

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ**  
**ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Προσδιορισμός της συγκέντρωσης βορίου σε εδάφη του Νομού Λαρίσης  
(περιοχή Ελασσόνας) και απεικόνιση των αποτελεσμάτων με τα  
Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π) Geographical  
Information System (G.I.S.)

Μαλκάκης Κωνσταντίνος

Επιβλέπων καθηγητής : Ι. Μήτσιος



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 3879/1  
Ημερ. Εισ.: 30-08-2004  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2004  
ΜΑΛ

ΒΟΛΟΣ 2004

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Προσδιορισμός της συγκέντρωσης βορίου σε εδάφη του Νομού Λαρίσης  
(περιοχή Ελασσόνας) και απεικόνιση των αποτελεσμάτων με τα  
Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π) Geographical  
Information System (G.I.S.)

Μαλκάκης Κωνσταντίνος

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Ι. ΜΗΤΣΙΟΣ  
Επιβλέπων

Χ. ΓΟΥΛΑΣ  
Μέλος

Ν. ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ  
Μέλος

**ΒΟΛΟΣ 2004**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου Ι. Μήτσιο για τις πολύτιμες και χρήσιμες υποδείξεις στη διαδικασία της συγγραφής της παρούσας πτυχιακής διατριβής καθώς και για την αμέριστη στήριξη του στην διάρκεια όλης της πορείας μέχρι και την συγγραφή. Τον ευχαριστώ ιδιαίτερα διότι με την πλούσια επιστημονική του κατάρτιση και την σωστή του μεθοδολογία με βοήθησε γενικά στον τομέα της έρευνας, στην κατανόηση και στην εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης τους καθηγητές Χ. Γούλα και Ν. Δαναλάτο για τα ενδιαφέροντα σχόλια, τις παρατηρήσεις και την διόρθωση της πτυχιακής μου διατριβής.

Θα ήταν παράλειψη μου να μην ευχαριστήσω την διδάκτορα Ε. Γκόλια για τον πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσε, για την στήριξη και καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την πραγματοποίηση τόσο του πειραματικού μέρους όσο και κατά τη συγγραφή της πτυχιακής μου διατριβής, καθώς και τον διδάκτορα Φ. Γάτσιο για τις χρήσιμες υποδείξεις του.

Στους γονείς μου  
Γεώργιο και Κυριακή  
και στον αδερφό μου Ευάγγελο

# Περιεχόμενα

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	<b>1</b>
<b>1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b>	<b>2</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
1.2 ΤΟ ΒΟΡΙΟ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	4
1.2.1 ΜΟΡΦΕΣ ΒΟΡΙΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	6
1.2.2 ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΚΟΛΛΟΕΙΔΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	7
1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	9
1.3 Α) ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	9
1.3 Β) ΤΥΠΟΣ ΑΡΓΙΛΟΥ	10
1.3 Γ) ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΡΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	10
1.3 Δ) ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	10
1.3 Ε) ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	11
1.3 ΣΤ) ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	11
1.3 Ζ) ΦΥΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	11
1.3 Η) ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	12
1.4 ΕΔΑΦΗ ΜΕ ΜΙΚΡΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΒΟΡΙΟ	12
1.5 ΤΟ ΒΟΡΙΟ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	13
1.5.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΒΟΡΙΟ	16
1.5.2 ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΑΣ ΒΟΡΙΟΥ	18
1.5.3 ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΩΝ ΒΟΡΙΟΥ	24
1.5.4 ΛΙΠΑΝΣΕΙΣ ΜΕ ΒΟΡΙΟ	24
1.5.5 ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΒΟΡΙΟΥ	26
1.6 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ - ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (ΓΠΣ) GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS)	31
1.6.1 ΧΡΗΣΗ GIS ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ	35
1.6.2 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΞΟΙΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ	40
1.6.3 Η ΧΡΗΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	40
1.6.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΝΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	42
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	<b>44</b>
2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΡΗ	44
2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ	44
2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	44
2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ	44
2.4.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΖΩΜΕΘΙΝΗΣ	45
2.4.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ – ΟΡΓΑΝΑ	46
2.4.3 ΜΕΘΟΔΟΣ	47
2.4.4 ΠΡΟΤΥΠΗ ΚΑΜΠΥΛΗ	49
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ –ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	<b>50</b>
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	57

# 1.Βιβλιογραφική ανασκόπηση

## 1.1 Εισαγωγή

Το βόριο και το χλώριο είναι τα μοναδικά αμέταλλα μικροθρεπτικά στοιχεία των φυτών. Το βόριο ανιχνεύεται σε μικρές ποσότητες στον εξωτερικό φλοιό της γης (λιθόσφαιρα) και κυρίως σε πυριγενή πετρώματα. Όπως και το  $Mo^{6+}$ , έχει την ικανότητα να σχηματίζει σταθερούς δεσμούς εξαιτίας του πολύ μικρού του μεγέθους.

Το βόριο ανακαλύφθηκε το 1908 από τους L.J. Gay-Lussac, L.J. Thernar και Sir Humphry Davy.

Ως στοιχείο είναι μια γκριζα σκόνη η οποία όμως δεν βρίσκεται ελεύθερη στη φύση. Το βόριο βρίσκεται στη φύση στα ύδατα που αναβλύζουν από περιοχές που υπάρχουν ηφαιστειακά πετρώματα υπό μορφή ορθοβορικού οξέος, και ως βορικά άλατα στον βόρακα και στον κολεμανίτη. Η σημαντικότερη πηγή βορίου είναι ο ρασορίτης ο οποίος βρίσκεται σε αφθονία στην έρημο Μοχάβε στην Αμερική.

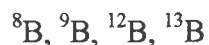
Ως γενικές χρήσεις εκτός από την γεωργία όπου χρησιμοποιείται ως λίπασμα, το βόριο βρίσκει εφαρμογές στην υαλουργία την πυροτεχνική και την ιατρική όπου το βορικό οξύ χρησιμοποιείται ως αντισηπτικό.

Το βόριο είναι απαραίτητο ακόμα και στον άνθρωπο. Ένας άνθρωπος βάρους 80 κιλών πρέπει να περιέχει 0,056 γραμμάρια βορίου περίπου. Οι ενώσεις του βορίου όμως μπορεί να είναι καρκινογόνες.

**Πίνακας 1. Συγκεντρώσεις βορίου (ppb) σε διάφορα συστήματα.**

Σύμπαν	1
Ήλιος	2
Μετεωρίτες	1600
Φλοιός της γης	8700
Νερά της θάλασσας	4440
Νερά των ποταμών	10
Άνθρωπος	700

Το βόριο εμφανίζεται στη φύση και με την μορφή τεσσάρων ισοτόπων:



Το μεγαλύτερο ποσοστό βέβαια στη φύση καταλαμβάνει το βόριο με ατομικό αριθμό 11(80%) ενώ μεγάλο ποσοστό κατέχει και το ισότοπο με ατομικό αριθμό 10 που καταλαμβάνει το 18% περίπου.

Άλλες ενώσεις που σχηματίζει το βόριο είναι οι εξής :

Φθορίδια	$\text{BF}_3, \text{B}_2\text{F}_4$
Χλωρίδια	$\text{BCl}_3, \text{B}_2\text{Cl}_4$
Βρωμίδια	$\text{BBr}_3$
Ιωδίδια	$\text{BI}_3$
Υδρίδια	$\text{B}_2\text{H}_6, \text{B}_4\text{H}_{10}, \text{B}_5\text{H}_9, \text{B}_5\text{H}_{11}, \text{B}_6\text{H}_{10}, \text{B}_{10}\text{H}_{14}$
Οξειδία	$\text{B}_2\text{O}_3$
Σουλφίδια	$\text{B}_2\text{S}_3$

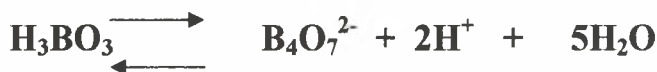


## 1.2 Το βόριο στο έδαφος

Το βόριο στο έδαφος βρίσκεται με τις μορφές  $(\text{H}_3\text{BO}_3)$ ,  $[\text{B}(\text{OH})_4^-]$ . Από γεωχημικής απόψεως το βόριο παρουσιάζει μια ιδιαίτερη συμπεριφορά καθώς πρόκειται για ένα ελαφρύ αμέταλλο στοιχείο ( $\text{B}^{3+}$ ). Έχει σταθερό σθένος +3 και πολύ μικρή ιοντική ακτίνα της τάξεως των  $0,88 \cdot 10^{-10} \text{m}$ . Το στοιχείο αυτό όχι μόνο δεν έχει βρεθεί ως  $\text{B}^+$ , αλλά δεν έχει εντοπιστεί ούτε και ως  $\text{B}^{3+}$ . Ο μη εντοπισμός του ως  $\text{B}^{3+}$  οφείλεται στο γεγονός ότι η ενέργεια που απαιτείται για την απομάκρυνση  $3e^-$  της εξωτερικής στοιβάδας του είναι πολύ μεγαλύτερη από την ενέργεια του κρυσταλλικού πλέγματος. Έτσι το βόριο βρίσκεται πάντα σε συνδυασμό με το οξυγόνο με τρεις δεσμούς και δίνει το οξείδιο του βορίου,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , που διαλύεται στο ύδωρ και προκύπτει βορικό οξύ όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

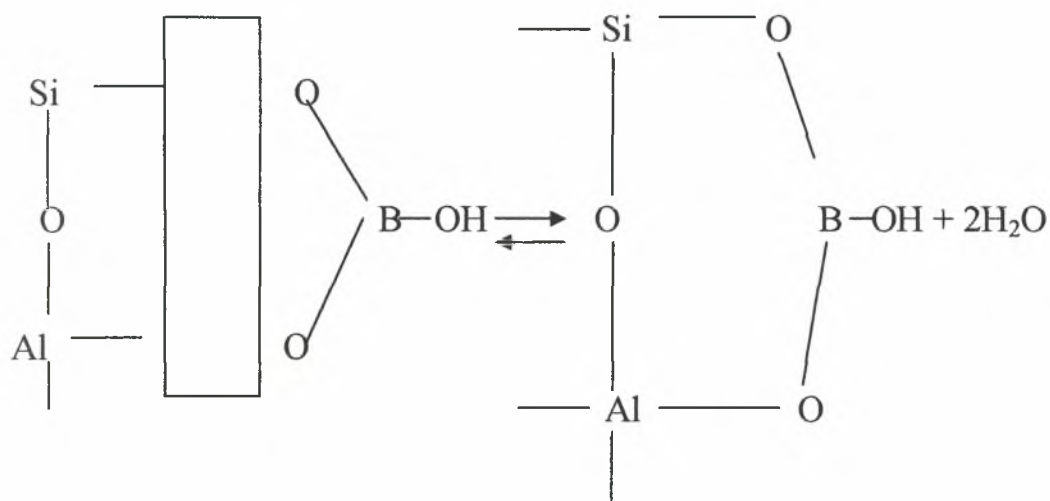


Το βόριο πιστεύεται ότι βρίσκεται ως αδιάστατο  $\text{H}_3\text{BO}_3$  ή ως ανιόν στο εδαφικό διάλυμα. Σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (μικρότερες του 0,1M), το  $\text{H}_3\text{BO}_3$  διασπάται και γίνεται ένυδρη ουσία και σχηματίζει το υδροξείδιο του βορίου,  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ , το οποίο είναι και το μοναδικό ιονικό είδος. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του βορικού οξέος θα σχηματίσουν ιόντα βορίου με πολυμερή μορφή όπως το τετραβορικό ιόν το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω:



Το βορικό οξύ έχει μεγάλη πτητικότητα ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες, είναι πολύ ευκίνητο κυρίως σε εδάφη που είναι φτωχά σε κολλοειδή της αργίλου και βρίσκεται σε μεγαλύτερες ποσότητες σε διαλύματα παρά σε ορυκτά. Σε τιμές pH κάτω από την τιμή 7, η μορφή του βορίου που συναντάται είναι αυτή του βορικού οξέος, αλλά καθώς η τιμή του pH ανυψώνεται η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  αυξάνει.

Τα ιόντα  $B(OH)_4^-$  αντιδρούν και με τα επιφανειακά  $OH^-$  της αργίλου σχηματίζοντας ένα σύμπλοκο βορίου με δύο  $OH^-$  ως κατωτέρω:



**Σχήμα 1.** Αντίδραση ιόντων  $B(OH)_4^-$  με τα επιφανειακά  $OH^-$  της αργίλου (Μήτσιος, 2003).

Το βόριο βρίσκεται στο έδαφος κυρίως στα ορυκτά του γρανίτη. Εκτός από τα ορυκτά των ιζηματογενών πετρωμάτων, οι μαρμαρυγίες έχουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε βόριο. Άλλα ορυκτά που περιέχουν βόριο είναι τα κατωτέρω:

- Κερνίτης, ένυδρο άλας του βορικού οξέος ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ )
- Κολεμανίτης, ( $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ )
- Κοτοίτης, σύμπλοκα με Mg και Fe,  $Mg_2FeBO_5$  και  $Mg_3(BO_3)_2$
- Τουρμαλίνης, με πυριτικά σύμπλοκα βορίου.

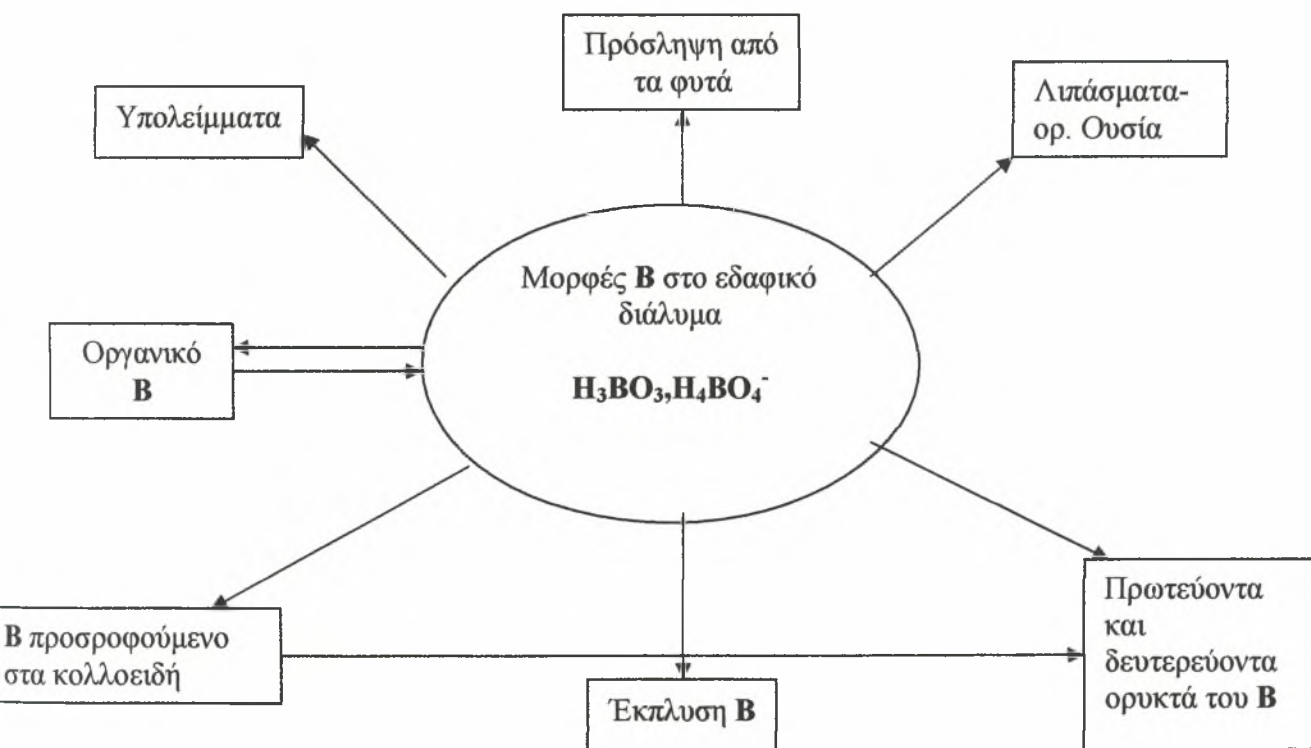
Ο τουρμαλίνης είναι το κυριότερο ορυκτό που βρίσκεται στα εδάφη και περιέχει βόριο 3-4%. Το ορυκτό αυτό είναι αδιάλυτο και ανθεκτικό στις κλιματικές μεταβολές (αποσάθρωση), με αποτέλεσμα η αποδέσμευση του μικροστοιχείου να είναι βραδεία και να μην έχει και πολύ μεγάλη γεωργική σημασία.

### 1.2.1 Μορφές βορίου στο έδαφος

Το βόριο βρίσκεται στο έδαφος σε τέσσερις κύριες μορφές:

- ❖ Ενσωματωμένο σε ορυκτά και πετρώματα.
- ❖ Ως σύμπλοκο με στοιχεία των ορυκτών στα οποία είναι προσκολλημένο.
- ❖ Προσροφούμενο στις επιφάνειες τις αργίλου και συγκεκριμένα στα οξειδία του  $Fe^{2+,3+}$  και του  $Al^{3+}$ .
- ❖ Ως βορικό οξύ αλλά και με τη μορφή των ιόντων  $B(OH)_4^-$  στο εδαφικό διάλυμα.

Έχοντας υπόψη τα ανωτέρω και δεδομένης της ύπαρξης των μικρών ορίων μεταξύ της τοξικότητας και της ελλείψεως του βορίου, είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητός ο κύκλος του βορίου μεταξύ της στερεής και της υγρής φάσης του εδάφους. Παρακάτω παρουσιάζεται ο κύκλος του βορίου στο έδαφος.



Σχήμα 2. Μορφές του βορίου στο έδαφος. (Μήτσιος, 2003).

Από την παραπάνω εικόνα προκύπτει ότι οι πηγές βορίου στο εδαφικό διάλυμα είναι τα ανόργανα και οργανικά υπολείμματα καθώς επίσης και τα λιπάσματα και το οργανικό βόριο που είναι προσροφημένο στα οργανικά κολλοειδή.

Το βόριο μπορεί να μεταφερθεί στο ριζικό σύστημα των φυτών με μαζική ροή και διάχυση. Το ολικό βόριο που περιέχεται στα διάφορα εδάφη κυμαίνεται από 20 μέχρι 200 mg/Kg ξηρού βάρους. Το μεγαλύτερο ποσοστό του βορίου του εδάφους δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά, διότι το διαθέσιμο βόριο (υδατοδιαλυτό) είναι χαμηλό και κυμαίνεται από 0,4 μέχρι 5mg/L. Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκράτηση του από τα κολλοειδή της αργίλου και τα οργανικά κολλοειδή.

Το βόριο προσροφάται από το έδαφος με εντονότερους ρυθμούς από ότι το  $\text{Cl}^-$  και τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα. Ο ερευνητής Hodgson (1963) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το στοιχείο βόριο προσροφάται από αργιλώδεις επιφάνειες με τον τρόπο που προσροφούνται τα βαρέα μέταλλα.

## 1.2.2 Προσρόφηση βορίου από τα κολλοειδή του εδάφους

### 1.2.2 α) Προσρόφηση βορίου από τα κολλοειδή της αργίλου

Το βόριο προσροφάται από:

- Τα οξείδια Fe και Al που υπάρχουν στα αργιλώδη εδάφη.
- Τις ακμές των ορυκτών της αργίλου που έχουν υποστεί θραύση.
- Άμορφες δομές OH.
- Σύμπλοκα μίγματα Fe και Al καθώς και οξύ-ύδροξυ σύμπλοκα αυτών.

Όσο ανυψώνεται η τιμή του pH του εδάφους, η περιεκτικότητα σε Al, καθώς και η παρουσία συμπλόκων μιγμάτων Al, το βόριο προσροφάται με την μορφή  $\text{H}_4\text{BO}_4^-$ .

Η προσρόφηση του βορίου από τα ορυκτά της αργίλου εξαρτάται από την τιμή του pH, με μέγιστη προσρόφηση σε τιμές pH που κυμαίνονται από 7 έως 9. Η προσρόφηση αυτή γίνεται με ταχείς ρυθμούς και είναι εντονότερη σε όξινα περιβάλλοντα.

Παρατηρήθηκε ότι ο διοκταεδρικός υλίτης έχει μεγαλύτερη ικανότητα προσρόφησης σε βόριο από τον καολινίτη και το μοντμοριλονίτη, και ότι τα πολυπύρρηνα βορικά ιόντα συγκρατούνται ισχυρότερα από τα απλά ιόντα με αυξημένη συγκράτηση στους 80°C και μειούμενη στους 15°C. Το πρόσφατα σχηματιζόμενο ίζημα  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , προσροφά μεγάλες ποσότητες βορίου. Η προσρόφηση όμως αυτή μειώνεται σημαντικά μετά παρέλευση χρονικού διαστήματος από 20min μέχρι 7 μέρες.

Παρατηρήθηκε επίσης ότι το βόριο που δεσμεύεται από τα εδάφη μπορεί να συσχετισθεί ( $r=0,98$ ) με την μεταβολή στο ανταλλάξιμο Al κατά την ασβέστωση. Τούτο δεικνύει ότι το  $\text{Al}(\text{OH})_3$  είναι μια από τις κυριότερες ενώσεις που προσροφούν βόριο στα εδάφη. Όλα τα υλικά ασβέστωσης αντιδρούν με τα όξινα κολλοειδή του εδάφους με αποτέλεσμα το ασβέστιο και το μαγνήσιο να αντικαθιστούν το υδρογόνο και το αργίλιο των κολλοειδών του εδάφους όπου συγκρατείται το βόριο.

Η προσρόφηση του βορίου από τα οξείδια και τα υδροξείδια του  $\text{Al}^{3+}$  και  $\text{Fe}^{2+,3+}$  εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του pH, και η μέγιστη προσρόφηση από τα υδροξείδια του Fe σε τιμές pH από 8 ως 9 και από τα υδροξείδια του Al σε τιμή pH =7.

### 1.2.2 β) Προσρόφηση του βορίου από τα οργανικά κολλοειδή

Το βόριο μπορεί να συγκρατηθεί και από την οργανική ουσία με την προϋπόθεση ότι τα καρβοξυλικά οξέα των χουμικών κολλοειδών θα ενωθούν με το βορικό οξύ. Ο Russel (1973), αναφέρει ότι ο δεσμός αυτός είναι πιθανότατα ισχυρότερος απ' ότι ο δεσμός του βορίου με τα εξαξείδια. Σε όξινες η κανονικές συνθήκες τα χουμικά κολλοειδή δεσμεύουν ισχυρότερα το βόριο σε πολλά γεωργικά εδάφη.

Τα σύμπλοκα του βορίου είναι μια αρκετά δυναμική πηγή διαθεσιμότητας βορίου στα φυτά, η οποία αυξάνει καθώς ανυψώνεται η τιμή του pH του εδάφους. Τα μίγματα βορίου και οργανικής ουσίας του εδάφους είναι πιθανότατα μίγματα βορίου με ορυκτά. Στους σχιστόλιθους το βόριο μπορεί να αντικαταστήσει το  $\text{Al}^{3+}$  και το  $\text{Si}^{4+}$ . Το βόριο αν δεν συγκρατηθεί από τις επιφάνειες της αργίλου μπορεί να εκπλυθεί και να μετακινηθεί στους κατώτερους ορίζοντες της εδαφικής κατατομής και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη διαθεσιμότητα του στα ανώτερα φυτά.

### **1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την διαθεσιμότητα του βορίου του εδάφους.**

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του βορίου είναι οι εξής:

- Μηχανική σύσταση του εδάφους.
- Ποσοστό και τύπος της αργίλου.
- Τιμή pH του εδάφους.
- Ασβέστωση των εδαφών.
- Σύμπλοκα βορίου με ορυκτά.
- Σχέσεις με άλλα μικροθρεπτικά και μακροθρεπτικά.
- Υγρασία του εδάφους.

#### **1.3 α) Μηχανική σύσταση του εδάφους**

Τα αμμώδη εδάφη που είναι καλώς στραγγιζόμενα περιέχουν βόριο σε μικρές συγκεντρώσεις. Στα εδάφη αυτά το βόριο είναι πολύ ευκίνητο και εκπλύνεται στα κατώτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής με έντονους ρυθμούς. Τα αργιλώδη εδάφη με καλή δομή συγκρατούν το προστιθέμενο βόριο για περισσότερο χρονικό διάστημα από τα αργιλώδη εδάφη με κακή δομή, των οποίων τα κολλοειδή τους προσροφούν το βόριο εντονότερα.

Το γεγονός ότι τα κολλοειδή της αργίλου συγκρατούν το στοιχείο αυτό πιο έντονα δε σημαίνει ότι και τα φυτά θα προσλάβουν περισσότερο βόριο. Τα φυτά μπορεί να προσλάβουν μεγαλύτερες ποσότητες στα αμμώδη εδάφη παρά στα εδάφη με καλή δομή όταν η συγκέντρωση του βορίου στο εδαφικό διάλυμα είναι η ίδια.

### 1.3 β ) τύπος αργίλου

Η προσρόφηση του βορίου είναι μεγαλύτερη στις μαρμαρυγίες, λίγο μικρότερη στο μοντμοριλονίτη και ελάχιστη στον καολινίτη.

### 1.3 γ) Τιμή του pH του εδάφους

Η διαθεσιμότητα του βορίου στο έδαφος μειώνεται καθώς η τιμή του pH του εδάφους ανυψώνεται ενώ μειώνεται σημαντικά σε τιμές pH από 6,3μέχρι 6,5. Η ασβέστωση στα όξινα εδάφη συχνά προκαλεί μια προσωρινή έλλειψη βορίου σε ευαίσθητα φυτά. Το πόσο ισχυρή θα είναι η έλλειψη αυτή εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους, το είδος του φυτού και από την διάρκεια που διατηρείται το ασβέστιο στο έδαφος.

Η μείωση της διαθεσιμότητας του βορίου προκαλείται κυρίως από την επιφανειακή προσρόφηση του σε πρόσφατα κατακρημιζόμενο  $Al(OH)_3$ , που σχηματίζεται από την εξουδετέρωση της οξύτητας, με μέγιστη συγκράτηση σε  $pH=7$ .

Όταν η ασβέστωση του εδάφους δεν είναι επαρκής, τότε παρατηρείται μείωση της διαθεσιμότητας του βορίου. Σημειώνεται ότι η έντονη ασβέστωση δεν οδηγεί πάντα σε αυξημένη προσρόφηση βορίου από το  $Al(OH)_3$ . Υψηλότερες τιμές pH ως αποτέλεσμα ασβέστωσης εδαφών πλούσιων σε σύμπλοκα βορίου, μπορεί να ενθαρρύνουν τη διάσπαση τους και να ελευθερώσουν βόριο.

### 1.3 δ) Οργανική ουσία

Μεγάλη ποσότητα διαθέσιμου βορίου συγκρατείται από την οργανική ουσία του εδάφους με αποτέλεσμα εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία να παρουσιάζουν και υψηλή διαθεσιμότητα του στοιχείου αυτού. Τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους που περιέχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία να παρουσιάζουν υψηλή διαθεσιμότητα σε βόριο. Η προσθήκη οργανικών ουσιών στο έδαφος μπορεί να αυξήσει την πρόσληψη του από τα φυτά.

### 1.3 ε) Αλληλεπίδραση με άλλα στοιχεία

Η πρόσληψη του βορίου από τα φυτά εξαρτάται από τη συγκέντρωση και άλλων ιόντων στο εδαφικό διάλυμα όπως το ασβέστιο, το κάλιο και το άζωτο. Η παρουσία του  $\text{Ca}^{2+}$  σε αλκαλικά εδάφη, που προσφάτως υπέστησαν υπερβολική ασβέστωση, περιορίζει τη διαθεσιμότητα του βορίου.

Μεγάλη συγκέντρωση ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$  μπορεί να προστατέψει τα φυτά από την τοξικότητα βορίου καθώς το  $\text{Ca}^{2+}$  αντικαθιστά τα ιόντα  $\text{Al}^{3+}$ , τα οποία αποδεσμευμένα συγκρατούν ποσότητες βορίου με αποτέλεσμα το βόριο να μην είναι πλέον διαθέσιμο στα φυτά.

### 1.3 στ) Υγρασία του εδάφους

Η διαθεσιμότητα του βορίου του εδάφους μειώνεται με τη μείωση της εδαφικής υγρασίας. Για το λόγο αυτό, τροφοπενίες βορίου παρατηρούνται σε συνθήκες παρατεταμένης ξηρασίας. Αυτό οφείλεται στη μείωση της απελευθέρωσης του στοιχείου αυτού από τα σύμπλοκα με ορυκτά και στη μειωμένη κίνηση του βορίου στην περιοχή της ριζόσφαιρας προς τη ρίζα.

Όταν η συγκέντρωση του βορίου στα εδάφη είναι υψηλή και η εδαφική υγρασία είναι χαμηλή, τότε μειώνεται η διάχυση του βορίου και η μαζική ροή, με συνέπεια τη δυσχερή πρόσληψη του από τις ρίζες. Σε χαμηλά επίπεδα υγρασίας ο συντελεστής διάχυσης του στοιχείου αυτού μειώνεται σημαντικά. Χαμηλό ποσοστό εδαφικής υγρασίας είναι δυνατόν να προκαλέσει τροφοπενία βορίου είτε εξαιτίας δυσμενών συνθηκών που δημιουργούνται για την ανοργανοποίηση της οργανικής ουσίας είτε γιατί περιορίζεται η διαπνοή και συνεπώς και η είσοδος του ύδατος στο φυτό.

### 1.3 ζ) Φυτικοί παράγοντες

Η ευαισθησία στην έλλειψη βορίου ποικίλει μεταξύ των διάφορων καλλιεργούμενων ειδών. Ορισμένα φυτά παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στην έλλειψη και τοξικότητα του στοιχείου αυτού, ενώ άλλα φυτά είναι αρκετά ευαίσθητα.



### 1.3 η) Επίδραση των παραγόντων του φυσικού περιβάλλοντος

Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται η επίδραση του περιβάλλοντος στη διαθεσιμότητα του βορίου.

**Πίνακας 2. Επίδραση των παραγόντων του φυσικού περιβάλλοντος στη διαθεσιμότητα του βορίου. (Μήτσιος, 2003).**

αρνητική	θετική
1)Υψηλή σχετική υγρασία και μειωμένη αναπνοή	1)Αυξημένη αναπνευστική δραστηριότητα
2)Συμπύεση εδάφους	2)Καλή δομή του εδάφους και αερόβιες συνθήκες στις ρίζες των φυτών
3)Χαμηλή τιμή pH ή υψηλή τιμή pH	3)Ο χούμος του εδάφους
4)Εδάφη βαριάς συστάσεως που συγκρατούν υψηλό ποσοστό υγρασίας.	4) Οι μικροοργανισμοί του εδάφους
5) Ψυχρά εδάφη	5)Βέλτιστο pH του εδάφους
6) Ξηρά εδάφη	6)Υγρασία του εδάφους
7) Εμπλουτισμός με CO <sub>2</sub>	7)Άριστη θερμοκρασία του εδάφους
8)Αναερόβιες συνθήκες	8)Εκτεταμένο και βαθύ ριζικό σύστημα των φυτών

### 1.4 Εδάφη με μικρή περιεκτικότητα σε βόριο

Μεγάλες πιθανότητες εμφάνισης τροφopenίας βορίου παρατηρούνται στα αμμώδη εδάφη, σε περιοχές με συχνές βροχοπτώσεις και στα εδάφη που περιέχουν μικρή περιεκτικότητα σε βόριο, καθώς και στα όξινα που έχουν υποστεί υπερβολική ασβέστωση. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε Fe και Al επιδρά αρνητικά στην περιεκτικότητα των εδαφών σε βόριο, ειδικά όταν επικρατούν υψηλές τιμές pH όπως σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Στα εδάφη αυτά το Al(OH)<sub>3</sub> δεσμεύει τα βορικά ιόντα με υψηλούς ρυθμούς.

Στα εδάφη με ελαφρά σύσταση, το βόριο βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις με αποτέλεσμα να παρατηρούνται τροφopenίες του στοιχείου αυτού. Οι τροφopenίες βορίου συχνά παρατηρούνται κατά τους καλοκαιρινούς ξηρούς μήνες, και αυτό γιατί οι

επιφανειακοί ορίζοντες της εδαφικής κατατομής περιέχουν βόριο σε μικρές συγκεντρώσεις. Στους ορίζοντες αυτούς, τα οργανικά κολλοειδή δεσμεύουν το βόριο.

Στα αμμώδη εδάφη που περιέχουν μικρή συγκέντρωση βορίου, το διαθέσιμο βόριο δεν επαρκεί με αποτέλεσμα να παρατηρείται τροφопενία βορίου. Σε εδάφη όμως με υψηλή περιεκτικότητα βορίου, η ξηρασία δεν οδηγεί σε εμφάνιση τροφопενιών βορίου στα φυτά.

Σημειώνεται ότι τα φυτά προσλαμβάνουν περισσότερο βόριο από τα ελαφριάς συστάσεως εδάφη παρά από τα εδάφη βαριάς συστάσεως, και περισσότερο βόριο από τα όξινα παρά από τα ασβεστούχα. Το βόριο δεν είναι ευκίνητο εντός του φυτού, με αποτέλεσμα όταν αυτό προσλαμβάνεται από τα φυτά σχετικά νωρίς να μην μετακινείται αργότερα στα σημεία αυξήσεως του φυτού, με συνέπεια την εμφάνιση ορατών συμπτωμάτων έλλειψης του βορίου. Για τους λόγους αυτούς, προστίθενται στα εδάφη λιπάσματα βορίου ή γίνονται διαφυλλικοί ψεκασμοί ώστε να μην εμφανιστούν συμπτώματα τροφопενίας βορίου.

## **1.5 Το βόριο στην ανάπτυξη των φυτών**

Το βόριο συμμετέχει στη μεταφορά των σακχάρων κατά μήκος των κυτταρικών μεμβρανών. Τα ελεύθερα μόρια των σακχάρων λόγω πολικότητας, δεν διαπερνούν τις κυτταρικές μεμβράνες, και αυτό οφείλεται στο σχηματισμό χημικών ενώσεων με το βόριο. Το βόριο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαίρεση του κυττάρου, στη σύνθεση της πηκτίνης και στην δραστηριότητα της πολυφαινόλης.

Τονίζεται η καταλυτική συμπεριφορά του βορίου στη σύνθεση του DNA και του RNA καθώς και στη διαδικασία της γλυκόλυσης. Έχει αποδειχθεί ότι το βόριο είναι απαραίτητο στο σχηματισμό αζωτούχων βάσεων, μεταξύ των οποίων είναι και η ουρακίλη η οποία αποτελεί βασικό συστατικό του RNA.

Το βόριο είναι ακόμα αναγκαίο σε ίχνη σε πολλές ενζυματικές διεργασίες όπως στη διαφοροποίηση ανθέων, στη βλάστηση της γύρης κ.λ.π. Περιέχεται στο στύλο ή στο στίγμα και γι' αυτό η έλλειψη του επηρεάζει αρνητικά το δέσιμο των καρπών.

Πρέπει να τονιστεί η σημασία του βορίου κυρίως στην αναπαραγωγική ανάπτυξη του φυτού όπου έχει και τη μεγαλύτερη σημασία. Πιο συγκεκριμένα σε πείραμα που διεξήχθη μελετήθηκε η συμπεριφορά δύο ευαίσθητων στην έλλειψη του βορίου φυτών, του ηλιάνθου και της ελαιοκράμβης. Τα νεαρά φυτά τροφοδοτούνταν με τα απαραίτητα θρεπτικά με διαλύματα των οποίων η συγκέντρωση σε βόριο ήταν διαφορετική. Στις

μικρότερες συγκεντρώσεις (0,9μM B για ελαιοκράμβη και 0,8μM B για ηλίανθο) τα τυπικά συμπτώματα έλλειψης βορίου εμφανίστηκαν 45 και 40 μέρες αντίστοιχα μετά την μεταφύτευση των νεαρών φυταρίων στα θρεπτικά διαλύματα.

**Πίνακας 3. Βάρος ξηρής ουσίας βλαστικών και αναπαραγωγικών φυτικών μερών της ελαιοκράμβης ύστερα από 75 μέρες σε διαλύματα τα οποία περιείχαν 0,8 έως 53 μM βορίου. (Asad et al,2001).**

Συγκέντρωση βορίου	φύλλα	ρίζες	Σύνολο βλαστικών μερών	Σύνολο αναπαραγωγικών μερών
(mg B/ Kg ξηρής βιομάζας)				
0,8	25,4	1,2	36,8	—
0,9	31,7	2	51,5	—
2,8	56,4	7,8	111,8	2,9
53	58	9,4	130,9	4,5

Σε συγκεντρώσεις <0,9μM B, σχηματίστηκαν λίγα άνθη τα οποία όμως δεν ήταν λειτουργικά ενώ τα περισσότερα από αυτά που σχηματίστηκαν έπεσαν. Η βλαστική και ανθική ανάπτυξη στα φυτά που δέχθηκαν βόριο συγκέντρωσης 2,8μM φάνηκε κανονική αλλά καθυστέρησε 3-5 μέρες σε σχέση με τα αντίστοιχα φυτά των 53μM B. Κατά τη συλλογή των φυτών ο συνολικός αριθμός των ανθέων ήταν 11, 37 και 49 για 0,9, 2,8 και 53μM B αντίστοιχα. Επιπλέον το βάρος των αναπαραγωγικών μερών στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε διάλυμα συγκέντρωσης 53μM B, ήταν μεγαλύτερο κατά 55% από την αμέσως μικρότερης συγκέντρωσης μεταχείριση την στιγμή που οι διαφορές στην βλαστική ανάπτυξη ήταν πολύ μικρότερες.

**Πίνακας 4. Συγκέντρωση βορίου στα βλαστικά και αναπαραγωγικά μέρη της ελαιοκράμβης μετά από 75 μέρες σε θρεπτικά διαλύματα που περιείχαν 0,8 έως 53  $\mu\text{M}$  βορίου. (Asad et al,2001).**

Συγκέντρωση Βορίου	φύλλα	ρίζες	Σύνολο βλαστικών μερών (mg B/ Kg ξηρής βιομάζας)	Σύνολο αναπαραγωγικών μερών
0,8	3,5	4,4	3,2	_____
0,9	9,5	8,3	8,7	_____
2,8	17,6	12,9	16,4	30,9
53	20,6	16,7	19,4	35,5

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα η συγκέντρωση του βορίου στα αναπαραγωγικά τμήματα του φυτού είναι πολύ μεγαλύτερη με την αντίστοιχη των βλαστικών τμημάτων, κάτι που δείχνει την σημασία του βορίου στην άνθιση και κατά συνέπεια και στην παραγωγή. Αυτό φαίνεται και από το γεγονός ότι τα νεαρά φυτά δεν παρουσίασαν συμπτώματα στο βλαστικό στάδιο. Τέλος μεγάλης σημασίας είναι το γεγονός ότι ακόμα και σε μικρότερες συγκεντρώσεις παρ' όλο που δεν έδειξαν κανένα σύμπτωμα τα φυτά, εν' τούτοις υπήρξε διαφορά στη παραγόμενη φυτική μάζα και τον αριθμό των ανθέων.

Συνοψίζοντας το βόριο στα φυτά παίζει ρόλο στα:

- Αναπαραγωγή και ζωτικότητα της γύρης.
- Δημιουργία των σακχάρων και αμύλου.
- Μεταφορά των παραπάνω στο φυτό.
- Συμμετέχει μαζί με το ασβέστιο στη δημιουργία των κυτταρικών τοιχωμάτων.
- Ρυθμίζει το μεταβολισμό των υδατανθράκων.
- Βοηθά στη σύνθεση του DNA στους μεριστοματικούς ιστούς.

Η πρόσληψη βορίου από τις ρίζες των φυτών γίνεται κυρίως με τη μορφή του βορικού οξέος ( $H_3BO_3$ ) γιατί το βορικό ανιόν  $\{B(OH)_4\}^-$  είναι παρόν σε μικρές συγκεντρώσεις σε συνηθισμένα pH. Πρόσφατα βρέθηκε από τους Dannel et al(2000) ότι η πρόσληψη του βορίου από τον ηλίανθο είναι ενεργητική όταν η συγκέντρωση του στο εδαφικό διάλυμα είναι μικρή(1 $\mu$ M) και παθητική όταν η συγκέντρωση του βορίου στο διάλυμα είναι μεγάλη (100 $\mu$ M). Αποδείχθηκε ότι η ενεργητική πρόσληψη του βορικού οξέος στα φυτά γίνεται με τη βοήθεια πρωτεϊνών (ακουπορίνες) οι οποίες βρίσκονται στις πλασματικές μεμβράνες των κυττάρων και μπορούν να αποτελέσουν κανάλια για την είσοδο μη πολικών μορίων στο εσωτερικό των κυττάρων. Η δράση των πρωτεϊνών αυτών σταματά παρουσία ιόντων υδραργύρου. Το παραπάνω αποδείχθηκε και πειραματικά (Christos Dodras and Patrick H.Brown).

Πέρα από την άμεση επίδραση που έχει στα φυτά η σωστή τροφοδοσία τους με βόριο, το στοιχείο αυτό επηρεάζει και έμμεσα την ανάπτυξη των φυτών. Οι Mitchell et al (1987) ανέφεραν αύξηση του ξηρού βάρους των ριζών καθώς επίσης και αύξηση του αριθμού των μυκόριζων μετά από προσθήκη βορίου ,ενώ σε πειράματα αγρού φάνηκε ότι ο σχηματισμός εκτομυκόριζων σε κωνοφόρα αποτρεπόταν από την έλλειψη βορίου. Τα ίδια αποτελέσματα είχαν και σε καλλιέργειες τριφυλλιού και μηδικής.

### 1.5.1 Απαιτήσεις των φυτών σε βόριο

Οι ανάγκες των φυτών σε βόριο είναι μέγιστες κατά το στάδιο του σχηματισμού των φύλλων, της ανθοφορίας, καθώς και κατά το στάδιο σχηματισμού των καρπών . Όσον αφορά τις ανάγκες των φυτών σε βόριο παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ των μονοκοτυλήδων και των δικοτυλήδων, η οποία αποδίδεται σε διαφορές του μεταβολισμού της φαινόλης των φυτών αυτών.

Έτσι, αν διαφορετικά είδη φυτών αναπτυχθούν στο ίδιο φυσικό περιβάλλον, θα παρατηρηθούν διαφορετικές συγκεντρώσεις βορίου στα φυτά αυτά. Η περιεκτικότητα των μονοκοτυλήδων σε βόριο είναι ιδιαίτερα χαμηλή, και συνήθως 2 μέχρι 6 mgBkg<sup>-1</sup> ξηρής ουσίας, σημαντικά λιγότερη από αυτή των δικοτυλήδων των οποίων η περιεκτικότητα βορίου είναι 20 μέχρι 200 mgBkg<sup>-1</sup> ξηρής ουσίας.

Τα κατωτέρω φυτά παρουσιάζουν ευαισθησία στην έλλειψη βορίου:

- Ζαχαρότευτλα
- Σέλινο και ηλίανθος
- Κουνουπίδι και μηδική
- Οπωροφόρα και ιδιαίτερα μηλοειδή

Ενώ τα φυτά:

- Κριθάρι
- Αγγουράκια και φασόλια
- Φράουλες και εσπεριδοειδή

είναι ανθεκτικά σε μικρές συγκεντρώσεις βορίου του εδάφους. Όπως συμβαίνει και με άλλα θρεπτικά στοιχεία των φυτών, οι διαφορετικές ποικιλίες του αυτού είδους δεν αντιδρούν με τον ίδιο τρόπο στην έλλειψη βορίου, δηλαδή όλες οι ποικιλίες του ίδιου είδους φυτού δεν είναι κατάλληλες για την ένδειξη της έλλειψης βορίου. Όταν το βόριο του εδάφους δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά ή για κάποιους άλλους λόγους δεν πραγματοποιείται επαρκής εφοδιασμός αυτών, τότε εμφανίζονται συμπτώματα έλλειψης του μικροθρεπτικού αυτού.

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένες συγκεντρώσεις του βορίου σε κάποιες χαρακτηριστικές καλλιέργειες που έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε βόριο.

#### **Πίνακας 5. Κρίσιμες συγκεντρώσεις του βορίου σε διάφορες καλλιέργειες.**

Καλλιέργεια Μέρος του φυτού Χρο. Περίοδος Έλλειψη επάρκεια τοξικότητα  
-----ppm Βορίου-----

Αραβόσιτος	Φύλλο		<2	6-40	41-55
Σόγια	Όλο το φυτό	Πριν το σχ/σμο	<20	21-55	56-100
		Λοβού			
Τεύτλα	Φύλλο		<10	21-50	>50
	Μίσχος		<8	16-200	>200

( <http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC0723.html> )

Εκτός από τις διαφορές στις απαιτήσεις βορίου μεταξύ των διαφόρων φυτικών ειδών υπάρχει και μεταξύ των ποικιλιών ενός είδους διαφορετική αντίδραση στην διαθεσιμότητα του βορίου.

Συγκεντρώσεις βορίου σε ορισμένα φυτικά προϊόντα.

**Πίνακας 6. Συγκέντρωση βορίου (mg) σε φυτικά προϊόντα**

Αμύγδαλα 15g 0.42 mg	Καρύδια 25g 0.68 mg	Αχλάδια 150g 0.48 mg	Κόκκινα σταφύλια 100g 0.50 mg
Μήλα 100g 0.32 mg	Ακτινίδιο 120g 0.31 mg	Δαμάσκηνο 100g 0.45 mg	Σουλτανίνα 15g 0.24 mg

Χυμός μήλου 125g 0.29 mg	Πορτοκάλι 130g 0.33 mg	Δαμάσκηνα ξηρά 50g 0.94 mg
Βερίκοκα, ξηρά 25g 0.53 mg	Ροδάκινα 25g 0.81 mg	Σταφίδες 15g 0.67 mg
Αβοκάντο 100g 2.06 mg	Βούτυρο φιστικιού 20g 0.38 mg	Φασόλια 130g 1.82 mg

([www.jctonic.com/include/minerals/boron.html](http://www.jctonic.com/include/minerals/boron.html))

### 1.5.2 Συμπτώματα τροφопενίας βορίου

Είναι γνωστό ότι το βόριο δε μετακινείται εντός του φυτού από τα παλαιότερα στα νεώτερα φύλλα, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται συμπτώματα έλλειψης του στοιχείου αυτού. Η έλλειψη βορίου μπορεί να ανιχνευθεί στα νεώτερα φύλλα, στους βλαστούς και τις ρίζες.

Εξαιτίας της συμπεριφοράς αυτής, τα φυτά πρέπει να προσλαμβάνουν βόριο συνεχώς κατά την διάρκεια της ανάπτυξης. Η έλλειψη βορίου εμφανίζεται σε ορισμένα είδη φυτών, μέσω πολλών ορατών χαρακτηριστικών, που διαπιστώνονται τόσο μικροσκοπικά όσο και μακροσκοπικά ως ακολούθως:

- Κίτρινος μέχρι κοκκινωπός αποχρωματισμός των νεότερων φύλλων, με η χωρίς επακόλουθες νεκρώσεις.
- Εμφάνιση νεωτέρων φύλλων με μορφή ροζέτας.
- Μικρά παραμορφωμένα φύλλα, συχνά με απλοποιημένο σχήμα φύλλου, με ασύμμετρο σχηματισμό των νεύρων.
- Σπασίματα και σχηματισμοί φελλού στο μίσχο των φύλλων.
- Κοτυληδόνες συχνά σε μεγέθυνση.
- Ξήρανση των αναπτυσσόμενων σημείων ή των μπουμπουκιών, και με αρκετή έλλειψη βορίου στα βλαστάρια ‘ οι βλαστοί εξαφανίζονται’ και το ίδιο και τα μπουμπούκια.
- Λόγω απουσίας της κυριαρχίας της κορυφής, παρατηρείται αύξηση των μαχαλιαίων οφθαλμών οι οποίοι αναπτύσσονται κανονικά η ξηραίνονται σύντομα (σκούπα της μάγισσας).
- Μείωση των αριθμών των μπουμπουκιών, των ανθέων και των σχηματιζόμενων καρπών, με πρόωρο διασκορπισμό του περικαρπίου.
- Περιορισμένη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, με ανώμαλη αύξηση των πλευρικών ριζών, που προσδίδουν στη ρίζα αγκαθωτή εμφάνιση.
- Οι κοντές ρίζες παχαίνουν αποκτώντας μορφή ροπάλου, και γίνονται καφέ. Συχνά όμως γίνονται και πολύ λεπτές.
- Σχηματισμός καφέ κηλίδων, φαινόμενα ξηρής σήψης κατά τόπους.
- Τα παλαιότερα φύλλα εμφανίζουν συμπτώματα μόνο όταν υπάρξει συνεχής έλλειψη.  
(Μήτσιος, 2003, [www.missouri.edu](http://www.missouri.edu)).

Τα συμπτώματα βέβαια διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια εμφανίζοντας χαρακτηριστικά σημεία σε κάθε καλλιεργούμενο είδος. Έτσι στα κατωτέρω είδη φυτών παρατηρούνται τα εξής:



### 1.5.2 α) Έλλειψη βορίου στα οπωροφόρα δέντρα

Πέρα όμως από την τοξικότητα του βορίου που εμφανίζεται όχι και τόσο συχνά οι περισσότερες καλλιέργειες στην Ελλάδα αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο υποφέρουν από έλλειψη του στοιχείου αυτού μειώνοντας σε μεγάλο ποσοστό την παραγωγή και το εισόδημα του καλλιεργητή. Όταν η διαθεσιμότητα είναι σε οριακό σημείο τότε τα φυτά δεν δίνουν πάντα τα χαρακτηριστικά συμπτώματα έλλειψης του ιχνοστοιχείου αυτού πράγμα που καθιστά δύσκολη την διάγνωση του.

Η τροφοπενία βορίου είναι πολύ συνηθισμένη στη μηλιά. Εμφανίζεται κυρίως στους καρπούς που προκαλεί την ασθένεια που ονομάζεται φέλλωση. Τα πρώτα συμπτώματα στα μήλα εκδηλώνονται όταν έχουν διάμετρο 3-4 εκατοστά με την εμφάνιση στην επιφάνεια τους μιας η περισσότερων υδατωδών κηλίδων κυκλικών η ακανόνιστων χρώματος σκούρου πράσινου. Συχνά επί των κηλίδων υπάρχει καστανόχρους κομμώδης ουσία που διαλύεται εύκολα με το νερό. Οι κηλίδες εξελίσσονται σε καστανές, νεκρωτικές ελαφρά βυθισμένες, φελλώδεις, οι οποίες με την συνένωση τους μπορεί να σχηματίζουν μεγαλύτερες φελλώδεις επιφάνειες. Λόγω της νεκρώσεως αυτής οι καρποί αναπτυσσόμενοι παρουσιάζουν ελαφρά η έντονη παραμόρφωση. Οι έντονα παραμορφωμένοι καρποί συχνά πέφτουν πρόωρα από το δέντρο. Η σάρκα των καρπών κάτω από τις κηλίδες είναι καστανή λόγω αποφελλώσεως των ιστών σε βάθος 3-5mm. Τέτοιες κηλίδες συχνά εμφανίζονται και μέσα στον καρπό διάσπαρτες οι οποίες δεν είναι εξωτερικά αντιληπτές.

Τα συμπτώματα στο φύλλωμα εμφανίζονται σπάνια και συνήθως σε σοβαρές περιπτώσεις ελλείψεως βορίου. Τα φύλλα των ετήσιων βλαστών γίνονται αργά το καλοκαίρι κίτρινα με ερυθρόχρωμα νεύρα κυρτούνται και παρουσιάζουν περιφερειακές νεκρώσεις του ελάσματος. Κοντά στην κορυφή ο φλοιός και το κάμβιο εμφανίζουν νεκρωτικές κηλίδες. Επιπλέον εμφανίζεται νέκρωση βλαστών που ξεκινά από την κορυφή και προχωρά προς τα κάτω. Πολλοί οφθαλμοί δεν εκπτύσσονται η δίνουν καχεκτική βλάστηση και ρόδακες φύλλων.

Παρόμοια είναι και τα συμπτώματα έλλειψης βορίου και στα πυρηνόκαρπα όπου αρχικά παρουσιάζεται μικροφυλλία και καρούλιασμα προς τα κάτω. Οι βλαστοί δεν εκπτύσσονται κανονικά, ενώ οι καρποί εμφανίζουν έντονες παραμορφώσεις και αποφελλωμένες κηλίδες.

Στα εσπεριδοειδή η επιφάνεια των καρπών εμφανίζεται σκληρή κατά θέσεις με ταυτόχρονη απόθεση κόμμεος στο λευκό τμήμα του φλοιού ενώ δεν λείπουν και οι

αποθέσεις κόμμος μέσα στον καρπό. Τα σπέρματα μπορεί να λείπουν. Οι καρποί μπορεί να είναι μικροί σκληροί και με λίγο χυμό. Επίσης παρατηρείται πτώση καρπών και σχίσσιμο φλοιού. Τα φύλλα μαραίνονται κιτρινίζουν και καρουλιάζουν προς τα κάτω. Σε πολλή σοβαρές ελλείψεις παρατηρείται σχίσσιμο και φέλλωση των νεύρων στην πάνω επιφάνεια των φύλλων. Οι κλαδίσκοι αποφυλλώνονται και στην κορυφή εμφανίζουν νεκρώσεις. Τα εσπεριδοειδή που είναι εμβολιασμένα σε νεραντζιά είναι πιο επιρρεπείς στην έλλειψη βορίου.

Στο αμπέλι η έλλειψη βορίου εμφανίζεται με βραχυγονάτωση, μεσονεύριο χλώρωση στα φύλλα, ενώ τα νεότερα φύλλα παραμορφώνονται, κατσαρώνουν και έχουν ασύμμετρη ανάπτυξη. Επιπλέον ο ακραίος οφθαλμός νεκρώνεται και στη συνέχεια εκπτώσονται πολλοί πλάγιοι οι οποίοι είναι παραμορφωμένοι. Στους βότρεις παρατηρείται μικρή καρπόδεση, μικροραγία και ανισοραγία. Πολλές ράγες στερούνται σπερμάτων, και συχνά εμφανίζεται εσωτερικά φέλλωση, ρωγμές, βυθισμένες θέσεις και ανώμαλη ωρίμανση.

### 1.5.2 β) Καπνός

Οι επιδράσεις του βορίου στον καπνό μελετήθηκαν περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο μικροθρεπτικό. Υπό κανονικές συνθήκες παραγωγής καπνού, σπάνια παρατηρείται έλλειψη βορίου. Όταν όμως η ταχύτητα αύξησης της χλωρής μάζας του καπνού είναι πολύ μεγάλη και έντονη, ενδέχεται να παρατηρηθεί έλλειψη βορίου. Με την έλλειψη του στοιχείου αυτού τα κορυφαία φύλλα αποκτούν χρώμα ανοικτό πράσινο και είναι παραμορφωμένα. Σε περιπτώσεις όμως έντονης έλλειψης βορίου παρατηρείται νέκρωση του κορυφαίου οφθαλμού του καπνού και τα υπάρχοντα φύλλα γίνονται σκούρα πράσινα. Οι πλάγιοι μασχαλιαίοι οφθαλμοί, οι οποίοι είναι πλησίον της κορυφής του φυτού, δεν αναπτύσσονται. Τα ανωτέρω συμπτώματα έλλειψης βορίου έχουν παρατηρηθεί σε καπνοφυτείες επικλινών εδαφών, οι οποίοι ισοπεδώθηκαν με τη μετακίνηση μεγάλου πάχους στρώματος εδάφους 30 μέχρι 80 cm.

### 1.5.2 β) 1. Αντιμετώπιση της ελλείψεως βορίου στον καπνό

Δεδομένου ότι το βόριο μετακινείται πολύ δύσκολα μέσα στο φυτό, χρειάζεται συνεχής τροφοδοσία της καπνοφυτείας με το στοιχείο αυτό από το έδαφος για ομαλή αύξηση - ανάπτυξη και παραγωγή καλής ποιότητας καπνού. Λίπανση καπνοφυτειών με

34-57 g B στρ<sup>-1</sup> , έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης και τη βελτίωση της ποιότητας του καπνού. Έχει επίσης βρεθεί ότι η λίπανση των αγρών πριν τη μεταφύτευση του καπνού με 1-2Kg βόρακα το στρέμμα , είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της στρεμματικής απόδοσης.

### 1.5.2 γ) Βαμβάκι

Η έλλειψη του βορίου στο βαμβάκι εκδηλώνεται με νεκρώσεις της κορυφής των βλαστών και στη συνέχεια έκπτυξη των πλάγιων βλαστών, που έχουν κοντά μεσογονάτια διαστήματα, με αποτέλεσμα να προσδίδουν στο βαμβάκι όψη πυκνής βλάστησης. Τα νεαρά φύλλα είναι κιτρινοπράσινα, τα καρύδια είναι μικρά σε μέγεθος και έχουν ανοικτό πράσινο χρώμα. Παρατηρούνται ρωγμές στους μίσχους των λουλουδιών και μερικές φορές στη βάση των καρυδιών. Τα συμπτώματα εμφανίζονται στα κατώτερα τμήματα του φυτού.

### 1.5.2 δ) Ζαχαρότευτλα

Η έλλειψη βορίου στα ζαχαρότευτλα προκαλεί τυπικά συμπτώματα που εκδηλώνονται όχι μόνο στα φύλλα αλλά και στους μίσχους, στις κορυφές των ριζών και σ' αυτές ακόμα τις ρίζες των ζαχαρότευτλων. Όταν ο εφοδιασμός των φυτών με βόριο είναι ανεπαρκής, τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται στο πρωτογενές μερίστωμα και στα νεαρά φύλλα. Η έλλειψη βορίου κατ' αρχήν μειώνει τις αποδόσεις, ενώ στη συνέχεια επηρεάζει τις ρίζες υποβαθμίζοντας και την εμπορική τους αξία.

Όταν τα ζαχαρότευτλα καλλιεργούνται σε εδάφη ελαφριάς σύστασης και αλκαλικής αντίδρασης παρουσιάζονται σ' αυτά συμπτώματα τροφопενίας βορίου . Έλλειψη επίσης παρατηρείται συχνά κατά την περίοδο θερμών καλοκαιριών, ιδιαίτερα δε όταν έχει προηγηθεί ήπια και υγρή άνοιξη. Στις συνθήκες αυτές, τα φυτά αρχικά αναπτύσσονται ταχύτατα προσλαμβάνοντας αρκετό βόριο. Στη συνέχεια το ξηρό εδαφικό περιβάλλον μειώνει την διαθεσιμότητα του βορίου, με άμεση εμφάνιση συμπτωμάτων στην καρδιά των φυτών, παρά την υψηλή συγκέντρωση βορίου στα παλαιότερα φύλλα.

### 1.5.2 δ) 1. Αντιμετώπιση της έλλειψης βορίου στα ζαχαρότευτλα

Οι τροφοπενίες βορίου στα ζαχαρότευτλα αντιμετωπίζονται με βόρακα ( $N_2B_4O_7 \times H_2O -11\% B$ ). Η λίπανση με βόρακα έχει δώσει πολύ καλά αποτελέσματα και θετική αντίδραση στη μάζα των ριζών και στον ζαχαρικό τίτλο. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν επιτευχθεί με διαφυλλικές λιπάνσεις κατά την περίοδο Μαΐου – Ιουνίου (βόρακας solubor).

### 1.5.2 ε) Τροφοπενία βορίου στην ελιά

Η ελιά είναι από τις ευαίσθητες καλλιέργειες στην έλλειψη βορίου και γι' αυτό το λόγο έχει προταθεί ως φυτό δείκτης, για τον εντοπισμό εδαφών με μικρή συγκέντρωση βορίου. Η τροφοπενία βορίου στην ελιά είναι από τις πιο σοβαρές μη μεταδοτικές ασθένειες του ελαιόδεντρου, η οποία έχει εξαιρετικά δυσμενή επίδραση στην παραγωγή και την ανάπτυξη του φυτού.

Τα ελαιόδεντρα συνήθως εμφανίζονται χλωρωτικά, ενώ σε σοβαρότερες ελλείψεις παρουσιάζουν μεγάλων αριθμό ξηρών κλάδων σ' ολόκληρη την κόμη. Τα κλαδιά έχουν την γνωστή μορφή ως σκούπα της μάγισσας λόγω της διαδοχικής εκπτώξεως πολλών πλάγιων βλαστών και κατόπιν αποξηράνσεως τους. Το πιο χαρακτηριστικό σύμπτωμα ελλείψεως βορίου από την ελιά εμφανίζεται στα φύλλα και παρουσιάζεται ως χλώρωση του κορυφαίου τμήματος του ελάσματος. Αρχικά το χρώμα των χλωρωτικών ιστών είναι πρασινοκίτρινο και στη συνέχεια μετατρέπεται σε κίτρινο πορτοκαλί και καταλαμβάνει το 1/2-1/3 του φύλλου. Τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα κορυφαία φύλλα των νέων βλαστών και στη συνέχεια στα κατώτερα. Τα συμπτώματα αυτά στα φύλλα μοιάζουν με αυτά της τροφοπενίας καλίου. Η κύρια διαφορά είναι ότι στην τροφοπενία βορίου η μετάβαση από το χλωρωτικό τμήμα του φύλλου στο υγιές γίνεται αμέσως χωρίς ενδιάμεση απόχρωση. Στα παλιότερα φύλλα ενίοτε παρατηρείτε και ξήρανση του χλωρωτικού αυτού τμήματος. Επιπλέον παρατηρείται μικροφυλλία, παραμόρφωση των φύλλων (ροπαλόμορφα) και φυλλόπτωση.

Στα ασθενή δέντρα καθυστερεί η έναρξη βλαστήσεως ενώ ο ακραίος οφθαλμός νεκρώνεται. Έτσι εκπτώσσονται οι πλάγιοι οφθαλμοί οι οποίοι και αυτοί με τη σειρά τους νεκρώνονται δημιουργώντας χαρακτηριστικές σκούπες. Το καλοκαίρι παρατηρείται

έντονη καρπόπτωση ενώ και η άνθηση είναι περιορισμένη. Έτσι η παραγωγή μειώνεται και σε σοβαρότερες προσβολές εκμηδενίζεται.

### **1.5.2 ε) 1.Αντιμετώπιση τροφοπενίας βορίου στην ελιά**

Στη χώρα μας , η αντιμετώπιση της έλλειψης βορίου στην ελιά πραγματοποιείτε συνήθως με προσθήκη στο έδαφος βοριούχων λιπασμάτων (βόρακας ,βορικό οξύ) κάθε 2 με 3 χρόνια ή με ψεκασμό του φυλλώματος με βοριούχα διαλύματα.

Κατά τη συνήθη πρακτική η ποσότητα του βοριούχου λιπάσματος καθορίζεται με βάση την ηλικία και ανάπτυξη των δέντρων, χωρίς κατά κανόνα να λαμβάνονται υπόψη οι εδαφικές συνθήκες, οι οποίες συμβάλουν άμεσα η έμμεσα στην εμφάνιση των τροφοπενιών.

Έτσι ανεξάρτητα από την καλλιέργεια, τις κλιματικές συνθήκες, την ευαισθησία – ανοχή – ανθεκτικότητα των φυτικών ειδών στη χορήγηση λιπασμάτων, κύριος παράγοντας που ρυθμίζει την περίσσεια ή την έλλειψη βορίου στα φυτά είναι το έδαφος.

### **1.5.3 Πρόληψη τροφοπενιών βορίου**

Η βέλτιστη λίπανση των φυτών με βόριο είναι απαραίτητη ώστε να αποφευχθούν ακραίες καταστάσεις στα φυτά (τροφοπενίες – τοξικά συμπτώματα ), οι οποίες έχουν ως συνέπεια τη διατάραξη του μεταβολισμού τους και την εμφάνιση ανωμαλιών στην ανάπτυξή τους. Προληπτικά πραγματοποιούνται λιπάνσεις στο έδαφος καθώς και διαφυλλικοί ψεκασμοί.

### **1.5.4 Λιπάνσεις με βόριο**

Σε περιοχές που οι τροφοπενίες βορίου είναι συνήθεις, συχνά χρησιμοποιείται ο βόρακας, (το λίπασμα αυτό περιέχει 10,6%B ) σε σύμπλοκα λιπασμάτων. Η προσθήκη βόρακα πρέπει να γίνεται προσεκτικά και ομοιόμορφα, κυρίως στο μέρος που βρίσκεται ο σπόρος. Αν προστεθεί μεγάλη ποσότητα λιπάσματος και ανομοιόμορφη διασπορά, τα φυτά ενδεχομένως θα υποστούν την τοξική δράση του βορίου και τούτο διότι υπάρχει μικρό εύρος μεταξύ των τοξικών ποσοτήτων και αυτών που οδηγούν σε τροφοπενία του στοιχείου αυτού.

Για τους λόγους αυτούς προτιμώνται τα υδατοδιαλυτά σπρέι βορίου διότι διασκορπίζονται πολύ πιο εύκολα από το στερεό βόριο. Παράδειγμα υδατοδιαλυτού είναι το σύμπλοκο που περιέχει 20% B, είναι γρήγορα διαλυόμενο και διατίθενται ως υδατικό διάλυμα που περιέχει 0,2 – 2,5% αυτού του μίγματος. Το διαλυτό βόριο είναι πολύ πυκνό, είναι πλήρης πηγή βορίου και μπορεί να εφαρμοστεί σαν σπρέι η σκόνη απευθείας σε οπωροφόρα δένδρα , λαχανικά και σιτηρά . Χρησιμοποιείται επίσης ως υγρό και διασπείρεται με μορφή λιπάσματος.

Το Solubor προτιμάται από το βόρακα επειδή διαλύεται πιο γρήγορα και υφίσταται λιγότερες αλλαγές στην κρυσταλλική δομή από τις θερμοκρασίες. Το ορυκτό Ca-βόρακας, κολεμανίτης, χρησιμοποιείται συχνά σε αμμώδη εδάφη γιατί είναι λιγότερο διαλυτό σε σχέση με τα νατριούχα λιπάσματα βορίου. Οι λιπάνσεις με βόριο εξαρτώνται από το είδος του φυτού, το βροχομετρικό ύψος, την ασβέστωση του εδάφους και από το εδαφικό σύμπλοκο B – οργανικής ουσίας του εδάφους . Σημειώνεται ότι οι ποσότητες του βορίου που προστίθενται στο έδαφος εξαρτώνται και από την μέθοδο εφαρμογής. Λιπάσματα βορίου με κοκκώδη μορφή πρέπει να αποφεύγονται σε ξηρά εδάφη.

Το βορικό οξύ εκτός από τη χρήση του στη γεωργία ως λιπαντικό για πρόληψη τροφολοπιών βορίου σε άλλες χώρες όπως στην Νότια Αμερική χρησιμοποιείται και ως εντομοκτόνο εναντίον κατσαριδών και μυρμηγκιών.

**Πίνακας 7. Κυριότερα λιπάσματα βορίου.(Μήτσιος ,2003).**

<b>Πηγή</b>	<b>Χημικός τύπος</b>	<b>Περιεκτικότητα σε B %</b>
Βόρακας	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11
Πενταβορικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	18
Τετραβορικό νάτριο	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	14
Βορικό οξύ	$\text{H}_3\text{BO}_3$	20
Κολεμανίτης (ορυκτό)	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	17
Fritist Βορίου		10
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	20
Bortrac		15
Profit		15
Vytel boron		15
Χηλικό βόριο(EDTA)		4
Πολυβορ	(12-12-18+0,B)	0,5

### 1.5.5 Τοξικότητα βορίου

Το βόριο είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά . Όταν όμως βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στο έδαφος η το ύδωρ αρδεύσεως, τότε το στοιχείο αυτό προκαλεί τοξικά συμπτώματα στα φυτά. Το ύδατα αρδεύσεως που περιέχει περισσότερο από 0,75mg/L βόριο πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή. Το βόριο στο ύδωρ άρδευσης σε συγκέντρωση 0,2mg/L παρέχεται στα φυτά ως θρεπτικό στοιχείο και δεν προκαλεί τοξικά συμπτώματα στα φυτά. Αντίθετα συγκέντρωση 1-2 mg/L είναι επιβλαβές στα φυτά.

Τα επιφανειακά ύδατα σπάνια περιέχουν ποσότητα βορίου που θα προκαλούσε τοξικά συμπτώματα στα φυτά. Το ύδωρ αρδεύσεως που προέρχεται από πηγάδια η από πηγές σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να περιέχει βόριο σε τέτοιες συγκεντρώσεις που να προκαλεί τοξικά συμπτώματα. Τα τοξικά συμπτώματα του βορίου στα φύλλα των φυτών αρχικά παρουσιάζονται στα παλιά φύλλα ως κίτρινες κηλίδες, η ακόμα ξηραίνονται οι κορυφές των ελασμάτων των φύλλων. Στα φυτά που είναι ευαίσθητα στην παρουσία βορίου στα ύδατα αρδεύσεως όπως η κερασιά και η δαμασκηλιά, δεν παρουσιάζονται τα τυπικά συμπτώματα στο έλασμα των φύλλων, αλλά είναι εμφανής η παρουσία κολλωδών εκκρίσεων στον κορμό και τους κλάδους. Όμως τα συμπτώματα αυτά δεν είναι χαρακτηριστικά της τοξικότητας βορίου στα φυτά αυτά (πυρηνόκαρπα), καθώς αποτελεί συνηθισμένη αντίδραση του φυτού σε διάφορα παράσιτα και ασθένειες. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η καλύτερη λύση είναι ο υπολογισμός του βορίου σε φυτικούς ιστούς η εδαφολογική μελέτη.



Τα τοξικά συμπτώματα στα φύλλα των φυτών εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση του βορίου στα φύλλα υπερβεί τα 250-300 mg/L ξηρής ουσίας αυτών .Στα δέντρα δαμασκηλιά, ροδακινιά ,αχλαδιά, αμυγδαλιά κ.α. δεν παρουσιάζονται τοξικά συμπτώματα στα φύλλα γι' αυτό η φυλλοδιαγνωστική είναι μια απαραίτητη μέριμνα για τον παραγωγό. Παρακάτω παρουσιάζεται η ανοχή ορισμένων καλλιεργούμενων φυτών στο βόριο που βρίσκεται στα ύδατα αρδεύσεως. Η ανοχή βέβαια του κάθε φυτού στις παρακάτω συγκεντρώσεις βορίου ποικίλουν και εξαρτώνται από τον τύπο του εδάφους τις κλιματικές συνθήκες κ.α.

Γενικά λόγω του κινδύνου της τοξικότητας του βορίου, για ετήσιες καλλιέργειες (π.χ. καλαμπόκι) ακόμα και σε πολύ φτωχά εδάφη δεν εφαρμόζεται βοριούχο λίπασμα ποτέ στη γραμμή.

Επίσης έχουν αναφερθεί συμπτώματα τοξικότητας βορίου και σε εδάφη τα οποία είχαν υποστεί ασβέστωση. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε βρέθηκε ότι τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε βόριο από τα υλικά ασβέστωσης είχε η τέφρα[σαν τέφρα ορίζεται το υπόλειμμα από την καύση του λιγνίτη που χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη για παραγωγή ενέργειας. Περιέχει σίδηρο, ασβέστιο, πυρίτιο ,κάλιο, βόριο καθώς και άλλα μικροστοιχεία σε ικανοποιητικές ποσότητες, ενώ και το pH του είναι αλκαλικό. Πολλές εργασίες έχουν δείξει ότι η ουσία αυτή μπορεί να βελτιώσει τη δομή, την ικανότητα συγκράτησης ύδατος και τη γονιμότητα των εδαφών (Chang et al., 1977).Επιπλέον συχνά προκαλεί προβλήματα τοξικότητας βορίου ,σεληνίου και μολυβδαινίου καθώς και κάποια άλλα υλικά πλούσια σε CaSO<sub>4</sub> (431και 175 mgB/Kg αντίστοιχα), ενώ το CaO είχε την μικρότερη συγκέντρωση μεταξύ των υλικών αυτών (<1mgB/Kg). Παρ' όλα αυτά με την αύξηση του pH μειώνεται η διαθεσιμότητα του βορίου και συνεπώς και η ικανότητα των φυτών να συγκεντρώνουν βόριο στους ιστούς τους.

Όμως σε πείραμα που έγινε βρέθηκε ότι σε εδάφη στα οποία είχαν προστεθεί υλικά με σκοπό την άνοδο του pH το καλαμπόκι είχε αρκετή ποσότητα βορίου στους ιστούς του. Ενώ για νεαρά φυτά καλαμποκιού συγκέντρωση >25mgB/Kg ξηρής ουσίας είναι πολύ, και >100 mgB/Kg είναι τοξική, συγκεντρώσεις 50-100mgB/Kg είναι οριακές γι' αυτήν τη καλλιέργεια. Το CaSO<sub>4</sub> αύξησε τη συγκέντρωση του βορίου στους ιστούς του καλαμποκιού σε αντίθεση με τα CaCO<sub>3</sub> και CaSO<sub>3</sub>. Παρ' όλα αυτά δεν παρουσιάστηκε σημαντική μείωση της παραγωγής αλλά ούτε και εμφανή συμπτώματα τοξικότητας στα φυτά καλαμποκιού. Επιπλέον συνεχής προσθήκη τέτοιων ουσιών ίσως να μειώσει τα προβλήματα από την μεγάλη συγκέντρωση του βορίου στα φυτά (R.B.Clarck et al, 1998).

**Πίνακας 8. Συγκέντρωση βορίου σε ξηρή βιομάζα σίκαλης (mg/Kg) σε σχέση με την ποσότητα τέφρας στο έδαφος. (V.Z. Keramidas et al ,1998).**

	Ποσότητα τέφρας gr/ Kg εδάφους			
	0	5	20	50
Έδαφος 1	0,46	0,68	0,94	1,56
Έδαφος 2	0,55	0,71	0,85	1,26



### 1.5.5 α) Αντιμετώπιση των προβλημάτων τοξικότητας

Η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αποφυγής της τοξικής δράσης του βορίου είναι η επιλογή ύδατος αρδεύσεως που δεν προκαλεί τοξικά συμπτώματα στα φυτά. Η τοξική δράση των  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  και βορίου μπορεί να μειωθεί με έκπλυση αυτών. Σε περιπτώσεις που η έκπλυση γίνεται υπερβολική, πολλοί γεωργοί εφαρμόζουν το σύστημα αμειψισποράς με μια πιο ανθεκτική στην έλλειψη βορίου καλλιέργεια. Σε περιπτώσεις όπου τα προβλήματα τοξικότητας δεν είναι τόσο συχνά, σχετικά μικρές αλλαγές στην καλλιέργεια μπορεί να δώσουν λύση στο πρόβλημα.

Πρέπει στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι το βόριο είναι πολύ πιο δύσκολο να εκπλυθεί σε σχέση με τα ιόντα χλωρίου και νατρίου. Το βόριο κινείται αργά στο εδαφικό διάλυμα και απαιτείται περίπου τρεις φορές περισσότερο ύδωρ έκπλυσης απ' ό,τι απαιτείται για τα ιόντα  $\text{Cl}^-$  και  $\text{Na}^+$ . Για τον έλεγχο της τοξικότητας απαιτείται καλή ποιότητας ύδατος για την άρδευση της καλλιέργειας και στη συνέχεια να γίνει έκπλυση του εδάφους με το ύδωρ αυτό για να μειωθούν οι τυχόν ψηλές συγκεντρώσεις του βορίου στο έδαφος.

Πίνακας 9. Ανθεκτικότητα των φυτών στο βόριο των υδάτων αρδεύσεως. (Μήτσιος, 2003).

Πολύ ευαίσθητα φυτά (<0,5mg/L)	
Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα
<i>Citrus limon</i>	Λεμονιά
<i>Rubus spp</i>	Βατόμουρο

**Ευαίσθητα φυτά(0,5-0,75mg/L)**

<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό όνομα</b>
<i>Persea americana</i>	Αβοκάντο
<i>Citrus paradisi</i>	Γκρεπ φρουτ
<i>Citrus sinensis</i>	Πορτοκαλιά
<i>Prunus americana</i>	Βερικοκιά
<i>Prunus persica</i>	Ροδακινιά
<i>Prunus avium</i>	Κερασιά
<i>Prunus domestica</i>	Δαμασκηνιά
<i>Diospyros kali</i>	Διόσπυρος
<i>Ficus carica</i>	Συκιά η κοινή
<i>Vitis vinifera</i>	Αμπέλι
<i>Junglans regia</i>	Καρυδιά
<i>Allium cepa</i>	Κρεμμύδι

**Ευαίσθητα φυτά(0,75-1mg/L)**

<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό όνομα</b>
<i>Allium sativum</i>	Σκόρδο
<i>Iponomea batatas</i>	Γλυκοπατάτα
<i>Triticum aestivum</i>	Σιτάρι
<i>Hordeum vulgare</i>	Κριθάρι
<i>Helianthus annuus</i>	Ηλιάνθος
<i>Sesamum indicum</i>	Σουσάμι
<i>Lupinus hartwegii</i>	Λούπινα
<i>Fragaria spp</i>	Φράουλα
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Φασολιά
<i>Arachis hypogaea</i>	Αραχίδα

**Μέτρια ανθεκτικά(1-2mg/L)**

<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό όνομα</b>
<i>Capsicum annum</i>	Πιπεριά
<i>Pisum sativum</i>	Μπιζέλια
<i>Daucus carota</i>	Καρότα
<i>Raphanus sativus</i>	Ραπανάκι
<i>Solanum tuberosum</i>	Πατάτα
<i>Cucumis sativus</i>	Αγγούρι

**Μέτρια ανθεκτικά(2-4mg/L)**

<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό όνομα</b>
<i>Lactuca sativa</i>	Μαρούλι
<i>Brassica rapa</i>	Γογγύλη
<i>Apium graveolens</i>	Σέλινό
<i>Avena sativa</i>	Βρώμη
<i>Zea mays</i>	Καλαμπόκι
<i>Cynara scolymus</i>	Αγκινάρα
<i>Nicotiana tabacum</i>	Καπνός
<i>Cucurbita pepo</i>	Κολοκύθι
<i>Cucurbita melo</i>	Πεπόνι

**Ανθεκτικά φυτά(4-6mg/L)**

<b>Βοτανικό είδος</b>	<b>Ελληνικό όνομα</b>
<i>Sorghum bicolor</i>	Σόργο
<i>Lycopersicum esculentum</i>	Τομάτα
<i>Medicago sativa</i>	Μηδική
<i>Vicia benhgalensis</i>	Βίκος
<i>Petroselinum crispum</i>	Μαϊντανός
<i>Beta vulgaris</i>	Ζαχαρότευτλα

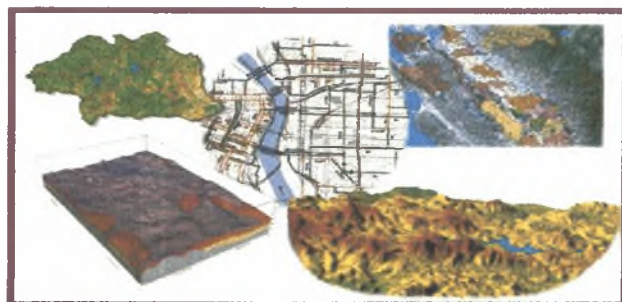
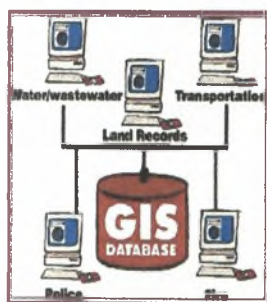
Πολύ ανθεκτικά φυτά(6-15mg/L)

Βοτανικό είδος	Ελληνικό όνομα
<i>Gossypium hirsutum</i>	Βαμβάκι
<i>Asparagus officinalis</i>	Σπαράγγι

## 1.6 Απεικόνιση με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών - Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (ΓΠΣ) Geographical Information Systems (GIS)

Τι είναι τα ΓΠΣ-GIS

Ένα Εδαφικό Πληροφοριακό Σύστημα (Land Information System) (Burrough, 1986, Davidson, 1992) είναι ένα σύστημα εργαλείων –προγραμμάτων, το οποίο επιτρέπει τη συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, διαχείριση, εκτύπωση και αξιολόγηση γεωγραφικών, εδαφικών ή άλλων δεδομένων.



Εικόνα 1.1 Περιγραφή των Γ. Π. Σ. ([www.esri.com](http://www.esri.com))

Το 1980 εμφανίστηκε η πληροφοριακή τεχνολογία η οποία έδωσε φθηνά ηλεκτρονικά εργαλεία για αποθήκευση, επεξεργασία, ενημέρωση και παρουσίαση των εδαφικών δεδομένων.

Τα στοιχεία ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS) είναι τα εξής:

- Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (Computer Hardware)
- Τα λειτουργικά συστήματα (Sets of Application Software Modules)
- Σύστημα Οργάνωσης (Proper Organisation Context)

Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για την:

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

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούνται από αρκετά πολύπλοκα λογισμικά προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών και αποτελούνται από τα εξής βασικά στοιχεία:

- Ένα σύστημα εισαγωγής πληροφοριών και χωρικών δεδομένων το οποίο εισάγει και καταχωρεί όλες τις χωρικές και μη πληροφορίες, που προέρχονται από ήδη υπάρχοντες χάρτες και άλλες πηγές, αλλά και από τα διάφορα συστήματα Τηλεπισκόπησης, κ. α.
- Ένα σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης βάσης δεδομένων, καθώς και ένα σύστημα επεξεργασίας, ανάλυσης και ανάκτησης δεδομένων, τα οποία επεξεργάζονται, αναλύουν και οργανώνουν τα χωρικά και άλλα δεδομένα σε τέτοια μορφή που δίνεται η δυνατότητα για γρήγορη και λεπτομερή ανανέωση των δεδομένων και επιδιορθώσεις λαθών που έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της βάσης των δεδομένων.
- Ένα σύστημα αναφοράς και εμφάνισης των δεδομένων το οποίο είναι ικανό να δείχνει μέρος ή ολόκληρη τη βάση δεδομένων καθώς και να διαχειρίζεται τη βάση και τα εξαγόμενα αποτελέσματα από χωρικά μοντέλα και άλλα, σε μορφή χάρτη ή πινάκων. Η δημιουργία των χαρτών αυτών ονομάζεται « ψηφιακή χαρτογραφία».

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν τη δυνατότητα να οργανώσουν και να επεξεργαστούν ψηφιακά χαρτογραφικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων. Το περιβάλλον απεικονίζεται με ψηφιακά δεδομένα που ορίζουν θέσεις στο χώρο και αποτελούνται από λίστες χαρακτηριστικών. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να μετατραπούν σε γραφικά σύμβολα και να παρουσιαστούν σε χάρτη μαζί με άλλα δεδομένα.



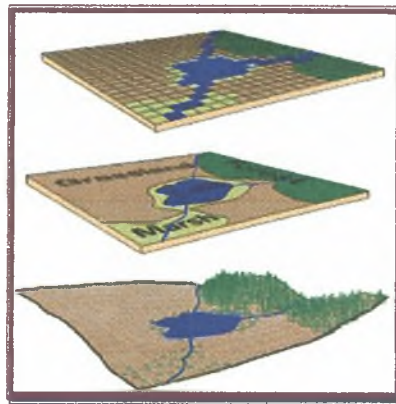
**Εικόνα 1.2** Απεικόνιση ψηφιακών χαρτογραφικών δεδομένων ([www.esri.com](http://www.esri.com))

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών δίνουν τη δυνατότητα ανάκτησης τέτοιων δεδομένων με μια απλή μετακίνηση του κέρσορα σε ένα σύμβολο στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ενεργοποιώντας τη συγκεκριμένη εντολή. Τα στοιχεία των δεδομένων βρίσκονται αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων.

Με τον όρο «Βάση Δεδομένων» γίνεται αναφορά σε μια συλλογή δεδομένων αποθηκευμένων σε λογισμικά αρχεία και συλλογικά επεξεργαζομένων, συνήθως με τη μορφή πινάκων. Η Γεωγραφική Βάση Δεδομένων περιέχει πληροφορίες σχετικά με το ανάγλυφο της επιφάνειας της Γης και τα χαρακτηριστικά και αντικείμενα που το απαρτίζουν.



Τα **raster** Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, αποθηκεύουν χαρακτηριστικά από αναλογικούς χάρτες σε raster ή grid μορφή διαχωρίζοντας την επιφάνεια μελέτης σε σύνολο κυψελίδων. Η μορφή αυτή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις ψηφιακής μοντελοποίησης, στατιστικής και γεωστατιστικής ανάλυσης, προσομοίωσης μοντέλων και εφαρμόζεται στη διαχείριση φυσικών πόρων.



**Εικόνα 1.5** Raster μορφή Γ.Σ.Π.  
([www.esri.com](http://www.esri.com))

### 1.6.1 Χρήση GIS και Τηλεπισκόπησης

Η ακριβής καταγραφή όλων των στοιχείων μιας περιοχής μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, GIS. Τα συστήματα αυτά παρέχουν ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα γεωγραφικής απεικόνισης και ανάλυσης μιας περιοχής, (P.A. Burrough and R.A. McDonnell, 2000). Η ανάπτυξη ενός προτύπου πρόβλεψης, π.χ. της ρύπανσης, μπορεί να πραγματοποιηθεί γρήγορα και αξιόπιστα, (Udoyara S. Tim, Robert Jolly, Hsiu Hua Liao, 1985).

Οι γεωγραφικοί παράλληλοι χαράσσονται συνήθως σε διαστήματα  $10^0$  ή  $20^0$  και οι μεσημβρινοί σε διαστήματα  $15^0$ , που είναι η βάση για τον προσδιορισμό του πλάτους των ωριαίων ατράκτων. Πριν από σαράντα έτη, καθώς τα αεροπλάνα και αργότερα οι δορυφόροι επέτρεπαν στον άνθρωπο να παρατηρεί τη γη από όλο και μεγαλύτερα ύψη, το αμερικάνικο ναυτικό επινόησε τον όρο "remote sensing" με την



απόδοση του όρου στα ελληνικά ως "τηλεπισκόπηση". Φωτογραφίες από μεγάλα ύψη και δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις παρέχουν στους χαρτογράφους πολύτιμες εικόνες. Οι ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις, (πολλές από τις οποίες έχουν ληφθεί με όργανα που καταγράφουν στις αόρατες για τον άνθρωπο περιοχές του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας), παρέχουν πολύ γρήγορα, πληροφορίες που άλλοτε θα χρειαζόταν μεγάλο χρονικό διάστημα για να συλλεγούν, αν τελικά κάτι τέτοιο γινόταν ποτέ δυνατόν. Για πρώτη φορά οι χαρτογράφοι μπορούν να συλλέξουν πληροφορίες για τα πετρώματα και τα ορυκτά κάτω από την άμμο της ερήμου και τους πάγους των πόλων. Πολλοί επιστήμονες καταγράφουν τη τρύπα του όζοντος με τηλεπισκόπηση ως και τη φυσική κατάσταση των δένδρων, είναι ικανοί επίσης να συγκεντρώσουν διάφορες πληροφορίες και να παρακολουθούν φυσικά φαινόμενα χωρίς να τους εμποδίζει η νύχτα και τα σύννεφα, χρησιμοποιώντας ραντάρ, ή να σχεδιάζουν το ανάγλυφο της υδρογείου χρησιμοποιώντας εικόνες από δορυφόρους και από συστήματα ηχοεντοπισμού (σόναρ), που αποτυπώνουν τη στεριά και το θαλάσσιο πυθμένα.

Το γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ή GIS είναι ένα καλά οργανωμένο σύστημα, αποτελούμενο από καλά και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό και από ένα σύστημα ηλεκτρονικών υπολογιστών με το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα, σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να εισάγει, αποθηκεύει, ενημερώνει, διαχειρίζεται, αναλύει και εμφανίζει όλες τις μορφές των γεωγραφικά σχετιζομένων πληροφοριών, (ESRI, 1997). Το GIS είναι μια δυναμική γεωγραφική βάση δεδομένων. Πολλά λογισμικά προγράμματα π.χ. το Excel, το Statgraphics, το Autocad κ.α. μπορούν να διαχειρισθούν απλά γεωγραφικά ή χωρικά δεδομένα. Όμως τα προγράμματα αυτά δε χαρακτηρίζονται ως γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών γιατί δεν κάνουν χωρικές αναλύσεις. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών προσφέρουν λύσεις και απαντήσεις σε προβλήματα που αναφέρονται σε γεωγραφικές συντεταγμένες ή αξιοποίηση αυτών για τη κατασκευή χαρτών. Όλα αυτά τα προβλήματα και ερωτήματα αναφέρονται ως χωρικά ερωτήματα (Spatial Queries). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, (GIS) είναι ένα συνεχώς αναπτυσσόμενο επιστημονικό αντικείμενο το οποίο συνδέεται με πολλές επιστήμες όπως Η/Υ, τοπογραφίας, γεωγραφίας, γεωπονίας, φωτογραμμετρίας, τηλεπισκόπησης, στατιστικής, γεωστατιστικής κ.λ.π.

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) επιτρέπουν στους χαρτογράφους να διαχειρίζονται γεωγραφικά δεδομένα, τοποθετώντας τις

γεωγραφικές πληροφορίες κατά στρώματα για να καταρτίζουν χάρτες που δίνουν απαντήσεις και ταυτόχρονα διευκρινίζουν τις σχέσεις μεταξύ των γεωγραφικών και διαφόρων φυσικών φαινομένων. Η γνώση αυτή παρέχει στον άνθρωπο τη δυνατότητα να αξιοποιεί και να προστατεύει τους φυσικούς πόρους και να προβλέπει απειλές για το περιβάλλον πολύ πριν αυτές γίνουν εμφανείς.

Πέραν των λειτουργιών εισαγωγής, αποθήκευσης, ενημέρωσης, διόρθωσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και παρουσίασης γεωγραφικών δεδομένων τα GIS συστήματα έχουν επιπλέον τις παρακάτω δυνατότητες:

1. Να αποθηκεύουν δεδομένα σε διάφορα επίπεδα (layers).
2. Να επικαλύπτουν τα επίπεδα.
3. Να επεξεργάζονται δεδομένα σε διάφορα επίπεδα.
4. Να δέχονται δεδομένα διανυσματικά (vector) και πλεγματικά (raster).
5. Να μετασχηματίζουν vector σε raster και αντίστροφα.

Ένα σύστημα GIS τυπικά συνδέει διαφορετικές ομάδες δεδομένων. Η διαδικασία της σύνδεσης μπορεί να θεωρείται μια απλή διαδικασία η οποία όμως αποκτά εξαιρετικό ενδιαφέρον όταν υπάρχουν διαφορετικά δεδομένα τα οποία πρέπει να συνδεθούν με διαφορετικούς τρόπους. Η σύνδεση των δεδομένων μπορεί να γίνει με δυο βασικούς τρόπους την απλή-άμεση σύνδεση και τη μη απλή-μη άμεση σύνδεση. Η μη άμεση σύνδεση διαχωρίζεται στην ιεραρχική σύνδεση και στην ασαφή σύνδεση. Η απλή-άμεση σύνδεση (Exact Matching) γίνεται όταν υπάρχουν πληροφορίες σ' ένα αρχείο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, το οποίο έχει πολλές γεωγραφικές και συμπληρωματικές πληροφορίες σ' ένα άλλο αρχείο του ίδιου υπολογιστή του οποίου οι πληροφορίες έχουν μερικά κοινά πεδία.

Η Μη απλή-Άμεση σύνδεση (Non Exact Matching) διαχωρίζεται σε Ιεραρχική σύνδεση (Hierarchical matching) και Ασαφής σύνδεση (Fuzzy matching).

#### **1.6.1.α Ιεραρχική σύνδεση (Hierarchical matching)**

Μερικές πληροφορίες είναι πολύ λεπτομερείς ή συλλέγονται λιγότερο συχνά από κάποιες άλλες. Όταν μικρότερες γεωγραφικά περιοχές περιέχονται ή ανήκουν μέσα σε κάποιες μεγαλύτερες τότε η λύση είναι να συνδεθούν και να προστεθούν

πρώτα οι πληροφορίες των μικρών περιοχών που ανήκουν στη μεγαλύτερη περιοχή και κατόπιν να γίνει η άμεση σύνδεση των μεγαλύτερων περιοχών μεταξύ τους.

### 1.6.1.β Ασαφής σύνδεση (Fuzzy matching)

Πολλές φορές τα όρια μικρότερων περιοχών ή τα όρια διαφορετικού τύπου γεωγραφικών πληροφοριών δε συμπίπτουν με τα όρια μεγαλύτερων περιοχών ή μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχουν περιβαλλοντικά δεδομένα για επεξεργασία όπως τα όρια αγροτεμαχίων τα οποία σπάνια συμπίπτουν με τα όρια των εδαφικών χαρτογραφικών μονάδων.

Ένα σύστημα GIS μπορεί να πραγματοποιήσει όλες αυτές τις εργασίες επειδή χρησιμοποιεί γεωγραφικά ή χωρικά δεδομένα, αλλά από την ίδια πάντα περιοχή, δηλαδή αξιοποιεί και προσθέτει αξία στα δεδομένα.

Τα διάφορα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών δίνουν πληροφορίες για το τι υπάρχει σε μια ορισμένη γεωγραφική θέση. Μια γεωγραφική θέση μπορεί να περιγραφεί με διάφορους τρόπους χρησιμοποιώντας ένα όνομα ή γεωγραφικές συντεταγμένες όπως είναι το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος. Επίσης τα συστήματα αυτά εντοπίζουν μια θέση ή ένα σημείο για τα οποία ισχύει μια συνθήκη. Μια άλλη σημαντική ικανότητα αυτών των συστημάτων είναι ο προσδιορισμός των τάσεων που επικρατούν για ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα. Ένα σύστημα GIS ανακαλύπτει τις διαφορές που υπάρχουν εντός μιας περιοχής κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος. Η κατανομή στο χώρο ή η διάταξη στο χώρο είναι μια δυνατότητα που προσφέρουν τα παραπάνω συστήματα. Ένα σύστημα GIS μπορεί να κάνει πρόβλεψη –μοντελοποίηση. Βέβαια για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να υπάρχουν γεωγραφικές και άλλες πληροφορίες και πιθανόν ακόμη επιστημονικοί νόμοι και θεωρήματα.

Τα χαρτογραφικά χαρακτηριστικά αποθηκεύονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ως σημεία, γραμμές και πολύγωνα, σύμφωνα με ένα σύστημα  $x, y$  συντεταγμένων. Οι περιγραφικές πληροφορίες του χάρτη αποθηκεύονται σε μια πινακοποιημένη Βάση Δεδομένων και συνδέονται με τα χαρακτηριστικά αυτά με ένα πεδίο κλειδί.

Αναφέρονται ότι υπάρχουν πολλές εφαρμογές του GIS σε διάφορες κλίμακες και για διάφορες λειτουργίες όπως είναι:

Κλίμακα υδρογείου  
Κλίμακα ηπειρού( 1:1000000, 1:500.000, 1:100000 corine)  
Εθνική (ΟΚΧΕ)  
Περιφερειακές  
Τοπικές  
Παρακολούθησης (monitoring)  
Πρόβλεψης / μοντελοποίησης.

Τα συστήματα αυτά δέχονται και επεξεργάζονται δεδομένα, όπως σημεία, γραμμές, πολύγωνα, χάρτες, αριθμητικά δεδομένα, κατηγοριοποιημένα δεδομένα (χρήση γης) και κείμενα (memo). Τα γεωγραφικά δεδομένα εισάγονται είτε χειρωνακτικά (ψηφιοποιητές), είτε αυτόματα με σαρωτές και ψηφιακές εικόνες. Τα μη γεωγραφικά δεδομένα εισάγονται με το πληκτρολόγιο του ηλεκτρονικού υπολογιστή από μαγνητικούς δίσκους, ταινίες και cd-roms. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται είτε σε κύρια μέσα αποθήκευσης (κύρια μνήμη) είτε επίσης σε μαγνητικές ταινίες και δίσκους.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των δεδομένων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι αν αυτά είναι διαθέσιμα ή συλλεγόμενα, η ποιότητα των δεδομένων (ακρίβεια-σχέση μέτρησης και πραγματικότητας), η αξιοπιστία (βαθμός λεπτομέρειας ή τρόπος χειρισμού της μέτρησης στην καταγραφή) και η χωρική ευκρίνεια.

Οι βάσεις δεδομένων είναι αρχεία απλά, ταξινομημένα αλφαβητικά, δηλαδή αρχεία με δείκτη. Για τις βάσεις δεδομένων απαιτείται η κατάλληλη δόμηση, για εύκολη ανεύρεση και διασταύρωση των δεδομένων. Έτσι υπάρχει η ιεραρχική δόμηση (χαρτογραφικές μονάδες, εδαφοτομές, ορίζοντες), η δικτυωτή δόμηση (για εύκολη προσπέλαση αλλά με προσχεδιασμένες ερωτήσεις) και η σχεσιακή δόμηση (RDB-ORACLE). Τα δεδομένα αυτά λαμβάνονται με πράξεις όπως είναι η ένωση (AUB), η τομή, η διαφορά, η επιλογή, η διαίρεση, η συνένωση κ.λ.π. Οι βάσεις δεδομένων γίνονται με τη χρησιμοποίηση των λογισμικών προγραμμάτων dBase IV (Database) και Database Access του ArcView 3.2 κ.α.

### 1.6.2 Βέλτιστη εσωεκτίμηση με τη χρήση μεθόδων Γεωστατιστικής

Η γεωστατιστική αποσκοπεί στην παροχή ποσοτικών περιγραφών των φυσικών μεταβλητών οι οποίες κατανέμονται στο χώρο ή στο χρόνο και το χώρο, (Chiles και Delfiner, 1999).

Οι φυσικές μεταβλητές μπορεί να είναι:

- 1) Τα αποθέματα κοιτάσματος ενός ορυχείου.
- 2) Το βάθος και το πάχος μιας γεωλογικής στρώσης.
- 3) Το πορώδες και η περατότητα ενός πορώδους μέσου.
- 4) Η πυκνότητα ενός ορισμένου είδους δένδρων σ' ένα δάσος.
- 5) Οι ιδιότητες των εδαφών μιας περιοχής.
- 6) Η ποσότητα της βροχής σε μια λεκάνη απορροής.
- 7) Η πίεση, η θερμοκρασία και η ταχύτητα του ανέμου στην ατμόσφαιρα.
- 8) Οι συγκεντρώσεις ρυπογόνων ουσιών σε μια περιοχή.

### 1.6.3 Η χρήση στατιστικών προτύπων στη γεωγραφική ανάλυση

Η απόδοση στο πρότυπο αναφοράς διαφόρων φαινομένων οδηγεί σε χάρτες με δυνατότητες προσαρμογής του περιεχομένου τους σε κάποιο μοντέλο μαθηματικής αναπαράστασης.

Το εξειδικευμένο λογισμικό που χρησιμοποιείται από τα GIS ικανοποιεί την ανάγκη μοντελοποίησης των διαφόρων φυσικών φαινομένων στη σύγχρονη επιστήμη. Σύγχρονες τάσεις στην ανάπτυξη τέτοιων προτύπων έχουν αντίκτυπο και στα GIS. Η έννοια του προτύπου δίνει τη δυνατότητα να εξαχθούν συμπεράσματα που αφορούν τις ιδιότητες του, υπό εξέταση, φαινομένου, τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων και τις χωρικές ή χρονικές προβλέψεις που γίνονται. Είναι δυνατό να οριστούν πολλά πρότυπα για κάθε χαρτογραφούμενο φαινόμενο. Η αξία και η χρησιμότητα καθενός από αυτά κρίνονται σύμφωνα με τα κριτήρια της πληρότητας, της μοναδικότητας και της απλότητας. Ένα σωστό πρότυπο πρέπει να είναι πλήρες, ώστε αφενός μεν να είναι χρήσιμο και αφετέρου να μην απορρίπτεται από τα δεδομένα των πειραμάτων, μοναδικό να επιτρέπει μοναδικά ή μονοσήμαντα συμπεράσματα και απλό δηλαδή να απαιτεί λιγότερες υποθέσεις (Πετράκης, 1998).

Ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί από πολύ απλοϊκά μέχρι πολύ σύνθετα πρότυπα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός συναφών και αλληλοεπικαλυπτόμενων προτύπων. Το γεγονός αυτό καθιστά ιδιαίτερα δύσκολή την επιλογή του βέλτιστου προτύπου για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή. Έτσι λοιπόν γίνεται φανερό πως κάθε φορά πρέπει να προσαρμόζεται το πρότυπο που αποδίδει καλύτερα στις εκάστοτε συνθήκες ενός έργου GIS. Η ενδεδειγμένη λύση είναι η δημιουργία ενός προτύπου από τον εκάστοτε ερευνητή έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις της εργασίας του.

Τα ντετερμινιστικά πρότυπα γίνονται ευκολότερα κατανοητά γιατί δεν εμπλέκουν πολύπλοκους στατιστικούς ορισμούς. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μοντελοποίηση του αγνώστου αλλά συστηματικού χαρακτήρα ενός φαινομένου μέσω κάποιας αναλυτικής συνάρτησης. Η συνάρτηση αυτή μπορεί να αναφέρεται είτε σε ολόκληρη τη χωρική έκταση που καλύπτει το φαινόμενο ή μόνο σ' ένα τμήμα της. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται πολυωνμικά πρότυπα ενώ στη δεύτερη τμηματικά πολυωνμικά πρότυπα. Οι άγνωστοι συντελεστές των όρων της αναλυτικής συνάρτησης πρέπει να εκτιμηθούν από τα παρατηρούμενα μεγέθη που είναι οι τιμές του φαινομένου στα σημεία τα οποία έχουν γίνει μετρήσεις.

Τα στοχαστικά πρότυπα θεωρούν ότι το φαινόμενο μπορεί να προσεγγισθεί μέσω κάποιας στατιστικής διαδικασίας. Ως τέτοια ορίζεται από ορισμένα στατιστικά μεγέθη όπως είναι η μέση τιμή και η συνάρτηση συμμεταβλητότητας. Συνήθως σ' αυτά τα πρότυπα θεωρείται ότι δεν είναι γνωστή η διαδικασία εξέλιξης των διαφόρων φαινομένων και έτσι επιλέγεται μια γενικής μορφής (εκθετική) συνάρτηση συμμεταβλητότητας.

Η χρήση "βαρών" για τις παρατηρούμενες ποσότητες έχει για τα στοχαστικά πρότυπων πιο σαφές νόημα. Συνήθως ως "βάρος" παρατηρήσεων χρησιμοποιείται το αντίστροφο της μεταβλητότητάς τους και άρα το μεγαλύτερο "βάρος" αντιστοιχεί στις στατιστικά πιο αξιόπιστες παρατηρήσεις. Ο υπολογισμός των "βαρών" γίνεται με τα variograms. Ένα variogram δείχνει την παραλλακτικότητα των διαφόρων μεγεθών των τιμών ή ιδιοτήτων μιας γεωγραφικής μεταβλητής της περιοχής μελέτης σε σχέση με τη χωρική κατανομή των σημείων δειγματοληψίας στο χώρο. Αν η διακύμανση αυτή είναι πολύ μικρή τότε δεν έχει νόημα η εφαρμογή της γεωστατιστικής.

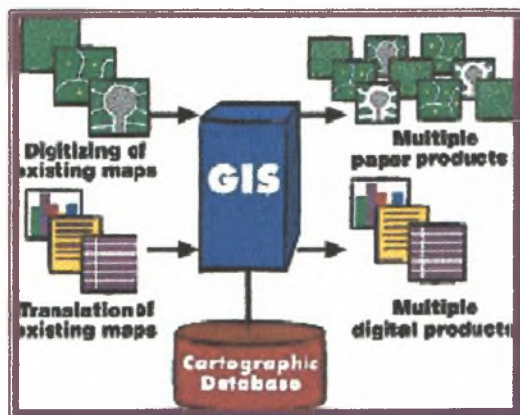
Η παρεμβολή είναι μια από τις βασικότερες και πιο κοινές διαδικασίες όσον αφορά την επεξεργασία των χαρτογραφικών δεδομένων, χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη ποικιλία χαρτογραφικών εφαρμογών στη μια και στις δύο διαστάσεις. Η γενική διατύπωση του προβλήματος της παρεμβολής έχει ως εξής : αν δίνονται οι τιμές μιας συνάρτησης σε διάφορα γνωστά σημεία να υπολογιστούν οι νέες τιμές για οποιοδήποτε σημείο. Δύο άλλα προβλήματα που συνοδεύουν την χαρτογραφική παρεμβολή είναι αυτό της εξομάλυνσης και της γενίκευσης. Εξομάλυνση μιας επιφάνειας δεδομένων είναι η διαδικασία κατά την οποία για τα γνωστά σημεία της επιφάνειας υπολογίζονται νέες τιμές ώστε η κατανομή στην επιφάνεια να γίνει πιο ομαλή. Γενίκευση είναι η διαδικασία όπου αγνοούνται κάποιες τιμές της επιφάνειας των δεδομένων (Πετράκης 1998, Λιβιεράτος, 1988).

Αυτές τις διαδικασίες τις πραγματοποιούν τα λογισμικά προγράμματα GIS αυτόματα (Rebesma, 1996).

Η γεωστατιστική παρέχει την ικανότητα για χωρικές ή γεωγραφικές αναλύσεις, προβλέψεις των τιμών διαφόρων ιδιοτήτων μιας περιοχής, ανεξάρτητα από το μέγεθός της, βασιζόμενα σε έναν αριθμό παρατηρήσεων ή μετρήσεων και να δίνουν απαντήσεις σε πλήθος ερωτημάτων.

#### 1.6.4 Πλεονεκτήματα και δυνατότητες ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα σύμφωνα με τους Burrough, 1986 και Πετράκη, 1998.



Εικόνα 1.6 Δυνατότητες και εφαρμογές των Γ.Σ.Π. (www.esri.com)

- Είναι δυνατό να καταγράψουν και να αποθηκεύσουν μεγάλο όγκο πληροφοριών.
- Γίνεται φθηνή, σύντομη και ευέλικτη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών.
- Σχεδιάζονται μονοθεματικοί ή πολυθεματικοί χάρτες φθηνά και γρήγορα.
- Επιτρέπουν την άμεση μελέτη διαφόρων σεναρίων χρήσεων γης.
- Δέχονται δεδομένα σε ψηφιακή μορφή.
- Διευκολύνουν τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, ενώ παράλληλα τα δεδομένα επεξεργάζονται και με τη γεωστατιστική ανάλυση.
- Διευκολύνουν τη χρήση γεωστατιστικών μοντέλων τρισδιάστατης πρόβλεψης.
- Δημιουργούν τρισδιάστατα πρότυπα επιφάνειας.
- Εκτυπώνουν και μετατρέπουν χάρτες σε διάφορες κλίμακες γρήγορα.
- Ελαχιστοποιούν τα λάθη εκτύπωσης των χαρτών.
- Υπάρχει δυνατότητα ενημέρωσης δεδομένων στο χώρο και στο χρόνο.
- Έχουν πολλές εφαρμογές.



## 2.Υλικά και μέθοδοι

Πριν τον υπολογισμό του βορίου στα επιφανειακά(0-30cm) δείγματα εδάφους από την περιοχή της Καρδίτσας ,των Τρικάλων και της Ελασσόνας Λαρίσης υπολογίστηκαν και άλλα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως το pH, η οργανική ουσία και η μηχανική ανάλυση. Τα εδαφικά δείγματα είχαν ήδη αεροξηρανθεί και διέλθει από κόσκινο διαμέτρου 2mm.

### 2.1 Υπολογισμός του pH

Ο υπολογισμός του pH πραγματοποιήθηκε σε αιώρημα νερού –εδάφους σε αναλογία 1:1(30 γρ. εδάφους : με 30 mL νερού αποσταγμένου).

### 2.2 Υπολογισμός της μηχανικής σύστασης

Ο υπολογισμός της μηχανικής σύστασης του εδάφους έγινε με τη μέθοδο Βουγιούκου. Χρησιμοποιήθηκε διασπορικό διάλυμα [6-μεταφωσφορικό νάτριο ( $\text{NaPO}_4$ )<sub>6</sub> και άνυδρο ανθρακικό νάτριο].

### 2.3 Υπολογισμός της οργανικής ουσίας

Ο υπολογισμός της οργανικής ουσίας έγινε έμμεσα. Υπολογίστηκε ο οργανικός άνθρακας με τη χρήση του οξειδωτικού παράγοντα  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Ο προσδιορισμός του στηρίχτηκε στην οξειδοαναγωγική ογκομέτρηση των ιόντων,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  τα οποία δεν υπέστησαν αναγωγή από τον οργανικό άνθρακα με τιτλοδότηση διαλύματος  $\text{FeSO}_4$ . Να τονιστεί ότι οι παραπάνω υπολογισμοί έγιναν μόνο σε ένα αριθμό των δειγμάτων.

### 2.4 Υπολογισμός του βορίου

Ο προσδιορισμός του διαθέσιμου βορίου στο έδαφος γίνεται με τις κατωτέρω μεθόδους:

- Η τροποποιημένη μέθοδος της κουρκουμίνης που χρησιμοποιεί 2-ethyl –1,3-hexanediol.
- Η μέθοδος της αζωμεθίνης.  
Στο πείραμα για τον προσδιορισμό του βορίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της αζωμεθίνης.

#### 2.4.1 Μέθοδος της αζωμεθίνης

Η μέθοδος της αζωμεθίνης χρησιμοποιείται ευρύτατα και παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει δύο στάδια στο τέλος των οποίων καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του διαθέσιμου βορίου. Αρχικά πραγματοποιείται εκχύλιση του στοιχείου από το έδαφος με κατάλληλα εκχυλιστικά διαλύματα και ακολουθεί ο προσδιορισμός με φασματοφωτόμετρο του έγχρωμου πλέον συμπλόκου, που σχηματίζεται ανάμεσα στο βορικό οξύ σε υδατικό περιβάλλον και στο αντιδραστήριο της αζωμεθίνης .

Για την εκχύλιση του βορίου από τα εδάφη χρησιμοποιείται η μέθοδος της εκχύλισης με ζέον ύδωρ. Προκειμένου να απελευθερωθεί το βόριο από τα ορυκτά που είναι προσροφημένο, χρησιμοποιείται  $\text{CaCl}_2$  το οποίο αντικαθιστά το στοιχείο αυτό στις επιφάνειες των ορυκτών με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση του στο εκχυλιστικό διάλυμα. Το εκχυλιζόμενο βόριο στο διάλυμα αυτό μπορεί να προσδιοριστεί φασματοφωτομετρικά. Η εκχύλιση πραγματοποιείται σε ειδική συσκευή πέψης του οίκου Gerhardt των έξι θέσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές υάλινες σφαιρικές φιάλες (SCHOTT DURAN 250mL), απαλλαγμένες από βόριο και κάθετοι ψυκτήρες επαναρροής. (Μήτσιος, 2003)

Πέρα από το  $\text{CaCl}_2$  ως εκχυλιστικό χρησιμοποιούνται επίσης τα εξής διαλύματα:

- ❖ 0,01M  $\text{CaCl}_2$ +0,05M μανιτόλη
- ❖ 0,01M ταρταρικό οξύ
- ❖ 0,1M σαλικυλικό οξύ
- ❖ 0,05M HCL
- ❖ 1M  $\text{NH}_4\text{Oac}$  pH =7 (Datta et al, 2000).

## 2.4.2 Αντιδραστήρια – όργανα

### A) Εκχύλιση

Αποσταγμένο ύδωρ.

Χλωριούχο ασβέστιο ( $CaCl_2$ ) 0,01M: διαλύονται 1.11 g άνυδρου χλωριούχου ασβεστίου (Calcium chloride dehydrate, καθαρότητας > 97%) σε 900mL αποσταγμένου ύδατος σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL και συμπληρώνεται το διάλυμα μέχρις όγκου 1000 mL .

### B) Ανάπτυξη χρώματος

Ρυθμιστικό διάλυμα (buffer solution) : διαλύονται 250 g οξικού αμμωνίου ( $CH_3COONH_4$ ) και 15 g  $Na_2EDTA$  (EDTA disodium) σε 400 mL αποσταγμένο ύδωρ . Σιγά σιγά προστίθενται 125 mL οξικού οξέος ( $CH_3COOH$ ) και ακολουθεί μηχανική ανάδευση .

Υδροχλωρικό οξύ (HCL) 0,1 N: Προστίθενται 8,1 mL πυκνού HCL σε 900 mL αποσταγμένου ύδατος. Ακολουθεί ανακίνηση και ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου . Τα διάλυμα μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL και συμπλήρωση μέχρι την χαραγή των 1000 mL με αποσταγμένο ύδωρ .

Υδροξείδιο του ασβεστίου ( $CaH_2O_2$ ): διαλύονται 0,4 g της ουσίας σε 100 mL αποσταγμένου ύδατος .

Ασκορβικό οξύ [L(+)] ascorbique,  $C_6H_8O_6$ ] 1%: διαλύεται 1 g ασκορβικού οξέος σε 100 mL αποσταγμένου ύδατος .

Αντιδραστήριο αζωμεθίνης (Azomethine-H): διαλύονται 0,45 g αζωμεθίνης (Pierce Chemistry Co., Rockford, 111.) σε 100mL 1% διαλύματος ασκορβικού οξέος .

### Γ) Πρότυπη καμπύλη

Πρότυπο διάλυμα βορίου συγκέντρωσης 10 mg/l: διαλύονται 0,05725g βορικού οξέος ( $H_3BO_3$ ) σε 900 mL αποσταγμένου ύδατος σε πλαστικό ποτήρι ζέσεως των 1000 mL . Ακολουθεί ανακίνηση και μεταφορά του διαλύματος σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL και συμπληρώνεται ο όγκος του διαλύματος μέχρι την χαραγή των 1000 mL .

*Πρότυπο διάλυμα βορίου συγκέντρωσης 0,5 mg/L:* Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 5 mL του διαλύματος των 10 mg/L και συμπλήρωση μέχρι την χαραγή με αποσταγμένο ύδωρ.

*Πρότυπο διάλυμα βορίου συγκέντρωσης 1 mg/L:* Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 10 mL του διαλύματος των 10 mg/L και συμπλήρωση μέχρι την χαραγή με αποσταγμένο ύδωρ.

*Πρότυπο διάλυμα βορίου συγκέντρωσης 1,5 mg/L:* Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 15 mL του διαλύματος των 10 mg/L και συμπλήρωση μέχρι την χαραγή με αποσταγμένο ύδωρ.

*Πρότυπο διάλυμα βορίου συγκέντρωσης 2 mg/L:* Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 20 mL του διαλύματος των 10 mg/L και συμπλήρωση μέχρι την χαραγή με αποσταγμένο ύδωρ.

*Πρότυπο διάλυμα βορίου συγκέντρωσης 2,5 mg/L:* Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 25 mL του διαλύματος των 10 mg/L και συμπλήρωση μέχρι την χαραγή με αποσταγμένο ύδωρ.

*Πρότυπο διάλυμα βορίου συγκέντρωσης 3 mg/L:* Σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL μεταφέρονται 30 mL του διαλύματος των 10 mg/L και συμπλήρωση μέχρι την χαραγή με αποσταγμένο ύδωρ.

### 2.4.3 Μέθοδος

Τοποθετούνται 20 g δείγματος αεροξηραθέντος εδάφους σε υάλινη κωνική φιάλη (6 συνολικά ) των 250 mL , απαλλαγμένης βορίου , και προστίθενται 40 mL του διαλύματος 0,01M CaCl<sub>2</sub>. Παράλληλα σε κάθε κωνική φιάλη για αποφυγή ατυχήματος από τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται προστίθενται πέτρες βρασμού . Στη συνέχεια προσαρμόζεται κάθετος σωλήνας επαναρροής σε κάθε κωνική φιάλη που αντιστοιχεί (η συσκευή διαθέτει έξι κωνικές φιάλες και τους αντίστοιχους κάθετους σωλήνες επαναρροής).

Κατόπιν θερμαίνεται η κάθε κωνική φιάλη μέχρι του σημείου του βρασμού του περιέχοντος διαλύματος. Από την έναρξη του βρασμού και μετά από χρονικό διάστημα ακριβώς πέντε λεπτών απομακρύνεται το σύστημα από τις εστίες και ψύχεται το διάλυμα. Έχει βρεθεί ότι το διάστημα των πέντε λεπτών ελευθερώνεται όλη η ποσότητα του βορίου στο εδαφικό διάλυμα .

Μετά από την ψύξη των φιαλών σε θερμοκρασία εργαστηρίου ακολουθεί διήθηση . Η τελευταία πραγματοποιείται με διηθητό χαρτί σε υάλινες κωνικές φιάλες ελεύθερες βορίου (Boro 3,3). Ο όγκος του διηθήματος ανέρχεται σε 25-28 mL .

Μεταφέρονται 20 mL του διηθήματος σε κάψες από πορσελάνη (HCT 126/63 DIN) και προστίθενται 2 mL του διαλύματος του υδροξειδίου του ασβεστίου ( $\text{CaH}_2\text{O}_2$ ). Το ανωτέρω μίγμα θερμαίνεται μέχρι ξήρανσης . Η κάψα από πορσελάνη θερμαίνεται προκειμένου να καταστραφεί η οργανική ουσία . Μετά την ξήρανση και αφού η κάψα αποκτήσει θερμοκρασία περιβάλλοντος, προστίθενται 5 mL διαλύματος 0,1N HCL .

Για την ανάμιξη του διαλύματος χρησιμοποιούνται υάλινες ράβδοι διαφορετικές για κάθε εδαφικό δείγμα . Λαμβάνεται 1 mL από το ανωτέρω διάλυμα, μεταφέρεται σε πλαστικό ποτήρι και ακολουθεί φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός του βορίου.

Για την ανάπτυξη του χρώματος στο 1mL του ανωτέρω δείγματος προστίθενται 2 mL ρυθμιστικού διαλύματος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{EDTA}$ ) και 2 mL διαλύματος αζωμεθίνης (Azomethine-H) και ακολουθεί ανακίνηση.

Αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας είναι ο σχηματισμός συμπλόκου κίτρινου χρώματος το οποίο μετά από χρονικό διάστημα 30 λεπτών μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 420 nm με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου Shimadzu UV-120-01.

Οι διαβαθμίσεις του κίτρινου χρώματος (έντονο, κανονικό ) μαρτυρούν και τη συγκέντρωση του διαθέσιμου βορίου στο διάλυμα. Έτσι αν το δείγμα έχει έντονο κίτρινο χρώμα αυτό σημαίνει ότι η συγκέντρωση του στοιχείου είναι μεγάλη , ενώ αν το χρώμα είναι ελάχιστα κίτρινο τότε η συγκέντρωση του βορίου είναι ιδιαίτερα χαμηλή . Βέβαια η παρατήρηση αυτή είναι εμπειρική και δεν μπορεί με ακρίβεια να αποδώσει τη συγκέντρωση του διαθέσιμου βορίου στο εδαφικό διάλυμα.

Προκειμένου οι τιμές της απορρόφησης , που προσδιορίστηκαν να μετατραπούν σε μονάδες συγκέντρωσης του μικροστοιχείου αυτού ,πραγματοποιείται μέτρηση της απορρόφησης του βορίου σε μια πρότυπη καμπύλη όπου η απορρόφηση συνδέεται με τη συγκέντρωση με γνωστή σχέση . Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιούνται τα πρότυπα διαλύματα των 0, 0,5 , 1 , 1,5 , 2 , 2,5 και 3 mg/L και μετράται η απορρόφηση τους

#### 2.4.4 Πρότυπη καμπύλη

Λαμβάνεται 1 mL από κάθε ένα από τα ανωτέρω διαλύματα και μεταφέρεται σε πλαστικό ποτήρι . Στη συνέχεια προστίθενται 2 mL ρυθμιστικού διαλύματος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  , $\text{Na}_2\text{EDTA}$ ) και 2 mL διαλύματος αζωμεθίνης (Azomethine-H) και ανακινείται ελαφρά κάθε διάλυμα . Μετά από χρονικό διάστημα 30 λεπτών μετράται η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο .

Με βάση τις τιμές που προκύπτουν κατασκευάζεται η πρότυπη καμπύλη , η οποία θα αποτελέσει τη βάση για την εύρεση της συγκέντρωσης του βορίου σε οποιοδήποτε εδαφικό εκχύλισμα . Χρησιμοποιείται πάντοτε και ένα διάλυμα που περιέχει 1 mL αποσταγμένου ύδατος , 2 mL ρυθμιστικού διαλύματος και 2 mL διαλύματος αζωμεθίνης . Αυτό θεωρείται ότι περιέχει 0 mg /L βόριο και αποτελεί τη βάση για τον προσδιορισμό όλων των δειγμάτων , καθώς σε αυτό η απορρόφηση είναι μηδενική.

#### 2.5 Χρήση GIS

Για τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων έγινε χρήση του προγράμματος ARCGIS 8.2 και χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο πρόβλεψης Inverse Distance Weighting. Οι συντεταγμένες των σημείων όπου έγιναν οι εδαφοτομές ελήφθησαν με φορητό όργανο GPS (Global Positioning System). Εν συνεχεία έγινε μετατροπή των συντεταγμένων με το πρόγραμμα COORDS GR προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα ARCGIS 8.2.

### 3. Αποτελέσματα –Συζήτηση

Υπολογίστηκε η ποσότητα του βορίου που περιείχαν 75 δείγματα. Τα δείγματα αυτά ελήφθησαν από την περιοχή Ελασσόνας του Νομού Λαρίσης και συγκεκριμένα σε βάθος 0 ως 30 cm. Παρακάτω παρουσιάζεται η κατάταξη των εδαφών με βάση την τιμή του βορίου.

**Πίνακας 10. Κατάταξη των εδαφών με βάση την τιμή του βορίου.**  
(Reisenauer et al, 1973).

Συγκέντρωση Βορίου στο έδαφος (ppm)	Χαρακτηρισμός
<1	Μη ικανοποιητική για την ανάπτυξη των φυτών (τροφοπενίες)
1-5	Συνήθως ικανοποιητική για την ανάπτυξη των φυτών
>5	Τοξική για όλα τα φυτά

Στα δείγματα στα οποία υπολογίστηκε η ποσότητα του βορίου, οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,049 mg B/Kg εδάφους έως 1,987 mg B/kg εδάφους. Σε άλλες εργασίες που είχαν πραγματοποιηθεί στην περιοχή της Θεσσαλίας, στα εδαφικά δείγματα η συγκέντρωση του βορίου που προσδιορίστηκε κυμαινόταν από 0,1 mg B/Kg ξηρού εδάφους μέχρι 2,3 mg B/Kg εδάφους (Mitsios et al.). Υπάρχει μία μικρή διαφορά ως προς το κατώτερο όριο (0,049 σε σχέση με το 0,1).

Από σύνολο 75 δειγμάτων τα 57 παρουσίασαν συγκεντρώσεις βορίου που θα οδηγούσαν τα περισσότερα φυτά σε τροφοπενίες (< 1 mg B/Kg ξηρού εδάφους), δηλαδή ένα ποσοστό 76% των εδαφών σε αυτές τις περιοχές ενδέχεται να προκαλέσουν προβλήματα τροφοπενιών βορίου στις καλλιέργειες.

Από τα 75 δείγματα τα 18 περιέχουν συγκεντρώσεις από 1-5 mg B/Kg ξηρού εδάφους (ποσοστό 24%). Και τα 18 δείγματα περιείχαν βόριο από 1-2 mg B/Kg

ξηρού εδάφους που σημαίνει ότι και εκείνα ενδέχεται να παρουσιάσουν σε λίγα χρόνια ελλείψεις του ιχνοστοιχείου αυτού.

Δε βρέθηκαν δείγματα που να περιέχουν συγκεντρώσεις βορίου πάνω από 5 mg B/Kg ξηρού εδάφους (δηλαδή που ενδεχομένως να δημιουργήσουν τοξικά φαινόμενα στις καλλιέργειες.

**Πίνακας 11. Συγκέντρωση βορίου στα εδαφικά δείγματα (n=75)**

Συγκέντρωση βορίου στο έδαφος	Αριθμός δειγμάτων	Ποσοστό %
<1 mg B/Kg ξηρού εδάφους	57	76
1-5 mg B/Kg ξηρού εδάφους	18	24
>5 mg B/Kg ξηρού εδάφους	0	0

**Πίνακας 12. Περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία και τιμές pH (n=75)**

Τιμές	pH	Οργανική Ουσία %
Ελάχιστη	3,9	0,1
Μέγιστη	7,54	4,37
Μέσος όρος		1,14



Κατά MAFF (1988) ο χαρακτηρισμός των εδαφών σύμφωνα με την τιμή του pH που εμφανίζουν, παρατίθεται στον πίνακα 13.

**Πίνακας 13. Κατάταξη των εδαφών με βάση την τιμή του pH**

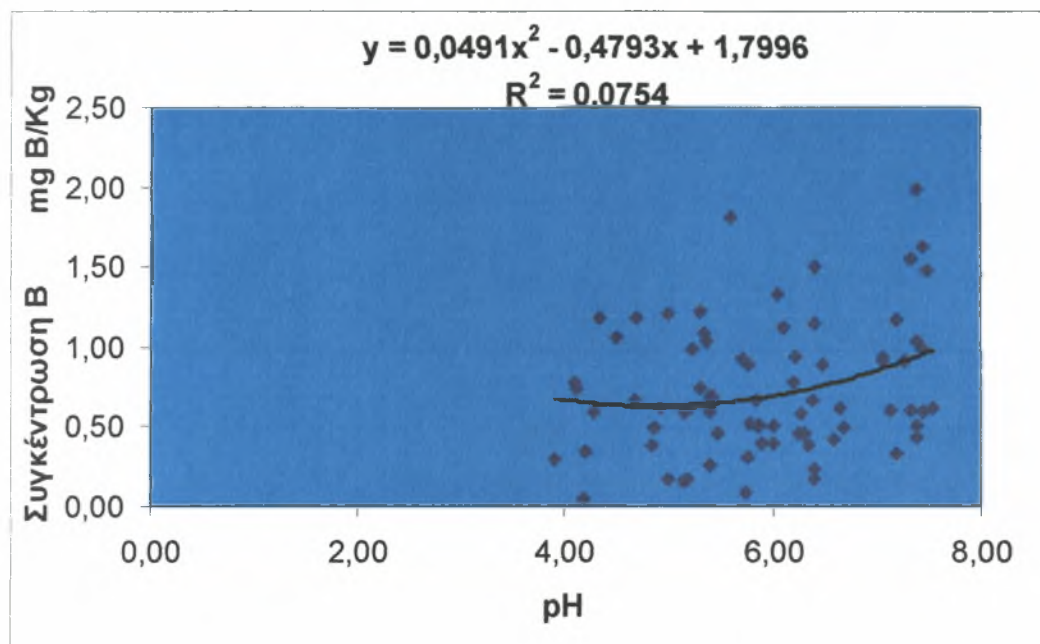
pH	Χαρακτηρισμός εδάφους
4 – 5	Πολύ ισχυρά όξινα
5 - 5,8	Ισχυρώς όξινα
5,8 – 6,5	Μετρίως όξινα
6,5 - 7,5	Ουδέτερα
7,5 – 8,5	Μέτρια αλκαλικά
> 8,5	Αλκαλικά

Στον πίνακα 14 κατατάσσονται τα 75 δείγματα ανάλογα με την τιμή pH που εμφανίζουν.

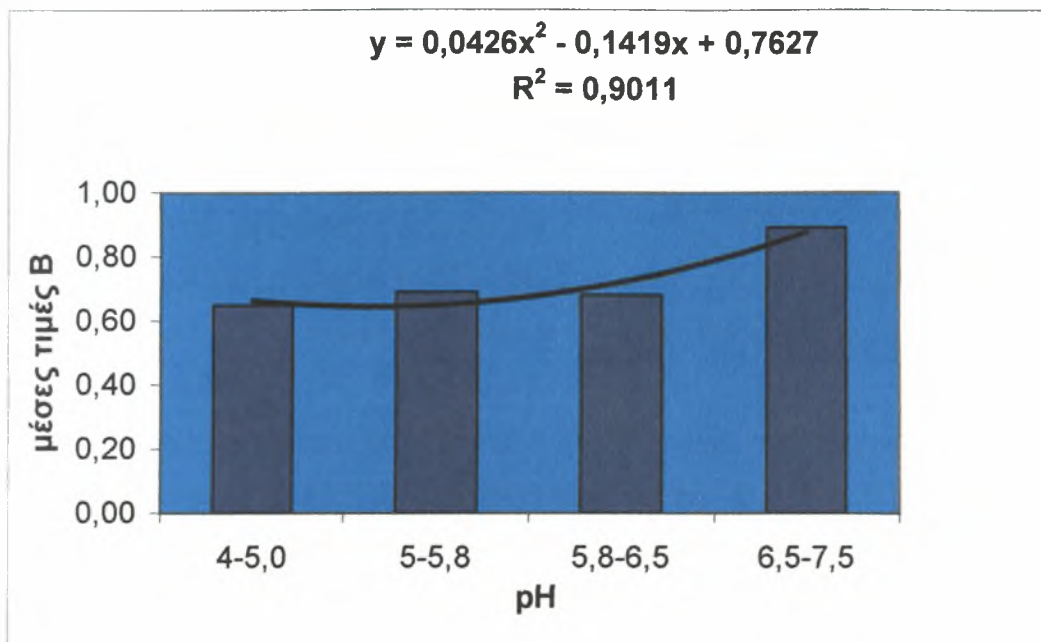
**Πίνακας 14.**

pH	Αριθμός δειγμάτων	Ποσοστό %
4 - 5	14	19
5 - 5,8	21	28
5,8 – 6,5	20	26,5
6,5 - 7,5	20	26,5
7,5 – 8,5	0	0
> 8,5	0	0

Βρέθηκαν λοιπόν 14 δείγματα (19%) τα οποία ήταν πολύ ισχυρά όξινα, 21 δείγματα (28%) ισχυρώς όξινα, 20 δείγματα (26,5%) μετρίως όξινα, και 20 δείγματα (26,5%) ουδέτερα.



Η πιο καλή σχέση μεταξύ pH και συγκέντρωσης Β είναι η πολυωνυμική που φαίνεται και στο γράφημα. Ισχύει για το παραπάνω  $R^2 = 0,0754$ . Δεν προκύπτει λοιπόν σημαντική σχέση μεταξύ pH και συγκέντρωσης Β.



Αν κατατάξουμε τις τιμές pH σε 4 κλάσεις δηλαδή από 4 – 5 , 5 – 5,8 , 5,8 – 6,5 και 6,5 – 7,5 και τις αντιστοιχίσουμε με τις μέσες τιμές B προκύπτει μια καλή σχέση μεταξύ pH και B η οποία φαίνεται στο γράφημα. Ισχύει  $R^2=0,9011$

## Συμπεράσματα

Παρατηρείται μια γενική έλλειψη βορίου στα συγκεκριμένα εδάφη. Η σημασία του ιχνοστοιχείου αυτού όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι πολύ μεγάλη για όλα τα φυτά. Επιπλέον γίνεται φανερό πόσο μεγάλη σημασία έχουν τα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως οργανική ουσία και pH στη διαθεσιμότητα του βορίου στα εδάφη. Γενικά το βόριο σαν σημαντικό μικροθρεπτικό στοιχείο δεν έχει την προσοχή που του αρμόζει από τους γεωργούς αλλά και τους γεωπόνους.

## Βιβλιογραφία

1. Sansanee Jamjod and Benjavan Rerkasem. Genotypic variation in response of barley to boron deficiency. *Plant and soil*, 215: 65-72, 1999.
2. Longbin Huang, Richard W. Bell and Bernie Dell. Factors controlling equilibrium boron concentration in nutrient solution buffered with B-specific resin (AmberliteIRA-743). *Plant and soil*, 208:233-241, 1999.
3. Cedric Derue, David Gibouin, Marie –Claire Verdus, Fabrice Lefebvre, Maurice Demarty, Camille Ripoll and Michel Thellier. Appraisal of Sims applicability to boron studies in plants. *Microscopy research and technique*, 58: 104 – 110, 2002.
4. J.A.Poss, S.R.Grattan, C.M.Grieve and M.C.Shannon. Characterization of leaf boron injury in salt stressed *Eucalyptus* by image analysis. *Plant and soil* 206: 237-245, 1999.
5. A.Asad, R.W.Bell and B.Dell. A critical comparison of the external and internal boron requirements for contrasting species in boron – buffered solution culture. *Plant and soil* 233:31-45, 2001.
6. K.A.Kelling. A 2522, *Understanding plant nutrients*
7. A.Asad, F.P.C.Blamey and D.G Edwards. Dry matter production and boron concentration of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. *Plant and soil* 243:243-252, 2002.
8. Christos Dordas and Patrick H.Brown. Evidence for channel mediated transport of boric acid in squash (*Cucurbita pepo*). *Plant and soil* 235: 95-103, 2001.
9. Alon Ben –Gali and Uri Shani. Yield, transpiration and growth of tomatoes under combined excess boron and salinity stress. *Plant and soil* 247: 211-221, 2002.
10. Ιωάννη Κ. Μήτσιου .Γονιμότητα εδαφών ,θρεπτικά στοιχεία φυτών και βαρέα μέταλλα .Μέθοδοι και εφαρμογές . Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας , Βόλος ,2003.
11. Μ.Βασιλακάκη ,Ι.Θεριός. Μαθήματα ειδικής δενδροκομίας, φυλλοβόλα οπωροφόρα δένδρα. Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης .Έκδοση υπηρεσία δημοσιευμάτων.
12. Ιωάννης Κ.Μήτσιος .Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel,Αθήνα 1999 .

13. Χ.Γ.Παναγόπουλος .Ασθένειες καρποφόρων δένδρων και αμπέλου .Εκδόσεις Α.Σταμούλη .
14. Ιωάννη Κ. Μήτσιου .Γονιμότητα εδαφών ,θρεπτικά στοιχεία φυτών και βαρέα μέταλλα .Μέθοδοι και εφαρμογές . Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας , Βόλος ,2003.
15. R.B. Clark, S.K. Zeto, K.D. Ritchey, V.C. Baligar. Boron accumulation by maize grown in acidic soil amended with coal combustion products. Fuel 78 (1999) 179–185.
16. Reisenauer,H.M., L.M., Walsh, and R.G. Hoefft. 1973. Testing soils for sulfur, boron, molybdenium, and chlorine. Pp.173-200 In: L.M. Walsh and J.M. Beaton (Eds.) Soil Testing and plant analysis, SSSA, Madison WI.
17. ([www.jctonic.com/include/minerals/boron.html](http://www.jctonic.com/include/minerals/boron.html))
18. (<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC0723.html>)
19. ([www.esri.com](http://www.esri.com))

## Παράρτημα

Πίνακας 15 συγκέντρωση βορίου και εδαφολογικά χαρακτηριστικά σε δείγματα από την περιοχή της Ελασσόνας του Νομού Λαρίσης (n=75)

Εδαφικό Δείγμα	Συγκέντρωση βορίου (mg/Kg Ξ.Ε)	Οργανική Ουσία %	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα
T01	0,59	0,89	4,28	0,81
T02	1,16	1,12	7,21	1,60
T03	0,30	0,96	3,90	1,15
T04	1,18	1,26	4,70	1,16
T05	0,78	0,76	4,10	0,7
T06	0,74	0,83	4,11	0,73
T07	0,61	1,59	7,14	2,16
T08	1,06	1,09	4,52	1,50
T09	0,35	1,06	4,21	1,90
T10	1,18	0,76	4,34	0,78
T11	0,99	1,29	7,45	3,10
T12	0,62	1,88	7,54	2,72
T13	0,91	1,55	7,08	2,67
T14	0,93	1,29	7,08	2,97
T15	0,99	1,02	5,23	2,22
T16	0,09	0,66	5,75	1,35
T17	1,99	1,82	7,40	3,32
T18	0,59	1,72	7,45	3,28
T19	1,63	1,82	7,45	3,99
T20	1,55	3,08	7,34	3,77
T21	0,59	0,66	5,15	2,74
T22	0,39	0,33	5,89	2,63
T23	0,50	0,36	5,87	2,21
T24	0,31	0,99	5,77	2,86

Εδαφικό Δείγμα	Συγκέντρωση βορίου (mg/Kg Ξ.Ε)	Οργανική Ουσία %	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα
T25	0,58	0,93	6,27	2,62
T26	0,49	0,83	4,87	4,93
T27	0,62	0,26	4,93	2,40
T28	0,49	1,32	6,70	4,12
T29	0,43	0,40	7,40	1,43
T30	1,14	0,73	6,41	6,36
T31	0,46	1,19	5,48	2,70
T32	0,62	0,73	5,21	2,28
T33	0,69	0,99	5,43	2,25
T34	0,52	4,37	5,78	3,01
T35	0,16	0,93	5,16	1,91
T36	0,88	1,22	5,77	1,93
T37	0,17	0,96	6,40	2,31
T38	0,50	2,25	7,40	2,73
T39	0,91	1,76	7,28	4,84
T40	1,47	2,15	7,49	2,60
T41	1,22	1,19	5,31	4,62
T42	0,50	1,39	6,00	3,23
T43	0,46	0,96	6,25	3,42
T44	0,38	0,79	6,35	2,24
T45	0,69	0,66	5,40	1,45
T46	0,33	0,96	7,21	2,16
T47	0,17	0,96	5,20	2,26
T48	0,59	1,12	5,40	2,44
T49	0,26	1,39	5,40	2,85
T50	0,17	0,79	5,01	1,73
T51	0,92	0,76	5,70	0,92
T52	1,04	1,42	7,40	2,69
T53	0,46	1,06	6,32	1,45

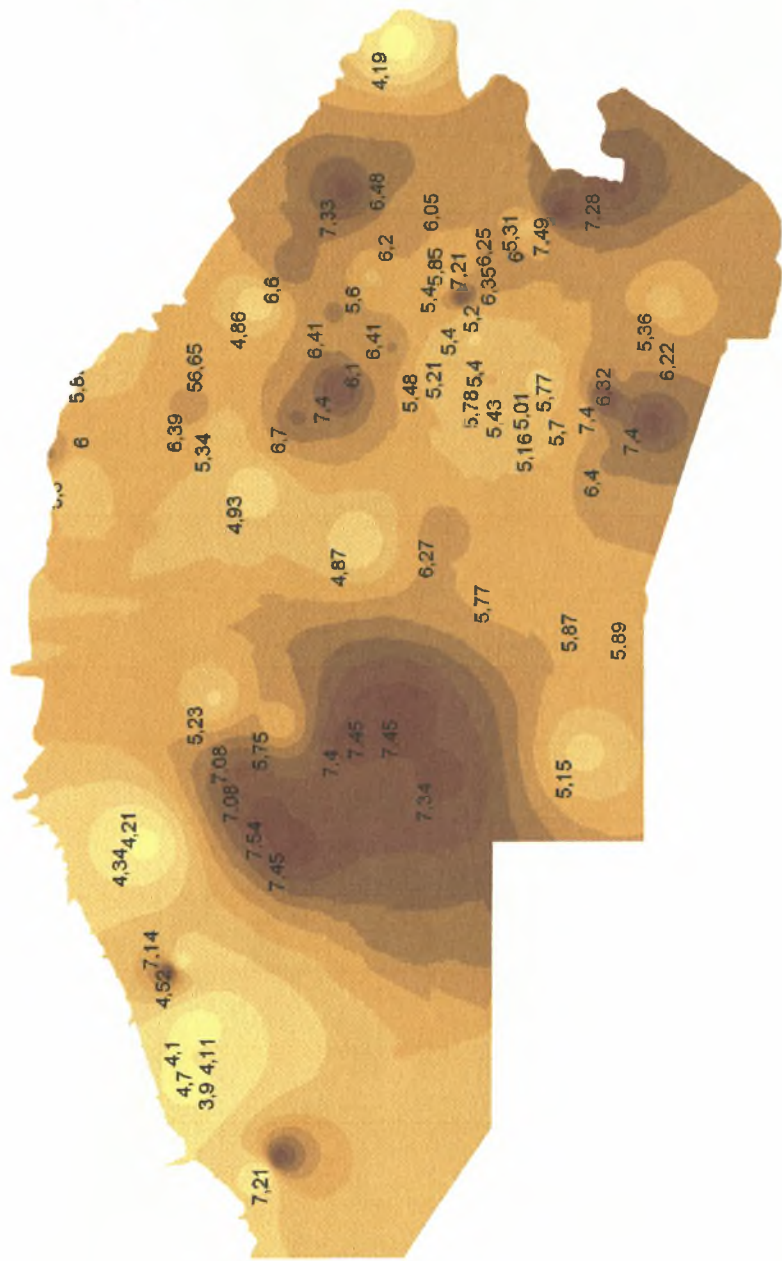
Εδαφικό Δείγμα	Συγκέντρωση βορίου (mg/Kg Ξ.Ε)	Οργανική Ουσία %	pH	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα dS/m
T54	0,93	1,29	6,22	3,05
T55	1,03	1,59	5,36	1,71
T56	0,74	1,09	5,30	2,26
T57	1,50	1,09	6,40	2,21
T58	0,39	1,02	6,00	1,45
T59	0,67	1,49	4,68	1,28
T60	0,66	0,10	5,83	0,72
T61	0,67	0,73	6,39	2,40
T62	1,09	1,32	5,34	3,60
T63	0,62	0,40	6,65	1,56
T64	1,21	0,89	5,00	3,45
T65	0,38	0,73	4,86	1,61
T66	0,42	0,10	6,60	1,06
T67	0,23	0,79	6,41	0,97
T68	1,12	0,60	6,10	3,56
T69	1,81	1,42	5,60	4,05
T70	0,50	1,09	5,85	1,39
T71	0,78	1,42	6,20	2,06
T72	0,61	1,09	7,33	0,88
T73	0,89	1,22	6,48	4,17
T74	1,33	0,99	6,05	1,50
T75	0,05	0,99	4,19	0,84



ΧΑΡΤΗΣ 1  
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΡΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ



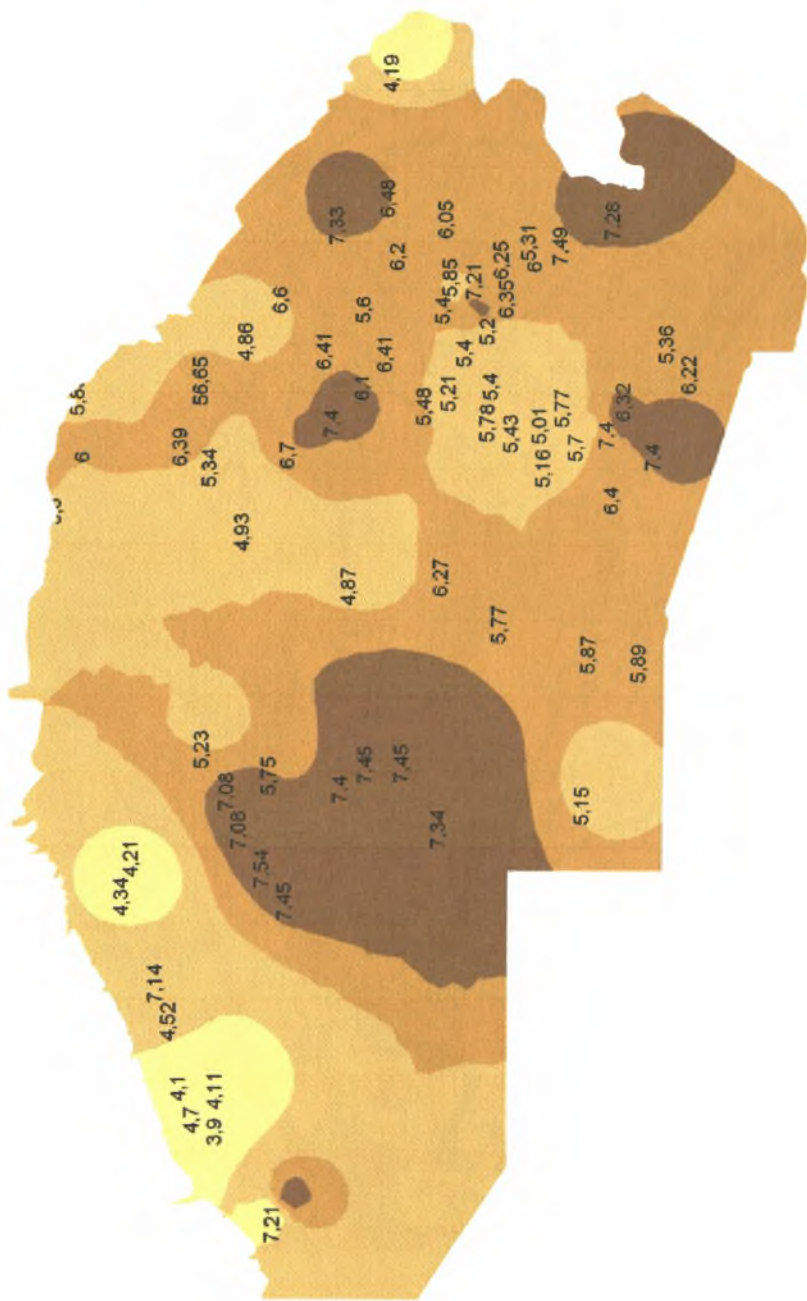
Ν. ΛΑΡΙΣΣΑΣ



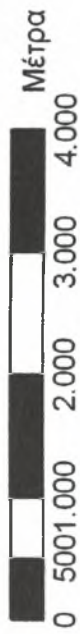
ΥΠΟΜΝΗΜΑ
Prediction Map
pH
Filled Contours
3,900000 - 4,405196
4,405196 - 4,867310
4,867310 - 5,290018
5,290018 - 5,676679
5,676679 - 6,030367
6,030367 - 6,353894
6,353894 - 6,649832
6,649832 - 6,920534
6,920534 - 7,216473
7,216473 - 7,540000



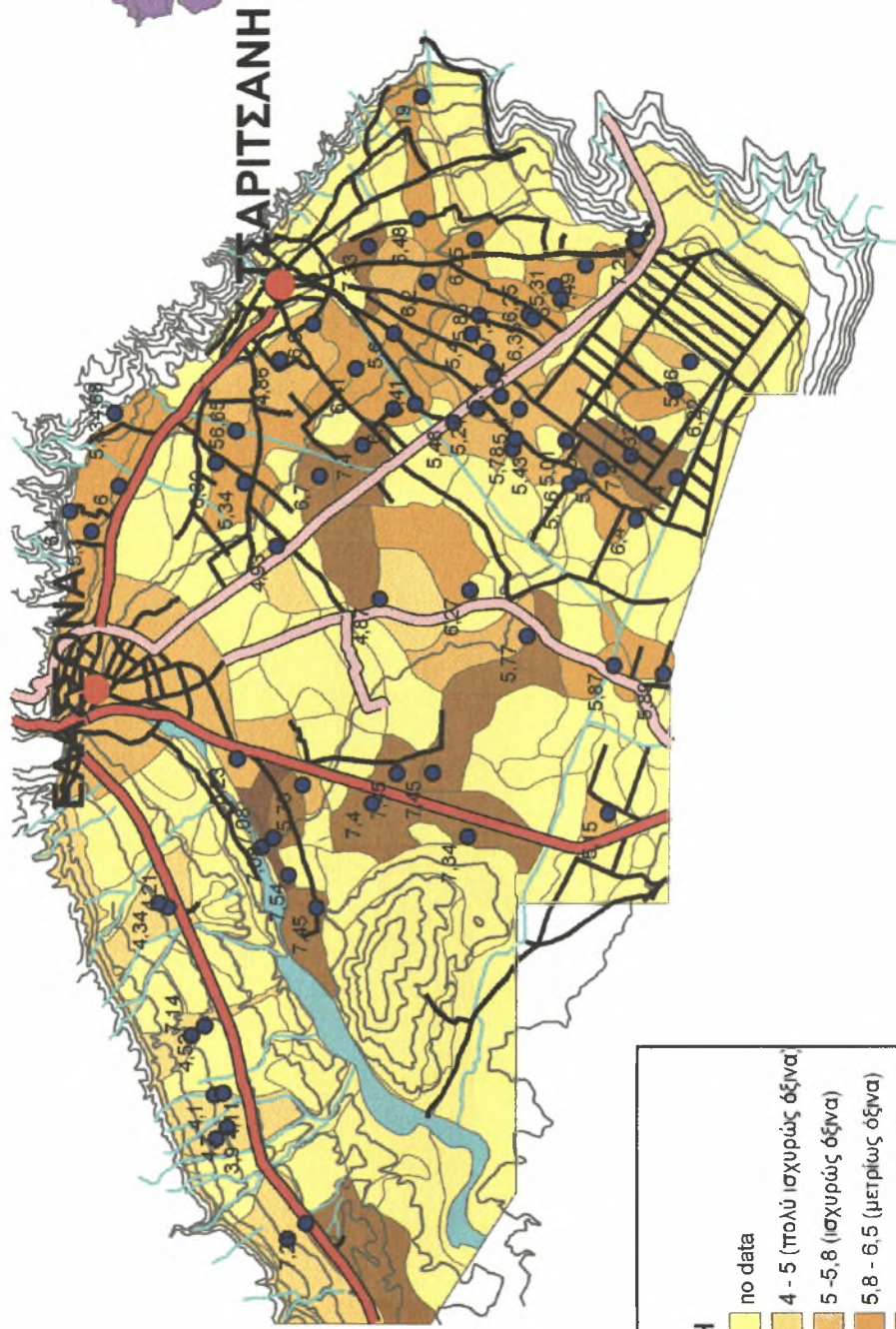
ΧΑΡΤΗΣ 2  
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΡΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΣΣΟΝΑΣ



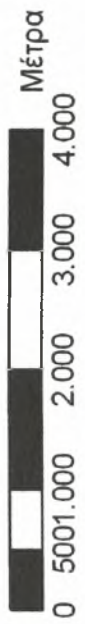
ΥΠΟΜΝΗΜΑ
Prediction Map
pH
Filled Contours
3,9 - 5
5 - 5,8
5,8 - 6,5
6,5 - 7,5
7,5 - 7,54



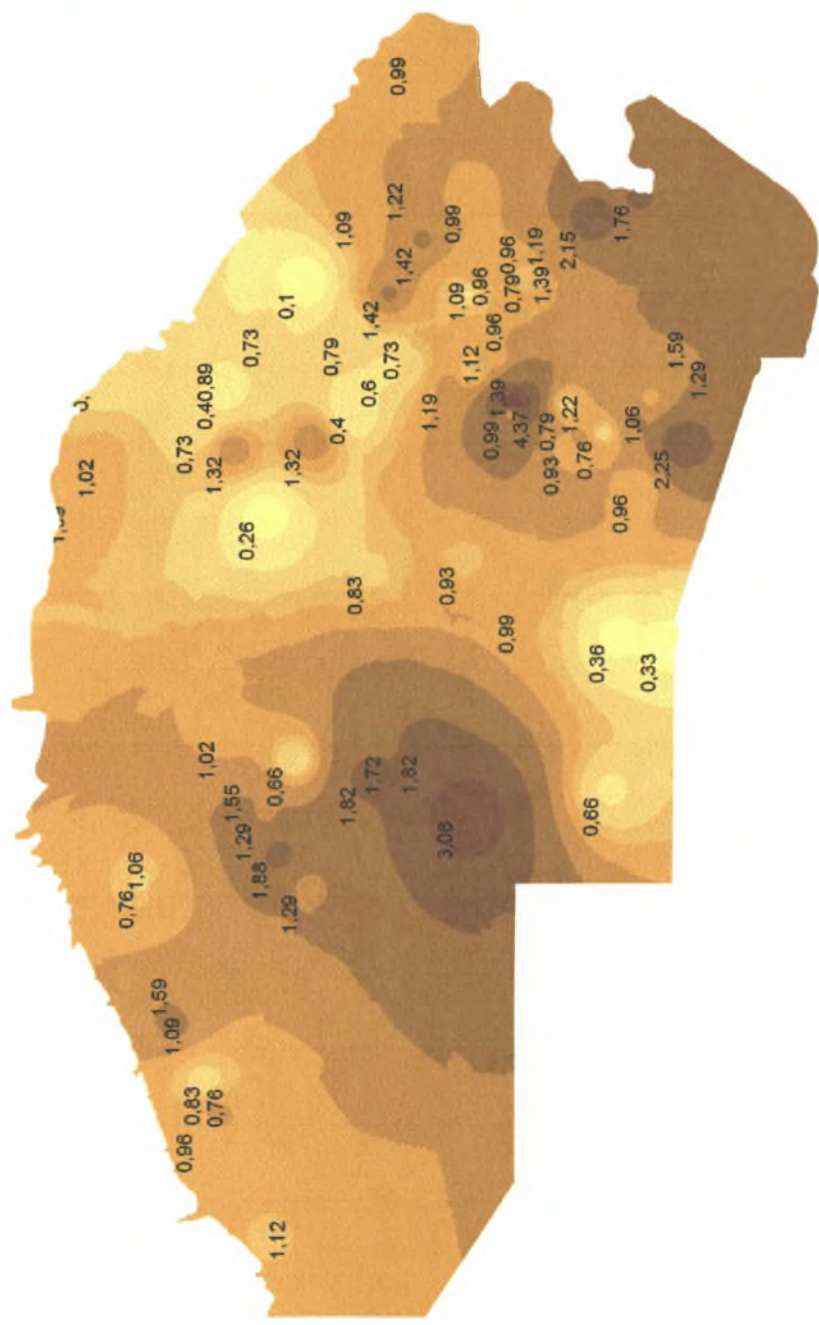
ΧΑΡΤΗΣ 3  
ΕΔΑΦΟΤΟΜΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΡΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
<span style="color: red;">●</span>	ΟΙΚΙΣΜΟΙ
<span style="color: blue;">●</span>	ΕΔΑΦΟΤΟΜΕΣ
<span style="color: red;">—</span>	ΠΡΩΤΕΥΟΝ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
<span style="color: brown;">—</span>	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
<span style="color: black;">—</span>	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
<span style="color: green;">—</span>	ΧΕΙΜΑΡΡΟΙ
<span style="color: blue;">—</span>	ΠΟΤΑΜΟΣ
<span style="background-color: yellow;">■</span>	pH no data
<span style="background-color: #fde025;">■</span>	4 - 5 (πολύ ισχυρώς όξινα)
<span style="background-color: #fdd835;">■</span>	5 - 5,8 (ισχυρώς όξινα)
<span style="background-color: #fbc02d;">■</span>	5,8 - 6,5 (μετρίως όξινα)
<span style="background-color: #ffb74d;">■</span>	6,5 - 7,5 (ουδέτερα)
<span style="background-color: #ff9800;">■</span>	7,5 - 8 (μετρίως αλκαλικά)
<span style="background-color: #e67e22;">■</span>	>8,5 (αλκαλικά)



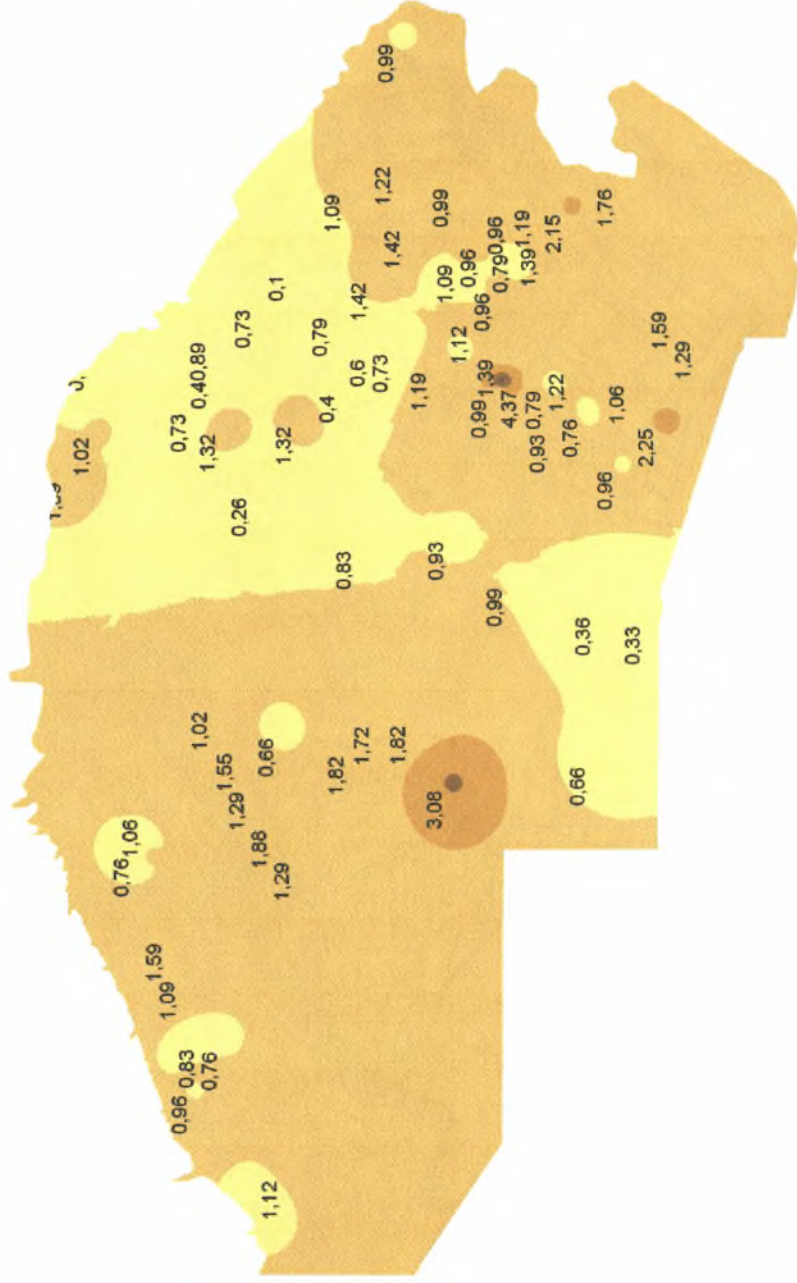
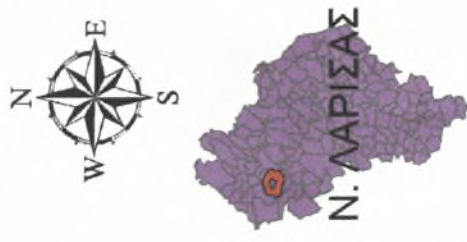
ΧΑΡΤΗΣ 4  
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΣΣΟΝΑΣ



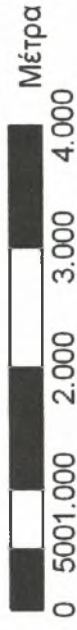
ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
Prediction Map	
ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	
Filled Contours	
	0,100000 - 0,462684
	0,462684 - 0,701951
	0,701951 - 0,859799
	0,859799 - 0,963933
	0,963933 - 1,121780
	1,121780 - 1,361047
	1,361047 - 1,723731
	1,723731 - 2,273492
	2,273492 - 3,106824
	3,106824 - 4,370000



ΧΑΡΤΗΣ 5  
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΣΣΟΝΑΣ

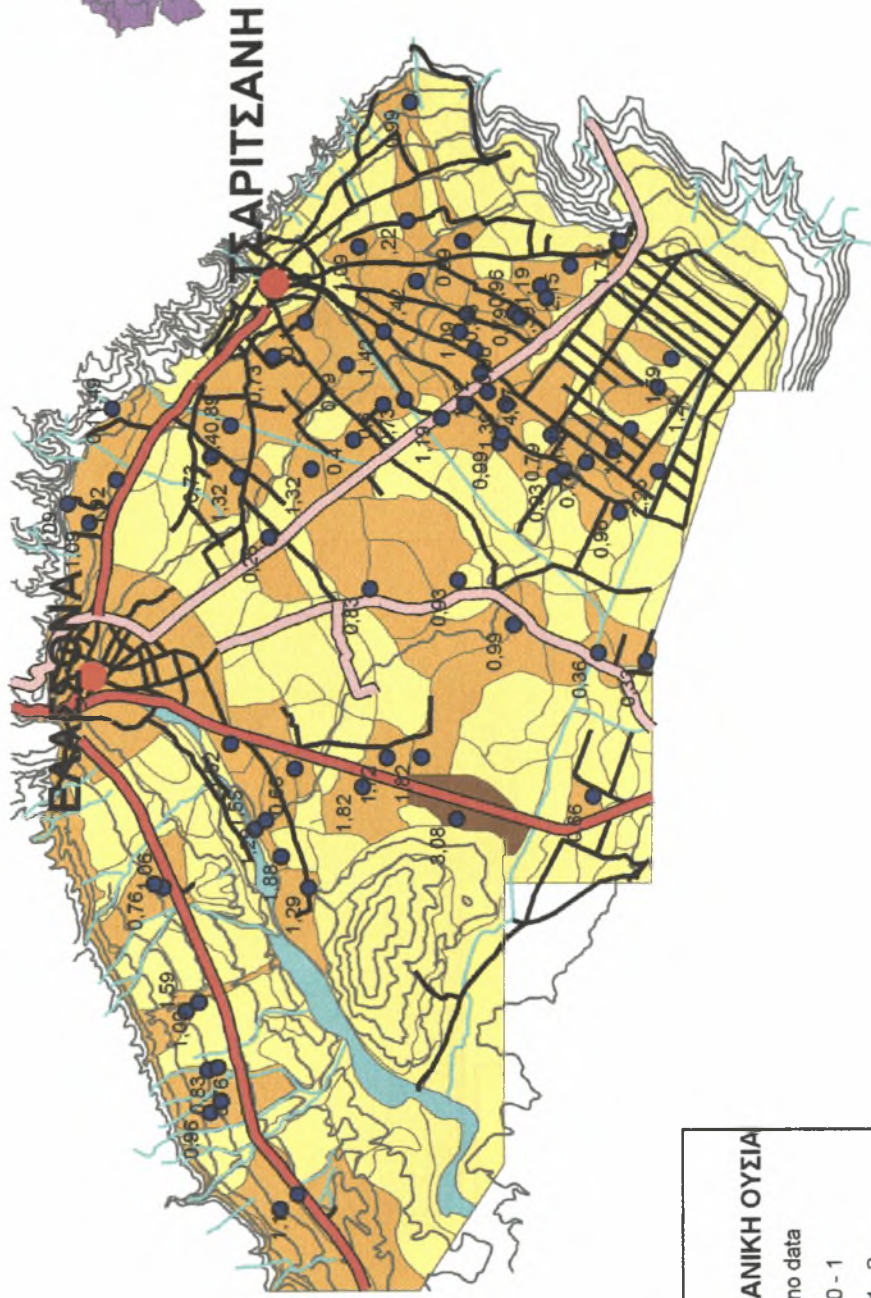


<b>ΥΠΟΜΝΗΜΑ</b>
<b>Prediction Map</b>
<b>ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ</b>
<b>Filled Contours</b>
0 - 1
1 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5



ΧΑΡΤΗΣ 6

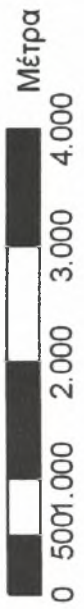
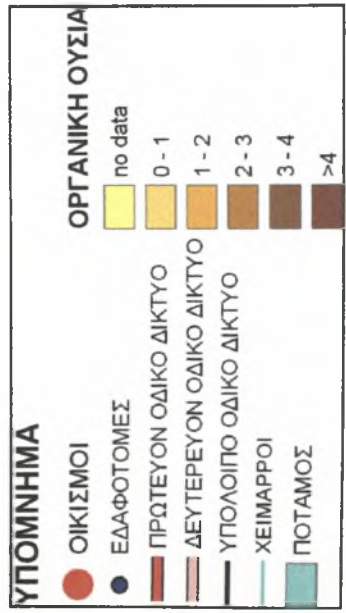
ΕΔΑΦΟΤΟΜΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΣΣΟΝΑΣ



ΕΛΛΑΣΣΟΝΑ

ΠΑΡΙΤΣΑΝΗ

Ν. ΛΑΡΙΣΣΑΣ

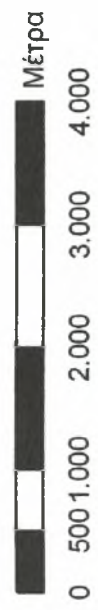
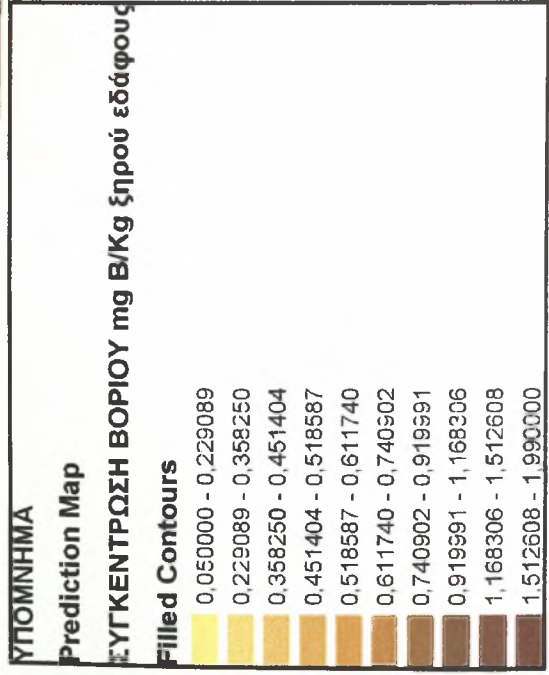
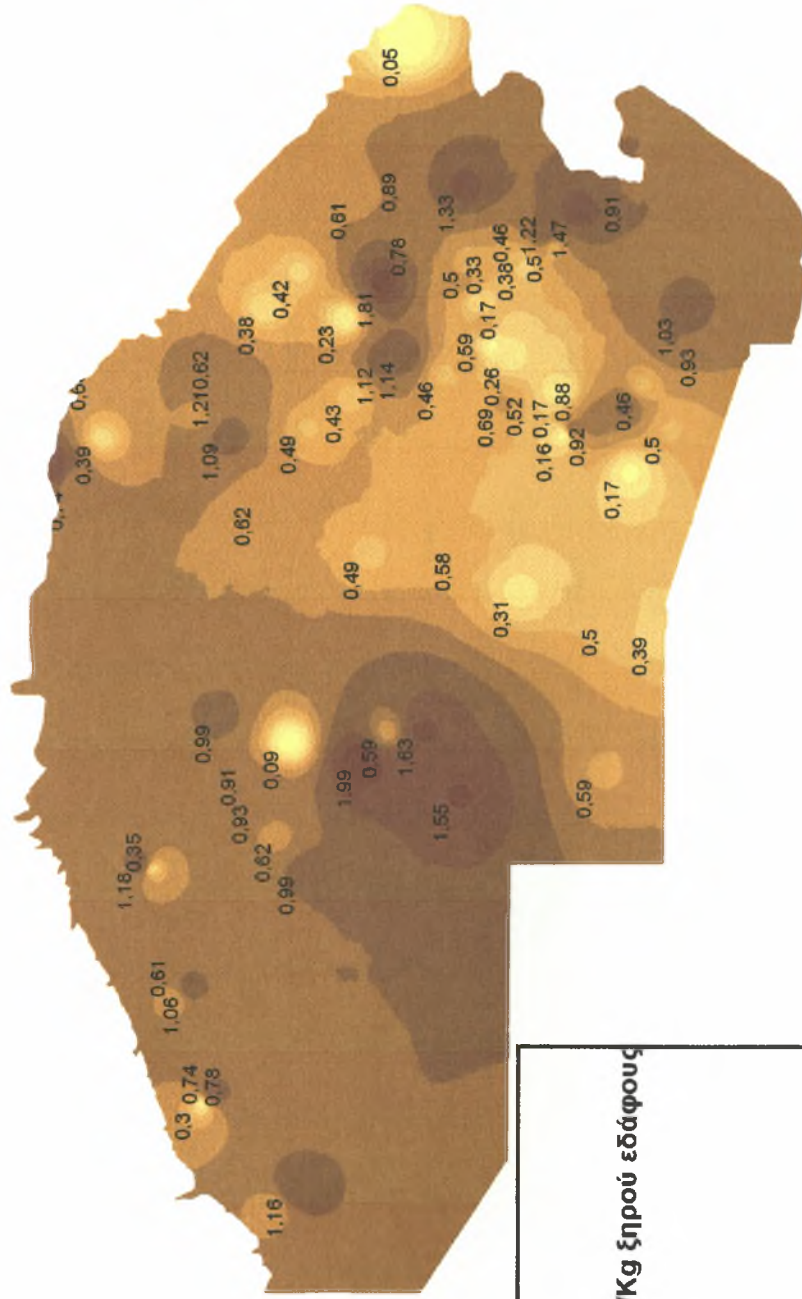


ΧΑΡΤΗΣ 7

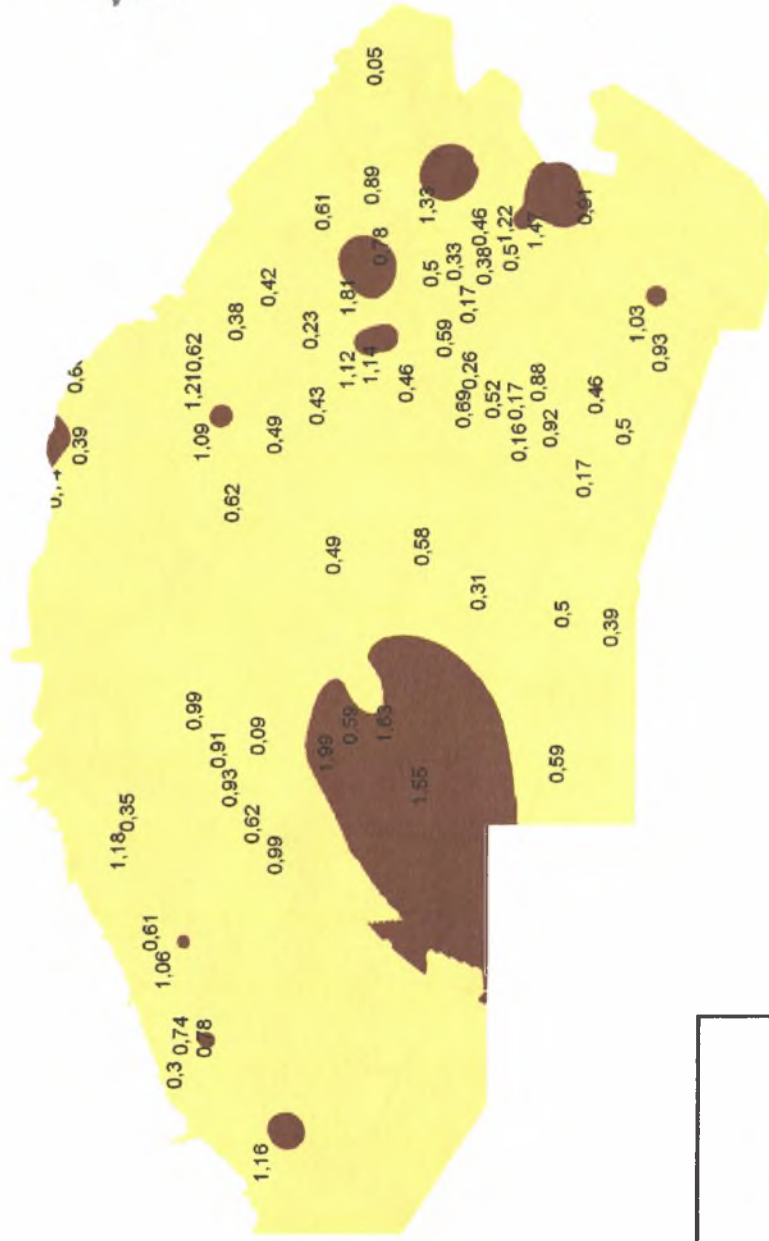
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΣΣΟΝΑΣ



Ν. ΛΑΡΙΣΣΑΣ



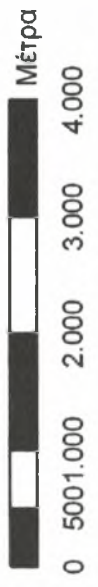
ΧΑΡΤΗΣ 8  
 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΒΟΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΣΣΟΝΑΣ



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**  
 Prediction Map  
 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΒΟΡΙΟΥ mg N/Kg ξηρού εδάφους

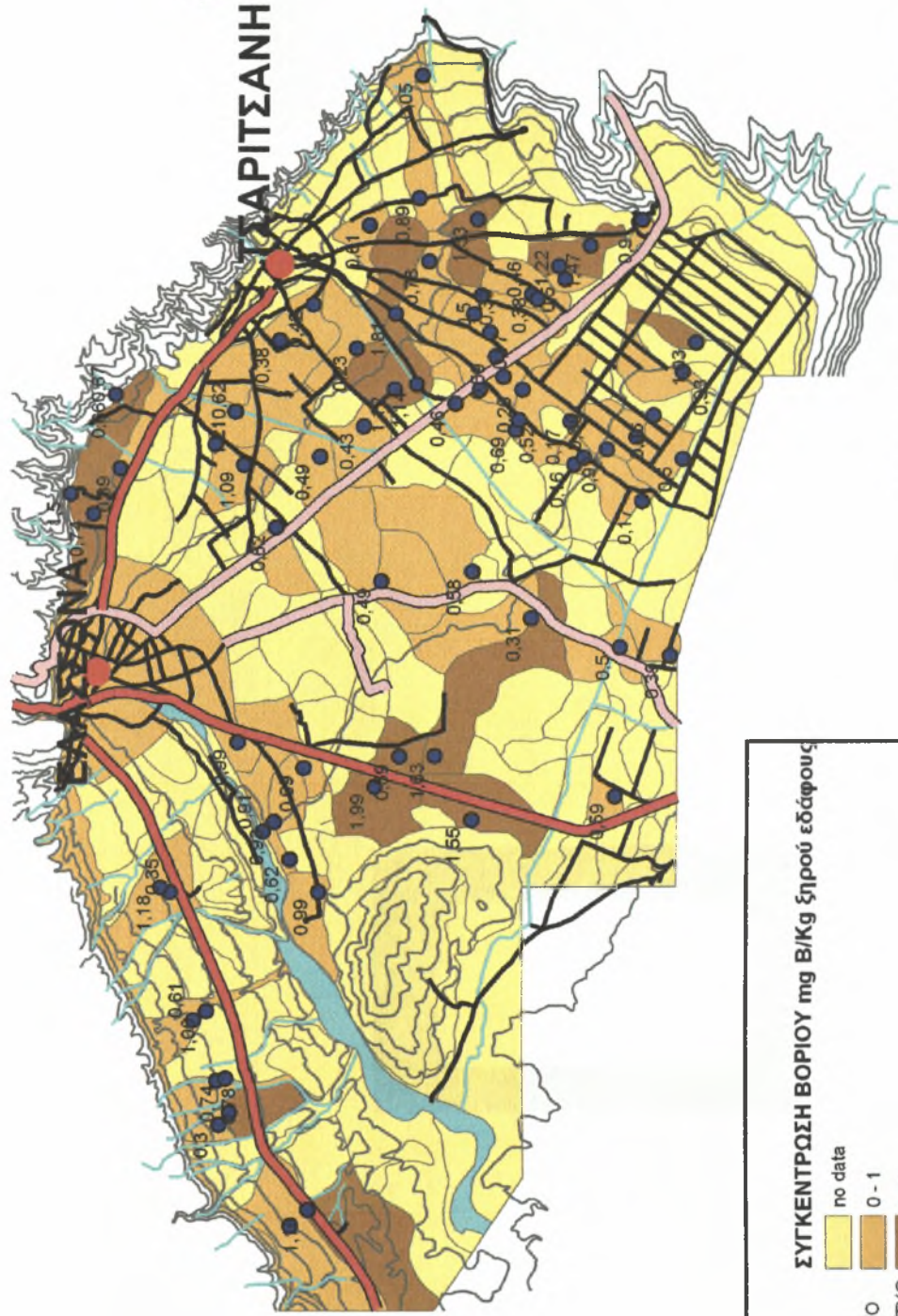
**Filled Contours**

	0,05 - 1
	1 - 5





ΧΑΡΤΗΣ 9  
 ΕΔΑΦΟΤΟΜΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΒΟΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

<span style="color: red;">●</span>	ΟΙΚΙΣΜΟΙ
<span style="color: blue;">●</span>	ΕΔΑΦΟΤΟΜΕΣ
<span style="color: red;">—</span>	ΠΡΩΤΕΥΟΝ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
<span style="color: brown;">—</span>	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
<span style="color: black;">—</span>	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
<span style="color: lightblue;">—</span>	ΧΕΙΜΑΡΡΟΙ
<span style="color: teal;">—</span>	ΠΟΤΑΜΟΣ

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΒΟΡΙΟΥ mg B/Kg ξηρού εδάφους**

<span style="background-color: yellow; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span>	no data
<span style="background-color: #f4a460; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span>	0 - 1
<span style="background-color: #c95832; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span>	1 - 5
<span style="background-color: #8b4513; width: 15px; height: 15px; display: inline-block;"></span>	>5





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000072229