρίσιμα όρια συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό που έχουν θεσπιστεί σύμφωνα με Κοινοτική Οδηγία 91/676 της Ε.Ε. είναι 50 mg /L .Η εύκολη μετακίνηση των νιτρικών ιόντων που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα στα βαθύτερα

στρώματα της εδαφικής κατατομής εγκυμονεί κινδύνους. Στις Η.Π.Α. τα επιτρεπτά όρια των νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 10 mg/L, ( Environmental Protection Agency (EPA), 2006). Οι χάρτες δίνουν μια εκτίμηση της χωρικής παραλλακτικότητας των νιτρικών ιόντων της περιοχής και υποδεικνύουν τον κίνδυνο για πιθανή ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα εξαιτίας της εύκολης και γρήγορης έκπλυσης των νιτρικών.

7) Η κατανομή των νιτρωδών ιόντων έγινε με βάση την γεωστατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης (ArcGIS). Η περιεκτικότητα των νιτρωδών ιόντων κυμαίνεται από 0,36 έως 7,31 ppm. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (36%) περιέχουν συγκέντρωση 1-2 ppm νιτρωδών ιόντων. Παρόμοιο ποσοστό (32%) κατέχουν και τα δείγματα που έχουν συγκέντρωση 2-3 ppm. Χαμηλή συγκέντρωση 0-1 ppm έχει περίπου το 8% των δειγμάτων ενώ το υπόλοιπο 24% έχει συγκέντρωση μεγαλύτερη των 3 ppm. Στις Η.Π.Α. τα επιτρεπτά όρια των νιτρωδών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 1 mg/L, (Environmental Protection Agency (EPA),2006). Η ομάδα βακτηρίων Nitrobacter, οξειδώνει τα νιτρώδη ιόντα σε νιτρικά και η αντίδραση πραγματοποιείται ταχύτατα. Τα νιτρώδη ιόντα αποτελούν το ενδιάμεσο στάδιο της αντίδρασης μετατροπής της αμμωνίας σε νιτρικά ιόντα.

8) Τα εδάφη στα οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα καλλιεργούνται ως επί το πλείστον με καλλιέργειες υψηλών απαιτήσεων σε άζωτο (βαμβάκι, μηδική, σιτάρι κ.α.). Η περιεκτικότητα των αμμωνιακών ιόντων κυμαίνεται από 0,43 έως 6,43 ppm. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (46%) περιέχουν συγκέντρωση μέχρι 2 ppm αμμωνιακών ιόντων. Ποσοστό της τάξης του 40% κατέχουν και τα δείγματα που έχουν συγκέντρωση 2-3 ppm. Τέλος, συγκέντρωση πάνω από 3 ppm έχει περίπου το 14% των δειγμάτων. Η περιεκτικότητα του ολικού N κυμαίνεται από 17,39 έως 71,51 ppm. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων (46%) περιέχει συγκέντρωση μεγαλύτερη των 35 ppm με μέγιστη την τιμή των 71,51 ppm. Τα υπόλοιπα δείγματα κατανέμονται με το ίδιο περίπου ποσοστό (27%) σε συγκεντρώσεις από 0-30 και από 30-35 ppm.

9) 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. Επιβάλλεται να συνεχισθούν τα μέτρα για την αντιμετώπιση της νιτρορύπανσης και να παρακολουθείται η ποιότητα του ύδατος ύδρευσης στην ευρύτερη περιοχή.

10) Με τη δημιουργία των θεματικών χαρτών πραγματοποιήθηκε η απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των εδαφών.

Τα δεδομένα αυτά έχουν τη δυνατότητα να ανανεώνονται και να εμπλουτίζονται συνεχώς με νέα στοιχεία. Η βάση δεδομένων που παραδίδεται συνοδευτικά με την παρούσα μελέτη αποτελεί ένα εργαλείο για εδαφολογικά εργαστήρια αλλά και άλλους εμπλεκόμενους φορείς.

Νέες και ίσως πυκνότερες δειγματοληψίες, σε τακτά χρονικά διαστήματα, θα μπορούσαν να επαληθεύουν και να διορθώνουν συνεχώς τους ψηφιακούς χάρτες. Οι χάρτες αυτοί δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή σωστής λιπαντικής αγωγής και περιβαλλοντικών προγραμμάτων και γενικά την αειφορική διαχείριση των εδαφών της περιοχής.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Addiscott T.M., Whitmore A.P., Powelson D.S., "Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem", CAB International – World services to agriculture, 7 – 9.
- Αναλογίδης .Δ. Τα Γεωργικά λιπάσματα .Γεωργία-Κτηνοτροφία 9,1995
- Αναλογίδης Α. Δημήτριος 2000. Έδαφος θρεπτικά στοιχεία και φυτική παραγωγή. Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε. Αθήνα
- Αντωνόπουλος, Β., (2001) ποιότητα υδατικών πόρων και διαχρονικές μεταβολές της, Ποιότητα και Ρύπανση Υπόγειων Νερών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 355
- Bhatnagar P.R., Sharma B.R., (2002), Groundwater Pollution through Agricultural Practices and Agro Industries in India.
- 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.
- Burrough, P.A., 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford Science Publications.
- Γκαντίδης, Ν., Α. Σιώνης, Π. Κουκουλάκης (1989) Οι επιπτώσεις από τη χρήση των λιπασμάτων στο περιβάλλον, Τα χημικά λιπάσματα παρόν και μέλλον, Θεσσαλονίκη, Πρακτικά Ελληνικής Εδαφολογικής Εταιρίας.
- Γκίζας Δ. Δημιουργία χαρτών χωρικής παραλλακτικότητας Φωσφόρου και Βορίου με G.I.S. σε εδάφη της περιοχής Ελλασόνας. » Μεταπτυχιακή Διατριβή, Π.Μ.Σ. Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.,2004
- ΓΥΣ, 1995. Τοπογραφικοί Χάρτες.
- 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.
- Cressie N.A.C., 1993. Statistics for Spatial Data. J.Wiley & Sons Inc
- Davidson, D.A., S.P. Theocharopoulos, and R.J. Bloksma, 1992. A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies. Int. J. Geographical Information Systems. Vol. 8. no 4. pp 369-384.
- Deak, S. (1985). Quoted in WHO (1985). Health Hazards from nitrates in drinking water. Report on a WHO meeting. Copenhagen 5 – 9 March, 1984.

- Ελληνική Εδαφολογική Εταιρία (2000), το πρόβλημα με τα νιτρικά και η αντιμετώπιση του,σελ.12-13.
- 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.
- Eghball, B. and J. E. Gilley, 1999. Phosphorus and nitrogen in runoff following beef cattle manure or compost application. *J. Environ. Qual.* 28. pp. 1201-1210.
- Environmental Protection Agency (EPA),2006
- ESRI, (2001). What is ArcGIS? GIS by ESRI
- 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)
- Goovaerts P., 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biol. Fertil. Soils.* Vol 27. pp 315-334.
- Goovaerts P., 1999. Geostatistics in Soil Science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma* Vol.89, pp 1-45.
- Goovaerts P., 1999. Regional estimates of soil properties from local observations. *Computers & Geosciences.*Vol- .pp-
- Goovaerts P., 2000. Estimation or simulation of soil properties? An optimization problem with conflicting criteria. *Geoderma* Vol.97 pp 165-186.
- Groenigen J.W., 2000. The influence of variogram parameters on optimal sampling schemes for mapping by kriging. *Geoderma* Vol.97 pp 223-236.
- Ζαμπέκας, Π.Δ., 2003. Χρήση ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην εκτίμηση της γονιμότητας των εδαφών στα πλαίσια της Γεωργίας Ακριβείας. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Π.Μ.Σ. Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Θεριός,Ι.,1995 Ανόργανη Θρέψη και λιπάσματα, Πανεπιστημιακές παραδόσεις,Θεσσαλονίκη 1995
- Havlin, J. L., and J. D. Beaton. 1998. Soil fertility and fertilizers, 6th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Havlin, J.L. 2004. Impact of Management Systems on Fertilizer N Use Efficiency. In Mosier et al., (eds.) Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizer Use on Food Production and the Environment. SCOPE 65, p.167-178. Island Press, Washington, DC.

- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Nutrient Management: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition. 515 p. Pearson/Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.
- ΓΓΜΕ, 1983. Γεωλογικοί Χάρτες.
- Johnston, K., J.M. Ver Hoef, K. Krivoruchko, and N. Lucas, 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.
- Καρυώτης, Θ. et al. (2002), Πρόγραμμα Ελέγχου Μείωσης της Νιτρορύπανσης στη Θεσσαλία, σελ. 1-3,11.
- Κεραμίδας Β., Σημειώσεις του μαθήματος «Γονιμότητας Εδαφών», Θεσσαλονίκη 1997
- Κόλλια – Κουσουρή Β. Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα – Σημειώσεις Διδασκαλίας, Αθήνα, 2004.
- Lloyd C.D., Atkinson P.M., 2001. Designing optimal sampling configurations with ordinary and indicator kriging. *Computers & Geosciences*. Vol.27 pp 929-937
- MAFF, 1988. Fertilizer Recommendations. Reference Book 209. HMSO, London.
- McBratney A.B., Webster R., 1986. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal of Soil Science* Vol.37, pp 617-639.
- 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. 2nd edition. Agronomy. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI
- Μέλφου, Αικ. (2000) Ρύπανση υδάτων με νιτρικά, διδακτορική διατριβή Παραγωγικότητα στην ελληνική Γεωργία και περιβαλλοντικοί περιορισμοί: Η περίπτωση της νιτρορύπανσης, σελ 10.
- 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, Ι.Κ., (1994). Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες. Πανεπιστημιακή έκδοση, Βόλος
- Μήτσιος, Ι.Κ., 1996. Αλατούχα και Αλκαλιωμένα (με Νάτριο) Εδάφη. Ποιοτική Κατάταξη των νερών Αρδευσης. Αθήνα.
- Μήτσιος, Ι.Κ., 1999. Εδαφολογία, Εκδόσεις Zymel.

- Μήτσιοι, Ι.Κ., 2000. Σύγχρονες τάσεις της εδαφολογικής επιστήμης. Ποιότητα εδάφους, GIS, τηλεπισκόπηση, διαχείριση εδαφικών πόρων. Πρακτικά ημερίδας Εδαφολογικοί χάρτες του Ν. Λάρισας. Λάρισα.
- Μήτσιοι Ι.Κ., Μ.Γ. Τούλιος, Α. Χαρούλης, Φ. Γάτσιοι και Στ. Φλωράς, 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην Περιοχή Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel.
- Μήτσιοι, Ι.Κ., 2004. Γονιμότητα Εδαφών, Θρεπτικά στοιχεία φυτών (μακροθρεπτικά μικροθρεπτικά) και Βαρέα μέταλλα Μέθοδο και Εφαρμογές. Εκδόσεις Zymel
- Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Methods of soil analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties. ASA-SSSA. USA.
- Rowell, D.L., 1995. Soil Science. Methods and Applications, Longman Group, UK., Chapter 10.
- Russel, E.W., 1973. Soil Conditions and Plant Growth. Longman.
- Scott, C., L. D. Geohring and M. F. Walter, 1998. Water quality impacts of tile drains in shallow, sloping, structured soils as affected by manure applications. Appl. Eng. Agric. 14. pp. 599-603.
- Σετάτου Ε.Β. και Σιμώνης Α.Δ., 1992 Αποτελεσματικότητα αζώτου- Παράγοντες που την επηρεάζουν και τρόποι βελτίωσης της. Προσρόφηση –δέσμευση αμμωνίας και αμμωνίου στο έδαφος
- 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.
- 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.
- Stevenson, F. J. and M. A. Cole, 1999. Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Συλλαίος Ν., Γήτας Ι., Συλλαίος Γ., 2003. Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα Γ.Σ.Π.
- Theocharopoulos S.P., M. Karagianni – Christou, P. Galtzogianni, P. Papadopoulos, C. Paschalides, P. Dimitropoulos and G. Antonopoulos, 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).
- Τζώρτζιος Ι. Στέργιος, (1997). Εισαγωγή στον γεωργικό πειραματισμό. Βόλος, 1997
- Voltz M., P. Lagacherie and X. Louchart, 1997. Predicting Soil Properties over a region using sample information from a mapped reference area. *European Journal of Soil Science*. Vol.48. pp 19-30. BSSS.
- Westervalt, J.D., and H.F. Reetz, 2000. GIS in Site-Specific Agriculture, Intersate Publishers Inc., pp 64.

Wild, A. Russell's Soil Conditions and Plant Growth 11<sup>th</sup> edn. Longman, London. 1988.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, (2003) Κώδικας Ορθής Γεωργικής

Πρακτικής για την προστασία των νερών από την νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης

<http://www.minagric.gr/greek/data/apof200300.doc>

Η οδηγία 91/676/ΕΟΚ, (1991), Πρόγραμμα μείωσης της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης.

<http://www.minagric.gr/greek/data/axonas3.3.1.2.doc>

Young & Gray, 1978 Data acquisition and evaluation of groundwater pollution by nitrates, pesticides, and disease-producing bacteria, Environmental Geology Volume 5, Number 1 / March, 1983 pp 11-18

Φλωράς Σταμάτης (2009), Παραδόσεις του μαθήματος Τηλεπισκόπηση (RS), Βόλος 2009.

Φλωράς Σταμάτης (2009). Παραδόσεις του μαθήματος «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών»  
Π.Μ.Σ. Εργαστήριο Εδαφολογίας Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**





TOMEΣ	(X)	(Ψ)	pH (1:1)	EC (μS/cm)	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	CaCO3 (%)	ΑΜΜΟΣ	ΙΑΥΣ	ΑΡΓΙΛΙΟΣ	TEXTURE
1	391490	4341712	7,3	419	1,1	0,44	40,16	13,28	46,56	clay
2	390311	4341612	6,85	175	0,9	1,22	54,24	23,2	22,56	sandy clay loam
3	389868	4341401	6,95	412	1,39	0,44	40,16	19,28	40,56	clay
4	389321	4341813	8,3	455	1,53	4,84	26,96	21,92	51,12	clay
5	388388	4341962	7,47	457	1,19	0,44	42,24	25,2	32,56	clay loam
6	388022	4342965	8,09	627	2,2	15,4	44,24	21,2	34,56	clay loam
7	388260	4343760	7,9	670	1,26	6,16	38,24	17,2	44,56	clay
8	389889	4343754	8,15	602	0,8	0,88	36,88	19,36	43,76	clay
9	390593	4343322	8,1	507	2,05	1,76	34,96	21,92	43,12	clay
10	389248	4342371	7,29	356	1,73	0,44	36,88	19,84	43,28	clay
11	390869	4342662	7,81	531	1,16	1,32	36,16	15,28	48,56	clay
12	391975	4342286	8,03	567	1,63	6,6	48,24	15,2	36,56	sandy clay
13	391550	4343188	7,79	409	2,77	1,34	59,6	18,56	21,84	sandy clay loam
14	391309	4343816	7,5	403	2	0,44	48,16	25,28	26,56	sandy clay loam
15	391845	4343498	8,06	390	2,03	2,12	46,43	19,49	34,08	sandy clay loam
16	396388	4343586	8,21	406	2,06	2,42	44,88	17,84	37,28	clay loam
17	395070	4343485	8,4	380	1,49	8,8	48,95	19,86	31,19	sandy clay loam
18	394045	4343460	7,05	515	2,26	6,6	56,16	25,28	18,56	sandy loam
19	393520	4343367	8,4	211	1,16	8,36	58,96	21,92	19,12	sandy loam
20	392959	4342905	7,45	372	0,79	0,88	38,24	19,2	42,56	clay
21	392251	4342304	8,4	339	1,49	2,2	38,88	15,84	45,28	clay
22	392693	4341640	7,15	608	1,03	2,2	49,18	18,36	32,46	sandy clay loam
23	392407	4341053	7,27	550	0,96	0,88	54,16	17,28	28,56	sandy clay loam
24	391466	4338347	7,9	78	1,16	1,64	54,88	19,28	25,84	sandy clay loam

25	391402	4339245	7,83	159	0,7	0,22	52,06	20,44	27,5	sandy clay loam
26	391334	4340650	6,63	205	0,99	1,34	58,16	21,28	20,56	sandy clay loam
27	390333	4340399	7,31	239	1,07	1,2	48,31	20,2	31,49	sandy clay loam
28	389377	4340238	7,67	165	1,09	1,44	47,45	20,33	32,22	sandy clay loam
29	388480	4340042	7,34	266	1,33	0,44	46,43	21,57	32	clay loam
30	389151	4339653	7,85	228	1,06	0,88	46,16	17,28	36,56	clay loam
31	389752	4338759	6,8	203	0,66	1,2	56,24	17,2	26,56	sandy clay loam
32	388535	4339054	6,1	226	0,86	1,24	48,88	25,84	25,28	sandy clay loam
33	388860	4338420	6,03	470	1,36	1,78	58,16	23,28	18,56	sandy loam
34	390459	4338298	5,65	201	2,4	2,34	44,24	27,2	28,56	clay loam
35	390700	4339537	7,8	189	0,9	0,44	52,88	21,36	25,76	sandy clay loam
36	392351	4340446	6,09	101	1,26	0,66	56,24	7,2	36,56	sandy clay
37	392789	4338899	7,35	193	0,79	1,3	54,24	23,2	22,56	sandy clay loam
38	393276	4340153	7,74	212	0,99	0,44	45,6	22,56	31,84	clay loam
39	395315	4340017	6,96	337	1,06	1,46	54,88	19,28	25,84	sandy clay loam
40	395785	4339091	7,74	218	2	0,44	49,75	20,44	29,81	sandy clay loam
41	395074	4338478	7,4	360	1,29	0,88	49,6	28,4	22	sandy clay loam
42	394427	4338173	7,4	290	1,1	1,23	49,6	20,56	29,84	sandy clay loam
43	394048	4338825	6,77	472	1,9	1,45	56,24	21,2	22,56	sandy clay loam
44	394229	4339607	6,55	378	1,13	0,88	46,24	17,2	36,56	clay loam
45	394965	4339376	7,64	294	1,33	1,34	54,24	15,2	30,56	sandy clay loam
46	395756	4339689	8,1	59	1,29	0,66	46,88	19,36	33,76	sandy clay loam
47	396646	4339959	8,17	615	1,7	2,5	49,9	21,83	28,27	sandy clay loam
48	397497	4340699	7,8	504	1,06	1,76	54,16	23,28	22,56	sandy clay loam
49	397715	4339514	7,7	435	1,86	9,02	40,96	31,92	27,12	loam

50	397173	4339127	7,3	312	1,63	4,4	36,88	13,84	49,28	clay
51	396586	4338288	8,2	147	1,39	3,4	49,36	22,4	28,24	sandy clay loam
52	398043	4338450	8,3	283	1,57	2,5	48,97	23,73	27,3	sandy clay loam
53	398453	4338668	8,2	496	2,06	5,28	46,16	25,28	28,56	clay
54	388282	4337844	5,43	202	1,23	1,16	52,88	23,28	23,84	sandy clay loam
55	389696	4337669	7,41	189	1,36	0,44	52,16	21,28	26,56	sandy clay loam
56	389889	4337336	5,58	243	1,16	0	54,16	25,28	20,56	sandy clay loam
57	389199	4337163	7,13	321	1,96	0	58,16	19,28	22,56	sandy clay loam
58	388369	4336841	6,3	333	1,1	0	52,24	19,2	28,56	sandy clay loam
59	388105	4336107	8,15	294	1,76	2,42	46,88	9,84	43,28	sandy clay
60	390720	4336780	5,89	154	1,19	0	52,88	33,36	13,76	loam
61	389882	4336269	8,2	258	1,86	25,08	46,24	21,2	32,56	clay loam
62	389028	4335845	8,4	293	1,73	14,52	54,16	11,28	34,56	sandy clay loam
63	388513	4335483	8,19	178	1,33	12,32	38,88	15,84	45,28	clay
64	389350	4335390	8,33	365	1,66	27,28	44,88	21,36	33,76	clay loam
65	390106	4335361	7,8	493	2,26	0,88	42,16	23,28	34,56	clay
66	390879	4335904	7,9	442	1,43	1,54	42,16	21,28	36,56	clay loam
67	391597	4335212	8,4	306	1,03	13,2	42,88	19,36	37,76	clay loam
68	391544	4335931	8,2	289	2,26	21,78	46,96	23,92	29,12	sandy clay loam
69	391604	4336270	7,57	323	1,73	5,28	46,24	25,2	28,56	sandy clay loam
70	391547	4336859	7,37	237	1,54	0	49,23	21,28	29,49	sandy clay loam
71	393959	4337570	8,28	311	1,92	1,1	54,88	13,28	31,84	sandy clay loam
72	394265	4337015	8,25	285	1,39	2,2	52,88	13,28	33,84	sandy clay loam
73	393024	4336362	7,94	440	1,46	7	48,9	20,53	30,57	sandy clay loam
74	392704	4335774	8,4	240	2,51	12,76	28,88	25,84	45,28	clay

75	392512	4335286	6,82	404	1,95	19,36	44,88	11,28	43,84	sandy clay
76	393523	4335831	7,55	101	1,66	0	52,88	19,28	27,84	sandy clay loam
77	393550	4335320	5,96	100	1,67	6,2	49,68	19,32	31	sandy clay loam
78	394036	4336419	6	39	1,23	0	54,88	19,84	25,28	sandy clay loam
79	394109	4335580	6,79	228	1,19	0,001	54,88	19,28	25,84	sandy clay loam
80	393891	4335081	8,27	275	1,23	1,32	44,96	25,92	29,12	clay loam
81	388309	4335006	8,4	225	1,8	23,32	38,96	29,92	31,12	clay loam
82	389802	4334337	8,11	355	1,49	17,24	46,78	20,62	32,6	sandy clay loam
83	390877	4334464	8,4	274	1,54	23,12	47	20,29	32,71	sandy clay loam
84	391705	4333889	8,4	202	1,13	40,92	58,88	25,28	15,84	sandy loam
85	392702	4333350	8,1	288	1,49	1,98	60,96	21,92	17,12	sandy loam
86	392888	4334201	8,4	372	2,4	2,86	57,6	16,56	25,84	sandy clay loam
87	393471	4334530	8,3	422	3,77	18,26	50,96	17,92	31,12	sandy clay loam
88	394032	4334950	6,89	103	1,59	2,1	48,91	19,12	31,97	sandy clay loam
89	395497	4335693	6,43	380	1,19	0	48,88	17,28	33,84	sandy clay loam
90	395136	4336424	7,34	196	1,24	0,88	48,88	21,36	29,76	sandy clay loam
91	395418	4337162	8,31	290	1,31	0,44	51,26	19,76	28,98	sandy clay loam
92	395226	4337770	7,9	459	1,06	2,2	58,88	17,36	23,76	sandy clay loam
93	396606	4336415	5,4	560	1,63	0,88	44,88	17,28	37,84	clay loam
94	396606	4337286	7,73	395	1,56	0,7	49,6	20,56	29,84	sandy clay loam
95	397922	4337958	7,85	438	1,53	6,6	62,88	21,84	15,28	sandy loam
96	398731	4337584	7,85	687	1,6	2,2	48,16	31,28	20,56	loam
97	398943	4337236	8,4	218	1,39	1,98	45,6	36,56	17,84	loam
98	397748	4336346	7,9	174	1,4	0,88	41,6	18,56	39,84	clay loam
99	396836	4335694	6,8	256	1,26	0	46,88	21,84	31,28	sandy clay loam

100	395642	4334259	8,4	305	1,9	20,2	50,99	20,71	28,3	sandy clay loam
101	396736	4334080	7,78	465	1,39	19,8	44,24	15,2	40,56	clay
102	398150	4333990	7,74	1430	2,6	22,88	60,88	19,36	19,76	sandy clay loam
103	397693	4335358	7,5	208	1,1	0,44	49,6	24,56	25,84	sandy clay loam
104	398688	4336128	7,8	517	1,09	2,42	48,88	31,84	19,28	loam
105	399149	4336385	7,9	478	1,16	2,2	52,96	25,92	21,12	sandy clay loam

106	399438	4336585	8,25	300	1,63	0,88	52,88	21,84	25,28	sandy clay loam
107	399691	4336475	8,2	183	1,56	1,76	46,16	31,28	22,56	loam
108	399374	4336416	8,08	435	1,46	1,76	56,88	19,84	23,28	sandy clay loam
109	399745	4335553	8,25	1116	1,96	0,88	26,16	43,28	30,56	clay loam
110	399250	4335989	8,4	517	1,83	0,44	52,88	25,28	21,84	sandy clay loam
111	398574	4335247	6,5	150	1,26	0,44	52,88	33,12	14	loam
112	398961	4335026	8	189	1,8	1,32	64,96	17,92	17,12	sandy loam
113	399435	4334572	8,4	248	1,86	4,84	57,6	26,56	15,84	sandy loam
114	399937	4334549	7,9	277	2,5	7,92	52,88	21,84	25,28	sandy clay loam
115	399248	4334275	8,4	375	2,7	28,16	34,88	35,28	29,84	clay loam
116	399195	4333763	8,4	969	2,6	26,4	46,16	29,28	24,56	loam
117	398825	4333545	8,02	188	2,67	1,54	36,96	13,92	49,12	clay
118	398482	4334206	7,26	359	1,66	0,66	54,88	23,84	21,28	sandy clay loam
119	398470	4334884	7,4	1772	1,78	1,32	48,24	24,33	27,43	clay loam
120	397403	4334668	5,89	101	1,7	0,44	48,86	21,14	30	sandy clay loam
121	399860	4334060	7,9	2280	4,04	32,34	44,88	21,36	33,76	clay loam
122	400289	4334319	8,16	2380	5,2	14,96	65,6	10,56	23,84	sandy clay loam
123	400359	4333770	8,27	2500	1,74	18,92	70,88	11,36	17,76	sandy loam

124	400432	4333410	6,8	1347	4,7	25,96	46,88	11,84	41,28	sandy clay
125	400639	4333604	8,38	3190	2,57	7,04	52,24	21,2	26,56	sandy clay loam
126	400642	4333314	8,18	600	2,8	12,3	46,83	20,06	33,11	sandy clay loam
127	400944	4333158	7,69	801	2,33	0	34,24	17,2	48,56	clay
128	400923	4332479	7,6	504	1,93	3,3	50,88	17,28	31,84	sandy clay loam
129	400403	4332631	8,17	675	2,33	1,76	36,16	21,28	42,56	clay
130	399998	4333064	8,1	447	1,96	2,86	30,96	17,92	51,12	clay
131	399639	4332959	8,2	1485	2,6	21,78	32,96	21,92	45,12	clay
132	399800	4332271	8,4	521	1,33	1,76	34,16	17,28	48,56	clay
133	401082	4332074	7,9	475	2,03	3,96	26,88	31,84	41,28	clay
134	401744	4332432	7,93	131	0,96	1,32	78,16	11,28	10,56	sandy loam
135	401640	4332975	7,77	2118	1,9	3,08	36,88	33,28	29,84	clay loam





TOMEΣ	(X)	(Ψ)	NO2(mg/kg )	NO3(mg/kg )	NH4(mg/kg )	N (mg/kg )
1	391490	4341712	3,01	27,32	2,35	42,48
2	390311	4341612	3,42	26,43	6,43	47,16
3	389868	4341401	1,26	27,43	2,63	40,72
4	389321	4341813	1,37	18,6	3,81	30,91
5	388388	4341962	1,54	17,34	2,53	27,83
6	388022	4342965	1,56	19,45	4,45	33,10
7	388260	4343760	1,99	18,34	3,82	31,40
8	389889	4343754	2,54	14,78	3,32	26,83
9	390593	4343322	2,2	42,32	1,45	59,76
10	389248	4342371	1,87	27,3	0,43	38,48
11	390869	4342662	3,32	26,64	0,54	39,65
12	391975	4342286	2,98	29,54	1,35	44,03
13	391550	4343188	1,45	22,1	3,6	35,30
14	391309	4343816	0,88	21,4	3,2	33,12
15	391845	4343498	1,26	20,3	2,4	31,15
16	396388	4343586	0,65	25,6	2,78	37,74
17	395070	4343485	2,64	23,1	1,58	35,52
18	394045	4343460	0,5	22,4	1,94	32,29
19	393520	4343367	2,5	31,5	1,64	46,33
20	392959	4342905	1,3	29,3	2,45	42,97
21	392251	4342304	1,82	22,36	2,2	34,29
22	392693	4341640	2,2	17,36	3,2	29,59
23	392407	4341053	0,36	18,36	2,63	27,76
24	391466	4338347	2,36	18,35	2,88	30,67
25	391402	4339245	2,36	19,35	1,46	30,12
26	391334	4340650	1,88	22,73	2,2	34,85
27	390333	4340399	1,53	19,63	1,53	29,50
28	389377	4340238	1,63	20,37	1,77	30,90
29	388480	4340042	1,35	19,63	1,53	29,26
30	389151	4339653	1,64	22,73	1,56	33,71
31	389752	4338759	1,99	19,35	2,1	30,47
32	388535	4339054	1,45	32,8	2,73	48,07
33	388860	4338420	1,59	9,9	1,89	17,39
34	390459	4338298	2,2	16,3	1,63	26,17
35	390700	4339537	0,36	15,69	1,15	22,36
36	392351	4340446	1,59	23,6	2,2	35,61
37	392789	4338899	2,36	28,9	1,36	42,41
38	393276	4340153	0,59	23,5	2,2	34,18
39	395315	4340017	1,1	42	1,59	58,10
40	395785	4339091	2,1	15,6	2,3	26,00

41	395074	4338478	1,36	32	0,69	44,27
42	394427	4338173	1,56	19,6	4,01	32,72
43	394048	4338825	1,89	22	2,1	33,79
44	394229	4339607	0,96	15,6	4,15	26,92
45	394965	4339376	1,15	13,6	2,23	22,07
46	395756	4339689	1,58	18,6	3,6	30,91
47	396646	4339959	1,26	18,9	0,96	27,46
48	397497	4340699	2,2	22	1,15	32,96
49	397715	4339514	2,36	15,6	1,23	24,95
50	397173	4339127	1,78	23,8	1,47	35,17
51	396586	4338288	1,56	27,8	1,58	40,22
52	398043	4338450	2,2	23,6	2,2	36,40
53	398453	4338668	2,56	14,8	1,25	24,19
54	388282	4337844	2,58	26,5	1,09	39,22
55	389696	4337669	3,5	29,5	0,58	43,65
56	389889	4337336	2,6	30,2	2,56	45,97
57	389199	4337163	2,3	18,88	2,67	31,01
58	388369	4336841	2,14	17,39	2,53	28,68
59	388105	4336107	2,47	19,5	2,36	31,63
60	390720	4336780	3,5	18,5	2,45	31,79
61	389882	4336269	0,96	36,5	3,04	52,65
62	389028	4335845	1,38	14,56	1,59	22,79
63	388513	4335483	1,58	19,89	2,05	30,58
64	389350	4335390	1,47	25,8	1,56	37,48
65	390106	4335361	2,58	16,3	0,89	25,70
66	390879	4335904	3,56	17,8	1,52	29,74
67	391597	4335212	0,36	16,3	0,69	22,56
68	391544	4335931	1,25	18,4	1,1	26,98
69	391604	4336270	2,01	24,5	0,59	35,23
70	391547	4336859	1,25	26,3	1,58	37,87
71	393959	4337570	2,3	27,8	0,85	40,24
72	394265	4337015	1,59	19,5	1,15	28,91
73	393024	4336362	1,45	11,56	0,65	17,76
74	392704	4335774	1,56	23,5	1,45	34,46
75	392512	4335286	3,5	28,7	3,04	45,81
76	393523	4335831	0,89	20,9	1,15	29,82
77	393550	4335320	3,7	24,14	2,99	40,08
78	394036	4336419	3,54	23,64	2,74	38,90
79	394109	4335580	2,56	26,5	1,54	39,78
80	393891	4335081	3,5	14,5	2,1	26,13
81	388309	4335006	2,5	24,5	2,5	38,35
82	389802	4334337	1,89	23,5	2,96	36,86
83	390877	4334464	2,6	14,35	2,3	25,03

84	391705	4333889	2,54	13,58	2,14	23,74
85	392702	4333350	1,68	25,76	1,93	38,18
86	392888	4334201	1,64	24,69	1,68	36,41
87	393471	4334530	2,48	16,3	1,26	26,05
88	394032	4334950	2,45	20,6	1,59	32,03
89	395497	4335693	1,68	19,36	1,74	29,61
90	395136	4336424	1,36	26,3	2,36	39,03
91	395418	4337162	3,2	25,6	1,45	39,33
92	395226	4337770	2,13	32,64	1,89	47,66
93	396606	4336415	2,04	31,25	1,74	45,54
94	396606	4337286	3,02	36,25	2,93	54,86
95	397922	4337958	2,98	34,21	2,34	51,39
96	398731	4337584	1,75	21,89	1,98	33,31
97	398943	4337236	2,47	25,8	2,36	39,82
98	397748	4336346	2,01	22	2,58	34,57
99	396836	4335694	3,6	17,5	0,88	28,57
100	395642	4334259	4,7	19,6	0,95	32,83
101	396736	4334080	3,6	15,64	2,54	28,31
102	398150	4333990	3,44	14,85	2,36	26,85
103	397693	4335358	2,4	22,98	2,78	36,61
104	398688	4336128	2,29	21,46	2,51	34,14
105	399149	4336385	1,88	25,7	2,99	39,74
106	399438	4336585	1,68	24,36	2,64	37,28
107	399691	4336475	1,99	19,35	1,99	30,33
108	399374	4336416	1,55	18,69	1,88	28,76
109	399745	4335553	4,1	24,9	1,98	40,27
110	399250	4335989	3,95	23,47	1,73	37,90
111	398574	4335247	3,6	26,5	1,24	40,74
112	398961	4335026	3,1	24,7	3,1	40,17
113	399435	4334572	5,4	32,2	4,2	54,34
114	399937	4334549	4,2	27,4	3,1	45,11
115	399248	4334275	2,53	19,53	2,41	31,81
116	399195	4333763	3,41	25,35	1,35	39,14
117	398825	4333545	3,26	17,53	2,35	30,08
118	398482	4334206	7,31	18,35	2,25	36,28
119	398470	4334884	3,62	24,35	3,25	40,59
120	397403	4334668	4,63	18,42	1,52	31,94
121	399860	4334060	6,42	14,98	2,43	30,98
122	400289	4334319	0,41	19,53	0,45	26,51
123	400359	4333770	1,37	52,54	1,1	71,51
124	400432	4333410	2,54	18,45	2,16	30,10
125	400639	4333604	4,52	25,34	2,53	42,11
126	400642	4333314	3,81	33	3,71	52,68

127	400944	4333158	2,46	17,35	2,47	28,96
128	400923	4332479	2,45	18,35	4,4	32,76
129	400403	4332631	1,42	18,43	2,54	29,11
130	399998	4333064	5	19	2,19	34,05
131	399639	4332959	2,78	27,45	1,8	41,64
132	399800	4332271	3,64	28,93	2,2	45,20
133	401082	4332074	4,18	24,38	1,99	39,72
134	401744	4332432	2,99	27,37	2,9	43,24
135	401640	4332975	2,64	13	2,2	23,19

## **Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων**

### **1. Προσδιορισμός του pH-EC**

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982).

### **Αντιδραστήρια και όργανα.**

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

### **Βαθμονόμηση pH-μέτρου (Crison).**

Το pH-μετρο βαθμονομείται με τη βοήθεια των ρυθμιστικών διαλυμάτων με τιμές pH=7 και pH=4 σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

### **Μέθοδος.**

Στο ποτήρι ζέσεως των 100 mL φέρονται 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστίθενται 30 mL αποσταγμένου ύδατος. Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιείται ανάδευση για χρονικό διάστημα 10 λεπτών. Το αιώρημα αφήνεται προς εξισορρόπηση. Στη συνέχεια εισάγεται το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου στο ανώτερο τμήμα του υδατικού αιωρήματος εδάφους και λαμβάνεται η μέτρηση αφού σταθεροποιηθεί το όργανο.

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. Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας

Χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη μέθοδος των Nelson and Sommers (1982).

### Όργανα - σκεύη

- Κωνικές ευρύλαιμες φιάλες των 500mL
- Ζυγός ακριβείας δύο δεκαδικών ψηφίων
- Σιφώνια 20mL, 10mL, 1mL
- Προχοΐδα

### Αντιδραστήρια

-Πρότυπο διάλυμα  $K_2Cr_2O_7$ , 1N. Ζυγίστηκαν 49,04g  $K_2Cr_2O_7$ , το οποίο είχαν προηγουμένως ξηραθεί στους 1050°C για 1 ώρα και διαλύθηκαν σε αποσταγμένο νερό. Μεταφέρθηκαν στη συνέχεια σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL 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 αραιώση μέχρι όγκου 1000 mL.

Για την συγκέντρωση του αντιδραστηρίου γίνονταν έλεγχος πριν τη χρήση, με τιτλοδότηση με 10mL διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N.

-Δείκτης ο-φαινανθρολίνης, η οποία είχε συμποκοποιηθεί 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 αραιώση σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL με αποσταγμένο νερό.

## Μέθοδος

Ζυγίστηκαν 0,2-1,0g 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 διασπαρθεί το δείγμα πλήρως στο διάλυμα. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 20mL πυκνού  $H_2SO_4$ . Η φιάλη ανακινήθηκε για ένα λεπτό και αφέθηκε 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 μπλε σε κόκκινο. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε και ο τυφλός προσδιορισμός της κανονικότητας του πρότυπου τιτλοδότη,  $FeSO_4$  0,5N. Όταν γίνονταν αναγωγή από τον οργανικό άνθρακα περισσότερο από 75% των ιόντων  $Cr_2O_7^{2-}$ , τότε ο προσδιορισμός επαναλαμβάνονταν χρησιμοποιώντας μικρότερη ποσότητα εδαφικού δείγματος.

### Υπολογισμοί

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 :

$\text{Ολικός Οργανικός C, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.0039)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$
$\text{Οργανική Ουσία, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.0067)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$

### 3. Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης του εδάφους

Χρησιμοποιείται η μέθοδος κοκκομετρικής ανάλυσης με το υδρόμετρο του Βουγιούκου. Τα εδαφικά δείγματα διέρχονται αρχικά από κόσκινο διαμέτρου 2mm.

#### Μέθοδος

Ζυγίζονται 50g ξηρού εδάφους σε ποτήρι βρασμού των 600mL και προτίθενται 50mL διασπορικού διαλύματος του 6-μεταφοσφορικού νατρίου. Μετά από 2 ώρες προστίθεται απιονισμένο ύδωρ μέχρι τα 500mL. Ακολουθεί ανάδευση με μια ράβδο και το δείγμα παραμένει για 24 ώρες, σε σταθερές συνθήκες, για να ολοκληρωθεί η διασπορά. Στη συνέχεια, το δείγμα μεταφέρεται στο μηχανικό αναδευτήρα για καλύτερη διασπορά. Η διάρκεια της ανάδευσης είναι 15 λεπτά της ώρας για τα ελαφριά έως μέτριας σύστασης εδάφη ή 30 λεπτά της ώρας για τα βαριά αργιλώδη εδάφη.

Το δείγμα μεταφέρεται από τον μηχανικό αναδευτήρα στο γυάλινο κύλινδρο Βουγιούκου ύψους 47cm, στον οποίο έχουν ειδή προστεθεί μικρή ποσότητα ύδατος. Τοποθετείται κατόπιν το πυκνόμετρο και ο κύλινδρος συμπληρώνεται με απιονισμένο ύδωρ μέχρι την χαραγή των 1130 mL.

Τα αιώρημα αναδεύεται με χειροκίνητο αναδευτήρα 20 φορές με δυνατές, παλινδρομικές κατά τον άξονα του κυλίνδρου κινήσεις, μέχρι να ομογενοποιηθεί το αιώρημα.

Αμέσως, μετά σημειώνεται η πρώτη μέτρηση του πυκνομέτρου και του θερμομέτρου. Το αιώρημα παραμένει σε ηρεμία και η δεύτερη μέτρηση σημειώνεται μετά από δύο ώρες.

Αν η A είναι η πρώτη ένδειξη μετά από 40 δευτερόλεπτα και B η δεύτερη ένδειξη μετά από δύο ώρες τότε:

$$A = (\text{Ιλύς} + \text{Άργιλος}) \%$$

$$B = \text{Άργιλος} \%$$

$$\text{Άρα } A-B = \text{Ιλύς} \% \text{ και } 100 - A = \text{Άμμος} \%$$

## Υπολογισμοί

A) Προσδιορισμός του ποσοστού % της άμμου

$$\% \text{ άμμου} = 100 - 2 (A \pm \Delta 1)$$

όπου A = πρώτη ανάγνωση πυκνομέτρου

$\Delta 1$  = συντελεστής διόρθωσης της πρώτης ανάγνωσης του πυκνομέτρου που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της πρώτης θερμομέτρησης και λαμβάνεται από ειδικό πίνακα.

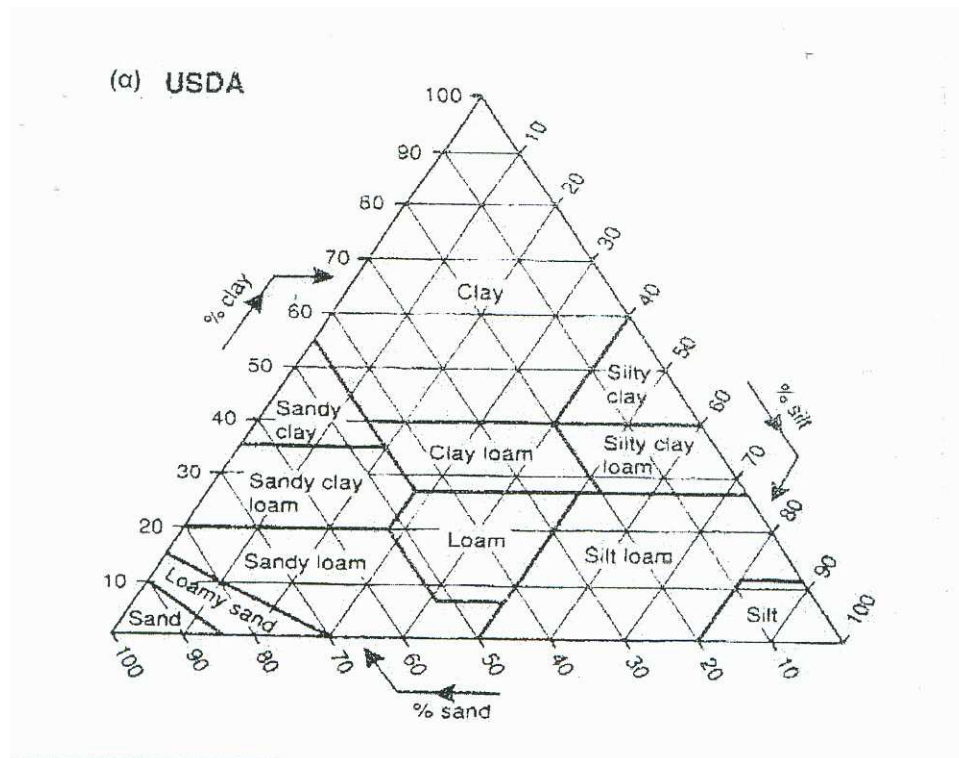
B) Προσδιορισμός του ποσοστού % της αργίλου

$$\% \text{ αργίλου} = 100 - 2 (B \pm \Delta 2)$$

όπου B = δεύτερη ανάγνωση πυκνομέτρου

$\Delta 2$  = συντελεστής διόρθωσης της δεύτερης ανάγνωσης του πυκνομέτρου που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της πρώτης θερμομέτρησης και λαμβάνεται από ειδικό πίνακα.

Γ) Η Ίλύς υπολογίζεται, αν αφαιρεθεί το άθροισμα των ποσοστών άμμου και αργίλου από το 100. Ο τύπος του εδάφους προσδιορίζεται από το τριγωνικό διάγραμμα μηχανικής σύστασης των εδαφών κατά USDA.



Εικόνα Π1 Τρίγωνο μηχανικής σύστασης (USDA)

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

Περιγραφή του οργάνου της ιοντικής χρωματογραφίας με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων



Το όργανο είναι του κατασκευαστικού οίκου της Metrohm (Εικόνα Π2) και αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το κύριο όργανο ενώ το δεύτερο είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με το απαραίτητο λογισμικό πρόγραμμα.

Το κύριο μέρος αποτελείται από τρία κομμάτια

- Το βασικό θάλαμο, που περιέχει τις στήλες ιοντοανταλλαγής των ανιόντων, των κατιόντων και του σεληνίου.
- Τις αντλίες του ύδατος (753 Suppressor Module) και της κινητής φάσης (709 IC Pump)
- Τον ανιχνευτή αγωγιμόμετρο (732 IC Detector) .

Ο συγκεκριμένος ιοντικός χρωματογράφος μπορεί να προσδιορίσει συγκεντρώσεις με ακρίβεια της τάξης των ppb (αναλογία στο δισεκατομμύριο) τα εξής ιόντα: λίθιο, νάτριο, αμμώνιο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, φθόριο, βρώμιο, χλώριο, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά, θειικά καθώς επίσης και διάφορες μορφές του σεληνίου. Τα όρια ανίχνευσης για τα ανωτέρω στοιχεία είναι μεταξύ 10 και 30  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι υψηλής καθαρότητας χωρίς άλλες προσμίξεις. Το ύδωρ είναι κι αυτό υψηλής καθαρότητας και παράγεται από την ειδική συσκευή του εργαστηρίου (Εικόνα Π3).

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.



**Εικόνα Π2** Το όργανο της ιοντικής χρωματογραφίας του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



**Εικόνα Π3** Συσκευή παραγωγής ύδατος υψηλής καθαρότητας

## **Χημικά αντιδραστήρια**

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

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

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 υπερκάρθο νερό (Neal et. al., 2003).

## **Προσδιορισμός των Νιτρικών και Νιτρωδών Ιόντων σε εδαφικά δείγματα με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας**

Τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα προσδιορίστηκαν σε εκχύλισμα που παρασκευάζεται αναμιγνύοντας έδαφος και ύδωρ σε αναλογίες 1:1 και 1:5 (Methods of Soil Analysis, 2000). Η αξιοπιστία της μεθόδου στηρίζεται στη μεγάλη διαλυτότητα στο ύδωρ των νιτρικών ιόντων.

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

Ο προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων έγινε με ροή εκλουστικού διαλύματος 0,8 mL min<sup>-1</sup> και με τιμή πίεσης 37-40 bar. Πολλοί ερευνητές προτείνουν μεγαλύτερες ροές για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Βρέθηκε όμως από δοκιμές που έγιναν στο εργαστήριο με πρότυπα διαλύματα ότι η ιδανικότερη τιμή είναι 0,8 mL min<sup>-1</sup> για εδάφη. Αυτό συμβαίνει γιατί το συγκεκριμένο όργανο χρειάζεται περισσότερο χρονικό διάστημα για να ανιχνεύσει και να προσδιορίσει με ακρίβεια τις συγκεντρώσεις χωρίς να χάσει κάποια ποσότητα δείγματος.

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

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

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

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 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.

Η μέτρηση των νιτρικών ιόντων πραγματοποιήθηκε με χημική καταστολή (μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκλουστικού διαλύματος) δηλαδή με τη χρησιμοποίηση αραιού διαλύματος θεικού οξέος, έτσι ώστε μετά από αυτή τη διαδικασία το εκλουστικό διάλυμα είχε ηλεκτρική αγωγιμότητα  $14 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ανάμεσα στη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας και στη μέθοδο της στήλης του επιχαλωμένου 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 επιχαλωμένου καδμίου. Η μέθοδος προσδιορισμού των νιτρικών ιόντων με την ιοντική χρωματογραφία αποδείχτηκε επίσης πιο αξιόπιστη για μικρές τιμές συγκεντρώσεων από αυτή της στήλης καδμίου.

#### **Παρασκευή πρότυπων υδατικών διαλυμάτων των ανιόντων.**

Πρότυπα διαλύματα ανιόντων  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  (ppm)

Τα πρότυπα αυτά 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).

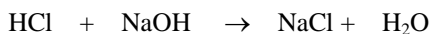
Τα πυκνά διαλύματα φυλάσσονταν σε φιάλες από πολυαιθυλένιο σε θερμοκρασία 4oC. Πριν από κάθε μέτρηση παρασκευάζονταν σειρά πρότυπων διαλυμάτων, μεταφέροντας σε ογκομετρικές φιάλες των 100mL τις κατάλληλες ποσότητες του πυκνού διαλύματος και συμπληρώνοντας με εκλουστικό διάλυμα μέχρι τη χαραγή. Τα διαλύματα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

#### **5. Προσδιορισμός ανθρακικού ασβεστίου**

Η μέθοδος προσδιορισμού του ανθρακικού ασβεστίου σε δείγματα εδάφους στηρίζεται στην αντίδραση με διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης HCl και ογκομέτρηση της περίσσειας ποσότητας του HCl με διάλυμα NaOH. Η αντίδραση η οποία πραγματοποιείται είναι η εξής:



Απο τη στοιχειομετρία της παραπάνω αντίδρασης προκύπτει ότι 1 mol ανθρακικού ασβεστίου αντιδρά πλήρως με 2 mols υδροχλωρικού οξέος. Η περίσσεια του διαλύματος υδροχλωρικού οξέος ογκομετρείται με διάλυμα καυστικού νατρίου, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το τέλος της αντίδρασης προσδιορίζεται με αλλαγή του χρώματος του δείκτη φαινολοφθαλείνη απο άχρωμο σε έντονο ρόζ.

#### **Αντιδραστήρια**

- Διάλυμα HCl 2M
- Διάλυμα NaOH 0,1 M
- Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης

#### **Μέθοδος**

10 γραμμάρια αεροξηραθέντος εδάφους μεταφέρονται σε κωνική φιάλη των 250 ml και προστίθενται με σιφόνιο 20 ml διαλύματος HCl 2M. Μετά το τέλος της παραγωγής του αερίου CO<sub>2</sub> (φυσαλίδες) ακολουθεί θέρμανση της φιάλης για 10 περίπου λεπτά. Μετά την ψύξη της φιάλης μεταφέρεται με διήθηση το περιεχόμενο αυτής σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml η οποία και συμπληρώνεται μέχρι την χαραγή με απεσταγμένο ύδωρ.

Με σιφόνιο μεταφέρονται 10 ml του παραπάνω διαλύματος σε κωνική φιάλη των 250 ml , προστίθενται 50 ml απεσταγμένου ύδατος, λίγες σταγόνες δείκτη και ακολουθεί ογκομέτρηση με διάλυμα NaOH 0,1 M μέχρι να εμφανιστεί το έντονο ρόζ χρώμα.

Για να αποφευχθούν πιθανά σφάλματα η ογκομέτρηση επαναλαμβάνεται με άλλα 10 ml του παραπάνω διαλύματος.

## **6. Προσδιορισμός του ολικού αζώτου-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> στο έδαφος με την μέθοδο Kjeldahl.**

### **Αρχή της μεθόδου**

Η μέθοδος του προσδιορισμού του ολικού αζώτου % βασίζεται στη διαδικασία υγρής πέψης – καύσης του αζώτου του εδάφους (ή των φυτικών ιστών των σπόρων, των τροφίμων) και τη μετατροπή του σε άμμωνιο (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) με την κατεργασία πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> σε υψηλές θερμοκρασίες. Η παραγόμενη NH<sub>3</sub> με απόσταξη μετά τη δέσμευση της με βορικό οξύ προσδιορίζεται με τιτλοδότηση HCl.

Τα στάδια υγρής καύσης – απόσταξης , ροής – τιτλοδότησης παρουσιάζονται με τις ακόλουθες χημικές αντιδράσεις:

### **Λειτουργία της συσκευής Kjeldahl**

Η συσκευή Kjeldahl αποτελείται απο 3 κύρια μέρη:

- Τη μονάδα απόσταξης
- Το σύστημα υγρής καύσης πέψης
- Τη συσκευή τιτλοδότησης με 0,1 M HCl.

Η συσκευή είναι σε λειτουργία μετά τη ρύθμιση του συστήματος υγρής καύσης στους 420 °C και τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στην αντίστοιχη φωτεινή ένδειξη. Η προετοιμασία του δείγματος στην υγρή καύση για έδαφος (μάζα δείγματος 0,49) ή μάζα φυτικού ιστού 0,2g γίνεται ξύραση των δειγμάτων σε ειδικό χαρτί (114°C για 24 ώρες).

Στη συνέχεια με τον φωτινό διακόπτη, ανοίγεται η μονάδα απόσταξης και ρυθμίζεται η λειτουργία της ανάλογα με την εκτίμηση της ποσότητας του ολικού αζώτου που περιέχει το δείγμα (έδαφος, φυτικοί ιστοί, σπόροι, τρόφιμα κ.α.) Για την μέτρηση του ολικού αζώτου (%) σε δείγματα εδάφους ή φυτικούς ιστούς ρυθμίζονται οι ενδείξεις στην μονάδα απόσταξης.

Οι ενδείξεις του πίνακα της συσκευής αποσταξης αλλάζουν ανάλογα με το είδος των δειγμάτων για ανάλυση.

## Μέθοδος

### Αντιδραστήρια και όργανα

Διάλυμα NaOH 40% (W/V). Διαλύονται 400 g στερεού NaOH σε ένα λίτρο αποσταγμένου ύδατος με συνεχή ανάδευση. Προσοχή, η αντίδραση είναι εξώθερμη και παράγεται ενέργεια, για το λόγο αυτό πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.

Διάλυμα πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (περίπου 98% WN)

Διάλυμα HCl, 0,1 M. Το διάλυμα παρασκευάζεται ως εξής: Επειδή 1mol HCl =36,5 g και το HCl έχει πυκνότητα  $d=1,19 \text{ g ml}^{-1}$  και συγκέντρωση 37%, τα  $(3,65 \times 100)/37=9,865 \text{ g HCl}$  που αντιστοιχούν σε  $9,865 \text{ g}/1,19 \text{ g ml}^{-1} = 8,28 \text{ ml HCl}$  του εμπορίου. Τα 8,28 mL HCl του εμπορίου διαλύονται σε 1L αποσταγμένου ύδατος.

Δείκτης Methyl-red. Διαλύονται 100 mg methyl-red σε 100 ml αιθανόλης 99% (WN).

Δείκτης bromocresol-green. Διαλύονται 100mg bromocresol-green 100 ml αιθανόλης 99% (WN)

Καταλύτης Kjeldahl. Ταμπλέτες σεληνίου (Se)

Διάλυμα Βορικού οξέος 4%. Διαλύονται 40 g βορικού οξέος σε 100 ml αποσταγμένο ύδωρ. Η διάλυση του βορικού οξέος επιτυγχάνεται με βρασμό και στη συνέχεια το διάλυμα αραιώνεται μέχρι όγκου 900 ml. Το διάλυμα αυτό αφήνεται μέχρι να κρυώσει και στη συνέχεια προστίθεται 10 ml δείκτης bromocresol-green και 7 ml δείκτης methyl-red. Συμπληρώνεται μέχρι όγκου 1L με αποσταγμένο ύδωρ και το διάλυμα αυτό αναδεύεται προσεκτικά. Κατόπιν μεταφέρονται 25 ml διαλύματος βορικού οξέος σε κωνική φιάλη και προστίθεται 100 ml αποσταγμένο ύδωρ. Αν το διάλυμα αυτό είναι ακόμα κόκκινο τιτλοδοτείται με 0,1 M NaOH μέχρι να αποκτήσει ουδέτερο γκρι χρώμα. Ο υπολογισμός της ποσότητας του 1 M NaOH για τη ρύθμιση του διαλύματος του βορικού οξέος 4% σε 1L γίνεται ως εξής:

$$\text{ml } 1,0 \text{ M NaOH} = \text{ml } 0,1 \text{ M NaOH τιτλοδότησης} * 4$$

Την ποσότητα του 1 M NaOH όπως υπολογίστηκε, προστίθεται στο διάλυμα του βορικού οξέος και αναμιγνύεται καλά.

Συσκευή Kjeldahl

## **Μέθοδος**

### **Υγρή καύση-πέψη**

Μετά την προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων (αεροξήρανση), δείγμα εδάφους μάζας 0,29 (<2mm) τοποθετείται στον ειδικό σωλήνα πέψης (Kjeldahl) της υγρής καύσης με μια ταμπλέτα σεληνίου. Στη συνέχεια στο σωλήνα προστίθενται 7 ml πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και αναδεύεται με προσοχή το περιεχόμενο. Οι σωλήνες πέψης τοποθετούνται στο σύστημα απαγωγής και ανοίγεται η μέγιστη ροή του αέρα για να γίνει η καύση με έντονο ρυθμό. Κατόπιν το σύστημα απαγωγής με τους σωλήνες της υγρής καύσης-πέψης τοποθετείται στην συσκευή που έχει προθερμανθεί στους 420 °C.

Η πέψη συνεχίζεται για 3-4 min με τη μέγιστη ροή απαγωγής και στη συνέχεια ρυθμίζεται η απαγωγή ώστε να περιέχονται ελάχιστοι καπνοί οι προερχόμενοι από την καύση του δείγματος με πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, για να ελεγχθεί η καύση. Προσοχή, οι σωλήνες Kjeldahl να βρίσκονται σε επαφή με τις υποδοχές θέρμανσης. Η υγρή καύση συνεχίζεται για 20-45 min μέχρις ότου το υγρό γίνει διαυγές. Αφαιρείται το σύστημα απαγωγής και οι σωλήνες τοποθετούνται στην ειδική βάση (stand) για ψύξη πλησίον της συσκευής πέψης. Μετά τη ψύξη των σωλήνων πέψης προστίθενται σε κάθε ένα σωλήνα 75ml χλιαρό αποσταγμένο ύδωρ και αναδεύεται καλά. Στην περίπτωση που το περιεχόμενο των σωλήνων Kjeldahl είναι πολύ θερμό και προστεθεί αποσταγμένο ύδωρ η αντίδραση θα είναι πολύ γρήγορη με αποτέλεσμα να χαθεί ποσότητα του υλικού του δείγματος με την εξαέρωση της αμμωνίας. Αντίθετα, στην περίπτωση που το περιεχόμενο των σωλήνων πέψης είναι πολύ ψυχρό, κατά την προσθήκη του αποσταγμένου ύδατος θα πραγματοποιηθεί καταβύθιση των αλάτων.

Τα άλατα αυτά, πρέπει να διαλυθούν και για το λόγο αυτό οι σωλήνες θερμαίνονται όταν τοποθετηθούν στις υποδοχές θέρμανσης για μικρό χρονικό διάστημα μέχρις ότου το διάλυμα γίνει διαυγές.

### **Απόσταξη**

Η συσκευή απόσταξης ρυθμίζεται αφού προστεθούν 25 ml διαλύματος βορικού οξέος 4% σε κάθε φιάλη υποδοχής της συσκευής απόσταξης. Η συσκευή απόσταξης είναι εφοδιασμένη με ειδικές μαγνητικές αντλίες εφοδιασμού του NaOH 40% (ALKALI) και αποσταγμένου ύδατος (water). Το πρόγραμμα της συσκευής απόσταξης ρυθμίζει τις ποσότητες του NaOH (ALKALI), το χρόνο απόσταξης (DELAY) και το χρόνο ατμού (STEAM). Οι σωλήνες που είναι στη βάση ψύξης (stand) μεταφέρονται στην ειδική βάση βρασμού για απόσταξη.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για το τυφλό ή λευκό (blank). Προσοχή, η πόρτα ασφαλείας να κλείνεται καλά κατά την έναρξη της απόσταξης που ολοκληρώνεται και σταματάει αυτόματα, απομακρύνονται οι σωλήνες πέψης από την υποδοχή βρασμού. Με το πέρας της απόσταξης η συσκευή απόσταξης καθαρίζεται με 75 ml αποσταγμένο ύδωρ στο σωλήνα Kjeldahl ακολουθώντας την ίδια διαδικασία.

### **Τιτλοδότηση**

Μετά την απόσταξη, το απόσταγμα τιτλοδοτείται με διάλυμα HCl 0,1 M στη συσκευή τιτλοδότησης (digitrate). Η ογκομέτρηση αρχίζει με το τυφλό (blank) και σημειώνονται τα ml του οξέος που καταναλώθηκαν για κάθε δείγμα για το μεταχρωματισμό από διαυγές πράσινο σε έντονο ερυθρό χρώμα (pink). Η ίδια διαδικασία ακολουθείται μετά την απόσταξη κάθε δείγματος όλων των

σωλήνων Kjeldahl.

### Υπολογισμοί

Η ποσότητα του ολικού αζώτου(%) υπολογίζεται ως εξής:

$14,01 * \text{ml HCl για την ογκομέτρηση δείγματος} - 0,1 * \text{mL 0.1 M HCl τυφλού}$

$$N = \frac{\text{-----}}{\text{gr δείγματος} * 10}$$