

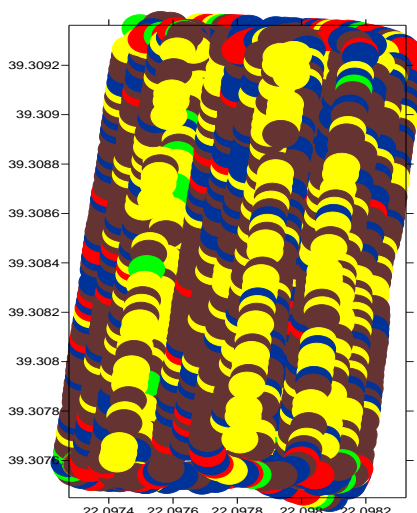


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών:  
“ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΙΣ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΤΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ  
ΣΤΗΝ ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ”

Διατριβή Ειδίκευσης  
«ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΙΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ  
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ»



Επιβλέπων καθηγητής:  
**ΓΕΜΤΟΣ Α. ΘΕΟΦΑΝΗΣ**

Μεταπτυχιακός φοιτητής:

**ΦΥΤΙΛΗΣ Κ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**  
**ΓΕΩΠΟΝΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2012**



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



Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών:  
“ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΙΣ ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΤΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ  
ΣΤΗΝ ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ”

Διατριβή Ειδίκευσης  
«ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΙΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ  
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ»

**Τριμελής εξεταστική επιτροπή**

Γέμτος Θεοφάνης Καθηγητής Γεωργικής Μηχανολογίας Π.Θ. Επιβλέπων	Κίττας Κωνσταντίνος Καθηγητής Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος Π.Θ. Μέλος	Φουντάς Σπύρος Επίκουρος Καθηγητής Γεωργικής Μηχανολογίας Π.Θ. Μέλος
--	---	--

Μεταπτυχιακός φοιτητής:

**ΦΥΤΙΛΗΣ Κ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΓΕΩΠΟΝΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2012**

σελ. 1

# Περιεχόμενα

	Σελ
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	4
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	6
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	6
1.1. ΓΕΝΙΚΑ .....	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	10
<b>ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b> .....	10
2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ .....	10
2.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	12
2.3. ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ GPS .....	13
2.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	15
2.5. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ GIS .....	21
2.6. ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ .....	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	26
<b>ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ</b> .....	26
3.1. ΟΡΙΣΜΟΣ .....	26
3.2. ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΠΟ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ .....	27
3.3. ΛΥΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	29
3.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....	30
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	32
<b>ΣΙΤΑΡΙ</b> .....	32
4.1. ΓΕΝΙΚΑ .....	32
4.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΣΙΤΗΡΩΝ .....	32
4.3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ .....	34
4.4. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ.....	35
4.4.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	35
4.4.2. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ-ΚΛΙΜΑ.....	37
4.4.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ .....	38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	40
<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	40
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	40
5.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ AG LEADER TECHNOLOGY .....	40
5.3. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ-ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ.....	40

5.3.1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ ΤΟΥ GPS .....	40
5.3.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	41
5.3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ..	43
5.3.4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ .....	43
5.3.5. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	44
5.3.6. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΑΒΑΤΟΡΙΟΥ .....	45
5.3.7. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ .....	46
5.3.8. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....	46
5.4. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	49
5.5. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ.....	50
5.6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ .....	52
5.7. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ .....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.</b> ....	54
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	54
6.1. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	54
6.2. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	70
6.3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ.....	75
6.4. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΠΟΡΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ .....	76
6.5. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ.....	82
6.6. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΠΟΡΟΥ .....	91
6.7. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	92
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.</b> .....	94
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ</b> .....	94
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	97

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγονται στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής παραγωγής και Αγροτικού περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Θα ήθελα κατ' αρχήν να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέπων καθηγητή μου, Κ. Γέμτο Θεοφάνη, καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος διευθυντή του εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας, τόσο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, όσο και για την συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξή του σε όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης αυτής της εργασίας.

Επίσης ευχαριστώ τον κ. Κίττα Κωνσταντίνο καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, διευθυντή του εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, τον κ. Φουντά Σπύρο Επίκουρο καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας, για την συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή, τις πολύτιμες συμβουλές, την υπομονή και το χρόνο που αφιέρωσαν στην διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής.

Τον κ. Λιάκο βασίλειο, υποψήφιο διδάκτορα στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας για την πολύτιμη βοήθειά του.

Η παρούσα διατριβή είναι αφιερωμένη στις νεογέννητες δίδυμες ανιψιές μου. Η χαρά της γέννησης μου έδωσε δύναμη και ώθηση ώστε να ασχοληθώ πιο εντατικά με τη παρούσα διατριβή.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε οκτώ διαφορετικά αγροτεμάχια σκληρού σίτου στην ευρύτερη αγροτική περιοχή των Σοφάδων του Νομού Καρδίτσας έγινε εφαρμογή γεωργίας ακριβείας. Στόχος ήταν να καταγραφεί η παραλλακτικότητα που παρουσιάζουν οι αγροί, στην απόδοση, στην υγρασία του σπόρου και σε ένα αγροτεμάχιο στην αντίσταση στη διεύδυση του εδάφους και να διερευνηθούν οι συσχετίσεις μεταξύ τους.

Σε πρώτη φάση έγινε μέτρηση της παραγωγής και στα οκτώ αγροτεμάχια από όπου αποκτήθηκαν οι χάρτες παραγωγής και οι χάρτες υγρασίας του σπόρου. Έπειτα επιλέχθηκε τυχαία ένας από τους οκτώ αγρούς όπου πραγματοποιήθηκε η μέτρηση της αντίστασης του εδάφους στη διεύδυση όπου προέκυψαν τρεις χάρτες αντίστασης, ένας σε βάθος 0-15 cm, ένας σε βάθος 15-30 cm και τέλος ένας σε βάθος 30-50 cm. Έπειτα δημιουργήθηκαν ζώνες διαχείρισης σε κάθε αγροτεμάχιο με βάση την παραγωγή που παρατηρήθηκε σε αυτά. Ακολούθησε το διάγραμμα αντίστασης σε σχέση με το βάθος εδάφους. Τέλος συσχετίσαμε την παραγωγή με την συμπίεση του εδάφους στο αγροτεμάχιο "Agros" και την παραγωγή με την υγρασία σε όλα τα αγροτεμάχια. Οι χάρτες δημιουργήθηκαν με την βοήθεια του λογισμικού surfer (Golden Software, Surfer 8.05., 2004). Οι ζώνες διαχείρισης έγιναν με τη βοήθεια του λογισμικού MZA 1.0.1, 2000 (Management Zone Analyst) και οι συσχετίσεις με το συντελεστή συσχέτισης του Pearson.

Απώτερος σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να συνεχιστεί η χαρτογράφηση της παραγωγής και η συλλογή των δεδομένων, ώστε να επιβεβαιωθεί ή να βελτιωθεί το μοντέλο υπολογισμού των παραμέτρων.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η παγκοσμιοποίηση των αγορών, η μεγάλη αύξηση του ανταγωνισμού στη γεωργία και οι πολιτικές των κρατών για μείωση του περιβαλλοντικού κόστους από τη χρήση των εισροών στη γεωργία επιβάλλει στους παραγωγούς να στραφούν σε ένα νέο μοντέλο διαχείρισης των αγροτεμαχίων τους.

Οι αγρότες από πολύ παλιά γνώριζαν λόγω της εντατικής ενασχόλησης τους με τους αγρούς ποια σημεία των χωραφιών τους είναι πιο παραγωγικά, ποια λιγότερο, που έχουνε μεγάλο πληθυσμό ζιζανίων, που έχουνε απώλεια φυτών κατά το φύτευμα των σπόρων και γενικά παρατηρούσαν την παραλλακτικότητα που υπάρχει στα αγροτεμάχια τους. Ειδικότερα οι έλληνες αγρότες λόγω του μικρού κλήρου που κατέχουν γνωρίζουν πολύ καλά το κάθε αγροτεμάχιο και τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει. Παρόλο την παρατήρηση της παραλλακτικότητας και την πολύ καλή γνώση των αγροτεμαχίων τους η διαχείριση των αγρών βασιζόταν στους μέσους όρους παραγωγής των τελευταίων ετών και ειδικότερα του προηγούμενου έτους (Gemtos et al., 2003). Αυτό είχε ως συνέπεια σε ορισμένα σημεία να παρατηρείται πλεόνασμα εισροών, σε άλλα έλλειψη, σε άλλα επάρκεια και τελικά περιβαλλοντική ρύπανση και αυξημένο κόστος παραγωγής.

Για να επικαλύψουν αυτή τη παραλλακτικότητα αυξάνοντας συγχρόνως την παραγωγή χρησιμοποίησαν φυτοπροστατευτικά προϊόντα και λιπάσματα συχνά σε αυξημένες ποσότητες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής αλλά και παράλληλα την αύξηση του κόστους παραγωγής σε τέτοιο βαθμό που ήταν αβάσταχτο κυρίως για τις μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις όπως και την αυξημένη περιβαλλοντική ρύπανση.

Όλες οι περιοχές του αγρού δεν έχουν τις ίδιες δυνατότητες απόδοσης, επομένως η ομοιόμορφη διαχείριση των αγροτεμαχίων σε ότι αφορά τις εισροές δεν αποφέρει ούτε την μέγιστη απόδοση ούτε το βέλτιστο οικονομικό αποτέλεσμα.

(Watson et al., 2003). Συνήθως η παραλλακτικότητα των αγρών είναι πολύ μεγάλη και εντοπίζεται ακόμη και σε περιοχές που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά.

Ενώ οι αγρότες γνώριζαν την παραλλακτικότητα δε μπορούσαν να την ποσοτικοποιήσουν ώστε να γίνει καλύτερα αντιληπτή αλλά ούτε είχαν την τεχνογνωσία για να την διαχειριστούν. Σε αυτό το πρόβλημα λύση έρχεται να δώσει η γεωργία ακριβείας με ένα νέο μοντέλο διαχείρισης των αγροτεμαχίων (Stafford 2000). Οι νεώτερες πρακτικές διαχείρισης των αγροκτημάτων βασίζονται καταρχήν στην καταγραφή της παραλλακτικότητας και έπειτα στην εφαρμογή των βέλτιστων εισροών ανά ομοιογενή τμήματα αγρού ή ζώνες διαχείρισης.

Η καταγραφή της παραλλακτικότητας γίνεται με τη δημιουργία θεματικών χαρτών παραγωγής. Οι χάρτες απεικονίζουν την παραγωγή σε κάθε σημείο του αγρού (Αγγελοπούλου 2008). Για την δημιουργία των χαρτών αναπτύχθηκαν τεχνολογίες όπως το παγκόσμιο γεωγραφικό σύστημα εντοπισμού (GPS: Global Positioning System) με τη μεγάλη ακρίβεια που παρέχει, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS Geographic Information System) παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής χαρτών που εμφανίζουν τη χωρική κατανομή της παραγωγής και οι αισθητήρες καταγραφής της παραγωγής σε κάθε σημείο του αγρού.

Οι πρώτες προσπάθειες χαρτογράφησης της παραγωγής ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1980 με χαρτογράφηση της παραγωγής των σιτηρών (Stafford 2000). Η αρχή λειτουργίας ήταν η εξής: κατά την κίνηση της θεριζοαλωνιστικής μηχανής στον αγρό καταγραφόταν η ροή υλικού και η υγρασία του σπόρου, όπως και η ταχύτητα εργασίας με τη γεωγραφική θέση της μηχανής ενώ το πλάτος εργασίας εκτιμιόταν από τον ίδιο το χειριστή. Έπειτα στη δεκαετία του 1990 αλλά ακόμη και σήμερα συνεχίζεται η έρευνα για την παραγωγή αισθητήρων μέτρησης της παραγωγής των διαφόρων καλλιεργειών. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αισθητήρες για χαρτογράφηση παραγωγής σε καλλιέργειες όπως βιομηχανική τομάτα (Pelletier et al. 1999), ζαχαρότευτλα (Hoffman et al. 1995, Medema et al., 2000), πατάτα (Campbell et al. 1994, Rawlins et al., 1995) βαμβάκι ((Gemtos et al., 2003, Velidis et al., 2003, Markinos et al., 2002, 2004) κλπ. Τα τελευταία έτη έχουν εμφανιστεί συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής σε καλλιέργειες φρούτων και



λαχανικών. Αναφέρονται ενδεικτικά εφαρμογές για παραγωγή ξηρών καρπών (Rains et al. 2002, Velidis 2001) και αμπελιών (Bramley 2002a, b).

Με την δημιουργία των χαρτών παραγωγής γνωρίζουμε την παραγωγή σε κάθε σημείο του αγρού. Εκτός από τους χάρτες παραγωγής μπορούμε να δημιουργήσουμε χάρτες υγρασίας σπόρου, ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, γονιμότητας εδάφους(N,P,K), τοπογραφικού ανάγλυφου, κ.α μετά τη συλλογή των δεδομένων από τους κατάλληλους αισθητήρες και όργανα. Οι επεξεργασία όλων αυτών των δεδομένων γίνεται από τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και εξαρτάται κυρίως από το είδος της καλλιέργειας (McCaughey 1999).

Μετά την κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων και τη δημιουργία των θεματικών χαρτών στόχος είναι η ανεύρεση όμοιων περιοχών εντός του αγροτεμαχίου. Αυτές οι όμοιες περιοχές θα αποτελέσουν τη βάση για την εφαρμογή μεταβλητών δόσεων με στόχο πάντα την αύξηση της παραγωγής με παράλληλη μείωση των εισροών (Gemtos et al., 2003). Ζώνες διαχείρισης δημιουργούνται εντός των αγροτεμαχίων με βάση την παραγωγή, την υγρασία του εδάφους, την υγρασία των σπόρων, την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους κ.α ενώ μπορούν να δημιουργηθούν συμπεριλαμβάνοντας περισσότερους από ένα παράγοντα.

Με τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης σε ένα αγροτεμάχιο, μας δίνεται η δυνατότητα να καταναείμουμε τις εισροές ανά περιοχή και σε ακριβή ποσότητα ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας στο στάδιο που βρίσκεται. Αυτό αποκαλείται τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (variable rate applications) και έχει ως αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών, την άριστη ποιότητα των προϊόντων με το χαμηλότερο δυνατό κόστος καλλιέργειας και παράλληλα τη μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση, με άμεση εξοικονόμηση πόρων. Οι πιο σημαντικές εφαρμογές μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων έχουν σημειωθεί στην εφαρμογή λιπασμάτων και ειδικότερα σε N, P και K, όπως επίσης και στην εφαρμογή άσβεστου σε όξινα εδάφη (Gemtos et al., 2002).

Οι Boyer et al., (2010) σύγκριναν τις συμβατικές μεθόδους εφαρμογής αζωτούχων λιπασμάτων σε καλλιέργεια σιταριού με τη μέθοδο εφαρμογής μεταβαλλόμενων δόσεων και κατέληξαν ότι η απόδοση δεν σημείωσε αξιόλογη μεταβολή, ενώ αντίθετα οι Link et al., (2008) διαπίστωσαν ότι αυξήθηκε η

παραγωγή εφαρμόζοντας μεταβαλλόμενες δόσεις αζωτούχου λίπανσης σε καλλιέργεια σιταριού. Επίσης, οι Welsh et al., (2003a, 2003b) μελέτησαν την εφαρμογή μεταβαλλόμενης δόσης αζώτου σε καλλιέργεια σιταριού και κριθαριού και διαπίστωσαν ότι η μεταβολή της απόδοσης του κριθαριού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις βροχοπτώσεις ενώ στην απόδοση του σιταριού σημειώθηκε χωρική μεταβλητότητα σε ορισμένους αγρούς ενώ σε κάποιους άλλους όχι.

Οι μεταβλητές δόσεις κατανέμονται στον αγρό με μηχανήματα προηγμένης τεχνολογίας όπως σπαρτικές μηχανές ακριβείας, λιπασματοδιανομείς, ψεκαστήρες, γεωργικοί ελκυστήρες κ.α. Ο εντοπισμός της θέσης που εφαρμόζονται γίνεται από το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης ενώ η ποσότητα εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και τη χρονική στιγμή που εφαρμόζεται (McKinion et al., 2001).

Η γεωργία ακριβείας κυρίως τα τελευταία χρόνια εκτός από τη καταγραφή και ανάλυση της παραλλακτικότητας των αγροτεμαχίων που έχει σαν στόχο τη μείωση των εισροών(με την εφαρμογή μεταβαλλόμενων δόσεων) αύξηση της παραγωγής και μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, αναπτύσσει τη δημιουργία συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support Systems) ώστε οι παραγωγοί να λαμβάνουν τις σωστές αποφάσεις αλλά και το χρόνο εφαρμογής όταν εφαρμόζουν ένα σύστημα γεωργία ακριβείας (Fountas et al., 2005a, b,).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

### ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

#### 2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Γεωργία Ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης της χωρικής και χρονικής διαφοροποίησης (παραλλακτικότητα) των αγρών προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και/ή να επιτευχθεί η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την ορθολογική χρήση των εισροών (Gemtos et al., 2002).

Χωρική παραλλακτικότητα είναι η παραλλακτικότητα που παρουσιάζει ο αγρός στα διάφορα σημεία του. Αυτή η παραλλακτικότητα μπορεί να είναι η απόδοση, η περιεκτικότητα σε βασικά στοιχεία όπως N,P,K , η μηχανική του σύστημα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η υγρασία του εδάφους, οι δείκτες βλάστησης, οι προσβολές από ζιζάνια έντομα ασθένειες, αλλά και οι καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζονται όπως συστήματα κατεργασίας του εδάφους, τρόπος άρδευσης κ.α (Zhang et al., 2002).

Η χρονική παραλλακτικότητα έχει δύο συνιστώσες. Η μία είναι η παραλλακτικότητα που παρατηρείται στους μέσους όρους από χρόνο σε χρόνο και η δεύτερη είναι η χωρική παραλλακτικότητα που παρατηρείται από χρόνο σε χρόνο στους παράγοντες που αναφέραμε στη προηγούμενη παράγραφο (Blackmore et al., 2003).

Η χωρική αλλά και χρονική παραλλακτικότητα που καταγράφεται στους αγρούς από τους αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης μας δίνουν μια πληθώρα δεδομένων που κάνουν δύσκολη την επεξεργασία τους. Η ανάλυση τόσο της χωρικής όσο και της χρονικής παραλλακτικότητας πραγματοποιείται με σύνθετους γεωστατιστικούς μεθόδους (Pena-Yewtukhiw et al., 2000).

Η ανάπτυξη και εξέλιξη του GPS (παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης) και ειδικότερα της ακρίβειας που παρέχει, όπως και οι αισθητήρες χαρτογράφησης της παραγωγής έδωσαν τη δυνατότητα καταγραφής της χωρικής παραλλακτικότητας

των αγρών. Ο μεγάλος όγκος των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες αναλύονται και επεξεργάζονται με το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών(GIS). Το αποτέλεσμα της ανάλυσης και επεξεργασίας είναι η απεικόνιση της χωρικής παραλλακτικότητας ενός αγρού με την μορφή χάρτη. Ο χάρτης απόδοσης είναι ο σημαντικότερος και βάση αυτού λαμβάνονται αποφάσεις για την εφαρμογή μεταβλητών εισροών που στόχο έχουν την μεγιστοποίηση της παραγωγής και επομένως το βέλτιστο οικονομικό κέρδος του παραγωγού (Αγγελοπούλου 2008). Για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και αποφάσεων θα πρέπει να μελετηθούν οι χάρτες απόδοσης περισσότερο του ενός έτους. Σύμφωνα με τον Taylor et al. (2001) που μελέτησαν χάρτες παραγωγής καλαμποκιού απαιτούνται τουλάχιστον τέσσερα χρόνια για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και επιλογή αποφάσεων.

Η διαχείριση της χωρικής παραλλακτικότητας γίνεται με τη δημιουργία όμοιων περιοχών εντός των αγροτεμαχίων. Με τον όρο όμοιες περιοχές εννοούμε τμήματα του αγρού με κοινά εδαφολογικά ή αγρονομικά χαρακτηριστικά (Blackmore et al., 2003). Οι ζώνες διαχείρισης είναι βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή μεταβλητών εισροών (Gemtos et al., 2003). Οι εισροές εφαρμόζονται με μηχανήματα τελευταίας τεχνολογίας στις ζώνες διαχείρισης σε διαφορετικές δόσεις αλλά και χρόνο ανάλογα με την καλλιέργεια και το στάδιο που βρίσκεται.

Μια άλλη τεχνολογία που χρησιμοποιεί η γεωργία ακριβείας είναι η τηλεπισκόπηση. Αποτελεί μια μέθοδο συλλογής πληροφοριών για μια καλλιέργεια όπως το στάδιο ανάπτυξης, η ζωηρότητα των φυτών κ.α δίχως να υπάρχει επαφή με τα φυτά. Οι δύο πιο συνηθισμένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Οι πληροφορίες που συλλέγονται χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή μεταβλητών δόσεων.

Για να θεωρείται επιτυχημένο ένα σύστημα γεωργία ακριβείας θα πρέπει να εκπληρώνονται οι δύο βασικοί στόχοι που είναι, το βέλτιστο οικονομικό αποτέλεσμα για τον παραγωγό και ο σεβασμός και προστασία του περιβάλλοντος που αποτελεί κοινό συμφέρον όλων (Zhang et al., 2002).

## 2.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η γεωργία ακριβείας ενώ σε άλλες χώρες όπως η ΗΠΑ, Μ. Βρετανία, Γερμανία εφαρμόζεται από μεγάλο μέρος του αγροτικού κόσμου και εξελίσσεται συνεχώς δίνοντας άλλη ώθηση και πορεία στο γεωργικό τομέα, στη χώρα μας εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων (Markinos et al., 2002, 2004) εφαρμόζεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο (Gemtos et al., 2002,).

Οι Παπαγεωργίου και Σπαθής (2000) διατύπωσαν ορισμένους λόγους οι οποίοι θεωρούνται οι σημαντικότεροι που η ελληνική γεωργία παρουσιάζει μια καθυστέρηση στην εφαρμογή καινοτομικών συστημάτων και ένα από αυτά είναι και η γεωργία ακριβείας.

Ο μικρός, πολυτεμαχισμένος και διάσπαρτος κλήρος που κατέχουν οι έλληνες αγρότες δεν επιτρέπει την επένδυση σε νέες τεχνολογίες λόγω του υψηλού κόστους που ανέρχεται ανά στρέμμα και τη δύσκολη εφαρμογή λόγω έκτασης. Έπειτα ο υψηλός μέσος όρος ηλικίας του αγροτικού κόσμου αλλά και το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο συμβάλουν καθοριστικά στην άρνηση εφαρμογής καινοτομικών συστημάτων και στη προσκόλληση τους σε παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας. Η βραδύτητα ανάπτυξης γενικότερα της τεχνολογίας στη χώρα μας σε σχέση με άλλες χώρες επηρεάζει και το γεωργικό τομέα και κατεπέκταση τη γεωργία ακριβείας. Τέλος οι κοινοτικές επιδοτήσεις που δίνονται ακόμη και σήμερα στους έλληνες παραγωγούς τους δημιουργούν ένα αίσθημα ασφάλειας και εφησυχασμού που έχει σαν αποτέλεσμα την αδιαφορία τους για τα νέα συστήματα διαχείρισης των αγροκτημάτων.

Ο ανταγωνισμός που παρατηρείται στις διεθνείς αγορές αλλά και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες όλων, επιβάλλει και στον έλληνα αγρότη να παράγει προϊόντα υψηλής ποιότητας σε ανταγωνιστικές τιμές με το δυνατότερο χαμηλό κόστος καλλιέργειας. Σε αυτή τη κατεύθυνση μπορεί να συμβάλει η υιοθέτηση της γεωργία ακριβείας από τους έλληνες παραγωγούς.

### 2.3. ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ (GLOBAL POSITION SYSTEM, GPS)

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης ή GPS (Global Positioning System) είναι ένα σύστημα πλοήγησης, το οποίο αποτελείται από ένα δίκτυο 24 δορυφόρων και από επίγειους σταθμούς καταναμεμημένους σε όλο τον κόσμο. Οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος περίπου 20 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης και περιφέρονται γύρω από τη γη ακολουθώντας έξη διαφορετικές τροχιές. Κινούνται με ταχύτητα περίπου 2,6 χλμ. το δευτερόλεπτο, διαγράφοντας μέσα σε ένα εικοσιτετράωρο, δύο πλήρεις κύκλους γύρω από τη γη. Οι δορυφόροι αυτοί αναφέρονται και σαν NAVSTAR δορυφόροι και ο πρώτος GPS δορυφόρος εκτοξεύτηκε το Φεβρουάριο του 1978. Κάθε δορυφόρος ζυγίζει περίπου 1 τόνο και το μήκος του όταν τα πλαίσια με τα ηλιακά φωτοστοιχεία είναι ανοικτά, φθάνει περίπου στα 5 μέτρα. Η ισχύς μετάδοσης των σημάτων είναι το πολύ 50 Watt. Κάθε δορυφόρος μεταδίδει σήματα σε τρεις συχνότητες από τις οποίες μόνο μία (αυτή στα 1575,42 MHz) χρησιμοποιείται για τους πολίτες, γνωστή και ως "L1". Οι άλλες δύο συχνότητες χρησιμοποιούνται για στρατιωτικούς σκοπούς.

Υπάρχει επίσης το ρωσικό σύστημα GLONASS Global Orbiting Navigation Satellite System που αποτελείται από 15 δορυφόρους σε τροχιές ύψους 19 χιλιάδων χιλιομέτρων. Τέλος το ευρωπαϊκό GALILEO, το οποίο είναι προσπάθεια σύνδεσης και ολοκλήρωσης των δύο συστημάτων, καθώς και άλλων επίγειων ή διαστημικών σταθμών με στόχο την υποστήριξη κάθε είδους τεχνολογίας καθορισμού θέσης.

Ο χρόνος που χρειάζεται ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα για να φθάσει σε ένα δέκτη GPS χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η απόσταση του από τον δορυφόρο. Όταν ένας δέκτης GPS δέχεται σήμα από τρεις τουλάχιστον δορυφόρους χρησιμοποιεί γεωμετρική ανάλυση για να υπολογίζει τη γεωγραφική του θέση στην επιφάνεια της γης η οποία εκφράζεται σε γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Όταν όμως δέχεται σήμα από τέσσερις δορυφόρους μπορεί να υπολογίσει επιπλέον και το υψόμετρο της θέσης που βρίσκεται (Παπαοικονόμου, 2003).

Η τοποθέτηση της κεραίας του GPS στα γεωργικά οχήματα παίζει καθοριστικό ρόλο για την ακρίβεια του σήματος που λαμβάνει. Θα πρέπει να

τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του οχήματος και μακριά από ηλεκτρομαγνητικά πεδία όπως δυναμό, ηλεκτρονικό σύστημα ανάφλεξης κ.α

Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα που εκπέμπουν οι δορυφόροι ορισμένες φορές επηρεάζονται από τον καιρό με αποτέλεσμα να παραμορφώνονται, όπως και η ανάκλαση σε κτίρια δημιουργούν το ίδιο πρόβλημα. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται σφάλματα στον καθορισμό της θέσης (Παπαϊκονόμου, 2003).

Για την εξάλειψη αυτών των σφαλμάτων χρησιμοποιείται η διαφορική διόρθωση. Υπάρχουν δύο τύποι διαφορικής διόρθωσης:

Το Διαφορικό GPS (Differential GPS) διορθώνει τις διάφορες ανακρίβειες που υπάρχουν στο απλό σύστημα GPS, αυξάνοντας ακόμη περισσότερο την ακρίβειά του. Το Διαφορικό GPS ή DGPS είναι ένα παγκόσμιο σύστημα μέτρησης ικανό να δώσει μετρήσεις με ακρίβεια μερικών εκατοστών.

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.

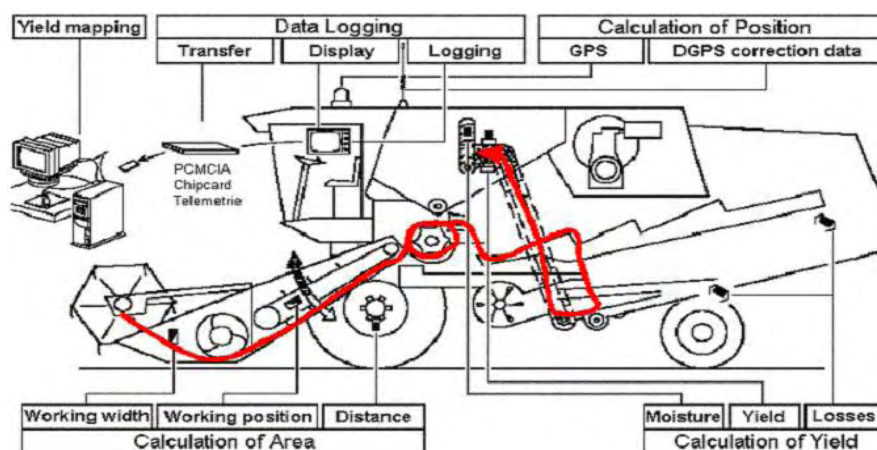
Το παγκόσμιο σύστημα καθορισμού γεωγραφικής θέσης GPS με την συνεχή ανάπτυξη και εξέλιξη του, παρέχει μεγάλη ακρίβεια για το καθορισμό της θέσης σε οποιοδήποτε σημείο πάνω στη γη και χρησιμοποιείται ευρέως από τη γεωργία ακριβείας. Ειδικότερα μετά από την 1<sup>η</sup> Μαΐου του 2000 το Αμερικανικό Υπουργείο Εθνικής Άμυνας έθεσε εκτός λειτουργίας την επιλεκτική διαθεσιμότητα που έχει σαν αποτέλεσμα η ακρίβεια του συστήματος να παραμένει υψηλή χωρίς διακοπές. (Παπαϊκονόμου, 2003). Δίχως την εξέλιξη του συστήματος GPS δε θα υπήρχε η δυνατότητα καταγραφής της χωρικής παραλλακτικότητας που παρατηρείται στους αγρούς, η δημιουργία ζωνών διαχείρισης σε οποιοδήποτε σχήμα και κατεπέκταση η εφαρμογή μεταβαλλόμενων δόσεων, η καθοδήγηση των αγροτικών μηχανημάτων και γενικά η εφαρμογή του συστήματος της γεωργία ακριβείας.

## 2.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η επιτυχία ενός συστήματος γεωργία ακριβείας βασίζεται στη μεγιστοποίηση της παραγωγής με παράλληλη μείωση των εισροών. Για να μεγιστοποιήσουμε την παραγωγή σε ένα αγρό θα πρέπει καταρχήν να την καταγράψουμε σε κάθε σημείο του, να ποσοτικοποιήσουμε την παραλλακτικότητα που παρατηρείται και έπειτα να εφαρμόσουμε τις εισροές σε τέτοια ποσότητα που έχει ανάγκη η καλλιέργεια τη δεδομένη χρονική στιγμή. Τα συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής μας παρέχουν αυτή τη δυνατότητα.

Οι μετρητές της παραγωγής εγκαθίστανται στις μηχανές συγκομιδής των αγροτικών προϊόντων και μετρούν τη παραλλακτικότητα της παραγωγής, ενώ ένας δέκτης GPS καταγράφει τη θέση της μηχανής στον αγρό. Ο συνδυασμός της παραγωγής με τη θέση της στον αγρό μας δίνουν τους χάρτες παραγωγής που αποτελούν τη βάση ενός συστήματος γεωργία ακριβείας.

Ένα σύστημα χαρτογράφησης παραγωγής σε θεριζοαλωνιστική μηχανή μπορεί να μετρήσει τη ροή του σπόρου, την υγρασία, το πλάτος εργασίας, την ταχύτητα της μηχανής, την θέση της μηχανής και τέλος να συλλέξει και αποθηκεύσει τα δεδομένα (Σχήμα 2.4.1.).

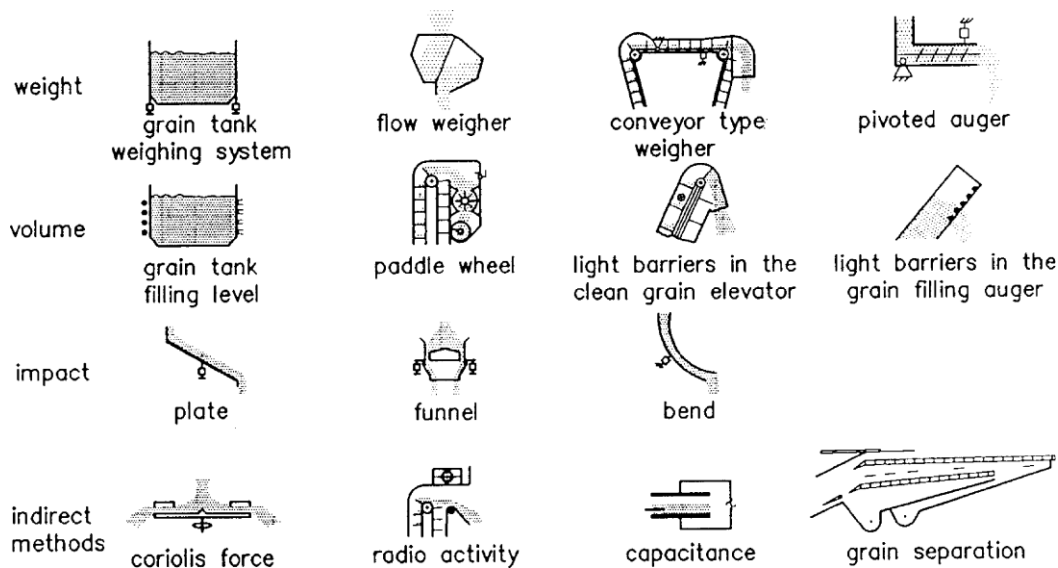


**Σχήμα 2.4.1.** Σύστημα χαρτογράφησης παραγωγής σε θεριζοαλωνιστική μηχανή.

Οι αισθητήρες μέτρησης της παραγωγής είναι οι σημαντικότεροι σε ένα σύστημα χαρτογράφησης. Τοποθετούνται σε σημείο όπου ο σπόρος είναι καθαρός, απαλλαγμένος από τα υποπροϊόντα αλωνισμού. Στο σχήμα (2.4.2.) φαίνονται τα



τέσσερα πιο κοινά συστήματα καταγραφής της παραγωγής που είναι οι αισθητήρες ροής σπόρου με βάση το βάρος, τον όγκο, την πρόσκρουση και η έμμεση μέτρηση.



**Σχήμα 2.4.2.** Διαφορετικοί τρόποι για τη μέτρηση της απόδοσης σιτηρών (Kötzbach και Schneider, 1997).

**Αισθητήρες μέτρησης της ροής του βάρους.** Η βασική αρχή αυτών των αισθητήρων είναι ο συνδυασμός του βάρους και της ταχύτητας μέτρησης. Η μάζα των σιτηρών μετριέται από δυναμοκυψέλες που τοποθετούνται στα σημεία μεταφοράς του καρπού. Τα τέσσερα σημεία μέτρησης είναι α) στο δοχείο αποθήκευσης σιτηρών, όπου η ροή της μάζας ισούται με την μεταβολή του βάρους του δοχείου στο χρόνο εκτιμώμενη από μια δυναμοκυψέλη, β) στο περιστρεφόμενο κοχλία καρπού, γ) ενός στοιχείου στο κάτω μέρος του κοχλία μεταφοράς καρπού, δ) και τέλος από τη μέτρηση του βάρους του αναβατορίου. Το αναβατήριο, μεταφέροντας τον καρπό στο δοχείο αποθήκευσης, αντικαθίσταται από μία τριγωνική κατασκευή. Το ανώτερο μέρος περιστρέφεται σε μία πλευρά, και ανεβαίνει σε μια δυναμοκυψέλη σε άλλη πλευρά. Το σήμα της δυναμοκυψέλης μαζί με την ταχύτητα του γριναζιού του αναβατορίου χρησιμοποιείται για να προβλέψει τη ροή μάζας (Schrock et al., 1995, Colvin, 1990, Wagner και Schrock, 1987).

**Αισθητήρες μέτρησης του όγκου ροής.** Ο όγκος του σπόρου μετράται όταν ρέει μέσα από τον αισθητήρα για ένα σταθερό χρονικό διάστημα. Για να μετατραπεί αυτός ο όγκος ροής σε μάζα ροής, χρειάζεται να γνωρίζουμε την πυκνότητα της μάζας. Με τη βοήθεια των οπτικών αισθητήρων (φωτοηλεκτρικός πομπός και

φωτοανιχνευτής), μετράται το ύψος του καρπού στα δοχεία μεταφοράς σπόρου. Η ακτινοβολία που παράγεται από την πηγή φωτός μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Με τη βοήθεια του εγγεγραμμένου ύψους, εκτιμάται ο συνολικός όγκος του καρπού. Σε συνδυασμό με την ταχύτητα του αναβατορίου, παράγεται ο όγκος ροής. Όταν αφήνει το αναβατόριο, ο καρπός πηγαίνει σε ένα από τα κουβαδάκια του τροχού. Όταν το κουβαδάκι γεμίζει, ο τροχός στρίβει και γεμίζει ο επόμενος τροχός. Όταν ο όγκος του κουβά είναι γνωστός και δίνεται ο αριθμός των περιστροφών του τροχού μπορεί να υπολογιστεί ο όγκος της ροής (Strubbe et al. 1996).

**Αισθητήρες πρόσκρουσης.** Η αρχή αυτών των αισθητήρων είναι η μέτρηση μάζας-ροής. Κατά τη μεταφορά του προϊόντος από το σωλήνα μεταφοράς στο δοχείο αποθήκευσης υπολογίζεται η δύναμη ροής ή η ορμή που προκαλεί πίεση σε ένα σημείο του σωλήνα μεταφοράς. Το σημείο που δέχεται την πίεση είναι ένας δίσκος επίπεδος ή κυρτός, ή ένα ζεύγος δακτύλων. Η πίεση που ασκείται μετατρέπεται σε βάρος και είναι ανάλογη με τη ροή του σπόρου. Οι αισθητήρες αυτοί τοποθετούνται στην κορυφή του αναβατορίου (Vansichen και de Baerdemaeker 1991).

Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν και οι αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης που υπολογίζουν την δύναμη που ασκείται στο σωλήνα μεταφοράς του καρπού με ένα ποτενσιόμετρο. Το σήμα του ποτενσιόμετρου μετατρέπεται σε βάρος και είναι ανάλογο με τη ροή του σπόρου.

**Έμμεση μέτρηση.** Σε αυτή τη κατηγορία οι δύο σημαντικότερες αισθητήρες μέτρησης είναι ο ραδιομετρικός και ο αισθητήρας χωρητικότητας ενός πυκνωτή.

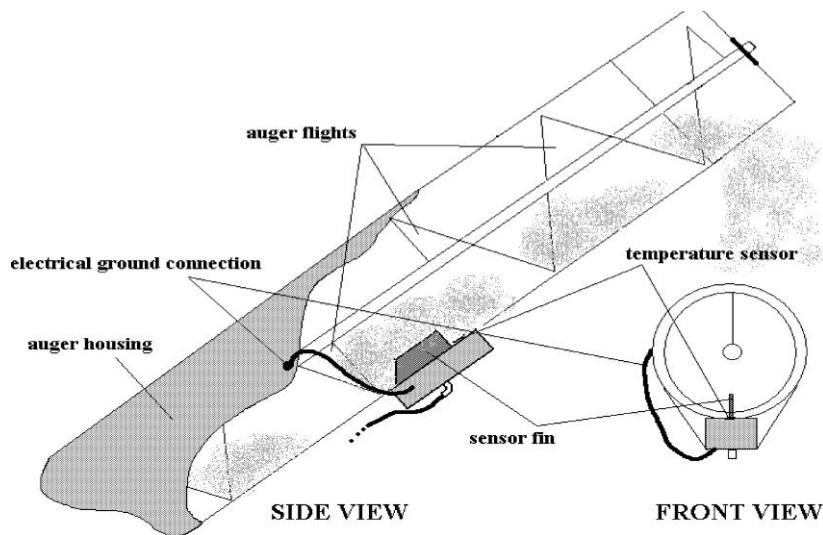
Η αρχή λειτουργίας της ραδιομετρικής μεθόδου έχει ως εξής. Στο τέλος του αναβατορίου, η ροή του καρπού εκτίθεται σε ακτίνες γ από μία πηγή ακτινοβολίας. Στην αντίθετη πλευρά ένας ανιχνευτής μετράει την ένταση της μεταδιδόμενης ακτινοβολίας. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας είναι ανάλογη με τη μάζα ροής, δηλαδή όταν ο σωλήνας μεταφοράς του καρπού είναι άδειος παρουσιάζει τη μέγιστη απορρόφηση. Η ένταση της ακτινοβολίας είναι ανεξάρτητη από το είδος του καρπού ή το ποσοστό υγρασίας.

Ο αισθητήρας χωρητικότητας λειτουργεί ως εξής. Υπολογίζει την αλλαγή των διηλεκτρικών ιδιοτήτων στο υλικό ανάμεσα σε δύο πλάκες ενός πυκνωτή. Το διηλεκτρικό περιεχόμενο της μίξης του αέρα και του καρπού αυξάνεται καθώς η ροή της μάζας αυξάνεται. Το διηλεκτρικό περιεχόμενο δεν εξαρτάται μόνο από τη ροή μάζας, αλλά επίσης και από το ποσοστό υγρασίας και το είδος καρπού (Stafford et al., 1991).

**Αισθητήρες υγρασίας σπόρου.** Τα πιο κοινά συστήματα μέτρησης της υγρασίας σπόρου είναι η χωρητικότητα, τα μικροκύματα ή συσκευές Near Infrared Reflectance (NIR).

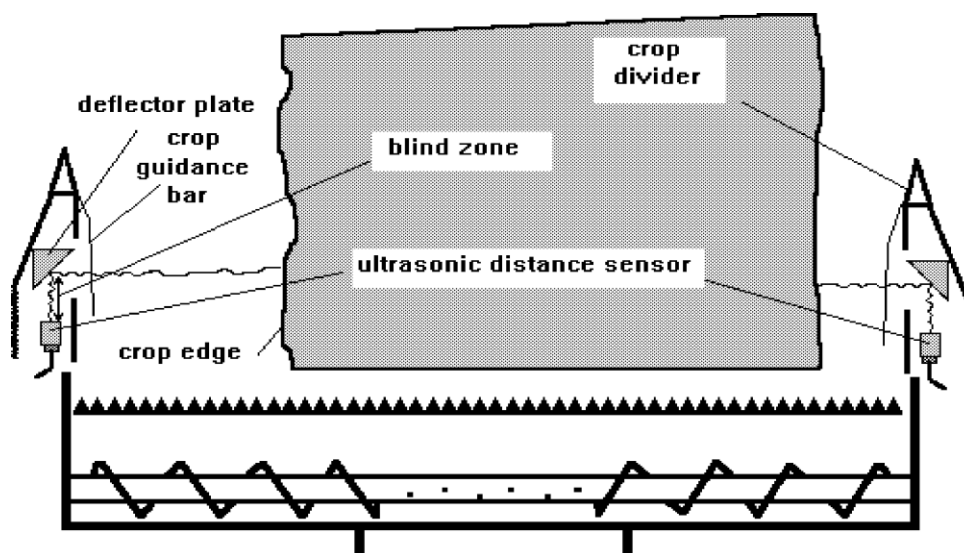
Ο αισθητήρας χωρητικής υγρασίας DMC τοποθετείται στο αναβατόριο που μεταφέρει τον καθαρό καρπό στην αποθήκη καρπού (σχήμα 2.4.3.). Η αρχή λειτουργίας του είναι η μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς του καρπού από ένα πυκνωτή που τοποθετείται στο αναβατόριο όπως φαίνεται στο σχήμα (2.4.3.). Για να διατηρηθεί ένα συνεχές γέμισμα του αναβατορίου, ο κοχλίας καρπού μετακινείται πάνω από τον αισθητήρα. Υπό δύσκολες συνθήκες συγκομιδής (υγρός και άγουρος καρπός), η απουσία πετάγματος μπορεί να μπλοκάρει το κοχλία. Μερικές παραλλαγές αυτού του αισθητήρα είναι η δημιουργία παράκαμψης στο αναβατόριο για τη μεταφορά του καρπού στη σιταποθήκη. Στη παράκαμψη, ένας ηλεκτρικά κινούμενος τροχός συναρμολογείται κάτω από τον αισθητήρα για να ελέγξει την ποσότητα καρπού στον αισθητήρα. Ο αισθητήρας Micro-Track δεν βασίζεται σε επαφή με το καρπό, και τοποθετείται στο τέλος του αναβατορίου της σιταποθήκης.

Ο αισθητήρας Near Infrared Reflectance (NIR) τοποθετείτε στο τέλος του αναβατορίου και αποτελείται από ένα θάλαμο δοκιμών που ξαναγεμίζει περιοδικά. Το ανακλώμενο φως διαχέεται σε διαφορετικά μήκη κύματος μέσω ενός κυκλιδώματος ανάκλασης. Αυτό το ανακλώμενο φως ανιχνεύεται από μία περιοχή φωτοδιόδου. Κάθε φωτοανιχνευτής της περιοχής αυτής ανιχνεύει ενέργεια μέσα σε ένα επιθυμητό εύρος ζώνης του φάσματος (Wright και Hood, 1998).



**Σχήμα 2.4.3.** Capacitive moisture sensor.

**Αισθητήρας μέτρησης πλάτους εργασίας.** Το πλάτος εργασίας σε μια θεριζοαλωνιστική μηχανή μετριέται με τη βοήθεια αισθητήρων υπερήχων που τοποθετούνται στη κεφαλή θερισμού. Ο αισθητήρας τοποθετείται στις δύο πλευρές της κεφαλής θερισμού, στο διαχωριστήρα φυτών υπό γωνία 90 μοιρών και μία πλάκα εκτροπής ανιχνεύει τη σοδειά σε εύρος τριών μέτρων (Wild et al. 1998, Missotten 1998).



**Σχήμα 2.4.4.** Μέτρηση του πλάτους κοπής με τη βοήθεια αισθητήρα υπερήχων (Missotten 1998).

**Αισθητήρας θέσης μηχανισμού θερισμού μηχανής συγκομιδής.** Ο αισθητήρας αποτελείται από ένα διακόπτη ο οποίος ελέγχει τη ροή των δεδομένων που φθάνουν και καταγράφονται στη κεντρική οθόνη πληροφοριών. Τοποθετείται στη κεφαλή θερισμού και συνδέεται με το σώμα της μηχανής. Όταν ο οδηγός κατεβάσει την κεφαλή θερισμού ο διακόπτης ανοίγει και απελευθερώνει τη ροή των δεδομένων ενώ όταν η κεφαλή θερισμού σηκωθεί ο διακόπτης κλείνει (Missotten 1998).

**Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας της μηχανής συγκομιδής.** Η μέτρηση της ταχύτητας γίνεται με αισθητήρες που τοποθετούνται στους τροχούς της μηχανής. Η αρχή λειτουργίας τους περιλαμβάνει μια ηλεκτρομαγνητική δέσμη ακτινοβολίας που εκπέμπεται προς το έδαφος κάτω απ το σώμα της μηχανής. Η διάθλαση της ακτινοβολίας που προκαλείται λόγω τις τριβής του εδάφους απορροφάται από ένα φράγμα διάθλασης που είναι τοποθετημένο στη μηχανή. Το σήμα που παράγεται είναι μια συχνότητα που αντιπροσωπεύει την ταχύτητα της μηχανής.

**Κεντρική μονάδα λήψης και καταγραφής στοιχείων.** Όλα τα στοιχεία που συλλέγουν οι αισθητήρες απεικονίζονται και αποθηκεύονται στη κεντρική οθόνη πληροφοριών. Τοποθετείται στην καμπίνα της μηχανής και σε σημείο που να έχει τη βέλτιστη ορατότητα ο χειριστής. Ο χειριστής έχει τη δυνατότητα ανά πάσα στιγμή να ελέγχει και διαχειρίζεται τις πληροφορίες που φθάνουν και να επεμβαίνει για τυχόν ρυθμίσεις που χρειάζονται. Μπορεί να εισάγει πληροφορίες για κάθε αγροτεμάχιο που συγκομίζει όπως όνομα αγρού, τον αριθμό του φορτίου κ.α. Η κεντρική οθόνη απεικονίζει πληροφορίες όπως η στιγμιαία και μέση παραγωγή, η υγρασία του σπόρου κ.α. όταν οι συνθήκες της καλλιέργειας αλλάξουν τότε το σύστημα χρειάζεται βαθμονόμηση. Τέλος στη κεντρική μονάδα υπάρχει μια κάρτα αποθήκευσης των δεδομένων PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association). Μεταφέροντας τη κάρτα σε ένα προσωπικό υπολογιστή μπορούμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα δημιουργώντας θεματικούς χάρτες που απεικονίζουν την παραλλακτικότητα ενός αγρού.

**Δέκτης GPS με κεραία.** Η κεραία του GPS λαμβάνει ραδιοκύματα από τους δορυφόρους και τα μετατρέπει σε δεδομένα θέσης καταγράφοντας τη θέση της

μηχανής στον αγρό κάθε στιγμή. Επίσης καταγράφει και τη ταχύτητα της μηχανής στον αγρό κάθε στιγμή.

## **2.5. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, GIS)**

Σε ένα σύστημα χαρτογράφησης της παραγωγής οι διάφοροι αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης καταγράφουν πληροφορίες κάθε 1,2,3,4 ή 5 δευτερόλεπτα αναλόγως τη ρύθμιση-βαθμονόμηση που έχουμε κάνει στο σύστημα. Το αποτέλεσμα είναι η συσσώρευση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών που κάνει δύσκολη την οργάνωση, ανάλυση και επεξεργασία τους.

Οι μετρήσεις των αισθητήρων όταν συνδυάζονται με την ακριβή θέση στο χώρο δηλαδή το στίγμα του GPS μας δίνουν τους ψηφιακούς χάρτες του υπό εξέταση αγρού. Η απεικόνιση όλων των στοιχείων στο χώρο πραγματοποιείται με το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών GIS. Το GIS είναι ένα λογισμικό που έχει τη δυνατότητα να οργανώνει, αναλύει και επεξεργάζεται το μεγάλο όγκο δεδομένων που συσσωρεύεται από τα συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής αλλά και τηλεπισκόπησης με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία θεματικών χαρτών που απεικονίζουν τη χωρική παραλλακτικότητα των αγρών, αποτελώντας τη βάση ενός συστήματος γεωργία ακριβείας. Επιπλέον το GIS παρέχει στατιστική ανάλυση των δεδομένων που είναι πολύ χρήσιμη για τη λήψη αποφάσεων και ασφαλών συμπερασμάτων (Westervelt and Reetz, 2000). Τέλος με το GIS έχουμε τη δυνατότητα καταγραφής και της χρονικής παραλλακτικότητας ενός αγρού με το σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης βάσης δεδομένων που μας παρέχει (Παπαοικονόμου, 2003).

Τα πιο κοινά και εύχρηστα λογισμικά GIS που κυκλοφορούν στην αγορά είναι το ArcView, Idrisi, και το SURFER ενώ και οι εταιρίες που κατασκευάζουν συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής έχουν αναπτύξει παρόμοια λογισμικά όπως AGRIS Corporation, Farm Works™, Agri-Logic, Inc., John Deere Precision Farming Group, Case Corporation, Rockwell International, RDI, Ag Leader Technology sms .

Υπάρχουν δύο μορφές απεικόνισης και αποθήκευσης των δεδομένων σε ένα σύστημα GIS : με διανυσματική μορφή (vector) και με μορφή κυψελίδων (raster). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα, ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα συνεχή δεδομένα αλλά σε κυψελώδη μορφή (grid). Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται με την μέθοδο της δειγματοληψίας είναι διανυσματικά, ενώ όσα συλλέγονται με αισθητήρες (πχ παραγωγής) είναι δεδομένα κυψελίδων.

Τα δύο πιο κοινά χρησιμοποιούμενα συστήματα συντεταγμένων είναι το σύστημα γεωγραφικό μήκος-γεωγραφικό πλάτος (latitude-longitude) και το μετρικό σύστημα (Universal Transverse Mercator, UTM). Στο γεωγραφικό σύστημα μήκος-πλάτος, το γεωγραφικό πλάτος είναι παράλληλες γραμμές προς τον ισημερινό που ξεκινούν από τον ισημερινό με κατεύθυνση προς τους πόλους και προσδιορίζουν τη θέση ενός σημείου πάνω στη γη δηλαδή πόσο βόρεια η νότια βρίσκεται από τον ισημερινό. Ο ισημερινός αποτελεί την αφετηρία ( $0^{\circ}$ ). Κάθε παράλληλη γραμμή αντιστοιχεί σε μία μοίρα και απέχουν μεταξύ τους περίπου 111 χιλιόμετρα. Το γεωγραφικό μήκος είναι οι κάθετες γραμμές προς τον ισημερινό που ονομάζονται μεσημβρινοί, έχοντας σαν αφετηρία το Greenwich ( $0^{\circ}$ ). Οι παράλληλες γραμμές προς το Greenwich απέχουν η μία από την άλλη 111 χιλιόμετρα και προσδιορίζουν τη θέση ενός σημείου πάνω στη γη δηλαδή πόσο ανατολικά ή δυτικά του Greenwich βρίσκεται. Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ του 34ου και 41ου παράλληλου βόρεια του ισημερινού και μεταξύ του 19ου και 29ου μεσημβρινού, ανατολικά του Greenwich, N  $34^{\circ}$ – $41^{\circ}$  και E  $19^{\circ}$ – $29^{\circ}$ .

Στο σύστημα UTM, η γη χωρίζεται σε 60 ίσες ζώνες από τη Δύση μέχρι την Ανατολή. Το μετρικό σύστημα κάνει προβολή ενός μέρους της γης σε μια επίπεδη επιφάνεια ή χάρτη. Για κάθε κάθετη γραμμή του πλέγματος, υπάρχει ένας αριθμός, στο κάτω και στο επάνω μέρος των UTM χαρτών, ο οποίος δείχνει πόσα χιλιόμετρα απέχει η κάθετη γραμμή, με κατεύθυνση προς τα Ανατολικά, από τη ζώνη εκκίνησης. Για κάθε οριζόντια γραμμή του πλέγματος, υπάρχει ένας αριθμός, στις πλευρές των UTM τοπογραφικών χαρτών, ο οποίος δείχνει πόσα χιλιόμετρα απέχει η οριζόντια γραμμή, με κατεύθυνση προς το Βορρά (στο βόρειο ημισφαίριο), από τον ισημερινό. Όταν χρησιμοποιείται το μετρικό σύστημα το κατάλληλο επίπεδο

αναφοράς στο οποίο προβάλλονται οι γωνίες (γεωγραφικό μήκος- πλάτος) πρέπει να είναι γνωστό. Υπάρχουν δύο επιλογές : North American Datum of 1927 (NAD27) και World Geodetic Reference System (WGS84). Οι δέκτες GPS χρησιμοποιούν το (WGS84).

## **2.6. ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ**

Ζώνες διαχείρισης είναι γεωγραφικές περιοχές εντός του αγροτεμαχίου που αντιμετωπίζονται ως ομοιογενείς έτσι ώστε οι εισροές και γενικά η διαχείριση της καλλιέργειας είναι ξεχωριστή σε κάθε ζώνη με τελικό αποτέλεσμα την βέλτιστη διαχείριση της γεωργικής εκμετάλλευσης (Zhang et al., 2002).

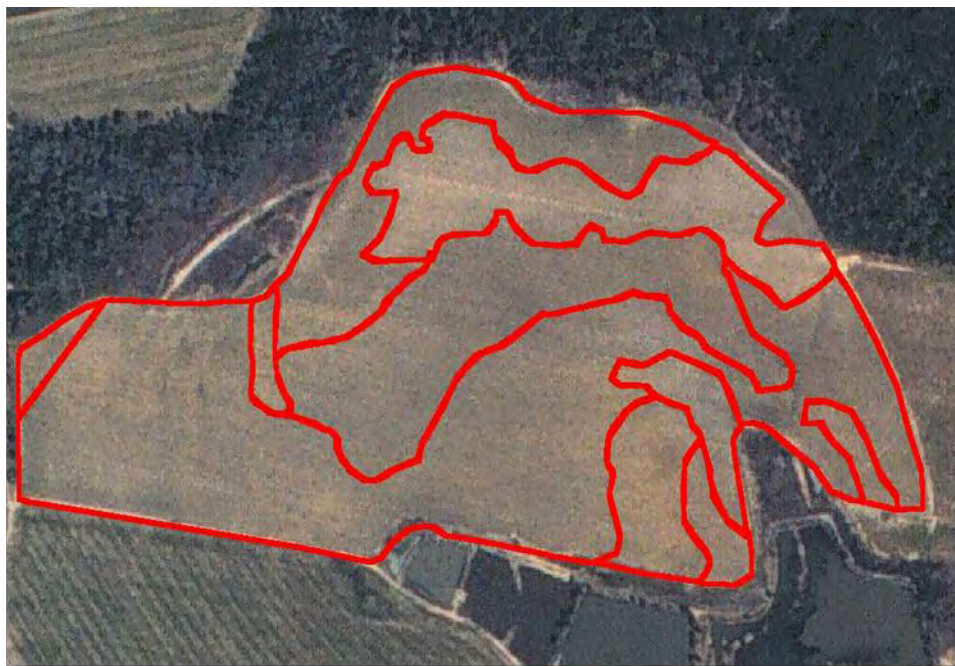
Οι ζώνες διαχείρισης δημιουργούνται για να εφαρμόσουμε τις εισροές σε διαφορετική δόση και χρόνο σε κάθε ζώνη του αγροτεμαχίου, αλλά και να διαφοροποιήσουμε τις καλλιεργητικές φροντίδες σε κάθε ζώνη με κύριο στόχο την αντιμετώπιση της χωρικής αλλά και χρονικής παραλλακτικότητας με παράλληλη αύξηση της παραγωγής (Gemtos et al., 2003, Blackmore et al., 2003).

Ο κύριος παράγοντας δημιουργίας των ζωνών διαχείρισης είναι η παραλλακτικότητα της παραγωγής. Τα δεδομένα που συλλέγουν οι αισθητήρες παραγωγής σε ένα σύστημα χαρτογράφησης χρησιμοποιούνται έπειτα για την δημιουργία των ζωνών. Εκτός από την παραγωγή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και άλλους παράγοντες όπως η υγρασία του σπόρου, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής, προσβολές από εχθρούς και ασθένειες, τους δείκτες βλάστησης, τις παραγωγικές εισροές που χρησιμοποιήθηκαν τα προηγούμενα έτη, το είδος της προηγούμενης καλλιέργειας, τη μέθοδο κατεργασίας του εδάφους, αεροφωτογραφίες γυμνού εδάφους κ.α

Το μέγεθος και ο αριθμός των ζωνών που δημιουργούνται σε ένα αγροτεμάχιο εξαρτάται από το μέγεθος της παραλλακτικότητας που παρουσιάζει ο αγρός, από τα τεχνικά μέσα που διαθέτει ο παραγωγός αλλά και από το σχήμα και μέγεθος του αγροτεμαχίου. Οι ζώνες διαχείρισης θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο εύκολα διαχειρίσιμες από τον παραγωγό. Τέλος το μέγεθος και ο αριθμός των



ζωνών διαφέρουν από έτος σε έτος και εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας αλλά και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν (Fraisie et al. 2001a).



**Σχήμα 2.6.** Διαχωρισμός ενός αγρού σε ζώνες διαχείρισης

Κάνοντας μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρατηρούμε ότι, οι Perry et al. (2007) δημιούργησαν ζώνες διαχείρισης με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, Οι Fraisie et al. (2001a) χρησιμοποίησαν ένα συνδυασμό από τοπογραφικά δεδομένα (υψόμετρο, κλίση εδάφους) και ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους για την δημιουργία ζωνών διαχείρισης. Οι Kitchen et al., (2003) χρησιμοποίησαν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους για την δημιουργία ζωνών διαχείρισης επειδή βρήκαν ότι σχετίζεται με την παραγωγή, οι Fleming et al., (2000) δημιούργησαν ζώνες διαχείρισης ανάλογα με το χρώμα του εδάφους χρησιμοποιώντας αεροφωτογραφίες γυμνού εδάφους.

Για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης έχουν αναπτυχθεί διάφορα λογισμικά δύο εκ των οποίων είναι το FuzMe του Κέντρου για την Γεωργία Ακριβείας της Αυστραλίας στο Πανεπιστήμιο του Σύδνεϋ και το MZA (Management Zone Analyst) του Πανεπιστήμιου του Μιζούρι των ΗΠΑ. Η ίδια μεθοδολογία ακολουθείται και από τα δύο προγράμματα και είναι η cluster analysis και ο αλγόριθμος fuzzy c- means.

Δύο δείκτες καθορίζουν τον αριθμό των κλάσεων-ζωνών διαχείρισης και είναι ο FPI (Fuzziness Exponent Index) και NCE (Normalized Classification Entropy). Ο δείκτης FPI δείχνει τον βαθμό διαχωρισμού των κλάσεων και παίρνει τιμές από 0 έως 1. Καθώς οι τιμές του FPI πλησιάζουν στο 0 δείχνουν ευδιάκριτες κλάσεις ενώ όταν οι τιμές πλησιάζουν το 1 οι κλάσεις δεν είναι ευδιάκριτες και ένα σημείο του αγρού μπορεί να ανήκει σε παραπάνω από μία κλάσεις.

Ο δείκτης NCE παίρνει επίσης τιμές από 0 έως 1 και κάνει εκτίμηση του ποσοστού της ασάφειας που δημιουργείται από ένα ορισμένο αριθμό κλάσεων. Όταν ο NCE παίρνει τιμές κοντά στο 1 επικρατεί ασάφεια ενώ όταν παίρνει τιμές κοντά στο 0 επικρατεί καλύτερη οργάνωση. Όταν και οι δύο δείκτες έχουν ελάχιστη τιμή τότε έχουμε τον άριστο αριθμό κλάσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

### ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η συμπίεση του εδάφους είναι ένα από τα μεγάλα προβλήματα που αντιμετωπίζει η σύγχρονη γεωργία. Η πολύ συχνή χρήση των μηχανημάτων, η εντατική καλλιέργεια, η περιορισμένη αμειψισπορά, η εντατική βόσκηση και η ακατάλληλη διαχείριση του εδάφους οδηγεί σε υπερβολική συμπίεση.

#### 3.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Ως συμπίεση του εδάφους ορίζεται: "η διαδικασία με την οποία οι κόκκοι του εδάφους αναδιαμορφώνονται, μειώνεται το κενό μεταξύ τους και έρχονται σε στενότερη επαφή με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πυκνότητα"(Soil Science Society of America, 1996) σχετίζεται με συγκεντρωτικά στοιχεία του εδάφους επειδή αλλάζει η χωρική διάταξη, το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων και των αδρανών υλικών, κατά συνέπεια ο χώρος του πορώδους τόσο εντός όσο και μεταξύ των εν λόγω μονάδων (Defossez and Richard, 2002). Η φύση και η έκταση αυτής της υποβάθμισης, η οποία αυξάνεται από την έλλειψη της οργανικής ουσίας, έχει αναγνωριστεί παγκοσμίως. Η συμπίεση επηρεάζει επίσης την ανοργανοποίηση του αζώτου σε οργανικό άνθρακα (Neve and Hofman, 2000) αλλά και γενικότερα τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο έδαφος (Conlin and Driessche, 2000).

Αν και η συμπίεση θεωρείται το σοβαρότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα που προκαλείται στη συμβατική γεωργία (McGarry, 2001), είναι το πιο δύσκολο είδος υποβάθμισης, κυρίως επειδή μπορεί να μην παρουσιάζει εμφανή σημάδια στην επιφάνεια του εδάφους.

Η δύναμη του εδάφους χρησιμοποιείται ως ένα μέτρο συμπίεσης του εδάφους, δεδομένου ότι αντικατοπτρίζει την αντοχή του εδάφους σε διεισδύσεις ριζικών συστημάτων ( Hamza and Anderson, 2001, 2003).

Η εδαφολογική συμπίεση είναι μια σημαντική παράμετρος που έχει άμεση επίδραση στην παραγωγικότητα των φυτών, στο κόστος καλλιέργειας και στην ποιότητα των προϊόντων. Η συμπύκνωση του εδάφους σε γεωργικές εκτάσεις προκαλείται από τη συχνή μετακίνηση των βαρέων γεωργικών μηχανημάτων σε όλο το πεδίο του χωραφιού. Ξεκινώντας από τη σπορά, την λίπανση, την εφαρμογή χημικών και τέλος τη συγκομιδή των προϊόντων η χρήση αυτών των μηχανημάτων προκαλεί υψηλή συμπύκνωση στο ανώτερο στρώμα του εδάφους (Tekin and Okursoy, 2007, Usowicz and Lipiec 2009). Ένα συμπιεσμένο έδαφος χαρακτηρίζεται από μειωμένο εδαφολογικό πορώδες, αυξημένη πυκνότητα και δύναμη (Tarawally et al. 2004) που έχουν επικίνδυνες συνέπειες για την διέλευση του αέρα και την διήθηση του νερού εντός του εδάφους (Scott et al. 2005., Shulan Zhang et al., 2006) όπως και την αύξηση ρίζας (Lipiec and Hatano 2003., Botta et al., 2006). Τα συμπυκνωμένα εδάφη απαιτούν μεγαλύτερη δύναμη επεξεργασίας και, κατά συνέπεια, μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.

### **3.2. ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΠΟ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ**

Η κίνηση τροχοφόρων γεωργικών μηχανημάτων είναι κοινή στις περισσότερες εργασίες στον γεωργικό τομέα ακόμη και στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας (Tullberg, 1990). Το όργωμα, η συγκομιδή και η εφαρμογή των χημικών και των λιπασμάτων είναι οι πιο κοινές εργασίες στα περισσότερα αγροκτήματα. Όλες αυτές οι εργασίες εκτελούνται από βαριά τροχοφόρα, μηχανήματα. Η εδαφολογική συμπίεση από τους τροχούς χαρακτηρίζεται από τη μείωση του πορώδους του εδάφους και εντοπίζεται στη ζώνη κάτω από την κίνηση των τροχών. Ο βαθμός συμπίεσης εξαρτάται από τα ακόλουθα: (Larson et al, 1980 Hettiaratchi, 1987) Από την μηχανική αντοχή του εδάφους, η οποία επηρεάζεται από εγγενείς ιδιότητες του εδάφους, όπως η υφή, η οργανική ουσία, η δομή που οργώνεται (Horn et al, 1994.) και τη πίεση που ασκείται, η οποία εξαρτάται από το φορτίο ανά άξονα, τις διαστάσεις των ελαστικών την ταχύτητα κίνησης, καθώς και την αλληλεπίδραση του εδάφους με τα ελαστικά (Lebert et al, 1998.). Έχει υπολογιστεί ότι πάνω από το 30% της έκτασης του εδάφους συμπιέζεται από τα ελαστικά των βαρέων αγροτικών μηχανημάτων, ακόμη και σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας

(ένα πέρασμα στη σπορά) (Tullberg, 1990). Με μία ελάχιστη κατεργασία (2-3 περάσματα) το ποσοστό αναμένεται να υπερβεί το 60% και στη συμβατική καλλιέργεια (πολλαπλά περάσματα) θα υπερβεί το 100% κατά τη διάρκεια ενός κύκλου καλλιέργειας (Soane et al., 1982). Το όργωμα και η χρήση των βαρέων αγροτικών μηχανημάτων προκαλούν συμπύκνωση του υπεδάφους σε διαφορετικούς τύπους και σε διάφορες κλιματικές συνθήκες (Raper et al, 1998. Mosaddeghi et al, 2000.). Η επίδραση του παραδοσιακής άροσης, της μειωμένης κατεργασίας, καθώς και της μη κατεργασίας του εδάφους στην υγρασία, στην οργανική ουσία και την συμπίεση ερευνήθηκαν από Benito et al. (1999). Βρήκαν ότι το έδαφος συγκρατούσε πολύ περισσότερη υγρασία όταν δεν γινόταν άροση και αναμόχλευση σε σύγκριση με όταν εφαρμοζόταν η παραδοσιακή άροση, ειδικά σε ξηρά έτη. Η εδαφολογική συμπίεση μειώνεται με την παραδοσιακή άροση, αλλά αυξάνεται η συμπίεση στο υπεδάφος μετά τη συγκομιδή, με αποτέλεσμα την μειωμένη συμπίεση του εδάφους σε σχέση με την μη κατεργασία. Το ποσοστό της οργανικής ουσίας του εδάφους αυξήθηκε μετά από μειωμένη κατεργασία. Ορισμένοι ερευνητές ισχυρίζονται ότι η μειωμένη κατεργασία ή η συμβατική άροση είναι ευνοϊκότερη από τη μη κατεργασία, διότι οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους που δημιουργούνται είναι ευνοϊκότερες για την ανάπτυξη της καλλιέργειας σε σύγκριση με τη μη άροση (Tormenta et al., 2002) και ότι οι κρίσιμες τιμές πέραν της οποίας η διείδυση της ρίζας περιορίζεται αρκετά ( $> 2$  MPa) παρατηρήθηκαν κυρίως για το σύστημα της μη κατεργασίας (Silva et al., 2000a). Αν οι γεωργικές εργασίες εκτελούνται όταν το έδαφος είναι ξηρό έως πολύ ξηρό, η συμπίεση του εδάφους θα μπορούσε να ελαχιστοποιηθεί σημαντικά. Η τυχαία διέλευση των τροχοφόρων γεωργικών μηχανημάτων μπορεί να συμπιέσει το έδαφος, να μειώσει την ικανότητα διείδυσης με αποτέλεσμα να αυξάνεται η κατανάλωση της ενέργειας (Li HongWen et al., 2000).

Ο αριθμός των διαβάσεων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην συμπύκνωση του εδάφους, διότι οι παραμορφώσεις μπορεί να αυξηθούν με τον αριθμό των περασμάτων (Bakker and Davis, 1995). Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι όλες οι ιδιότητες του εδάφους επηρεάζονται αρνητικά μετά το πέρασμα ενός ελκυστήρα (Chygarev and Lodyata, 2000) και ότι ένας αριθμός περασμάτων από ένα

ελαφρύ ελκυστήρα, δημιουργεί την ίδια ή ακόμη μεγαλύτερη συμπίεση από ό, τι ένας βαρύτερος ελκυστήρας με λιγότερα περάσματα. Ο κρίσιμος αριθμός των περασμάτων ήταν δέκα, πέρα από τον οποίο τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του ελαφρύτερου ελκυστήρα χάθηκαν (Jorajuria and Draghi, 2000). Ωστόσο, το πρώτο πέραςμα των τροχών είναι γνωστό ότι προκαλεί μια σημαντική μερίδα του συνόλου της συμπίεσης του εδάφους (Bakker and Davis, 1995). Συμπίεση του υπεδάφους προκαλείται από επαναλαμβανόμενη κίνηση με χαμηλό φορτίο ανά άξονα και τα δυσμενή αποτελέσματα μπορεί να παραμείνουν για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα (Balbuena et al., 2000). Κυκλοφορία από τροχοφόρα μηχανήματα με φορτίο ανά άξονα άνω των 9 ton μπορεί να προκαλέσει αυξημένη συμπίεση και αντίσταση στη διείσδυση στο υπεδάφος σε βάθος > 30 εκατοστά κάτω από την επιφάνεια. Οι αλλαγές των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους που θα προκύψουν μπορεί να οδηγήσουν σε μακροχρόνια μειωμένη απόδοση των φυτών.. Balbuena et al. (2000) ανέφεραν ότι 10 περάσματα επηρεάζουν σημαντικά τις ιδιότητες του εδάφους στο επιφανειακό στρώμα και ιδιαίτερα στα πρώτα 50 εκατοστά βάθους και ιδίως το πρώτο πέραςμα.

### **3.3. ΛΥΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ**

Δεδομένου ότι η συμπίεση μειώνει κυρίως το πορώδες του εδάφους (αύξηση της πυκνότητας), η αύξηση του πορώδους του εδάφους (μείωση της πυκνότητας) είναι ένας τρόπος για τη μείωση ή την εξάλειψη της συμπίεσης. Διαχείριση της συμπίεσης του εδάφους, κυρίως σε άνυδρες και ημιάνυδρες περιοχές, μπορεί να επιτευχθεί με σωστή εφαρμογή ορισμένων ή όλων των ακόλουθων τεχνικών: (α) την αύξηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος (β) την ελεγχόμενη κίνηση των μηχανημάτων (γ) την χαλάρωση του εδάφους με μία βαθιά άροση ή σχίσιμο (δ) την επιλογή μιας σειράς διαδοχικών καλλιεργειών που περιλαμβάνουν φυτά με ισχυρό ριζικό σύστημα που είναι ικανά να σπάσουν τα συμπιεσμένα εδάφη.

Οι βελτιωμένες τεχνικές διαχείρισης της γης είναι ζωτικής σημασίας για την εξασφάλιση της φυσικής κατάστασης του εδάφους οι οποίες αυξάνουν την

περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας μειώνοντας στο ελάχιστο την κατεργασία του εδάφους (Mitchell and Berry, 2001).

### 3.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για να εξεταστεί η συμπύκνωση του εδάφους στις γεωργικές εκτάσεις (Hemmat and Adamchuk, 2008). Ανάμεσά τους η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη είναι ο δείκτης κώνου CI που ορίζεται ως η δύναμη που απαιτείται για να πιέσει ένα πρότυπο κυκλικό κώνο εντός του εδάφους. Οι μετρήσεις του δείκτη κώνου CI μπορεί να ληφθεί με την γνωστή εφαρμογή ως διεισδυσιόμετρο εδάφους.

Τα πρώτα διεισδυσιόμετρα εισήχθησαν στη γεωργία κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960. Υπήρχαν απλές κατασκευές, όπου οι ενδείξεις καταγραφόταν με το χέρι (Hendrick 1969). Ωστόσο, η μεγάλη ευελιξία της εφαρμογής και η ικανότητα να επιτύχει ταχείες ενδείξεις συμπίεσης του εδάφους το καθιστά ένα πολύτιμο εργαλείο για τη γεωργική έρευνα η οποία με τη σειρά της προκάλεσε την ανάπτυξη και τη βελτίωση των χαρακτηριστικών του οργάνου. Σταδιακά αναπτύχθηκαν ηλεκτρονικά μέσα που ήταν σε θέση να παρακολουθούν την αντίσταση διείσδυσης και το διεισδυτικό βάθος με τη χρήση δυναμοκυψελών και διόδων φωτός ή με συσκευές υπερήχων που καταγράφουν τις μετρήσεις σε φορητούς ηλεκτρονικούς καταχωρητές δεδομένων. Τα αποτελέσματα συνήθως αναφέρονται με όρους δύναμης ανά μονάδα βάσης του κώνου που σχηματίζει την άκρη του διεισδυσιόμετρου (pounds/inch<sup>2</sup> όπου μερικές φορές παρουσιάζεται ως σύντμηση σαν psi ή kPa) Εν τω μεταξύ χρησιμοποιούμε, τα πρότυπα τις ASABE για τις διαστάσεις του κώνου και την ταχύτητα διείσδυσης προκειμένου να επιτευχθεί η συγκρισιμότητα των μέτρων που λαμβάνονται από διάφορες κατασκευές (ASABE 2009)

Σήμερα η εισαγωγή της γεωργίας ακριβείας στον τομέα της γεωργίας ζητά εντατικότερες και επαναλαμβανόμενες μετρήσεις της εδαφολογικής συμπίεσης. Για να είναι σε θέση να προβεί σε σταθερές μετρήσεις, έχουν καταβληθεί προσπάθειες για το σχεδιασμό ενός διεισδυσιόμετρου οριζόντιας λειτουργίας. Πρόκειται για δομές που αποτελούνται από ένα οριζόντιο προσανατολισμό και η άκρη διείσδυσης

συνδέεται με μία δυναμοκυψέλη και υποστηρίζεται από μηχανισμούς βαρέου τύπου. Η εφαρμογή είναι τοποθετημένη στο πίσω μέρος των τριών σημείων σύνδεσης του ελκυστήρα (Sirjacobs et al., 2001, Sun et al. 2006). Ωστόσο, υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα στη χρήση αυτών των εργαλείων. Το υπόγειο κινούμενο μέρος έχει αυξημένες διαστάσεις και πρέπει να είναι σημαντικά ισχυρό ώστε να αντέξει τις υψηλές δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό. Επιπλέον η ανακοπή του εδάφους δεν συμβαίνει με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα λειτουργικά βάθη δεδομένου ότι εξαρτάται από παράγοντες όπως η δομή του εδάφους και το κρίσιμο βάθος (Hemmat et al., 2009).

Από την άλλη πλευρά τα διεισδυσιόμετρα που λειτουργούν κάθετα είναι απαλλαγμένα από τα παραπάνω προβλήματα, αλλά περιορίζονται να κάνουν μόνο ακριβής μετρήσεις. Καταβλήθηκαν προσπάθειες για τη βελτίωση της απόδοσης των κάθετων διεισδυσιόμετρων με την προσαρμογή τους στον γεωργικό ελκυστήρα στο σύστημα σύνδεσης τριών σημείων και η διαδικασία διείσδυσης να υποστηρίζεται από το υδραυλικό σύστημα (Jones and Kunze, 2004, Hooks and Janses, 1986, Alimardani, 2005,). Επιπλέον, η ισχύς του τρακτέρ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδυάσει περισσότερες από μία εφαρμογές και να αποκτήσει πολλαπλές μετρήσεις διείσδυσης βελτιώνοντας εντυπωσιακά της επιδόσεις της διαδικασίας (Boon et al. 2005). Άλλοι ερευνητές προσπαθούν να συνδυάσουν μετρήσεις αντίστασης διείσδυσης με άλλες σημαντικές παράμετροι του εδάφους, όπως η διατμηματική αντοχή του εδάφους (Raper et al. 1999) και η υγρασία του εδάφους (Carlos et al. 2001).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

### ΣΙΤΑΡΙ

#### 4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα σιτηρά περιλαμβάνουν φυτά με μεγάλη οικονομική σημασία. Καλλιεργούνται κυρίως για τους αμυλούχους σπόρους τους, που αποτελούν τη βάση της διατροφής του ανθρώπου και των ζώων και δευτερευόντως για την παραγωγή χονδροειδών ζωοτροφών. Επίσης, οι σπόροι αποτελούν πρώτη ύλη για τη βιομηχανία. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται αυξανόμενο ενδιαφέρον και γίνεται εκτεταμένη έρευνα για την παραγωγή βιοενέργειας από τους σπόρους και τη βιομάζα των σιτηρών. Τα σιτηρά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την εποχή σποράς αυτών. Τα χειμερινά και τα εαρινά. Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη, η σίκαλη και το τριτικάλε, ενώ στη δεύτερη το καλαμπόκι, το ρύζι, το σόργο και το κεχρί.

Σήμερα, τα σιτηρά εξακολουθούν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια γεωργία και τα προϊόντα τους αποτελούν τη βάση της διατροφής του πληθυσμού του πλανήτη μας. Πλήθος προϊόντων διατροφής έχουν ως βάση κάποιο σιτηρό. Και δεν είναι μόνο εκείνα τα φαγητά και εν γένει σκευάσματα όπως ο άρτος, το ρύζι, τα ζυμαρικά ή πολλά άλλα προϊόντα που είναι γνωστά στο ευρύ κοινό ότι προέρχονται από τα φυτά αυτά, αλλά και πλήθος άλλων προϊόντων όπως η μύρα, το ούισκι και άλλα έχουν ως πρώτη ύλη κάποιο σιτηρό. .

#### 4.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΣΙΤΗΡΩΝ

Τα σιτηρά είναι υψηλής ενεργειακής αξίας τροφές, ενώ και η πρωτεϊνική τους αξία είναι αρκετά καλή. Υπολογίζεται ότι οι καταναλισκόμενες από τον άνθρωπο, υπό την μια μορφή ή την άλλη, ποσότητες σιτηρών προμηθεύουν το 53% της ανθρώπινης ενέργειας, ενώ το 41% αυτής προέρχεται από το σιτάρι και το ρύζι. Σημαντικό μέρος του υπόλοιπου 47% προέρχεται εμμέσως από τα σιτηρά, αφού προηγουμένως χορηγηθεί στα ζώα και μετατραπεί σε κτηνοτροφικά προϊόντα όπως

κρέας, αυγά, γάλα ή ζωικό λίπος, τα οποία χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για τη διατροφή του.

Στην Ελλάδα υπολογίζεται ότι τα προϊόντα των σιτηρών και κυρίως το σιτάρι προμηθεύουν πάνω από 50% της καταναλισκόμενης για την ανθρώπινη διατροφή ενέργεια.

Σε όλο τον κόσμο τα σιτηρά καλλιεργούνται σε 7 περίπου δισεκατομμύρια στρέμματα κάθε χρόνο και καλύπτουν το 50% των καλλιεργουμένων εκτάσεων. Η παγκόσμια παραγωγή σιτηρών το έτος 2009 ανέρχεται σε 2489 περίπου εκατομμύρια τόνους με μια μέση στρεμματική απόδοση 351 χιλιόγραμμων (FAOSTAT-2009).

Σύμφωνα με αποτελέσματα της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας του έτους 2007, το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων της Ελλάδας ανέρχεται σε 37.617 εκατομμύρια στρέμματα. Από το σύνολο αυτό, τα 20.352 εκατομμύρια στρέμματα είναι αροτραίες καλλιέργειες, τα 1.263 μόνιμες φυτείες (αμπέλια - σταφιδάμπελα) 1.087 στρέμματα κηπευτικές καλλιέργειες, τα 4.808 αγρανάπαυση 1-5 ετών και τα υπόλοιπα 10.106 εκατομμύρια στρέμματα δενδρώδεις καλλιέργειες. (ΕΣΥΕ, 2007).

Ως προς το είδος των καλλιεργειών, τα σιτηρά για καρπό καταλαμβάνουν την πρώτη θέση, με καλλιεργούμενη έκταση 11.842 εκατομμύρια στρέμματα ή ποσοστό 31,48% , οι κανονικοί δέντρωνες τη δεύτερη με 10,106 εκατομμύρια στρέμματα ή ποσοστό 26,86% και ακολουθούν τα βιομηχανικά φυτά με 4.113 εκατομμύρια στρέμματα ή ποσοστό 10,93% με κύρια την καλλιέργεια βάμβακος η οποία ανέρχεται σε 3.628 εκατομμύρια στρέμματα και αντιστοιχεί στο 9,64% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων (ΕΣΥΕ, 2007).

Ο κύριος όγκος της καλλιέργειας των σιτηρών συγκεντρώνεται στη Βορειοανατολική Ελλάδα. Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει τη Θράκη, τη Μακεδονία και τη Θεσσαλία και από γεωργική άποψη κατέχει ιδιαίτερη θέση ανάμεσα στις κλιματικές περιοχές της χώρας. Εδώ βρίσκονται οι μεγαλύτερες και ευφορότερες πεδιάδες, με καλές προϋποθέσεις άρδευσης και εντατικοποίησης των καλλιεργειών,

ενώ το κλίμα διαφοροποιείται και από καθαρά Μεσογειακό τείνει προς το Ηπειρωτικό.

Είναι γνωστό ότι η θεαματική αύξηση των αποδόσεων και της παραγωγικότητας στη γεωργία προέρχονται από τη συνδυασμένη δράση τριών παραγόντων:

1. Τη δημιουργία και διάδοση νέων ποικιλιών με υψηλότερο δυναμικό απόδοσης και καλύτερη ποιότητα.
2. Την εισαγωγή νέας βελτιωμένης τεχνολογίας στη σποροπαραγωγή.
3. Τη βελτιωμένη τεχνική υποστήριξη των καλλιεργειών με χρήση χημικών.
4. Την εκμηχάνιση της γεωργίας που επιτρέπει την έγκαιρη και ακριβή εφαρμογή των καλλιεργητικών φροντίδων(ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΣΙΤΗΡΩΝ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ 2007)

### **4.3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ**

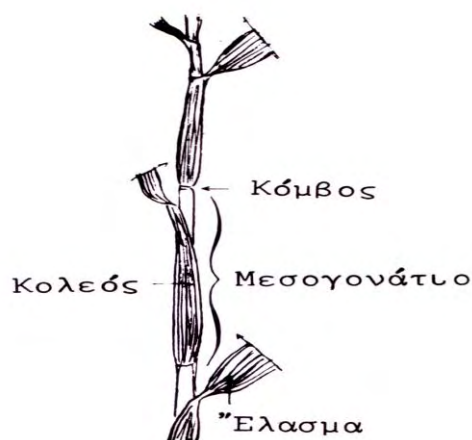
Το σιτάρι ανήκει στο γένος *Triticum*. Η κατάταξη των ειδών του γένους γίνεται με βάση τις ομάδες χρωμοσωμάτων που περιέχουν. Το γένος *Triticum* έχει τρεις κύριες ομάδες χρωμοσώμων τις A, B, D και μία τέταρτη η G η οποία μοιάζει αρκετά με την B. Ανάλογα με τον αριθμό των ομάδων διακρίνουμε τα είδη σε διπλοειδή, τετραπλοειδή και εξαπλοειδή. Από τα είδη τα οποία καλλιεργήθηκαν παλαιότερα ή και συνεχίζουν να καλλιεργούνται και σήμερα πιο διαδεδομένο παγκοσμίως είναι το *T.aestivum* L. Subsp. *aestivum* κοινό σιτάρι , η κύρια χρήση του οποίου είναι η Παρασκευή ψωμιού. Ακολουθεί με μεγάλη διαφορά το *T. turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) husn, σκληρό σιτάρι από το οποίο παράγεται το σιμιγδάλι που χρησιμοποιείται για την παρασκευή κυρίως των μακαρονιών.

## 4.4. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ

### 4.4.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το ριζικό σύστημα του σιταριού είναι θυσσανώδες και αποτελείται από δύο κατηγορίες ριζών α) τις εμβρυακές και β) τις μόνιμες ή δευτερογενείς. Οι εμβρυακές βγαίνουν από το σπόρο κατά το φύτευμα ενώ οι μόνιμες που αποτελούν τον κύριο όγκο του ριζικού συστήματος σχηματίζονται από τους πρώτους κόμβους που βρίσκονται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Το σημείο αυτό ονομάζεται σταυρός. Οι εμβρυακές ρίζες είναι συνήθως 3-8 λεπτές με ομοιόμορφη διάμετρο και άφθονες πλευρικές διακλαδώσεις. Οι μόνιμες είναι πολυάριθμες παχύτερες και ισχυρότερες, αναπτύσσονται αρχικά οριζοντίως και έπειτα προς τα κάτω. Οι περισσότερες φθάνουν σε βάθος 30-50 cm μπορούν όμως να διεισδύσουν μέχρι και 2 m.

Ο βλαστός συνήθως ονομάζεται καλάμι. Είναι κυλινδρικός αποτελείται από μεσογονάτια διαστήματα και από συμπαγή γόνατα ή κόμβους. Ο αριθμός των μεσογονατίων εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία ενώ το μήκος από τη θέση τους στο βλαστό και από το γενότυπο (σχήμα 4.4.1.1.). Η διάμετρος του βλαστού κυμαίνεται από 3-10 mm ενώ το ύψος του φυτού 60-150 cm. Από καταβολές οφθαλμών που βρίσκονται στους κόμβους του βλαστού ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους εκφύονται νέα στελέχη που ονομάζονται αδέρφια.



Σχήμα 4.4.1.1. Βλαστός σκληρού σίτου.

Τα φύλλα του σιταριού αποτελούνται από δύο κύρια τμήματα τον κολεό και το έλασμα. Στο σημείο που ενώνεται το έλασμα με το κολεό διακρίνονται δύο εξαρτήματα το γλωσσίδιο και τα ωτίδια. Τα φύλλα είναι τοποθετημένα σε δύο σειρές η μία απέναντι από την άλλη. Ο αριθμός των φύλλων κυμαίνεται από 5-10 (Παπακώστα 2008).

Τα άνθη είναι τοποθετημένα σε ταξιανθίες. Η ταξιανθία αποτελείται από έναν κύριο αρθρωτό άξονα τη ράχη ο οποίος είναι προέκταση του βλαστού. Η ταξιανθία στο σκληρό σιτάρι είναι στάχης (σχήμα 4.4.1.2. )



**Σχήμα 4.4.1.2.** Στάχης σκληρού σίτου.

Ο στάχης έχει μήκος 6-8 cm. Κάθε σταχύδιο αποτελείται από 2-9 ανθίδια εκ των οποίων το ένα ή τα δύο ανώτερα είναι στείρα. Συνήθως σε κάθε σταχύδιο παράγονται 2 έως 3 καρποί.

Ο καρπός των σιτηρών είναι καρύοψη όπου το περίβλημα του σπόρου είναι ενωμένο σταθερά και σε ολόκληρη την έκτασή του με την εσωτερική πλευρά του περικαρπίου ώστε καρπός και σπόρος να αποτελούν μια μονάδα τον κόκκο. Ο κόκκος αποτελείται από το περικάρπιο, το περίβλημα του σπόρου, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο (Παπακώστα 2008).

#### 4.4.2. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ-ΚΛΙΜΑ

Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες, όπου φαίνεται να προσαρμόζεται στο ξηροθερμικό περιβάλλον. Η άριστη θερμοκρασία φυτρώματος και ανάπτυξης του σίτου είναι 20-25<sup>0</sup>C, η ελάχιστη 3-4<sup>0</sup>C και η μέγιστη 32-35<sup>0</sup>C. Οι χειμερινές ποικιλίες αντέχουν στο ψύχος μέχρι -18<sup>0</sup>C, ή μετά από σκληραγώγηση ως -30<sup>0</sup>C και κάτω από χιόνι ως -40<sup>0</sup>C. Κυρίως ενδιαφέρει η θερμοκρασία στο βάθος του 1-3 cm όπου βρίσκεται ο σταυρός, στον οποίο η ζημιά έχει τις σοβαρότερες επιπτώσεις. Το σιτάρι καλλιεργείται παγκοσμίως σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 250 έως 1750 mm αλλά συνήθως (στο 75% της συνολικής έκτασης) σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι 375-875 mm νερού, για τη μέγιστη απόδοση χρειάζονται από 250-1000 mm. Περισσότερο νερό χρειάζεται το σιτάρι στην περίοδο μεταξύ καλαμώματος και ανθήσεως. Η κατανομή της βροχής στην Ελλάδα είναι δυσμενής επειδή το πιο πολύ νερό πέφτει το χειμώνα και επιπλέον η κατανομή την άνοιξη είναι ακανόνιστη. Συνήθως οι βροχές του Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου ξεπερνούν τις ανάγκες των φυτών, γίνεται αποθήκευση στο έδαφος και χρησιμοποίηση της υγρασίας αργότερα. Οι βροχές της άνοιξης είναι ευεργετικές λόγω σύμπτωσής τους με την κρίσιμη περίοδο όπου τα φυτά έχουν ένα μέγιστο αναγκών σε νερό και θρεπτικά συστατικά.

Αν και καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών (από αμμώδη μέχρι βαριά αργιλλώδη), τις υψηλότερες αποδόσεις δίνει σε γόνιμα βαθιά καλώς στραγγιζόμενα ιλυοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη εδάφη. Η εξάρτηση της απόδοσης από τις βροχοπτώσεις είναι μεγαλύτερη στα αργιλοπηλώδη και τα αμμοαργιλοπηλώδη σε σχέση με αμμοπηλώδη και αργιλώδη (Lithourgidis et al 2006a). Για το σιτάρι θεωρούνται ακατάλληλα τα όξινα εδάφη διότι είναι μέτριο ανθεκτικό στην οξύτητα. Το ελάχιστο pH θα πρέπει να είναι 5,5 ενώ τις υψηλότερες αποδόσεις δίνει σε εδάφη με pH 7-8,5 (Παπακώστα 2008).

### 4.4.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ

**Αμειψισπορά.** Ορίζεται ως η συστηματική εναλλαγή των καλλιεργειών στο ίδιο χωράφι. Συντελεί στη συντήρηση και πληρέστερη εκμετάλλευση της γονιμότητας του εδάφους, την καταπολέμηση των παρασίτων και ζιζανίων των φυτών την καλύτερη αξιοποίηση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων και τελικά στη σταθεροποίηση των αποδόσεων. Η δυνατότητα εφαρμογής αμειψισποράς στο σιτάρι είναι περιορισμένη διότι δεν υπάρχει δυνατότητα άρδευσης στις περισσότερες περιοχές της χώρας. Παρόλα αυτά το σιτάρι μπορεί να ενταχτεί σε πρόγραμμα αμειψισποράς με εξαιρετικά αποτελέσματα με ψυχανθή, ελαιοδοτικά αλλά και ποτιστικές καλλιέργειες όπως βαμβάκι.

**Κατεργασία του εδάφους.** Με βάση την ένταση της κατεργασίας διακρίνονται τρία βασικά συστήματα κατεργασίας: 1) η παραδοσιακή κατεργασία, 2) η μειωμένη κατεργασία 3) και η ακαλλιέργεια. Στην Ελλάδα ο πιο συνηθισμένος τρόπος κατεργασίας είναι ο παραδοσιακός. Στο παραδοσιακό τρόπο προηγείται το όργωμα με άροτρο, που είναι συνήθως θερινό ή φθινοπωρινό και ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων. Ακολουθεί λίγο πριν τη σπορά δισκοσβάρνισμα και ενσωμάτωση των βασικών λιπασμάτων. Στη μειωμένη κατεργασία το όργωμα αντικαθίσταται από απλή αναμόχλευση με βαρύ καλλιεργητή ή άλλες μορφές καλλιεργητών ή δισκοσβάρνας σε βάθη συνήθως μικρότερα από του οργώματος. Ακολουθώς έχουμε την ίδια διαδικασία με τη παραδοσιακή κατεργασία για την προετοιμασία της σποροκλίνης. Τέλος ως ακαλλιέργεια εννοούμε το σύστημα στο οποίο γίνεται απευθείας σπορά χωρίς προηγούμενη κατεργασία του εδάφους (Παπακώστα 2008).

**Λίπανση.** Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης λίπανσης εκτός από την ποσότητα των στοιχείων που απομακρύνονται με τον καρπό λαμβάνουμε υπόψη τη γονιμότητα του εδάφους, τη προηγούμενη καλλιέργεια, τη λίπανση της προηγούμενης καλλιέργειας, τη διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων και τη διάβρωση του εδάφους. Για τις κλιματολογικές συνθήκες και τον τρόπο καλλιέργειας του σιταριού στην Ελλάδα (παραδοσιακή κατεργασία- μονοκαλλιέργεια) συνιστώνται 10-15 kg N/στρ. Η μεγαλύτερη ποσότητα χορηγείται πριν τη σπορά ενώ η υπόλοιπη νωρίς την άνοιξη. Η ποσότητα με φώσφορο που

συνίσταται είναι 6 kg/στρ και εφαρμόζεται πριν τη σπορά ενώ ποσότητα καλίου δε χρειάζεται διότι δεν έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα έλλειψης του στοιχείου στη χώρα μας. Η εφαρμογή των λιπασμάτων γίνεται κυρίως με διασκορπισμό με λιπασματοδιανομέα αλλά και με τις σπαρτικές μηχανές σιτηρών.

**Σπορά.** Το σιτάρι στη χώρα μας σπέρνεται κατά κανόνα το φθινόπωρο τους μήνες Οκτώβριο – Νοέμβριο. Για υψηλές αποδόσεις πρωταρχικός παράγοντας είναι η επιθυμητή πυκνότητα φυτών. Καλής ποιότητας σπόρος σωστή προετοιμασία του εδάφους και ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες συνήθως εξασφαλίζουν καλό φύτερωμα. Το φύτερωμα και η εγκατάσταση της επιθυμητής πυκνότητας φυτών επηρεάζονται επίσης από την εποχή σποράς, την ποσότητα σπόρου, τις αποστάσεις και το βάθος σποράς. Στη διεθνή βιβλιογραφία συνιστώνται ποσότητες από 6 ως 15 kg σπόρου ανά στρέμμα, ανάλογα με την ποικιλία. Στη χώρα μας το ινστιτούτο σιτηρών Θεσσαλονίκης μετά από πειράματα συνιστά 14-18 kg σπόρου/στρ σε περιοχές με ήπιο χειμώνα και μέχρι 20 kg σπόρου/στρ σε ορεινές περιοχές και για ποικιλίες που δεν αδελφώνουν πολύ.

Η σπορά γίνεται με σπαρτικές μηχανές σιτηρών σε γραμμές που απέχουν μεταξύ τους από 15 έως 20 cm. Το σύνηθες βάθος σποράς είναι 2-5 cm. Οι γραμμές σποράς θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν παράλληλες με την κίνηση του ήλιου και κάθετες προς τους επικρατέστερους ανέμους της περιοχής για να εξασφαλιστούν αφενός πλουσιότερος φωτισμός και αφετέρου να μειωθούν οι επιπτώσεις από το ψύχος (Παπακώστα 2008).

**Συγκομιδή και αποθήκευση.** Το σιτάρι μπορεί να θερίζεται όταν το ενδοσπέρμιο είναι σκληρό και έχει υγρασία 35-40%. Σύγχρονος θεριζοαλωνισμός γίνεται αργότερα, ώστε να περιορισθεί το ποσοστό της υγρασίας, που δυσκολεύει τον αλωνισμό. Η αποθήκευση γίνεται με υγρασία καρπού κάτω του 14%, σε ξηρές και δροσερές αποθήκες μέσα σε μεταλλικά δοχεία ή σάκους ή χύμα, καθώς και σε μεγάλα σιλό. Ο θεριζοαλωνισμός στη χώρα μας πραγματοποιείται με σύγχρονες θεριζοαλωνιστικές μηχανές κατά τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.**

### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε οκτώ διαφορετικούς αγρούς σιταριού στην ευρύτερη αγροτική περιοχή των Σοφάδων του Ν. Καρδίτσας έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009-2010 και εκτίμηση της συμπίεσης στη διεύθυνση του εδάφους σε ένα από τα αγροτεμάχια.

Το σύστημα καταγραφής της παραγωγής τοποθετήθηκε σε θεριζοαλωνιστική μηχανή CLAAS Dominator 106, η οποία χρησιμοποιείται επαγγελματικά από τον ιδιοκτήτη σε καλλιέργειες σκληρού και μαλακού σίτου, κριθαριού και αραβοσίτου.

#### **5.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ AG LEADER TECHNOLOGY**

Το σύστημα χαρτογράφησης της παραγωγής που χρησιμοποιήθηκε είναι της Ag Leader Technology και αποτελείται από τα εξής μέρη: Το GPS, την κεντρική οθόνη (monitor), τα καλώδια κεντρικής διανομής ρεύματος και πληροφοριών (power cable), τον αισθητήρα μέτρησης υγρασίας σπόρων (moisture sensor), τον αισθητήρα καταγραφής ροής παραγωγής της καλλιέργειας (grain flow sensor), τον αισθητήρα ταχύτητας αναβατορίου (elevator speed sensor), τον αισθητήρα ταχύτητας θεριζοαλωνιστικής μηχανής (ground speed sensor), τον αισθητήρα θέσης μηχανισμού θερισμού μετρήσεων (header sensor).

#### **5.3. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ-ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ CLAAS DOMINATOR 106**

##### **5.3.1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ ΤΟΥ GPS**

Η αρχή της τοποθέτησης του συστήματος χαρτογράφησης της παραγωγής έγινε με την εγκατάσταση της κεραίας του GPS. Για τη λήψη του σήματος

χρησιμοποιήθηκε το GPS 1500 της Ag Leader Technology. Τοποθετήθηκε και προσαρμόστηκε στην οροφή της καμπίνας της μηχανής συγκομιδής μακριά από οποιοδήποτε άλλο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο για την αποφυγή παρεμβολών και συνδέθηκε στην κεντρική συνδεσμολογία, ώστε να πραγματοποιεί μετρήσεις για την ταχύτητα και τη θέση της μηχανής. Η ποιότητα του σήματος εμφανίζεται στη κεντρική οθόνη. Το “G” δείχνει ότι η συσκευή δέχεται σήμα GPS και συνδέεται με τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους. Το “D” δείχνει ότι η συσκευή λαμβάνει διαφορικό σήμα, DGPS. Μικρότερης λήψης σήμα “g” δείχνει ότι η συσκευή λαμβάνει σήμα μόνο από τρεις δορυφόρους.



**Σχήμα 5.3.1.** Εγκατάσταση της κεραίας του GPS 1500 στην οροφή της καμπίνας.

### **5.3.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**

Έπειτα εγκαταστάθηκε η κεντρική οθόνη πληροφοριών. Η κεντρική οθόνη είναι το μοντέλο PF Advantage της Ag Leader Technology. Τοποθετήθηκε στο παρμπρίζ της μηχανής και σε τέτοιο σημείο ώστε ο χειριστής να έχει τη βέλτιστη ορατότητα. Έτσι ο χειριστής μπορεί ανά πάσα στιγμή να ελέγχει τα δεδομένα που καταγράφουν οι αισθητήρες και να επεμβαίνει όταν οι ενδείξεις διαφέρουν από την πραγματικότητα κάνοντας βαθμονόμηση του συστήματος ή διαπιστώσει κάποια ανωμαλία στη λειτουργία.

Η οθόνη PF Advantage συνδέεται με τη κεντρική συνδεσμολογία και έχει την δυνατότητα να προβάλλει ως και τέσσερις γραμμές με στοιχεία σχετικά με τις λειτουργίες της. Η επιλογή των στοιχείων γίνεται από τον χειριστή όπως και η θέση αυτών στην οθόνη. Τα στοιχεία που μπορεί να επιλέξει ο χειριστής είναι περισσότερα από τέσσερα και γίνεται με τα πλήκτρα που υπάρχουν δεξιά της οθόνης (Σχήμα 5.3.2.).

Τα κύρια στοιχεία που προβάλλονται στην οθόνη είναι η μέση παραγωγή(tn/ha), η στιγμιαία παραγωγή(tn/ha), η υγρασία του σπόρου(%), το συνολικό βάρος(tn), ο χάρτης του αγρού, το όνομα του αγρού, το όνομα του φορτίου, η ποιότητα του σήματος GPS, η ταχύτητα της μηχανής(km/hr), η απόδοση της μηχανής(ha/hr). Πληκτρολογώντας την επιλογή OPTIONS ρυθμίζουμε κάποιες γενικές επιλογές όπως ημερομηνία, ώρα κ.α, πληκτρολογώντας την επιλογή CAL-Calibration κάνουμε βαθμονόμηση στο σύστημα ενώ πληκτρολογώντας την επιλογή SETUP κάνουμε εγκατάσταση του συστήματος.

Τέλος στη κεντρική οθόνη πληροφοριών υπάρχει η κάρτα αποθήκευσης δεδομένων που είναι της μορφής PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) όπου αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που καταγράφουν οι αισθητήρες και το GPS. Τα αρχεία που προκύπτουν είναι της μορφής YLD.



**Σχήμα 5.3.2.** PF Advantage monitor.

### **5.3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

Η εγκατάσταση των καλωδίων της κεντρικής διανομής ρεύματος και πληροφοριών έγινε ως εξής: Αφαιρέθηκε η μεταλλική πλάκα που υπάρχει στο πάτωμα της καμπίνας όπου εισάγαμε το καλώδιο σύνδεσης της οθόνης. Ακολούθως συνδέθηκε το καλώδιο με την οθόνη και με την κεντρική συνδεσμολογία των καλωδίων, που βρίσκεται κάτω από την καμπίνα τοποθετημένη σε τέτοιο σημείο ώστε να μην εμποδίζει τη γενική λειτουργία της μηχανής.

### **5.3.4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ**

Ο αισθητήρας υγρασίας του σπόρου τοποθετήθηκε στην εξωτερική πλευρά του αναβατορίου της μηχανής κοντά στον αισθητήρα μέτρησης της παραγωγής.

Η λειτουργία του αισθητήρα έχει ως εξής: καθώς ο καθαρός καρπός κινείται μέσω του αναβατορίου προς το αμπάρι της μηχανής, εισέρχεται μέσω μιας οπής που έχει δημιουργηθεί στο αναβατόριο, στον αισθητήρα υγρασίας, εκεί πραγματοποιείται η μέτρηση. Έπειτα ο κοχλίας του αισθητήρα μέσω της άλλη οπής του αισθητήρα στο κάτω σημείο διοχετεύει το καθαρό καρπό στο αναβατόριο για να κατευθυνθεί τελικά στο αμπάρι.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε ότι ο αισθητήρας τροφοδοτείται με ρεύμα από τη μπαταρία της μηχανής και συνδέεται στη κεντρική συνδεσμολογία για τη καταγραφή και αποθήκευση των ενδείξεων στη κεντρική οθόνη πληροφοριών.



**Σχήμα 5.3.4.** moisture sensor.

### **5.3.5. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Σε ένα σύστημα χαρτογράφησης της παραγωγής ο πιο σημαντικός αισθητήρας είναι ο αισθητήρας μέτρησης της παραγωγής. Ο αισθητήρας είναι μέτρησης της ροής του σπόρου με μέτρηση της πίεσης που ασκείται σε μια πλάκα ανακλάσεως (Impact Force Sensor). Ο σπόρος εισέρχεται στο χώρο αποθήκευσης του προϊόντος μέσω του σωλήνα μεταφοράς που αποτελείται από ένα κοχλία. Ο κοχλίας περιστρέφεται με ταχύτητα και εκτοπίζει το σπόρο στην πλάκα ανακλάσεως η οποία μετρά την πίεση που της ασκείται και υπολογίζει το βάρος του σπόρου. Ο αισθητήρας ροής τοποθετήθηκε στην άνω επιφάνεια του αναβατορίου, σταθεροποιήθηκε με βίδες και συνδέθηκε με την κεντρική συνδεσμολογία καλωδίων, ώστε να καταγράφονται οι μετρήσεις.



**Σχήμα 5.3.5.** grain flow sensor.

### **5.3.6. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΑΒΑΤΟΡΙΟΥ**

Εντός του σωλήνα μεταφοράς του καρπού υπάρχει το αναβατόριο με τα κουβαδάκια το οποίο περιστρέφεται και μεταφέρει το καθαρό καρπό στο αμπάρι-αποθήκη της μηχανής συγκομιδής. Το αναβατόριο της μηχανής συγκομιδής περιστρέφεται από δύο κινητήριους άξονες. Ο ένας άξονας βρίσκεται στο αμπάρι ενώ ο άλλος στα κόσκινα και συνδέονται μεταξύ τους με μια αλυσίδα κίνησης. Σύμφωνα με το κατασκευαστή για την ομαλή λειτουργία του θεριζοαλωνιστικού συστήματος αλλά και για τη λειτουργία του αισθητήρα παραγωγής και υγρασίας σπόρου(επηρεάζονται άμεσα), θα πρέπει το αναβατόριο να περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα. Για την μέτρηση της ταχύτητας του αναβατορίου της μηχανής υπάρχει ένας αισθητήρας ο οποίος μετράει την ταχύτητα και προειδοποιεί το χειριστή για τυχόν μεταβολές. Ο αισθητήρας ταχύτητας του αναβατορίου τοποθετήθηκε στο άξονα που βρίσκεται στο αμπάρι. Εάν οι στροφές του αναβατορίου μειωθούν (μείωση ταχύτητας), ο αισθητήρας προειδοποιεί τον χειριστή με φωτεινή ένδειξη στην κεντρική οθόνη της καμπίνας.

### **5.3.7. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ**

Η καταγραφή της ταχύτητας της μηχανής συγκομιδής μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους. Από το GPS μέσω δορυφόρου και από τον αισθητήρα της ταχύτητας. Εντός του κιβώτιου ταχυτήτων της μηχανής και συγκεκριμένα στο γρανάζι που θέτει σε κίνηση το κινητήριο τροχό είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας. Συνδέουμε τον αισθητήρα ταχύτητας με το καλώδιο της κεντρικής συνδεσμολογίας. Ο υπολογισμός της ταχύτητας της μηχανής γίνεται από τον κατασκευαστή και είναι σταθερός και ανάλογος με το μήκος του κινητήριου τροχού. Εάν αλλάξει το μήκος του τροχού τότε θα πρέπει να γίνει βαθμονόμηση διαφορετικά θα έχουμε λανθασμένη ένδειξη του αισθητήρα.

### **5.3.8. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε και προσαρμόσθηκε κάτω από το σώμα της θεριζοαλωνιστικής μηχανής, κάτω και προς τα εμπρός της καμπίνας του χειριστή, ο οποίος δίνει εντολή για να ξεκινήσει και να σταματήσει η καταγραφή των μετρήσεων. Ο αισθητήρας ουσιαστικά είναι ένας διακόπτης και αποτελείται από ένα μεταλλικό βραχίονα, ο οποίος ενώνεται με το θεριστικό σύστημα της μηχανής (σκάφη) με μία αλυσίδα. Όταν το θεριστικό σύστημα της μηχανής κατεβαίνει για να εργαστεί στον αγρό ο διακόπτης ανοίγει και ξεκινάει η καταγραφή των μετρήσεων, ενώ όταν ανυψώνεται στα κεφάλαια ή κατά το πέρας της εργασίας ο διακόπτης κλείνει και οι μετρήσεις σταματούν.



**Σχήμα 5.3.8.** header height sensor.

Οι αισθητήρες που περιγράψαμε πιο πάνω έχουν τη δυνατότητα να καταγράφουν δεδομένα κάθε 1,2,3,4 ή 5 δευτερόλεπτα. Μέσω της κεντρικής οθόνης πληροφοριών πραγματοποιήθηκε ρύθμιση να συλλέγουν πληροφορίες κάθε 3 δευτερόλεπτα.

Το σύστημα χαρτογράφησης της παραγωγής που εγκαταστάθηκε στη θεριζοαλωνιστική μηχανή, για να καταγράφει τιμές που ανταποκρίνονται στη πραγματικότητα, θα πρέπει να γίνει βαθμονόμηση όλου του συστήματος. Η βαθμονόμηση πραγματοποιείται μέσω της κεντρικής οθόνης πληροφοριών και αφορά όλους τους αισθητήρες.

Αν οι συνθήκες που επικρατούν κατά τη συγκομιδή παραμένουν παρόμοιες με αυτές που υπήρχαν κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τους αισθητήρες είναι σωστές. Αν όμως οι συνθήκες αλλάξουν (πχ υγρασία σπόρου, ποικιλία, ρυθμός ροής σπόρου) τότε το σύστημα χρειάζεται ξανά βαθμονόμηση.

Οι αισθητήρες παραγωγής δεν μετρούν άμεσα την παραγωγή, για το λόγο αυτό το σύστημα χρειάζεται βαθμονόμηση ώστε οι μετρήσεις που προέρχονται από τους αισθητήρες να αντιστοιχούν στην παραγωγή. Η βαθμονόμηση γίνεται συνήθως συγκρίνοντας τα βάρη αρκετών φορτίων που έχουν εκτιμηθεί από τους αισθητήρες



παραγωγής με αυτά που προκύπτουν από την ζύγιση των φορτίων (Markinos et al., 2004). Έτσι προκύπτει ένας συντελεστής βαθμονόμησης (calibration factor) που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των τιμών που λαμβάνονται από τους αισθητήρες σε πραγματική παραγωγή.

- **Βαθμονόμηση αισθητήρα παραγωγής:** Αρχικά θέτουμε σε λειτουργία το σύστημα αλωνισμού της θεριζοαλωνιστικής μηχανής δίχως να κινείται στο χώρο (δεν συγκομίζει προϊόν απλά λειτουργεί στατικά) για περίπου ένα λεπτό. Στη κεντρική οθόνη πληροφοριών παρατηρούμε ότι στο σημείο ένδειξης της παραγωγής καταγράφει κάποια ένδειξη. Αυτό προέρχεται από τον θόρυβο και την δόνηση που προκαλεί η λειτουργία της μηχανής στην πλάκα ανακλάσεως του αισθητήρα παραγωγής. Εκεί μηδενίζουμε την ένδειξη για να έχουμε έπειτα πραγματικά στοιχεία παραγωγής. Στη συνέχεια συγκομίζουμε μια ποσότητα προϊόντος και παρατηρούμε την ένδειξη που καταγράφει ο αισθητήρας παραγωγής. Ζυγίζουμε σε ζυγό αυτή τη ποσότητα και βαθμονομούμε τον αισθητήρα ώστε να καταγράφει πραγματικές τιμές. Κατά τη ζύγιση των φορτίων όταν παρατηρείται μεγαλύτερη απόκλιση από  $\pm 3\%$  με την ένδειξη του αισθητήρα απαιτείται βαθμονόμηση του συστήματος.
- **Βαθμονόμηση αισθητήρα υγρασίας:** Με ένα όργανο μέτρησης υγρασίας σπόρου συγκρίναμε την πραγματική υγρασία και την υγρασία που καταγράφει ο αισθητήρας υγρασίας της μηχανής. Επίσης εισάγαμε το ποσοστό υγρασίας σπόρου μέχρι το οποίο μπορεί να συγκομισθεί το σιτάρι και να αποθηκευτεί χωρίς προβλήματα (14%).
- **Βαθμονόμηση αισθητήρα απόστασης:** Για την μέτρηση της απόστασης χρησιμοποιήθηκε το GPS και συγκεκριμένα η επιλογή “Differential Satellite” και “Europe” για την ακρίβεια στις μετρήσεις. Οι ενδείξεις του GPS δεν χρειάζονται βαθμονόμηση.

#### 5.4. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Σε οκτώ διαφορετικούς αγρούς σιταριού στην ευρύτερη αγροτική περιοχή των Σοφάδων του Ν. Καρδίτσας έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής, κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009-2010.

Ο αγρός που επιλέχθηκε να γίνει και η μέτρηση της αντίστασης στη διείσδυση είχε διαστάσεις 200m\*75m συνολικά δηλαδή 15 στρέμματα και βρίσκεται νοτιοδυτικά της περιοχής των Σοφάδων. Οι υπόλοιποι βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή και έχουν έκταση **αγρός-1=8στρ, αγρός-2=5στρ, αγρός-3=8στρ, αγρός-4=7στρ, αγρός-5=24στρ, αγρός-6=10στρ, αγρός-7=4στρ**. Οι καλλιεργητικές φροντίδες που εφαρμόστηκαν από την αρχή της περιόδου ήταν οι ίδιες για όλους τους αγρούς. Η προετοιμασία των αγρών ξεκίνησε νωρίς το φθινόπωρο, αναμόχλευση με βαρύ καλλιεργητή σε βάθος περίπου 15-20cm και έπειτα ψιλοχωμάτισμα με δισκοσβάρνα για προετοιμασία της σποροκλίνης και ενσωμάτωση των λιπασμάτων σποράς (επιλέχθηκε λίπασμα περιεκτικότητας 20-10-10 και σε ποσότητα 10kg/στρέμμα) . Ακολούθησε σπορά στο πρώτο δεκαήμερο του Νοεμβρίου με σκληρό σιτάρι ποικιλίας Mexicali και σε ποσότητα 20kg/στρέμμα. Υπήρξε κανονικό φύτευμα και ανάπτυξη και περί τα μέσα Φεβρουαρίου έγινε ζιζανιοκτονία όπως και περί τα μέσα Μαρτίου έγινε εφαρμογή λιπάσματος 33.5-0-0 νιτρικής αμμωνίας 15kg/στρέμμα. Η συγκομιδή της παραγωγής στα αγροτεμάχια πραγματοποιήθηκε στις 19/06/2010.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκτέλεση του πειράματος ήταν η εξής:

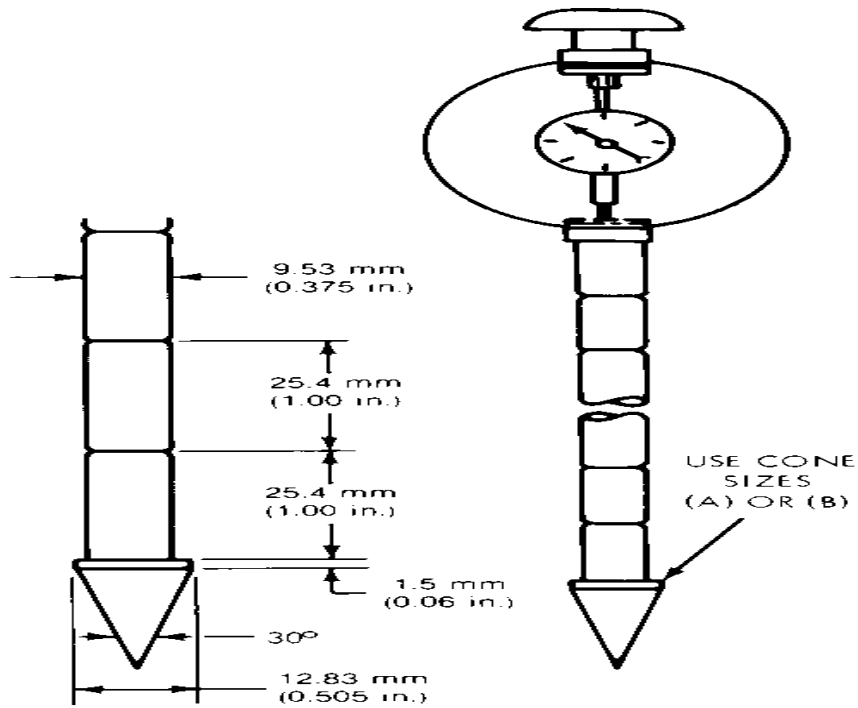
1. **Χαρτογράφηση παραγωγής** : πραγματοποιήθηκε κατά την ημέρα της συγκομιδής.
2. **Χαρτογράφηση υγρασίας σπόρου σιταριού**: πραγματοποιήθηκε κατά την ημέρα της συγκομιδής.
3. **Αντίσταση στη διείσδυση** : πραγματοποιήθηκε στις 22/06/2010 με διεισδυσιόμετρο τύπου soil penetrometer Bush SP1000
4. **Δημιουργία ζωνών διαχείρισης**: Η ζώνες διαχείρισης έγιναν με τη χρήση του προγράμματος Management Zone Analyst (MZA).

Η συγκομιδή του σιταριού πραγματοποιήθηκε με θεριζοαλωνιστική μηχανή σιτηρών, Claas Dominator 106, η οποία είχε μαχαίρι συγκομιδής σιταριού, ήτοι 4,1m πλάτος κοπής. Η ποσότητα που συγκομιζόταν μεταφερόταν σε χώρους αποθήκευσης με ιδιωτικής χρήσης φορτηγά αυτοκίνητα. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν από τους αισθητήρες μέτρησης παραγωγής κάθε 3 δευτερόλεπτα. Στις περιπτώσεις που το πλάτος εργασίας στο τέλος της συγκομιδής διαφέρει από τον δηλωθέν, δηλαδή, περισσεύει λωρίδα 2 μέτρων πραγματοποιείται βαθμονόμηση από τον χειριστή της μηχανής συγκομιδής, ώστε να μην υπάρχει σφάλμα στις μετρήσεις. Συγκεκριμένα, η αλλαγή γίνεται στις ρυθμίσεις του πλάτους κοπής, μέσω της κεντρική οθόνης, ανάλογα με το υπόλοιπο έκτασης για συγκομιδή.

## 5.5. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ

Επιλέχθηκε τυχαία ένα από τα 8 αγροτεμάχια και συγκεκριμένα το “Agros” στο οποίο εκτιμήθηκε η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση. Η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση μετρήθηκε με τη χρήση ενός κωνικού διεισδυσιόμετρου τύπου (soil penetrometer) Bush SP1000. Το διεισδυσιόμετρο αποτελείται από μια χαλύβδινη ράβδο διαμέτρου 9.53 mm που καταλήγει σε ένα κώνο. Ο κώνος έχει εμβαδόν βάσης  $130 \text{ mm}^2$ , διάμετρο 12,83 mm και γωνία κορυφής  $30^\circ$ . Ο κώνος πιεζόταν χειρονακτικά στο έδαφος με ένα ρυθμό περίπου 30 mm/s (ASABE 2009) και μπορούσε να εισχωρήσει ως και 50 cm εντός του εδάφους. Η ράβδος συνδέεται με μια δυναμοκυψέλη για την καταγραφή της δύναμης που ασκείται στο κώνο για την εισχώρηση του εκφρασμένη σε  $\text{Kg/mm}^2$ , ενώ το βάθος εισχώρησης της ράβδου μετράται από ένα φωτοκύτταρο μέσω των διόδων φωτός που υπάρχουν στη ράβδο σε διάστημα μίας in(25.4mm). Όλα τα στοιχεία καταγράφονται σε ένα ηλεκτρονικό καταχωρητή δεδομένων που υπάρχει στο διεισδυσιόμετρο. Το στίγμα της κάθε μέτρησης καταγράφηκε από ένα GPS τύπου GARMIN .

Κινούμενοι κατά μήκος του αγρού επιλέξαμε να γίνει μία μέτρηση ανά 10m δηλαδή ανά  $100\text{m}^2$  εδάφους (σε πλέγμα  $10 \times 10$ ), οι μετρήσεις του οργάνου καταγράφονται ανά ένα εκατοστό βάθους και εισέρχεται έως και 50cm. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 125 μετρήσεις. Οι αριθμοί εκφράζονται σε MPa.



5.5.1. soil cone penetrometer



5.5.2. Διεσδυσιόμετρο soil penetrometer Bush SP1000 το οποίο έχει εισχωρήσει 50 cm.

## 5.6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Τα αρχικά δεδομένα τα οποία αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια της συγκομιδής συγκεντρώθηκαν σε πίνακες σε μορφή Microsoft Excel. Στις πρώτες δύο στήλες τοποθετήθηκαν οι συντεταγμένες των σημείων και στις υπόλοιπες οι τιμές των παραμέτρων. Το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την αναπαράσταση των δεδομένων σε μορφή χάρτη είναι το Surfer (Golden Software, Surfer 8.05., 2004). Οι χάρτες που δημιουργήθηκαν περιέχουν τις τιμές που κατέγραψε ο αισθητήρας παραγωγής στο χώρο ανά τρία δευτερόλεπτα δίχως να γίνει εσωεκτίμηση και πρόβλεψη τιμών για τον υπόλοιπο χώρο που δεν μετρήθηκε. Έτσι εμφανίζεται η κάθε τιμή στο χώρο, το ακριβές σχήμα του αγροτεμαχίου όπως και η πορεία την οποία κινήθηκε η θεριζοαλωνιστική μηχανή, οι τιμές έχουν τοποθετηθεί σε κλάσεις εμφανίζοντας την έκταση του αγρού που καλύπτουν εκφρασμένη % καθώς και τον ακριβή αριθμό των μετρήσεων.

Όταν ολοκληρώθηκε η διαδικασία καταγραφής της αντίστασης του εδάφους συνδέσαμε το διεισδυσιόμετρο με ένα προσωπικό υπολογιστή και μεταφέραμε το αρχείο excel το οποίο περιείχε τις τιμές αντίστασης εκφρασμένες σε MPa. Για κάθε ένα στίγμα αντιστοιχούν 50 τιμές δηλαδή μία τιμή για κάθε ένα εκατοστό διείσδυσης στο έδαφος. Για την καλύτερη απεικόνιση των τιμών αντίστασης στο χώρο δημιουργήσαμε τρεις χάρτες με βάση το βάθος καταγραφής, ένα χάρτη σε βάθος 0-15 cm, ένα στα επόμενα 15-30 cm και ένα στα τελευταία 30-50 cm. Για την κατασκευή του χάρτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό surfer(Golden Software, Surfer 8.05.,2004) επιλέγοντας σαν δεδομένα τις συντεταγμένες και το μέσο όρο των τιμών σε κάθε βάθος. Η κάθε τιμή είναι τοποθετημένη στο χώρο δίχως να γίνει εσωεκτίμηση του χώρου που δεν καταγράφηκε η αντίσταση και πρόβλεψη τιμών με αποτέλεσμα ο χάρτης να έχει την ίδια μορφή με αυτών της παραγωγής.

## 5.7. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Τα δεδομένα τα οποία τα οποία αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια της συγκομιδής συγκεντρώθηκαν σε πίνακες σε μορφή Microsoft Excel. Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι το MZA

1.0.1, 2000 (Management Zone Analyst) του University of Missouri σε συνεργασία με το ARS (Agricultural Research Service). Το MZA χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο fuzzy c-means (ασαφής κ-μέσοι) δημιουργώντας μια σειρά πιθανών ζωνών διαχείρισης εντός της περιοχής. Ο χρήστης επιλέγει τον αριθμό των ζωνών διαχείρισης λαμβάνοντας υπόψη δύο δείκτες ομαδοποίησης επίδοσης, τον FPI (Fuzzyness Performance Index –Δείκτης Επιδόσεων Ασάφειας) και NCE (Normalized Classification Entropy –Ομαδοποιημένη Εντροπία Ταξινόμησης), που παρουσιάζονται σε γραφική παράσταση, μετά την εκτέλεση των συσπειρώσεων του MZA.

Ο δείκτης FPI δείχνει τον βαθμό διαχωρισμού των κλάσεων και παίρνει τιμές από 0 έως 1. Καθώς οι τιμές του FPI πλησιάζουν στο 0 δείχνουν ότι είναι ευδιάκριτες οι κλάσεις ενώ όταν οι τιμές πλησιάζουν το 1 οι κλάσεις δεν είναι ευδιάκριτες και ένα σημείο του αγρού μπορεί να ανήκει σε παραπάνω από μία κλάσεις.

Ο δείκτης NCE παίρνει επίσης τιμές από 0 έως 1 και κάνει εκτίμηση του ποσοστού της ασάφειας που δημιουργείται από ένα ορισμένο αριθμό κλάσεων. Όταν ο NCE παίρνει τιμές κοντά στο 1 επικρατεί ασάφεια ενώ όταν παίρνει τιμές κοντά στο 0 επικρατεί καλύτερη οργάνωση. Όταν και οι δύο δείκτες έχουν ελάχιστη τιμή τότε έχουμε τον άριστο αριθμό κλάσεων.

Ο παράγοντας που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των ζωνών διαχείρισης ήταν η παραγωγή. Ακολούθως επιλέγουμε τη μέθοδο υπολογισμού του σημείου από το κέντρο της κλάσης. Η ευκλείδεια απόσταση επιλέγεται πιο συχνά για λόγους ευκολίας και μεγαλύτερης ευχέρειας. Έπειτα επιλέγουμε τον αριθμό των κλάσεων που επιθυμούμε καθώς και τον συντελεστή ασάφειας (Fuzzy exponent). Το αρχείο το οποίο δημιουργείται δίνει τις πιθανές περιπτώσεις κάθε σημείου, σε ποια κλάση ανήκει, ανάλογα με τον αριθμό των κλάσεων που έχουμε επιλέξει (Χατζηνίκος, 2007).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

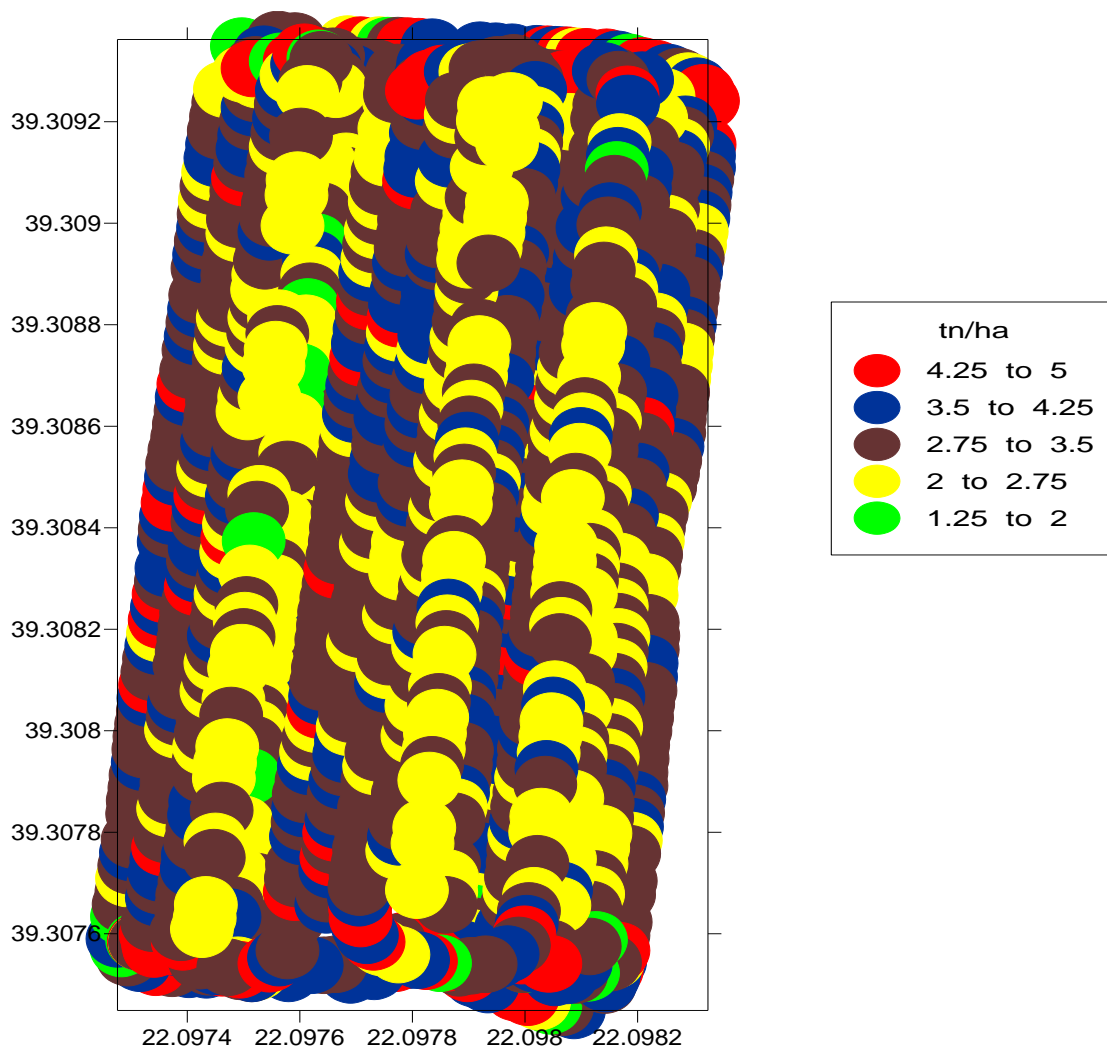
Σε οκτώ διαφορετικούς αγρούς σκληρού σίτου στην ευρύτερη αγροτική περιοχή των Σοφάδων του Ν. Καρδίτσας έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής, κατά τη συγκομιδή της καλλιεργητικής περιόδου 2009-2010. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι χάρτες χαρτογράφησης της παραγωγής και της αντίστασης του εδάφους στη διείσδυση(σε ένα μόνο αγρό) μετά από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα αγροτεμάχια.

#### 6.1. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Το πρώτο στάδιο του πειράματος περιλαμβάνει τη χαρτογράφηση της παραγωγής. Στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros” έκτασης 15 στρεμμάτων (η θέση του φαίνεται στο Σχήμα 6.1.1., ο χάρτης παραγωγής φαίνεται στο σχήμα 6.1.2.), παρατηρούμε ότι η παραλλακτικότητα είναι μεγάλη. Ο αισθητήρας μέτρησης της παραγωγής κατέγραψε 1133 μετρήσεις εκ των οποίων οι 531 δηλαδή το 46,9% της έκτασης καλύπτεται από παραγωγή που κυμαίνεται από 2.75-3.5 tn/ha η οποία περιέχει και το μέσο όρο της παραγωγής 3,2 tn/ha και εμφανίζεται σε όλη την έκταση του αγροτεμαχίου. Το 22,2%(251 μετρήσεις) καλύπτεται με μικρότερη παραγωγή που κυμαίνεται από 2-2.75 tn/ha και εμφανίζεται κυρίως κατά λωρίδες στον αγρό, ενώ το 20,7%(234 μετρήσεις) με παραγωγή από 3.5-4.25 tn/ha κυρίως περιμετρικά και στο κέντρο του αγρού. Τέλος υπάρχουν και ορισμένες ακραίες τιμές όπως το 8%(91 μετρήσεις) της έκτασης που καλύπτεται από παραγωγή από 4.25-5 tn/ha και εμφανίζεται κυρίως περιμετρικά αλλά και διάσπαρτα στον αγρό, όπως και το 2,3%(26 μετρήσεις) που καλύπτεται με παραγωγή 1.25-2 tn/ha. Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι ο μέσος όρος της παραγωγής κυμάνθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα αλλά όπως παρατηρούμε και στο χάρτη η παραλλακτικότητα είναι μεγάλη, με αξιοσημείωτο της λωρίδες που εμφανίζονται με κίτρινο χρώμα κατά μήκος του αγρού όπως και ότι η υψηλή παραγωγή κόκκινο χρώμα εντοπίζεται περιμετρικά του αγρού.



**Σχήμα 6.1.1.** Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros”



**Σχήμα 6.1.2.** Χάρτης παραγωγής σκληρού σίτου σε τόνους/εκτάριο με την ονομασία “Agros”



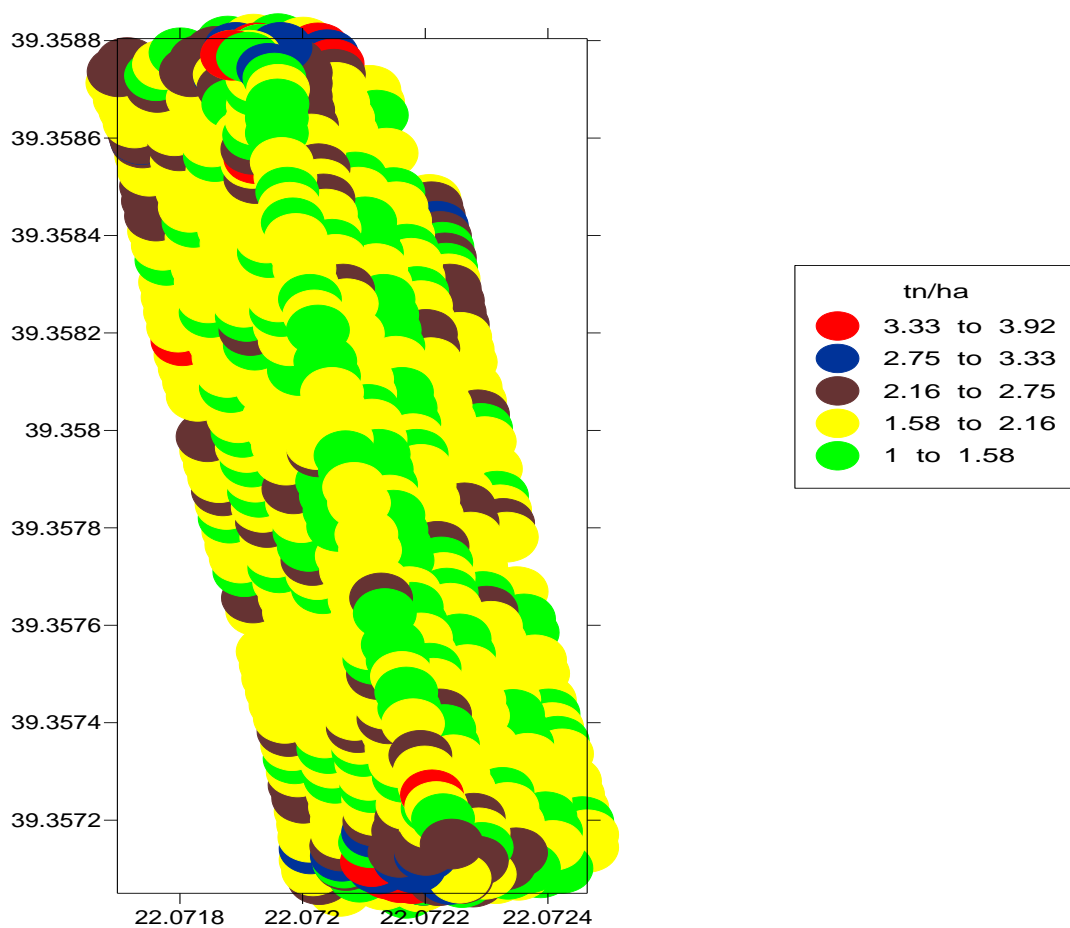
**Πίνακας 6.1.1.** Πίνακας τιμών παραγωγής με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”

<b>“Agros”</b>			
Τόνοι/Εκτάριο	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις	Μέσος όρος παραγωγής tn/ha
1.25-2	2.3	26	3.2
2-2.75	22.2	251	
2.75-3.5	46.9	531	
3.5-4.25	20.7	234	
4.25-5	8	91	
<b>Σύνολο</b>		<b>1133</b>	

Ακολουθεί το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 1”(σχήμα 6.1.4.) έκτασης 8 στρεμμάτων. Εδώ ο αισθητήρας μέτρησης της παραγωγής κατέγραψε 528 μετρήσεις εκ των οποίων οι 296 δηλαδή το 56,1% της έκτασης καλύπτεται με παραγωγή 1.58-2.16 tn/ha που περιέχει και το μέσο όρο που ανέρχεται στο 1,9 tn/ha η δεύτερη χαμηλότερη τιμή από αυτές καταγράψαμε στους αγρούς και κατανέμεται σχεδόν σε όλη την έκταση του αγρού. Το 23,5%(124 μετρήσεις) καλύπτεται με παραγωγή 1-1.58 tn/ha η οποία εμφανίζεται κυρίως στο μέσο του αγρού. Το 15%(79 μετρήσεις) της έκτασης καλύπτεται με παραγωγή 2.16-2.75 tn/ha, το 3,2(17 μετρήσεις) εμφανίζει παραγωγή 2.75-3.33 tn/ha όπως και το 2,3%(12 μετρήσεις) 3.33-3.92 tn/ha και εμφανίζεται κυρίως στο προσκέφαλο του αγρού. Συμπερασματικά ο μέσος όρος της παραγωγής κινήθηκε σε χαμηλά επίπεδα(1,9 tn/ha) και η εμφάνιση της παραλλακτικότητας είναι και εδώ έντονη με την χαμηλή παραγωγή να εμφανίζεται σε όλη την έκταση εκτός από ορισμένα σημεία του αγρού όπως είναι τα προσκέφαλα που έχουμε καταγραφή υψηλής παραγωγής σε σχέση με το υπόλοιπο του αγρού.



**Σχήμα 6.1.3.** Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 1”



**Σχήμα 6.1.4.** Χάρτης παραγωγής σκληρού σίτου σε τόνους/εκτάριο με την ονομασία “Agros 1”

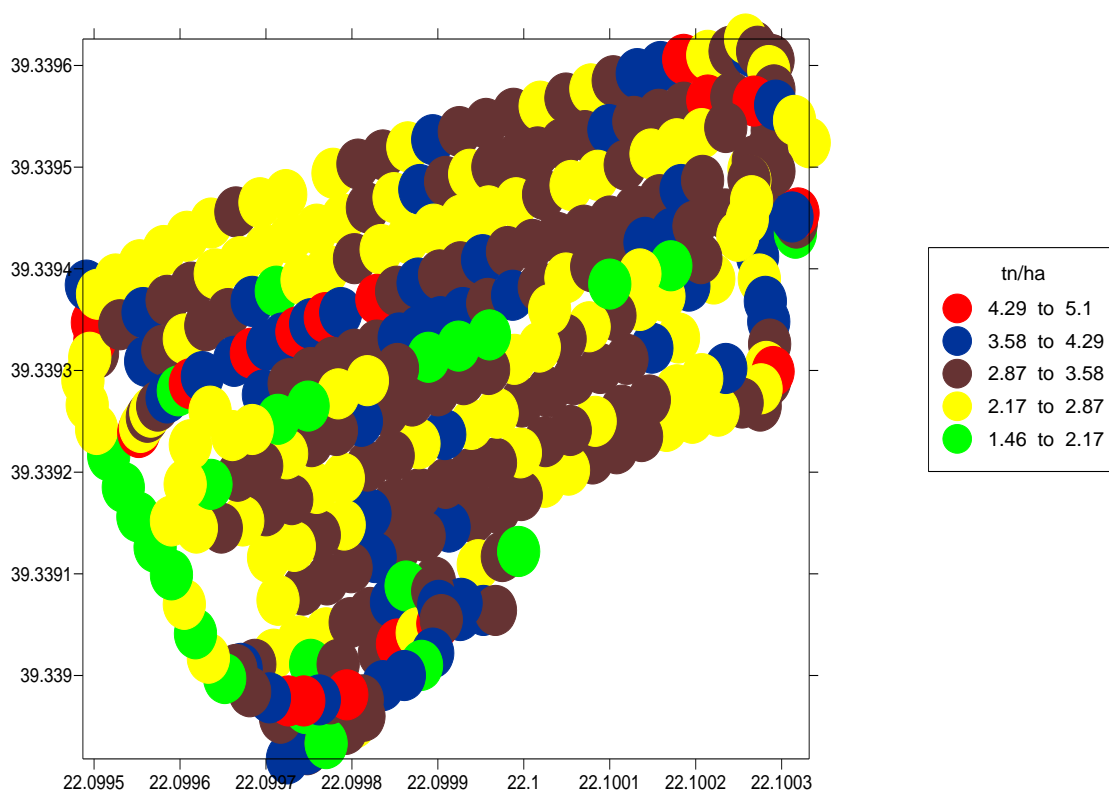
**Πίνακας 6.1.2.** Πίνακας τιμών παραγωγής με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 1”

<b>“ Agros 1”</b>			
Τόνοι/Εκτάριο	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις	Μέσος όρος παραγωγής tn/ha
1.-1.58	23.5	124	1,9
1.58-2.16	56.1	296	
2.16-2.75	15	79	
2.75-3.33	3.2	17	
3.33-3.92	2.3	12	
<b>Σύνολο</b>		<b>528</b>	

Στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 2” (σχήμα 6.1.6.) έκτασης 5 στρεμμάτων καταγράφηκαν 341 μετρήσεις εκ των οποίων οι 140 δηλαδή το 41,1% της έκτασης καλύπτεται από παραγωγή που ανέρχεται 2.87-3.58 tn/ha και κατανέμεται σχεδόν σε όλη την έκταση του αγρού και περιέχει και το μέσο όρο της παραγωγής που ανέρχεται 3,11 tn/ha όπως και το 29,9%(102 μετρήσεις) καταγράφει παραγωγή 2.17-2.87 tn/ha. Το 16,7%(57 μετρήσεις) καταγράφει παραγωγή 3.58-4.29 tn/ha η οποία είναι διάσπαρτη στον αγρό. Τέλος το 7%(24 μετρήσεις) καταγράφει παραγωγή 1.46-2.17 tn/ha όπως και το 5,3%(18 μετρήσεις) παραγωγή 4.29-5.1 tn/ha. Συμπερασματικά ο μέσος όρος παραγωγής κυμάνθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα 3,11 tn/ha εντοπίζοντας όμως υψηλή παραλλακτικότητα κυρίως περιμετρικά του αγρού που έχουμε χαμηλή παραγωγή(πράσινο χρώμα) και σε μια λωρίδα κατά μήκος του αγρού. Η υψηλή παραγωγή(κόκκινο χρώμα) καλύπτει πολύ μικρό ποσοστό 5,3% διάσπαρτο στη έκταση ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό καλύπτεται από μεσαία παραγωγή κίτρινο και καφέ. Αξιοσημείωτο είναι ότι υπάρχουν κενά σημεία καταγραφής της παραγωγής εντός του αγρού τα οποία οφείλονται σε καταστροφή φυτών σίτου λόγω ότι τα συγκεκριμένα σημεία νεροκράτησαν.



**Σχήμα 6.1.5.** Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 2”



**Σχήμα 6.1.6.** Χάρτης παραγωγής σκληρού σίτου σε τόνους/εκτάριο με την ονομασία “Agros 2”

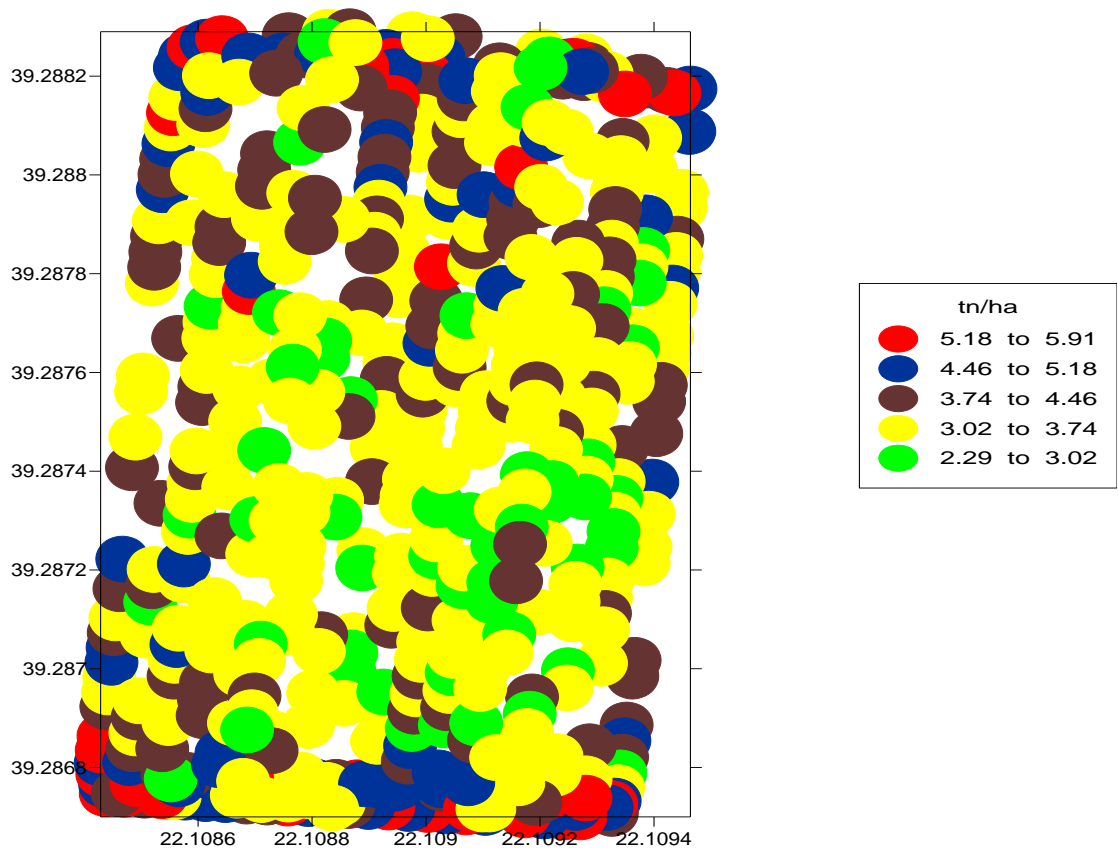
**Πίνακας 6.1.3.** Πίνακας τιμών παραγωγής με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 2”

<b>“Agros 2”</b>			
Τόνοι/Εκτάριο	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις	Μέσος όρος παραγωγής tn/ha
1.46-2.17	7	24	3.11
2.17-2.87	29.9	102	
2.87-3.58	41.1	140	
3.58-4.29	16.7	57	
4.29-5.1	5.3	18	
<b>Σύνολο</b>		<b>341</b>	

Στον αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 3”(σχήμα 6.1.8.) έκτασης 8 στρεμμάτων καταγράφηκαν 521 μετρήσεις εκ των οποίων οι 243 δηλαδή το 46,6% της έκτασης καλύπτεται από παραγωγή που ανέρχεται σε 3.02-3.74 tn/ha και εμφανίζεται σε όλη την έκταση. Το 22,8%(119μετρήσεις) εμφανίζει παραγωγή 3.74-4.46 tn/ha διάσπαρτα στη έκταση που περιέχει και το μέσο όρο της παραγωγής 3,8 tn/ha. Το 13,4%(70 μετρήσεις) εμφανίζει παραγωγή 4.46-5.18 tn/ha η οποία κατανέμεται κυρίως περιμετρικά του αγρού όπως και το 6,9%(36 μετρήσεις) με παραγωγή 5.18-5.91 tn/ha. Τέλος το 10,3%(53μετρήσεις) με παραγωγή 2.29-3.02 tn/ha εντοπίζεται κυρίως σε ένα κομμάτι αλλά και διάσπαρτα. Συμπερασματικά καταγράφηκε υψηλός μέσος όρος παραγωγής 3,8 tn/ha όπως και υψηλή παραλλακτικότητα με αξιοσημείωτο ότι η υψηλή παραγωγή (κόκκινο και μπλε χρώμα) εμφανίζεται περιμετρικά του αγροτεμαχίου και σε αυτό το αγροτεμάχιο υπάρχουν κενά σημεία καταγραφής της παραγωγής εντός του αγρού.



Σχήμα 6.1.7. Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 3”



Σχήμα 6.1.8. Χάρτης παραγωγής σκληρού σίτου σε τόνους/εκτάριο με την ονομασία “Agros 3”

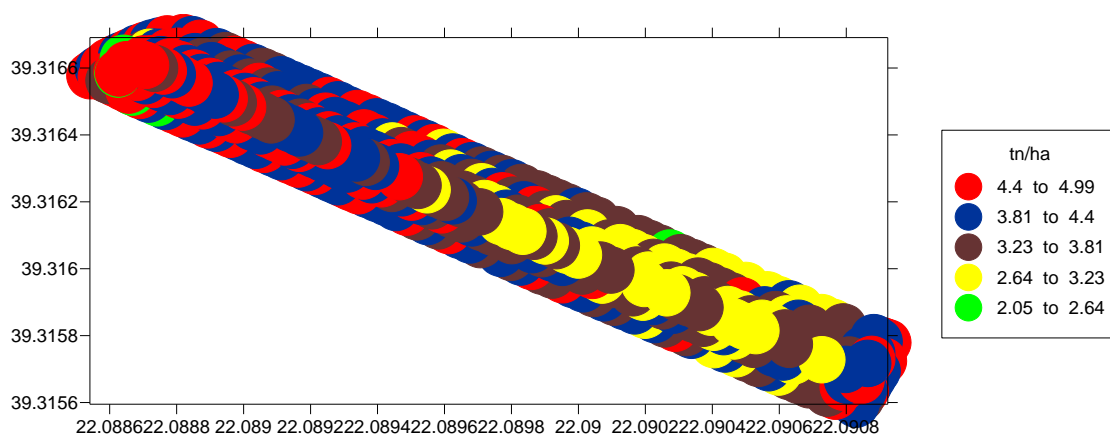
**Πίνακας 6.1.4.** Πίνακας τιμών παραγωγής με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 3”

<b>“ Agros 3”</b>			
Τόνοι/Εκτάριο	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις	Μέσος όρος παραγωγής tn/ha
2.29-3.02	10.3	53	3.8
3.02-3.74	46.6	243	
3.74-4.46	22.8	119	
4.46-5.18	13.4	70	
5.18-5.91	6.9	36	
	<b>Σύνολο</b>	<b>521</b>	

Στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 4” (σχήμα 6.1.10.) έκτασης 7 στρεμμάτων καταγράφηκαν συνολικά 449 μετρήσεις εκ των οποίων οι 160 δηλαδή το 35,6% της έκτασης καλύπτεται από παραγωγή που ανέρχεται 3.81-4.4 tn/ha και συμπεριλαμβάνει το μέσο όρο της παραγωγής που ανέρχεται σε 3,9 tn/ha. Το 26,1%(117 μετρήσεις) καταλαμβάνεται από παραγωγή 3.23-3.81 tn/ha, το 23,8%(107 μετρήσεις) από παραγωγή 4.4-4.99 tn/ha, το 13,1%(59 μετρήσεις) από παραγωγή 2.64-3.23 tn/ha και τέλος το 1,3%(6 μετρήσεις) από παραγωγή 2.05-2.64 tn/ha. Συμπερασματικά το αγροτεμάχιο “Agros 4” παρουσίασε τη μεγαλύτερη παραγωγή από αυτά που μετρήσαμε αλλά η παραλλακτικότητα είναι έντονη παρουσιάζοντας τη μεγαλύτερη παραγωγή (κόκκινο, καφέ και μπλε) στο μεγαλύτερο κομμάτι της έκτασης εκτός από μια λωρίδα(13,1%) που καταγράφεται κατά μήκος και νότια (κίτρινο χρώμα) με αρκετά μικρότερη παραγωγή από το μέσο όρο. Τέλος οι πολύ μικρές τιμές παραγωγής(πράσινο χρώμα) είναι ελάχιστες μόλις 6 και δεν επηρεάζουν το σύνολο.



Σχήμα 6.1.9. Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 4”



Σχήμα 6.1.10. Χάρτης παραγωγής σκληρού σίτου σε τόνους/εκτάριο με την ονομασία “Agros 4”



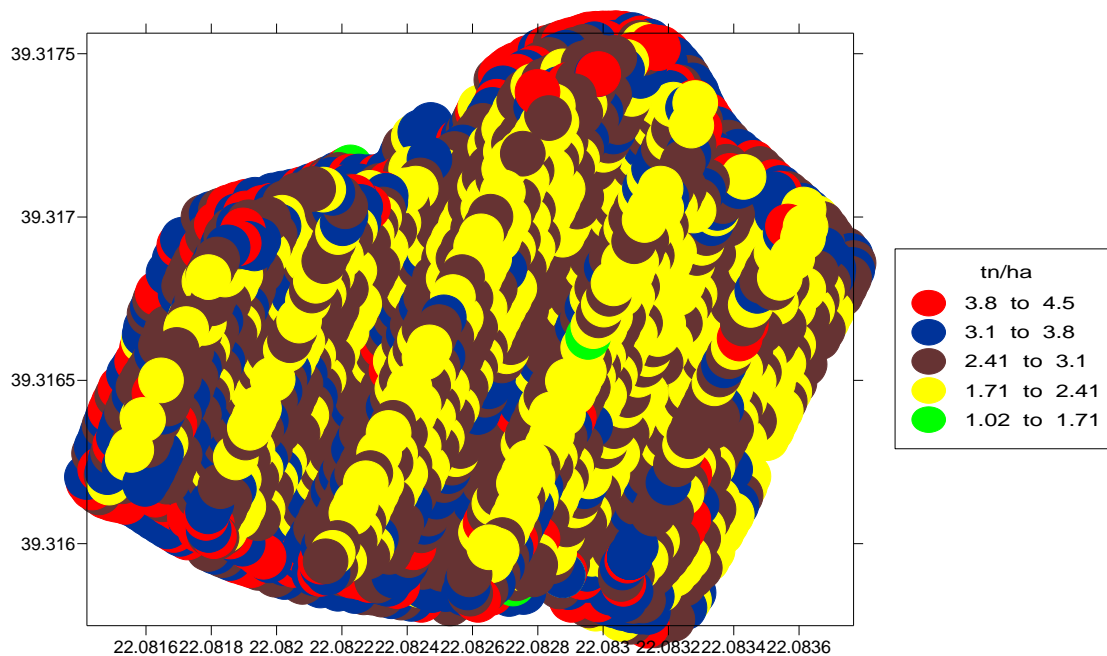
**Πίνακας 6.1.5.** Πίνακας τιμών παραγωγής με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 4”

<b>“Agros 4”</b>			
Τόνοι/Εκτάριο	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις	Μέσος όρος παραγωγής tn/ha
2.05-2.64	1.3	6	3.9
2.64-3.23	13.1	59	
3.23-3.81	26.1	117	
3.81-4.4	35.6	160	
4.4-4.99	23.8	107	
	<b>Σύνολο</b>	<b>449</b>	

Το αγροτεμάχιο “Agros 5”(σχήμα 6.1.12.) έχει έκταση 24 στρέμματα και καταγράφηκαν 1673 μετρήσεις από τις οποίες οι 723 δηλαδή το 43,2% παρουσιάζει παραγωγή που ανέρχεται σε 2.41-3.1 tn/ha στην οποίες ανήκει και ο μέσος όρος παραγωγής που είναι 2,84 tn/ha και το βλέπουμε σε όλη την έκταση του αγροτεμαχίου. Το 26,8%(449 μετρήσεις) παρουσιάζει παραγωγή ίση με 1.71-2.41 tn/ha και εκτείνεται σε λωρίδες κατά μήκος της έκτασης, το 20,2%(338 μετρήσεις) έχει παραγωγή 3.1-3.8 tn/ha και εμφανίζεται περιμετρικά της έκτασης όπως και το 9,5%(159 μετρήσεις) με παραγωγή 3.8-4.5 tn/ha. Τέλος το 0,2%(4 μετρήσεις) με παραγωγή 1.02-1.71 tn/ha. Συμπερασματικά ο μέσος όρος παραγωγής κινήθηκε σε μέτρια επίπεδα και σε αυτό το αγροτεμάχιο η παραλλακτικότητα είναι μεγάλη με αξιοσημείωτο η μικρή παραγωγή(κίτρινο χρώμα) κατανέμεται κατά μήκος σε λωρίδες, η υψηλή ( μπλε και κόκκινο) περιμετρικά του αγρού ενώ η μεσαία (καφέ) σε όλη σχεδόν την έκταση, ενώ η πολύ μικρή παραγωγή είναι σε αμελητέα ποσότητα(πράσινο χρώμα).



**Σχήμα 6.1.11.** Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros5”



**Σχήμα 6.1.12.** Χάρτης παραγωγής σκληρού σίτου σε τόνους/εκτάριο με την ονομασία “Agros 5”

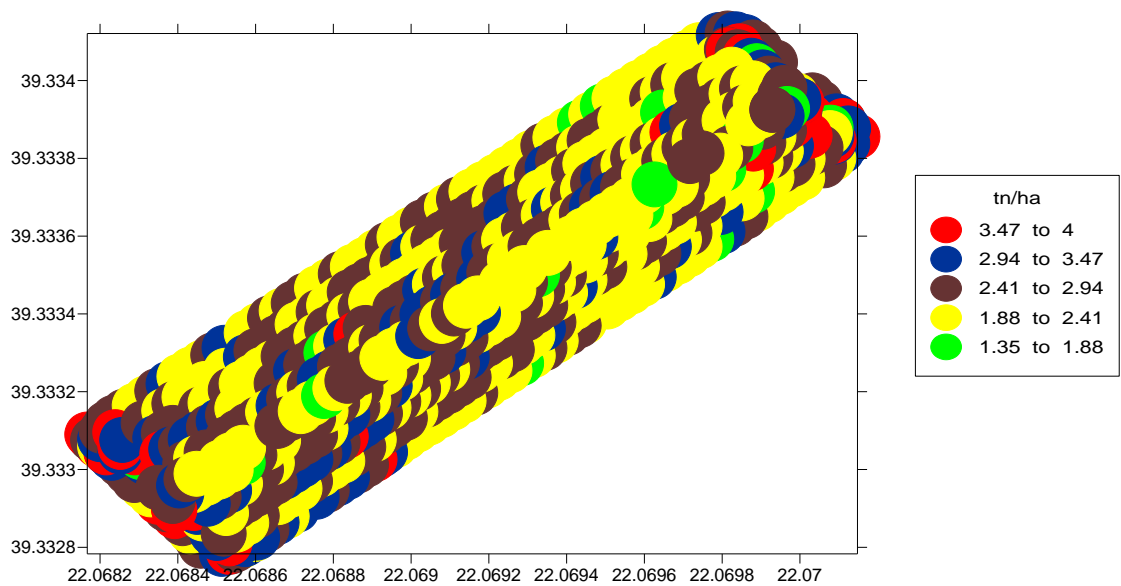
**Πίνακας 6.1.6.** Πίνακας τιμών παραγωγής με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 5”

<b>“Agros 5”</b>			
Τόνοι/Εκτάριο	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις	Μέσος όρος παραγωγής tn/ha
1.02-1.71	0.2	4	2.84
1.71-2.41	26.8	449	
2.41-3.1	43.2	723	
3.1-3.8	20.2	338	
3.8-4.5	9.5	159	
<b>Σύνολο</b>		<b>1673</b>	

Το αγροτεμάχιο “Agros 6” (σχήμα 6.1.14.) έχει έκταση 10 στρέμματα, καταγράφηκαν 687 μετρήσεις από τις οποίες οι 269 με ποσοστό 39,2% παρουσιάζουν παραγωγή 1.88-2.412 tn/ha όπως και οι 260 με ποσοστό 37,8% με παραγωγή 2.41-2.94 tn/ha καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης περιέχοντας το μέσο όρο της παραγωγής που είναι 2,6 tn/ha. Το 14,8%(102 μετρήσεις) με παραγωγή 2.94-3.47 tn/ha, το 5,5%(38 μετρήσεις) με παραγωγή 3.47-4 tn/ha εμφανίζεται κυρίως στα προσκέφαλα του αγρού ενώ τέλος το 2,6%(18 μετρήσεις) με την μικρότερη παραγωγή που είναι 1.35-1.88 tn/ha. Συμπερασματικά ο μέσος όρος της παραγωγής κυμάνθηκε σε μεσαία επίπεδα 2,6 tn/ha το κίτρινο χρώμα και καφέ χρώμα που καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση όπως και το ότι η πολύ υψηλή παραγωγή εμφανίζεται στα προσκέφαλα του αγρού.



**Σχήμα 6.1.13.** Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros6”



**Σχήμα 6.1.14.** Χάρτης παραγωγής σκληρού σίτου σε τόνους/εκτάριο με την ονομασία “Agros 6”

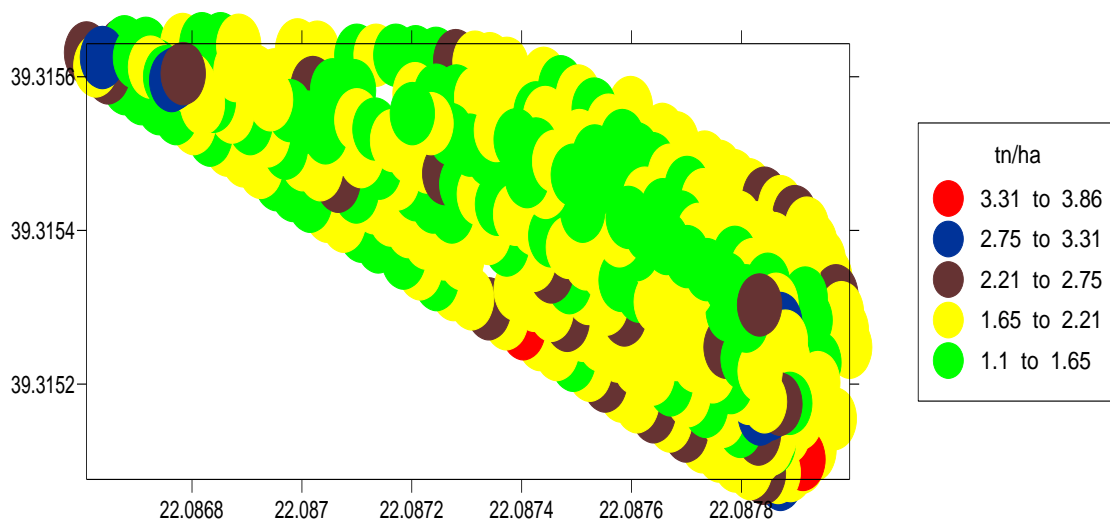
**Σχήμα 6.1.7.** Πίνακας τιμών παραγωγής με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 6”

<b>“Agros 6”</b>			
Τόνοι/Εκτάριο	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις	Μέσος όρος παραγωγής tn/ha
1.35-1.88	2.6	18	2.6
1.88-2.41	39.2	269	
2.41-2.94	37.8	260	
2.94-3.47	14.8	102	
3.47-4	5.5	38	
<b>Σύνολο</b>		<b>687</b>	

Το τελευταίο αγροτεμάχιο έχει την ονομασία “Agros 7” (σχήμα 6.1.16.) με έκταση 4 στρέμματα καταγράφηκαν συνολικά 276 μετρήσεις εκ των οποίων οι 151 δηλαδή το 54,7% της έκτασης καλύπτεται από παραγωγή που ανέρχεται σε 1.65-2.21 tn/ha περιέχοντας και το μέσο όρο της παραγωγής που είναι 1,84 tn/ha η χαμηλότερη από τα αγροτεμάχια που μετρήσαμε και κατανέμεται σε όλη την έκταση του αγρού. Ακολουθεί το 33,3%(92 μετρήσεις) με την μικρότερη παραγωγή 1.1-1.65 tn/ha(πράσινο χρώμα) η οποία κατανέμεται κυρίως στο κέντρο αλλά και στα ακραία σημεία του αγρού. Η υπόλοιπη παραγωγή είναι σε μικρό ποσοστό 8,7%(24 μετρήσεις) που ανέρχεται σε 2.21-2.75 tn/ha, 2,5%(7 μετρήσεις) με παραγωγή 2.75-3.31 tn/ha και τέλος 0,7%(2 μετρήσεις) με παραγωγή 3.31-3.86 tn/ha. Συμπερασματικά ο μέσος όρος της παραγωγής κινήθηκε σε αρκετά χαμηλά επίπεδα 1,84 tn/ha με αξιοσημείωτο ότι οι πολύ χαμηλές τιμές(πράσινο χρώμα) και οι χαμηλές τιμές (κίτρινο χρώμα) καταλαμβάνουν το 54+34,1=88,1% της έκτασης ενώ το υπόλοιπο 11,9% καταλαμβάνεται από υψηλότερες τιμές παραγωγής εμφανίζοντας έτσι τη μικρότερη παραλλακτικότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα αγροτεμάχια.



**Σχήμα 6.1.15.** Δορυφορική απεικόνιση του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 7”



**Σχήμα 6.1.16.** Χάρτης παραγωγής σκληρού σίτου σε τόνους/εκτάριο με την ονομασία “Agros 7”

**Σχήμα 6.1.8.** Πίνακας τιμών παραγωγής με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 7”

<b>“ Agros 7”</b>			
Τόνοι/Εκτάριο	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις	Μέσος όρος παραγωγής τη/ha
1.1-1.65	33.3	92	1.84
1.65-2.21	54.7	151	
2.21-2.75	8.7	24	
2.75-3.31	2.5	7	
3.31-3.86	0.7	2	
<b>Σύνολο</b>		<b>276</b>	

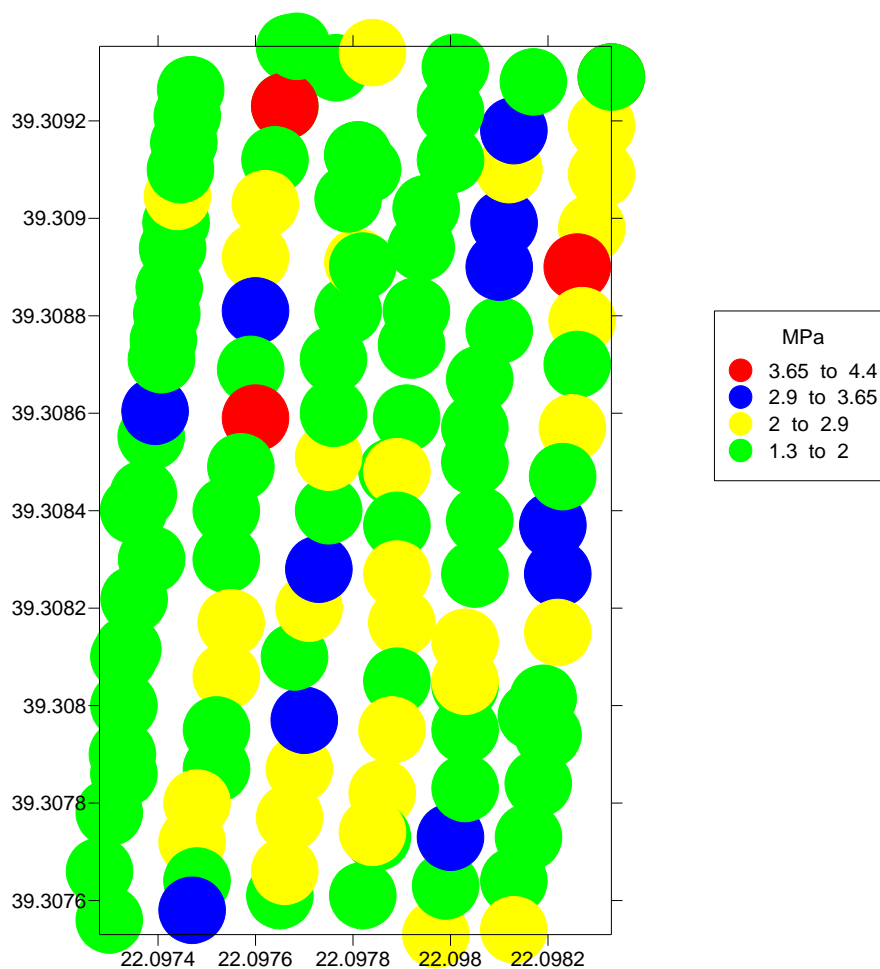
## 6.2. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Από τα οκτώ αγροτεμάχια που είχαμε στη διάθεση μας επιλέξαμε τυχαία το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros” στο οποίο μετρήσαμε την αντίσταση του εδάφους στη διείδυση. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 125 μετρήσεις μία μέτρηση περίπου ανά δέκα μέτρα κινούμενος κατά μήκος του αγρού. Το διειδυσιόμετρο κατέγραφε την αντίσταση ανά ένα εκατοστό βάθους εδάφους. Δημιουργήσαμε τρεις χάρτες αντίστασης, ένα στα πρώτα 0-15 cm, ένα στα επόμενα 15-30 cm και ένα στα τελευταία 30-50 cm.

Ο πρώτος χάρτης (σχήμα 6.2.1.) απεικονίζει την αντίσταση στα πρώτα 15 εκατοστά βάθος εδάφους και όπως παρατηρούμε από τον πίνακα (6.2.1.), το 63.2% (79 μετρήσεις) των μετρήσεων καταγράφει τιμές 1,3-2 MPa(πράσινο χρώμα) καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο κομμάτι του αγροτεμαχίου αντίσταση η οποία δεν επηρεάζει την ανάπτυξη των ριζών. Το υπόλοιπο 24,8%(31 μετρήσεις) από 2-2,9 MPa(κίτρινο χρώμα) εμφανίζεται κυρίως στο μισό αγροτεμάχιο αλλά και διάσπαρτα, το 8,8%(11 μετρήσεις) με αντίσταση 2,9-3,65 MPa(μπλε χρώμα) και τέλος το 3,2%(4 μετρήσεις) με αντίσταση 3,65-4,4 MPa(κόκκινο χρώμα).

**Πίνακας 6.2.1.** Πίνακας τιμών αντίστασης σε βάθος 0-15 cm με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”

Αντίσταση στη διείσδυση σε βάθος 0-15 cm		
MPa	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις
1,3-2	63,2	79
2-2,9	24,8	31
2,9-3,65	8,8	11
3,65-4,4	3,2	4
	<b>Σύνολο</b>	<b>125</b>



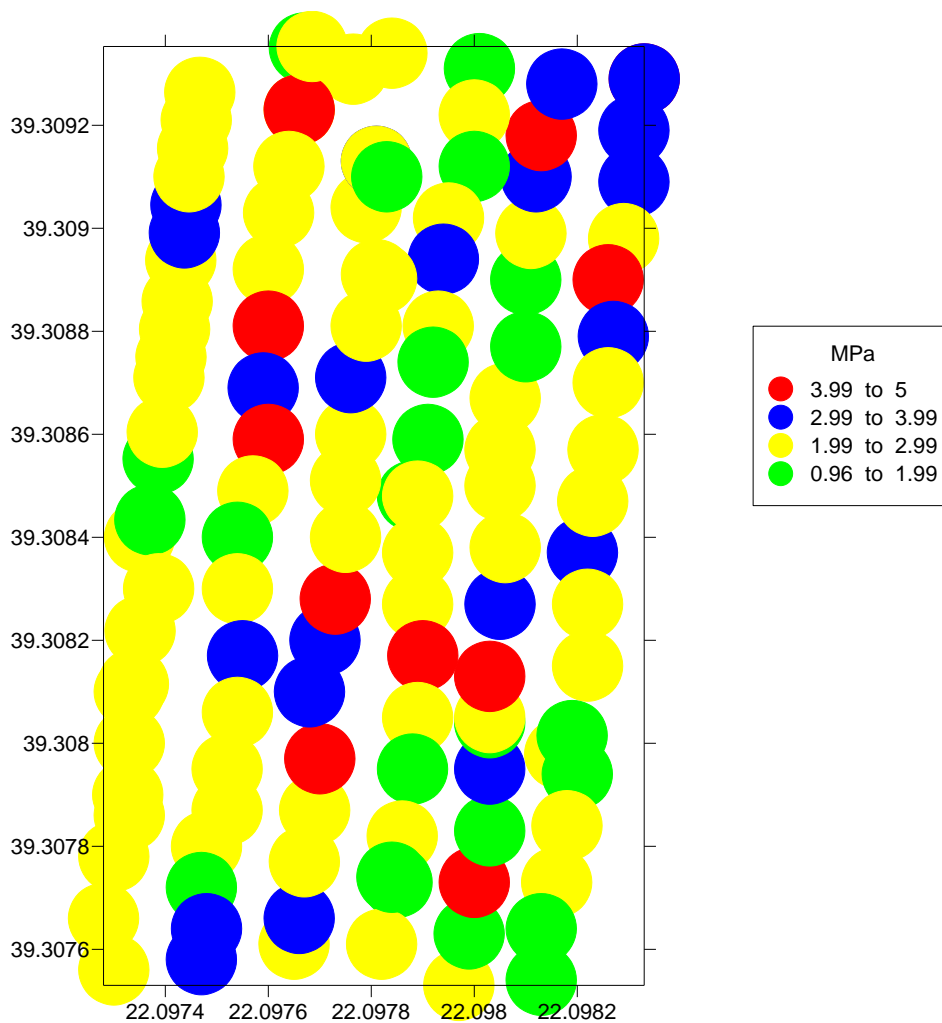
**Σχήμα 6.2.1.** Χάρτης αντίστασης του εδάφους στη διείσδυση σε MPa σε βάθος 0-15 cm στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”



Ο επόμενος χάρτης (σχήμα 6.2.2.) απεικονίζει την αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση σε βάθος εδάφους 15-30 cm. Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα (6.2.2.), το 56% (70 μετρήσεις) αντιστοιχούν σε τιμές αντίστασης 1.99-2,99 MPa(κίτρινο χρώμα) καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο κομμάτι του αγρού, το 18.4%(23 μετρήσεις) αντίσταση 0.96-1.99 MPa (πράσινο χρώμα), το 16,8% (21 μετρήσεις) αντίσταση 2.99-3.99 MPa (μπλε χρώμα) και το 8.8% (11 μετρήσεις) αντίσταση 3.99-5.001 MPa(κόκκινο χρώμα). Όπως παρατηρούμε οι τιμές που καταγράφηκαν και είναι μικρότερες από 2 MPa αντιστοιχούν στο 18,4%-πράσινο χρώμα ενώ την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνει το κίτρινο χρώμα με 56% και αντίσταση 1.99-2,99 MPa και το υπόλοιπο κομμάτι καταλαμβάνεται με ακόμη μεγαλύτερες τιμές. Συμπερασματικά η αντίσταση σε σχέση με τον πρώτο χάρτη (σχήμα 6.2.1.) δείχνει να αυξάνεται σημαντικά και σε επίπεδα που επηρεάζουν την ανάπτυξη της ρίζας αρνητικά διότι το ποσοστό κάλυψης του αγροτεμαχίου με αντίσταση μικρότερη των 2 MPa μειώθηκε από 63,2% σε 18,4%, ενώ αντίθετα αυξήθηκε για αντίσταση με μεγαλύτερη των 2 MPa.

**Πίνακας 6.2.2.** Πίνακας τιμών αντίστασης σε βάθος 15-30 cm με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”

<b>Αντίσταση στη διείσδυση σε βάθος 15-30 cm</b>		
MPa	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου %	Μετρήσεις
0,96-1,99	18,4	23
1,99-2,99	56	70
2,99-3,99	16,8	21
3,99-5,001	8,8	11
	<b>Σύνολο</b>	<b>125</b>

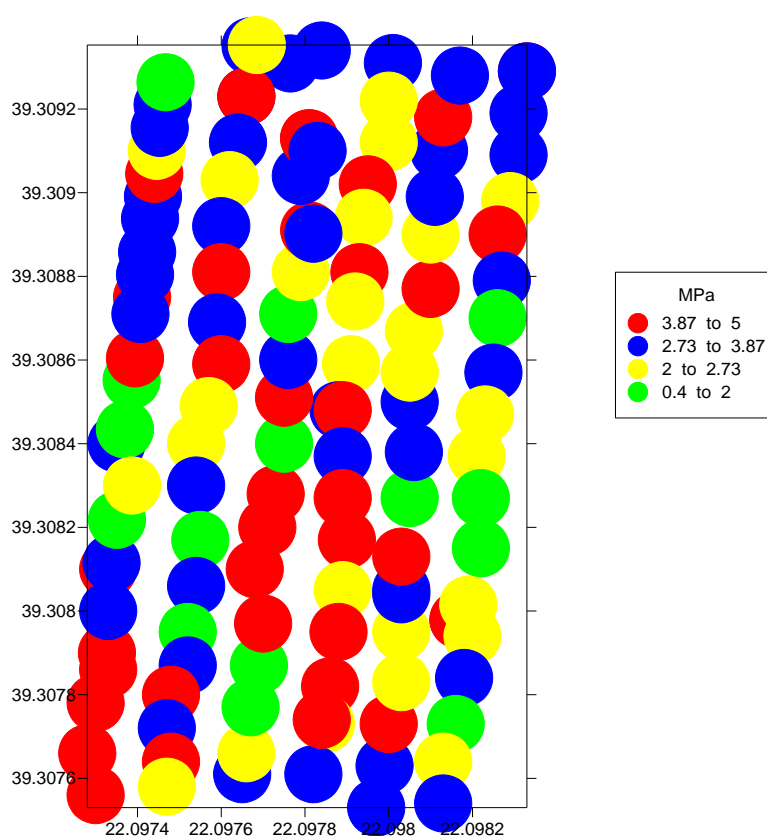


**Σχήμα 6.2.2.** Χάρτης αντίστασης του εδάφους στη διείδυση σε MPa σε βάθος 15-30 cm στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”

Ο τελευταίος χάρτης (σχήμα 6.2.3.) απεικονίζει την αντίσταση σε βάθος εδάφους 30-50 cm. Το 36.8%(46 μετρήσεις) αντιστοιχούν σε αντίσταση 2,73-3,87 MPa(μπλε χρώμα) και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο κομμάτι της έκτασης του αγροτεμαχίου, 29.6%(37 μετρήσεις) αντιστοιχεί σε αντίσταση 3.87-5.001 MPa(κόκκινο χρώμα), το 21,6%(27 μετρήσεις) αντιστοιχεί σε αντίσταση 2-2,73 MPa (κίτρινο χρώμα), ενώ τέλος το 12%(15 μετρήσεις) σε αντίσταση 0,4-2 MPa (πράσινο χρώμα). Συμπερασματικά και εδώ παρατηρούμε ότι η αντίσταση του εδάφους στη διείδυση αυξάνεται σε σχέση με τους προηγούμενους χάρτες καθώς το ποσοστό κάλυψης του αγροτεμαχίου με αντίσταση μικρότερη των 2 MPa έχει πέσει στο 12% σε αντίθεση με το 63,2% και 18,4 % που είχαμε στους προηγούμενους δύο χάρτες, ενώ αντίθετα αυξήθηκε για αντίσταση μεγαλύτερη των 2 MPa.

**Πίνακας 6.2.3.** Πίνακας τιμών αντίστασης σε βάθος 30-50 cm με στοιχεία για το αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”

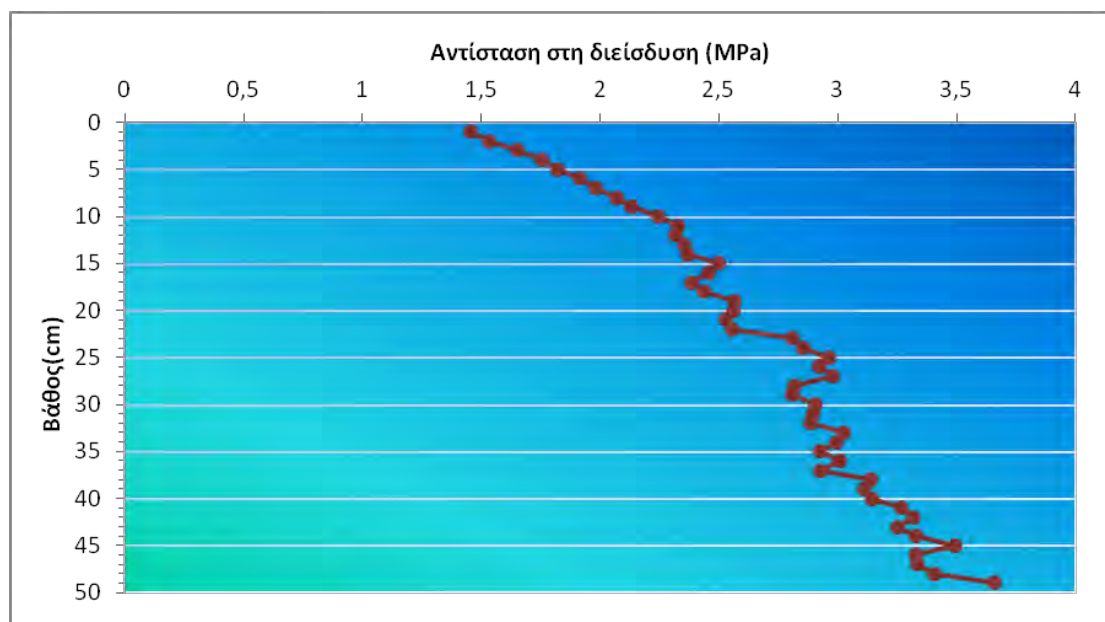
Αντίσταση στη διείσδυση σε βάθος 30-50 cm		
MPa	Ποσοστό κάλυψης αγροτεμαχίου%	Μετρήσεις
0,4-2	12	15
2-2,73	21,6	27
2,73-3,87	36,8	46
3,87-5,001	29,6	37
	<b>Σύνολο</b>	<b>125</b>



**Σχήμα 6.2.3.** Χάρτης αντίστασης του εδάφους στη διείσδυση σε MPa σε βάθος 30-50 cm στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”

### 6.3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

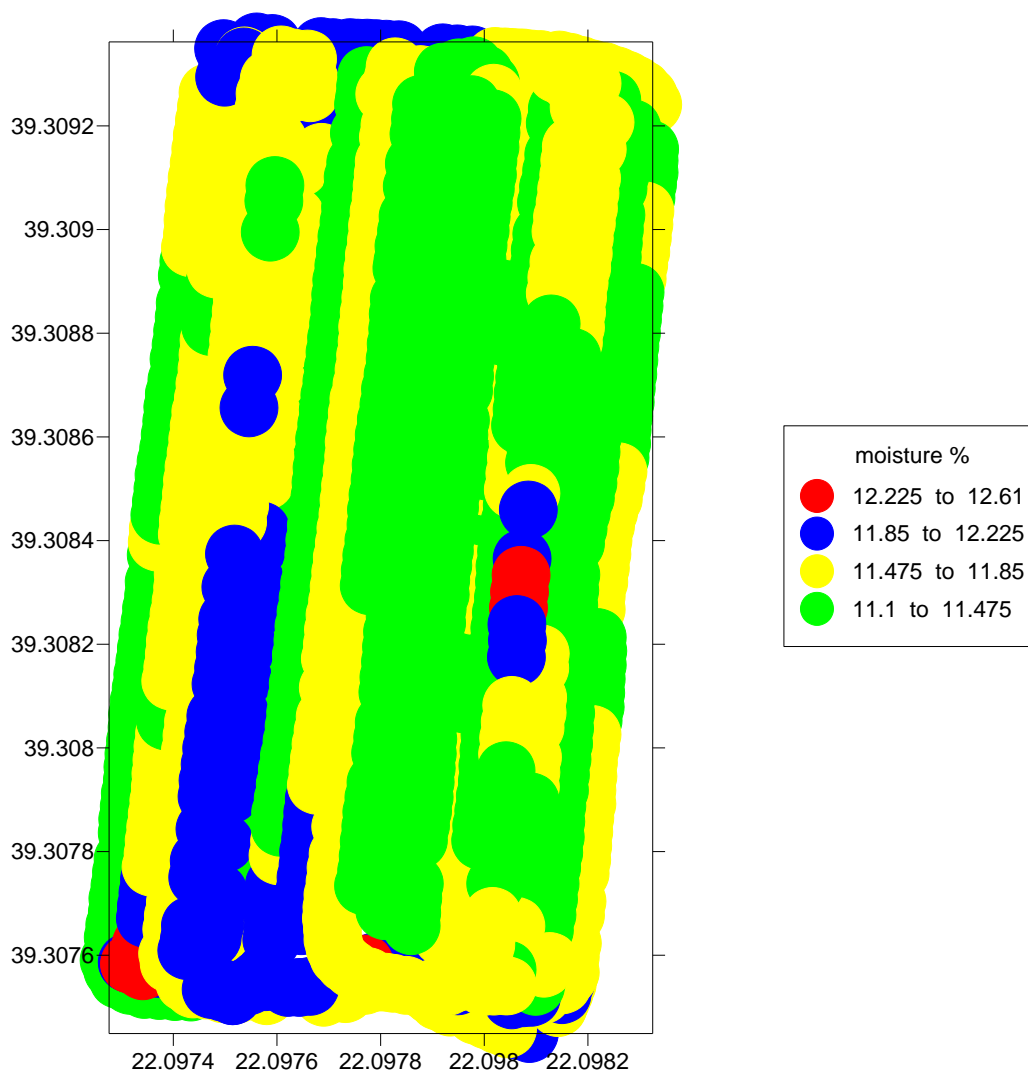
Το διάγραμμα αντίστασης του εδάφους σε σχέση με το βάθος εδάφους, έγινε σε υπολογιστικό φύλο του excel. Ο οριζόντιος άξονας απεικονίζει την αντίσταση στη διείσδυση του εδάφους εκφρασμένη σε MPa, ενώ ο κάθετος άξονας το βάθος του εδάφους που καταγράφηκε η ένδειξη εκφρασμένο σε εκατοστά. Οι τιμές για κάθε ένα cm προέκυψαν από τον υπολογισμό του μέσου όρου της αντίστασης που αντιστοιχεί σε όλη την έκταση. Πχ η αντίσταση στο πρώτο εκατοστό της συνολικής έκτασης κοκ. Όπως βλέπουμε στο διάγραμμα η τάση είναι ανοδική, δηλαδή όσο αυξάνεται το βάθος εδάφους τόσο αυξάνει και η αντίσταση στη διείσδυση και ειδικότερα παρατηρούμε ότι από το 9 cm και έπειτα η αντίσταση ξεπερνά τα 2 MPa που είναι περιοριστικός παράγοντας για την αύξηση της ρίζας.



6.3. Διάγραμμα σχέση ανάμεσα στην αντίσταση και στο βάθος εδάφους στο αγροτεμάχιο "Agros"

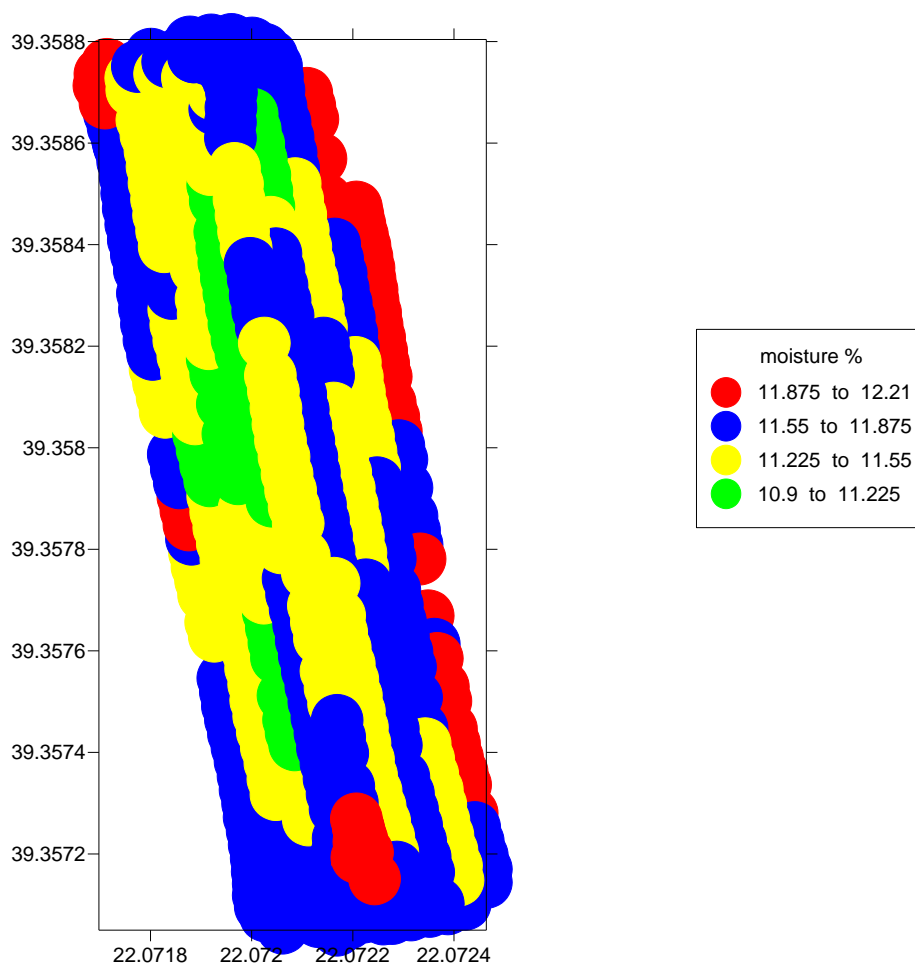
#### 6.4. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΠΟΡΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ

Στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”(σχήμα 6.4.1.) παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνεται από το πράσινο και κίτρινο χρώμα που αντιστοιχεί σε ποσοστό υγρασίας από 11,1-11,85%, ένα μικρότερο μέρος καταλαμβάνεται από το μπλε χρώμα, ενώ πολύ μικρή έκταση με κόκκινο χρώμα. Η υγρασία των σπόρων του σιταριού θα πρέπει να είναι μικρότερη από 14% πράγμα το οποίο ισχύει για το συγκεκριμένο αγροτεμάχιο, επομένως η συγκομιδή και αποθήκευση δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα.



**Σχήμα 6.4.1.** Χάρτης υγρασίας σκληρού σίτου σε ποσοστό % με την ονομασία “Agros”

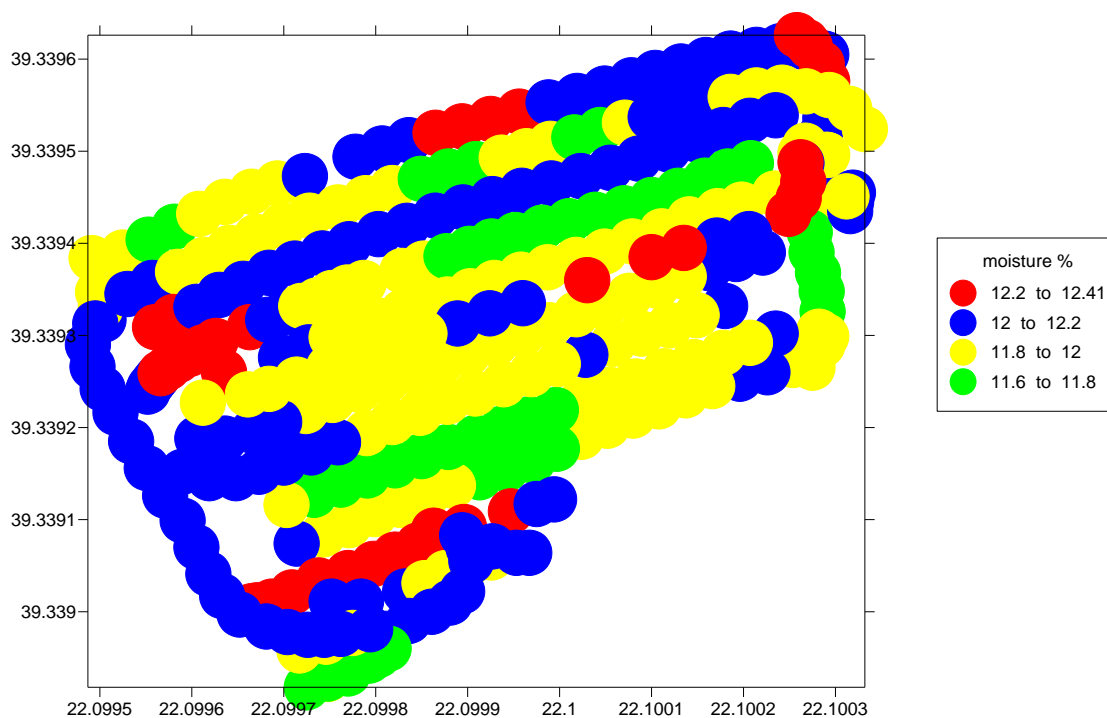
Παρόμοια εικόνα παρουσιάζει και το αγροτεμάχιο “Agros 1”(σχήμα 6.4.2.) με τη μεγαλύτερη έκταση να καταλαμβάνεται από ποσοστό υγρασίας σπόρου 11,5-11,875% μπλε χρώμα ακολουθεί το κίτρινο χρώμα με μικρότερες τιμές ενώ το κόκκινο και πράσινο χρώμα καταλαμβάνει πολύ μικρότερη έκταση. Παρατηρούμε και εδώ ότι η ανώτερη τιμή υγρασίας ανέρχεται σε 12,1%, τιμή η οποία δεν είναι περιοριστικός παράγοντας για συγκομιδή και αποθήκευση.



**Σχήμα 6.4.2.** Χάρτης υγρασίας σκληρού σίτου σε ποσοστό % με την ονομασία “Agros 1”

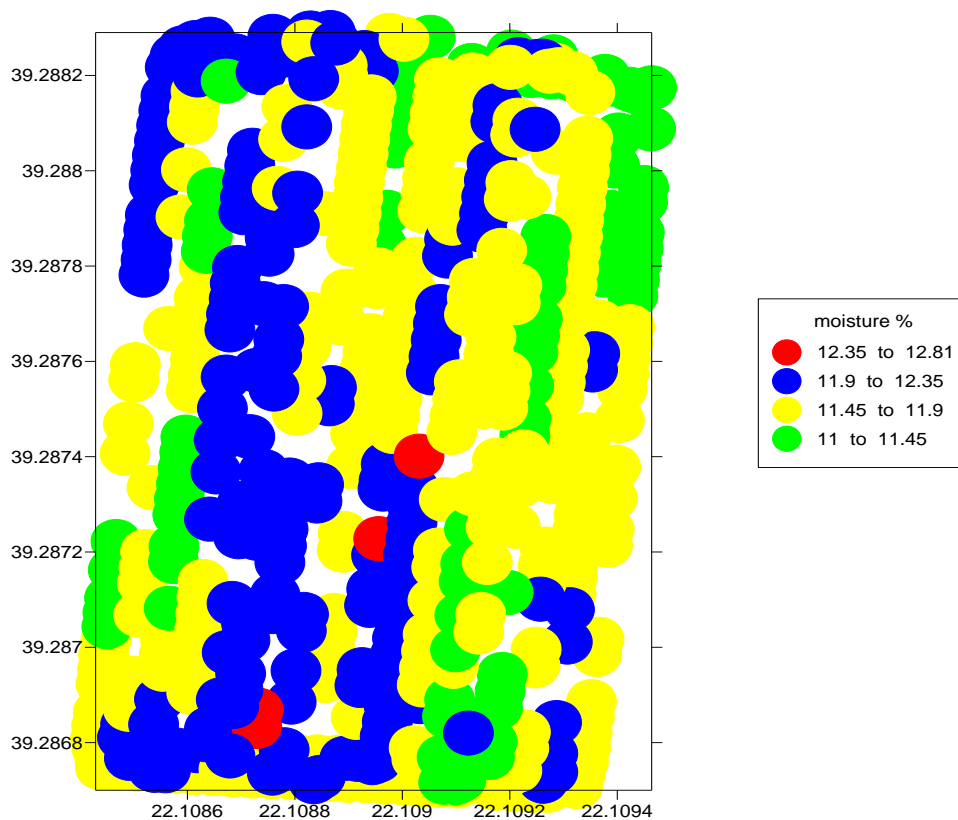
Στο αγροτεμάχιο “Agros 2” (σχήμα 6.4.3.) η υγρασία των σπόρων του σιταριού στη μεγαλύτερη έκταση της κυμαίνεται σε ποσοστό μικρότερο του 12,2% μπλε, κίτρινο και πράσινο χρώμα, ενώ το κόκκινο χρώμα περιορίζεται σε μικρή

έκταση και φθάνει το 12,41% το οποίο δεν αποτρέπει την συγκομιδή και αποθήκευση του σιταριού.



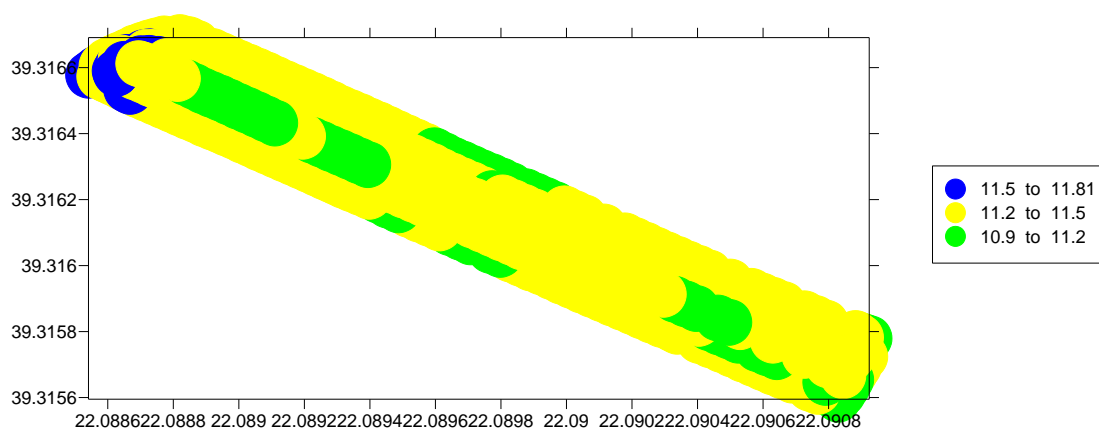
**Σχήμα 6.4.3.** Χάρτης υγρασίας σκληρού σίτου σε ποσοστό % με την ονομασία “Agros 2”

Στο επόμενο αγροτεμάχιο “Agros 3” (σχήμα 6.4.4.) παρατηρούμε ότι η έκταση καλύπτεται από υγρασία σπόρου που δεν ξεπερνά σε ποσοστό το 12,35% πράσινο, κίτρινο και μπλε χρώμα, όπως και ότι το πράσινο και μπλε καταλαμβάνουν σχεδόν την ίδια έκταση, λίγο μικρότερη το πράσινο, ενώ το κόκκινο χρώμα είναι σε αμελητέα ποσότητα και δεν επηρεάζει καθόλου. Συμπερασματικά η υγρασία των σπόρων κυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα για συγκομιδή και αποθήκευση.



**Σχήμα 6.4.4.** Χάρτης υγρασίας σκληρού σίτου σε ποσοστό % με την ονομασία “Agros 3”

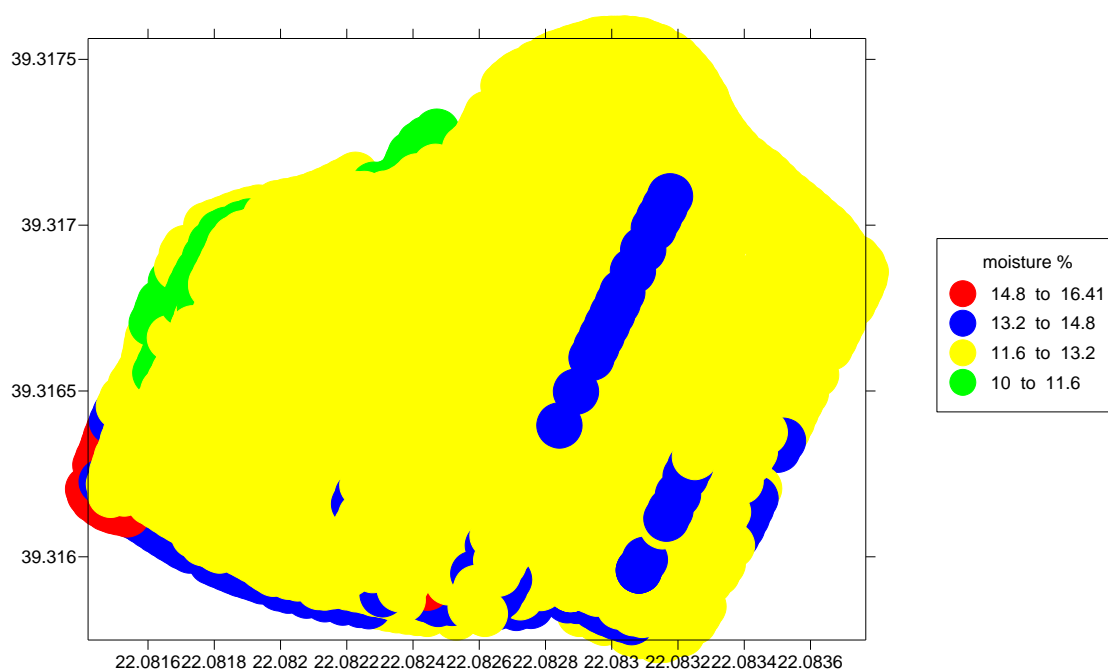
Στο αγροτεμάχιο “Agros 4” (σχήμα 6.4.5.) παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη έκταση καλύπτεται από το κίτρινο χρώμα με ποσοστό υγρασίας 11,2-11,5%, ακολουθεί το πράσινο με 10,9-11,2% και τέλος το μπλε εντοπίζεται σε ένα σημείο του προσκέφαλου. Συμπερασματικά η υγρασία των σπόρων κυμάνθηκε σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα για συγκομιδή και αποθήκευση.





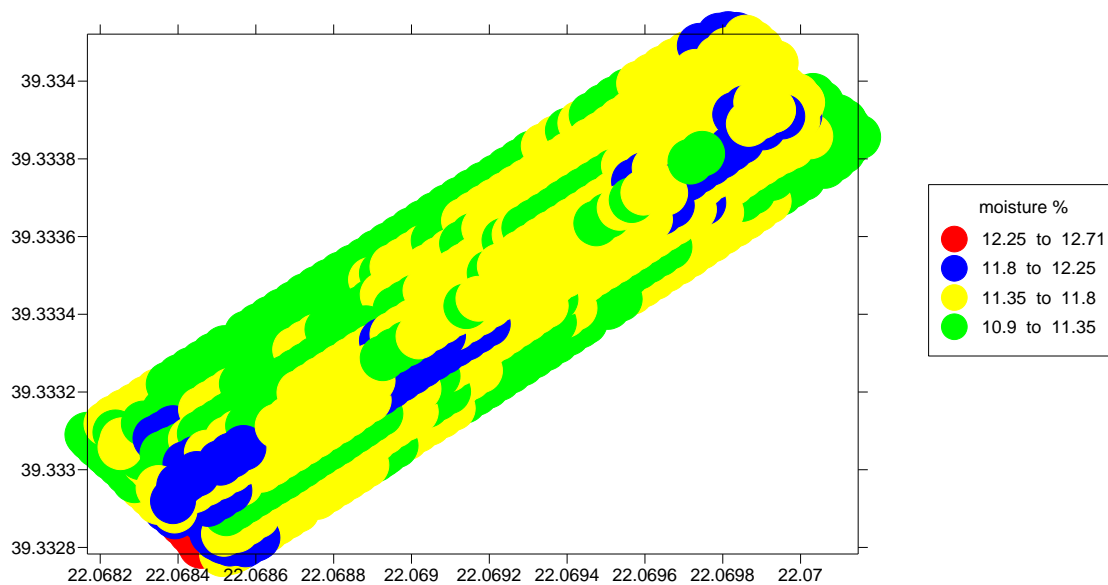
**Σχήμα 6.4.5.** Χάρτης υγρασίας σκληρού σίτου σε ποσοστό % με την ονομασία “Agros 4”

Ακολούθως έχουμε το αγροτεμάχιο “Agros 5” (σχήμα 6.4.6.) το οποίο καλύπτεται σχεδόν ολόκληρο με υγρασία σπόρου που κυμαίνεται από 11,6-13,2% κίτρινο χρώμα, τιμές οι οποίες επιτρέπουν την συγκομιδή και αποθήκευση του προϊόντος, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές που εμφανίζονται με μπλε και κόκκινο χρώμα και φθάνουν ως και 16,41% είναι σε πολύ μικρή ποσότητα και δεν δημιουργούν πρόβλημα.



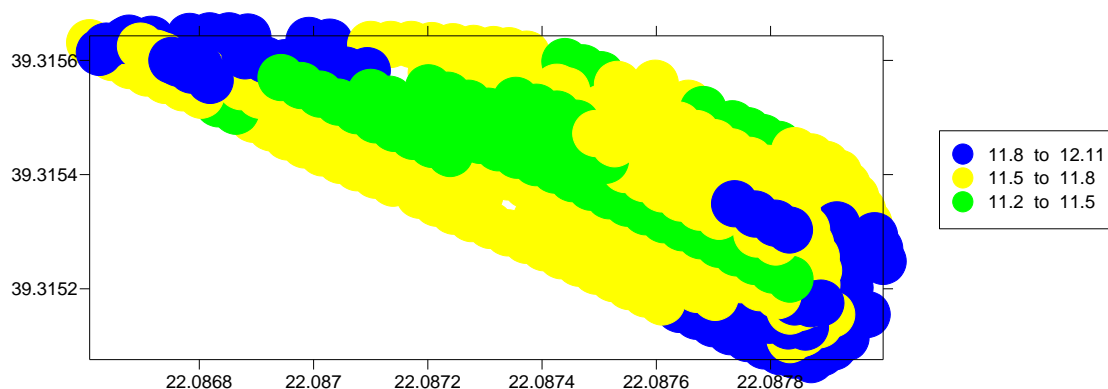
**Σχήμα 6.4.6.** Χάρτης υγρασίας σκληρού σίτου σε ποσοστό % με την ονομασία “Agros 5”

Στο επόμενο αγροτεμάχιο “Agros 6” (σχήμα 6.4.7.) παρατηρούμε το μεγαλύτερο κομμάτι της έκτασής καλύπτεται από ποσοστό υγρασίας που κυμαίνεται από 10,9-11,35% ενώ μεγαλύτερες τιμές μπλε και κόκκινο χρώμα είναι σε μικρή ποσότητα. Συμπερασματικά η υγρασία των σπόρων κυμάνθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα συγκομιδής και αποθήκευσης.



**Σχήμα 6.4.7.** Χάρτης υγρασίας σκληρού σίτου σε ποσοστό % με την ονομασία “Agros 6”

Τέλος στο αγροτεμάχιο “Agros 7” (σχήμα 6.4.8.) παρατηρούμε ότι η υγρασία των σπόρων κυμάνθηκε από 11,2-12,11% πράσινο κίτρινο και μπλε χρώμα με τις μεγαλύτερες τιμές να εμφανίζονται στα προσκέφαλα δίχως όμως να επηρεάζουν την συγκομιδή και αποθήκευση των σπόρων.



**Σχήμα 6.4.8.** Χάρτης υγρασίας σκληρού σίτου σε ποσοστό % με την ονομασία “Agros 6”

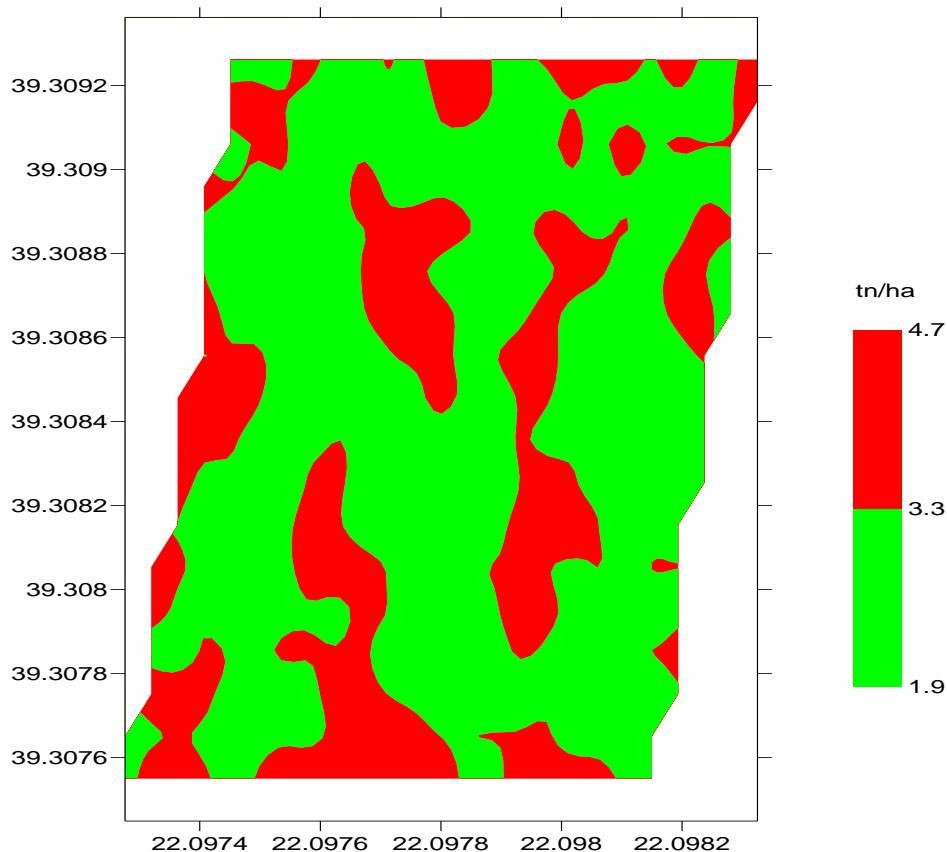
## 6.5. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Οι ζώνες διαχείρισης χαράχθηκαν με τη μορφή χάρτη με βάση τη παραγωγή που παρουσιάζουν τα αγροτεμάχια στα διάφορα σημεία της έκτασης τους. Ο αριθμός των ζωνών-κλάσεων καθορίστηκε με βάση τους δείκτες FPI και NCE. Η μικρότερη τιμή που παρουσιάζουν οι δείκτες ή τείνουν στο μηδέν είναι η καταλληλότερη για την επιλογή του αριθμού των ζωνών. Για τη δημιουργία των χαρτών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος kriging. Με τη μέθοδο kriging πραγματοποιείται εκτίμηση των τιμών σε άγνωστες περιοχές λαμβάνοντας υπόψη την απόσταση και το βαθμό διακύμανσης μεταξύ γνωστών σημείων. Η ανάλυση της εσωεκτίμησης καθορίστηκε σε 3 x 3 m.

Για το αγροτεμάχιο “Agros” έκτασης 15 στρεμμάτων όπως φαίνεται και στον πίνακα (6.5.1.) η μικρότερη τιμή που παρουσιάζει ο δείκτης FPI είναι στις έξι κλάσεις ενώ ο NCE είναι στις τρεις κλάσεις. Τελικά επιλέχθηκε να γίνουν δύο ζώνες διαχείρισης διότι σε αυτό τον αριθμό των ζωνών οι ζώνες έχουν τέτοια μορφή και σχήμα που είναι εύκολα διαχειρίσιμες από τον παραγωγό.

**Πίνακας 6.5.1.** Διάγραμμα συντελεστών FPI και NCE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros”.

“Agros ”		
Κλάσεις	FPI	NCE
<b>2</b>	<b>0,0515</b>	<b>0,0185</b>
3	0,0379	0,0183
4	0,0387	0,0206
5	0,0399	0,023
6	0,0378	0,023

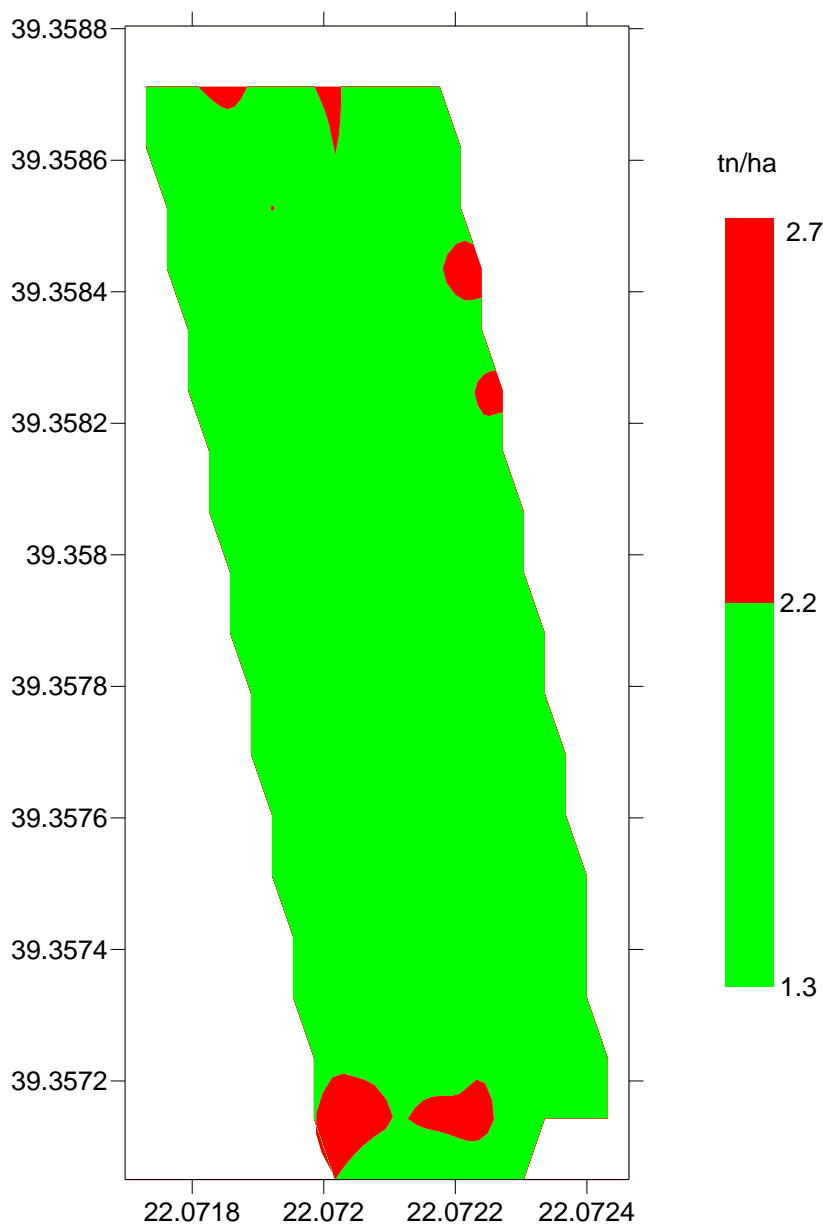


**Σχήμα 6.5.1.** Χάρτης ζώνης διαχείρισης του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros”.

Για το αγροτεμάχιο “Agros 1” έκτασης 8 στρεμμάτων ο καλύτερος συνδυασμός των τιμών του FPI και NCE είναι στις δύο κλάσεις από ότι παρατηρούμε και στο πίνακα (6.5.2.).

**Πίνακας 6.5.2.** Διάγραμμα συντελεστών FPI και NCE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 1”.

<b>“Agros 1”</b>		
Κλάσεις	FPI	NCE
<b>2</b>	<b>0,0272</b>	<b>0,0101</b>
3	0,0372	0,0177
4	0,0327	0,0181
5	0,0349	0,0199
6	0,0347	0,0211

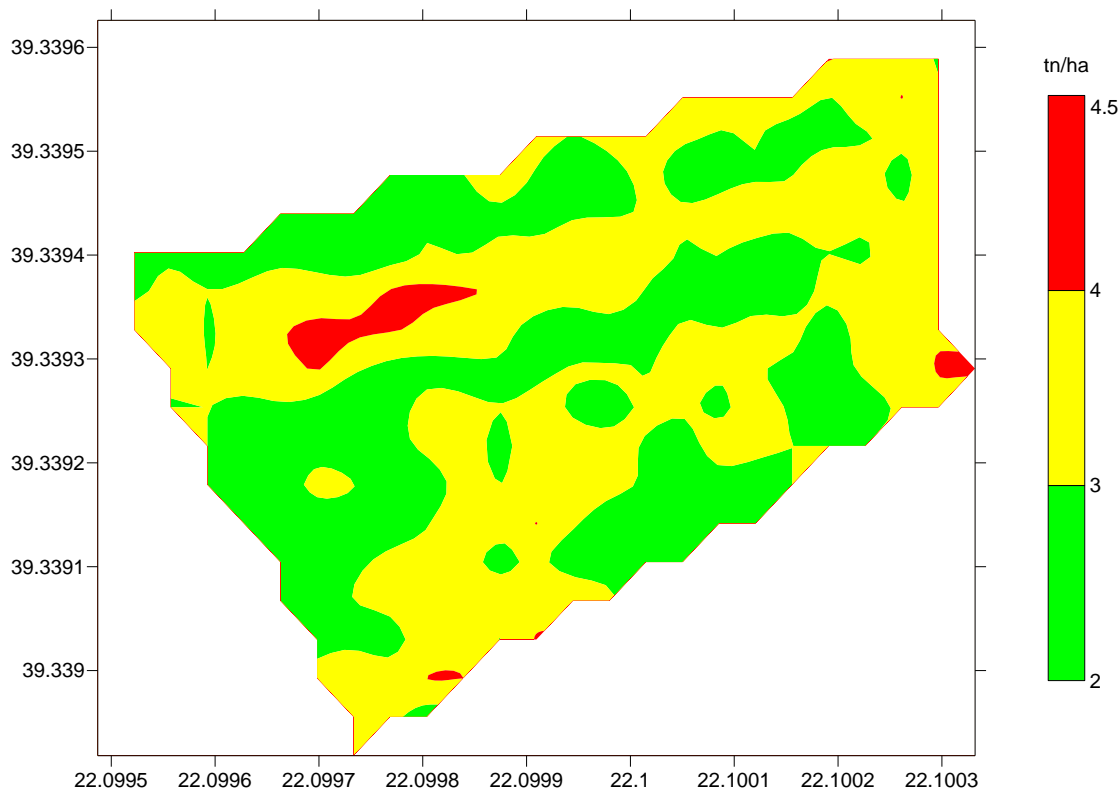


**Σχήμα 6.5.2.** Χάρτης ζώνης διαχείρισης του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 1”.

Για το αγροτεμάχιο “Agros 2” έκτασης 5 στρεμμάτων όπως παρατηρούμε και στο πίνακα (6.5.3.) η χαμηλότερη τιμή των δεικτών FPI και NCE είναι στις έξι κλάσεις. Επειδή όμως ο αγρός είναι μικρός σε έκταση (5 στρέμματα) η εφαρμογή έξι ζωνών από τον παραγωγό είναι δύσκολη και επομένως επιλέχθηκε να γίνουν τρεις ζώνες διαχείρισης.

**Πίνακας 6.5.3.** Διάγραμμα συντελεστών FPI και NCE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 2”.

<b>“Agros 2”</b>		
Κλάσεις	FPI	NCE
2	0,0468	0,0175
<b>3</b>	<b>0,0351</b>	<b>0,0171</b>
4	0,039	0,0218
5	0,0418	0,0237
6	0,0253	0,0162

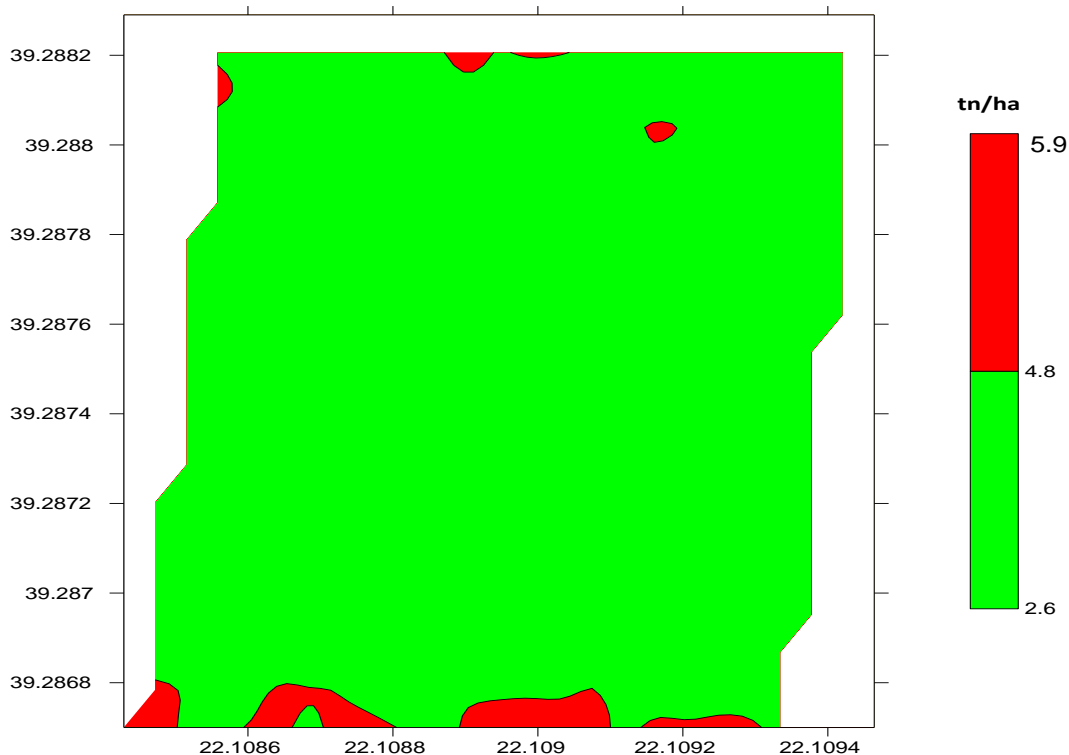


**Σχήμα 6.5.3.** Χάρτης ζώνης διαχείρισης του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 2”.

Για το επόμενο αγροτεμάχιο “Agros 3” έκτασης 8 στρεμμάτων ο κατάλληλος συνδυασμός του FPI και NCE ανέρχεται στις δύο κλάσεις όπως παρατηρούμε και στο πίνακα (6.5.4.).

**Πίνακας 6.5.4.** Διάγραμμα συντελεστών FPI και NCE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 3”.

“Agros 3”		
Κλάσεις	FPI	NCE
<b>2</b>	<b>0,0326</b>	<b>0,0115</b>
3	0,0397	0,0188
4	0,0345	0,019
5	0,0356	0,021
6	0,0342	0,0211

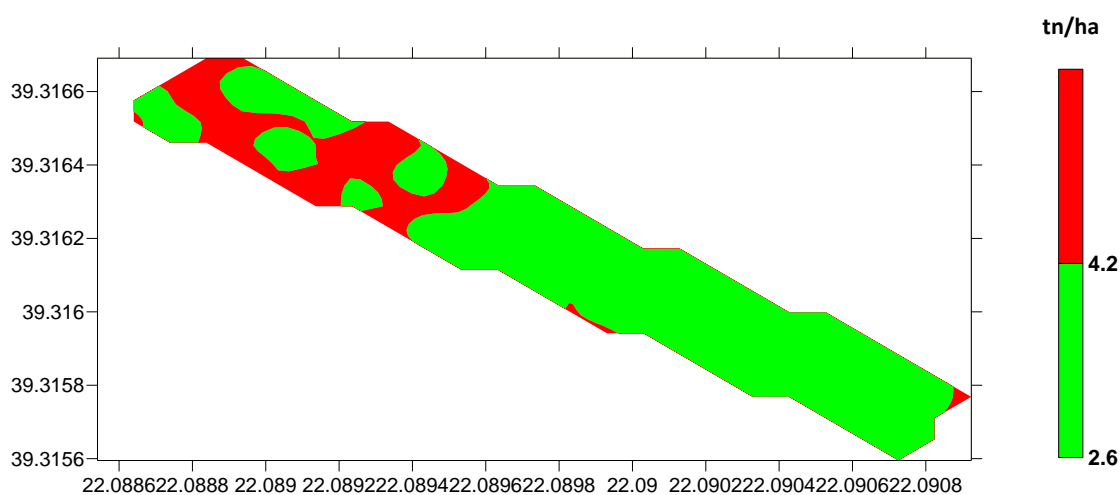


**Σχήμα 6.5.4.** Χάρτης ζώνης διαχείρισης του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 3”.

Στο αγροτεμάχιο “Agros 4” έκτασης 7 στρεμμάτων όπως παρατηρούμε και στο πίνακα (6.5.5.) η χαμηλότερη τιμή του δείκτη FPI είναι στις τέσσερις κλάσεις ενώ του NCE στις δύο. Τελικά επιλέχθηκε να γίνου δύο ζώνες διαχείρισης λόγω τις χαμηλής τιμής του δείκτη NCE.

**Πίνακας 6.5.5.** Διάγραμμα συντελεστών FPI και NCE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 4”.

“Agros 4”		
Κλάσεις	FPI	NCE
<b>2</b>	<b>0,0314</b>	<b>0,0111</b>
3	0,0379	0,0185
4	0,0295	0,0166
5	0,033	0,0193
6	0,0341	0,021



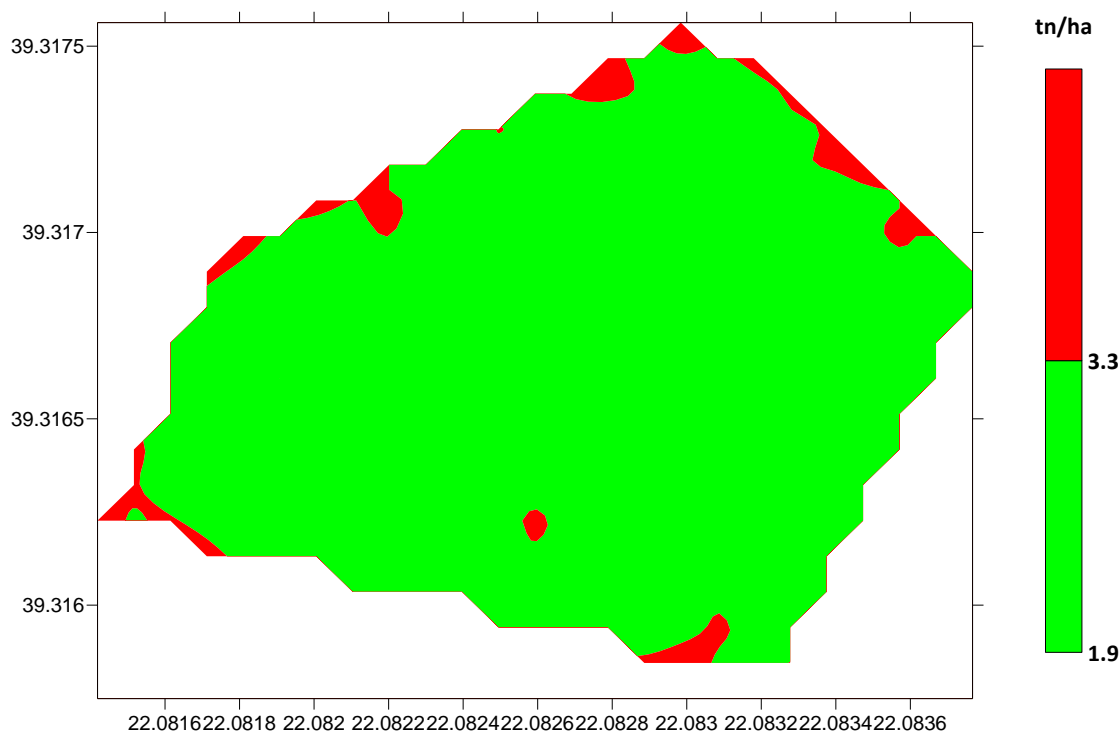
**Σχήμα 6.5.5.** Χάρτης ζώνης διαχείρισης του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 4”.

Στο επόμενο αγροτεμάχιο “Agros 5” έκτασης 24 στρεμμάτων όπως παρατηρούμε και στο πίνακα (6.5.6.) ο καλύτερος συνδυασμός των δεικτών FPI και NCE ανέρχεται στις τρεις κλάσεις. Τελικά επιλέχθηκαν δύο ζώνες διαχείρισης για ευκολία εφαρμογής από τον παραγωγό.



**Πίνακας 6.5.6.** Διάγραμμα συντελεστών FPI και NCE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 5”.

<b>“Agros 5”</b>		
Κλάσεις	FPI	NCE
<b>2</b>	<b>0,0435</b>	<b>0,0154</b>
3	0,0308	0,0152
4	0,0393	0,0214
5	0,0381	0,0216
6	0,0383	0,0229

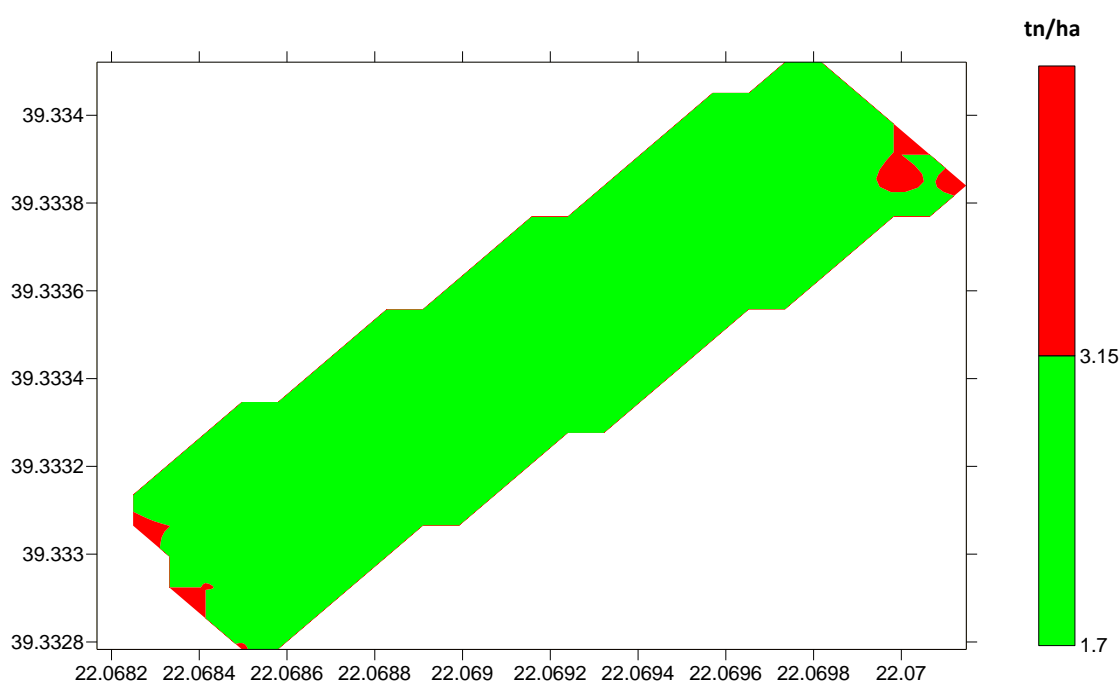


**Σχήμα 6.5.6.** Χάρτης ζώνης διαχείρισης του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 5”.

Για το αγροτεμάχιο “Agros 6” έκτασης 10 στρεμμάτων όπως παρατηρούμε και στο πίνακα (6.5.7.) η μικρότερη τιμή του FPI είναι στις τρεις κλάσεις ενώ του NCE στις δύο. Επιλέχθηκε να γίνουν δύο ζώνες διότι εκεί είναι ο καλύτερος συνδυασμός των δεικτών FPI και NCE.

**Πίνακας 6.5.7.** Διάγραμμα συντελεστών FPI και NCE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 6”.

“Agros 6”		
Κλάσεις	FPI	NCE
<b>2</b>	<b>0,0444</b>	<b>0,0162</b>
3	0,0367	0,0181
4	0,0401	0,0216
5	0,0385	0,0221
6	0,039	0,0231

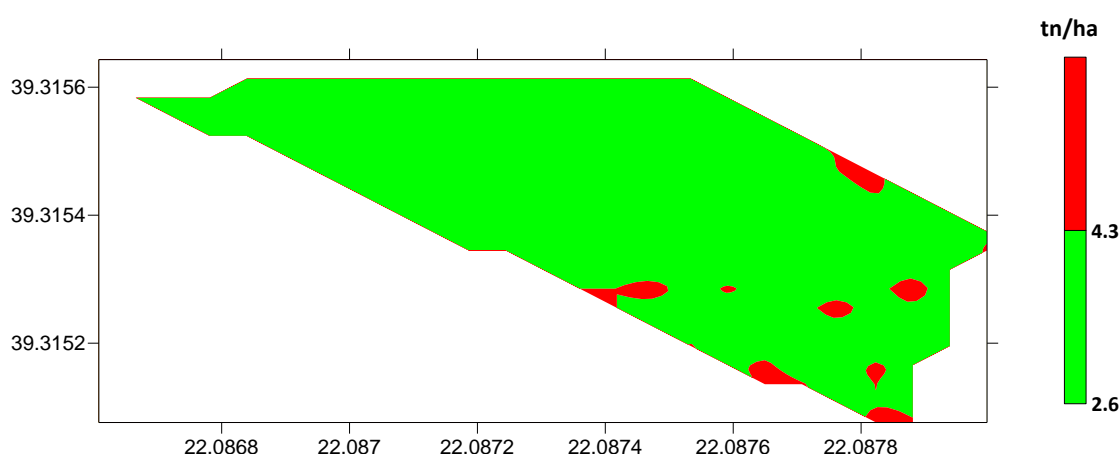


**Σχήμα 6.5.7.** Χάρτης ζώνης διαχείρισης του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 6”.

Τέλος για το αγροτεμάχιο “Agros 7” έκτασης 4 στρεμμάτων όπως παρατηρούμε και στο πίνακα (6.5.8.) ο δείκτης FPI παρουσιάζει την χαμηλότερη τιμή στις τρεις και πέντε κλάσεις αντίστοιχα. Αντιθέτως ο δείκτης NCE παρουσιάζει την χαμηλότερη τιμή στις δύο κλάσεις. Τελικά οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι ο καλύτερος συνδυασμός των δεικτών είναι στις δύο ζώνες διαχείρισης.

**Πίνακας 6.5.8.** Διάγραμμα συντελεστών FPI και NCE για τον καθορισμό των απαραίτητων ζωνών διαχείρισης στο αγροτεμάχιο με την ονομασία “Agros 7”.

“Agros 7”		
Κλάσεις	FPI	NCE
<b>2</b>	<b>0,0335</b>	<b>0,013</b>
3	0,0315	0,0156
4	0,0385	0,0208
5	0,0315	0,0185
6	0,0376	0,0229



**Σχήμα 6.5.8.** Χάρτης ζώνης διαχείρισης του αγροτεμαχίου με την ονομασία “Agros 7”.

Σύμφωνα με τους παραπάνω χάρτες ζωνών διαχείρισης συμπεραίνουμε ότι τα αγροτεμάχια με την ονομασία Agros 2, Agros 4, Agros 6 και Agros 7, έχουν ομοιόμορφη παραγωγή και δεν μπορούν να χωριστούν σε ζώνες που μπορεί να δεχτούν διαφορετικές καλλιεργητικές φροντίδες. Αντίθετα τα αγροτεμάχια Agros, Agros 1, Agros 3 και Agros 5 έχουν μεγάλη παραλλακτικότητα στην παραγωγή και χωρίζονται σε ζώνες για την εφαρμογή διαφορετικών καλλιεργητικών φροντίδων.

## 6.6. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΠΟΡΟΥ

Τα δεδομένα που κατέγραψαν οι αισθητήρες απόδοσης και υγρασίας σπόρου σε κάθε σημείο των αγρών τοποθετήθηκαν σε ένα αρχείο Excel. Για τη σύγκριση των δύο δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson. Ο συντελεστής συσχέτισης παίρνει τιμές στο διάστημα μεταξύ [-1, 1]. Τιμές στο διάστημα (0, 0.3] ορίζουν μια ασθενή γραμμική σχέση των δυο μεταβλητών, στο διάστημα (0.3, 0.6] μια μεσαία και στο διάστημα (0.6, 1] μια ισχυρή γραμμική σχέση. Το πρόσημο του συντελεστή υποδεικνύει τη φύση της σχέσης (+) θετική και (-) αρνητική. Ο παρακάτω πίνακας (6.6.) δείχνει το είδος συσχέτισης μεταξύ παραγωγής και υγρασίας σπόρου στα διάφορα αγροτεμάχια. Όπως παρατηρούμε στα αγροτεμάχια Agros, Agros 2, Agros 3, Agros 5 και Agros 6, ο συντελεστής συσχέτισης υποδεικνύει μια ασθενή θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής και της υγρασίας του σπόρου διότι ανήκει στο διάστημα (0, 0.3], , ενώ για τα αγροτεμάχια Agros 1, Agros 4 και Agros 7 υποδεικνύει ασθενή αρνητική γραμμική συσχέτιση.

**Πίνακας 6.6.** Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ παραγωγής και υγρασίας σπόρου

Αγροτεμάχια	Agros	Agros 1	Agros 2	Agros 3	Agros 4	Agros 5	Agros 6	Agros 7
Correlations	0.12	-0.15	0.09	0.21	-0.15	0.12	0.14	-0.05

## 6.7. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στο αγροτεμάχιο Agros όπως περιγράψαμε και πιο πάνω δημιουργήθηκαν δύο ζώνες διαχείρισης σύμφωνα με την παραγωγή. Στο πίνακα (6.7.2.) φαίνεται η απόδοση σε κάθε κλάση όπως και η αντίσταση στη διείσδυση στα διάφορα βάθη εδάφους. Για τη συσχέτιση μεταξύ απόδοσης και αντίστασης στη διείσδυση χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson. Ο συντελεστής συσχέτισης παίρνει τιμές στο διάστημα μεταξύ [-1, 1]. Τιμές στο διάστημα (0, 0.3] ορίζουν μια ασθενή γραμμική σχέση των δυο μεταβλητών, στο διάστημα (0.3, 0.6] μια μεσαία και στο διάστημα (0.6, 1] μια ισχυρή γραμμική σχέση. Το πρόσημο του συντελεστή υποδεικνύει τη φύση της σχέσης (+) θετική και (-) αρνητική. Όπως παρατηρούμε στο πίνακα (6.7.1.) στις δύο ζώνες διαχείρισης και στα διάφορα βάθη εδάφους(0-15cm, 15-30cm, 30-50cm) ο συντελεστής συσχέτισης έχει τιμές που ανήκουν στο διάστημα (0, 0.3] που σημαίνει ότι παρατηρείται ασθενή γραμμική σχέση μεταξύ απόδοσης και αντίστασης στη διείσδυση του εδάφους. Συγκεκριμένα στη πρώτη ζώνη και στα τρία βάθη(0-15, 15-30, 30-50 cm) παρατηρείται ασθενή αρνητική γραμμική σχέση, ενώ στη δεύτερη σε βάθος 0-15 cm παρατηρείται ασθενή αρνητική γραμμική σχέση και στα βάθη 15-30, 30-50 cm ασθενή θετική γραμμική σχέση.

**Πίνακας 6.7.1.** Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ απόδοσης και αντίσταση στη διείσδυση στα διάφορα βάθη εδάφους στο αγροτεμάχιο Agros.

Βάθος εδάφους	Correlations	Correlations
	Ζώνη διαχείρισης 1	Ζώνη διαχείρισης 2
0-15 cm	-0.025	-0.01
15-30 cm	-0.0009	0.0005
30-50 cm	-0.019	0.048

**Πίνακας 6.7.2.** Απόδοση και αντίσταση στη διείδυση σε κάθε ζώνη διαχείρισης στο αγροτεμάχιο Agros.

Ζώνες διαχείρισης	Διάστημα κλάσεων-ζωνών διαχείρισης παραγωγής σε t/ha	Αντίσταση στη διείδυση σε βάθος 0-15 cm σε κάθε ζώνη διαχείρισης σε MPa	Αντίσταση στη διείδυση σε βάθος 15-30 cm σε κάθε ζώνη διαχείρισης σε MPa	Αντίσταση στη διείδυση σε βάθος 30-50 cm σε κάθε ζώνη διαχείρισης σε MPa
1	1.9-3.3	1.3-2	0.96-2.99	2-4.1
2	3.3-4.7	1.3-2.9	0.96-3.99	0.4-5

**Πίνακας 6.7.3.** Μέσος όρος για την απόδοση και αντίσταση στη διείδυση σε κάθε ζώνη διαχείρισης στο αγροτεμάχιο Agros.

Ζώνες διαχείρισης	Μέσος όρος παραγωγής σε t/ha για κάθε ζώνη διαχείρισης	Μέσος όρος αντίσταση στη διείδυση σε βάθος 0-15 cm σε κάθε ζώνη διαχείρισης σε MPa	Μέσος όρος αντίσταση στη διείδυση σε βάθος 15-30 cm σε κάθε ζώνη διαχείρισης σε MPa	Μέσος όρος αντίσταση στη διείδυση σε βάθος 30-50 cm σε κάθε ζώνη διαχείρισης σε MPa
1	2.6	1.65	1.98	2.05
2	4	2.1	2.48	2.7

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η εφαρμογή τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας έχει μεγάλο ενδιαφέρον καθώς τα αγροτεμάχια έχουν μεγάλη παραλλακτικότητα. Όμως αυτή την παραλλακτικότητα που υπάρχει από τμήμα σε τμήμα, ο παραγωγός δεν μπορούσε να την αντιληφθεί καθώς τον ενδιέφερε περισσότερο ο μέσος όρος του αγροτεμαχίου και όχι τόσο που είναι τα πιο παραγωγικά σημεία του και που δεν υπάρχει μεγάλη παραγωγή.

Συμπερασματικά, η παραγωγή θεωρείται υψηλή στα αγροτεμάχια “Agros 4” και “Agros 3” με μέσο όρο παραγωγής που έφθασε 3,9 tn/ha και 3,8 tn/ha αντίστοιχα, μεσαία στα “Agros” και “Agros 2” με μέσο όρο παραγωγής 3,2 tn/ha και 3,11 tn/ha, χαμηλή στα “Agros 5” και “Agros 6” με μέσο όρο παραγωγής 2,84 tn/ha και 2,6 tn/ha και αρκετά χαμηλή στα αγροτεμάχια “Agros 1” και “Agros 7” με μέσο όρο παραγωγής 1,9 tn/ha και 1,84 tn/ha. Παρατηρούμε ότι στα αγροτεμάχια “Agros”, “Agros 5” και “Agros 6” εμφανίζονται λωρίδες κατά μήκος των αγρών όπου η παραγωγή κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με την παράγωγη στο υπόλοιπο μέρος των αγροτεμαχίων. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε κακή ζιζανιοκτονία με αποτέλεσμα να έχουν παραμείνει ζιζάνια κατά μήκος και σε λωρίδες στον αγρό, σε κακή σπορά άρα αραιή φυτεία, σε νεροκρατούντα σημεία (οι αγροί είναι επίπεδοι) με αποτέλεσμα την καταστροφή ή την αραιώση των φυτών και κακή διασπορά των λιπασμάτων. Επίσης αυτό που παρατηρείτε σχεδόν σε όλα τα αγροτεμάχια και προξενεί εντύπωση είναι ότι η πολύ υψηλή παραγωγή εντοπίζεται κυρίως περιμετρικά και στα προσκέφαλα των αγρών. Μία εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι η κακή διασπορά των λιπασμάτων (λόγω των συχνών γυρισμάτων του ελκυστήρα στα προσκέφαλα κατά τη διασπορά) με αποτέλεσμα την συσσώρευση μεγαλύτερης ποσότητας σε σχέση με το υπόλοιπο κομμάτι του αγρού.

Στους χάρτες υγρασίας παρατηρείται σε όλα τα αγροτεμάχια ότι το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 10-12,5%, ποσοστό το οποίο επιτρέπει τη συγκομιδή και αποθήκευση του προϊόντος δίχως να δημιουργούνται προβλήματα. Ορισμένες

μεγαλύτερες τιμές είναι σε πολύ μικρό ποσοστό κάλυψης και δεν επηρεάζουν καθόλου.

Για τους χάρτες συμπίεσης όπως αναφέραμε και πιο πάνω δείχνουν ότι η συμπίεση αυξάνεται σταδιακά όσο αυξάνει το βάθος εδάφους, αυτό αποδεικνύει και το διάγραμμα αντίστασης.

Όλα τα αγροτεμάχια χωρίστηκαν σε ζώνες διαχείρισης σύμφωνα με τους δείκτες FPI και NCE λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση του κάθε αγροτεμαχίου. Από ότι παρατηρούμε τα αγροτεμάχια Agros 2, Agros 4, Agros 6 και Agros 7, λόγω της ομοιόμορφης παραγωγής δεν μπορούν να χωριστούν σε ζώνες διαχείρισης (δεν είναι λειτουργικές οι ζώνες-δύσκολη εφαρμογή) και άρα να δεχτούν διαφορετικές καλλιεργητικές φροντίδες, ενώ τα αγροτεμάχια Agros, Agros 1, Agros 3 και Agros 5 χωρίστηκαν σε ζώνες διαχείρισης, δύο για το κάθε αγροτεμάχιο δίνοντας την δυνατότητα να διαφοροποιήσουμε τις εισροές και την καλλιεργητική τεχνική την επόμενη καλλιεργητική περίοδο.

Οι συσχετίσεις που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του συντελεστή συσχέτισης του Pearson έδειξαν ότι η απόδοση με την υγρασία του σπόρου στα αγροτεμάχια Agros, Agros 2, Agros 3, Agros 5 και Agros 6 παρουσιάζουν μια ασθενή θετική γραμμική συσχέτιση, ενώ αντίθετα τα αγροτεμάχια Agros 1, Agros 4 και Agros 7 μια ασθενή αρνητική γραμμική συσχέτιση. Στο αγροτεμάχιο Agros συσχετίσαμε την απόδοση με την αντίσταση στη διείσδυση σε βάθος 0-15cm, 15-30cm και 30-50cm στις δύο ζώνες διαχείρισης του αγρού και καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι στη πρώτη ζώνη και στα τρία βάθη παρατηρείται μια ασθενή αρνητική γραμμική συσχέτιση, ενώ στη δεύτερη σε βάθος 0-15 cm παρατηρείται ασθενή αρνητική γραμμική σχέση και στα βάθη 15-30, 30-50 cm ασθενή θετική γραμμική σχέση.

Οι πληροφορίες από τους χάρτες παραγωγής υγρασίας και αντίστασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις καλλιεργητικές φροντίδες της επόμενης καλλιεργητικής περιόδου. Συγκρίνοντας τους χάρτες παραγωγής του κάθε αγροτεμαχίου με τις αναλύσεις εδάφους μπορεί να αποφευχθεί υπέρογκο κόστος κατά τη λίπανση. Με τα δεδομένα αυτά και τους λιπασματοδιανομείς νέας τεχνολογίας μπορεί να γίνει πιο οικονομική η λιπασματοδιανομή κατά τη βασική



λίπανση, να λιπαίνεται δηλαδή ο αγρός στα τμήματα και με τις ποσότητες που απαιτείται και όχι εξ' ολοκλήρου όπως γίνεται σήμερα από όλους σχεδόν τους παραγωγούς. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στη ζιζανιοκτονία. Να γίνεται, δηλαδή, ψεκασμός των ζιζανίων στα τμήματα του αγρού όπου υπάρχει πρόβλημα ενώ σ' αυτά που δεν εμφανίζεται προσβολή να αποτρέπεται, μειώνοντας την ποσότητα των ζιζανιοκτόνων και τελικά το κόστος για τον παραγωγό. Για την εξάλειψη της συμπίεσης μπορεί να πραγματοποιηθεί χαλάρωση του εδάφους με βαθιά άροση(50cm και άνω) με άροτρο ή σχίσμο με υπεδαφοκαλλιεργητή που θα σπάσει τη συμπιεσμένη στιβάδα εδάφους.

Βάση των αποτελεσμάτων αυτών, στόχος είναι η συνέχιση του πειράματος τις επόμενες χρονιές, έτσι ώστε να γίνει επαλήθευση ή βελτίωση του μοντέλου υπολογισμού των διαφόρων χαρακτηριστικών. Μία άλλη παράμετρος που μπορεί να μελετηθεί είναι ο δείκτης βλάστησης NDVI και να γίνει συσχέτιση με την παραγωγή.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση

- Alimardani R., 2005. Design and construction of a tractor mounted penetrometer, *J. Agri. Soc. Sci.*, Vol. 1, No. 4, pp. 297-300.
- ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers). Feb 1999 (R2009). Soil Cone Penetrometer. ASABE Standard S313.3. American Society of Agricultural Engineers: St. Joseph, MI.
- Bakker, D.M., Davis, R.J., 1995. Soil deformation observations in a Vertisol under field traffic. *Aust. J. Soil Res.* 33, 817–832.
- Benito, A., Sombrero, A., Escribano, C., 1999. The effect of conservation tillage on soil properties. *Agricultura, Revista Agropecuaria* 68, 538–541
- Blackmore S., Godwin R.J., Fountas S. 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems Engineering* 84(4): 455-466.
- Blackmore S. 2000. The interpretation of trends from multiple yield maps. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26: 37-51.
- Bramley, R.G.V. (2002b). Variation of the yield and quality of winegrapes and the effect of soil property variation in two contrasting Australian vineyards. CSIRO Australia. <http://www.csiro.au>.
- Boon N.E., Yahya A., Kheiralla A.F., Wee B.S., Gew S.K. 2005. A Tractor-mounted, Automated Soil Penetrometer–shearometer Unit for Mapping Soil Mechanical Properties. *Biosystems Engineering* 90(4), 381–396
- Botta G.F., Jorajuria D., Balbuena R., Ressia M., Ferrero C., Rosatto H., Tourn M. 2006. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus* L.) yields *Soil and Tillage Research*, 91(1-2): 164-172
- Boyer, C.N., Wade Brorsen, B., Solie, J.B., Raun, W.R. 2010. Profitability of variable rate nitrogen application in wheat production. *Precision Agriculture*. Springer Science+Business Media, LLC 2010.
- Cambell R., Rawlins S. and Han S.(1994). Monitoring methods for potato yield mapping. ASAE paper 94-1584, ASAE, St Joseph, Michigan.
- Carlos M. P. Vaz, Luis H. Bassoi, Jan W. Hopmans. 2001. Contribution of water content and bulk density to field soil penetration resistance as measured by a combined cone penetrometer–TDR probe *Soil and Tillage Research*,60(1-2): 35-42
- Chygarev, Y., Lodyata, S., 2000. Research of tyre rigidity in terms of ecological safety of agricultural landscapes. Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Lublin, Poland, pp. 171–176.

- Conlin, T.S.S., Driessche, R., 2000. Response of soil CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations to forest soil compaction at the long-term soil productivity sites in central British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* 80, 625–632.
- Colvin, T. S. 1990. Automated weighing and moisture sampling for a field-plot combine. *Applied Engineering in Agriculture* 6(6), 713–714.
- Defosse, P., Richard, G., 2002. Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. *Soil Tillage Res.* 67, 41–64.
- FAO. 2009. FAOSTAT Database results.
- Fleming, K.L., D.G. Westfall, D.W. Wiens, and M.C. Brodah. 2000. Evaluating farmer developed management zone maps for variable rate fertilizer application. *Precision Agriculture*, 2:201-215.
- Fraisse, C.W., K.A. Sudduth, and N.R. Kitchen. 2001a. Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. *Transactions of the ASAE*, 44(1):155-166.
- Fountas, S., Wulfsohn, D., Blackmore, S., Jacobsen, H. L. (2005a). A model of information flows in decision making for Precision Agriculture. *Agricultural Systems*. In Press.
- Fountas, S., Blackmore, S., Pedersen, S.M. (2005b). Information and Telecommunication Technologies (ICT) in Precision Agriculture. Book Chapter in: "ICT in Agriculture: Perspectives of Technological Innovation, edited by Ehud Gelb. Hebrew University of Jerusalem, Center for Agricultural Economic Research, Israel.
- Gemtos T., Markinos A., Toullos L., Pateras D. and Zerva G. (2003). A precision farming application in the small cotton farmers of Greece, ITAFE Conference, Izmir, Turkey, 7-9 October 2003.
- Gemtos T.A., Fountas S., Blackmore B.S., Greipentrog H.W. (2002). Precision farming experience in Europe and the Greek potential. Εργασία που δημοσιεύθηκε στο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Εφαρμογών Πληροφορικής στη Γεωργία, Αθήνα, Ιούνιος 2002.
- Hamza, M.A., Anderson, W.K., 2001. Effect of competition between gypsum, potassium, iron and sulphur on lupin. 2nd Australia- New Zealand Conference on Environmental Geotechnics. 28–30 November, 2001. Newcastle, Australia, pp. 95–97.
- Hamza, M.A., Anderson, W.K., 2003. Responses of soil properties and grain yields to deep ripping and gypsum application in a compacted loamy sand soil contrasted with a sandy clay loam soil in Western Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 54, 273–282.
- Hemmat A, and Adamchuk V.I. 2008. Sensor systems for measuring soil compaction: Review and analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 63, Issue 2, October 2008, Pages 89-103
- Hemmat A., Khorsandy A., Masoumi A.A., Adamchuk V.I. 2009. Influence of failure mode induced by a horizontally operated single-tip penetrometer on measured soil resistance. *Soil & Tillage Research* 105 (2009) 49–54

- Hendrick J.G. 1969. Recording soil penetrometer. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 14(2): 183-186
- Hettiaratchi, D.R.P., 1987. A critical state soil mechanics model for agricultural soils. *Soil Use Management*. 3, 94–105.
- Hofman A., Penigrahi S., Gregor B and Walker J. (1995). In field monitoring sugar beets, ASAE paper 95-2114, ASAE, St Joseph, Michigan.
- Hooks, C.C., and I.J. Jansen. 1986. Recording cone penetrometer developed in reclamation research. *Soil Sci. Soc, Am. J.* 50: 10-12.
- Horn, R., Trautner, H., Wuttke, M., Baumgartl, T., 1994. Soil physical properties related to soil structure. *Soil Tillage Res.* 35, 23–36
- Jones, D. and . Kunze, 2004. Guide to Sampling Soil Compaction Using Hand-Held Soil Penetrometers, Washington. CEMML TPS 04-1. Center for Environmental Management of Military Lands, Colorado State University, Fort Collins CO.
- Jorajuria, D., Draghi, L., 2000. Sobrecompactacion del suelo agricola. Parte I: influencia diferencial del peso y del numero de pasadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental* 4, 445–452.
- Kitchen, N. R., S.T. Drummond, E.D. Lund, K.A. Sudduth, and G.W. Buchleiter. 2003. Soil electrical conductivity and topography related to yield for three contrasting soil-crop systems. *Agron. J.* 95:483-495.
- Kützbach, H. D. and Schneider, H. 1997. Scientific challenges of grain harvesting. ASAE Paper No. 97-1080.
- Larson, W.E., Gupta, S.C., Useche, R.A., 1980. Compression of agricultural soils from eight soil orders. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44,450–457.
- Lebert, M., Burger, N., Horn, R., 1998. Effect of dynamic and static loading on compaction of structured soils. In: Larson, W.E., Blake, G.R., Allmaras, R.P., Voorhees, W.B., Gupta, S.
- Link J., Batchelor W.D., Graeff S., Claupein W. 2008. Precision Agriculture. Springer Science+Business Media, LLC 2008.
- Li HongWen, Gao HuanWen, Chen JunDa, LiWenYing, Li RuXin, 2000. Study on controlled traffic with conservative tillage. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 16, 73–77
- Lipiec J., Hatano R. 2003. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*, 116(1-2): 107-136.
- Lithourgidis, A.S., C.A. Damalas and A.A. Gagianas. 2006a. Long-term yield ratterns for continuous winter wheat cropping in northern Greece. *European Journal of Agronomy* 25:208-214.
- Markinos A., Gemtos T., Toulis., Pateras D., and Zerva G. (2002). Yield mapping of cotton crop in Greece, Proceedings of the 1st HAICTA Conference, Athens, 6-7 June 2002, pp. 56-62.
- Markinos, A.T., Gemtos, T.A., Pateras, D., Toulis, L., Zerva, G. and Papaeconomou, M. 2004. The influence of cotton variety in the calibration factor of a cotton yield monitor, 2nd HAICTA Conference.

- McCauley, J.D., 1999. Simulation of Cotton Production for Precision Farming. *Precision Agriculture*, 1, pp. 81-94.
- McGarry, D., 2001. Tillage and soil compaction. In: Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A. (Eds.), *First World Congress on Conservation Agriculture*, 1–5 October 2001, Madrid, Spain, Natural Resource Sciences. pp. 281–291.
- McKinion, J.M., Jenkins, J.N., Akins, D., Turner, S.B., Willers, J.L., Jallas, E., Whisler, F.D., 2001. Analysis of a precision agriculture approach to cotton production. *Computers and Electronics in Agriculture* 32, pp. 213-228.
- Medema, D.J., Bergeijk, J Van., and Goense, D., 2000, Spatial variability of sugar beet yield and quality in relation to several soil properties. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International conference on precision Agriculture*, Bloomington, Minnesota, USA, 16-19 July, 2000. pp. 1–14.
- Missotten, B. 1998. Measurement systems for the mapping and the evaluation of crop production performance. Doctoraatsproefschrift nr. 366 aan de Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen van de K.U. Leuven.
- Mitchell, F.J., Berry, W.A.J., 2001. The effects and management of compaction in agricultural soils. *Proceedings of the Annual Congress—South African Sugar Technologists' Association*, No. 75, pp. 118–124
- Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A., Hemmat, A., Afyuni, M., 2000. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. *Soil Tillage Res.* 55, 87–97.
- Neve, S., Hofman, G., 2000. Influence of soil compaction on carbon and nitrogen mineralization of soil organic matter and crop residues. *Biol. Fertil. Soils* 30, 544–549.
- Pelletier G. and Shrini K. Upadayaya (1999). Development of a tomato load/ yield monitor. *Computers and Electronics in Agriculture*, 32, p 213-228
- Pena-Yewtukhiw, E.M., Grove, J.H., Beck, E.G., 2000. Nonparametric geostatistics/probabilistic sourcing of nitrate to a contaminated well. *Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD)*, July 16\_/19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Rains, G.C., Thomas, D.L., Perry, C.D. (2002). Pecan mechanical harvesting parameters for yield mapping *Transaction of the ASAE Vol 45(2)* 281-285.
- Raper, R.L., Reeves, D.W., Burt, E.C., 1998. Using in-row subsoiling to minimize soil compaction caused by traffic. *J. Cotton Sci.* 2, 130–135.
- Raper R L; Washington B H; Jarrell J D. 1999. A tractor mounted multiple-probe soil cone penetrometer. *Applied Engineering in Agriculture*, 15(4), 287–290
- Rawilns, S. L., Cambell, G. S., Cambell, R. H. and Hess, J. R. 1995. Yield mapping of potato. In: *Proceedings of site-specific Management for Agriculture Systems*, Minneapolis, MN, 27-30 Marc, 1994 (American Society of Agronomy, Madison, WI), pp. 59-68.

- Schrock, M. D., Kuhlman, D. K., Hinnen, R. T., Oard, D. L. and Pringle, J. L., 1995. Sensing grain yield with a triangular elevator. In: Proceedings of 2nd International Congress on Site-Specific Management for Agricultural Systems, edited by P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson (ASA-CSSA-SSSA), p. 638–650.
- Scott D.L., Tams A.R., Berry P.M., Mooney S.J. 2005. The effects of wheel-induced soil compaction on anchorage strength and resistance to root lodging of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) *Soil and Tillage Research*, 82(2): 147-160.
- Shulan Zhang, Harald Grip, Lars Lövdahl. 2006. Effect of soil compaction on hydraulic properties of two loess soils in China. *Soil and Tillage Research*, 90(1-2):117-125.
- Silva, V.R., Reinert, D.J., Reichert, J.M., 2000a. Soil strength as affected by combine wheel traffic and two soil tillage systems. *Ciencia Rural*. 30, 795–801.
- Sirjacobs, D., Hanquet, B., Lebeau, R., Destain, M.F., 2001. On-line soil mechanical resistance mapping and correlation with soil physical properties for precision agriculture. *Soil and Tillage Research*. 64: 231–242.
- Soil Science Society of America, 1996. *Glossary of Soil Science Terms*. Madison, WI, USA.
- Soane, B.D., Dickson, J.W., Campbell, D.J., 1982. Compaction by agricultural vehicles: a review. III. Incidence and control of compaction in crop production. *Soil Tillage Res.* 2, 3–36
- Stafford, J. V., Ambler, B. and Smith, M. P. 1991. Sensing and mapping grain yield variation. *Automated Agriculture for the 21st Century, Proceedings of the 1991 Symposium, 16–17 December (ASAE, Chicago, IL)*, p. 356–365.
- Stafford, J.V. (2000). Implementing Precision Agriculture in the 21st Century *J. Agr. Engng Res.*(76) 267-275.
- Strubbe, G., Missotten, B., De Baerdemaeker, J. 1996. Performance evaluation of a three-dimensional optical volume flow meter. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 12(4), 403–409.
- Sun Y., Ma D., Schulze Lammers P., Schmittmann O., Rose M. 2006. On-the-go measurement of soil water content and mechanical resistance by a combined horizontal penetrometer. *Soil & Tillage Research* 86, 209–217
- Tarawally M.A., Medina H., Frómeta M.E., Alberto Itza C. 2004. Field compaction at different soil-water status: effects on pore size distribution and soil water characteristics of a Rhodic Ferralsol in Western Cuba. *Soil and Tillage Research*, 76(2): 95-103
- Taylor R.K., Kluitenberg G.J., M.D. Schrock, N. Zang, J.P. Schmidt, J.L. Havlin. 2001. Using yield monitor data to determine spatial crop production potential. *Transaction of the ASAE Vol 44(6)* 1409-1414.
- Tekin, Y. and R. Okursoy, 2007, Development of a Hydraulic-driven Penetrometer for Measuring Compaction in Field Conditions, *Journal of Applied Sciences* 7(6): 918-921.

- Tormena, C.A., Barbosa, M.C., Costa, A.C.S., Goncalves, A.C.A., 2002. Soil bulk density, porosity and resistance to root penetration in an oxisol managed by different soil tillage systems. *Scientia Agricola* 59, 795–801.
- Tullberg, J.N., 1990. Hunter, M.N., Paull, C.J., Smith, G.D. (Eds.), *Proceedings of Queensland Department of Primary Industries Soil Compaction Workshop*. Toowoomba, Australia, Why control field traffic 28, 13–25.
- Usovich, B., Lipiec J. 2009. Spatial distribution of soil penetration resistance as affected by soil compaction: The fractal approach. *Ecological Complexity*, 6(3): 263-271
- Vansichen, R. and De Baerdemaeker, J. 1991. Continuous wheat yield measurement on a combine. In: *Automated Agriculture for the 21st Century, Proceedings of the 1991 Symposium, 16–17 December (ASAE, Chicago, IL)*, p. 346–355.
- Velidis, G., Perry, C. D., Durrence, J. S., Thomas, D. L., Hill, R. W., Kwień, C. K., Rains, G. (2001). Field testing the peanut yield monitoring. In: Robert, P.C., Rust, R. H., Larson, W. E (Eds). *Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, USA*, pp. 835-844.
- Velidis G.C.D. Perry, G.C. Rains, D.L. Thomas, N. Wells, C.K. Kwień (2003) Simultaneous assessment of cotton yield monitors. *Applied Engineering in Agriculture*, Vol 19(3) 259-272
- Wagner, E. and Schrock, M. D. 1987. Grain flow measurement with a pivoted auger. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 30(6), 1583–1586.
- Wild, K. and Auernhammer, H. 1998. Field and lab tests of sensors for cutting width measurements at the header of combines. *Ageng paper No. 98-A-145*.
- Wright, S. L. and Hood, C. F. 1998. Near infrared spectrometer used in combination with a combine for real time grain analysis. *USA Patent no. 5.751.421*.
- Watson S., Segara E., Lascano R., Li H., Bronson K. and Booker J. (2003). An economic analysis of whole-field farming versus precision farming: The case of cotton. *Beldwide Cotton Conferences, Nashville, TN*, pp. 396-441.
- Welsh J., Wood G., Godwin R., Taylor J., Earl R., Blacmore B. and Knights S. (2003a). Developing strategies of spatially variable nitrogen application in cereals. Part I: winter barley. *Biosystems Engineering. Special Edition on Precision Agriculture, Vol. 84, No. 4*, pp 481-494.
- Welsh J., Wood G., Godwin R., Taylor J., Earl R., Blacmore B. and Knights S. (2003b). Developing strategies of spatially variable nitrogen application in cereals. Part II: wheat. *Biosystems Engineering. Special Edition on Precision Agriculture, Vol. 84, No. 4*, pp 495-511.
- Westervelt, J.D., Reetz, H.F. 2000. *GIS in Site-Specific Agriculture*, Intersate Publishers Inc., 64pp.

Zhang, N., Wang, M., Wanga, N., 2002. Precision Agriculture/a worldwide overview. Computers and electronics in Agriculture vol 36, 113\_/132

### Notes

AgLeader Technology, 2202 S. Riverside, Dr. Ames, IA 50010.

Case Corporation, 700 State Street, Racine, WI 53404 USA.

Claas KgaA. Münsterstraße 33, D-33428 Harsewinkel.

Deere & Company, One John Deere Place, Moline, Illinois 61265-8098, (309) 765-8000.

RDS Technology Ltd., Stroud Road, Nailsworth, Gloucestershire, England GL6 0BE.

### Ελληνική

Αγγελοπούλου Α. (2008). Γεωργία Ακριβείας στην καλλιέργεια μήλων. Διδακτορική Διατριβή. Νέα Ιωνία, Βόλος.

Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας- Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης 2007

ΕΣΥΕ (2007) , Απογραφή Γεωργίας-Κτηνοτροφίας έτους 2007

Παπαγεωργίου Κ. και Σπαθής Π. (2000). Αγροτική Πολιτική. Εκδόσεις Στοχαστής- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Παπαοικονόμου Αγροχημικά ΑΒΕΕ. (2003). Οδηγός Γεωργίας Ακριβείας. σελ. 9,11,17

Παπακωστα, Δ. 2008. Ειδική Γεωργία Ι, Τεύχος Α΄. Σιτηρά, Χειμερινά-Εαρινά. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία. Θεσσαλονίκη.

Χατζηνίκος, Α. 2007. Ανάλυση της παραλλακτικότητας ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων σε αμπελώνες της Ραψάνης Λάρισας. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Χλωρός Αθανάσιος (2010) , Γεωργία Ακριβείας Στα Σιτηρά, Μεταπτυχιακή Διατριβή Βόλος .