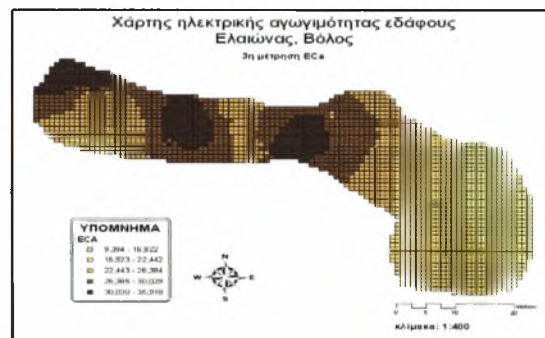
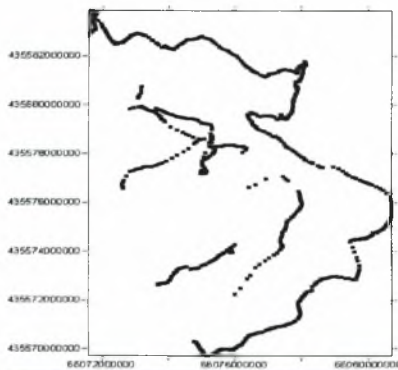


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ
ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή Εργασία

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας: “Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα ελαιώνα και συσχέτιση με τα χαρακτηριστικά του εδάφους”



Πτυχιακή Διατριβή: Σπανομήτρος Αντώνης
Επιβλέπων Καθηγητής: Γέμτος Θεοφάνης

Βόλος, 2010



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 9190/1
Ημερ. Εισ.: 23-11-2010
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2010
ΣΠΑ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή.....	1
-----------------------------------	---

Ευχαριστίες.....	1
------------------	---

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	2
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.Εισαγωγή.....	3
1.1. Η καλλιέργεια της ελιάς.....	3
1.1.1. Παγκόσμια παραγωγή ελιάς.....	4
1.2. Παραγωγή ελιάς στην Ελλάδα.....	5
1.2.1. Γενικά στοιχεία για την ελιά.....	5
1.2.1.1. Ποικιλίες.....	5
1.2.1.2. Έδαφος και κλίμα.....	6
1.2.1.3 Σύστημα φύτευσης και διαμόρφωση της κόμης.....	6
1.2.1.4. Κλάδεμα	7
1.2.1.5. Λίπανση και άρδευση.....	8
1.2.1.6. Συγκομιδή.....	9
1.3. Γενικά στοιχεία για το έδαφος.....	9
1.3.1. Το έδαφος.....	10
1.3.1.2. Θρεπτικά στοιχεία του εδάφους που επηρεάζουν την παραγωγή.....	11
1.3.1.3.Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων.....	11
1.3.1.4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (EC).....	12
1.4. Γεωργία Ακριβείας.....	13
1.4.1. Ιστορικά στοιχεία.....	13
1.4.1.2. Στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας.....	14
1.4.1.3. Παραλλακτικότητα.....	15
1.4.2. Τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας.....	16
1.4.2.1. Τηλεπισκόπηση.....	16

1.4.2.1.2. Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης – GPS (Global Positioning System)...	16
1.4.2.1.2.1. Είδη GPS.....	18
1.4.2.1.2.2. Το GPS στη Γεωργία Ακριβείας.....	20
1.4.2.1.3. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – GIS (Geographic Information System)22	
1.4.2.1.3.1. Η χρήση του GIS στη Γεωργία Ακριβείας.....	24
1.4.2.1.3.2. Πρότυπα (Μοντέλα) διαχείρισης βάσεων, ArcGIS.....	25
1.4.2.1.3.3. Γεωστατιστική Μέθοδος (Μέθοδος Kriging).....	25
1.4.3. Εφαρμογές και μέθοδοι της Γεωργίας Ακριβείας.....	26
1.4.3.1. Εκτίμηση των θρεπτικών αναγκών των καλλιεργειών.....	26
1.4.3.2. Προσδιορισμός διαφόρων εδαφικών ιδιοτήτων.....	26
1.4.3.3. Μέθοδοι λήψης δειγμάτων εδάφους.....	27
1.4.3.4. Εντοπισμός περιοχών με ζιζάνια.....	28
1.4.3.5. Πρόβλεψη της παραγωγής.....	29
1.4.3.6. Συνδυασμός πεδίων.....	29
1.4.4. Αισθητήρες (Sensors).....	29
1.4.4.1 Φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (ECa).....	29
1.4.4.2. Προσδιορισμός της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (ECa).....	31
1.4.4.3. Μηχανήματα μέτρησης της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa).....	32
1.4.4.4. Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (Soil electrical conductivity)...36	
1.4.5. Καθορισμός ζωνών- Ανάλυση δεδομένων.....	36
1.4.6. Εφαρμογή μεταβαλλόμενων δόσεων (Variable Rate Application Technology – V.R.A ή V.R.T).....	38
1.4.7. Πρακτική εφαρμογή σε εμπορική κλίμακα, παραδείγματα (περιπτώσεις γεωργών-πελατών).....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Συνοπτική περίληψη πειραματικού μέρους.....	43
2.2. Περιγραφή του ελαιώνα.....	43
2.3. Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν.....	46

2.4. Επεξεργασία δεδομένων.....	54
2.5. Εξοπλισμός της δειγματοληψίας.....	55
2.6. Εδαφολογική ανάλυση.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Χάρτες ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	58
3.2. Αποτελέσματα αναλύσεων των εδαφικών δειγμάτων.....	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γέμτος Θεοφάνης (Επιβλέπων) - Καθηγητής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

Φουντάς Σπυρίδων (Μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

Κατσούλας Νικόλαος (Μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατά αρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτον από όλους τον καθηγητή του Τμήματος Γεωργικής Μηχανολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κύριο Θεοφάνη Γέμτο για την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής μου διατριβής, καθώς επίσης και για την υλικοτεχνική υποστήριξη που μου παρείχε και την καθοδήγησή του στον τρόπο με τον οποίο επετεύχθη η συγγραφή της ταύτης διατριβής.

Τις ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στον κύριο Φουντά Σπύρο για τις χρήσιμες υποδείξεις και επισημάνσεις τους κατά την διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ταγκαράκη Αριστοτέλη για την παροχή βοηθητικού υλικού, πληροφοριών και για την συγγραφή διόρθωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική υποστήριξη, συμπαράσταση και την συνεχή εμπύχωση τους κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της πτυχιακής μου διατριβής και των σπουδών μου.

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζεται η μέτρηση της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε διαφορετικές συνθήκες (υγρασίας, κατάστασης κατεργασίας) και η σύγκριση με ανάλυση δειγμάτων εδάφους, έτσι ώστε να αποδειχθεί η δυνατότητα εκτίμησης της υφής του εδάφους από μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Με τη χρήση νέας τεχνολογίας βασισμένης στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, μελετήθηκε η παραλλακτικότητα των ιδιοτήτων του εδάφους σε καλλιέργεια ελαιόδεντρων. Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, δημιουργήθηκαν αντίστοιχοι θεματικοί χάρτες εδαφικών ιδιοτήτων. Δημιουργήθηκαν ζώνες στις οποίες πραγματοποιήθηκε κατευθυνόμενη δειγματοληψία εδάφους. Για τη μέτρηση της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής χρησιμοποιήθηκε η συσκευή EM38 του οίκου Geonics Limited και συμπληρωματικού εξοπλισμού προσδιορισμού θέσης (GPS - global positioning system). Προσδιορίστηκε η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους σε όλο το χωράφι. Ακολούθησε η δημιουργία αντίστοιχων θεματικών ψηφιακών χαρτών με τη χρήση λογισμικού Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (G.I.S.) για την εκτίμηση της παραλλακτικότητας της ECa. Μετά από μελέτη των ζωνών διαχείρισης καθορίστηκαν οι θέσεις λήψης εδαφικών δειγμάτων και ελήφθησαν με ειδικό δειγματολήπτη 3 σύνθετα δείγματα εδάφους από κάθε ζώνη σε δύο βάθη (0-30 και 30-60cm). Στη συνέχεια συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων προσδιορισμού της παραλλακτικότητας της υφής του εδάφους. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το EM₃₈ είναι κατάλληλο όργανο για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους και δημιουργεί σταθερές και αξιόπιστες ζώνες διαχείρισης, ανάλογα με τις ιδιότητες του εδάφους και όχι με την υγρασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

1. Εισαγωγή

1.1. Η καλλιέργεια της ελιάς

Κάθε υπόθεση είναι δυνατή για την καταγωγή του δέντρου της ελιάς. Η ιστορία της αρχίζει με αυτή της Λεκάνης της Μεσογείου και είναι συνδεδεμένη με την περίοδο των ανακαλύψεων, των κατακτήσεων και του εμπορίου. Είναι γενικά παραδεκτό ότι η Μικρά Ασία, όπως και η Κρήτη, οι Κυκλάδες και οι Σποράδες Νήσοι θεωρούνται η πατρίδα της ελιάς, αν και τίποτε το ακριβές δεν είναι γνωστό. Αυτό που είναι γνωστό είναι ότι η ελιά καλλιεργείται από το 3000 π.Χ. Η ελιά είναι το σύμβολο της ειρήνης, της σοφίας και της νίκης. Με κλάδο ελιάς (με κότινο ελαίας) στεφάνωναν τους αθλητές και τους Ολυμπιονίκες στην αρχαιότητα. Η ελιά από τον τόπο καταγωγής της μεταφέρθηκε στην υπόλοιπη Ελλάδα, από εκεί επεκτάθηκε προς δυσμάς και η καλλιέργειά της απλώθηκε σ' όλες τις παραθαλάσσιες χώρες της Μεσογείου. Γι' αυτό η ελιά χαρακτηρίζεται ως μεσογειακή καλλιέργεια. Σήμερα, καλλιεργείται και σε χώρες της Αμερικής, της Ασίας και στην Αυστραλία. Στην Κύπρο η καλλιέργεια της ελιάς χρονολογείται από τα πολύ παλιά χρόνια, γι' αυτό και κατατάσσεται στις παραδοσιακές καλλιέργειες. Η καλλιέργειά της αρχίζει από τις παράλιες περιοχές και επεκτείνεται μέχρι και τα 900 μέτρα υψόμετρο.

Η καλλιεργούμενη ελιά ανήκει στην οικογένεια Oleaceae και το βοτανικό της όνομα είναι *Olea sativa euromediterranea*. Το δέντρο της ελιάς είναι αειθαλές και το σχήμα και το μέγεθός της είναι ανάλογο με την ποικιλία, τη γονιμότητα του εδάφους, τις καλλιεργητικές φροντίδες και τις κλιματολογικές συνθήκες. Το δέντρο της ελιάς είναι αιωνόβιο και το οφείλει όχι μόνο στην αντοχή της στις αντίξοες καιρικές συνθήκες, αλλά και στην ιδιότητά της να ανανεώνεται με το κλάδεμα. Οι ρίζες αμέσως μετά τον κορμό είναι χοντρές και επιφανειακές. Ο όγκος του ριζικού συστήματος βρίσκεται σε βάθος μεταξύ 20-70 εκ. Λίγες είναι οι ρίζες που προχωρούν σε βάθος 1-1,20 μέτρα και κυρίως στα ξερά και πετρώδη εδάφη. Στα ξερά και πετρώδη εδάφη οι ρίζες εισχωρούν βαθιά πέραν του ενός μέτρου, για ανεύρεση υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων, γεγονός που βοηθά την ελιά να είναι ανθεκτική στην ξηρασία. Σε τέτοια εδάφη η ελιά επεκτείνει τις ρίζες της προς πολλές κατευθύνσεις και υπολογίζεται πως οι ρίζες καλύπτουν επιφάνεια 7-8

φορές μεγαλύτερη από τη φυλλώδη επιφάνειά της, ενώ στα μη πετρώδη εδάφη συνήθως είναι μόνο 3-4 φορές μεγαλύτερη. Επομένως η ελιά είναι «επιπολαιόρριζο» δέντρο, όταν είναι αρδευόμενο και γι' αυτό πρέπει να αποφεύγονται οι βαθιές καλλιέργειες (βαθιά κατεργασία εδάφους πάνω από 5 – 10 εκατοστά, η οποία γίνεται με καλλιεργητή ή φρέζα).

Ο καρπός της ελιάς λέγεται δρύπη και αποτελείται από τη φλούδα, τη σάρκα, η οποία είναι πλούσια σε λίπη, και από τον πυρήνα. Έχει σχήμα σφαιρικό ή ελλειψοειδές και το μέγεθος είναι ανάλογο της ποικιλίας (Παπανδρέου Θ., 2005).

1.1.1. Παγκόσμια παραγωγή ελιάς

Η διεθνής παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς (1999/2000) σε τόνους είναι 1.149.500. Το 8% έχει η Ελλάδα, 12% άλλες χώρες, 3% η Αίγυπτος, 3% η Αργεντινή, 9 % η Η.Π.Α, 7% η Συρία, 8% το Μαρόκο, 9% η Τουρκία και 42% οι λοιπές χώρες της Ε.Ε. Σε ότι αφορά την διεθνή παραγωγή ελαιόλαδου (1999/2000) σε τόνους είναι 2.033.500. Το 17% κατέχει η Ελλάδα, 3 % άλλες χώρες, 1% η Αλγερία, 4% η Συρία, 2% το Μαρόκο, 3% η Τουρκία, 10% η Τυνησία και 42% οι λοιπές χώρες της Ε.Ε. Παρακάτω παρατηρείται πίνακας με την έκταση ελαιώνων και τον αριθμό δένδρων ανά τον κόσμο (Θεριός, 2005).

Πίνακας 1. Έκταση ελαιώνων και αριθμός δένδρων ανά τον κόσμο.

α/α	Χώρα	Έκταση (εκτάρια)	Αριθμός δένδρων
1	Ισπανία	2.340.000	200.000.000
2	Ιταλία	2.250.000	185.000.000
3	Ελλάδα	670.000	133.000.000
	Κύπρος	12.800	2.450.000
4	Λοιπή Ευρώπη	1.203.000	62.150.000
A	Σύνολο Ευρώπης	6.475.800	582.600.000
1	Αργεντινή	70.000	7.000.000
2	Η.Π.Α.	44.000	4.500.000
3	Μεξικό	15.000	1.540.000
4	Λοιπή Ευρώπη	11.900	1.570.000
B	Σύνολο Αμερικής	140.900	14.610.000
1	Τουρκία	723.000	72.000.000
2	Συρία-Λίβανος	168.000	24.160.000

3	Παλαιστίνη	66.000	12.130.000
4	Λοιπή Ασία	2.000	240.000
Γ	Σύνολο Ασίας	959.800	108.530.000
1	Τυνησία	1.240.000	52.000.000
2	Μαρόκο	222.000	22.000.000
3	Αλγερία	166.000	16.000.000
4	Λοιπή Αφρική	117.000	4.550.000
Δ	Σύνολο Αφρικής	1.742.000	94.000.000
	Λοιπές περιοχές	681.500	12.550.000
	Παγκόσμιο Σύνολο	10.000.000	800.000.000

(Θεριός, 2005)

1.2 Παραγωγή ελιάς στην Ελλάδα

Η παραγωγή ελαιολάδου σε διάφορες περιοχές της χώρας μας , ως ποσοστό της συνολικής παραγωγής δίνεται ακολούθως. Οι νομοί με τη μεγαλύτερη συμμετοχή είναι Ηρακλείου, Λέσβου, Μεσσηνίας, Λακωνίας και Χανίων (Βασιλακάκης, 2007).

1.2.1.Γενικά στοιχεία για την ελιά

Σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, από αρχαιοτάτων χρόνων, καλλιεργείται η ελιά. Υπάρχουν διάφορες ποικιλίες, οι οποίες καλλιεργούνται στην χώρα μας, όμως υπερτερούν οι ποικιλίες *Olea europa v. Communis* και *Olea europa v. Sativa*.

1.2.1.1. Ποικιλίες

Οι ποικιλίες κατατάσσονται σύμφωνα με το μέγεθος του καρπού σε μικρόκαρπη, μεσόκαρπη και μεγαλόκαρπη), καθώς επίσης και με τη χρήση του καρπού (ελαιοποιήσιμη, επιτραπέζια, διπλής χρήσης).

1) Μικρόκαρπες ποικιλίες

Οι ποικιλίες που περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία είναι οι : α) Κορωνέικη , β) Λιανολιά Κέρκυρας, άλλες ποικιλίες μικρόκαρπες είναι η Λαδολιά, που είναι γνωστή ως Πατρινή, Κουτσοουρελιά, Τσουνάτη κ.ά.

2) Μεσόκαρπες ποικιλίες

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται οι εξής ποικιλίες: α) Θρούμπα, β) Μεγαρείτικη (Χονδρολιά), γ) Κολοβή, άλλες ποικιλίες μεσόκαρπες είναι η Κοθρέικη, η Αδραμυτινή κ.ά.

3) Μεγαλόκαρπες ποικιλίες

Οι ποικιλίες που περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία είναι οι: α) Κονσερβολιά, β) Καλαμών, γ) Χονδρολιά Χαλκιδικής, άλλες ποικιλίες μεγαλόκαρπες είναι η Κολυμπάδα, Γαϊδουρελιά, Βασιλική, Αλεξανδρούπολης κ.ά. (Βασιλακάκης, 2007).

1.2.1.2. Έδαφος και Κλίμα

Κατάλληλο κλίμα για να ευδοκιμήσει η ελιά είναι περιοχές με ήπιο χειμώνα (θερμοκρασία ελάχιστη -3 βαθμούς κελσίου και ζεστό και ξηρό καλοκαίρι(μέγιστη μέχρι 40 βαθμούς κελσίου)). Θερμοκρασίες κάτω των -10 βαθμών κελσίου είναι δυνατόν να προκαλέσουν ζημιές σε βραχίονες ή και σε ολόκληρο το δένδρο. Υψηλές θερμοκρασίες κατά την άνοιξη προκαλούν ανθόρροια και αργότερα καρπόπτωση ή και φυλλόπτωση (Βασιλακάκης, 2007). Βαθιά αμμοπηλώδη είναι τα εδάφη όπου αναπτύσσεται και αποδίδει καλύτερα η καλλιέργεια της ελιάς. Υπάρχει βέβαια και περίπτωση, η ελιά να επιζήσει σε βραχώδη άγονα εδάφη, αλλά τότε αποδίδει πολύ μικρές αποδόσεις κάθε 2-4 χρόνια (Βασιλακάκης, 2007).

1.2.1.3. Σύστημα φύτευσης και διαμόρφωσης της κόμης

Υπάρχουν διάφορα συστήματα φύτευσης της ελιάς και είναι τα ακόλουθα:

1. Κατά τετράγωνα: Τα φυτά φυτεύονται στις γωνίες ενός τετραγώνου και οι αποστάσεις φύτευσης είναι 6-10μ.

2. Κατά τις ισοΰψεις καμπύλες: Οι γραμμές των ελαιόδεντρων ακολουθούν τις ισοΰψεις γραμμές. Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται σε επικλινή εδάφη. Στην περίπτωση αυτή, συνήθως, η φύτευση συνοδεύεται από την διαμόρφωση του εδάφους σε πεζούλια και

3. Κατά γραμμές: Οι αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των δένδρων είναι μικρότερες από ό,τι μεταξύ των γραμμών. Σε πεδινά πλούσια και αρδευόμενα εδάφη εφαρμόζεται η κατά γραμμές φύτευση (Βασιλακάκης κ.ά, 2007).

Η διαμόρφωση της κόμης της ελιάς είναι σημαντικότερη εργασία διότι επηρεάζει στην συνέχεια όλες τις καλλιεργητικές φροντίδες καθώς και το κόστος παραγωγής (Βασιλακάκης κ.ά, 2007)

Η διαμόρφωση της κόμης της ελιάς μπορεί να έχει ένα από τα ακόλουθα σχήματα:

1) Χαμηλά σχήματα

Στην κατηγορία αυτή ανήκει α) το χαμηλό κύπελλο και β) ο ελεύθερος θάμνος.

2) Μετρίου ή κανονικού ύψους δένδρα

Στην κατηγορία αυτή ανήκει το ελεύθερο σφαιρικό.

3) Διαμόρφωση κόμης ειδικά για μηχανική συλλογή με δονητές

Είναι μια ειδική διαμόρφωση, κατά την οποία οι καρποφόροι κλάδοι βρίσκονται κοντά στους βραχίονες. Στην κατηγορία αυτή, εφαρμόζεται δόνηση σε κάθε βραχίονα, η οποία μεταδίδεται ομοιόμορφα σε όλους τους πλάγιους και έτσι έχουμε ευκολότερη και ταχύτερη πτώση των καρπών, τέλος έχουμε την κατηγορία

4) Διαμόρφωση σε παλμέττα

Στην κατηγορία αυτή, η διαμόρφωση γίνεται με μηχανικό κλάδεμα και έτσι σχηματίζεται ένας φυτοφράχτης, ο οποίος έχει φάρδος 0,60-0,80 εκατοστά (το πολύ) και εφαρμόζεται καλλιέργειες μεγάλων εκτάσεων (Βασιλακάκης κ.ά, 2007).

1.2.1.4. Κλάδεμα

Στην κατηγορία του κλαδέματος υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις, τις οποίες θα δούμε παρακάτω.

Κλάδεμα σχήματος: επιδιώκεται η γρήγορη είσοδος του δένδρου στην καρποφορία και η απόκτηση του επιθυμητού σχήματος.

Κλάδεμα καρποφορίας: με το κλάδεμα αυτό, επιδιώκεται η εξασφάλιση της καρποφορίας του δένδρου κάθε χρόνο. Ο καρπός της ελιάς παραμένει πάνω στο δένδρο για πολύ μακρό χρονικό διάστημα και αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ καρπών και βλάστησης καθ' όλη την βλαστική περίοδο. Επίσης, ο κλαδευτής πρέπει να κλαδεύει το δένδρο κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει επαρκής φωτισμός της κόμης και νέα βλάστηση. Επιπρόσθετα, στα νεαρά δένδρα το κλάδεμα καρποφορίας που εφαρμόζεται είναι ελαφρύ, δηλαδή γίνονται αφαιρέσεις βλαστών σε μικρό ποσοστό της κόμης κυρίως για αερισμό και φωτισμό (Βασιλακάκης κ.ά, 2007).

1.2.1.5. Λίπανση - Άρδευση

Όπως προαναφέρθηκε, η ελιά μπορεί να αναπτυχθεί και να επιζήσει σε άγονα, ξηρικά εδάφη όμως σε αυτή την περίπτωση δεν αναμένουμε να υπάρξει μεγάλη απόδοση ή καρποφορία. Για να έχουμε μεγάλη απόδοση και καρποφορία πρέπει να καλλιεργούμε την ελιά σε γόνιμα ή ημιγόνιμα εδάφη και να υπάρχει επαρκής άρδευση, καθώς επίσης και λίπανση με τα κύρια στοιχεία N, P και K.

Με την κατάλληλη χρήση αζώτου, επιτυγχάνεται η αύξηση της βλάστησης και η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών και συνεπώς μειώνεται η παρενιαυτοφορία σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Το κάλιο πρέπει να προστίθεται κυρίως σε πτωχά και αβαθή εδάφη κάθε χρόνο. Τέλος, ο φώσφορος προστίθεται κάθε 2-3 χρόνια σε μισή ποσότητα από εκείνη του καλίου (Βασιλακάκης κ.ά, 2007). Όταν υπάρχει διαθέσιμο νερό και αρδευτεί ένας ξερικός ελαιώνας, τότε παρατηρείται αύξηση της παραγωγής και οι αποδόσεις που παίρνονται είναι έως και 10 φορές πιο πάνω από το κανονικό. Επίσης, η παρενιαυτοφορία είναι ανύπαρκτη αν η άρδευση συνοδεύεται από συστηματικό κλάδεμα. Άρδευση πρέπει να εφαρμόζεται από τον Φεβρουάριο μέχρι και τον Οκτώβριο, ανάλογα με τις βροχοπτώσεις που δέχεται η περιοχή και τις επικρατούσες θερμοκρασίες. Επιπρόσθετα, το σύστημα άρδευσης που εφαρμόζεται εξαρτάται από την κλίση του εδάφους, το διαθέσιμο νερό κ.ά (Βασιλακάκης κ.ά, 2007).

1.2.1.6. Συγκομιδή

Ο καρπός της ελιάς μπορεί να συγκομιστεί σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι όταν ο καρπός είναι άγουρος για την παρασκευή διατηρήσιμων ελιών σε ξύδι (πράσινες ελιές) και άλμη. Το δεύτερο στάδιο είναι όταν είναι ημιώριμος για την παρασκευή λαδιού (αγουρέλαια) και το τρίτο και τελευταίο στάδιο είναι όταν ο καρπός της ελιάς είναι τελείως ώριμος για ελαιοποίηση και για κονσερβοποίηση (μαύρες ελιές). Ο χρόνος συγκομιδής της ελιάς ενδέχεται να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή.

Πράσινες ελιές - Συγκομίζονται τέλη Σεπτεμβρίου – αρχές Οκτωβρίου.

Μαύρες ελιές -Συγκομίζονται Νοέμβριο με Δεκέμβριο (όταν ο καρπός έχει μαυρίσει αλλά προτού αρχίσει να μαλακώνει).

Λαδολιές - Συγκομίζονται Νοέμβριο με Δεκέμβριο.

Επιτραπέζιες ελιές - Συγκομίζονται Νοέμβριο με Δεκέμβριο (χρήση βεργών και άπλωμα πανιών κάτω από το δένδρο και μετά τοποθέτηση σε σακιά).

Τελευταία, άρχισε να εμφανίζεται και στη χώρα μας η μηχανική συγκομιδή με δονητές.

1.3. Γενικά στοιχεία για το έδαφος

Στις ημέρες μας, τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα, οι σπόροι κ.ά, δηλαδή οι λεγόμενες εισροές εφαρμόζονται ομοιόμορφα στα αγροκτήματα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η χωρική παραλλακτικότητα της παραγωγής και του εδάφους από πολλούς παραγωγούς-αγρότες. Με τον τρόπο αυτό σε κάποιες περιοχές του αγροκτήματος εφαρμόζεται μεγαλύτερη ποσότητα λιπάσματος από την απαιτούμενη. Αυτή η πρακτική έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος, καθώς επίσης και την σπατάλη του λιπάσματος. Η άλλη περίπτωση είναι να εφαρμοστεί σε άλλες περιοχές μικρότερη ποσότητα από αυτή που θα έπρεπε κανονικά να είχε εφαρμοστεί με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής. Η ίδια διαδικασία ισχύει και για τις άλλες εισροές – φυτοφάρμακα, νερό άρδευσης, σπόροι - με τα ίδια αποτελέσματα, αν εφαρμόζονταν ομοιόμορφα στο αγρόκτημα. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορικής και των ηλεκτρονικών έδωσε ώθηση στην ανάπτυξη της Γεωργίας Ακριβείας.

1.3.1. Το έδαφος

Γενικά.

Σύμφωνα με τον Dokuchaev (1879), έδαφος είναι τα ανόργανα και οργανικά συστατικά της επιφάνειας της γης που έχουν χρώμα οφειλόμενο στο χούμο τον οποίο περιέχουν. Το έδαφος είναι το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δραστηριότητας των ζώντων και νεκρών οργανισμών (ζώων και φυτών), του μητρικού υλικού, του ανάγλυφου και του κλίματος (While, 2000). Λόγω της μεγάλης παραλλακτικότητας του εδάφους, είναι γεγονός, ότι πολλοί χρήστες όπως γεωργοί, κτηνοτρόφοι κ.ά., αποβλέπουν στη διαφορετική εκμετάλλευσή του (γεωργία, κτηνοτροφία κ.ά). Οι βασικές λειτουργίες του εδάφους σε σχέση με τον άνθρωπο αναφέρονται συνοπτικά και είναι οι εξής:

- 1) Αποτελεί το μέσο για την αποθήκευση, την παροχή και τον καθαρισμό του ύδατος.
- 2) Αποτελεί το μέσο για την ανάπτυξη των φυτών, καθώς στο έδαφος μεγαλώνουν οι ρίζες όλων των φυτών και είναι το μέρος από όπου προσλαμβάνουν τα θρεπτικά τους στοιχεία για την πλήρη ανάπτυξή τους. Το έδαφος στηρίζει τα φυτά να αντέχουν σε εξωτερικές δυνάμεις (αέρα κλπ.).
- 3) Ήταν και είναι το φυσικό περιβάλλον των ζώντων μικροοργανισμών.
- 4) Αποτελεί βασικό κατασκευαστικό υλικό για οποιοδήποτε κτίσμα, είτε αυτό αφορά την οικοδόμηση ενός σπιτιού, είτε τα θεμέλια ενός δρόμου.
- 5) Αποτελεί το σύστημα ανακύκλωσης της φύσης και αυτό γιατί ότι απορρίμματα παράγονται από τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά αποσυντίθενται μέσα στο έδαφος και κατά αυτόν τον τρόπο παράγονται θρεπτικά στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιούν οι επόμενες γενεές των οργανισμών που βρίσκονται στο έδαφος.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, για τον γεωπόνο – γεωργό – παραγωγό, η πιο βασική λειτουργία είναι αυτή που αφορά στην ανάπτυξη και στήριξη των φυτών, την παροχή και τον καθαρισμό του ύδατος (άρδευση).

1.3.1.2. Θρεπτικά στοιχεία του εδάφους που επηρεάζουν την παραγωγή.

Τα εδαφικά στοιχεία είναι απαραίτητα για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών. Η ταξινόμηση τους πραγματοποιείται ανάλογα με την σημασία και το ρόλο που επιτελούν στην ανάπτυξη των φυτών.

1η κατηγορία: Κύρια στοιχεία

Αζωτο (N) , Φώσφορος (P) , Κάλιο (K)

2η κατηγορία: Δευτερεύοντα στοιχεία

Ασβέστιο (Ca), Μαγνήσιο (Mg), Θείο (S)

3η κατηγορία: Ιχνοστοιχεία

Βόριο (B) , Χλώριο (Cl) , Χαλκός (Cu) , Σίδηρος (Fe) , Μαγγάνιο (Mn) , Ψευδάργυρος (Zn) και τέλος το Μολυβδαίνιο (Mo) (Μήτσιος, 2004).

1.3.1.3. Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων

Γενικά

Η κατανόηση της παραλλακτικότητας στο έδαφος είναι μια από τις παλαιότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι αγρότες και οι επιστήμονες. Η τακτική δειγματοληψία και ανάλυση του εδάφους είναι η βάση για ένα πρόγραμμα λίπανσης με μεταβλητές δόσεις. Παρόλα αυτά στο παρελθόν όταν οι τιμές των λιπασμάτων ήταν χαμηλότερες ήταν πιο απλό η λίπανση να εφαρμοστεί ομοιόμορφα στον αγρό. Η δόση του λιπάσματος βασιζόταν στο μέσο όρο των εδαφικών ιδιοτήτων του αγρού. Η ανάπτυξη εξοπλισμού που βασίζεται στα ηλεκτρονικά για εφαρμογή λιπασμάτων και η ανάπτυξη του GPS έδωσε τη δυνατότητα στην ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων δειγματοληψίας και χαρτογράφησης με τις οποίες γίνεται ακριβής προσδιορισμός της χωρικής παραλλακτικότητας στο έδαφος (Wollenhaupt et al., 1994, Franzen and Peck, 1995, Γκόλια 2003).

1.3.1.4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. **α)** Την ηλεκτρική αγωγιμότητα EC, η οποία μετράται στο εργαστήριο και **β)** την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα ECa, η οποία μετράται με επαγωγή (με το EM₃₈) ή άμεση μέτρηση με επαφή με το έδαφος (με το Veris).

α) Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος μπορεί να συσχετισθεί με το σύνολο των ανιόντων και των κατιόντων που υπάρχουν στο διάλυμα. Τα ιόντα μπορεί να είναι είτε ανιόντα (NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, OH⁻) είτε κατιόντα (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, H⁺), τα οποία διαλύονται εύκολα στο εδαφικό διάλυμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι το μέσο για τον προσδιορισμό της αλατότητας των εδαφών. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει συσχετισθεί με την αλατότητα του εδάφους. Τα άλατα είναι ικανά να συμπεριφέρονται στο εδαφικό διάλυμα ως καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού (Μήτσιος, 1996).

Αλατούχα εδάφη, παρατηρούνται στις ξηρές και στις ημίξηρες περιοχές του πλανήτη Γή, όπου το φαινόμενο των βροχοπτώσεων δεν είναι αρκετά συχνό για να συντελέσουν στη διάλυση και την απομάκρυνση των αλάτων από τα εδάφη αυτά. Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC), είναι η μέθοδος ποσοτικοποίησης των συγκεντρώσεων των διαλυτών αλάτων στο έδαφος. Διαλυτά άλατα του εδάφους είναι οι ανόργανες ουσίες, οι οποίες είναι περισσότερο διαλυτές από τη γύψο. Τα πιο γνωστά άλατα του εδάφους είναι:

- άλατα ασβεστίου (Ca²⁺)

- άλατα μαγνησίου (Mg²⁺)

- άλατα θεικών (SO₄²⁻)

- άλατα χλωρίου (Cl⁻)

- άλατα νατρίου (Na⁺)

- άλατα όξινου άνθρακα (HCO₃⁻).

Επιπρόσθετα, στο έδαφος συναντώνται και άλλα άλατα, αλλά σε μικρότερες ποσότητες όπως άλατα νιτρικών (NO₃⁻), άλατα καλίου (K⁺) και άλατα αμμωνιακών (NH₄⁺). Όσο περισσότερο η

συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων αυξάνει στο έδαφος, τόσο περισσότερο το εδαφικό διάλυμα γίνεται καλύτερος αγωγός του ηλεκτρισμού και συνεπώς, η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξάνεται (Gartley, 1995). Η εδαφική αλατότητα μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Όταν τα εδάφη χαρακτηρίζονται αλατούχα, τότε η εδαφική αλατότητα (EC του εδαφικού εκχυλίσματος του πολτού) έχει υπερβεί τα 2 dS m^{-1} .

β) Φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα ECa

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μια φυσική ιδιότητα του εδάφους και ορίζεται ως η ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από την μάζα του (Lund, 1999). Η αγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται κυρίως μέσω των τριχοειδών διαστάσεων πόρων που σχηματίζουν μεταξύ τους τα εδαφικά συσσωματώματα. Οι πόροι αυτοί περιέχουν νερό και ιόντα σε διάλυση (εδαφικό διάλυμα) (Lund, 1999).

Για την μέτρηση της ποιότητας του εδάφους, χρησιμοποιείται η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οποία μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί με τη χρήση ειδικών οργάνων όπως του EM₃₈.

1.4. Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture)

1.4.1. Ιστορικά στοιχεία

Στο παρελθόν, το μικρό μέγεθος των αγροτεμαχίων και ο περιορισμός τους από φυσικά όρια επέτρεπαν στους γεωργούς να παίρνουν υπόψη τους τη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα, μεταβάλλοντας εμπειρικά τη μεταχείριση τους από σημείο σε σημείο και από εποχή σε εποχή. Ωστόσο, με τη μεγέθυνση των αγροτεμαχίων, την εντατική παραγωγή και την εκμηχάνιση το τελευταίο μισό του 20ού αιώνα, δεν ήταν δυνατό να ληφθεί υπόψη η εντός του αγροτεμαχίου παραλλακτικότητα, χωρίς την ανάπτυξη της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Οι πρώτες αναφορές σχετικά με την ανάγκη για διαχείριση της παραλλακτικότητας στο αγροτεμάχιο έγιναν ήδη από την αρχή του 20ού αιώνα από τους Eden & Maskell (1928) και Linsley & Bauer (1929). Το 1993 πραγματοποιήθηκε στη Μινεσότα η πρώτη διεθνής συνάντηση με θέμα τη Γεωργία Ακριβείας ('First Workshop on Soil-specific Crop Management'). Το 1994, επίσης στις Η.Π.Α., επετράπη η ελεύθερη χρήση από τους πολίτες, δορυφορικών δεδομένων με χωρική ανάλυση ενός μέτρου, ενώ η πρώτη ευρωπαϊκή συνάντηση για τη Γεωργία Ακριβείας πραγματοποιήθηκε στη Μ. Βρετανία, το 1997. Τον Ιούλιο του 2000

πραγματοποιήθηκε στη Μινεσότα το 5ο Διεθνές Συνέδριο Γεωργίας Ακριβείας, τον Ιούνιο του 2001 στη Γαλλία το 3ο ευρωπαϊκό, ενώ τον Ιούνιο του 2007 πραγματοποιήθηκε το Ευρωπαϊκό συνέδριο στη Σκιάθο με οργανωτή το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Η Γεωργία Ακριβείας, είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης των αγρών, κατά την οποία οι εισροές – φυτοφάρμακα, νερό άρδευσης, λιπάσματα, σπόροι κ.ά – και οι καλλιεργητικές πρακτικές γίνονται ανάλογα με τις ανάγκες που έχει το έδαφος και οι καλλιέργειες, καθώς αυτές διαφοροποιούνται στο χρόνο και στο χώρο (Whelan and McBratney, 2000). Σήμερα, η Γεωργία Ακριβείας στη Β. Αμερική και τη Δ. Ευρώπη είναι μια πραγματικότητα. Έως το 1998, το 15 % περίπου των γεωργών στη Μ. Βρετανία είχαν χρησιμοποιήσει τεχνικές Γεωργίας Ακριβείας και όπως δήλωσαν οι ίδιοι σε σχετική έρευνα του ίδιου έτους, οι προσδοκίες τους, σε γενικές γραμμές, επαληθεύτηκαν. Στις Η.Π.Α., η γεωργία ακριβείας εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές όπου υπάρχουν προβλήματα λειψυδρίας (μεσο-δυτικές και δυτικές πολιτείες), ανωμαλίες ή ιδιαιτερότητες ως προς διάφορα χαρακτηριστικά των εδαφών, ή έντονες ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων, λόγω παρατεταμένης εξαντλητικής εκμετάλλευσης. Υπάρχουν πολλές εταιρείες σε αυτόν τον τομέα, όπως π.χ. η εταιρεία αεροπορικής τηλεπισκόπησης RESOURCE21. Τα προϊόντα (χάρτες και σχετικοί στατιστικοί δείκτες) φθάνουν στους γεωργούς - πελάτες, είτε σε ηλεκτρονική, είτε σε έντυπη μορφή.

1.4.1.2. Στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας

- η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών και κατ' επέκταση του εισοδήματος του παραγωγού
- η βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων
- η πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών
- η εξοικονόμηση της ενέργειας
- η προστασία του εδάφους και των νερών από την ρύπανση και τέλος,
- η βοήθεια στη διαδικασία της ιχνηλασιμότητας σε διάφορα συστήματα ποιότητας (HACCP, ISO, IPM)

1.4.1.3. Παραλλακτικότητα

Η διαφορά μεταξύ της έως σήμερα (παραδοσιακής) γεωργίας και της νέας γεωργικής πρακτικής ακριβείας βρίσκεται στον τρόπο που κάθε μια αντιμετωπίζει τα αγροτεμάχια. Ενώ, δηλαδή, η παραδοσιακή γεωργία αντιμετωπίζει τα αγροτεμάχια ως ομοιόμορφα (βασισμένη σε μέσους όρους), η Γεωργία Ακριβείας αναγνωρίζει, καταγράφει και διαχειρίζεται την εγγενή ή επίκτητη, ως προς το χώρο και το χρόνο, παραλλακτικότητά τους (variability).

Όσον αφορά το **χαρακτήρα** της, η παραλλακτικότητα διακρίνεται σε:

- **Χωρική** παραλλακτικότητα, η οποία γίνεται αντιληπτή ως μεταβολή των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών του εδάφους, της καλλιέργειας ή άλλων παραμέτρων του αγροτεμαχίου, με την αλλαγή θέσης μέσα στο αγροτεμάχιο.
- **Χρονική** παραλλακτικότητα, η οποία γίνεται αντιληπτή ως μεταβολή όλων των παραπάνω παραμέτρων, με το χρόνο.
- **Προβλεπτική** παραλλακτικότητα, η οποία γίνεται αντιληπτή ως ασυμφωνία μεταξύ των προβλεπόμενων και των πραγματικών τιμών για τις διάφορες θέσεις μέσα στο αγροτεμάχιο, ή τις διάφορες καλλιεργητικές χρονιές.

Όσον αφορά τις **παραμέτρους που παραλλάσσουν**, διακρίνονται σε:

- **Εδαφολογικές**, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η υφή, η δομή, η οργανική ουσία, η υδατοϊκανότητα, τα θρεπτικά στοιχεία, η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (CEC), η σκληρότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το βάθος του επιφανειακού εδάφους, κ.ά.
- **Βιολογικές**, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι μικροβιακοί πληθυσμοί του εδάφους, οι πληθυσμοί των ζιζανίων, οι πληθυσμοί των εντόμων, οι ασθένειες, η ανάπτυξη της καλλιέργειας και η απόδοση της συγκομισμένης καλλιέργειας. Η πιο συνήθης βιολογική παράμετρος που παραλλάσσει είναι η απόδοση της καλλιέργειας, η διαφορά της οποίας από σημείο σε σημείο είναι πολλές φορές εντυπωσιακή.

- **Κλιματικές.** Θερμοκρασίες, άνεμοι, βροχοπτώσεις είναι παράμετροι που επηρεάζουν τις καλλιέργειες και τις αποδόσεις τους. Ιδιαίτερα συνθήκες σε κρίσιμες περιόδους της ανάπτυξης των φυτών π.χ. ψυχρές – υγρές συνθήκες κατά το φύτευμα του βαμβακιού, θερμός αέρας κατά το στάδιο της έκπτυξης της φούντας στο καλαμπόκι.

1.4.2. Τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας

1.4.2.1. Τηλεπισκόπηση

Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) γενικά ονομάζεται η τεχνική συλλογής στοιχείων (δεδομένων) για τον προσδιορισμό της φύσης και των ιδιοτήτων ενός ή περισσότερων αντικειμένων μιας περιοχής, από απόσταση (από τον αέρα ή το διάστημα), χωρίς τη φυσική επαφή με τα αντικείμενα αυτά (Αντάρας, 2006). Η αρχή στην οποία βασίζεται η Τηλεπισκόπηση είναι η καταγραφή τμημάτων της ανακλώμενης ηλιακής, ή της τεχνητής ακτινοβολίας από την επιφάνεια της γης ή της καλλιέργειας. Στους μηχανισμούς καταγραφής (ανιχνευτές) περιλαμβάνονται οι απεικονιστές, οι οποίοι φέρονται από τους δορυφόρους ή αεροσκάφη σε μεγάλα ύψη, οι ψηφιακές και αναλογικές φωτογραφικές μηχανές και κάμερες για αεροπορική και επίγεια χρήση και τα φασματόμετρα ή ραδιόμετρα, κυρίως για επίγεια χρήση.

1.4.2.1.2. Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης - GPS (Global Positioning System)

Γενικά

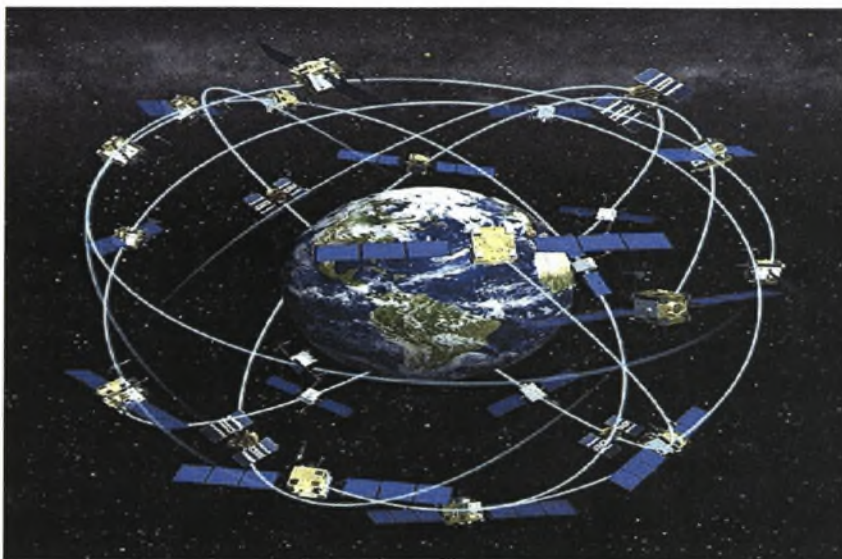
Το 1975, δημιουργήθηκε από τις Η.Π.Α (αεροπορία και ναυτικό), ένα σύστημα το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για στρατιωτικούς σκοπούς. Ονομάστηκε GPS (Global Positioning System). Οι Ρωσία διαθέτει ίδιας τεχνολογίας σύστημα που ονομάζεται GLONASS ενώ το Ευρωπαϊκό σύστημα το οποίο είναι υπό κατασκευή ονομάζεται Galileo. Το GPS χρησιμοποιείται καθημερινά για γεωδαιτικές εργασίες, παραδείγματος χάριν ένας δέκτης GPS λαμβάνει σήμα από τους δορυφόρους, προσδιορίζει τις συντεταγμένες και βοηθάει στην καθοδήγηση και την πλοήγηση αγροτικών οχημάτων.

Λειτουργικά μέρη

Τα λειτουργικά μέρη του GPS είναι τρία: 1) Το Δορυφορικό Τμήμα, 2) Το Τμήμα Ελέγχου και 3) Το Τμήμα Χρήσης

Δορυφορικό Τμήμα

Το τμήμα αυτό διαθέτει 24 δορυφόρους, οι οποίοι κινούνται σε τροχιά γύρω από τη γη κάθε 12 ώρες. Οι τροχιές που ακολουθούν οι δορυφόροι είναι έξι, τέσσερις δορυφόροι σε κάθε τροχιά. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται ότι για 24 ώρες τη μέρα, τέσσερις τουλάχιστον δορυφόροι θα στέλνουν σήμα σε οποιοδήποτε σημείο της γης (Δερμάνης, 1999).



Σχήμα 1. Δορυφόροι

Τμήμα Ελέγχου

Οι επίγειοι σταθμοί αποτελούν το τμήμα ελέγχου και είναι τριών ειδών. Ο πρώτος είναι ο κεντρικός σταθμός ελέγχου στο Colorado Springs των ΗΠΑ. Υπάρχουν 5 σταθμοί παρακολούθησης (Colorado Springs, Χαβάη, νήσος Ascension ο οποίος βρίσκεται στο Νότιο Ατλαντικό, Diego Garcia στον Ινδικό ωκεανό, Kwajalein στον Ειρηνικό ωκεανό) και τέλος 3 σταθμοί ελέγχου (Ascension, Diego Garcia, Kwajalein). Οι δέκτες, οι οποίοι βρίσκονται στους σταθμούς παρακολούθησης, λαμβάνουν τα σήματα που εκπέμπουν συνεχώς οι δορυφόροι και έπειτα από επεξεργασία μεταδίδονται στον κεντρικό σταθμό ελέγχου. Ο ρόλος του κεντρικού

σταθμού ελέγχου είναι ο υπολογισμός των ακριβών τροχιών των δορυφόρων και η μετέπειτα ενημέρωση των σημάτων πλοήγησης (Δερμάνης, 1999).

1.4.2.1.2.1. Είδη GPS

Υπάρχουν αρκετά είδη GPS, που επιτελούν διαφορετικές λειτουργίες. Μερικά από αυτά είναι:
Απλό σύστημα πλοήγησης GPS

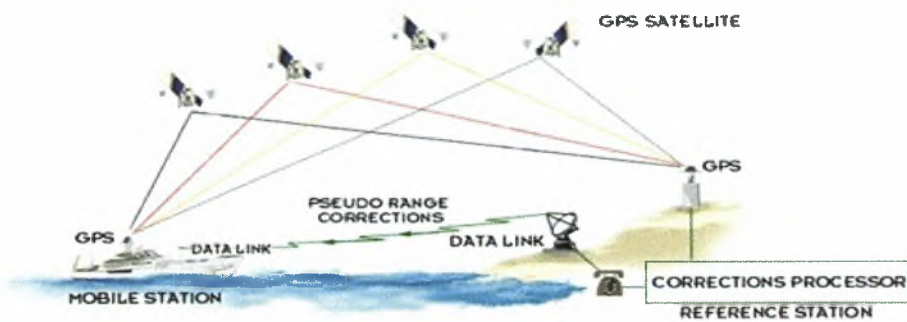
Οι δέκτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας πεζοπορίας, όσο και σε οχήματα ή θαλάσσια σκάφη και κατά κανόνα διαθέτουν αρκετά μικρές διαστάσεις. Για να προσφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, οι δέκτες συνδυάζονται και με ειδικό software που προβάλλει έναν χάρτη στην οθόνη του. Πρόκειται δηλαδή για λογισμικό που λαμβάνει από τους δορυφόρους τις πληροφορίες για το στίγμα μας και τις μετατρέπει σε κατανοητή «ανθρώπινη» μορφή, πληροφορώντας μας για την ακριβή γεωγραφική μας θέση.



Σχήμα. 2 Απλό σύστημα πλοήγησης GPS

DGPS (Differential Global Positional System)

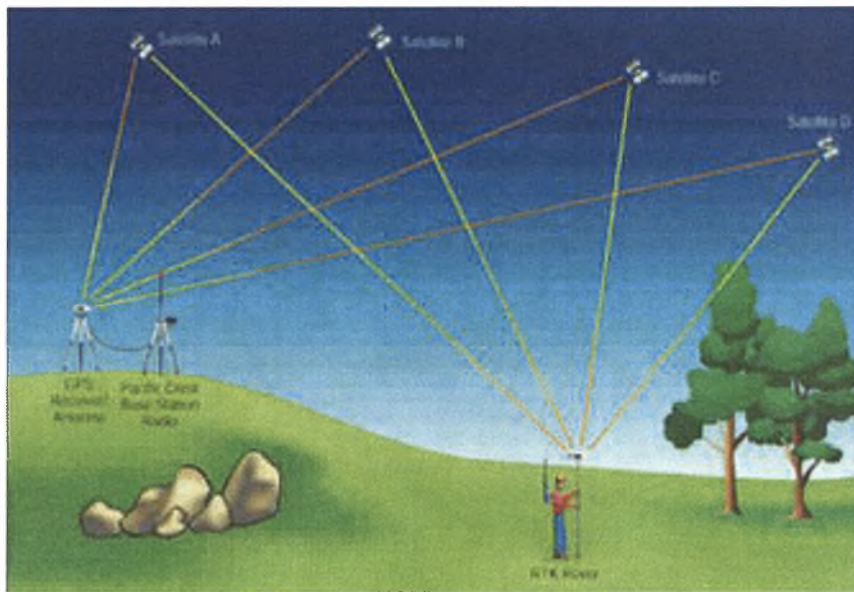
Το DGPS είναι ένας τύπος GPS που χρησιμοποιεί ένα σήμα από επίγειους δέκτες για να διορθώσει το σφάλμα που υπάρχει. Το σήμα αυτό προέρχεται από επίγειους σταθμούς των οποίων η θέση είναι γνωστή και λαμβάνοντας οι ίδιοι το σήμα από τους δορυφόρους κάνουν τη διόρθωση και εκπέμπουν το σφάλμα. Η ακρίβεια του συστήματος είναι από 30cm-1m.



Σχήμα 3. DGPS

RTK (Real Time Kinematic GPS)

Το RTK GPS είναι μια τεχνική προσδιορισμού θέσης που βασίζεται στη μέτρηση του φέροντος σήματος του GPS, όπου ένας επίγειος σταθμός παρέχει τη διόρθωση σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια ακόμη και ενός εκατοστού.



Σχήμα 4. RTK

Τμήμα Χρήσης

Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για στρατιωτικούς σκοπούς. Αργότερα, δόθηκε για κοινή χρήση. Οι δέκτες GPS λαμβάνουν σήμα από τους δορυφόρους και προσδιορίζουν τις συντεταγμένες.

Επίσης, η τεχνολογία GPS χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην καθοδήγηση και την πλοήγηση αγροτικών οχημάτων. Επιπρόσθετα, δεν χρειάζεται άδεια λειτουργίας και καμία οικονομική επιβάρυνση δεν υπάρχει για την χρήση των δορυφορικών σημάτων του GPS.

Προσδιορισμός θέσης με τη χρήση του GPS

Οι θέσεις των δορυφόρων ως προς το χώρο και το χρόνο είναι γνωστές. Είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί ο καθορισμός της θέσης ενός δέκτη, αν πάρουμε μετρήσεις την ίδια χρονική στιγμή από τέσσερις (ψευδο-)αποστάσεις προς τέσσερις δορυφόρους. Σφάλματα συμβαίνουν κατά την εκτίμηση της απόστασης από κάθε δορυφόρο και οι τρεις αποστάσεις που μετράμε από τους αντίστοιχους δορυφόρους δεν μας καθορίζουν ένα σημείο αλλά ένα τρίγωνο. Για τη βελτίωση της εκτίμησης της θέσης του συγκεκριμένου σημείου χρησιμοποιείται το σήμα από τέταρτο δορυφόρο. Κατά αυτόν τον τρόπο, με τη χρήση σημάτων από τους τέσσερις δορυφόρους (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο), επιτυγχάνεται η εκτίμηση της θέσης ενός σημείου επάνω στη Γή.



Σχήμα 5. Κεραία D-GPS για τον προσδιορισμό θέσης στον αγρό

1.4.2.1.2.2. Το GPS στη Γεωργία Ακριβείας

Μεγάλη σημασία έχει η χρήση του GPS στη Γεωργία Ακριβείας και αυτό μπορεί να διαπιστωθεί από το εξής:

Επιδιώκεται να βρεθεί η ακριβής θέση ενός οχήματος καθώς αυτό κινείται στο αγρόκτημα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του GPS. Το GPS βρίσκει πολλές εφαρμογές στη Γεωργία Ακριβείας. Οι κυριότερες είναι οι:

1) Δημιουργία περιγράμματος αγρών, 2) παρακολούθηση των καλλιεργειών, 3) χαρτογράφηση του εδάφους και της παραγωγής και 4) η σύνδεση με τα σημεία του αγρού.

Για να πραγματοποιηθούν όλα αυτά θα πρέπει να υπάρχει ένας δέκτης GPS ή DGPS, μια συσκευή αποθήκευσης πληροφοριών(π.χ. φορητό υπολογιστή-Lap top ή υπολογιστή χειρός) και τέλος ένα λογισμικό για τη δημιουργία και την απεικόνιση των χαρτών(π.χ. Arc, GIS, Surfer).

Η δημιουργία του περιγράμματος του αγρού, μπορεί να γίνει με 2 τρόπους:

- Με τη λήψη στίγματος από κάποια σημεία περιμετρικά του αγροκτήματος και
- με καταγραφή της διαδρομής περιμετρικά του χωραφιού.

Επίσης, το GPS χρησιμοποιείται για την καταγραφή της θέσης όπου γίνεται η λήψη των δειγμάτων του εδάφους.



Σχήμα 6. Ο ελαιώνας – δορυφορική εικόνα

1.4.2.1.3. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών - GIS (Geographic Information System)

Γενικά

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι ένα λογισμικό με τη βοήθεια του οποίου γεωδεμένες πληροφορίες οργανώνονται, αποθηκεύονται, αναλύονται και επεξεργάζονται. Οι πληροφορίες σε ένα GIS απεικονίζονται πάντοτε ως ψηφιακοί χάρτες του υπό εξέταση αγρού γιατί όλες οι πληροφορίες είναι προσδιορισμένες στο χώρο με τη βοήθεια του GPS. Πρόσθετα εργαλεία όπως στατιστικές αναλύσεις, προσομοιώσεις και άλλες αναλυτικές μέθοδοι, χρησιμοποιούνται από το GIS και βοηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στη λήψη αποφάσεων (Westervelt and Reetz, 2000). Για τη Γεωργία Ακριβείας, το GIS αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο, όχι μόνο για τη χαρτογράφηση αλλά και για τις βάσεις δεδομένων που συνδέονται με το GIS και τα εργαλεία του για το χειρισμό τους. Σε ένα τέτοιο σύστημα, μπορεί κάποιος να εισάγει διάφορες πληροφορίες όπως ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, παραγωγή, περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά. Παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας χαρτών, οι οποίοι απεικονίζουν την χωρική και χρονική παραλλακτικότητα των διαφόρων παραμέτρων και πώς αυτή κατανέμεται κατά μήκος του αγρού. Για τη χρονική παραλλακτικότητα απαιτούνται μετρήσεις δύο ή περισσότερων ετών.

Τμήματα του GIS

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών διακρίνονται στα εξής τμήματα:

- 1) Το σύστημα εισαγωγής χωρικών δεδομένων (data input), στο οποίο εισάγονται και να καταχωρούνται πληροφορίες οι οποίες προέρχονται από χάρτες, πολυφασματικές φωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, μετρήσεις παραγωγής, εδάφους, ποιοτικών χαρακτηριστικών κ.ά.
- 2) Το σύστημα αποθήκευσης (data storage) και οργάνωσης βάσης δεδομένων, όπου αποθηκεύονται και ταξινομούνται τα δεδομένα για επεξεργασία.
- 3) Το σύστημα ανάλυσης των δεδομένων, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την απομάκρυνση των λαθών από τα δεδομένα, τον υπολογισμό των επιφανειών, των περιμέτρων, την αλλαγή κλίμακας χαρτών και τη γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων.

4) Το σύστημα εξόδου και παρουσίασης των δεδομένων (data output), το οποίο περιλαμβάνει αποτελέσματα ανάλυσης που εμφανίζονται ή καταχωρούνται π.χ. χάρτες, πίνακες, σχήματα τα οποία εμφανίζονται στην οθόνη ή καταχωρούνται στην μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

5) Το σύστημα αλληλεπίδρασης με το χρήστη (user interface), που περιλαμβάνει μενού και εντολές που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα.

Σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, μπορούμε να δούμε δύο μορφές απεικόνισης και αποθήκευσης των δεδομένων. Η πρώτη είναι η διανυσματική μορφή (vector) και η δεύτερη με μορφή κυψελίδων (raster). Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται τα σημεία, τα πολύγωνα και οι γραμμές. Στη δεύτερη κατηγορία κατατάσσονται τα συνεχή δεδομένα αλλά σε κυψελώδη μορφή (Grid). Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται με τη μέθοδο της δειγματοληψίας είναι διανυσματικά, ενώ όσα συλλέγονται με αισθητήρες (όπως για παράδειγμα παραγωγής) είναι δεδομένα κυψελίδων (Morgan and Ess, 1997).

Συστήματα συντεταγμένων

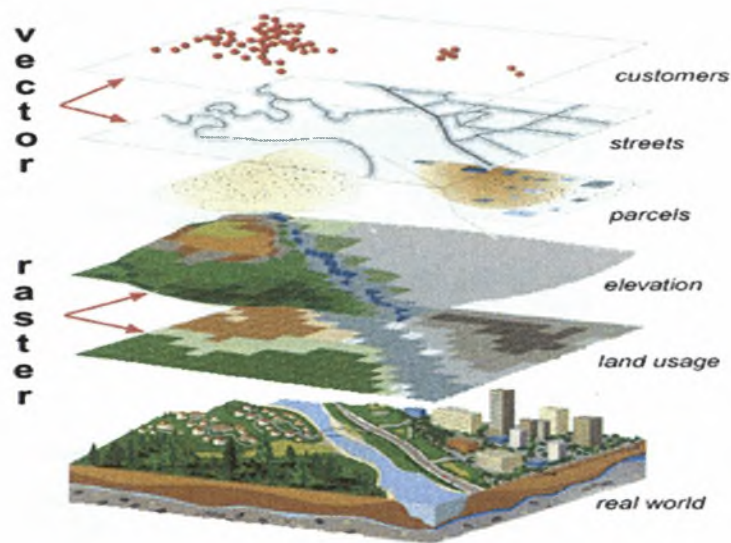
Υπάρχουν διάφορα συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των δεδομένων σε ένα χάρτη. Ο καλύτερος τρόπος να χρησιμοποιηθεί ένα παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων είναι το σύστημα γεωγραφικό μήκος (longitude) και γεωγραφικό πλάτος (latitude) και το μετρικό σύστημα (Universal Transverse Mercatur, UTM). Το μετρικό σύστημα κάνει προβολή ενός μέρους της γης σε μια επίπεδη επιφάνεια ή χάρτη. Το σύστημα (γεωγραφικό μήκος-γεωγραφικό πλάτος) μετρά δύο γωνίες από τον ισημερινό και από τον κεντρικό μεσημβρινό που περνάει από το Greenwich. Αυτές οι συντεταγμένες δίνονται σε μοίρες πρώτα λεπτά και δεύτερα λεπτά. Ένα δεύτερο λεπτό σε γεωγραφικό πλάτος αντιστοιχεί σε περίπου 30 μέτρα. Το μετρικό σύστημα πράττει την εξής μετατροπή: Μετατρέπει τις γωνίες δηλαδή το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων βόρεια και ανατολικά (Northing, Easting). Ο κατακόρυφος άξονας λέγεται northing, ενώ ο οριζόντιος ονομάζεται easting. Στο σύστημα αυτό (μετρικό), οι συντεταγμένες δίνονται σε μέτρα. Όταν κάποιος χρησιμοποιεί το μετρικό σύστημα, τότε το κατάλληλο επίπεδο αναφοράς στο οποίο προβάλλονται οι γωνίες θα πρέπει να είναι γνωστό. Τότε έχουμε δύο επιλογές. Η πρώτη είναι: North American Datum of 1927 (NAD27) και World Geodetic Reference System

(WGS84). Οι δέκτες GPS χρησιμοποιούν το (WGS84) και στην Ελλάδα βρισκόμαστε στη ζώνη 34N.

1.4.2.1.3.1. Η χρήση των GIS στη Γεωργία Ακριβείας

Με τους χάρτες είναι εφικτή η παρατήρηση της παραλλακτικότητας ενός μετρούμενου μεγέθους στον αγρό. Για να δημιουργηθεί ένας χάρτης θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

- 1) Εισαγωγή του περιγράμματος του αγρού (field boundary)
- 2) Εισαγωγή των δεδομένων, που είναι μια ιδιότητα συνδεδεμένη με συντεταγμένες (ιδιότητα στο χώρο)
- 3) Δημιουργία μιας συνεχούς επιφάνειας με τη διαδικασία της παρεμβολής (interpolation)
- 4) Επιλογή χρωμάτων και λεζάντας για το χάρτη
- 5) Εκτύπωση του χάρτη



Σχήμα 7. GIS. Βήματα για τη δημιουργία χαρτών για Γεωργία Ακριβείας (Morgan and Ess, 1997).

Για τη ορθότερη διαχείριση του αγρού, μπορεί να γίνει το εξής: ο ερευνητής προσθέτει διάφορες πληροφορίες σε επίπεδα τα λεγόμενα data layers και έπειτα από τις πληροφορίες που λαμβάνει, εξάγει τα καλύτερα αποτελέσματα. Οι πληροφορίες που προσθέτει είναι οι ακόλουθες (Πληροφορίες σε επίπεδα (data layers) για ένα αγρό (Morgan and Ess, 1997). :

- 1) Το περίγραμμα του αγροκτήματος
- 2) Ένας χάρτης εδαφικών τύπων (υφής)
- 3) Τα σημεία της δειγματοληψίας
- 4) Τους χάρτες των θρεπτικών στοιχείων
- 5) Τον πληθυσμό των ζιζανίων
- 6) Τον χάρτη στράγγισης και
- 7) Τον χάρτη παραγωγής

1.4.2.1.3.2. Πρότυπα (Μοντέλα) διαχείρισης βάσεων δεδομένων, ArcGIS

Τα πρότυπα διαχείρισης βάσεων δεδομένων σχεδιάστηκαν κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι εύχρηστα σε πρακτικές εφαρμογές από πλήθος χρηστών. Κάθε πρότυπο μπορεί εύκολα να χρησιμοποιήσει δεδομένα από συστήματα που υπάρχουν, ανεξάρτητα εάν τα αρχεία έχουν αποθηκευτεί σε shape files – (Shapefile είναι μια μορφή δεδομένων που χρησιμεύει σε λογισμικό γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών), αρχεία CAD – (Compute Aided Design – Χρησιμεύει στην εξαγωγή αντικειμένων σε όλα τα σχήματα και όλες τις όψεις, τρισδιάστατη γωνία) κ.τ.λ. (Ramesh., 2006), (en.wikipedia.org).

1.4.2.1.3.3. Γεωστατιστική Μέθοδος (Μέθοδος Kriging)

Ένα από τα θέματα που αντιμετωπίζουμε στη γεωργία ακριβείας είναι ότι παίρνουμε δεδομένα από ορισμένα σημεία στο χωράφι ενώ θέλουμε συνεχή δεδομένα. Τα συνεχή δεδομένα προσεγγίζουμε με τη μέθοδο της παρεμβολής δηλαδή με την απόδοση τιμών σε όλα τα σημεία του αγρού. Δεδομένου ότι τα στοιχεία δεν είναι ομογενή απαιτούνται μέθοδοι που ορίζουν τις

τιμές ενός σημείου με βάση τις τιμές των γύρω σημείων (κοντινών και μακρινότερων). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι της γεωστατιστικής. Kriging είναι μια γεωστατιστική τεχνική παρεμβολής που για τον καθορισμό των τιμών ενός σημείου σε άγνωστες περιοχές, λαμβάνει υπόψη τόσο την απόσταση όσο και τον βαθμό της διακύμανσης μεταξύ γνωστών σημείων δεδομένων.

1.4.3. Εφαρμογές και μέθοδοι της Γεωργίας Ακριβείας.

Σε ότι αφορά τους τρόπους καταγραφής, οι χάρτες αποδόσεων χρησιμεύουν στην ανίχνευση της παραλλακτικότητας και του βαθμού σοβαρότητάς της, όχι όμως και στη διάγνωση των αιτιών της (Blackmore, 1994). Για τη διάγνωση των αιτιών χρησιμοποιούνται η Τηλεπισκόπηση και οι Μετρήσεις πεδίου (Εργαστηριακές αναλύσεις ή Αισθητήρες). Η γεωγραφική πληροφορία στα δεδομένα συνεισφέρεται από τα συστήματα εντοπισμού θέσης (π.χ. GPS). Η πυκνότητα δειγματοληψίας και η χωρική ανάλυση είναι, γενικά, ανάλογες με το κόστος και το χρόνο επένδυσης (Συλλαίος, 1999).

1.4.3.1. Εκτίμηση των θρεπτικών αναγκών των καλλιεργειών.

Η εκτίμηση των θρεπτικών αναγκών γίνεται είτε με χρήση τηλεπισκόπησης, είτε με αισθητήρες (αφορά κυρίως το N), είτε με εργαστηριακές αναλύσεις χωρικά προσδιορισμένων δειγμάτων από το έδαφος ή από τα φυτά. Ο Diker and Bausch, (1998) πέτυχαν τον υπολογισμό του εδαφικού αζώτου, μέσω της μέτρησης της φασματικής αντίδρασης των φυτών με επίγεια τηλεπισκόπηση. Για την εκτίμηση της κατάστασης του φυτικού αζώτου, προτείνουν το φασματικό δείκτη NRI (Nitrogen Reflectance Index – Δείκτης Ανάκλασης Αζώτου), που υπολογίζεται ως NIR / G (Near Infrared / Green – Εγγύς υπέρυθρο/Πράσινο). Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους δείχνουν, ότι οι τεχνικές της τηλεπισκόπησης είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για την εκτίμηση του διαθέσιμου εδαφικού αζώτου, αλλά επίσης και του λιπάσματος που χρειάζεται κάθε σημείο του χωραφίου, με τη χρήση του φυτικού αζώτου ως δείκτη (Diker and Bausch, 1998).

1.4.3.2. Προσδιορισμός διαφόρων εδαφικών ιδιοτήτων

Οι Schuler et al. (1998), ασχολήθηκαν με τον προσδιορισμό των προβληματικών περιοχών, που οφείλονται κυρίως στη χρήση των γεωργικών μηχανημάτων, καθώς επίσης και σε εστίες

παρασίτων και ζιζανίων. Για τον προσδιορισμό των προβληματικών περιοχών χρησιμοποιούνται οι χάρτες αποδόσεων, η τηλεπισκόπηση και ακολουθούν εργαστηριακές αναλύσεις και παρατηρήσεις για την ταυτοποίηση του προβλήματος. Εκτιμάται, ότι τα αποτελέσματα μπορούν να γίνουν βέλτιστα με τη συμπλήρωση των βάσεων δεδομένων με τοπογραφικά αρχεία και πληροφορίες για τη μηχανική σύσταση των εδαφών (Schuler et al., 1998).

1.4.3.3. Μέθοδοι λήψης δειγμάτων Εδάφους

Για τη δειγματοληψία του εδάφους στην Γεωργία Ακριβείας το αγρόκτημα χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα. Οι κύριοι μέθοδοι λήψης δειγμάτων εδάφους είναι δύο και είναι οι ακόλουθοι:

1) Δειγματοληψία πλέγματος (Grid sampling)

2) κατευθυνόμενη δειγματοληψία

Σύμφωνα με την πρώτη κατηγορία, η οποία είναι η δειγματοληψία πλέγματος ακολουθείται η εξής διαδικασία: Αρχικά γίνεται λήψη της περιμέτρου του χωραφιού με το κατάλληλο εργαλείο GPS, στη συνέχεια τα δεδομένα μεταφέρονται στον υπολογιστή και με κατάλληλο λογισμικό δημιουργείται ένας χάρτης περιγράμματος αγρού. Έπειτα, το αγρόκτημά διαχωρίζεται σε ορθογώνια κελιά ή τετράγωνα ορισμένων σταθερών διαστάσεων π.χ 10X30 μέτρα, 20X20 μέτρα κλπ. Στη συνέχεια, με ένα δειγματολήπτη (ο οποίος περιστρέφεται και πιέζεται για να εισέλθει στο έδαφος λαμβάνονται δείγματα εδάφους από το επιθυμητό βάθος π.χ. 0-30cm, 30-60cm, 60-90cm ή άλλου βάθους ανάλογα με το σκοπό της δειγματοληψίας) και ένα GPS γίνεται λήψη δειγμάτων από τα κελιά και έπειτα μεταφέρονται από το αγρόκτημα στο εργαστήριο για ανάλυση. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αντιπροσωπεύουν τις εδαφικές ιδιότητες του κελιού. Κατ' αυτόν τον τρόπο, υπάρχει μια εκτίμηση των εδαφικών ιδιοτήτων σε μια κλίμακα μικρότερη από όλο το αγρόκτημα και λόγω της χρήσης του GPS με το κατάλληλο λογισμικό παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας χαρτών εδαφικών ιδιοτήτων του αγροκτήματος. Η δειγματοληψία δεν γίνεται από ένα σημείο, αλλά συνήθως παίρνονται περισσότερα από ένα δείγματα από κάθε κελί, τα οποία ανακατεύονται πριν την ανάλυση για να είναι πιο αντιπροσωπευτικό το δείγμα.

Η δεύτερη κατηγορία, είναι η κατευθυνόμενη δειγματοληψία. Η δειγματοληψία γίνεται από

περιοχές που ονομάζονται ζώνες διαχείρισης. Ζώνη διαχείρισης καλείται «ένα επιμέρους τμήμα ενός αγροκτήματος που χαρακτηρίζεται από έναν λειτουργικά ομοιογενή συνδυασμό ιδιοτήτων». Οι ζώνες διαχείρισης αναγνωρίζονται και οριοθετούνται από τον παραγωγό με χρήση εδαφολογικών μελετών, αεροφωτογραφιών και άλλων πηγών πληροφοριών (Rains και Thomas, 2000). Οι ζώνες διαχείρισης δημιουργούνται με βάση διάφορες πληροφορίες όπως μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη χρήση του EM38, χάρτες παραγωγής, δείκτες βλάστησης κλπ. Σε αυτή τη μέθοδο δειγματοληψίας πραγματοποιείται λήψη πολλών εδαφικών δειγμάτων από συγκεκριμένα σημεία σύμφωνα με τους εδαφολογικούς χάρτες, με το δειγματολήπτη από κάθε ζώνη διαχείρισης έτσι ώστε το δείγμα να είναι πιο αντιπροσωπευτικό και αποστέλλονται στο εργαστήριο εδαφολογίας για ανάλυση. Με τη βοήθεια του GPS καταγράφεται το ακριβές σημείο (γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος) του κάθε δείγματος στην επιφάνεια της γης. Η δειγματοληψία εδάφους στον αγρό, έχει ως σκοπό τη συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών για τη μελέτη της γονιμότητας του εδάφους και ειδικότερα για τη συγκέντρωση όλων εκείνων των επιστημονικών πληροφοριών που αφορούν τη μελέτη των προβλημάτων θρέψης των φυτών, της λίπανσης των καλλιεργειών, καθώς και την πολιτική που είναι απαραίτητη να εφαρμοσθεί προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα ρύπανσης των εδαφών, από νιτρικά και νιτρώδη ιόντα καθώς επίσης και από ρυπογόνα στοιχεία Cd, Pb, Se, Cr, As, Ni, Hg, κ.λ.π [(Roswell, 1995)], (Μήτσιος, 2003).

1.4.3.4. Εντοπισμός περιοχών με ζιζάνια

Στον τομέα αυτό η πλέον προχωρημένη τεχνική συνδυάζει τηλεπισκόπηση με αισθητήρες. Στην πραγματικότητα πρόκειται για αισθητήρες, που χρησιμοποιούν τηλεπισκοπικές μεθόδους, για την ανίχνευση από πολύ κοντά των διαφόρων ζιζανίων. Τα στοιχεία που καταγράφονται είναι είτε η μορφή των ζιζανίων, είτε η φασματική τους ταυτότητα, τα οποία στη συνέχεια συγκρίνονται με εκείνα των καλλιεργούμενων φυτών, με τη βοήθεια μιας φασματικής βιβλιοθήκης προτύπων, η οποία φέρεται από τους μηχανισμούς των αισθητήρων. Οι Heisel and Christensen (1998) δημιούργησαν σύστημα, που αποτελείται από κάμερα και λογισμικό, για την αυτόματη ανίχνευση ζιζανίων. Αποδείχθηκε, ότι ο ψεκασμός ζιζανιοκτόνου εντός των γραμμών, σε σχέση με τον πάνω από τις γραμμές των φυτών ψεκασμό, μειώνει σημαντικά την ποσότητα ζιζανιοκτόνου που εφαρμόζεται (Heisel, & Christensen., 1998).

1.4.3.5. Πρόβλεψη της παραγωγής

Στην πρόβλεψη παραγωγής χρησιμοποιούνται η τηλεπισκόπηση, οι χωρικά προσδιορισμένες μετρήσεις πεδίου (εργαστηριακές μετρήσεις για τη συσχέτιση της φυτομάζας ή της φυτοκάλυψης με την απόδοση) και οι χάρτες αποδόσεων των προηγούμενων καλλιεργητικών ετών. Τα μοντέλα πρόβλεψης παραγωγής περιέχουν δείκτες βλάστησης (NDVI, SAVI, TSAVI κ.ά.). Ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης βλάστησης είναι ο NDVI. Ο δείκτης NDVI δουλεύει πολύ καλά όταν ο τρόπος διαχείρισης απαιτεί μια μέθοδο ποσοτικοποίησης του μεγέθους της πράσινης βιομάζας ή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Επίσης, βοηθά στην επισήμανση περιοχών με διαφορετική ανάπτυξη στον αγρό), καθώς και κλιματολογικές ή άλλες παραμέτρους. Οι χάρτες αποδόσεων των προηγούμενων καλλιεργητικών ετών χρησιμεύουν, κυρίως, στην κατανομή της παραλλακτικότητας της προβλεπόμενης παραγωγής (Wood et al., 1998).

1.4.3.6. Συνδυασμός πεδίων

Είναι δυνατός ο συνδυασμός όλων των παραπάνω πεδίων, με τη χρήση όλων των διαθέσιμων τεχνικών, ξεχωριστά ή συνδυασμένα. Για παράδειγμα, μία ψευδο-έγχρωμη αεροφωτογραφία (δηλ., με καταγραφή στις φασματικές περιοχές του πράσινου, του ερυθρού και του εγγύς υπερύθρου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτοχρόνως για την εκτίμηση των αναγκών σε άζωτο, τον εντοπισμό διαφόρων ανωμαλιών και την πρόβλεψη της παραγωγής. Παρομοίως, οι χάρτες αποδόσεων χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και εντοπισμό της παραλλακτικότητας όχι μόνο ενός χαρακτηριστικού, αλλά όλων των χαρακτηριστικών που έχουν επιδράσει στις αποδόσεις με τον ένα ή τον άλλο τρόπο (π.χ., την υφή του εδάφους, την υγρασία, τις ασθένειες, τα θρεπτικά στοιχεία, τις καλλιεργητικές εργασίες και τις τοπικές ανωμαλίες).

1.4.4. Αισθητήρες (Sensors)

Οι Μετρήσεις στο Πεδίο είναι μετρήσεις των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των καλλιεργειών ή του εδάφους με δειγματοληψία και γίνονται, είτε με αναλύσεις στο Εργαστήριο, είτε με Αισθητήρες. Οι αναλύσεις στο Εργαστήριο γίνονται σε δύο βήματα (λήψη δειγμάτων - ανάλυση), ενώ οι Αισθητήρες είναι όργανα αυτόματης δειγματοληψίας και ταχείας μέτρησης (επί τόπου, σε ένα μόνο βήμα).

1.4.4.1. Φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (ECa)

Ο όρος φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους σημαίνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα της μάζας του εδάφους, η οποία προσδιορίζεται στον αγρό (Rhoades et al., 1999). Η ροή των ηλεκτρονίων μέσα στη μάζα του εδάφους είναι σύνθετη. Τα ηλεκτρόνια έχουν τη δυνατότητα να κινούνται μέσω του εδαφικού νερού που βρίσκεται, μέσα στους μεσαίους και μικρούς πόρους, κατά μήκος των επιφανειών των ορυκτών του εδάφους, καθώς επίσης και μέσω των εναλλασσόμενων στρωμάτων των εδαφικών τεμαχισμών και του εδαφικού διαλύματος (Rhoades et al., 1999). Αντίθετα δεν μπορούν να κινηθούν μέσω του αέρα που είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η κίνηση των ηλεκτρονίων διευκολύνεται από την επιφάνεια των σωματιδίων του εδάφους, την ύπαρξη μεγαλομορίων οργανικής ουσίας καθώς και από ιόντα διαλυμένα στο νερό. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο, πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την παραλλακτικότητα της φαινομενικής εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Αυτοί οι παράγοντες, αναφέρονται στο νερό (υδατικό δυναμικό, βροχόπτωση) και την περιεκτικότητα (δομή) του εδάφους, τους ηλεκτρολύτες στο νερό του εδάφους (ανταλλάξιμα ιόντα, εδαφική θερμοκρασία, αλατότητα) και τη συσσωμάτωση του εδάφους (συγκολλητικοί παράγοντες όπως η οργανική ουσία και η άργιλος). (Hartsock et al., 2000). Οι μετρήσεις της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους έχουν συσχετισθεί με την CEC (CEC είναι η συντομογραφία για την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους, - κάθε στοιχείο με θετικό φορτίο ονομάζεται κατιόν), το ανταλλάξιμο μαγνήσιο (Mg^{2+}) και το ανταλλάξιμο ασβέστιο (Ca^{2+}) του εδάφους (McBride et al., 1990).

Στη Γεωργία Ακριβείας χρησιμοποιείται η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους και είναι απαραίτητη να μετρηθεί και να υπολογιστεί ώστε να προσδιοριστεί η γονιμότητα του εδάφους. Επιπρόσθετα, η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα ενοποιεί ένα ευρύτερο σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή μιας καλλιέργειας (Doerge et al., 1999). Επίσης, σύμφωνα με την ECa, ο ερευνητής αποφαινεται για τη σύσταση του εδάφους-βαρύ ή ελαφρύ. Βαρύ έδαφος, ονομάζεται το έδαφος το οποίο κατακρατεί μεγάλη ποσότητα υγρασίας, συγκρατεί περισσότερο νερό και η περιεκτικότητά του σε άργιλο είναι πάνω από 20-30%. Στο βαρύ έδαφος, οι ρίζες αναπτύσσονται δυσκολότερα από ότι στο ελαφρύ και τα δένδρα αρρωσταίνουν ευκολότερα. Ελαφρύ έδαφος, ονομάζεται το έδαφος το οποίο δεν κατακρατεί μεγάλη ποσότητα υγρασίας, συγκρατεί λιγότερο νερό και θρεπτικά στοιχεία από ότι το βαρύ και η σύσταση του σε άμμο είναι πάνω από 40-50% και κάτω από 20% σε άργιλο. Το ελαφρύ

έδαφος βοηθάει τις ρίζες να αναπτυχθούν και έχει λιγότερες ασθένειες. Επιπλέον, με τη βοήθεια ενός GPS μπορούν να παραχθούν χάρτες εδαφικών ιδιοτήτων με τη χρήση λογισμικού όπως παραδείγματος χάριν το GIS. Η παραλλακτικότητα όλων των παραγόντων πιθανόν να επιδρά στην παραλλακτικότητα της παραγωγής. Συνεπώς, η χαρτογράφηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο αγρόκτημα, πιθανότατα να καταγράφει την παραλλακτικότητα του εδάφους (Μαρκινός και άλλοι., 2003).

1.4.4.2. Προσδιορισμός της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (ECa)

Για τον προσδιορισμό της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους υπάρχουν δύο μέθοδοι, οι οποίοι δίνουν παρόμοια αποτελέσματα και είναι οι ακόλουθοι:

* Μέτρηση της ECa με την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή (Electromagnetic induction)

* Μέτρηση της ECa με τα ηλεκτρόδια επαφής (Contact electrode)

Αυτές οι μέθοδοι προσδιορισμού της ECa και ο μεν και ο δε εφαρμόζονται εντός του αγροκτήματος και πραγματοποιούνται με τη βοήθεια ειδικών αισθητήρων και μετ' έπειτα γίνεται η παραγωγή χαρτών της ECa του εδάφους με τη βοήθεια άλλου προγράμματος για τις περιοχές που μελετήθηκαν (Doerge et al., 1999).

Γενικά – Η ηλεκτρική αγωγιμότητα

Ηλεκτρική αγωγιμότητα ονομάζεται η ικανότητα ενός υλικού να συμπεριφέρεται ως αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος και συνήθως εκφράζεται σε μονάδες των millisiemens ανά μέτρο ($mS\ m^{-1}$). (Doerge et al., 1999). Η ειδική αγωγιμότητα (electrical conductivity) είναι μέτρο της ευκολίας ή δυσκολίας με την οποία άγεται ηλεκτρικό ρεύμα δια μέσω κάποιου υλικού. Η μονάδα μέτρησης της ειδικής αγωγιμότητας είναι το Siemens ανά μέτρο ($S\ m^{-1}$) (el.wikipedia.org) και αναφέρεται ως ηλεκτρική αγωγιμότητα, EC: $EC=1/R_s=K/R$. (Rhoades et al., 1999). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει εκφρασθεί σε micro-mhos ανά centimetre ($\mu mhos\ cm^{-1}$), ή σε milli-mhos ανά centimetre ($mmhos\ cm^{-1}$). Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI), το αντίστροφο του ohm είναι το siemen (S) και σε αυτό το σύστημα η ηλεκτρική αγωγιμότητα αναφέρεται ως Siemens ανά metre ($S\ m^{-1}$), ή ως decisiemens ανά metre ($dS\ m^{-1}$). Ένα $dS\ m^{-1}$ είναι ισοδύναμο με ένα $mmhos\ cm^{-1}$ (Rhoades et al., 1999).

1.4.4.3. Μηχανήματα μέτρησης της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa)

Την ECa την μετράμε εντός του αγροκτήματος με ειδικές συσκευές όπως το EM₃₈, το EM₃₁-MK₂, το EM₃₄₋₃ και το Veris 3100.

EM₃₁-MK₂

Το EM₃₁-MK₂ χαρτογραφεί γεωλογικές μεταβολές, προσμείξεις υπόγειων υδάτων, ή οποιοδήποτε υπόγειο χαρακτηριστικό που συνδέεται με αλλαγές στην αγωγιμότητα του εδάφους. Χρησιμοποιεί μέθοδο μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, επιτρέποντας μετρήσεις χωρίς ηλεκτρόδια ή επαφή με το έδαφος. Με αυτή την επαγωγική μέθοδο, έρευνες μπορούν να πραγματοποιούνται κάτω από τις πιο "αντίξοες" γεωλογικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με υψηλή αντίσταση επιφάνειας όπως η άμμος, τα χαλίκια, και η άσφαλτος. Το EM₃₁-MK₂ είναι αναγνωρισμένο πρότυπο για εφαρμογές στο περιβάλλον (έδαφος) και παρέχει μετρήσεις της φαινομενικής αγωγιμότητας σε βάθος 6 μέτρων. Οι μετρήσεις από την εδαφική αγωγιμότητα (quad-φάση) διαβάζονται απευθείας από ένα ενσωματωμένο καταγραφικό δεδομένων (DL600) (το οποίο μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί από την κονσόλα για τη μεταφορά των δεδομένων). Η απευθείας Real Time (RT) γραφική παρουσίαση των δεδομένων κατά τη διάρκεια της συλλογής είναι εφικτή με τη σύνδεση ενός υπολογιστή απευθείας στη θύρα εξόδου RS₂₃₂ στην μπροστινή πλευρά με ένα καλώδιο διασύνδεσης RS₂₃₂. Σημαντικά πλεονεκτήματα του EM₃₁-MK₂ σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους αντίστασης είναι η ταχύτητα με την οποία μπορεί να πραγματοποιηθούν έρευνες και η συλλογή δεδομένων (geonics.com).



Σχήμα 8. Το EM₃₁-MK₂

EM₃₄₋₃

Το EM₃₄₋₃ είναι ένα απλό στη λειτουργία και οικονομικά αποδοτικό εργαλείο για τους γεωλόγους και τους υδρογεωλόγους. Εφαρμογές έχουν ήδη πραγματοποιηθεί με επιτυχία για την χαρτογράφηση των βαθύτερων μολυσμένων υδάτων και για την εξερεύνηση πόσιμων υπόγειων πηγών. Το EM₃₄₋₃ παρέχει τη μέτρηση της υπόγειας φαινομενικής αγωγιμότητας. Χρησιμοποιεί την ίδια επαγωγική μέθοδο με το EM₃₁-MK₂. Επίσης, το EM₃₄₋₃ χρησιμοποιεί τρία εσωτερικά πηνία με αποστάσεις - 10, 20 και 40 μέτρων - ώστε να παρέχει μεταβλητά βάθη της εξερεύνησης μέχρι 60 μέτρα (geonics.com).



Σχήμα 9. Το EM₃₄₋₃

EM₃₈

Ο αισθητήρας EM₃₈ είναι αναγνωρισμένος στην παγκόσμια γεωργική κοινότητα για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του εδάφους. Σχεδιασμένο για σχετικά αβαθείς εφαρμογές, ειδικά εντός της περιοχής του ενεργού ριζοστρώματος. Το EM₃₈ του οίκου Geonics Limited, είναι ένα μικρό φορητό όργανο, με το οποίο ο ερευνητής μετρά την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους σε μικρό βάθος και έχει σχεδιαστεί για εφαρμογές, όπως η αρχαιολογία, γεωργία, ή για μελέτες σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια. Το EM₃₈ παρέχει δυνατότητα άμεσης μέτρησης της φαινομενικής αγωγιμότητας του εδάφους σε δύο βάθη (ανάλογα με το δίπολο λήψης μετρήσεων (horizontal - vertical)). Όταν τοποθετείται κατακόρυφα (κατακόρυφος προσανατολισμός - vertical) παρέχει μία αποτελεσματική μέτρηση της ECa σε βάθος έως 1,5 m και όταν τοποθετείται οριζόντια (πλάγιος προσανατολισμός -

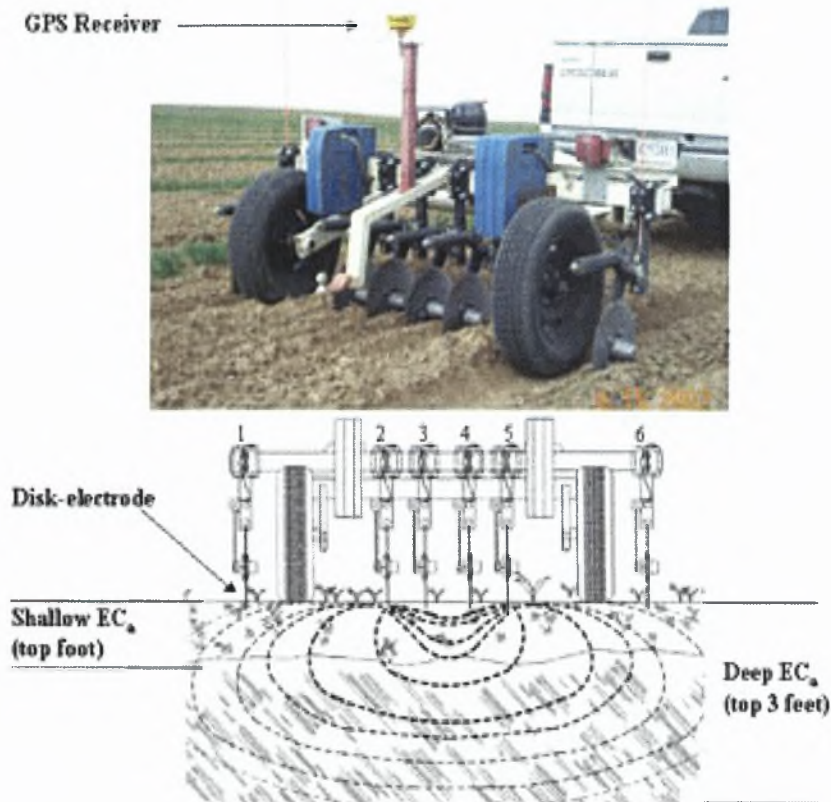
horizontal) παρέχει επίσης μια αποτελεσματική μέτρηση της ECa σε βάθος έως 0,75 m. Το EM₃₈ είναι ένας αισθητήρας ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (Electromagnetic Induction, EM). Στον EM₃₈ αισθητήρα ένα πηνίο πομπός (transmitter coil) πάνω από την επιφάνεια του εδάφους ενεργοποιείται από εναλλασσόμενο ρεύμα, δημιουργώντας ένα πρωτεύον μαγνητικό πεδίο στο έδαφος. Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργήθηκε, προκαλεί ροή ηλεκτρονίων στο έδαφος και παράγει μικρές ποσότητες ηλεκτρικού ρεύματος, οι οποίες δημιουργούν ένα δευτερεύον μαγνητικό πεδίο. Στη συνέχεια, ένα πηνίο δέκτης (receiver coil) λαμβάνει τα δύο μαγνητικά πεδία. Με τη μέθοδο των “low induction numbers” η αναλογία του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος μαγνητικού πεδίου είναι μια γραμμική συνάρτηση της αγωγιμότητας (McNeill, 1980, 1992). Η απόσταση μεταξύ του πομπού και του δέκτη είναι 1 μέτρο και η συχνότητα που λειτουργεί είναι 14.6 kHz. Το EM₃₈ μπορεί να μετρήσει μεγάλες σε έκταση περιοχές γρήγορα, χωρίς καμία απαίτηση για επαφή του αισθητήρα με το έδαφος. Για τις γεωργικές εφαρμογές, η μέτρηση της αγωγιμότητας του εδάφους είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την χαρτογράφηση των μεταβολών σε σημαντικές ιδιότητες του εδάφους όπως η αλατότητα και το ποσοστό υγρασίας του εδάφους. Το EM₃₈ έχει αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμο για πολλές εφαρμογές κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, συμπεριλαμβανομένης της αρχαιολογίας. Πολύ ελαφρύ και μόνο ένα μέτρο μακρύ, το EM₃₈ παρέχει ταχεία καταγραφή με άριστη πλευρική ανάλυση. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται τοποθετώντας τον αισθητήρα κοντά στο έδαφος. Καθώς ο αισθητήρας κινείται κατά μήκος του εδάφους λαμβάνει τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, οι οποίες αποθηκεύονται αυτόματα είτε σε ειδικό καταγραφικό που παρέχει η ίδια εταιρία, είτε σε φορητό υπολογιστή εξοπλισμένο με το κατάλληλο λογισμικό. Παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης της συσκευής καταγραφής με GPS ώστε παράλληλα με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας να πραγματοποιείται γεωδαισία. Για έρευνες σε μεγαλύτερες σε έκταση περιοχές, το EM₃₈ μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί σε ένα έλκυθρο χωρίς μεταλλικά μέρη ώστε να ρυμουλκείται από ένα όχημα (geonics.com).



Σχήμα 10. Αισθητήρας ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (EM₃₈) του οίκου Geonics Limited

Veris 3100

Επιπροσθέτως, η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα παρελκόμενο όχημα, που διατίθεται εμπορικά από την εταιρεία Veris, που στηρίζεται στη μέθοδο της φυσικής επαφής. Το Veris αποτελείται από ένα ζεύγος ηλεκτροδίων, τα οποία δημιουργούν ένα ηλεκτρικό πεδίο στο έδαφος καθώς το όχημα κινείται. Ένα άλλο ζεύγος ηλεκτροδίων καταγράφει την αντίσταση του ρεύματος, δηλαδή την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Τα ηλεκτρόδια μοιάζουν με αιχμηρούς κυλιόμενους δίσκους, ώστε να έχουν τη δυνατότητα να εισέρχονται εύκολα στο έδαφος σε μικρό βάθος μερικών εκατοστών με ταυτόχρονη περιστροφή. Τα ηλεκτρόδια είναι κατασκευασμένα ώστε να δημιουργούν ένα πεδίο. Το βάθος στο οποίο φτάνει το πεδίο είναι ανάλογο με την απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων και φτάνει σε βάθος έως και 90 εκατοστά μέσα στο έδαφος. Η εταιρεία Veris κατασκεύασε το μηχάνημα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας Veris 3100, ώστε να είναι εφικτή η καταγραφή μιας ζώνης πλάτους όσο το πλάτος του μηχανήματος με ταχύτητα που μπορεί να φτάσει τα 12 χλμ/ώρα. Συνήθως οι διαδρομές στο χωράφι γίνονται ανά 20 μέτρα έτσι ώστε να καλύπτει περίπου 20 στρέμματα την ώρα. Στο όλο σύστημα υπάρχει μια κεντρική μονάδα που καταγράφει και αποθηκεύει τα δεδομένα για την μετέπειτα επεξεργασία τους. Επιπρόσθετα, με τη χρήση ενός GPS, το οποίο είναι τοποθετημένο στο κεντρικό σώμα ενός παρελκόμενου μηχανήματος, ο γεωπόνος-γεωργός παρατηρεί την ακριβή θέση του μηχανήματος στον αγρό (veristech.com).



Σχήμα 11. Το Veris 3100

1.4.4.4. Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (Soil electrical conductivity)

1.4.5. Καθορισμός ζωνών- Ανάλυση δεδομένων

Ο όρος «Ζώνες Διαχείρισης», σημαίνει πως κάποια τμήματα του αγροκτήματος διαφοροποιούνται εν συγκρίσει με το υπόλοιπο αγρόκτημα. Τα τμήματα αυτά επιτρέπουν ή επιβάλλουν την ιδιαίτερη διαχείριση τους. Επίσης, ως Ζώνες Διαχείρισης ορίζονται τα σημεία εκείνα που έχουν κοινά εδαφολογικά ή αγρονομικά χαρακτηριστικά (Blackmore, 2003). Οι Ζώνες Διαχείρισης είναι ο πιο πρακτικός τρόπος για την εφαρμογή της θεωρίας της γεωργίας ακριβείας.

Ανέκαθεν, οι αγρότες – παραγωγοί γνώριζαν εμπειρικά ότι κάποια σημεία στα αγροκτήματά

τους χρειάζονταν περισσότερο ή λιγότερο φροντίδα από κάποια άλλα σύμφωνα με την παραγωγή. Καθώς τα χρόνια περνούσαν, οι εκτάσεις των αγροκτημάτων των γεωργών μεγάλωναν, με αποτέλεσμα να γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη η απομνημόνευση των σημείων των αγροκτημάτων που χρειαζόταν ιδιαίτερη φροντίδα. Με την πάροδο των χρόνων, εξελίσσονταν παράλληλα και η τεχνολογία και έτσι σήμερα είναι εφικτό ένας γεωργός να χρησιμοποιήσει τη Γεωργία Ακριβείας στο αγρόκτημά του. Εάν κάποιος παραγωγός χρησιμοποιήσει την Γεωργία Ακριβείας, τότε είναι πιο εύκολο οι ζώνες διαχείρισης να διαχειριστούν καλύτερα. Οι ζώνες διαχείρισης δημιουργούνται με την αξιοποίηση και την αξιολόγηση των πληροφοριών που διαθέτει το αγρόκτημα-. Σε ότι αφορά το σχήμα, εάν είναι εφικτή η χρήση ενός GPS έτσι ώστε να καθοδηγεί το μηχάνημα, τότε το σχήμα δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα και στην πράξη το σχήμα θα πρέπει να ταιριάζει με την ικανότητα εφαρμογής. Ο καθορισμός των ζωνών εξαρτάται από τα στοιχεία που υπάρχουν για το αγρόκτημα και την ικανότητα για τον καθορισμό των ζωνών με βάση τα στοιχεία αυτά. Επιπρόσθετα, σπουδαίο ρόλο παίζει και η φύση του αγροκτήματος, αν δηλαδή έχει σημαντική παραλλακτικότητα κάποιων ιδιοτήτων του και επομένως μπορεί να χωριστεί σε ζώνες (Kvien, 2000). Οι πηγές και οι πληροφορίες που χρειάζονται για να δημιουργηθούν οι ζώνες διαχείρισης μπορεί να προέρχονται από: α) χάρτες παραγωγής, β) τοπογραφικούς χάρτες οι οποίοι υποδεικνύουν ανωμαλίες του αγροκτήματος όπως λακκούβες κ.ά., γ) αεροφωτογραφίες γυμνού εδάφους (διαφορά χρώματος υγρού και ξηρού), δ) χάρτες δεικτών βλάστησης και ε) περίμετρος αγροκτημάτων, ζ) εδαφολογικά στοιχεία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH, περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία, μηχανική σύσταση κ.ά. , η) προηγούμενες μεταχειρίσεις – ιστορικό διαχείρισης του αγροκτήματος.

Αριθμός Ζωνών Διαχείρισης

Ένας παραγωγός – γεωργός έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει πολλές ζώνες διαχείρισης στο αγρόκτημα του. Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης έχει εύρος από μηδέν έως πολλές και αποτελεί συνδυασμό των παρακάτω παραγόντων:

- Παραλλακτικότητα αγροκτήματος
- Μέγεθος αγροκτήματος και τον

- Εξοπλισμό που διαθέτει, έτσι ώστε να διαφοροποιεί τις εισροές στο αγρόκτημα

Το σχήμα και το μέγεθος των ζωνών διαχείρισης καθορίζεται από την ικανότητα του γεωργού να διαχειρίζεται τις ζώνες, καθώς επίσης και από τον εξοπλισμό που διαθέτει. Παραδείγματος χάριν, ένας γεωργός διαθέτει ένα ψεκαστικό που έχει πλάτος εργασίας 20 μέτρα, είναι δύσκολο να δημιουργήσει ζώνες οι οποίες έχουν πλάτος μικρότερο από 20 μέτρα.

Χρησιμότητα των χαρτών παραγωγής

Οι ιδιοκτήτες των αγροκτημάτων – παραγωγοί γνωρίζουν ότι η απόδοση των καλλιεργειών τους, παρουσιάζει διαφορές μέσα στο χώρο του αγροκτήματος. Επίσης, οι παραγωγοί λόγω του ότι συγκομίζουν κάθε χρόνο από το αγρόκτημά τους, γνωρίζουν περίπου την απόδοση της κάθε περιοχής μέσα στην καλλιέργειά τους. Λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας, οι παραγωγοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν την χαρτογράφηση της παραγωγής, κατά την οποία η διαφοροποίηση της παραγωγής καταγράφεται ποσοτικά και έτσι δίνεται στον παραγωγό αναλυτικά η χωρική καταγραφή, κάτι που αδυνατούσε να πετύχει με την απλή και μόνο παρατήρηση. Επίσης, δίνεται η χωρική παραλλακτικότητα που καταγράφεται σε μια βάση δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο, ο παραγωγός μελετάει τους χάρτες παραγωγής που έχουν δημιουργηθεί και μπορεί και αποφαινεται για τα αίτια της παραλλακτικότητας της παραγωγής. Επιπρόσθετα, μπορεί να διευρυνθεί η συσχέτιση μεταξύ της παραλλακτικότητας στην παραγωγή και των ιδιοτήτων του εδάφους, καθώς επίσης και άλλα προβλήματα όπως, για την συμπίεση του εδάφους, ο έλεγχος των ζιζανίων, ο έλεγχος της στράγγισης, η γονιμότητα του εδάφους κ.ά. Παρατηρώντας ο παραγωγός τα συνεχή δεδομένα που συλλέγονται από την ανάλυση των χαρτών παραγωγής για αρκετά χρόνια, μπορούν να του αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο ο ίδιος εφαρμόζει τις εισροές στο αγρόκτημά του (Αγγελοπούλου, 2009).

1.4.6. Εφαρμογή μεταβαλλόμενων δόσεων (Variable Rate Application Technology – V.R.A ή V.R.T)

Στις τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας, συγκαταλέγεται και η εφαρμογή των μεταβαλλόμενων δόσεων. Σύμφωνα με αυτή την τεχνολογία, οι εφαρμοζόμενες στον αγρό εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόροι κ.ά.) πραγματοποιούνται σε διαφορετικές δόσεις, σε διάφορα σημεία του αγρού ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής. Η διαφοροποιούμενη

δόση μπορεί να αναφέρεται στο λίπασμα, στο κλάδεμα, στην ποικιλία του σπόρου, στην άρδευση και στην επιλεκτική συγκομιδή, γι' αυτό το σκοπό έχουν δημιουργηθεί συστήματα για την εφαρμογή διαφορετικών ποσοτήτων π.χ. λιπάσματος σε διαφορετικά σημεία του αγρού. Μέχρι στιγμής, υπάρχουν δύο μέθοδοι εφαρμογής τεχνολογίας διαφοροποιούμενης δόσης:

- 1) Βασισμένη σε χάρτες που προκαθορίζουν τις δόσεις (deterministic)
- 2) Βασισμένη σε αισθητήρες που καθορίζουν τις δόσεις κατά την κίνηση του μηχανήματος στον αγρό (on the go)

Η μέθοδος που χρησιμοποιεί τους χάρτες απαιτεί ένα χάρτη εφαρμογής (prescription map, αφορά τις τελικές ζώνες διαχείρισης που προέρχονται από μετρήσεις με διάφορα όργανα όπως ο αισθητήρας που καταγράφει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους EM₃₈ και συγκεντρωμένες οι ζώνες διαχείρισης δημιουργούν το χάρτη εφαρμογής) και ένα GPS που καθορίζει τη θέση στον αγρό και ακολουθείται η εξής διαδικασία: το μηχάνημα εφαρμόζει τις εισροές και ταυτόχρονα προχωράει στον αγρό αλλά αλλάζει τη δόση με βάση το χάρτη εφαρμογής (τις συντεταγμένες των ζωνών διαχείρισης). Για να γίνει σωστά η εφαρμογή των μεταβλητών εισροών στη μέθοδο με τους χάρτες, απαιτείται να γίνει διαχωρισμός του αγροκτήματος σε ζώνες διαχείρισης. Η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αυτών των ζωνών διαχείρισης. Η μέθοδος που βασίζεται στους αισθητήρες δεν μοιάζει με αυτή σε χάρτες, καθώς δεν απαιτεί την χρήση GPS, ούτε χάρτες και είναι η εξής:

Οι αισθητήρες τοποθετούνται πάνω στο μηχάνημα εφαρμογής και έτσι παίρνουν τις διάφορες μετρήσεις για τα χαρακτηριστικά του εδάφους – καλλιέργειας, ενώ ο ελκυστήρας κινείται στο αγρόκτημα. Έπειτα, η πληροφορία που συλλέγεται από τον αισθητήρα, μεταδίδεται σε ένα πρόγραμμα, το οποίο υπολογίζει τις ανάγκες του εδάφους ή των φυτών και μετ' έπειτα μεταδίδει την πληροφορία σε μια διάταξη εφαρμογής, η οποία διαφοροποιεί τις ρυθμίσεις για τις εισροές.

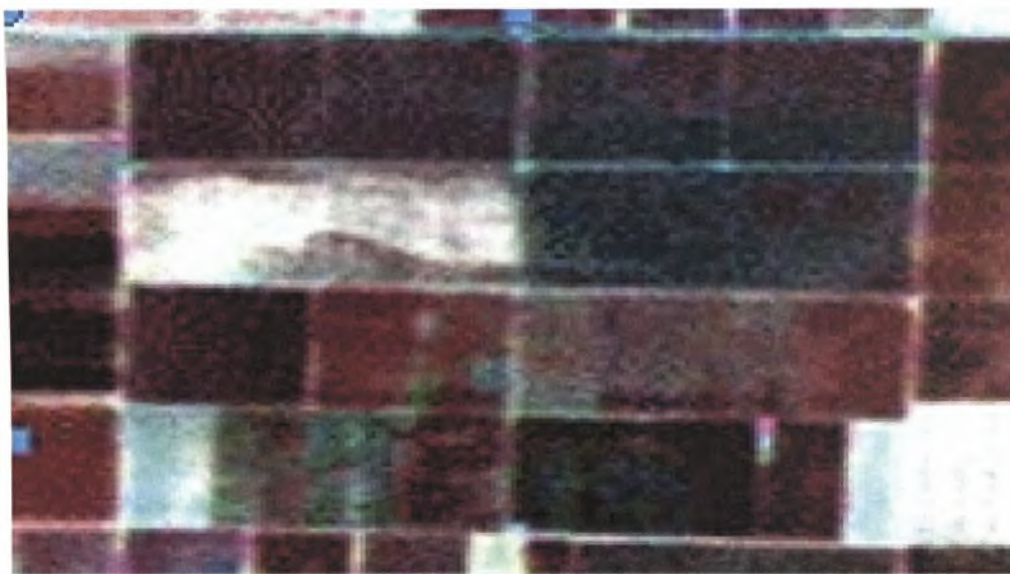
1.4.7. Πρακτική εφαρμογή σε εμπορική κλίμακα – παραδείγματα (περιπτώσεις γεωργών - πελατών)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένες περιπτώσεις ανίχνευσης, καταγραφής και ταυτοποίησης της παραλλακτικότητας με τεχνικές Γεωργίας Ακριβείας (πραγματικά περιστατικά). Οι περιπτώσεις αυτές προήλθαν έπειτα από παραγγελία γεωργών-πελατών,

ιδιωτών ή ομάδων, σε ειδικές εταιρείες ή συμπλέγματα εταιρειών παροχής υπηρεσιών Γεωργίας Ακριβείας, στις Η.Π.Α. Οι γεωργοί – πελάτες, έμειναν ευχαριστημένοι από τα αποτελέσματα της χρήσης της Γεωργίας Ακριβείας καθώς ισχυρίστηκαν πως θα συνεχίσουν να τη χρησιμοποιούν γιατί παρατήρησαν αύξηση της παραγωγής και ελάττωσαν το κόστος της παραγωγής. Παρακάτω φαίνεται ένα παράδειγμα από τη χρήση της (Καρυδάς και Συλλαίος, 2000).

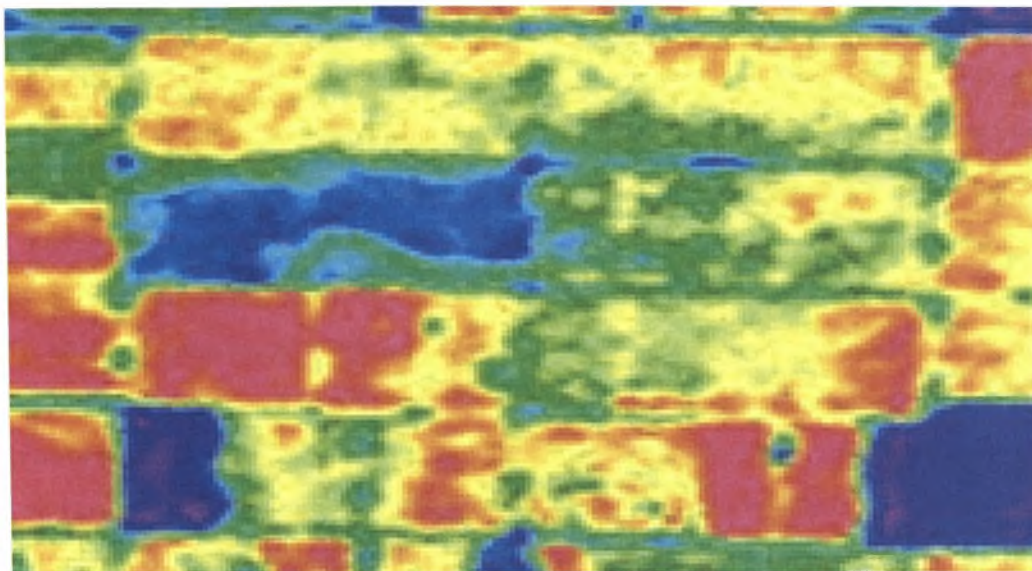
Χρήση αισθητήρα ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους για ανίχνευση των αιτιών της παραλλακτικότητας σε φυτεία αμυγδαλιάς (Agricast – a California corporation, 2001).

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα (δορυφόρου IRS) του αγροκτήματος με διακριτική ανάλυση 5 μέτρων. Η ανοιχτόχρωμη περιοχή επάνω αριστερά είναι εκείνη που προκαλεί ενδιαφέρον. Όλες οι αμυγδαλιές της περιοχής αυτής φυτεύτηκαν την ίδια χρονική στιγμή, όπως και όλες οι υπόλοιπες, στο υπόλοιπα αγροτεμάχια του αγροκτήματος.



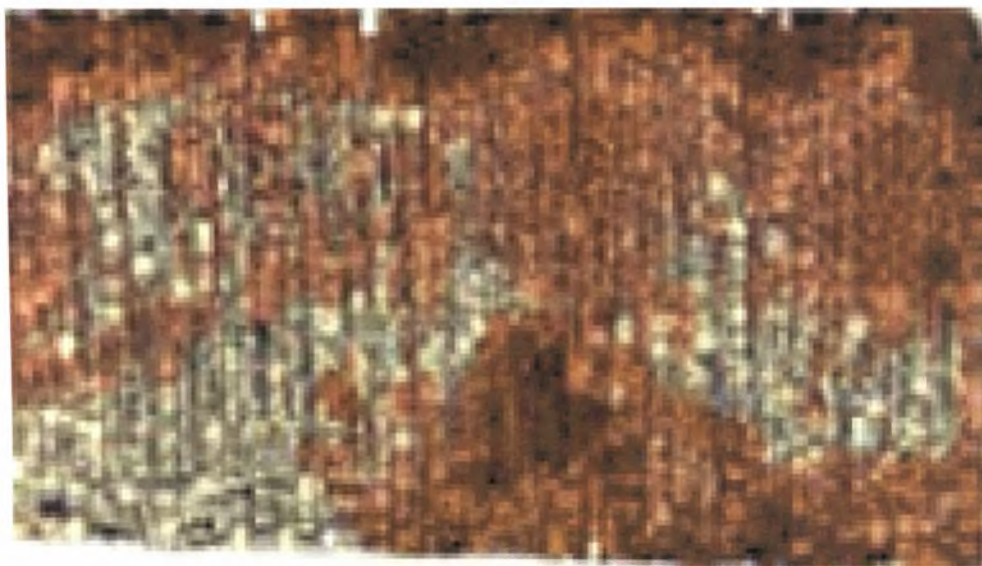
Σχήμα 12. Δορυφορική εικόνα του αγροκτήματος

Με χρήση του δορυφόρου εξήχθη η εικόνα του δείκτη βλάστησης, όπου ο χρωματικός κώδικας κόκκινο – πορτοκαλί – κίτρινο - μπλε αντιστοιχεί σε διαβάθμιση από τη μέγιστη προς την ελάχιστη φυτομάζα.



Σχήμα 13. Εικόνα δείκτη βλάστησης του αγροκτήματος

Με την οπτική επιθεώρηση της προβληματικής περιοχής από γεωπόνο, διαπιστώθηκε πως σε αυτό το αγροτεμάχιο, τα δέντρα είχαν αναπτυχθεί πολύ λιγότερο από ότι σε όλα τα υπόλοιπα. Προκειμένου να διερευνηθεί αυτή η διαφοροποίηση, χρησιμοποιήθηκε ο μετρητής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους Veris 3100 EC. Διενεργήθηκαν μετρήσεις μόνο για την προβληματική περιοχή. Τα αποτελέσματα καταγράφονται αυτόματα κατά την σάρωση του εδάφους με το όργανο (μία μέτρηση ανά 1 μέτρο περίπου).



Σχέδιο 14. Χάρτης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους στην προβληματική περιοχή

Από τις εδαφολογικές αναλύσεις της εν λόγω περιοχής, αποδείχθηκε ότι οι σκοτεινές περιοχές αντιστοιχούν σε βαριά άργιλο, ενώ οι ανοιχτόχρωμες σε άμμο. Οι ενδιάμεσες αποχρώσεις είναι συνδυασμοί αργίλου κα άμμου. Όσον αφορά τις εισροές σε αυτό το αγροτεμάχιο, διαπιστώθηκε από το γεωργικό ημερολόγιο, ότι εφαρμόστηκαν στις ίδιες ακριβώς ποσότητες και χρονικές στιγμές με τις υπόλοιπες περιοχές. Άρα, η μόνη αιτία διαφοροποίησης στο αποτέλεσμα φάνηκε ότι ήταν η διαφοροποίηση στην υφή του εδάφους. Διότι με την ίδια άρδευση, οι αμμώδεις περιοχές κρατούν μικρότερη ποσότητα νερού από ότι οι αργιλώδεις και έτσι, τα δέντρα της περιοχής αυτής υπέφεραν από υδατικό στρες. Η λύση στο πρόβλημα είναι η άρδευση του αγροκτήματος κατά μπλοκ, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους. Μια αυτοματοποιημένη εφαρμογή αυτής της λύσης είναι η χρησιμοποίηση μηχανισμού μεταβλητής άρδευσης, ο οποίος αντλεί πληροφορίες από το χάρτη ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η δυνατότητα να μελετηθεί η δημιουργία ζωνών διαχείρισης σε ένα αγρόκτημα με ελιές με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με ένα όργανο EM₃₈. Έγιναν μετρήσεις σε διάφορες εποχές και συνθήκες υγρασίας του εδάφους που επαληθεύτηκαν με αναλύσεις της μηχανικής σύστασης του εδάφους.

Στόχος της έρευνας

Στόχος της έρευνας είναι η σύγκρισή της ποσότητας της εδαφικής υγρασίας του αγροκτήματος που λήφθηκε με τη χρήση του οργάνου EM₃₈ με αυτής που λήφθηκε με τη χρήση εδαφολήπτη και αναλύθηκε μηχανικά στο εργαστήριο της εδαφολογίας. Αρχικά, με την ταυτόχρονη χρήση του GPS πραγματοποιήθηκε λήψη των συντεταγμένων και με την χρήση του αισθητήρα EM₃₈ της Geonics Limited καταγράφηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα δεδομένα εισήχθησαν σε κατάλληλο λογισμικό για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης. Όταν παρήχθησαν οι ζώνες διαχείρισης, επιλέχθηκαν από τις τρεις ζώνες διαχείρισης συγκεκριμένα σημεία για τη λήψη εδάφους, το οποίο έγινε με την μέθοδο της κατευθυνόμενης δειγματοληψίας με τη χρήση εδαφολήπτη. Όταν πραγματοποιήθηκε η λήψη και η ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων στο εργαστήριο της εδαφολογίας, παρήχθησαν χάρτες με θέμα την εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Υλικά και μέθοδοι

2.1. Συνοπτική περίληψη πειραματικού μέρους

Το πείραμα έλαβε μέρος την Άνοιξη – Φθινόπωρο του 2009. Η Άνοιξη ήταν η περίοδος στην οποία πραγματοποιήθηκε η διαδικασία μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη χρήση οργάνου EM₃₈ της Geonics Limited. Με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού όπως το surfer δημιουργήθηκαν τρεις ζώνες διαχείρισης, από τις οποίες έγινε δειγματοληψία εδάφους. Από τη συνολική έκταση του αγροκτήματος ελήφθησαν σκόπιμα 3 δείγματα εδάφους από κάθε ζώνη. Με τη χρήση του εδαφολήπτη, ελήφθη διαταραγμένο έδαφος σε δύο επίπεδα. Το πρώτο βάθος ήταν 0-30 εκατοστά και το δεύτερο 30-60 εκατοστά. Ακολούθησε ανάλυση της μηχανικής σύστασης των ληφθέντων δειγμάτων εδάφους και με χρήση κατάλληλου λογισμικού έγινε εξαγωγή συμπερασμάτων για τη δημιουργία χαρτών διαχείρισης εδάφους.

2.2. Περιγραφή του ελαιώνα

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε αγρόκτημα με ελαιόδεντρα που βρίσκεται στη Θεσσαλία, στα δυτικά του νομού Μαγνησίας και συγκεκριμένα στο χωριό Παλιούρι. Το επικρατών κλίμα είναι ψυχρό ιδιαίτερα την χειμερινή περίοδο με υψηλή σχετική υγρασία αέρα. Το αγρόκτημα έχει κλίση 6% και είναι κατηφορικό από τη δύση προς την ανατολή. Δυτικά το υψόμετρο είναι 148μ και ανατολικά 138μ. Η έκταση του ελαιώνα είναι 8 στρέμματα. Σύμφωνα με το μέγεθος του καρπού τα δένδρα κατατάσσονται στις μεγαλόκαρπες ποικιλίες. Το αγρόκτημα περιβάλλεται επίσης από ελαιόδεντρα σε μια τεράστια έκταση η οποία αγγίζει τα σύνορα του χωριού Σέσκουλου. Η φύτευση των ελαιόδεντρων πραγματοποιήθηκε περίπου 200 χρόνια πριν, συνεπώς τα δέντρα χαρακτηρίζονται γέρικα. Οι αποστάσεις φύτευσης των ελαιόδεντρων δεν είναι ίσες μεταξύ τους. Το υψόμετρο της τοποθεσίας είναι περίπου 250 μέτρα. Το έδαφος του αγροκτήματος σύμφωνα με τη μηχανική σύσταση εδάφους ποικίλει σε διάφορα σημεία από αμμοαργιλοπηλώδες έως πηλοαμμώδες. Στο αγρόκτημα παρατηρούνται λίγες πέτρες, αρκετά ζιζάνια την καλοκαιρινή περίοδο και η κλίση του εδάφους δεν είναι όμοια σε όλη την έκταση. Το παρόν δίνουν και οι λαδανιές, μικροί θάμνοι, οι οποίοι συμβάλλουν στη γεύση του

ελαιόλαδου. Οι καρποί των ελαιών χρησιμοποιούνται για παραγωγή ελαίου (ελαιοποιήσιμες). Ακόμη δεν είναι ποτιστικά τα χωράφια της περιοχής, όμως σύντομα, αναμένεται η άρδυσή τους λόγω του ότι έχουν τοποθετηθεί σωλήνες και αντλίες κατά μήκος του δρόμου. Το κλάδεμα είναι αυτό της καρποφορίας και το σύστημα φύτευσης ανάμεικτο διότι παρατηρείται και το κατά ισοϋψείς καμπύλες σύστημα φύτευσης και διάσπαρτες. Αξίζει ωστόσο να αναφερθεί πως τα ελαιόδεντρα, τα οποία βρίσκονται κοντά στον γκρεμό, είναι εκείνα τα οποία έχουν τη μεγαλύτερη ποσότητα βρώσιμης ελιάς. Τέλος, το αγρόκτημα χαρακτηρίζεται βιολογικό διότι δεν χρησιμοποιούνται λίπασμα στα ελαιόδεντρα.



Σχήμα 15. – Αγρόκτημα με τις ελιές

Κλιματολογικές Συνθήκες

Οι δύο παρακάτω πίνακες αφορούν τις ημερομηνίες στις οποίες πραγματοποιήθηκε η λήψη των μετρήσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη χρήση του αισθητήρα EM₃₈.

Dir = direction = κατεύθυνση SW= southwest = νοτιοδυτικά

Μηνιαία σύνοψη κλιματολογικών συνθηκών για 3/2009

						Θερ/ τη τα	Δρο σιά		Άνεμ ος	Ταχ/ τα	
Ημέρα	Θερ/σ ια	Υψ/ρη	Ωρα	Χαμ /ρη	Ωρα	Ημέ ρες	Ημέ ρες	Βροχ /ση	Μέγ/ στη	Υψ/ρ η	Ωρα
	Dir	Βαρ/κό	Υγρασ ία								
21	11.4	14.3	10:05	7.6	23:53	53	0	5.0	17	33	3:39
	SW	1006.0	76								
25	11.8	17.9	11:16	8.1	22:43	53	0	2.0	6	52	13:51
	N	1002.2	67								
26	9.0	14.3	13:29	4.6	5:44	55	0	0.0	6	23	15:43
	N	1008.3	72								
27	9.9	14.7	15:38	4.4	6:28	55	0	0.0	9	23	14:35
	NNW	1014.8	71								
28	11.3	17.5	15:36	5.1	6:44	53	0	0.0	5	18	17:23
	SW	1017.7	69								
29	12.4	16.3	17:23	8.7	2:29	50	0	0.0	4	18	7:01
	SW	1019.0	76								
30	13.7	19.3	14:21	11. 7	3:59	32	0	0.0	2	13	13:52
	SW	1017.4	74								
31	14.1	19.5	17:11	8.4	5:32	53	0	1.0	3	25	16:11
	SW	1007.3	65								

Μηνιαία σύνοψη κλιματολογικών συνθηκών για 4/2009

						Θερ/ τη τα	Δρο σιά		Άνεμ ος	Ταχ/ τα	
Ημέρα	Θερ/σ	Υψ/ρη	Ωρα	Χαμ	Ωρα	Ημέ	Ημέ	Βροχ	Μέγ/ στη	Υψ/ρ	Ωρα

	ια			/ρη		ρες	ρες	/ση	στη	η	
	Dir	Βαρ/κό	Υγρασ ία								
1	16.2	19.6	15:39	13. 2	4:06	48	0	0.0	1	14	14:45
	SW	1015.5	75								
2	16.1	20.5	14:11	13. 0	3:26	48	0	0.0	5	21	14:33
	W	1016.4	72								

(metar.gr)

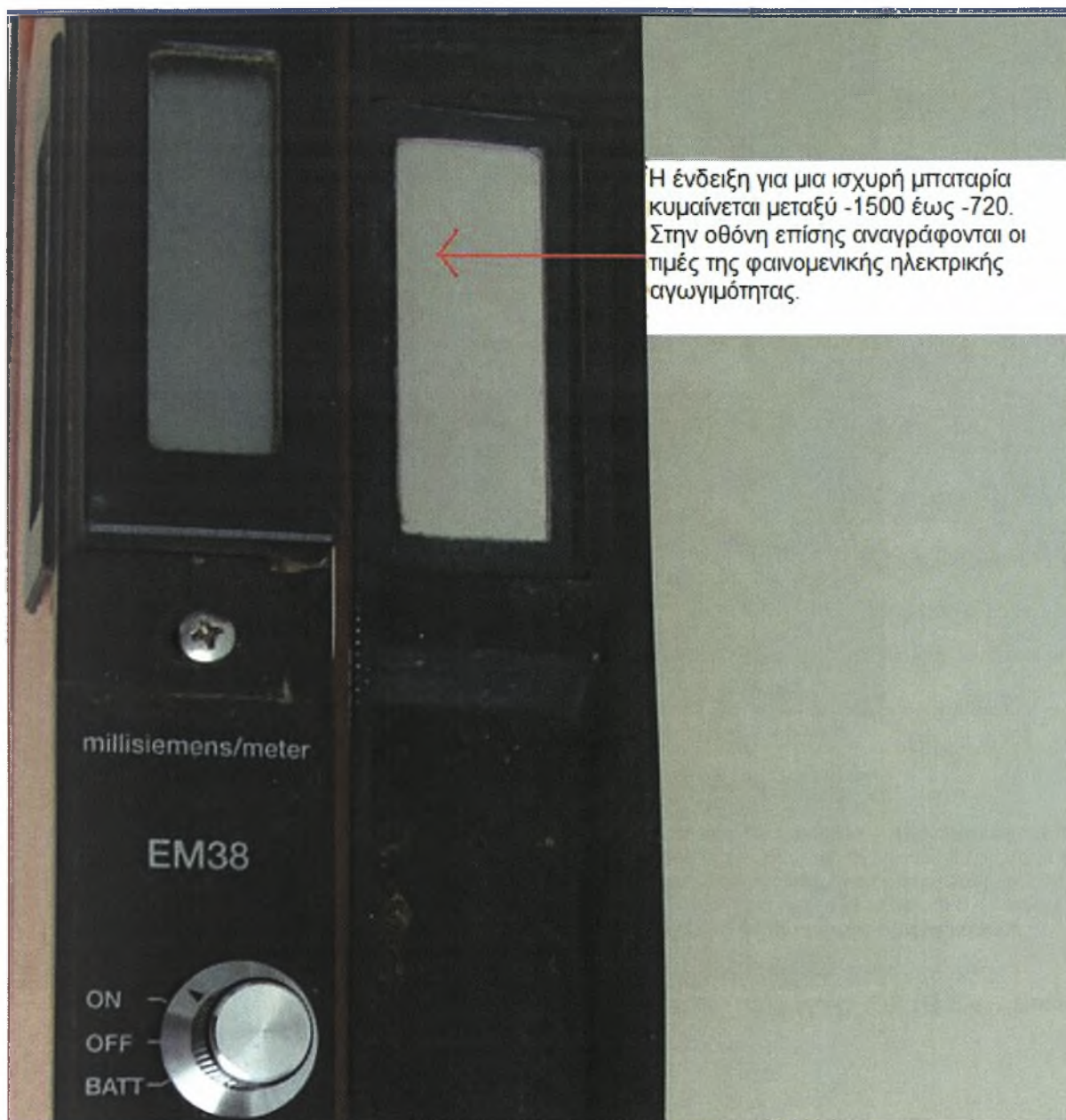
Στις 21 και 25 Μαρτίου 2009, πραγματοποιήθηκε βροχόπτωση στην περιοχή του Βόλου. Το ποσοστό της βροχόπτωσης σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα είναι 5 και 2 χιλιοστά αντίστοιχα. Μετά από 4 ημέρες (29 Μαρτίου) πραγματοποιήθηκε η πρώτη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη χρήση του αισθητήρα μετρήσεως της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας EM38 αφού πρώτα έγινε η βαθμονόμησή του.

2.3. Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν

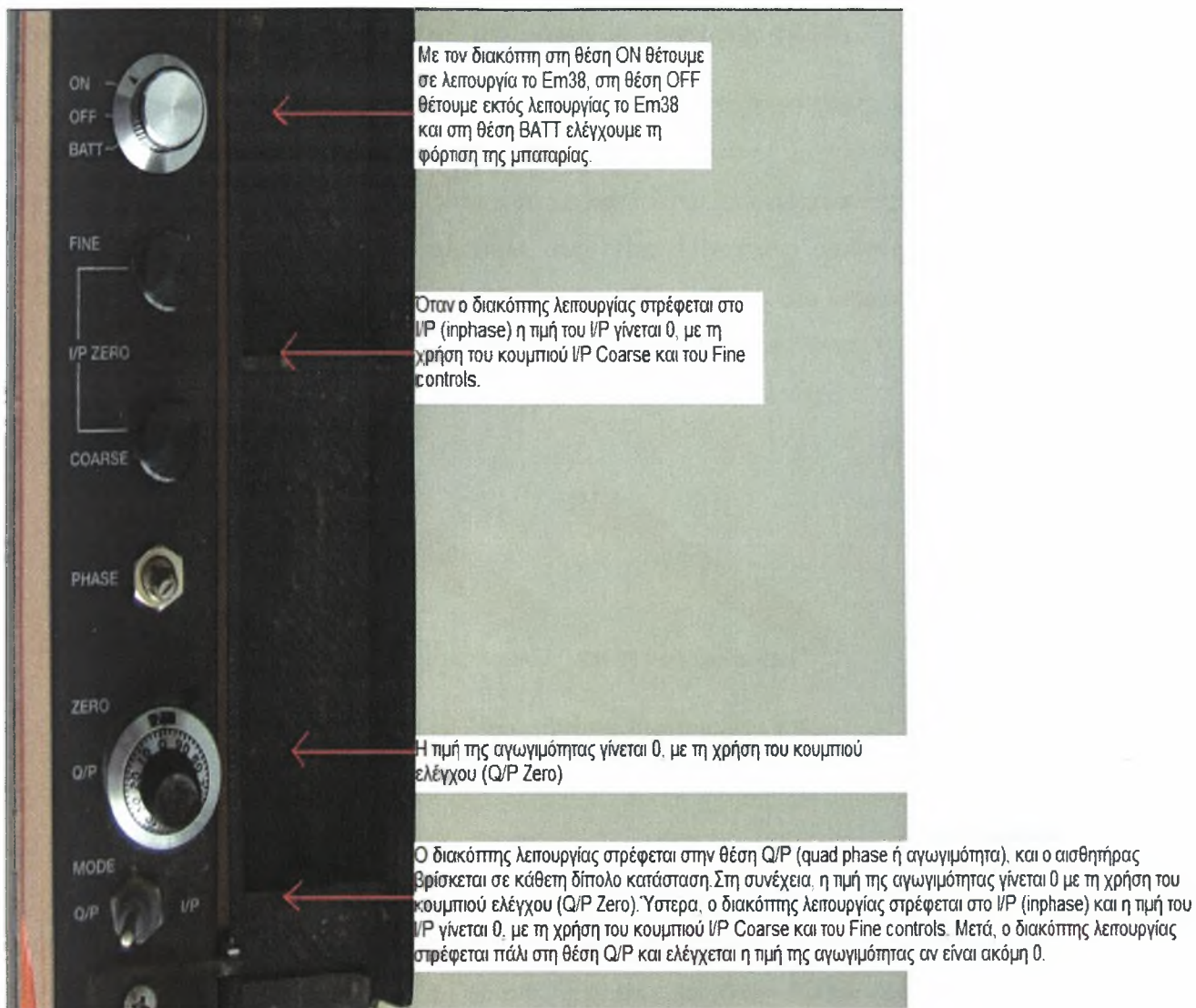
Αισθητήρας EM38



Σχήμα 16. Τα χαρακτηριστικά (κουμπιά) του αισθητήρα Em38



Σχήμα 17. Περιγραφή οθόνης του αισθητήρα Em38



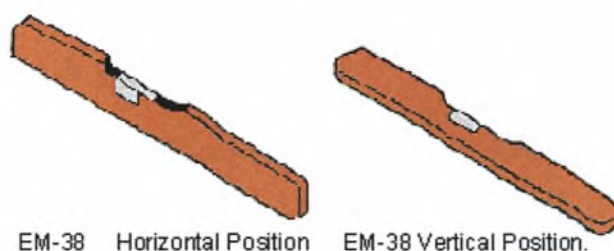
Σχήμα 18. Περιγραφή κουμπιών του αισθητήρα μέτρησης της ECa, Em38

Έλεγχος μπαταρίας

Πριν από κάθε μέτρηση πραγματοποιείται βαθμονόμηση του αισθητήρα EM₃₈ σύμφωνα με το πρωτόκολλο βαθμονόμησης της εταιρείας Geonics Limited (Geonics 2008). Η μπαταρία από το EM₃₈ πρέπει να ελέγχεται το πρωί καθημερινά. Για το έλεγχο της φόρτισης της μπαταρίας, ο διακόπτης στρέφεται από την ένδειξη POWER στο BATT. Η ένδειξη για μια ισχυρή μπαταρία κυμαίνεται μεταξύ -1500 έως -720. Οποιαδήποτε τιμή εκτός του προαναφερόμενου εύρους υποδηλώνει την φόρτιση ή αλλαγή της μπαταρίας.

Μέθοδος βαθμονόμησης για σταδιακό μηδενισμό του αισθητήρα EM₃₈

Η βαθμονόμηση θα πρέπει να γίνεται τουλάχιστον 3-4 φορές την ημέρα, πάνω στο έδαφος. Εξαιτίας της υψηλής ευαισθησίας του EM₃₈ αφαιρέθηκαν όλα τα μεταλλικά αντικείμενα από τον καρπό, δάχτυλα, λαιμό και τις τσέπες του χειριστή κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης. Έπειτα, ο διακόπτης λειτουργίας στρέφεται στην θέση ON και ο αισθητήρας αφήνεται να "ζεσταθεί" για περίπου 10 λεπτά πριν βαθμονομηθεί. Με το EM₃₈ στο έδαφος (σε κατακόρυφη θέση, vertical position), ο διακόπτης λειτουργίας στρέφεται στην θέση Q/P (quad phase ή αγωγιμότητα), και ο αισθητήρας βρίσκεται σε κάθετη δίπολο κατάσταση.



Σχήμα 19. Σχήμα θέσης βαθμονόμησης του EM₃₈.

Στη συνέχεια, η τιμή της αγωγιμότητας γίνεται 0, με τη χρήση του κουμπιού ελέγχου (Q/P Zero). Έπειτα, ο διακόπτης λειτουργίας στρέφεται στο I/P (inphase) και η τιμή του I/P γίνεται 0, με τη χρήση του κουμπιού I/P Coarse και του Fine controls. Μετά, ο διακόπτης λειτουργίας στρέφεται πάλι στη θέση Q/P και ελέγχεται η τιμή της αγωγιμότητας αν είναι ακόμη 0. Αν όχι επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία. Έπειτα, με τον διακόπτη λειτουργίας στη θέση της αγωγιμότητας, σημειώνεται η τιμή της θέσης του κουμπιού I/P Coarse. Έπειτα, γίνεται μια δεξιόστροφη περιστροφή του κουμπιού I/P Coarse όπου η τιμή δεν θα πρέπει να αλλάζει. Αν η περιστροφή αλλάζει την τιμή, τότε πρέπει να γίνει ρύθμιση ξανά. Στη συνέχεια, το EM₃₈ κρατείται σε ύψος περίπου 1.5 μέτρου από το έδαφος κατακόρυφα. Το EM₃₈ στον αέρα στρέφεται στην οριζόντια δίπολο (horizontal position) κατάσταση και η ένδειξη του Q/P και του I/P πρέπει να είναι πάλι 0, όπως νωρίτερα. Έπειτα, ο διακόπτης λειτουργίας τοποθετείται στη θέση Q/P και ρυθμίζεται το Q/P Zero ώστε μία τυχαία τιμή (π.χ. H=10mS/m, όπου H είναι η τιμή στην οριζόντια δίπολο κατάσταση) να εμφανίζεται στην ένδειξη. Χωρίς να αλλάζει το ύψος του αισθητήρα, το EM₃₈ στρέφεται στην κάθετη δίπολο κατάσταση και σημειώνεται η τιμή (V=16mS/m). Μετά αφαιρείται η οριζόντια τιμή από την κάθετη (V-H=6mS/m). Τελικά, με τη

θέση του διακόπτη λειτουργίας ακόμη στο Q/P και τον αισθητήρα στην οριζόντια δίπολο κατάσταση, περιστρέφεται το Q/P Zero control μέχρι η ένδειξη να δείξει την τιμή που μετρήθηκε στο προηγούμενο βήμα, δηλαδή 6mS/m. Στη συνέχεια, το EM₃₈ στρέφεται στην κάθετη δίπολο κατάσταση και η τιμή είναι 12mS/m. Πρέπει να ισχύει $V=2H$ (όπου V = τιμή της κάθετης διπόλου κατάστασης και H = η τιμή της οριζόντιας διπόλου κατάστασης).

Τεχνικά χαρακτηριστικά του Em38

Μετρούμενη ποσότητα: φαινομενική αγωγιμότητα εδάφους σε millisiemens ανά μέτρο (mS/m)

Εύρος αγωγιμότητας: 1000 mS/m

Βάρος= 3 κιλά

Ακρίβεια μέτρησης: +/- 0,1 % (απόκλιση κλίμακας)

Διαστάσεις= 106x15x3.6 (εκατοστά)

Αισθητήρας: αυτοδύναμος δίπολος δέκτης

Απόσταση μεταξύ των πηνίων: 1 μέτρο

Βασική πηγή στον αγρό: αυτοδύναμος δίπολος πομπός

Συχνότητα λειτουργίας: 14.6kHz (40.4 kHz προαιρετικό)

Εύρος θερμοκρασίας: -30 έως +50 βαθμούς κελσίου

Τροφοδοτικό: 9V Transistor radio battery (π.χ. Mallory MN1604)

Ζωή μπαταρίας: 30 ώρες συνεχόμενα για MN1604 και 8 ώρες με A/D board (DL)

GPS

Η λήψη των συντεταγμένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του παρακάτω GPS.



Σχήμα 20. Κεραία D-GPS

Η κεραία D-GPS που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα πτυχιακή εργασία κατασκευάστηκε από την εταιρεία Trimble και αφορά το μοντέλο AgGPS 106 (smart antenna). Το AgGPS 106 είναι ένας δέκτης που χρησιμοποιεί δωρεάν, διαφορετικά σήματα διόρθωσης όπως τα WAAS/EGNOS, ώστε να παρέχει αξιόπιστες πληροφορίες σε ότι αφορά τις συντεταγμένες μιας θέσης. Αυτό το καθιστά κατάλληλο για εφαρμογές όπως η παρακολούθηση της απόδοσης, η χαρτογράφηση αγροκτημάτων και η δειγματοληψία του εδάφους. Η κεραία AgGPS 106 είναι τοποθετημένη σε ένα σκληρό πλαστικό με ισχυρή μαγνητική βάση. Η σύνδεση του GPS (μοντέλο AgGPS 106) με τον φορητό υπολογιστή πραγματοποιείται μέσω ενός καλωδίου το οποίο οδηγεί σε μια μπαταρία (από την οποία παίρνει την απαραίτητη «δύναμη-τάση» και λειτουργεί και τοποθετείται σε μια τσάντα πλάτης), και από τη μπαταρία με ένα άλλο καλώδιο (και τη χρήση ενός αντάπτορα) συνδέεται σε θύρα (COM) στον φορητό υπολογιστή. Η λήψη έγκυρου και αξιόπιστου σήματος (εύρεση περισσότερων δορυφόρων) πετυχαίνεται με την τοποθέτηση της κεραίας σε όσο τον δυνατόν υψηλότερο σημείο.

Τεχνικά χαρακτηριστικά του μοντέλου AgGPS 106 (smart antenna)

Σήμα ανίχνευσης= L1, SBAS (WAAS/EGNOS)	Βάρος= 350γραμμάρια	Αριθμός θυρών= 3
Μέγιστος αριθμός ανίχνευσης δορυφόρων= 8	Κατανάλωση ισχύος= <2 Watts, 10 - 32 V DC	
Ακρίβεια DGPS= <2-3 μέτρα DGPS (SBAS)	Τύπος θυρών= 2 -RS-232, 1 ISO, 11783/J1939 (CAN2.0B)	
Έναρξη στο κρύο= <2.5 λεπτά	Θερμοκρασία λειτουργίας= -30 έως +65 °C	
Έναρξη στη ζέστη= περίπου 90 δευτερόλεπτα	Θερμοκρασία αποθήκευσης= -40 έως +85 °C	
Επανάκτηση < 5 δευτερόλεπτα	Περίβλημα= αδιάβροχο, αντοχή σε σκόνη και στο χτύπημα	
Τύπος κεραίας= L1 GPS	Μέγεθος= 15,5 εκατοστά ύψος και 9,4 εκατοστά μήκος	

Ένδειξη και καταγραφή των μετρήσεων με την κεραία D-GPS

Δορυφόροι: 12(7-8 act)

1) Lat: 39 20'13,14'' N

6) Lat: 39 20'11,928'' N

Lon: 22 51'53,448'' E

Lon: 22 51'55,794'' E

2) Lat: 39 20'13,02'' N

7) Lat: 39 20'10,728'' N

Lon: 22 51'54,216'' E

Lon: 22 51'57,504'' E

3) Lat: 39 20'12,996'' N

8) Lat: 39 20'9,00'' N

Lon: 22 51'54,9'' E

Lon: 22 51'54,708'' E

4) Lat: 39 20'12,69'' N

9) Lat: 39 20'11,328'' N

Lon: 22 51'55,08'' E

Lon: 22 51'53,172'' E

5) Lat: 39 20'12,69'' N

10) Lat: 39 20'11,796'' N

Lon: 22 51'56,04'' E

Lon: 22 51'53,826'' E

11) Lat: 39 20'11,994'' N

Lon: 22 51'53,688'' E

12) Lat: 39 20'12,774'' N

Lon: 22 51'53,214'' E

13) Lat: 39 20'13,158'' N

Lon: 22 51'52,656'' E

Στις 29 Μαρτίου 2009 πραγματοποιείται η πρώτη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη χρήση του αισθητήρα EM₃₈. Για την πρώτη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του πραγματοποιείται η βαθμονόμηση του EM₃₈ στον πειραματικό αγρό αφού πρώτα παραμένει

στην ένδειξη ON για 10-15 λεπτά για τον «ζέσταμα» του και έπειτα κλείνει. Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η σύνδεση του EM₃₈ με το φορητό υπολογιστή μέσω ενός καλωδίου (και τη χρήση ενός αντάπτορα) του EM₃₈. Στον υπολογιστή βρίσκεται σε λειτουργία το πρόγραμμα DAT38W στο οποίο γίνεται η καταγραφή των μετρήσεων του αισθητήρα EM₃₈, καθώς επίσης και των συντεταγμένων (latitude-longitude) από τη χρήση του GPS, στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή. Ακολουθεί η σύνδεση του GPS (μοντέλο AgGPS 106) με τον φορητό υπολογιστή μέσω ενός καλωδίου το οποίο οδηγεί σε μια μπαταρία (από την οποία παίρνει την απαραίτητη «δύναμη-τάση» και λειτουργεί και τοποθετείται σε μια τσάντα πλάτης), και από τη μπαταρία με ένα άλλο καλώδιο (και τη χρήση ενός αντάπτορα) συνδέεται σε θύρα (COM) στον φορητό υπολογιστή. Εφόσον, τα δύο εργαλεία (αισθητήρας EM₃₈ και κεραία GPS) έχουν βαθμονομηθεί (EM₃₈) και είναι συνδεδεμένα στις θύρες του φορητού υπολογιστή, στρέφεται ο διακόπτης του EM₃₈ στην ένδειξη ON και πατιέται το κουμπί του προγράμματος DAT38W στο φορητό υπολογιστή για την έναρξη καταγραφής δεδομένων. Παράλληλα κατά την κίνηση στον αγρό, καταγράφεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους από το EM₃₈ και με τη χρήση του GPS γεωδένονται οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Η μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (ECa) σε όλη την έκταση του αγροκτήματος με κατεύθυνση ζίγκ-ζάκ. Για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας το EM₃₈ πρέπει να εφάπτεται στο έδαφος και η μεταφορά του γίνεται με τη λαβή που υπάρχει σε αυτό. Η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μετρείται με τους αισθητήρες που βρίσκονται ενσωματωμένοι στο EM₃₈. Με τη χρήση του GPS παρέχεται το στίγμα, δηλαδή η ακριβής θέση του ερευνητή και της μέτρησης στον αγρό, έτσι ώστε να γνωρίζει ο ερευνητής από ποιο σημείο του αγρού καταγράφηκε η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Παράλληλα με την καταγραφή και του τελευταίου σημείου του αγρού, πατιέται το κουμπί STOP του προγράμματος DAT38W και σταματάει η καταγραφή των δεδομένων. Τέλος, αφαιρείται το EM₃₈ και το GPS από τις θύρες του υπολογιστή. Με τη χρήση του ειδικού προγράμματος DAT38W, τα δεδομένα της πρώτης μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αποθηκεύονται σε νέο αρχείο και αναλύονται στο πρόγραμμα αυτό. Επιπρόσθετα, με τη χρήση του προγράμματος SURFER8 τα δεδομένα «μεταφράζονται» και με κατάλληλη επεξεργασία δίνουν τις πληροφορίες που επιζητούνται σε μορφή χαρτών. Με τον ίδιο τρόπο πραγματοποιείται η δεύτερη και η τρίτη μέτρηση.



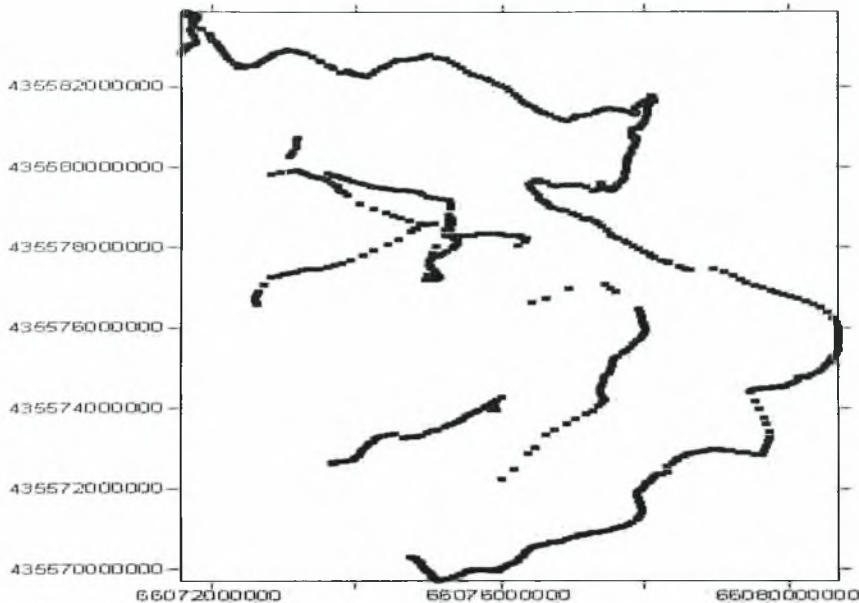
Σχήμα 21. Το μηχάνημα μέτρησης της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa), EM₃₈

2.4. Επεξεργασία Δεδομένων

Εφόσον ολοκληρώθηκε η λήψη μετρήσεων της ηλεκτρική αγωγιμότητας από το αγρόκτημα, ακολούθησε η επεξεργασία τους. Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού χαρτογράφησης γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (ΓΠΣ) SURFER και η επεξεργασία των περιγραφικών στατιστικών έγινε με το Microsoft Excel.

Surfer

Το Surfer αποτελεί ένα πλήρες και λειτουργικό πρόγραμμα μοντελοποίησης 3D επιφανειών. Εξαιτίας της εξελιγμένης μηχανής παρεμβολών, μετασχηματίζει X,Y,Z δεδομένα σε ψηφιακούς χάρτες. Το Surfer αναδεικνύει τις δυνατότητές του στην δημιουργία εικόνων, post map



Σχέδιο 22. Χάρτης (post map) από την πρώτη μέτρηση της ECa με τον αισθητήρα EM₃₈

(ο αρχικός χάρτης δεδομένων, είναι ο πρώτος χάρτης που εξάγεται και απεικονίζει τα σημεία των μετρήσεων στο χωράφι. Από αυτούς παρατηρείται αν υπάρχει σφάλμα από το GPS, οι πρώτες μετρήσεις πριν την επεξεργασία. Στη συνέχεια το 3D wireframe (ένα wire frame πρότυπο είναι μια οπτική παρουσίαση από ένα φυσικό αντικείμενο ή τριών διαστάσεων αντικείμενο το οποίο χρησιμοποιείται σε 3D γραφικά στον υπολογιστή (en.wikipedia.org)). Μπορούν να αποκαλυφθούν τάσεις και σχέσεις δεδομένων, όταν πολλαπλοί χάρτες επικαλύψουν ο ένας τον άλλο. Η εισαγωγή των δεδομένων καθίσταται εύκολη, χάρις σε ένα ισχυρό λογιστικό φύλλο και εκτεταμένες ικανότητες εισαγωγής δεδομένων. Πολλοί ερευνητές χρησιμοποιούν εκτενώς το Surfer για τη δημιουργία μοντέλων εδάφους, ανάλυση επιφανειών, οπτική παρουσίαση περιβάλλοντος, δημιουργία χαρτών 2D (δύο διαστάσεων), καθώς επίσης και σε άλλες εφαρμογές. Επιπρόσθετα, ένα λογισμικό παραγωγής χαρτών είτε με απεικόνιση περιγράμματος, είτε με τρισδιάστατη απεικόνιση είναι το SURFER 8, της εταιρίας Golden Software. Αποτελεί ένα πρόγραμμα εύχρηστο για τον ερευνητή και τρέχει σε περιβάλλον Windows.

2.5. Εξοπλισμός δειγματοληψίας εδάφους

Ο εξοπλισμός για τη δειγματοληψία εδάφους: α) ένα GPS χειρός (Garmin eTrex Legend)



Σχέδιο 23. Το GPS χειρός Garmin eTrex Legend

για την εύρεση των συντεταγμένων και β) ενός εδαφολήπτη για τη λήψη εδάφους.

Το GPS χειρός eTrex Legend μπορεί να λαμβάνει σήματα διόρθωσης από το WAAS (Wide Area Augmentation System), το οποίο κάνει πιο ακριβείς τις μετρήσεις του και κατά συνέπεια πιο αξιόπιστο. Επίσης, όταν ενεργοποιείται το WAAS, το eTrex μπορεί να αυξήσει την ακρίβεια της θέσης (συντεταγμένες) στα 3 μέτρα. Επίσης, το eTrex περιλαμβάνει στη μνήμη του λίμνες, ποτάμια, πόλεις, εθνικές οδούς, σιδηροδρόμους και ακτογραμμές. Επιπροσθέτως, το eTrex διαθέτει τους χάρτες Αμερικής, Ατλαντικού ή Ειρηνικού και 8 MB εσωτερική μνήμη για αποθήκευση επιπλέον χαρτών.

Χαρακτηριστικά του GPS χειρός (Garmin eTrex Legend)

Διαστάσεις= 5.1 πλάτος x ύψος 11.2 x 3.0 μήκος εκατοστά	Βασικός χάρτης= Ναι
Μέγεθος οθόνης= 2.8 πλάτος, 5,4 ύψος (εκατοστά)	Διαδρομές= 20
Ανάλυση οθόνης= 160x288 pixels	Χάρτες που υπάρχουν στη μνήμη= 8MB
Τύπος οθόνης= 4 επίπεδα γκρι LCD	Ικανότητα πρόσθεσης χαρτών= Ναι
Βάρος= 150 γραμμάρια με μπαταρίες	Αδιάβροχο= Ναι
Τύπος μπαταριών= 2AA	Interface= σειριακός
Διάρκεια μπαταριών= 18 ώρες	RoHS έκδοση διαθέσιμη= Ναι
Καταγραφή της πορείας= 10.000 σημεία, 10 αποθηκευμένες διαδρομές	

Όταν ολοκληρώθηκε η λήψη των συντεταγμένων με τη χρήση του GPS χειρός, χρησιμοποιήθηκε ο εδαφολήπτης. Η λήψη εδάφους πραγματοποιήθηκε σε δύο βάθη. Με χρήση του εδαφολήπτη, ελήφθη διαταραγμένο έδαφος σε δύο επίπεδα. Το πρώτο βάθος ήταν 0-30 εκατοστά και το δεύτερο 30-60 εκατοστά. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικές πλαστικές σακούλες (σύνολο έξι). Τα εδαφικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες περιεκτικότητας 1500 γραμμαρίων, αναμίχθηκαν και σε κάθε σακούλα τοποθετήθηκε χάρτινη

καρτέλα στην οποία αναγράφονταν με μαρκαδόρο – μολύβι τα χαρακτηριστικά του δείγματος (από ποια ζώνη λήφθηκαν και το βάθος). Τα εδαφικά δείγματα αμέσως μετά τη λήψη τους, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, όπου και αφέθηκαν τέσσερις ημέρες. Για την πλήρη ξήρανσή τους, οι σακούλες όπου ήταν τοποθετημένα τα εδαφικά δείγματα παρέμειναν ανοιχτές και για τον ίδιο λόγο τοποθετήθηκαν δίπλα στο παράθυρο σε θερμοκρασία δωματίου. Έπειτα, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο της εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τον προσδιορισμό της μηχανικής σύστασης του εδάφους.

2.6. Εδαφολογική ανάλυση

Τα εδαφικά δείγματα διήλθαν από κόσκινα 2mm και πάρθηκε ποσότητα περίπου 100 γραμμαρίων από κάθε σακούλα. Στη συνέχεια, σε ζυγαριά ακριβείας ζυγίστηκαν 50 γραμμάρια από κάθε δείγμα εδάφους και το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε γυάλινο βάζο. Έπειτα, τοποθετήθηκε διασπορικό διάλυμα 50 ml σε όλα τα γυάλινα βάζα και ανακινήθηκαν με το χέρι. Μετά συμπληρώθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή των γυάλινων βάζων και ανακινήθηκαν ξανά. Μετά το πέρας, 24 ωρών τα εδαφικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικές συσκευές (mixer) και αναδεύτηκαν για 20 λεπτά το καθένα. Έπειτα, τα διαλύματα μεταφέρθηκαν σε έξι γυάλινους σωλήνες. Στον κάθε σωλήνα τοποθετήθηκε ένα πυκνόμετρο και συμπληρώθηκαν με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή τους και μετά τοποθετήθηκε ένα θερμόμετρο και λήφθηκε η θερμοκρασία και η τιμή της πυκνότητας και από τα έξι δείγματα. Το εδαφικό διάλυμα αφέθηκε για 2 ώρες και μετά έγινε πάλι η λήψη της θερμοκρασίας και της πυκνότητας. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από αυτή τη διαδικασία φαίνονται στο Σχέδιο 26.



Σχέδιο 24. Εργαστήριο εδαφολογίας του πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

Αποτελέσματα και συζήτηση

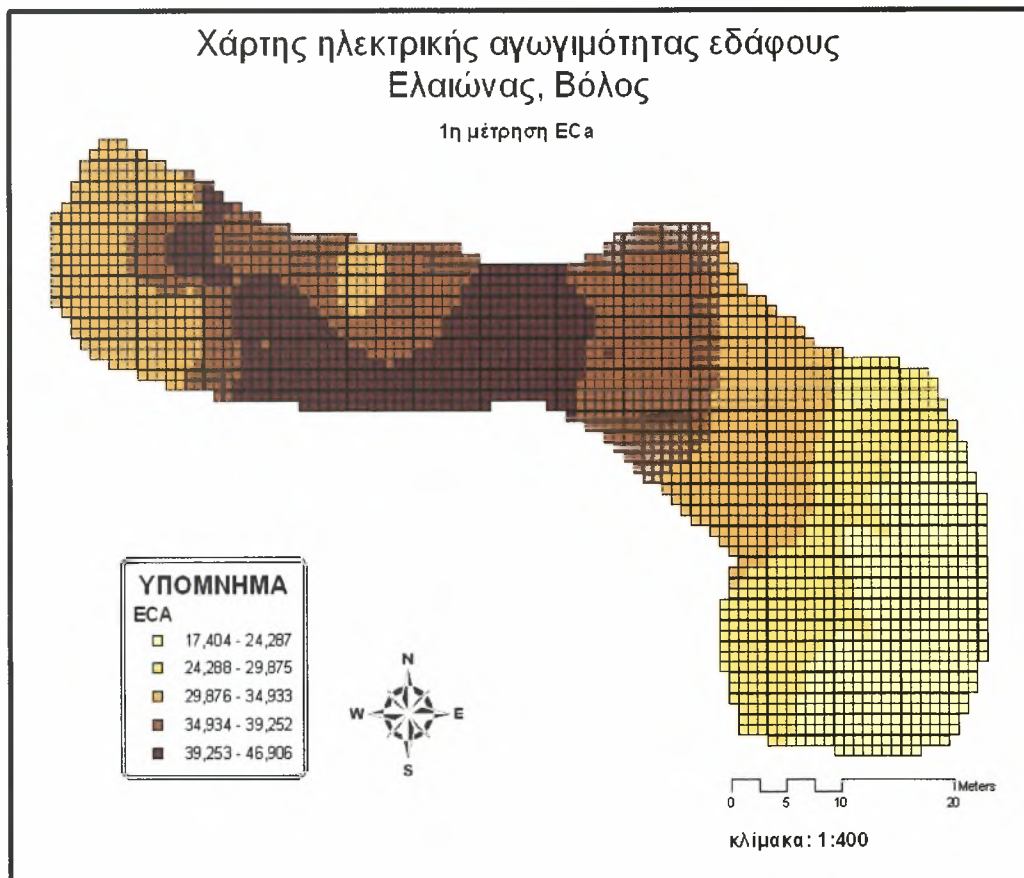
3.1. Χάρτες ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Οι παρακάτω χάρτες απεικονίζουν την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους στο αγρόκτημα με τις ελιές όπου και διεξήχθη το πειραματικό μέρος της παρούσας πτυχιακής διατριβής. Από τις τρεις απεικονίσεις των χαρτών της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, ο ερευνητής μπορεί να αποφανθεί, πως σε κάποιες περιοχές του αγροκτήματος το έδαφος είναι βαρύ (σκούρο καφέ χρώμα) και σε κάποιες άλλες το έδαφος είναι ελαφρύ (ανοιχτό κίτρινο). Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο αγρόκτημα εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα:

Στον πρώτο χάρτη, παρατηρείται στη δεξιά πλευρά χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, που σημαίνει πως σε εκείνο το μέρος το έδαφος δεν «κρατάει» νερό και αυτό είναι ελαφριάς σύστασης έδαφος. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, διότι είτε το έδαφος σε εκείνο το μέρος μπορεί να στραγγίζει περισσότερο γιατί ενδεχομένως να έχει μικρότερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, είτε έχει περισσότερες πέτρες από ότι θα έπρεπε να έχει. Επίσης, παρατηρείται και στους τρεις χάρτες το γεγονός, ότι στο κέντρο του κάθε χάρτη υπάρχει μεγάλη αγωγιμότητα και αυτό φαίνεται από το σκούρο χρώμα στους χάρτες. Η μεγάλη αγωγιμότητα του εδάφους της κεντρικής περιοχής του χάρτη, έγκειται στο γεγονός ότι το έδαφος σε εκείνο το μέρος «κρατάει» αρκετό νερό, δηλαδή είναι βαριάς σύστασης έδαφος. Αυτό οφείλεται και στην κλίση του αγροκτήματος διότι το υψόμετρο στα δυτικά είναι μεγαλύτερο από το υψόμετρο στα ανατολικά και με αυτό τον τρόπο το έδαφος στην κεντρική περιοχή κρατάει περισσότερο νερό. Επίσης, μπορεί να έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και ενδέχεται το μέρος να είναι καθαρό από πέτρες. Στο αριστερό τμήμα του χάρτη, παρατηρείται ότι κατά την πρώτη μέτρηση το έδαφος έχει χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στη δεύτερη και την τρίτη μέτρηση παρατηρείται αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο πάνω αριστερό τμήμα του χάρτη. Αυτή η αλλαγή πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της έκτης ημέρας (31 Μαρτίου 2009) μετά την βροχόπτωση της 25 Μαρτίου 2009, υπήρξε ελαφρά βροχόπτωση στην περιοχή του Βόλου.

Μηνιαία σύνοψη κλιματολογικών συνθηκών για 3/2009

						Θερ/ τη τα	Δρο σιά		Άνεμ ος	Ταχ/ τα	
Ημέρα	Θερ/σ ια	Υψ/ρη	Ωρα	Χαμ /ρη	Ωρα	Ημέ ρες	Ημέ ρες	Βροχ /ση	Μέγ/ στη	Υψ/ρ η	Ωρα
	Dir	Βαρ/κό	Υγρασ ία								
29	12.4	16.3	17:23	8.7	2:29	50	0	0.0	4	18	7:01
	SW	1019.0	76								

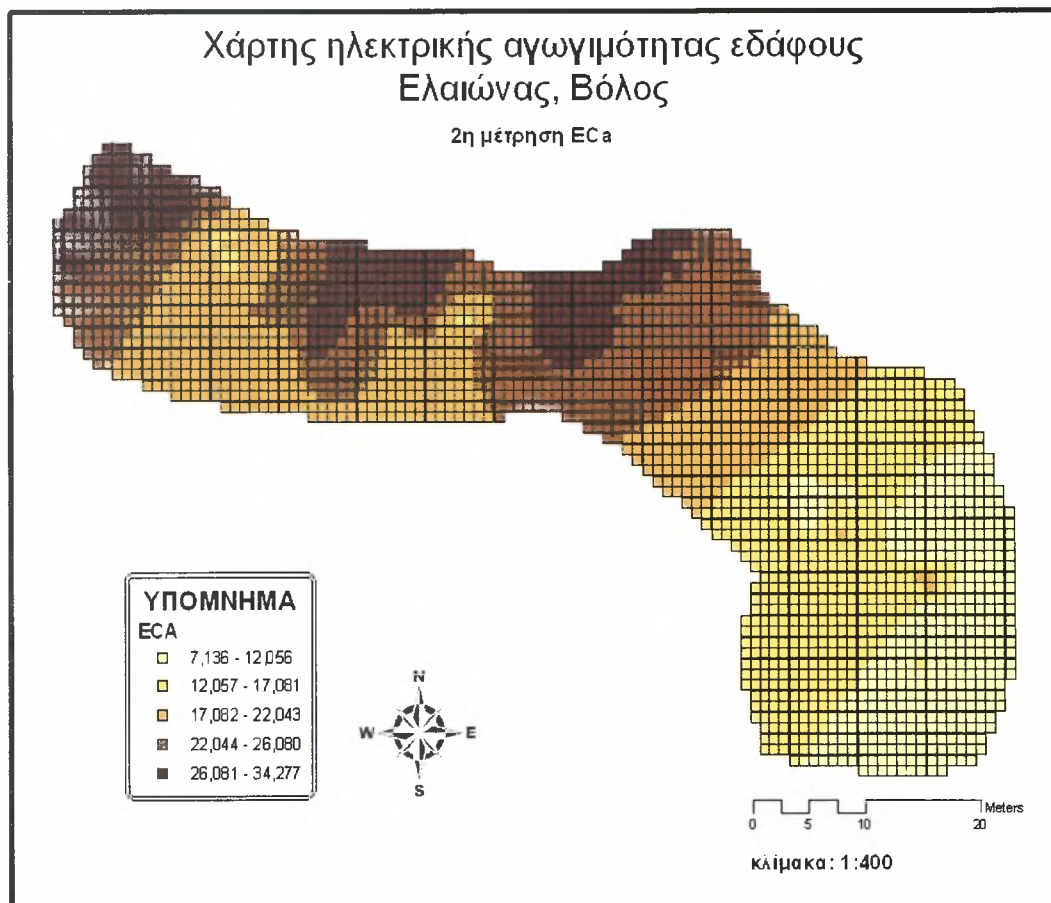


Σχήμα 25. Μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους σε ελαιώνα σε περιοχή του Βόλου. (4 ημέρες μετά από βροχόπτωση)

Dir = direction = κατεύθυνση SW = southwest = νοτιοδυτικά

Μηνιαία σύνοψη κλιματολογικών συνθηκών για 3/2009

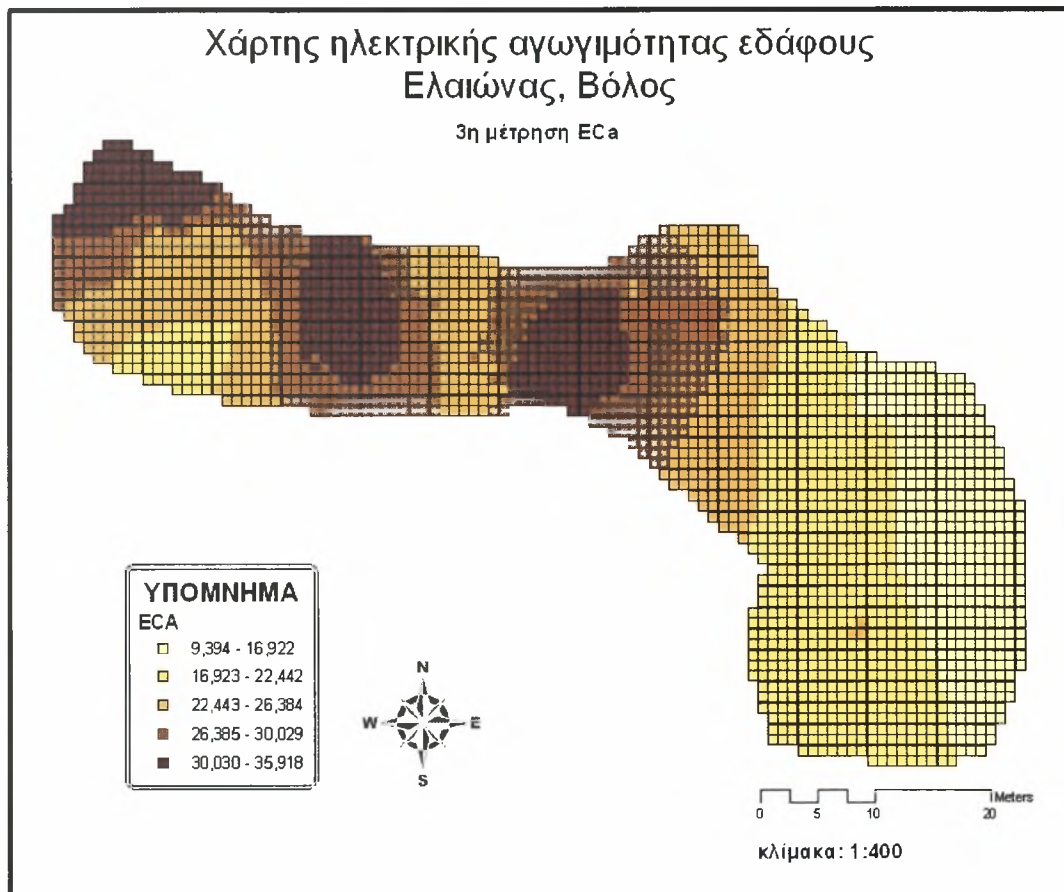
						Θερ/ τη τα	Δρο σιά		Άνεμ ος	Ταχ/ τα	
Ημέρα	Θερ/σ ια	Υψ/ρη	Ωρα	Χαμ /ρη	Ωρα	Ημέ ρες	Ημέ ρες	Βροχ /ση	Μέγ/ στη	Υψ/ρ η	Ωρα
	Dir	Βαρ/κό	Υγρασ ία								
31	14.1	19.5	17:11	8.4	5:32	53	0	1.0	3	25	16:11
	SW	1007.3	65								



Σχήμα 26. Μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους σε ελαιώνα σε περιοχή του Βόλου. (6 ημέρες μετά από βροχόπτωση)

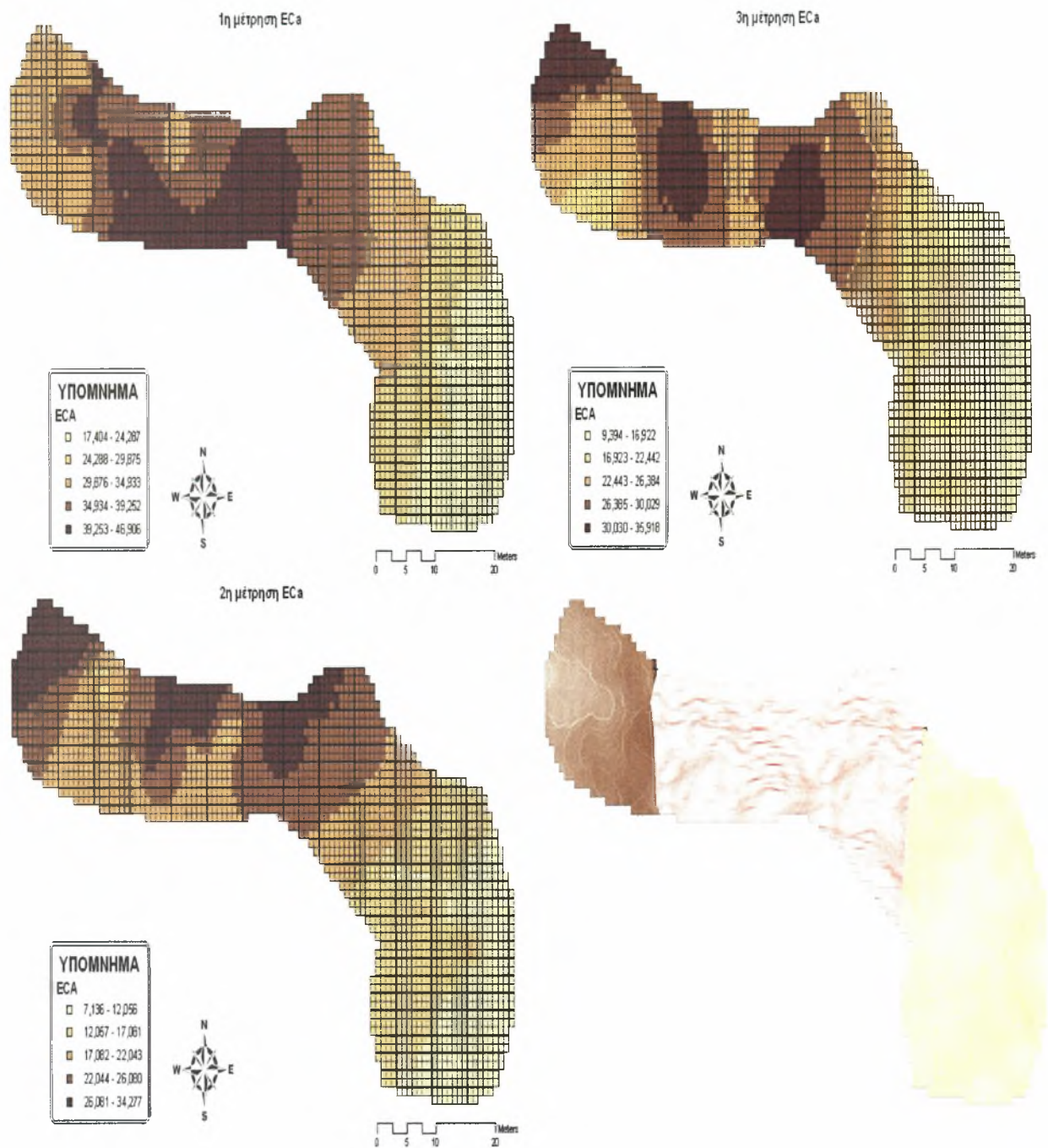
Μηνιαία σύνοψη κλιματολογικών συνθηκών για 4/2009

						Θερ/ τη τα	Δρο σιά		Άνεμ ος	Ταχ/ τα	
Ημέρ α	Θερ/σ ια	Υψ/ρη	Ωρα	Χαμ /ρη	Ωρα	Ημέ ρες	Ημέ ρες	Βροχ /ση	Μέγ/ στη	Υψ/ρ η	Ωρα
	Dir	Βαρ/κό	Υγρασ ία								
2	16.1	20.5	14:11	13. 0	3:26	48	0	0.0	5	21	14:33
	W	1016.4	72								



Σχήμα 27. Μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους σε ελαιώνα σε περιοχή του Βόλου. (8 ημέρες μετά από βροχόπτωση)

Όλοι οι χάρτες συγκεντρωμένοι.



Σχήμα 28. Όλοι οι χάρτες με τη φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους

Συνοψίζοντας τους τρεις χάρτες που απεικονίζουν την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους σε ένα χάρτη, εξήχθη ο παρακάτω χάρτης, όπου παρατηρούνται οι διακριτές τρεις ζώνες που δημιουργήθηκαν.



Σχήμα 29. Τελικός χάρτης της εδαφική φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τρεις διακριτές ζώνες

3.2. Αποτελέσματα αναλύσεων των εδαφικών δειγμάτων

Από τη λήψη του εδάφους με εδαφολήπτη, από ένα σημείο σε κάθε ζώνη αλλά από δύο επιθυμητά βάθη ($A= 0 - 30$ εκατοστά και $B= 30 - 60$ εκατοστά) και την μετέπειτα μηχανική ανάλυσή τους, εξήχθησαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ζώνες	Σύσταση εδάφους	% άμμος	% άργιλος	% ιλύς
A(0-30)	ΑΜΜΟΑΡΓΙΛΟΠΗΛΩΔΕΣ	63,6	27,1	9,3
B(0-30)	ΠΗΛΟΑΜΜΩΔΕΣ	40,1	20	39,9
Γ(0-30)	ΑΜΜΟΑΡΓΙΛΟΠΗΛΩΔΕΣ	63,4	24,6	12
Ζώνες	Σύσταση εδάφους	% άμμος	% άργιλος	% ιλύς
A(30-60)	ΑΜΜΟΑΡΓΙΛΟΠΗΛΩΔΕΣ	61,6	29,8	8,6
B(30-60)	ΑΜΜΟΑΡΓΙΛΟΠΗΛΩΔΕΣ	58,9	29,8	11,3
Γ(30-60)	ΠΗΛΟΑΜΜΩΔΕΣ	38,7	20,6	40,7

Σχήμα 30. Πίνακας με τη σύσταση του εδάφους σε ζώνες και την επί τις % ποσότητα τους σε άμμο, άργιλο και ιλύ.

Η ζώνη Α αντιστοιχεί στη δεξιά περιοχή του τελικού χάρτη της εδαφική φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τις τρεις διακριτές ζώνες, η ζώνη Β αντιστοιχεί στη κεντρική περιοχή του χάρτη και η ζώνη Γ στην αριστερή περιοχή του χάρτη. Από τον παραπάνω πίνακα της σύστασης του εδάφους σε ζώνες και την επί τις % ποσότητά τους σε άμμο, άργιλο και ιλύ αποφαινόμεστε πως οι ζώνες που δημιουργήθηκαν από τη χρήση του αισθητήρα μέτρησης της

εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας EM₃₈, περιέχουν περίπου ίδια ποσοστά αργίλου, άμμου και ιλύος. Στη συνέχεια συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των δύο διαχείρισης παραμένουν σταθερές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πείραμα που έγινε πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις σε διαφορετικές υγρασίες. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιείται 4 ημέρες μετά από βροχόπτωση, η δεύτερη μέτρηση πραγματοποιείται 6 ημέρες μετά από βροχόπτωση και η τρίτη μέτρηση έγινε 8 ημέρες μετά από την βροχόπτωση. Κατά την πρώτη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μετά από 4 ημέρες της πρώτης βροχόπτωσης) το έδαφος είναι υγρό, η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι υψηλή, υψηλότερη από τις υπόλοιπες μετρήσεις (6^η και 8^η ημέρα). Καθώς περνάνε οι μέρες, η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μειώνεται διότι μειώνεται το ποσοστό της υγρασίας. Στους τρεις χάρτες (τρεις μετρήσεις) παρατηρείται ότι υπάρχει μεγάλη αγωγιμότητα στο κέντρο του κάθε χάρτη. Στη δεξιά πλευρά (ζώνη) παρατηρείται χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, που σημαίνει πως σε εκείνο το μέρος το έδαφος δεν «κρατάει» νερό. Στο αριστερό τμήμα του χάρτη, κατά την πρώτη μέτρηση το έδαφος έχει χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Στη δεύτερη και την τρίτη μέτρηση παρατηρείται αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο πάνω αριστερό τμήμα του χάρτη. Αυτή η αλλαγή του χρώματος στο χάρτη πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι υπήρξε ελαφρά βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της έκτης ημέρας (31 Μαρτίου 2009), συνεπώς η αγωγιμότητα εξαρτάται από την υγρασία γιατί είναι ανάλογη με την περιεκτικότητα του νερού στο έδαφος αλλά οι ζώνες είναι και στις τρεις περιπτώσεις σταθερές-διακριτές.

Σύμφωνα με την εδαφολογική ανάλυση η πρώτη ζώνη έχει μεγαλύτερο ποσοστό σε άμμο, οπότε συγκρατεί λίγο νερό, η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι μικρή και δεν κρατάει αρκετή υγρασία. Η δεύτερη ζώνη έχει ποσοστό αργίλου πάνω από 20%, που σημαίνει πως συγκρατεί περισσότερο νερό, η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι μεγάλη και συνεπώς κρατάει αρκετή υγρασία. Η τρίτη ζώνη έχει επίσης μεγάλο ποσοστό σε άμμο και μικρό ποσοστό σε άργιλο, οπότε συγκρατεί λιγότερο νερό, η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι πιο μικρή άρα δεν κρατάει αρκετή υγρασία.

Το EM₃₈ με την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους μπορεί να δώσει διακριτές ζώνες που σημαίνει ότι μπορεί να δώσει αξιόπιστες ζώνες άσχετα με την εδαφική υγρασία. Ο διαχωρισμός των ζωνών δεν επηρεάζεται από την υγρασία. Με το EM₃₈ δημιουργούνται ζώνες, οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις ιδιότητες του εδάφους. Με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων προσδιορισμού της υφής του εδάφους, αποφαινόμαστε πως το EM₃₈ είναι κατάλληλο όργανο για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους και δημιουργεί σταθερές και αξιόπιστες ζώνες διαχείρισης, ανάλογα με τις ιδιότητες του εδάφους και όχι με την υγρασία.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Agricast – a California corporation, 2001. ‘Visual Information and Precision Farming’, <http://www.agricast.com/visual1.htm>

Blackmore, S, 1994. “Precision Farming; an introduction”, Outlook on Agriculture Vol. 23, No 4, 275-280.

Blackmore, S., Godwin, R., Fountas, S. 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. Biosystems Engineering 84 (4), 455-466.

Diker, K. and Bausch, W, C, 1998. ‘Mapping in-season soil nitrogen variability assessed through remote sensing’, ASA - CSSA – SSSA, 1445-1455.

Doerge, T.A., N.R. Kitchen and E.D. Lund, 1999. Soil Electrical Conductivity Mapping (SSMG-30), Site-Specific Management Guidelines, Potash & Phosphate Institute. Nogross, GA

Dokuchaev, V.V. 1879. Short Historical Description and Critical Analysis of the More Important Soil Classifications. Trav. Soc. Nat. St. Petersburg 10: 64-67.

Gartley, K., 1995. ‘Recommended Soluble Salts Tests’. In Recommended soil testing procedures for the Northeastern United States. 2nd edition. Northeastern Reg. Publ.493. Revised. Nec-67. p 70-75

Franzen, D.W., and T.R. Peck. 1995. Field soil sampling density for variable rate fertilization. J. Prod. Agric. 8:568–574.

Hartsock, N.J., T.G. Mueller, G.W. Thomas, R.I. Barnhisel, and K.L. Wells and S.A. Shearer, 2000. Soil Electrical Conductivity Variability. In: P.C. Robert et al., (Eds) Pro. 5th international conference on precision Agriculture. ASA Misc. Publ., ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.

Heisel, T. & Christensen, S, 1998. ‘A digital camera system for weed detection’, ASA - CSSA – SSSA, 1569-1577.

Kitchen, N.R., K.A. Suddeth, and S.T. Drummond, 1996. Mapping of sand deposition from 1993 midwest floods with electromagnetic induction measurements. J. Soil Water Cons. 51(4): 336-340.

Jaynes, D.B., Colvin, T.S., Ambuel, J., 1993. Soil type and crop yield determinations from ground conductivity surveys. Paper 933552, ASAE, St. Joseph, MI.

Kvien, C., Pocknee, S., 2000. Introduction to Why Management Zone. National Environmentally Sound Production Agriculture Laboratory (NESPAL), College of Agricultural and Environmental Science, the University of Georgia.

Lund, E.D., Christy, CD., Drummond, RE, 1999. Practical Applications of Soil Electrical Conductivity Mapping.

McBride, R.A., A.M. Gordon, and S.C. Shrive, 1990. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:290-293.

McNeill, J.D., 1980. Electromagnetic Terrain Conductivity Measurement at low Induction Numbers. Tech. Note TN-6. Geonics Limited, Missisauga, ON, Canada. 1992.

McNeill, J.D., 1992. Rapid accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. In: G.C. Topp, W.D. Reynolds and R.E. Green (Eds.), *Advances in measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory Into Practise*. SSSA Spec. Publ.30. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI., pp. 209-229.

Morgan, M and Ess, D., 1997. "Remote Sensing", *The precision-farming guide for agriculturists, an overview*, 60,61,63,115

Rains, G.C., and Thomas, 2000. *Precision Farming: An introduction*. Cooperative Extension Service. The University of Georgia. College of Agricultural and Environmental Sciences.

Rhoades, J.D., F. Chanduvi and S. Lesch, 1999. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements, Soil salinity assessment, *FAO Irrigation and Drainage Paper 57*.

Rowell, D.L., 1995. *Soil Science, Methods and Applications*. Longman Group UK Limited.

Schuler, R. T, et al, 1998. 'Remote sensing research in Wisconsin soybean and corn production fields', *ASA - CSSA – SSSA*, 1435-1444.

Westervelt, James D., and Reetz, Harold F. 2000. *GIS in site-specific agriculture*. Danville, Ill: Interstate Publishers Mann Library S494.5.P73

Whelan B.M and McBratney A.B., 2000. 'The "Null Hypothesis" of Precision Agriculture Management' pp. 265-279(15)

Wollenhaupt, N.C., R.P. Wolkowski, and M.K. Clayton. 1994. Mapping soil test phosphorus and potassium for variable-rate fertilizer application. *J. Prod. Agric.* 7:441–448.

Wood, G. A, et al, 1998. 'Developing calibration techniques to map crop variation and yield potential using remote sensing', ASA - CSSA – SSSA, 1457-1464.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αγγελοπούλου, Α., 2009. Εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας στα μήλα. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Αντάρης, Θ., 2006. Τηλεπισκόπηση – Φωτοερμηνεία στις γεωεπιστήμες, Διδακτικές Πανεπιστημιακές παραδόσεις, ΑΠΘ.

Γκόλια, Ε., 2003. Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων. Διδακτορική διατριβή. Βόλος
Βασιλακάκης, Μ., 2007. Γενική και Ειδική Δενδροκομία – Ελιά: Παραγωγή Ελιάς στην Ελλάδα, Έδαφος και Κλίμα, Σύστημα φύτευσης, Διαμόρφωση Κόμης, Κλάδεμα, Λίπανση, Συγκομιδή, σελ. 641 – 658.

Δερμάνης, Α., 1999. Διαστημική γεωδαισία και γεωδυναμική GPS (Global Positioning System), σελ.7-10.

Θερίος, Ι.Ν., 2005. Ελαιοκομία – Έκταση ελαιώνων και αριθμός δένδρων ανά τον κόσμο, σελ.32.

Θερίος, Ι.Ν., 2005. Ελαιοκομία – Διεθνής παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου (1999/2000) σε τόνους, σελ.38.

Καρυδάς, Χ. Γ. και Συλλαίος, Ν. Γ 2000. 'Γεωργία Ακριβείας: Περιγραφή της μεθόδου – Υφισταμένη κατάσταση και προοπτικές', 2ο ειδικό συνέδριο "Πληροφορικά συστήματα στον Αγροτικό Τομέα" της Ελληνικής Εταιρείας Επιχειρησιακών Ερευνών, Χανιά, 10/2000, Πρακτικά:σελ. 134-146

Μαρκινός, Α., Θ. Γέμτος, Λ. Τούλιος, Δ. Πατέρας, Γ. Ζέρβα και Μ. Παπαοικονόμου, 2003. Γεωργία Ακριβείας στο βαμβάκι: Συσχέτιση χαρτών παραγωγής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Σελ. 222-229.

Μήτσιοι, Ι.Κ., 1996. Αλατούχα και αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης. Εκδόσεις ΖΥΜΕΛ, Αθήνα, 1996.

Μήτσιοι, Ι.Κ., 2003. Γονιμότητα Εδαφών-Θρεπτικά στοιχεία φυτών (μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά) και Βαρέα Μέταλλα - Μέθοδοι και εφαρμογές. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος.

Μήτσιος, Ι.Κ., 2004. Γονιμότητα του εδάφους, θρεπτικά στοιχεία του εδάφους που επηρεάζουν την παραγωγή. Εκδόσεις zymel

Συλλαίος, Ν, 1999. “Αειφορική Διαχείριση Εδαφικών Πόρων - Εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στη χαρτογράφηση και αξιολόγηση των εδαφών”, Α.Π.Θ.- Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ., 136, 143, 143, 142.

Αναφορά Διαδικτύου

Παπανδρέου Θ., 2005. Η καλλιέργεια της ελιάς - [http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/6E7D46D4450A4B85C2257110003F4F1F/\\$file/2_2005%20ELIA.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/6E7D46D4450A4B85C2257110003F4F1F/$file/2_2005%20ELIA.pdf?OpenElement).

Ramesh., 2006. <http://www.blurtit.com/q464590.html> - What is CAD

<http://en.wikipedia.org/wiki/Shapefile>

http://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρική_αγωγιμότητα

<http://www.geonics.com/html/em31-mk2.html>

<http://www.geonics.com/html/em34-3.html>

<http://www.geonics.com/html/em38.html>

<http://www.veristech.com/products/3100.aspx>

<http://www.metar.gr/ws/volos/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Wire-frame_model



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105603