



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας - Αγροτεχνολογίας

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΕ
ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ
ΕΥΥΔΡΙΟΥ ΦΑΡΣΑΛΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ**

**THE IMPACT OF FLOOD ON COTTON FIELD AT THE
EVVIDRIO, FARSALA REGION AND RECOMMENDED
SOLUTIONS TO THIS PROBLEM**

Πτυχιακή Μελέτη

της φοιτήτριας

ΜΑΡΙΑ ΑΣΤΑΡΑ (ΑΜ 2619063)

Λάρισα, 2025



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας – Αγροτεχνολογίας

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΕ
ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ
ΕΥΥΔΡΙΟΥ ΦΑΡΣΑΛΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ**

**THE IMPACT OF FLOOD ON COTTON FIELD AT THE
ENVIDRIO, FARSALA REGION AND RECOMMENDED
SOLUTIONS TO THIS PROBLEM**

Πτυχιακή Μελέτη
της φοιτήτριας
ΜΑΡΙΑ ΑΣΤΑΡΑ (ΑΜ 2619063)

Τριμελής Επιτροπή

Βασίλειος Λιάκος
(Επιβλέπων)

Αλαμανής
Νικόλαος

Γκουγκουλιάς
Νικόλαος

Λάρισα, 2025

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	3
1. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	3
1.1 Γενικά.....	3
1.2 Εργαλεία της Γεωργίας Ακριβείας.....	5
1.3 Στάδια της Γεωργίας Ακριβείας.....	13
2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	16
2.1 Ορισμός.....	16
2.2 Μέθοδοι μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	16
2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα	20
3. ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ	22
3.1 Γενικά.....	22
3.2 Συνέπειες των πλημμυρικών φαινομένων στο έδαφος.....	23
4. ΒΑΜΒΑΚΙ	26
4.1 Ιστορία.....	26
4.2 Ταξινόμηση.....	27
4.3 Μορφολογία.....	27
4.4 Αύξηση – Ανάπτυξη	27
4.5 Οικολογικές απαιτήσεις	30
4.6 Καλλιεργητικές πρακτικές.....	32
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	33
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	33
ABSTRACT	34
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	35
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	36
Περιοχή μελέτης	36
Μεθοδολογία.....	37
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	39
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	42
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46

Ευχαριστίες

Έχοντας ολοκληρώσει την πτυχιακή μου εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα όλα τα άτομα που συνείσφεραν στην περάτωσή της, ο καθένας με το δικό του ξεχωριστό τρόπο.

Αρχικά, να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Λιάκο Βασίλειο που μου έδωσε την ευκαιρία να ερευνήσω αυτό το ενδιαφέρον και σημαντικό ζήτημα, καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγησή του στη συγγραφή της εργασίας. Ευχαριστώ πολύ ακόμη τον κ. Αλαμανή Νικόλαο και τον κ. Γκουγκουλιά Νικόλαο που δέχτηκαν να συμμετάσχουν ως μέλη στην τριμελή επιτροπή.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένεια μου και τους φίλους μου, για την αμέριστη στήριξη που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη ένταση της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη επηρεάζει σημαντικά τα καιρικά μοτίβα με αποτέλεσμα να προκαλεί τη δημιουργία σοβαρών φυσικών καταστροφών σε παγκόσμιο επίπεδο. Μία από τις πιο διαδεδομένες φυσικές καταστροφές που σημειώνονται στον πλανήτη είναι το φαινόμενο της πλημμύρας. Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης επιδεινώνει πολλούς από τους παράγοντες που αυξάνουν τον κίνδυνο πλημμύρας, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις. Έχει παρατηρηθεί ότι οι πλημμύρες πλέον είναι υψηλότερης συχνότητας και μεγαλύτερης διάρκειας. Ο Νταβίντ Φεράντα υποστηρίζει ότι η ανθρωπογενής κλιματική κρίση έχει κάνει πιο καταστροφικά τέτοιου είδους φαινόμενα. Το αντίκτυπο που αφήνουν οι πλημμύρες στο πέρασμα τους επηρεάζει τόσο τον άνθρωπο και την κοινωνία όσο και το περιβάλλον. Σύμφωνα με τους Kaur et al., οι πλημμύρες αποτελούν σε παγκόσμιο επίπεδο ένα από τα πιο επιζήμια αβιοτικά στρες επηρεάζοντας 17 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα επιφάνειας γης ετησίως.

Ο γεωργικός τομέας είναι αρκετά εκτεθειμένος σε φυσικές καταστροφές όπως οι πλημμύρες και αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις ως προς την ανθεκτικότητά του και τη διασφάλιση της παγκόσμιας σίτισης, καθώς οι γεωργικές δραστηριότητες εξαρτώνται άμεσα από τους κλιματικούς παράγοντες. Η επίδραση ενός πλημμυρικού φαινομένου στη γεωργία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την οικονομία των σχετιζόμενων με αυτό τον τομέα και των άμεσα εξαρτώμενων από αυτή. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε ορισμένες χώρες η οικονομία και τα προς το ζην των υπηκόων εξαρτώνται εξ ολοκλήρου από γεωργικές εκτάσεις. Στην Ευρώπη σχεδόν το 50% της έκτασής της είναι γεωργική γη και για το λόγο αυτό η προσαρμογή στις νέες συνθήκες είναι μια κρίσιμη πρόκληση για τη γεωργία. (Sili et al., 2020)

Η πλημμύρα που έπληξε την περιοχή της Θεσσαλίας με το πέρας της κακοκαιρίας Daniel επέφερε καταστροφικές συνέπειες στον αγροτικό τομέα, ο οποίος αποτελεί θεμελιώδη πυλώνα της τοπικής οικονομίας. Στο παραγωγικό σύστημα της περιοχής κυριαρχεί η καλλιέργεια του βαμβακιού, ακολουθούν τα σιτηρά και σε μικρότερες εκτάσεις ο αραβόσιτος, η βιομηχανική τομάτα και τα όσπρια. Στο καταστροφικό αυτό γεγονός, σημαντικός κρίθηκε και ο ρόλος που έχει η μορφολογία της συγκεκριμένης περιοχής, πέρα από την επίδραση της κλιματικής κρίσης. Ο ποταμός που διασχίζει την περιοχή της Θεσσαλίας ονομάζεται Πηνειός και διαθέτει το μεγαλύτερο πλημμυρικό

πεδίο στην Ελλάδα. Είναι άκρως φυσικό να υφίσταται συχνές και πολλές φορές έντονες πλημμύρες, μετά από εξαιρετικά έντονες βροχοπτώσεις. Ο θεσσαλικός κάμπος αποτελεί τη μεγαλύτερη πεδιάδα του ελλαδικού χώρου βρισκόμενος στο χαμηλότερο τμήμα του ποταμού και για το λόγο αυτό καλείται στη γλώσσα των γεωεπιστημόνων πλημμυρικό πεδίο. Η πεδιάδα δημιουργήθηκε από αλληπάλληλες πλημμύρες και λόγω αυτού είναι ιδιαίτερα επιρρεπής σε πλημμυρικά φαινόμενα. Όταν ο ποταμός έχει πλημμυρική παροχή, το νερό υπερχειλίζει τις όχθες του και χύνεται στο πλημμυρικό πεδίο, μεταφέροντας παράλληλα πολύ λεπτό υλικό εδάφους. (Ευελπίδου, 2023) Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίον τα πλημμυρικά πεδία είναι αρκετά εύφορα εδάφη. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα μεγάλα αγροτικά και πληθυσμιακά κέντρα της αρχαιότητας αναπτύχθηκαν γύρω από περιοχές όπως ο ποταμός Τίγρης-Ευφράτης (Μεσοποταμία) και ο ποταμός Νείλος (Αίγυπτος). Σε αυτό καθοριστικός ήταν ο ρόλος των πλημμυρών καθώς δημιούργησαν γόνιμα εδάφη για τη γεωργία εμπλουτίζοντας τα με θρεπτικά συστατικά. Η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας, και ιδίως οι νομοί Λάρισας και Καρδίτσας, είναι ίσως από τις περιοχές της Ελλάδος με την μεγαλύτερη συχνότητα σε πλημμυρικά φαινόμενα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

1.1 Γενικά

Τα τελευταία χρόνια, η παγκόσμια προσοχή έχει στραφεί όλο και περισσότερο στη γεωργία ακριβείας (ΓΑ), μια γεωργική πρακτική που εμφανίσθηκε τη δεκαετία του 1980, εξαιτίας της πίεσης των αναγκών σε τρόφιμα και βιωσιμότητα και λόγω της αύξησης των ευφύων τεχνολογιών που αφορούν τα αγροκτήματα. (Agus et al., 2023) Η διάδοση της ως απαραίτητης συνιστώσας για τη σύγχρονη γεωργία και τα προβλήματά της έχει γίνει όλο και πιο σημαντική. Νέες και ευφυείς λύσεις αναπτύσσονται και αναζητούνται συνεχώς έχοντας ως στόχο την αειφόρο γεωργία, η οποία πρέπει ωστόσο να αυξήσει την αποδοτικότητά της. (Vallentin et al., 2020)

Στη χώρα μας η εφαρμογή των συστημάτων γεωργίας ακριβείας επήλθε με μια καθυστέρηση. Αυτό αποδίδεται στις επικρατούσες συνθήκες που χαρακτηρίζονται (Γέμτος et al., 2015):

- από μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις
- από γεωργούς με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο
- από γεωργούς προσκολλημένους στις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής

Η γεωργία ακριβείας είναι μια στρατηγική διαχείρισης που συλλέγει, επεξεργάζεται και αναλύει χρονικά, χωρικά και μεμονωμένα δεδομένα φυτών και ζώων και τα συνδυάζει με άλλες πληροφορίες για να υποστηρίξει διαχειριστικές αποφάσεις σύμφωνα με εκτιμώμενη μεταβλητότητα, για βελτιωμένη αποδοτικότητα χρήσης πόρων, παραγωγικότητα, ποιότητα, κερδοφορία και βιωσιμότητα της γεωργικής παραγωγής. (ISPA, 2019)

Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται μια στρατηγική διαχείρισης αγροκτημάτων, όπου οι εισροές (λιπάσματα, φυτοφάρμακα, νερό άρδευσης, σπόρος) εφαρμόζονται εξατομικευμένα, την κατάλληλη χρονική στιγμή και στο κατάλληλο σημείο. Η γεωργία ακριβείας προσφέρει τη βελτίωση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών και της κερδοφορίας του αγροκτήματος, μέσω της βελτιωμένης διαχείρισης των γεωργικών εισροών. (Mulla, 2013) Με την εφαρμογή της είναι δυνατό να επιτευχθούν:

- υψηλότερες μέσες αποδόσεις
- μείωση του κόστους παραγωγής και εργασίας
- εξέταση της μεταβλητότητας που παρατηρείται σε καλλιέργειες και στο χωράφι
- ελαχιστοποίηση ανεπιθύμητων επιπτώσεων μακροπρόθεσμα

Έχει διακριθεί ότι αυτή η πρακτική είναι επιτυχής στη λήψη ακριβών αποφάσεων διαχείρισης σε διαφορετικά συστήματα καλλιέργειας και στην ενίσχυση της φυτικής παραγωγής, ενώ ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της γεωργίας και των γεωργικών πρακτικών. Όσον αφορά τη συγκομιδή, η γεωργία ακριβείας παρέχει στους αγρότες τη δυνατότητα να λαμβάνουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη μεταβλητότητα στις αποδόσεις των καλλιεργειών, μέσω της παρακολούθησης και της χαρτογράφησης των αποδόσεων. Με αυτή τη βοήθεια της γεωργίας ακριβείας καθίσταται ευκολότερη η διαδικασία λήψης αποφάσεων για τους παραγωγούς. (Agus et al., 2023)

1.2 Εργαλεία της Γεωργίας Ακριβείας

Η Γεωργία Ακριβείας χρησιμοποιεί ένα πλήθος τεχνολογιών μέσω των οποίων τελούνται τα στάδια που περιλαμβάνει και με αυτά δίνεται η δυνατότητα να επιτευχθούν οι στόχοι της. Οι τεχνολογίες αυτές εφαρμόζονται σε όλα τα στάδια παραγωγής της καλλιέργειας, από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή. Στις προηγμένες τεχνολογίες που χρησιμοποιεί περιλαμβάνονται τα Παγκόσμια Συστήματα Προσδιορισμού Θέσης (GNSS), τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), οι αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης, η τηλεπισκόπηση, οι εφαρμογές μεταβλητών δόσεων (Variable Rate Technology, VRT) συντελώντας όλα στην ενίσχυση των λειτουργιών και υπηρεσιών του αγροτικού τομέα.

1.2.1 Παγκόσμια Συστήματα Προσδιορισμού Θέσης (Global Navigation Satellite Systems, GNSS)

Τα συστήματα αυτά, με πιο διαδεδομένο το σύστημα που ανήκει στις ΗΠΑ (NAVSTAR GPS) αποτελούν ένα δορυφορικό σύστημα με τη βοήθεια του οποίου μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σημείου παρατήρησης συντεταγμένων X,Y,Z, ως προς ένα κατάλληλο σύστημα αναφοράς, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες. (Γέμος et al., 2015)

Το GPS παρέχει πολλές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων εξαιρετικά ακριβών και τρισδιάστατων πληροφοριών τοποθεσίας, υπηρεσίες ακριβείας ταχύτητας και χρονισμού και προσβασιμότητα σε απεριόριστο αριθμό παγκόσμιων στρατιωτικών, πολιτικών και εμπορικών χρηστών. Το GPS είναι ένα δορυφορικό σύστημα πλοήγησης το οποίο αποτελείται από έναν αστερισμό 24 δορυφόρων που παρέχει πληροφορίες θέσης και χρονισμού στους χρήστες. Οι δορυφόροι GPS εκπέμπουν συνεχή σήματα GPS, σε δύο διαφορετικές συχνότητες ζώνης L (L1 και L2), κάνοντας κύκλους γύρω από τη Γη κάθε 12 ώρες. Εκτός από τους δορυφόρους GPS, το σύστημα αποτελείται από ένα παγκόσμιο δίκτυο δορυφορικού ελέγχου και μονάδες δέκτη GPS που λαμβάνουν τα σήματα και τα μεταφράζουν σε πληροφορίες θέσης και χρονισμού. (Lee, 2009)

Οι δορυφόροι GPS μεταδίδουν σήματα για να παρέχουν ακριβείς πληροφορίες PVT (position, velocity, time) σε απεριόριστο αριθμό χρηστών στη Γη. Εκπέμπουν ένα σήμα που κωδικοποιεί τη θέση και την ώρα με υψηλή ακρίβεια, που προκύπτει από το πρότυπο ώρας ατομικού ρολογιού του δορυφόρου. Οι δέκτες GPS χρησιμοποιούν το

εύρος της ώρας άφιξης για να δημιουργήσουν ψευδοαπόσταση προκειμένου να καθορίσουν τη θέση του χρήστη. Ο δέκτης GPS μπορεί να λάβει και να επεξεργαστεί τα σήματα SPS και παρέχει ακριβή εντοπισμό θέσης. Τα σήματα και οι μετρήσεις GPS είναι επιρρεπή σε πολλούς παράγοντες ακούσιας διαταραχής, συμπεριλαμβάνοντας:

- τη μετατόπιση των ρολογιών του δορυφόρου και του δέκτη
- την πρόσθετη καθυστέρηση της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας στο χρόνο μετάδοσης του σήματος
- τα σφάλματα πολλαπλών διαδρομών

Ένας σημαντικός τύπος σκόπιμου σφάλματος GPS περιλαμβάνει την εμπλοκή σήματος, η οποία είναι σκόπιμη παρεμβολή που προκαλείται από εκπομπές σημάτων ραδιοσυχνοτήτων γύρω από τον δέκτη με στόχο την αποτροπή της παρακολούθησης αληθινών σημάτων GNSS. (Kumar et al., 2021)

Προσδιορισμός θέσης

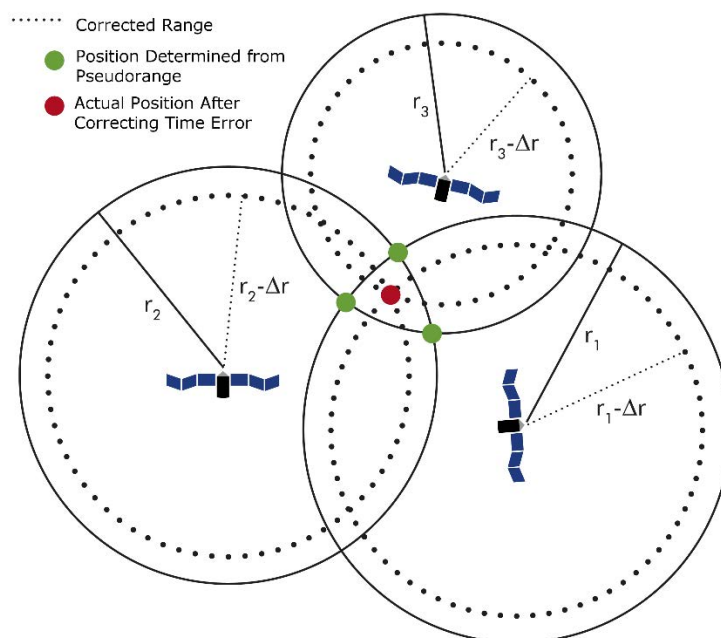
Για να προσδιοριστεί η θέση ενός σημείου είναι σημαντικό να υπολογιστούν οι εξής διαδικασίες:

- Διαδικασία τριγωνισμού
- Μέτρηση απόστασης από τους δορυφόρους
- Συγχρονισμός ρολογιών δέκτη - δορυφόρου
- Εύρεση της θέσης των δορυφόρων
- Διόρθωση καθυστερήσεων του σήματος

Ο προσδιορισμός θέσης μέσω GPS βασίζεται στην αρχή της τριγωνοποίησης, η οποία είναι η μέθοδος προσδιορισμού θέσης με μέτρηση αποστάσεων σε σημεία γνωστών θέσεων. Η τριγωνοποίηση απαιτεί τρεις περιοχές έως τρία γνωστά σημεία, τα οποία θα είναι οι θέσεις των δορυφόρων. Οι μετρούμενες περιοχές θα είναι οι αποστάσεις μεταξύ των δορυφόρων GPS και του δέκτη GPS ενός χρήστη. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το GPS είναι ένα εντελώς παθητικό σύστημα από το οποίο οι χρήστες λαμβάνουν μόνο σήματα. Οι δέκτες GPS, από την άλλη πλευρά, δεν μπορούν να μετρήσουν άμεσα τις εμβέλειες, αλλά τις ψευδοαποστάσεις. Η ψευδοαπόσταση είναι μια μέτρηση της διαφοράς χρόνου μεταξύ του τοπικού ρολογιού του δέκτη και ενός ατομικού ρολογιού σε έναν δορυφόρο. Η μέτρηση

πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα του φωτός για να μετατραπεί σε μονάδες εμβέλειας (μέτρα). (Blewitt, 2007)

Η βασική ιδέα πίσω από το GPS για τον προσδιορισμό της τοποθεσίας ενός χρήστη είναι σχετικά απλή. Εάν είναι γνωστές οι αποστάσεις από έναν χρήστη (δέκτης GPS) έως τρεις δορυφόρους GPS και οι θέσεις των δορυφόρων, η θέση του χρήστη μπορεί να προσδιοριστεί εφαρμόζοντας τη διαδικασία της τριγωνοποίησης. Ο δέκτης θα βρίσκεται στη διασταύρωση τριών σφαιρών, από τις οποίες κάθε μία έχει ακτίνα μίας απόστασης δέκτη-δορυφόρου και είναι κεντραρισμένη στον συγκεκριμένο δορυφόρο. Θεωρητικά, χρειάζονται τρεις αποστάσεις σε τρεις δορυφόρους που παρακολουθούνται ταυτόχρονα μαζί με τις συντεταγμένες τους. Οι πληροφορίες θέσης είναι το μερικό αποτέλεσμα της επεξεργασίας σήματος GPS. (Lee, 2009)

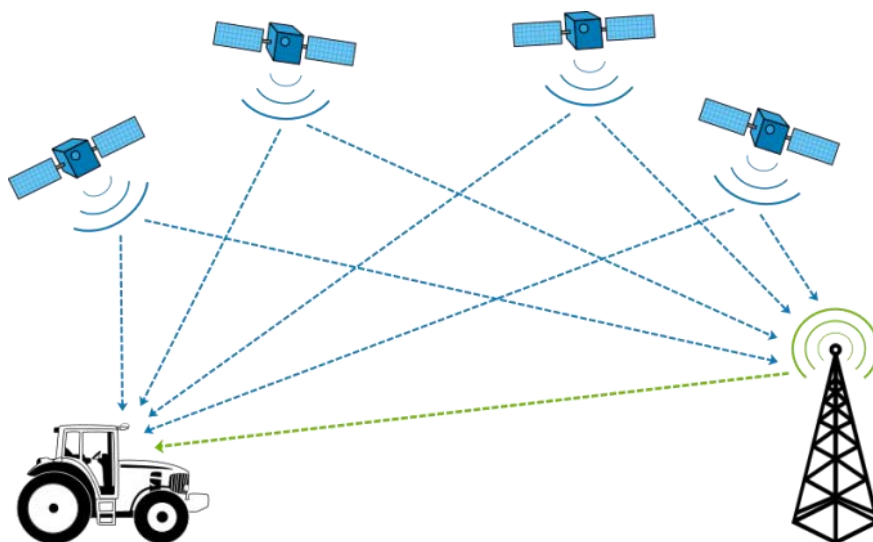


Εικόνα 1. Απεικόνιση της διαδικασίας τριγωνισμού (<https://insights.globalspec.com/article/10315/how-does-gps-work>)

Διόρθωση σφάλματος

Η ακρίβεια που παρέχει ένα σύστημα GPS κυμαίνεται μεταξύ 1-10 μέτρων. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν συστήματα που βελτιώνουν την ακρίβεια του σήματος, μειώνοντας το σφάλμα και μπορούν να φτάσουν ακόμα και σε ακρίβεια ενός εκατοστού. Τα πιο γνωστά συστήματα είναι τα DGPS (Differential GPS) και RTK (Real Time Kinematic).

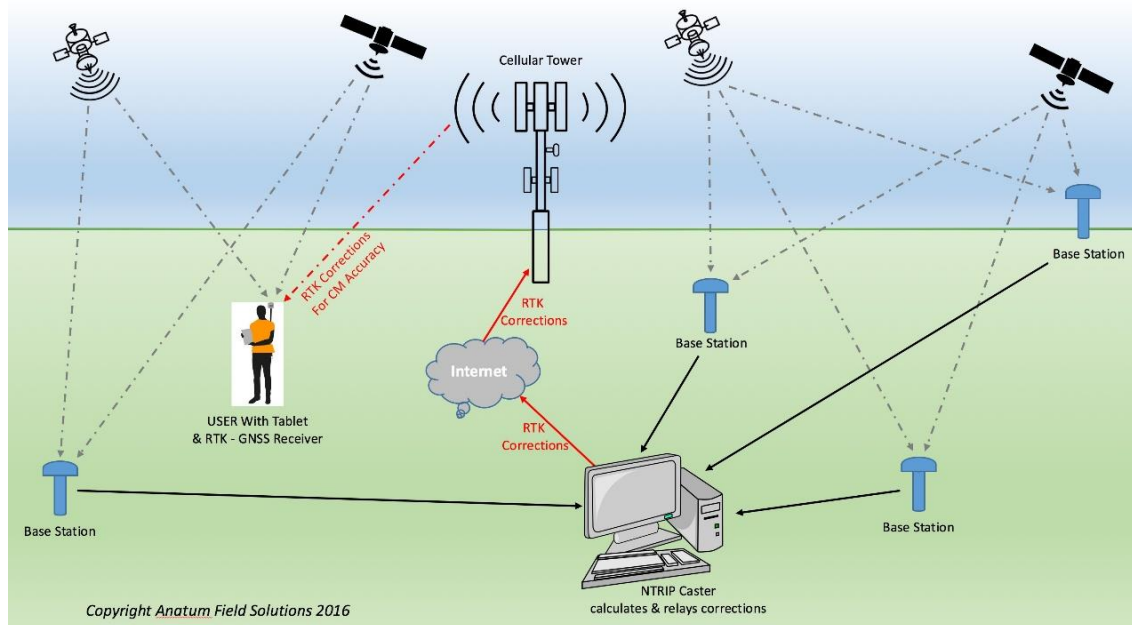
Το διαφορικό GPS (Differential GPS) δουλεύει σε ταυτόχρονες μετρήσεις από δέκτη σε ένα σταθμό αναφοράς με επακριβώς γνωστή θέση, ώρα ρολογιού και αριθμό περιφερόμενων δεκτών που κινούνται από σημείο σε σημείο. Οι εισαγόμενοι θόρυβοι θέσης που υπολογίζονται στον σταθμό βάσης χρησιμοποιούνται για να αντισταθμίσουν άμεσα τη θέση που μετρήθηκε από τους κινητούς σταθμούς (rover) για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια. Ο σταθμός βάσης είναι γνωστός με ακριβή τιμή τοποθεσίας, δηλαδή γνωρίζουμε τις ακριβείς συντεταγμένες του. Αυτή η γνωστή τιμή μπορεί να συγκριθεί με τα σήματα που λαμβάνονται από τους δορυφόρους GPS και έτσι να βρεθεί το διεθνές σφάλμα που εισάγεται από κάθε σήμα GPS. Η χρήση του DGPS μπορεί να αυξήσει σημαντικά την ακρίβεια θέσης εντός 1 m. (Halдар, 2013)



Εικόνα 2. Στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα DGPS. (Πηγή: <https://gisgeography.com/differential-gps/>)

Το RTK 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. Αποτελείται από έναν σταθερό σταθμό στα όρια του αγρού, που λαμβάνει σήμα από τους δορυφόρους και εκπέμπει σήμα προς τον δέκτη GPS που κινείται στο χωράφι. Ο δέκτης, εκτός από τα δεδομένα του σταθερού σταθμού, λαμβάνει και τις δικές του μετρήσεις που τις συνδυάζει, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια στον προσδιορισμό θέσης. Η επικοινωνία μεταξύ των δυο δεκτών απαιτεί ειδικό λογισμικό, καθώς και ένα σύστημα ασύρματης επικοινωνίας. Η επικοινωνία των περισσότερων λογισμικών που

παρέχουν σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες θέσης, ταχύτητας και χρόνου, υπολογισμένες από δέκτες GPS, γίνεται με τη χρήση του μηνύματος NMEA. Ο όρος NMEA (National Maritime Electronics Association) εκφράζει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ διαφόρων τύπων ηλεκτρονικών συσκευών και, κατά συνέπεια, και μεταξύ δεκτών GPS. (Γέμτος et al., 2015)



Εικόνα 3. Απεικόνιση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος RTK. (Πηγή: https://www.agsgis.com/RTK-GPS-Explained_b_6.html)

Τμήματα του GPS

Το σύστημα GPS αποτελείται από 3 μέρη (Γέμτος et al., 2015):

- Δορυφορικό τμήμα
- Τμήμα ελέγχου
- Τμήμα χρήστη

Το δορυφορικό τμήμα αποτελείται από 24 δορυφόρους που κινούνται σε τροχιά γύρω από τη γη σε απόσταση 20.200 km πάνω από την επιφάνεια της γης. Κάθε δορυφόρος κάνει μια περιστροφή γύρω από τη γη κάθε 12 ώρες. Οι δορυφόροι ακολουθούν 6 τροχιές με 4 δορυφόρους σε κάθε τροχιά. Αυτή η διάταξη των δορυφόρων εξασφαλίζει

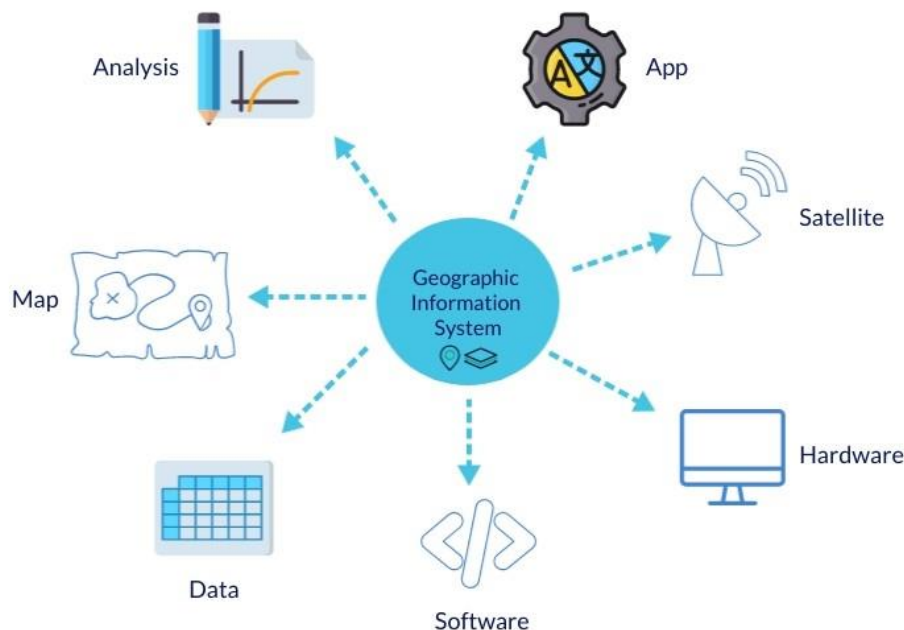
ότι τουλάχιστον 4 δορυφόροι θα στέλνουν σήμα σε οποιοδήποτε σημείο της γης 24 ώρες τη μέρα.

Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από τους επίγειους σταθμούς που είναι τριών ειδών: ο κεντρικός σταθμός ελέγχου που βρίσκεται στο Colorado Springs των ΗΠΑ, οι 5 σταθμοί παρακολούθησης και οι 3 σταθμοί ελέγχου.

Το τμήμα χρήστη αποτελείται από τους χρήστες που είναι οι πολίτες και ο στρατός που χρησιμοποιούν το GPS για τον προσδιορισμό της θέσης ενός ανθρώπου ή ενός οχήματος στη γη. Οι δέκτες GPS που χρησιμοποιούν οι πολίτες δεν χρειάζονται άδεια λειτουργίας, επειδή δεν στέλνουν σήματα, αλλά μόνο λαμβάνουν. Επίσης, δεν υπάρχει οικονομική επιβάρυνση για τη χρήση των δορυφορικών σημάτων του GPS.

1.2.2 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (Geographic Information Systems, GIS)

Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών είναι βασισμένα σε υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίηση γεωγραφικών πληροφοριών. Τα εργαλεία αυτά βελτιώνουν την απόδοση και την αποτελεσματικότητα του χειρισμού πληροφοριών σχετικά με αντικείμενα και συμβάντα που βρίσκονται στον γεωγραφικό χώρο. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή πολλών χρήσιμων εργασιών, όπως η αποθήκευση μεγάλου όγκου γεωγραφικών πληροφοριών σε βάσεις δεδομένων, η εκτέλεση αναλυτικών πράξεων σε ένα κλάσμα του χρόνου και η αυτοματοποίηση της κατασκευής χρήσιμων χαρτών. (Longley et al., 2015)



Εικόνα 4. Απεικόνιση των εργαλείων με τα οποία εφαρμόζονται τα συστήματα GI. (Πηγή: <https://bookdown.org/tep/gis/introduction-to-gis.html>)

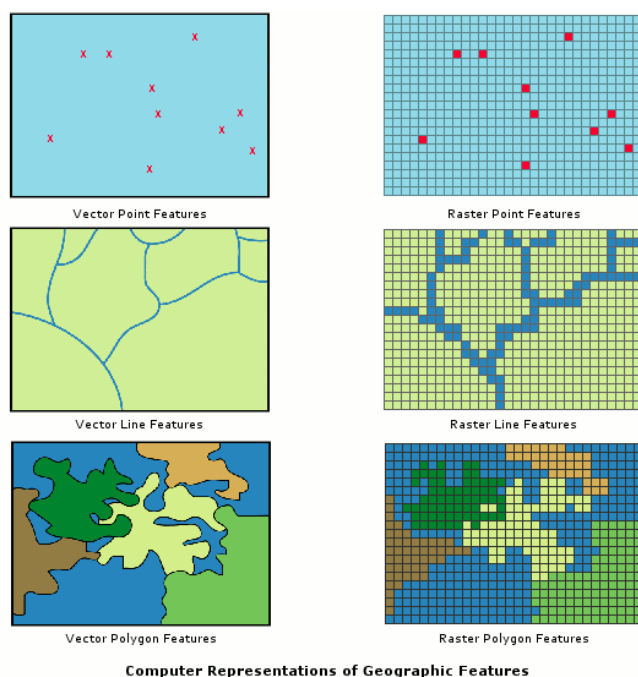
Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας το GIS θεωρείται πολύτιμο εργαλείο καθώς προσφέρει μια σημαντική λειτουργία με την οποία γίνεται αποθήκευση στρωμάτων πληροφοριών, όπως αποδόσεις παραγωγής των καλλιεργειών, χάρτες εδαφολογικής έρευνας, δεδομένα τηλεπισκόπησης, αναφορές ανίχνευσης καλλιεργειών και επίπεδα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Τα δεδομένα γεωγραφικής αναφοράς μπορούν να εμφανίζονται στο GIS, προσθέτοντας μια οπτική προοπτική για ερμηνεία. Εκτός από την αποθήκευση και την εμφάνιση δεδομένων, το GIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρουσίαση και εναλλακτική διαχείριση συνδυάζοντας επίπεδα δεδομένων για την παραγωγή μιας ανάλυσης σεναρίων διαχείρισης. (Davis et al., 2025)

Ένα σύστημα GI για να εφαρμοστεί ακολουθεί μία σειρά διαδικασιών:

1. Συλλογή δεδομένων
2. Αποθήκευση δεδομένων
3. Επεξεργασία δεδομένων
4. Ανάλυση δεδομένων
5. Παρουσίαση δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων γίνεται από χάρτες, δορυφορικές εικόνες, πολυφασματικές φωτογραφίες, αισθητήρες, παρατηρήσεις στο χωράφι. Στην επεξεργασία των δεδομένων περιλαμβάνονται αποτελέσματα ανάλυσης όπως πίνακες, χάρτες και σχήματα που εμφανίζονται στην οθόνη ή καταχωρούνται στη μνήμη του Η/Υ. Στην ανάλυση των δεδομένων περιλαμβάνονται όλα τα εργαλεία για την απομάκρυνση λαθών από τα δεδομένα, τον υπολογισμό των επιφανειών, παραμέτρων, την αλλαγή κλίμακας χαρτών, τη γεωστατική ανάλυση των δεδομένων. Η παρουσίαση των δεδομένων αποτελεί ένα σύστημα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη που περιλαμβάνει μενού και εντολές που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα.

Η αναπαράσταση των γεωγραφικών δεδομένων σε ψηφιακούς υπολογιστές διακρίνεται σε δύο μεθόδους, την ψηφιδωτή και την διανυσματική. Στην πρώτη μέθοδο, τα δεδομένα χαρακτηρίζονται raster και η διαίρεση του κόσμου γίνεται σε διατάξεις κελιών στα οποία ανατίθενται χαρακτηριστικά ή ιδιότητες. Σε μια διανυσματική αναπαράσταση, τα δεδομένα χαρακτηρίζονται vector και όλες οι γραμμές αποτυπώνονται ως σημεία τα οποία συνδέονται με ευθείες γραμμές (σημεία, γραμμές, πολύγωνα). (Longley et al., 2021) Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται με τη μέθοδο της δειγματοληψίας είναι διανυσματικά, ενώ όσα συλλέγονται με αισθητήρες (ψηφιακή εικόνα) είναι δεδομένα κυψελίδων (grid). (Γέμτος et al., 2015)



Εικόνα 5. Απεικόνιση των δεδομένων vector (αριστερή στήλη) και raster (δεξιά στήλη) (<https://gisinfo.hertfordshire.gov.uk/gisdata/vectorraster.htm>)

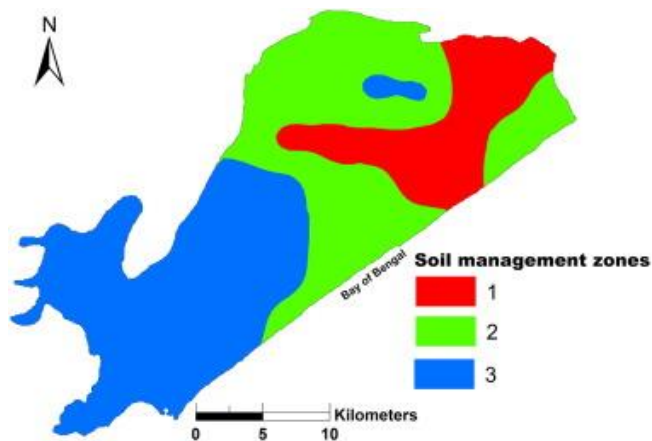
1.3 Στάδια της Γεωργίας Ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας έχει να κάνει με τη συλλογή όλων των δεδομένων που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός ακριβούς μοντέλου ενός αγροκτήματος με γεωργική καλλιέργεια και με τη χρησιμοποίηση αυτού του μοντέλου για να τηρούνται ακριβή αρχεία, να λαμβάνονται ενημερωμένες αποφάσεις και να εφαρμόζονται οι εισροές καλλιέργειας σε μεταβλητά ποσοστά σε ένα αγρόκτημα. (Brase, 2009) Βασικά στάδια που χαρακτηρίζουν ένα σύστημα ως γεωργία ακριβείας είναι η δημιουργία ζωνών διαχείρισης στον αγρό και η χαρτογράφηση του αγρού.

Ζώνες Διαχείρισης

Στη γεωργία ακριβείας κάθε προσδιορισμένη υποπεριοχή ονομάζεται ζώνη διαχείρισης (management zone) και θεωρείται ομοιογενής με βάση ορισμένα ποσοτικά μέτρα - μεταβλητές ή χαρακτηριστικά. Ο εντοπισμός και η διαχείριση υποπεριοχών με διαφορετικά χαρακτηριστικά εντός ενός γεωργικού αγρού είναι δραστηριότητες τοπικής διαχείρισης καλλιεργειών. Οι μεταβλητές που μπορούν να θεωρηθούν ότι ορίζουν τις ζώνες διαχείρισης περιλαμβάνουν την απόδοση της καλλιέργειας, τα χημικά ή και φυσικά δεδομένα του εδάφους, τους δείκτες βλάστησης και τα χαρακτηριστικά ανάγλυφου ή ακόμα και συνδυασμούς αυτών των μεταβλητών. Ωστόσο, συνιστώνται γενικά μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν πηγές χωρικών πληροφοριών, οι οποίες συσχετίζονται με την απόδοση και είναι σταθερές και προβλέψιμες με την πάροδο του χρόνου. (Gavioli et al., 2019)

Στη χωρική ανάλυση των δεδομένων πεδίου η κατάτμηση ενός πεδίου σε ζώνες διαχείρισης έχει μεγάλη σημασία. Σε ιδανικά σταθερές ζώνες αναμένεται ομοιογένεια και αντιπροσωπεύεται από παρόμοιο επίπεδο ζωτικότητας των φυτών, δυναμικό απόδοσης και ποιότητα εδάφους. Οι ζώνες έχουν οριοθετηθεί επιτυχώς με βάση χωρικά δεδομένα όπως χάρτες απόδοσης, χαρακτηριστικά του εδάφους, μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και εικόνες τηλεπισκόπησης. (Vallentin et al., 2019)



Εικόνα 6. Απεικόνιση παραδείγματος δημιουργίας ζωνών διαχείρισης σε αγροτεμάχιο (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816215300175>)

Η εμπειρική ανάλυση και η ανάλυση cluster αποτελούν τις πιο συχνά εφαρμοζόμενες μεθόδους για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης. Οι εμπειρικές μέθοδοι βασίζονται στη χρήση εξειδικευμένων γνώσεων και στην κατανομή της απόδοσης για τη διαίρεση ενός χωραφιού σε έναν δεδομένο αριθμό υποπεριοχών. Αυτές οι προσεγγίσεις είναι απλούστερες και υπόκεινται σε υποκειμενικές αποφάσεις. Οι μέθοδοι ανάλυσης cluster προορίζονται να χωρίσουν τα σημεία δεδομένων ενός γεωργικού αγρού σε τάξεις, χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση αξιολόγησης ομοιότητας για αυτήν την διαίρεση. Στην πράξη, αυτές οι κλάσεις χρησιμοποιούνται για τον ορισμό των ζωνών διαχείρισης, οι οποίες μπορούν στη συνέχεια να οριοθετηθούν στο πεδίο. Για τον ορισμό των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται δύο αλγόριθμοι ομαδοποίησης, ο K-means και ο Fuzzy C-means (FCM). (Gavioli et al., 2019)

Δημιουργία χαρτών

Η δυνατότητα δημιουργίας χαρτών που απεικονίζουν τη χωρική μεταβλητότητα είναι θεμελιώδης σε ένα σύστημα γεωργίας ακριβείας, προκειμένου να λάβουμε τις σωστές αποφάσεις διαχείρισης. Η θέση των αντικειμένων, είτε πρόκειται για ένα σημείο από το οποίο λήφθηκε ένα εδαφολογικό δείγμα, είτε μια υδάτινη οδό η οποία περιελίσσεται μέσα σε ένα αγρόκτημα είναι σημαντική για τη λήψη των αποφάσεων. Ένας χάρτης μπορεί να παρουσιάσει τη φυσική θέση για κάθε ένα από αυτά τα αντικείμενα, αλλά και τη χωρική σχέση μεταξύ των αντικειμένων, δηλαδή το που βρίσκεται το ένα σε σχέση με το άλλο. (Brase, 2009) Παραδείγματα αντικειμένων που μπορεί να παρουσιάσει ένας χάρτης σχετίζονται με:

- τη γονιμότητα του εδάφους
- την περιεκτικότητα σε υγρασία
- την υφή του εδάφους
- την τοπογραφία
- την ευρωστία των φυτών
- τους πληθυσμούς των ζιζανίων/παρασίτων
- την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία
- τις περιοχές υψηλής και χαμηλής παραγωγής

Επίσης, μέσω των χαρτών μπορούμε να παρακολουθούμε σε πραγματικό χρόνο ποιες είναι οι απαιτήσεις του αγρού σε εισροές, γεγονός που συμβάλει στην αύξηση της αποδοτικότητας μιας καλλιέργειας αλλά και στο οικονομικό όφελος του παραγωγού.

Η δημιουργία των χαρτών παραγωγής κρίνεται απαραίτητη σε ένα σύστημα γεωργίας ακριβείας, καθώς μέσω αυτών καθίσταται δυνατή η διερεύνηση των αιτιών της παραλλακτικότητας της παραγωγής. Αν η χωρική παραλλακτικότητα στην παραγωγή είναι σημαντικού βαθμού, είναι προφανές ότι οι καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται δεν είναι οι κατάλληλες για κάθε περιοχή του αγρού. Η διαφοροποίηση της παραγωγής καταγράφεται ποσοτικά και επομένως, δίνεται η δυνατότητα χωρικής καταγραφής, κάτι που ο παραγωγός αδυνατεί να επιτύχει με απλή παρατήρηση. Έτσι, μπορούν να διερευνηθούν οι συσχετίσεις μεταξύ παραλλακτικότητας στην παραγωγή και προβλημάτων που μπορεί να αντιμετωπίζει ένας αγρός. Μέσα από την ανάλυση των χαρτών παραγωγής συλλέγονται πληροφορίες οι οποίες με το πέρασμα μιας χρονικής περιόδου, μπορούν να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο ο παραγωγός κάνει εφαρμογή των εισροών στον αγρό του. (Γέμτος et al., 2015)

Γενικά η Γεωργία Ακριβείας εφαρμόζεται μέσα από μια συγκεκριμένη σειρά σταδίων τα οποία είναι:

1. Συλλογή δεδομένων
2. Ανάλυση δεδομένων
3. Δημιουργία ζωνών διαχείρισης
4. Δημιουργία χαρτών εφαρμογής εισροών
5. Εφαρμογή εισροών

6. Χαρτογράφηση παραγωγής

7. Έλεγχος αποτελεσμάτων

Η συλλογή των δεδομένων προκύπτει από αναλύσεις του εδάφους, αισθητήρες, δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες. Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις συντεταγμένες όλων των χωρικών σημείων που περιλαμβάνονται και αυτό πραγματοποιείται με τη χρήση των συστημάτων γεωγραφικού προσδιορισμού (GPS).

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιούμε το λογισμικό GIS, στο οποίο έγινε αναφορά παραπάνω.

Στον έλεγχο των αποτελεσμάτων περιλαμβάνονται οι χάρτες κερδοφορίας, οι οποίοι μας δίνουν τη δυνατότητα να εξετάσουμε την οικονομική απόδοση του εκάστοτε γεωργικού συστήματος. Για κάθε σημείο του αγροτεμαχίου γίνεται ακριβής οικονομική ανάλυση και υπολογίζεται η ζημία ή το κέρδος.

2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

2.1 Ορισμός

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μετρά την ικανότητα που έχει το νερό του εδάφους να μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μια ηλεκτρολυτική διαδικασία που λαμβάνει χώρα κυρίως μέσα από πόρους γεμάτους με νερό. Κατιόντα και ανιόντα των αλάτων που διαλύονται στο νερό του εδάφους μεταφέρουν ηλεκτρικά φορτία και διεξάγουν το ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς, η συγκέντρωση των ιόντων καθορίζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφών. Στον κλάδο της γεωργίας, η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει συσχετιστεί κυρίως με τη μέτρηση της αλατότητας του εδάφους. Ωστόσο, σε μη αλατούχα εδάφη, μπορεί να είναι μια εκτίμηση άλλων ιδιοτήτων του εδάφους, όπως η υγρασία, το βάθος εδάφους, η υφή κ.α. Η μονάδα μέτρησης που εκφράζεται η EC είναι deciSiemens ανά μέτρο (dS/m). (USDA, 2011)

2.2 Μέθοδοι μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Στη γεωργία ακριβείας χρησιμοποιούνται αισθητήρες ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους με τη βοήθεια των οποίων δημιουργούνται χάρτες μεταβολής της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας (apparent Electrical Conductivity, EC_a). Με τον όρο

φαινόμενη αναφερόμαστε στην μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας όπως ακριβώς είναι το έδαφος στο χωράφι ή γενικότερα στη φύση. Έπειτα, οι χάρτες αυτοί χρησιμοποιούνται ως βασικά χωρικά στρώματα για τη διαχείριση -ανά συγκεκριμένη τοποθεσία- των εισροών, των πρακτικών ή άλλων διαχειριστικών αποφάσεων. (Hawkins et al., 2017)

Συγκεκριμένα, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι δύο:

- Ηλεκτρική αντίσταση (Electrical Resistivity, ER)
- Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή (Electromagnetic Induction, EMI)

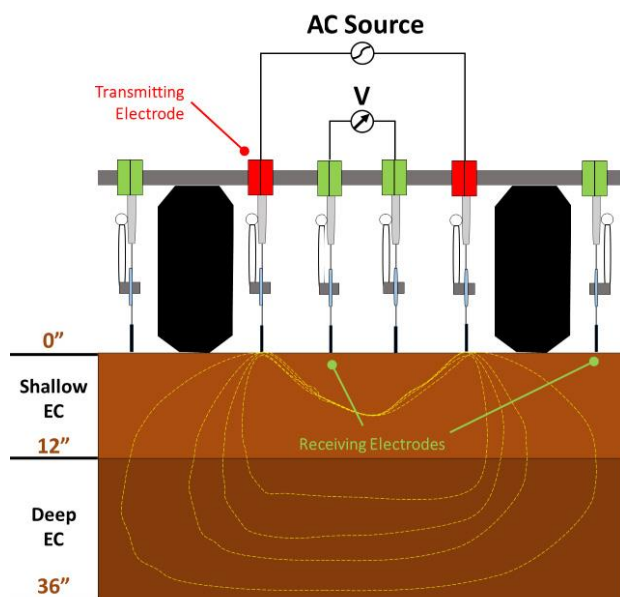
2.2.1 Μέθοδος ηλεκτρικής αντίστασης

Η τεχνική αυτή πραγματοποιείται με επαφή και τα ηλεκτρόδια του αισθητήρα πρέπει να αγγίζουν το έδαφος. Τέσσερα ηλεκτρόδια βρίσκονται σε ίση απόσταση, σε μια γραμμή. Τα δύο ηλεκτρόδια στα άκρα χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή ηλεκτρικού σήματος στο έδαφος. Τα δύο εσωτερικά ηλεκτρόδια χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού που παράγεται από το σήμα που εφαρμόζεται στο έδαφος. Το βάθος μέτρησης εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων και επιπλέον ζεύγη ηλεκτροδίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ταυτόχρονες μετρήσεις σε πολλαπλά βάθη. Λόγω της ανάγκης για τέλεια επαφή εδάφους-ηλεκτροδίου, η χρήση αισθητήρων που χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο, δεν είναι κατάλληλη όταν επικρατούν οι εξής συνθήκες (Sousa et al., 2021):

- χαμηλή περιεκτικότητα νερού στο έδαφος
- ανώμαλο έδαφος
- ύπαρξη κενών χώρων στο έδαφος
- παρουσία πετρωμάτων και ριζών, που εμποδίζουν την εισαγωγή των ηλεκτροδίων

Η συσκευή Veris είναι ιδιαίτερα δημοφιλής για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου. Η μονάδα V3100 παρέχει μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας από δύο διαφορετικά βάθη, 0-30 cm και 0-90 cm. Η μονάδα Veris V3100 μπορεί να έλκεται πίσω από το γεωργικό ελκυστήρα μέσα στο χωράφι, με ταχύτητες έως και 16 km/h καλύπτοντας

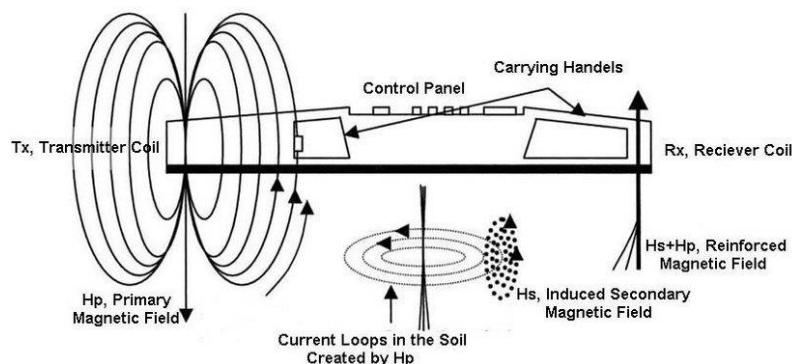
επιφάνειες πλάτους 6 έως 18 m, ανάλογα με την επιθυμητή ανάλυση ή την ποσότητα μεταβλητότητας του εδάφους στο χωράφι. (Hawkins et al., 2017)



Εικόνα 7. Απεικόνιση του τρόπου λειτουργίας της συσκευής Veris. (Πηγή: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-565>)

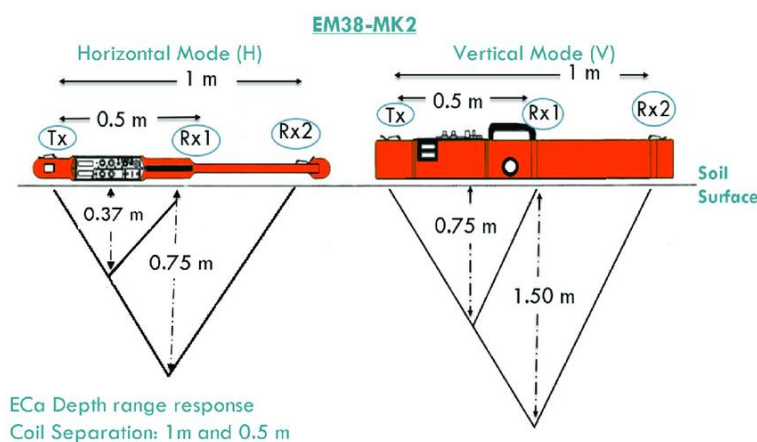
2.2.2 Μέθοδος ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής

Η μέθοδος της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής πραγματοποιείται χωρίς επαφή. Η συσκευή EM38 αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα για τη μέτρηση της EC_a με βάση αυτή τη μέθοδο. Αποτελείται από δύο πηνία σύρματος, το ένα για την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (πηνίο πομπού) και το άλλο για την ανίχνευση εξωτερικού μαγνητικού πεδίου (πηνίο δέκτη). Ο πομπός εκπέμπει ένα πρωτεύον ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στο έδαφος, το οποίο προκαλεί ηλεκτρικά ρεύματα. Τα επαγόμενα ρεύματα δημιουργούν ένα δευτερεύον ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, το οποίο ανιχνεύεται από το πηνίο του δέκτη, που βρίσκεται στο άλλο άκρο της συσκευής. Η απόσταση μεταξύ των πηνίων ή διαφορετικά ο διαχωρισμός μεταξύ του εδάφους του πομπού και του δέκτη είναι συνήθως 0,5 ή 1 m. (Schneider, 2025) Το βάθος μέτρησης επηρεάζεται από την απόσταση μεταξύ των πηνίων πομπού και δέκτη, τη συχνότητα του εκπεμπόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, τη γεωμετρία της διάταξης πηνίου και το ύψος του αισθητήρα πάνω από το έδαφος. (Sousa et al., 2021)



Εικόνα 8. Απεικόνιση του τρόπου λειτουργίας της συσκευής EM38. (Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-the-EM-38-which-is-1-m-in-length-Tx_fig2_43261343)

Το όργανο μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μεγάλος μαγνήτης ράβδου που μπορεί να προσανατολιστεί είτε σε κατακόρυφο δίπολο είτε σε οριζόντιο δίπολο. (Εικόνα 9) Στην κατακόρυφη διπολική λειτουργία οι γραμμές μαγνητικού πεδίου που προκαλούν το δινορεύμα διεισδύουν περαιτέρω στο έδαφος, σε βάθος 1.5 m σε αντίθεση με την οριζόντια διπολική λειτουργία που η μέτρηση γίνεται μέχρι 0.75 m βάθος. (Schneider, 2025)



Εικόνα 9. Απεικόνιση της οριζόντιας και κατακόρυφης λειτουργίας του οργάνου. (Πηγή: <https://www.mdpi.com/2073-445X/12/10/1932>)

Ο αισθητήρας που βασίζεται σε αυτή τη μέθοδο πλεονεκτεί σε σύγκριση με τον αισθητήρα που αναφέρθηκε προηγουμένως (V3100), καθώς δίνεται η δυνατότητα μέτρησης:

- σε συνθήκες ξηρού εδάφους
- παρουσία αντικειμένων, όπως πέτρες και ρίζες

- σε καλλιέργειες υπό ανάπτυξη (λόγω του μικρού πλάτους του εξοπλισμού)
- σε χωράφια με αυλάκια και αναχώματα

Είναι επίσης εφικτή η λειτουργία της συσκευής σε υψηλότερες ταχύτητες.

Ωστόσο, η τεχνική αυτή παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα (Sousa et al., 2021):

- Απαιτείται καθημερινή βαθμονόμηση της συσκευής για τον προσδιορισμό της EC_a του εδάφους από την ισχύ του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.
- Η καθημερινή διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, της υγρασίας και του ατμοσφαιρικού ηλεκτρισμού μπορεί να επηρεάσει την τιμή που διαβάζεται από τον αισθητήρα, προκαλώντας απώλεια σταθερότητας.

Κανόνες για αντικειμενική μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Προκειμένου να εξάγουμε όσο το δυνατόν πιο σωστά και αντικειμενικά αποτελέσματα από μια μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι απαραίτητο να εφαρμόσουμε ορισμένους κανόνες που σχετίζονται κυρίως με τις συνθήκες του αγρού (Γέμτος et al., 2015):

- Ιδανικές θεωρούνται οι συνθήκες είτε μετά την συγκομιδή ή όταν το έδαφος είναι έτοιμο για σπορά
- Το έδαφος είναι κατάλληλο σε μια μέση κατάσταση υγρασίας, ούτε πολύ υγρό ούτε ξηρό, έτσι ώστε ο αισθητήρας να το διαπερνά ιδανικά (αφορά μεθόδους επαφής)
- Στην περίπτωση των μεθόδων μη επαφής είναι απαραίτητη η απόσταση έως και 150 εκατοστά από μεταλλικά αντικείμενα
- Κατά την διάρκεια της μέτρησης, δεν ενδείκνυνται παγωμένα εδάφη
- Συνίσταται να λαμβάνονται μετρήσεις τουλάχιστον κάθε 12 με 18 μέτρα, για καλύτερη κατασκευή του χάρτη

2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα

Λόγω των οδών αγωγιμότητας, η EC_a επηρεάζεται από μια ποικιλία ιδιοτήτων του εδάφους για τις οποίες θα μπορούσε ενδεχομένως να καθοριστεί η χωρική

μεταβλητότητα καθεμιάς. (Corwin et al., 2005) Οι παράμετροι που επηρεάζουν την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι:

- Η αλατότητα. Τα άλατα αυξάνουν την ικανότητα ενός διαλύματος να διεξάγει ηλεκτρικό ρεύμα, επομένως ένα υψηλό επίπεδο αλατότητας υποδηλώνει υψηλή τιμή EC. (Slinger et al., 2005) Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται οι τιμές που λαμβάνει η ηλεκτρική αγωγιμότητα ανάλογα με το επίπεδο της αλατότητας (από καθόλου έως έντονη). (USDA, 2011)

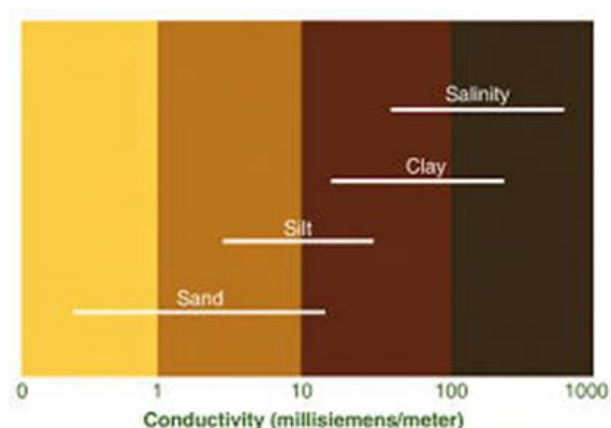
Εικόνα 10. (Πηγή:

<https://www.sdsoilhealthcoalition.org/technical-resources/chemical-properties/soil-electrical-conductivity/>)

EC (dS/m)	Salinity Class
0 < 2	Non-saline
2 < 4	Very slightly saline
4 < 8	Slightly saline
8 < 16	Moderately saline
≥ 16	Strongly saline

- Η υφή του εδάφους. Όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, τόσο αυξάνει και η ηλεκτρική αγωγιμότητα. (Sudduth et al., 2004)

Εικόνα 11. (Πηγή: https://www.vantage-agrometius.nl/wp-content/uploads/2020/04/ElectricalConductivity_SoilScience.pdf)



- Η περιεκτικότητα σε νερό. Το νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό, τόσο αυξάνεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (cation exchange capacity, CEC). Εδάφη με άργιλο όπου κυριαρχούν αργιλικά ορυκτά με υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων εμφανίζουν υψηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Η οργανική ουσία. Η προσθήκη οργανικής ουσίας στο έδαφος αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Το πορώδες του εδάφους. Η αύξηση του πορώδους προκαλεί μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. (Kultayeva et al., 2019)
- Η θερμοκρασία. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού, θα αυξάνεται και η αγωγιμότητα. Για κάθε αύξηση 1°C, οι τιμές αγωγιμότητας μπορούν να αυξηθούν 2-4%. (Fondriest Environmental, 2014)

3. ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

3.1 Γενικά

Με την πάροδο των χρόνων έχει γίνει καταγραφή ενός τεράστιου αριθμού πλημμυρικών φαινομένων που περιλαμβάνει θανατηφόρες περιπτώσεις πλημμυρών. Συγκριτικά με άλλες φυσικές καταστροφές, οι πλημμύρες ευθύνονται παγκοσμίως για 6,8 εκατομμύρια θανάτους κατά την διάρκεια του 20ου αιώνα. Η περιοχή της Ασίας αντιπροσωπεύει σχεδόν το 50% των θανάτων που σχετίζονται με πλημμύρες το τελευταίο τέταρτο του 20ου αιώνα. (Doocy et al., 2013) Ως η πιο θανατηφόρα πλημμύρα που έχει καταγραφεί στην ιστορία θεωρείται η πλημμύρα του Κίτρινου Ποταμού (Yellow River flood ή Huang He flood), η οποία έπληξε την Κίνα το 1931 και εκτιμάται ότι 850.000 – 4.000.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους. (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2021) Άλλες ακραία καταστροφικές πλημμύρες έχουν σημειωθεί αντίστοιχα στο Πακιστάν, με πιο χαρακτηριστική την πλημμύρα στον Ινδό

Ποταμό το 1841, όπου ένα κύμα 30 μέτρων εξαπολύθηκε μέσα σε 4 ώρες στην περιοχή Αττόκ. (Burbank, 1983)

Τα ακραία πλημμυρικά φαινόμενα προκαλούν άμεσα ορατές καταστροφές στον άνθρωπο και την κοινωνία, όπως οι ζημιές σε περιουσίες και υποδομές, ζημιά στην πολιτιστική κληρονομιά και επιπτώσεις στο περιβάλλον. Πέραν αυτών υπάρχουν και συνέπειες οι οποίες δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι και αφορούν κυρίως το περιβάλλον και ειδικότερα τον τομέα της γεωργίας. Ο κλάδος αυτός είναι αρκετά εκτεθειμένος στο συγκεκριμένο φαινόμενο, όντας αντιμέτωπος με πλήθος προκλήσεων που εμποδίζουν την σωστή προετοιμασία των αγρών και συνεπώς την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης των καλλιεργειών. Σύμφωνα με το FAO (Διεθνής Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας), κατά την περίοδο 2003-2013, η φυτική παραγωγή ήταν ο γεωργικός τομέας που επλήγη περισσότερο από φυσικούς κινδύνους στις αναπτυσσόμενες χώρες, με περίπου το 60% των ζημιών να αποδίδεται σε πλημμύρες. (Englhardt et al., 2019)

3.2 Συνέπειες των πλημμυρικών φαινομένων στο έδαφος

Με το πέρας της πλημμύρας μεταφέρονται στο έδαφος, μέσω του νερού, συστατικά που περιλαμβάνουν στερεά υλικά (ιζήματα), θρεπτικά στοιχεία και ρύπους και οργανική ουσία. Η παρουσία τους στα εδάφη που προστίθενται επηρεάζει τόσο τα αβιοτικά τους χαρακτηριστικά όσο και την εδαφική βιοποικιλότητα, αλλάζοντας σημαντικά τη συμπεριφορά τους. (Τσαντήλας, 2020)

3.2.1 Μεταβολές στα αβιοτικά χαρακτηριστικά

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό του εδάφους που επηρεάζεται από τις πλημμύρες και παρατηρείται μείωσή του. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι άμεσα συνδεδεμένο με τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται στα εδάφη. Τα πλημμυρισμένα εδάφη υφίστανται κορεσμό με αποτέλεσμα οι μικροοργανισμοί να καταναλώνουν πολύ γρήγορα το οξυγόνο, μεταβάλλοντας έτσι το μεταβολισμό τους από αερόβιο σε αναερόβιο. Όσον αφορά το pH του εδάφους, στα όξινα εδάφη (τιμές <7) παρατηρείται αύξηση, ενώ αντίθετα στα αλκαλικά εδάφη (τιμές >7) σημειώνεται μείωση. (Kozlowski et al., 1997)

Αυτές οι μεταβολές επηρεάζουν έντονα τη μορφή και συμπεριφορά βασικών στοιχείων του εδάφους, όπως το άζωτο (N), ο φώσφορος (P) και ο άνθρακας (C) που συνδέονται με τη δυνατότητα απορρόφησής τους από τα φυτά και εν τέλει την παραγωγικότητά αυτών.

- Το άζωτο αποτελεί το βασικότερο στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών. Η μειωμένη αγωγιμότητα που εμφανίζουν οι ρίζες σε τέτοιες καταστάσεις μπορεί να μειώσει την απορρόφηση του N και να περιορίσει τη μεταφορά και την κατανομή του στα φυτά, με αποτέλεσμα τις αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών στο ριζικό σύστημα και μειωμένες στα φύλλα και τους μίσχους. (Kaur et al., 2019) Σε συνθήκες πλημμύρας ευνοείται ο σχηματισμός της αμμωνιακής του μορφής, η οποία συγκρατείται ισχυρότερα στα στερεά συστατικά του εδάφους μειώνοντας την έκπλυση νιτρικών ιόντων. Όμως αυξάνεται η ποσότητα μονοξειδίου του αζώτου, το οποίο αποτελεί αέριο του θερμοκηπίου και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.
- Στα πλημμυρισμένα εδάφη απελευθερώνεται φωσφόρος από τα οξείδια του σιδήρου στα οποία είναι συνδεδεμένος.
- Σε ό,τι αφορά τον άνθρακα, στα πλημμυρισμένα εδάφη μειώνεται η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, όμως αυξάνεται, όταν τα εδάφη ξηραθούν. (Τσαντήλας, 2020)

Η τύχη των N, P και C σε συνθήκες πλημμύρας δεν είναι ξεκάθαρη, αλλά έχει μεγάλο αντίκτυπο στην υγεία του εδάφους, την παραγωγικότητα των καλλιεργειών και την πιθανή ρύπανση των υδάτων. (Harman-Denhoed et al., 2021)

Η πλημμύρα σε ένα έδαφος μειώνει τον ρυθμό αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, μερικές φορές έως και στο μισό, καθώς πραγματοποιείται μόνο από αναερόβια βακτήρια. Σε ένα μη πλημμυρισμένο έδαφος η αποσύνθεση πραγματοποιείται από μια ποικιλία αερόβιων οργανισμών, όπως βακτήρια, μύκητες και την πανίδα του εδάφους. (Kozlowski et al., 1997) Η δημιουργία συσσωματωμάτων στο έδαφος είναι ένα σημαντικό εδαφικό χαρακτηριστικό που επηρεάζεται από πλημμύρες, σχετίζεται με τη φυσικοχημική κατάσταση του εδάφους και είναι μια από τις βασικές διαδικασίες που καθορίζουν την ποιότητα του εδάφους και συνεπώς την παραγωγή των καλλιεργειών. (Soil Science Society of America, 2009)

Μια ακόμη συνέπεια των πλημμυρικών φαινομένων που επιδρά σημαντικά στις εδαφικές ιδιότητες είναι η μεταφορά και απόθεση στερεών υλικών (ιζημάτων). Τα στερεά υλικά που αποτίθενται στα εδάφη με τις πλημμύρες, κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το μέγεθός τους, σε άργιλο (διάμετρος $<0,002$ mm), ιλύ (διάμετρος $0,002-0,05$ mm) και άμμο ($0,05-2$ mm). Τα υλικά που έχουν διάμετρο μεγαλύτερη των 2 mm θεωρούνται χαλίκια και πέτρες. Η παρουσία τους επηρεάζει τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, όπως η κοκκομετρική σύσταση, η ικανότητα διήθησης του νερού, η δομή και ο αερισμός του.

- Όταν τα υλικά που αποτίθενται έχουν το μέγεθος της αργίλου ενισχύεται η γονιμότητα των εδαφών στις περιοχές αυτές.
- Όταν η διάμετρος των υλικών έχει τις διαστάσεις ιλύος μειώνεται η ικανότητα διήθησης του νερού προκαλώντας σημαντικές επιπτώσεις στις λειτουργίες του.
- Στερεά υλικά που έχουν τις διαστάσεις άμμου κάνουν το έδαφος πιο χονδρόκοκκο προσφέροντας μεγαλύτερη ικανότητα διήθησης του νερού, αλλά παράλληλα μειώνουν τη γονιμότητα του.
- Τέλος, στερεά υλικά με διαστάσεις μεγαλύτερες των 2 mm πρέπει να απομακρύνονται πριν καλλιεργηθούν εκ νέου τα εδάφη, διότι υπάρχει πιθανότητα να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα σε καλλιεργητικές εργασίες όπως το όργωμα.

Τα ιζήματα συνοδεύονται από σημαντικές ποσότητες τοξικών ουσιών, όπως τα βαρέα μέταλλα (αρσενικό, μόλυβδο, νικέλιο κ.ά.) και οργανικούς ρύπους, όπως πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Σύμφωνα με έρευνες, η ρύπανση που προκαλείται από τα βαρέα μέταλλα, αγγίζει σε πολλές περιπτώσεις επίπεδα που αποκλείει τα μολυσμένα εδάφη από τη γεωργική εκμετάλλευση. (Τσαντήλας, 2020) Μερικές από τις τοξικές ενώσεις που συσσωρεύονται στα εδάφη (αιθανόλη, ακεταλδεΰδη, κυανογόνες ενώσεις) παράγονται από τις ρίζες. Επίσης, τα αναερόβια βακτήρια παράγουν ενώσεις που περιλαμβάνουν αέρια (N_2 , CO_2 , μεθάνιο και υδρογόνο), υδρογονάνθρακες, αλκοόλες, καρβονύλια, πτητικά λιπαρά οξέα, μη πτητικά οξέα, φαινολικά οξέα και πτητικές ενώσεις θείου (S). (Kozlowski et al., 1997)

3.2.2 Επίδραση στην εδαφική βιοποικιλότητα

Το έδαφος είναι ένα σύνθετο μίγμα οργανικών και ανόργανων συστατικών. Εκτός λοιπόν των ανόργανων υλικών που προαναφέρθηκαν φιλοξενεί κι ένα τεράστιο αριθμό ζωικών οργανισμών. Έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα τουλάχιστον 10.000 είδη βακτηρίων, εκατοντάδες είδη μυκήτων, εκατοντάδες είδη πρωτόζωων και νηματωδών, αλλά και μεγαλύτερου μεγέθους, όπως γαιοσκώληκες, μυρμήγκια, ερπετά. Με την επίδραση πλημμυρών μεγάλης έκτασης επιφέρονται σημαντικές αλλαγές στους ζωικούς οργανισμούς που ενδιααιτούν στα εδάφη. (Τσαντήλας, 2020)

4. BAMBAKI

4.1 Ιστορία

Η αρχαιότερη αναφορά σχετικά με την καλλιέργεια του βαμβακιού γίνεται στην Ινδία και υποστηρίζεται ότι καλλιεργούνταν 3000 χρόνια π.Χ. (National Cotton Council of America, 2025) Ο Ηρόδοτος αναφέρει (κατά το 445 π.Χ.) ότι «στην Ινδία φυτρώνουν άγρια δέντρα που παράγουν μαλλί πιο ωραίο και πιο εκλεκτό από το μαλλί των προβάτων». Πιθανολογείται ότι τα βαμβακερά υφάσματα πέρασαν από την Ινδία στη Μεσοποταμία, όπου το εμπόριο ξεκίνησε γύρω στο 600 π.Χ. Η έναρξη της βιομηχανίας βάμβακος στην Ευρώπη σηματοδοτήθηκε το 1641 με το άνοιγμα του πρώτου εργοστασίου κλωστοϋφαντουργίας στην Αγγλία. (Gumber et al., 2014) Όταν ο Κολόμβος ανακάλυψε την Αμερική το 1492, βρήκε το βαμβάκι να καλλιεργείται στα νησιά Μπαχάμες. Μέχρι το 1500, το βαμβάκι ήταν γενικά γνωστό σε όλο τον κόσμο. (National Cotton Council of America, 2025)

Η καλλιέργεια του βαμβακιού συναντάται σε περισσότερες από 100 χώρες και παρέχει εισόδημα σε εκατοντάδες εκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον πλανήτη, με περίπου το 80% της παγκόσμιας παραγωγής να προέρχεται από τη Βραζιλία, την Κίνα, την Ινδία, το Πακιστάν, τις Ηνωμένες Πολιτείες και το Ουζμπεκιστάν. Όσον αφορά τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Ελλάδα είναι η κύρια χώρα βαμβακοκαλλιέργειας, καθώς διαθέτει το 80% των ευρωπαϊκών εκτάσεων βαμβακοκαλλιέργειας, ακολουθούμενη από την Ισπανία και την Βουλγαρία. (Hellenic Cotton Association, 2025) Το βαμβάκι αποτελεί τη σημαντικότερη αροτριά καλλιέργεια στην Ελλάδα. Κάθε χρόνο καλλιεργούνται περισσότερα από 4.000.000 στρέμματα, που αντιπροσωπεύει σχεδόν το 50% της αρδευόμενης γης. (Gemtos et al., 2003) Μεταξύ

των τεσσάρων ειδών βαμβακιού που καλλιεργούνται (*Gossypium hirsutum*, *Gossypium barbadense*, *Gossypium herbaceum*, *Gossypium arboreum*) για τις οικονομικά πολύτιμες ίνες τους, το *Gossypium hirsutum* αντιπροσωπεύει το 95% της παγκόσμιας παραγωγής. (Snider et al., 2021)

4.2 Ταξινόμηση

Το βαμβάκι ανήκει στο βασίλειο Plantae, στο άθροισμα Spermatophyta, στο υποάθροισμα Magnoliophytina (Αγγειόσπερμα), στην κλάση Dicotyledoneae, στην οικογένεια Malvaceae, στο γένος *Gossypium* και στο είδος *Gossypium hirsutum* L. (USDA, 2025)

4.3 Μορφολογία

Το *Gossypium hirsutum* αποτελεί πολυετές θάμνο ο οποίος αναπτύσσεται σε ύψος 1.5-2 m. Εμπορικά καλλιεργείται ως ετήσιο φυτό φτάνοντας σε ύψος περίπου 1-1,5 m. (Office of the Gene Technology Regulator, 2013) Το βαμβάκι διαθέτει μια απροσδιόριστη συνήθεια ανάπτυξης και είναι ιδιαίτερα γνωστό για την πολύπλοκη δομή του σε σύγκριση με άλλες μεγάλες καλλιέργειες. Η απροσδιόριστη αυτή συνήθεια του φυτού σε συνδυασμό με τα συμποδιακά καρποφόρα κλαδιά του οδηγούν σε τετραδιάστατη κατάληψη του χώρου και χρόνου. Ακόμη, λόγω αυτών των χαρακτηριστικών η βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη πραγματοποιούνται ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η δυσκολία της αποτελεσματικής διαχείρισης εφαρμογών παραγωγής, όπως η λίπανση και η άρδευση. Η περίπλοκη συνήθεια ανάπτυξης του φυτού το καθιστά ευάλωτο απέναντι σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, έχοντας ως συνέπεια την υπερβολική αποκοπή καρπών. (Oosterhuis et al., 1999)

4.4 Αύξηση – Ανάπτυξη

Για να παραχθεί μια καλλιέργεια, βαμβακιού υψηλής απόδοσης και ποιότητας, είναι προφανές ότι η σωστή κατανόηση της αύξησης και ανάπτυξης του φυτού κρίνεται απαραίτητη. (Sharma et al., 2021) Η ανάπτυξη του βαμβακιού πραγματοποιείται μέσα από μια σειρά καθορισμένων σταδίων που εκφράζονται σε ημέρες. Ένας άλλος τρόπος

για την αξιολόγηση της ανάπτυξης των καλλιεργειών, που προσδίδει μεγαλύτερη ακρίβεια, είναι οι μονάδες θερμότητας (Heat Units) ή έννοια θερμικού χρόνου ή Growing Degree Days (GDDs). Βασίζονται στη χρήση των ημερήσιων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της σεζόν για την παρακολούθηση της προόδου της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, η βασική ιδέα στηρίζεται σε ένα αναπτυξιακό όριο πάνω από το οποίο αναπτύσσεται η καλλιέργεια. Κάτω από αυτό το όριο θερμοκρασίας η ανάπτυξη είναι μηδενική ή ελάχιστη. Στο βαμβάκι, κατώτερη θερμοκρασία είναι οι 60°F (DD60's). Η ιδέα της μονάδας θερμότητας χρησιμοποιεί συσσωρευμένες ώρες πάνω από μια κρίσιμη θερμοκρασία αντί για ημερολογιακές ημέρες για την περιγραφή της αύξησης και της ανάπτυξης του φυτού. (Robertson et al., 2010)

Οι βαθμοημέρες (Growing Degree Days, GDDs) υπολογίζονται από την εξίσωση :

$$GDDs = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base}$$

, όπου T_{max} η τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας ημέρας, T_{min} η τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας ημέρας και T_{base} μια σταθερή τιμή, που δηλώνει την κατώτατη θερμοκρασία στην οποία αναπτύσσεται η καλλιέργεια.

Στάδια ανάπτυξης

Τα στάδια που ακολουθεί η καλλιέργεια του βαμβακιού για να αναπτυχθεί είναι τα εξής (Τραυλός, 2019) :

- 1^ο στάδιο - Φύτρωμα

Το στάδιο αυτό διαρκεί συνήθως 7-10 ημέρες, ξεκινώντας από τη σπορά του φυτού και φτάνοντας μέχρι την εμφάνιση των κοτυληδόνων πάνω από το έδαφος. Οι μονάδες θερμότητας που απαιτούνται για να επιτευχθεί η εμφάνιση των κοτυληδόνων είναι 50-60 DD60s.

- 2^ο στάδιο - Πρώτη ανάπτυξη

Το στάδιο αυτό έχει διάρκεια συνήθως 35-45 ημέρες, ξεκινώντας μετά την εμφάνιση των κοτυληδόνων και φτάνοντας μέχρι την εμφάνιση των πρώτων

ανθοφόρων οφθαλμών (χτενιών). Οι μονάδες θερμότητας που απαιτείται να συσσωρευτούν είναι 425-475 DD60s.

- 3^ο στάδιο - Προάνθηση

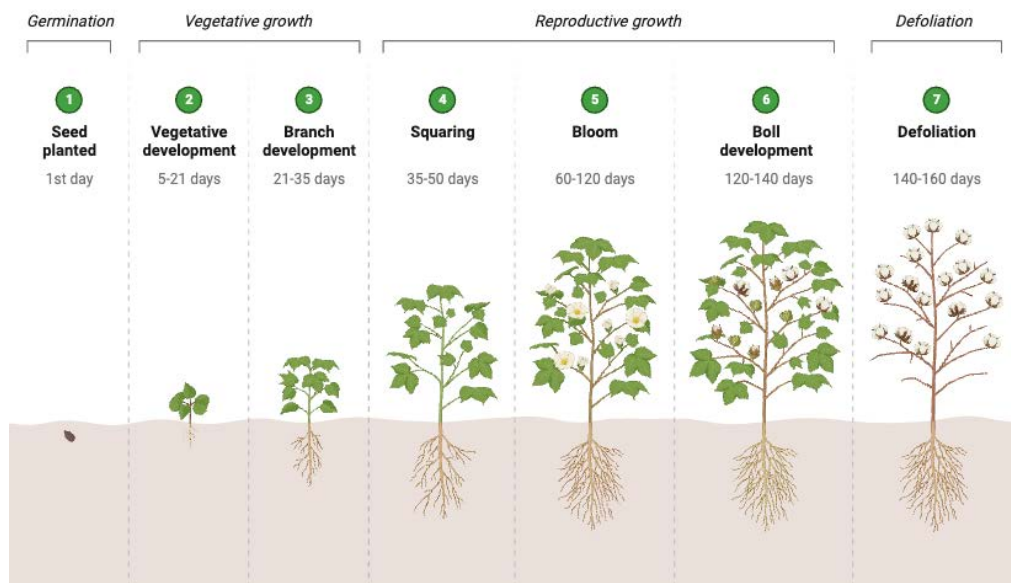
Το στάδιο αυτό διαρκεί 20-25 ημέρες και εκτείνεται από την εμφάνιση των ανθοφόρων οφθαλμών μέχρι την εμφάνιση των πρώτων ανθέων. Οι μονάδες θερμότητας που απαιτούνται είναι 300-350 DD60s.

- 4^ο στάδιο - Ανθοφορία & καρποφορία

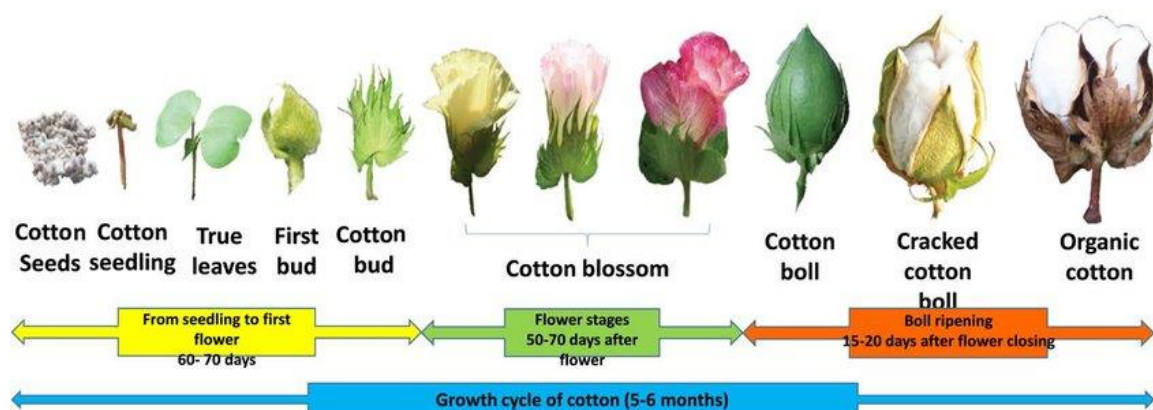
Το στάδιο αυτό διαρκεί 40-50 ημέρες και χαρακτηρίζεται από την ταυτόχρονη παρουσία, στο ίδιο φυτό, ανθοφόρων οφθαλμών, ανθέων και καρπών (καρυδιών).

- 5^ο στάδιο - Ωρίμανση

Το τελευταίο στάδιο διαρκεί 45-70 ημέρες ανάλογα με την ποικιλία και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες. Η περίοδος πλήρους ωρίμανσης του καρπού απαιτεί περίπου 850 DD60s. Η συσσώρευση 750 DD60s δημιουργεί ένα αποδεκτό καρπό, μπορεί όμως να είναι πιο ελαφρύς και να παρουσιάζει προβλήματα που αφορούν την ποιότητα της ίνας. (Robertson et al., 2010)



Εικόνα 12. Η ανάπτυξη του βαμβακιού μέσα από μια σειρά σταδίων. (Πηγή: <https://www.biorender.com/template/cotton-plant-growth-stages>)



Εικόνα 13. Η ανάπτυξη του βαμβακιού από το σπόρο του φυτού μέχρι το στάδιο της πλήρους ωρίμανσης. (Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-cotton-http-wwwcottonsjourneycom-Storyofcotton-page3asp_fig4_339262100)

4.5 Οικολογικές απαιτήσεις

Η παραγωγικότητα καλλιεργειών όπως το βαμβάκι εξαρτάται από την ευνοϊκή θρέψη του φυτού μέσω των ατμοσφαιρικών και εδαφικών συνθηκών. Οι συνθήκες αυτές επηρεάζουν τη φαινολογία του φυτού και παίζουν ζωτικό ρόλο ως στρεσογόνοι παράγοντες στην αύξηση και ανάπτυξη του φυτού και τελικά στην απόδοση που επιτυγχάνει. (Sharma et al., 2021)

Η ανάπτυξη της καλλιέργειας του βαμβακιού είναι ευαίσθητη στη θερμοκρασία. Οι δροσερές νύχτες και οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας έχουν ως αποτέλεσμα βλαστική ανάπτυξη με περιορισμένο αριθμό καρποφόρων κλαδιών. (FAO, 2025) Το βαμβάκι απαιτεί ένα ζεστό, ξηρό κλίμα για την καλλιέργειά του, με βέλτιστη θερμοκρασία 25-35°C. (Sabesh, 2023) Η καλλιέργεια θεωρείται ανθεκτική στην ξηρασία, με τις θερμοκρασίες 32,2 - 35 °C να θεωρούνται σχεδόν ιδανικές για την ανάπτυξη του βαμβακιού. Ωστόσο, η αλλαγή που συμβαίνει κάτω από τους 15,5 °C ή πάνω από τους 37,7 °C είναι μικρής σημασίας, ειδικά εάν η υγρασία του εδάφους είναι χαμηλή. Παράγοντες όπως το φως, οι βροχοπτώσεις, η σχετική υγρασία, οι άνεμοι, το έδαφος, τα παράσιτα κ.λπ. επηρεάζουν την παραγωγικότητα της καλλιέργειας του βαμβακιού. Ένα θερμότερο περιβάλλον παρέχει ευνοϊκές συνθήκες για την αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης των παρασίτων, μειώνοντας τη συνολική παραγωγικότητα της καλλιέργειας. (Sharma et al., 2021) Σχετικά με την υγρασία του εδάφους δε θα πρέπει να είναι πολύ υψηλή, διότι επηρεάζει τον αερισμό αρά και τη λειτουργικότητα του ριζικού συστήματος του φυτού, ενώ είναι πιθανό να προκαλέσει σήψεις κατά τα στάδια του φυτρώματος και της πρώτης ανάπτυξης. Επίσης, το βαμβάκι αποτελεί ιδιαίτερα απαιτητική καλλιέργεια σε περίοδο απαλλαγμένη από παγετούς (ιδίως κατά τα στάδια του φυτρώματος, της ωρίμανσης των ινών και το άνοιγμα των καψών) και χωρίς βροχοπτώσεις κατά την περίοδο της ωρίμανσης και της συγκομιδής. (Τραυλός, 2019)

Το βαμβάκι δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς τον τύπο εδάφους. Καλλιεργείται σε ένα ευρύ φάσμα, με προτιμότερα όμως τα εδάφη μεσαίας και βαριάς υφής. Απαραίτητα χαρακτηριστικά των εδαφών που θα εγκατασταθεί η καλλιέργεια είναι επίσης η πλούσια περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και η καλή συγκράτηση νερού. Σε ένα όξινο ή πυκνό υπέδαφος γίνεται περιορισμός της διείσδυσης των ριζών. (FAO, 2025) Η εγκατάσταση της καλλιέργειας ευνοείται από εδάφη με pH που κυμαίνεται μεταξύ 5,2 και 8. (Engonopoulos et al., 2021) Το φυτό παρουσιάζει επίσης ανθεκτικότητα στην αλατότητα του εδάφους με την προϋπόθεση ότι υπάρχει καλή στράγγιση. (Sabesh, 2023) Σύμφωνα με το FAO (2025) οι μειώσεις απόδοσης της καλλιέργειας σε διαφορετικές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECe) είναι οι εξής: 0% σε ECe 7.7 mmhos/cm, 10% σε 9.6, 25% σε 13, 50% σε 17 και 100% σε ECe 27 mmhos/cm.

4.6 Καλλιεργητικές πρακτικές

4.6.1 Σπορά - Κατεργασία εδάφους

Η θερμοκρασία του εδάφους καθορίζει την πρόιμη ημερομηνία σποράς. Όταν οι ελάχιστες θερμοκρασίες εδάφους υπερβαίνουν τους 14°C, σε βάθος 10 cm, οι συνθήκες είναι ιδανικές για τη σπορά του βαμβακιού. (Constable et Shaw, 1988) Συνήθως, η περίοδος αυτή συμπίπτει με το διάστημα μέσα Απριλίου έως αρχές Μαΐου στη χώρα μας. Το βάθος σποράς πρέπει να είναι 4-6 cm ανάλογα με τη διαθεσιμότητα της υγρασίας στο έδαφος. Η ποσότητα του σπόρου που απαιτείται για τη σπορά του βαμβακιού εξαρτάται από την ποικιλία/υβρίδιο, το μέγεθος του σπόρου και την απόσταση. Η απόσταση των φυτών εξαρτάται κυρίως από τη συνήθεια ανάπτυξης μιας ποικιλίας/υβριδίου, τον τύπο του εδάφους που πραγματοποιείται η σπορά και την κατάσταση στην οποία πρόκειται να γίνει η σπορά, δηλαδή με άρδευση ή με βροχή. (Sabesh, 2023)

Η κατεργασία του εδάφους είναι από τις σημαντικότερες καλλιεργητικές επεμβάσεις. Είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί σε ορισμένο χρονικό διάστημα, όταν το έδαφος βρίσκεται σε εύθρυπτη κατάσταση, προκειμένου να μη προκαλέσει προβλήματα συμπίεσης ή δημιουργίας μεγάλων βόλων που δύσκολα θρυμματίζονται. (Γέμτος, 2015) Η ζημιά που προκαλείται στην δομή του εδάφους, ιδίως από όργανο σε υγρό έδαφος, μπορεί να προκαλέσει στην καλλιέργεια καχεξία, κιτρινάδα των φυτών κ.ά. Το εδαφοσχίσσιμο (κατεργασία σε πραγματικό βάθος, μεγαλύτερο από 50-60 εκατοστά) αποτελεί μια αρκετά ωφέλιμη πρακτική που πραγματοποιείται κάθε 4-5 χρόνια. Ιδανικά, σε χρονιές που το φθινόπωρο δεν επαρκούν οι βροχές και τα εδάφη διατηρούνται στεγνά μετά την συγκομιδή, είναι σημαντικό να εφαρμόζουμε αυτήν την επέμβαση. (minagric, 2023)

4.6.2 Άρδευση - Λίπανση

Ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και τις ιδιότητες του εδάφους το βαμβάκι απαιτεί 600 m³ νερού / στρ. (Engonopoulos et al., 2021) Στην πρόιμη βλαστική περίοδο, οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε νερό είναι χαμηλές (περίπου το 10 % του συνόλου). Κατά την περίοδο της ανθοφορίας διατηρούνται σε υψηλό επίπεδο, όταν η φυλλική επιφάνεια βρίσκεται στα μέγιστα, αποτελώντας περίπου το 50 έως 60 % του συνόλου.

Αργότερα, κατά την περίοδο της ανάπτυξης οι απαιτήσεις μειώνονται. Η άρδευση κατά τη βλαστική περίοδο μπορεί να προγραμματιστεί όταν περίπου το 60% του διαθέσιμου νερού εδάφους (πάνω από τα πρώτα 0.75 m) έχει απορροφηθεί από την καλλιέργεια. Κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας η καθυστερημένη άρδευση μπορεί να προκαλέσει σημαντική αποβολή ανθέων και μπουμπουκιών. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, η μείωση του νερού του εδάφους μπορεί να αυξηθεί από 60% σε υψηλότερες τιμές, καθώς ανάλογα με το κλίμα και το βάθος του αποθηκευμένου εδαφικού νερού, η άρδευση μπορεί να τερματιστεί 4 έως 5 εβδομάδες πριν από την τελική συλλογή του προϊόντος. Όταν τα εδάφη είναι υγρά για μεγάλες περιόδους, η μείωση της απόδοσης μπορεί να φτάσει έως και 50%, χωρίς να αντέχει την απεριόριστη χρήση νερού. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή αερισμό του εδάφους. (FAO, 2025)

Η λίπανση αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες που ενισχύει τις αποδόσεις της καλλιέργειας, την ανάπτυξη της καλλιέργειας και βελτιώνει την ποιότητα των φυτικών ινών. Τα στάδια ανθοφορίας και ωρίμανσης είναι τα πιο απαιτητικά στάδια στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών. Εκτός από την ποικιλία, το σύστημα άρσης και το αρδευτικό σύστημα, η γονιμότητα του εδάφους επηρεάζει τη διαχείριση της λίπανσης, επομένως συνιστάται μια ανάλυση εδάφους πριν από την προετοιμασία της σποροκλίνης. Συνολικά, οι απαιτήσεις του βαμβακιού σε N, P, K κυμαίνονται από 14.2 έως 20.1 kg/στρ N (άζωτο), 1.9 έως 6.6 kg/στρ P (φώσφορος), 8.9 έως 25.4 kg/στρ K (κάλιο), αντίστοιχα. (Engonopoulos et al., 2021) Τα δύο τρίτα των θρεπτικών συστατικών προσλαμβάνονται κατά τις πρώτες 60 ημέρες της καλλιεργητικής περιόδου. Το άζωτο θα πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμο στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου. Κανονικά γίνονται δύο εφαρμογές του αζώτου, με τη μία να πραγματοποιείται μετά τη σπορά και την άλλη πριν την ανθοφορία. Ο φώσφορος εφαρμόζεται πριν από τη σπορά. (FAO, 2025)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Περίληψη

Το αντικείμενο μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας πραγματεύεται τις επιδράσεις που επέφεραν τα πλημμυρικά φαινόμενα στο έδαφος ενός αγροτεμαχίου βαμβακιού.

Επίσης, γίνεται αναφορά σε μεθόδους που θα συμβάλουν στην αποκατάσταση αυτών των εδαφών και θα ενισχύσουν τη γονιμότητα τους. Η τεχνική που χρησιμοποιείται για τη μελέτη των επιπτώσεων αποτελεί εργαλείο της Γεωργίας Ακριβείας και είναι η μέτρηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Η τεχνική αυτή επιλέχθηκε με σκοπό τη χαρτογράφηση του εδάφους προκειμένου να γίνει εκτίμηση της παραλλακτικότητας του. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας, με την πρώτη να πραγματοποιείται πριν τα πλημμυρικά φαινόμενα και τη δεύτερη τρεις μήνες μετά από αυτά. Η μέθοδος που επιλέχθηκε για τη μέτρηση ήταν αυτή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, κάνοντας χρήση του αισθητήρα EM 38. Τα δεδομένα που λάβαμε από τον αισθητήρα μετατράπηκαν σε χάρτες, έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία σε περιβάλλον GIS και συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας το λογισμικό ArcGIS. Στον κάθε χάρτη έχουν δημιουργηθεί τρεις ζώνες, σε κάθε μία από τις οποίες τα χαρακτηριστικά εδάφους της συγκεκριμένης περιοχής χαρακτηρίζονται από όμοιες ιδιότητες. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους χάρτες μας έδωσαν τη δυνατότητα να καταλήξουμε σε ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με την παραλλακτικότητα του εδάφους, αλλά και τη σύσταση και υδατοϊκανότητά του και να μελετήσουμε τις επιπτώσεις που προκλήθηκαν από την καταστροφική πλημμύρα. Παρατηρήσαμε λοιπόν ότι η επίδραση ήτανε ελάχιστη στις τρεις ζώνες όσον αφορά τη γενική χωρική παραλλακτικότητα του εδάφους, όμως έπειτα από στατιστική ανάλυση που έγινε με τη χρήση του λογισμικού SPSS έγινε αντιληπτό ότι υπήρξε σημαντική μείωση στο εύρος τιμών της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Abstract

The subject of this study addresses the effects of flooding phenomena on the soil of a cotton field. It also references methods that will contribute to the restoration of these soils and enhance their fertility. The technique used for studying the impacts is a tool of Precision Agriculture and involves measuring the apparent electrical conductivity of the soil. This technique was selected in order to map the soil and assess its variability. Specifically, two measurements of apparent electrical conductivity were taken, with the first one conducted before the flooding events and the second three months after. The method chosen for the measurement was electromagnetic induction, utilizing the EM 38 sensor. The data obtained from the sensor were transformed into maps after proper

processing in a GIS environment, specifically using ArcGIS software. On each map, three zones were created, each characterized by soil properties with similar characteristics. The results presented in the maps allowed us to draw certain conclusions regarding the soil's variability, its composition, water-holding capacity, and to study the effects caused by the destructive flood. We observed that the impact was minimal across the three zones in terms of general spatial variability of the soil. However, after a statistical analysis using SPSS software, it became clear that there was a significant reduction in the range of apparent electrical conductivity values.

Εισαγωγή

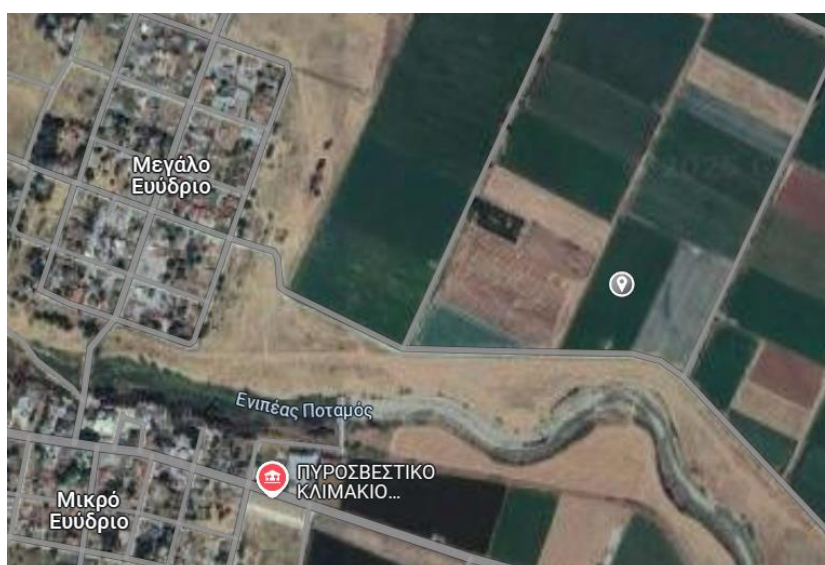
Η συνεχώς αυξανόμενη ένταση της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη μας δημιουργεί ολοένα και πιο συχνά φυσικές καταστροφές, όπως οι πλημμύρες. Η εμφάνιση αυτών των φαινομένων έχει σημαντικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στο γεωργικό τομέα, καθώς είναι άμεσα εξαρτώμενος από τις καιρικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό έχει προκαλέσει μια παγκόσμια ανησυχία για την ανθεκτικότητα του συστήματος παραγωγής τροφίμων καθώς και την επισιτιστική ασφάλεια. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητο να εφαρμοστούν καλλιεργητικές πρακτικές που θα έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του κλίματος, έχοντας ως στόχο τη βελτίωση της παραγωγικότητας της γεωργίας. Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στην πεδιάδα του Δήμου Φαρσάλων την οποία διασχίζει ο ποταμός Ενιπέας και ακριβέστερα στην περιοχή του Μεγάλου Ευυδρίου. Με αφορμή την κακοκαιρία Daniel που έπληξε την περιοχή, στόχος της εργασίας είναι να διερευνήσει τις επιπτώσεις της πρόσφατης πλημμύρας του ποταμού, οι οποίες κάλυψαν μεγάλες εκτάσεις ένθεν και ένθεν αυτού καταστρέφοντας πολλές καλλιέργειες. Ακόμη, στόχο της εργασίας αποτελεί η πρόταση λύσεων στο πρόβλημα αυτό. Τις μεγαλύτερες καταστροφές υπέστησαν η καλλιέργεια του βαμβακιού και του αραβόσιτου διότι δεν είχαν ακόμη συλλεχθεί. Για την εργασία επιλέξαμε ένα αγροτεμάχιο βαμβακιού, έκτασης 23 στρεμμάτων, το οποίο βρίσκεται στη δεξιά (Βόρεια) πλευρά του ποταμού ακριβώς δίπλα από το ανάχωμα. Στην καλλιέργεια του βαμβακιού η σπορά γίνεται από μέσα Απριλίου μέχρι αρχές Μαΐου και η συγκομιδή της ολοκληρώνεται τον Οκτώβρη. Η πλημμύρα έπληξε την καλλιέργεια αφού είχαν ολοκληρωθεί οι απαιτήσεις του φυτού σε λίπανση και άρδευση με το ίδιο να βρίσκεται στο στάδιο της ωρίμανσης. Αποτέλεσμα των πλημμυρών ήταν να γεμίσουν τα

αγροτεμάχια της περιοχής με φερτά υλικά και να γίνει εναπόθεση μια στρώσης λάσπης η οποία αποτελούνταν κυρίως από λεπτόκοκκα υλικά εδάφους. Για να μελετηθεί η επίδραση της πλημμύρας στο αγροτεμάχιο έγινε χαρτογράφηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, πριν και μετά το πέρας της πλημμύρας. Η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε ανήκει στον κλάδο της Γεωργίας Ακριβείας, ο οποίος αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για μια βιώσιμη και παραγωγική γεωργία, χρησιμοποιώντας εργαλεία νέας τεχνολογίας, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) και τα Συστήματα Παγκόσμιου Προσδιορισμού Θέσης (GNSS).

Υλικά και Μέθοδοι

Περιοχή μελέτης

Η περιοχή στην οποία πραγματοποιήθηκε η μελέτη βρίσκεται στο Δήμο Φαρσάλων και συγκεκριμένα πλησίον του παραποτάμιου χωριού Μεγάλο Ευύδριο. Το αγροτεμάχιο που επιλέχθηκε προκειμένου να γίνει μέτρηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους αποτελεί καλλιέργεια βαμβακιού και βρίσκεται βόρεια του ποταμού Ενιπέα που διασχίζει την περιοχή, ακριβώς δίπλα από το ανάχωμα του ποταμού. Η έκταση του αγροτεμαχίου καλύπτει είκοσι τρία (23) στρέμματα επιφάνειας γης και έχει τις εξής συντεταγμένες ($39^{\circ}20'55.1''\text{N}$ $22^{\circ}20'53.5''\text{E}$).



Εικόνα 14.
Απεικόνιση της περιοχής που βρίσκεται το αγροτεμάχιο. (google maps, 2025)

Η πρώτη καταγραφή της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2023, πριν γίνει η σπορά της καλλιέργειας του βαμβακιού στο αγροτεμάχιο. Η δεύτερη καταγραφή πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο

του 2023, τρεις μήνες μετά την κακοκαιρία Daniel που προκάλεσε την πλημμύρα του αγροτεμαχίου. Την ημέρα που πραγματοποιήθηκε η καταγραφή και στις δύο περιπτώσεις είχε προηγηθεί βροχόπτωση προ ολίγων ημερών (4-5 ημέρες) στην περιοχή και το έδαφος διατηρούσε ένα ποσοστό υγρασίας.

Μεθοδολογία

Οι μετρήσεις της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους έγιναν με τη χρήση του αισθητήρα EM38 της εταιρείας Geonics. Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε σε ειδικό πλαστικό πλαίσιο, το οποίο είχε δεθεί με σχοινί στο πίσω μέρος ενός γεωργικού ελκυστήρα. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ο γεωργικός ελκυστήρας διατηρούσε σταθερή ταχύτητα ώστε να γίνει η καταγραφή των δεδομένων με τον ίδιο ρυθμό, αλλά και να αποφεύγονται οι αναταράξεις του αισθητήρα λόγω ανώμαλου ανάγλυφου του εδάφους. Η απόσταση μεταξύ αισθητήρα και εδάφους θα πρέπει να παραμένει όσο το δυνατόν πιο σταθερή.

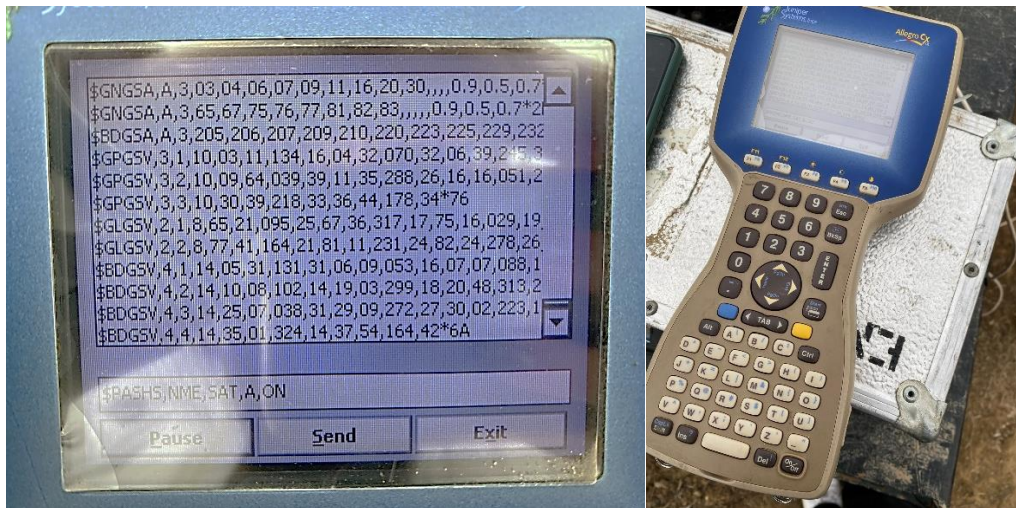
Απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου να ξεκινήσει η καταγραφή των δεδομένων αποτελεί η βαθμονόμηση του οργάνου. Αρχικά, ρυθμίζουμε το όργανο στην κατακόρυφη διπολική λειτουργία και γυρίζουμε το διακόπτη στην αγωγιμότητα ώστε να διαβάσει το 0. Έπειτα, γυρίζουμε το διακόπτη στη μαγνητική επιδεκτικότητα και το ρυθμίζουμε να διαβάσει 0. Ξαναγυρίζουμε το διακόπτη στην αγωγιμότητα βεβαιώνοντας ότι διαβάσει το 0. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία και στην κατακόρυφη διπολική λειτουργία έχοντας όμως ανυψώσει το όργανο 1.5 m από την επιφάνεια του εδάφους. Το όργανο πρέπει να εμφανίζει στην οθόνη την τιμή 6 mS/m. Όταν γυρίσουμε το όργανο στην κατακόρυφη διπολική λειτουργία θα πρέπει να εμφανίζεται η τιμή 12 mS/m. Γενικά, για να γίνει σωστά η ρύθμιση του οργάνου πρέπει η ανάγνωση της αγωγιμότητας να ικανοποιεί την εξίσωση $V=2H$, όπου V =vertical dipole mode reading και H =horizontal dipole mode reading. Πριν ξεκινήσουμε τη βαθμονόμηση αφού έχουμε ενεργοποιήσει τον αισθητήρα, τον αφήνουμε να προετοιμαστεί για ένα χρονικό διάστημα 5-15 min.

Τα δεδομένα ηλεκτρικής αγωγιμότητας που καταγράφονται από τον αισθητήρα μεταφέρονται μέσω NMEA sentences (Εικόνα 17) στο data logger (Εικόνα 18). Τα δεδομένα αυτά που βρίσκονται σε μορφή NMEA υπολογίζονται από τον δέκτη GPS και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την θέση, την ταχύτητα και τον χρόνο. (Si and

Aung, 2011) Κάθε NMEA sentence ξεκινάει με το σύμβολο του δολαρίου (\$), έπειτα ακολουθεί το πρόθεμα GP (ground position) και στη συνέχεια ακολουθεί μια αλληλουχία τριών γραμμάτων που ορίζει τα περιεχόμενα της πρότασης. Οι προτάσεις GGA, RMC και VTG είναι κάποιες από τις πολλές που ανήκουν στο πρωτόκολλο NMEA 0183. Το data logger είναι συνδεδεμένο με smartphone ή tablet, όπου εκεί εξάγονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε αρχεία .xls ή .csv, με σκοπό την δημιουργία των χαρτών ηλεκτρικής αγωγιμότητας.



Εικόνα 15 & 16. Αριστερά: Η συσκευή EM38 μαζί με το πλαίσιο στο οποίο τοποθετήθηκε κατά την σάρωση του αγροτεμαχίου. Δεξιά: Η συσκευή EM38.



Εικόνα 17 & 18. Αριστερά: Απεικόνιση της μορφής NMEA 0183 sentences Δεξιά: Η συσκευή data logger Allegro Cx.

Η δημιουργία των χαρτών της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας έγινε με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η IDW (Inverse Distance Weighted), δηλαδή η διαδικασία παρεμβολής χωρικών δεδομένων, η οποία αποτελεί την εκτίμηση της τιμής z στην τοποθεσία x από ένα σταθμισμένο μέσο κοντινών παρατηρήσεων. (Hartmann et al., 2023) Με τη μέθοδο αυτή τα δεδομένα vector μετατρέπονται σε raster, ώστε να γίνει εκτίμηση δεδομένων για τα σημεία στα οποία δεν έχει γίνει μέτρηση της παραμέτρου. Η ταξινόμηση των κλάσεων έγινε με τη μέθοδο Quantile, η οποία καθιστά δυνατή την καλύτερη και περισσότερο κατανοητή παρουσίαση της παραλλακτικότητας. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα που διαθέτει να τοποθετεί τα δεδομένα ισάριθμα σε κάθε κλάση, σε αύξουσα σειρά. Στους συγκεκριμένους χάρτες, για την επίτευξη καλύτερης παρουσίασης της παραλλακτικότητας επιλέχθηκαν τρεις κλάσεις, οι οποίες αντιστοιχούν στις περιοχές του αγροτεμαχίου με μπλε, πράσινο και κόκκινο χρώμα. (Εικόνα 21)

Αποτελέσματα

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα ακατέργαστα αρχεία πληροφοριών, όπως καταγράφηκαν από τον αισθητήρα EM38. Φαίνεται η πορεία που ακολούθησε ο αισθητήρας μέσα στον αγρό κατά τη διάρκεια καταγραφής της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Οι υψηλότερες τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας

αντιστοιχούν στα σημεία που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα και οι χαμηλότερες στα σημεία με κίτρινο χρώμα (Πίνακας 1).



Εικόνα 19. Απεικονίζεται η παραλλακτικότητα της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους με σημειακές μετρήσεις πριν την πλημμύρα.



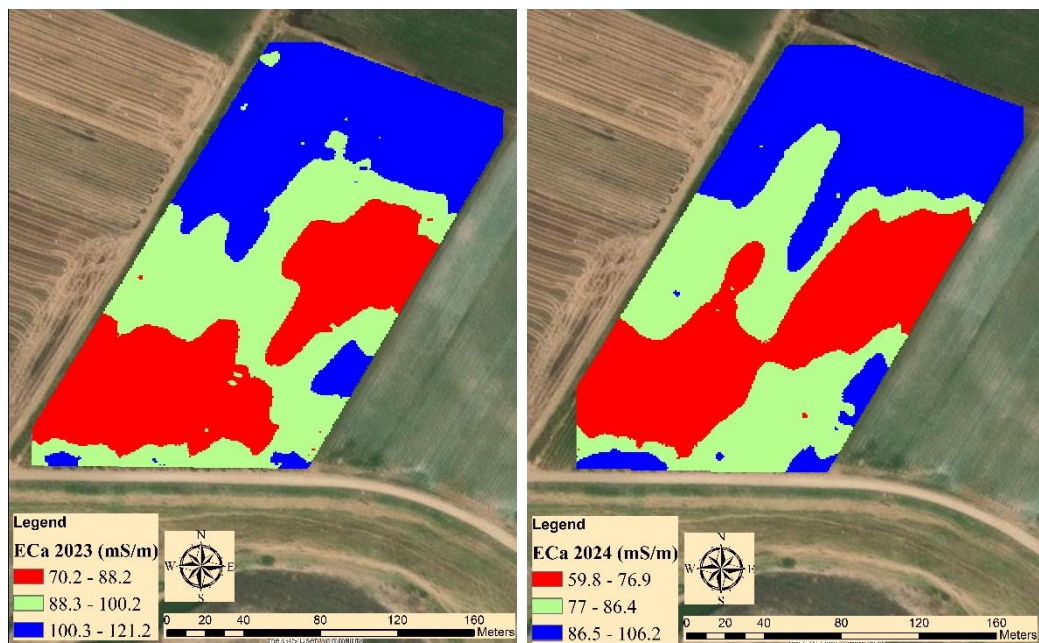
Εικόνα 20. Απεικονίζεται η παραλλακτικότητα της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους με σημειακές μετρήσεις μετά την πλημμύρα.

Τιμές φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας	
<i>Πριν την πλημμύρα</i>	<i>Μετά την πλημμύρα</i>
69.88 – 80.23	59.75 – 69.076
80.23 – 90.58	69.076 – 78.402
90.58 – 100.93	78.402 – 87.728
100.93 – 111.28	87.728 – 97.054

111.28 – 121.63	97.054 – 106.380

Πίνακας 1. Παρουσιάζεται το εύρος των τιμών της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά τις δύο μετρήσεις.

Παρακάτω (Εικόνα 21) παρουσιάζονται οι χάρτες της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μετά από κατάλληλη επεξεργασία των σημειακών δεδομένων (Εικόνες 19 & 20), έτσι ώστε να γίνει η πρόβλεψη των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για όλα τα σημεία του αγροτεμαχίου. Το κάθε χρώμα αντιπροσωπεύει ένα εύρος τιμών της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας, όπως παρατηρείται στο υπόμνημα του χάρτη, με το κόκκινο να αντιστοιχεί στις χαμηλότερες τιμές και το μπλε στις υψηλότερες. Επίσης, οι περιοχές αυτές μπορούν να θεωρηθούν ζώνες διαχείρισης για την καλλιέργεια του βαμβακιού.



Εικόνα 21. Αριστερά: Χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας πριν την πλημμύρα. Δεξιά: Χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μετά την πλημμύρα. Στα υπομνήματα των χαρτών παρουσιάζεται η διαφορά του εύρους τιμών που έχουν καταγραφεί στις δύο μετρήσεις.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που καταγράφηκαν, με τη χρήση του λογισμικού SPSS.

Πίνακας 2. Περιγραφικά στατιστικά.

ECa (Cases)	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Variance Statistic	Skewness Statistic	Kurtosis Statistic
After flood	59.75	106.38	81.81985	119.874	-0.154	-0.842
Before flood	72.96	120.255	94.61399	117.468	0.112	-0.743

Πίνακας 3. Αποτελέσματα από εφαρμογή μεθόδου Pearson.

Correlations			
Cases		After flood	Before flood
After flood	Pearson Correlation	1	.871**
Before flood	Pearson Correlation	.871**	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Συζήτηση

Παρατηρώντας τους χάρτες στην Εικόνα 21 μπορούμε να αντλήσουμε ένα πλήθος πληροφοριών και να καταλήξουμε σε χρήσιμα συμπεράσματα. Με μια πρώτη παρατήρηση στις τρεις ζώνες του αγροτεμαχίου (κόκκινη, πράσινη, μπλε) διαπιστώνουμε ότι η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι περισσότερο αυξημένη στην μπλε περιοχή, ακολουθεί η πράσινη περιοχή και τέλος η κόκκινη έχοντας τη χαμηλότερη τιμή. Λαμβάνοντας υπόψιν την βιβλιογραφία καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η δομή του εδάφους στη μπλε περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ως αργιλώδης, καθώς γνωρίζουμε ότι η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα συνεπάγεται αυξημένη περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο. Οι υπόλοιπες ζώνες λόγω των τιμών που τους αντιστοιχούν μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα μίγμα ιλύος και αργίλου. Μια ακόμη εκτίμηση η οποία προκύπτει από τη βιβλιογραφία αφορά την παραγωγικότητα των εδαφών. Περιοχές με υψηλή φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορούν να δώσουν μεγαλύτερη παραγωγή από ότι οι υπόλοιπες. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η παραλλακτικότητα της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας όπως εμφανίζεται στους χάρτες είναι παρόμοια με την παραλλακτικότητα της τελικής

παραγωγής του βαμβακιού. Αυτό βέβαια μπορεί να εξακριβωθεί με τη χρήση καταγραφικού παραγωγής κατά τη διάρκεια της συγκομιδής του βαμβακιού.

Η αυξημένη ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους είναι άμεσα συνδεδεμένη με το ποσοστό του νερό που περιέχεται σε αυτό. Όπως προαναφέρθηκε η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έγινε μερικές ημέρες μετά από βροχή. Θεωρητικά μετά από κάθε βροχόπτωση κάθε σημείο του αγροτεμαχίου έλαβε την ίδια ποσότητα νερού. Άρα με τη μέτρηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορούμε να βρούμε ποιες περιοχές κρατούν νερό και ποιες στραγγίζουν γρήγορα, είτε λόγω υφής του εδάφους (περισσότερη άργιλος ή άμμος αντίστοιχα) είτε λόγω ανομοιομορφίας του τοπογραφικού ανάγλυφου. Το νερό αποτελεί καλό αγωγό του ηλεκτρισμού και για το λόγο αυτό όσο μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό έχει ένα έδαφος τόσο υψηλότερη είναι η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που καταγράφεται. Παρατηρώντας τους χάρτες στην Εικόνα 21 διαπιστώνουμε ότι η μπλε ζώνη είναι η περιοχή του αγροτεμαχίου που διαθέτει τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό άρα και αυτή που στραγγίζει πιο δύσκολα.

Επίσης, η χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να βοηθήσει στην εφαρμογή μεταβλητών δόσεων άρδευσης στην καλλιέργεια. Άρα, με βάση τους χάρτες αυτούς μπορούμε να λάβουμε αποφάσεις σχετικά με την άρδευση που θα εφαρμοστεί στο αγροτεμάχιο. Συγκεκριμένα, στις μπλε περιοχές οι παραγωγοί θα πρέπει να ποτίζουν με μικρότερη συχνότητα σε σχέση με τις πράσινες και κόκκινες περιοχές, διότι συγκρατεί μεγάλο ποσοστό υγρασίας. Μια επιπλέον χρήση των χαρτών είναι ότι μπορούν να βοηθήσουν τον παραγωγό να επιλέξει τις κατάλληλες περιοχές του αγροτεμαχίου, όπου θα μπορούσαν να τοποθετηθούν αισθητήρες υγρασίας. Ένας άτυπος κανόνας είναι η τοποθέτηση τουλάχιστον ενός αισθητήρα υγρασίας σε κάθε διαφορετική ζώνη. Οπότε, με βάση την παραλλακτικότητα της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του αγροτεμαχίου μπορούν να τοποθετηθούν τουλάχιστον τρεις αισθητήρες υγρασίας –ένας σε μια κόκκινη, πράσινη και μπλε ζώνη αντίστοιχα. Η ποσότητα της άρδευσης εξαρτάται από τις μετρήσεις των αισθητήρων και την συγκεκριμένη στρατηγική άρδευσης που θα επιλέξει να ακολουθήσει ο παραγωγός.

Τα αποτελέσματα από τη χαρτογράφηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας μετά την καταστροφική πλημμύρα που καταγράφηκε στην περιοχή δείχνουν ότι οι τρεις ζώνες (μπλε, πράσινη, κόκκινη) έχουν επηρεαστεί ελάχιστα. Τα πλημμυρικά φαινόμενα

δεν επηρέασαν την γενική χωρική παραλλακτικότητα του αγροτεμαχίου, άλλαξαν όμως τις τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η στατιστική ανάλυση των καταγεγραμμένων δεδομένων ανέδειξε μια σημαντική αλλαγή στην ηλεκτρική αγωγιμότητα η οποία τείνει να μειωθεί τρεις μήνες μετά την πλημμύρα. Συγκεκριμένα, το εύρος τιμών της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους στην πρώτη καταγραφή ήταν 70.2 έως 121.2 mS/m, ενώ στη δεύτερη καταγραφή κυμαίνονταν από 59.8 έως 106.2 mS/m. Οι τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους των δύο μετρήσεων ακολουθούν κανονική κατανομή (Πίνακας 2). Η σύγκριση γραμμικής συσχέτισης της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους των μετρήσεων πριν και μετά τα πλημμυρικά φαινόμενα έδειξαν ότι υπάρχει σημαντική γραμμική συσχέτιση. Λαμβάνοντας υπόψιν τη μείωση που προκλήθηκε στις τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το έδαφος μετά από την πλημμύρα υπέστη διάβρωση επηρεάζοντας τη σύστασή του.

Προτεινόμενες λύσεις

Μετά την επίδραση των πλημμυρικών φαινομένων κρίνεται απαραίτητο να ακολουθηθεί συγκεκριμένη διαχείριση του εδάφους με σκοπό τη βελτίωση της γονιμότητας του, ώστε να προσφέρει σε μελλοντικές καλλιέργειες τη μέγιστη αποδοτικότητα και παραγωγή. Στις κυριότερες πρακτικές που ενδείκνυνται για τη διαχείριση του εδάφους μεταπλημμυρικά περιλαμβάνονται η εγκατάσταση καλλιέργειας κάλυψης (cover crop), η λήψη εδαφικού δείγματος και η μειωμένη κατεργασία του εδάφους.

Όσον αφορά την εγκατάσταση καλλιέργειας κάλυψης, η εφαρμογή της είναι αρκετά σημαντική, καθώς προσφέρει πλήθος πλεονεκτημάτων στη βελτίωση της υγείας του εδάφους. Η μακροχρόνια χρήση καλλιεργειών κάλυψης μπορεί να βελτιώσει την υγεία του εδάφους, καθώς συμβάλει στην προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, στη βελτίωση της δομής του, προσθέτει οργανική ουσία στο έδαφος, περιορίζει τη συμπίεση και αυξάνει τον ρυθμό διεύδυσης του νερού. Το υπόγειο τμήμα αυτών των καλλιεργειών συνεισφέρει στην αύξηση των μακροπόρων, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη κίνηση του νερού στο έδαφος. Για παράδειγμα, ένα μείγμα καλλιέργειας κάλυψης *Bromus inermis* Leyss. και *Trifolium fragiferum* L. μείωσε την αντοχή του επιφανειακού εδάφους κατά 38-41% και αύξησε τον σταθερό ρυθμό διήθησης και τη σωρευτική πρόσληψη νερού κατά 37-41% και 20-101% αντίστοιχα, σε σύγκριση με

πρακτικές σε ακαλλιέργητο έδαφος. (Kaur et al., 2019) Κατά τη διάρκεια παρατεταμένων πλημμυρών χάνονται από το έδαφος ωφέλιμοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι τρέφονται από τα φυτά με υδατάνθρακες και εφοδιάζουν αντίστοιχα τα φυτά με θρεπτικά στοιχεία και κυρίως με φώσφορο. (Wilson et al., 2011) Η εγκατάσταση καλλιέργειας κάλυψης προωθεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών που είναι απαραίτητοι για τον κύκλο των θρεπτικών συστατικών και συμβάλει στην αποκατάσταση του πληθυσμού τους στο έδαφος. (Al-Kaisi, 2019) Η καλλιέργεια κάλυψης περιλαμβάνει μια ποικιλία φυτών, όπως αγρωστώδη και ψυχανθή. Τα αγρωστώδη φυτά διαθέτουν το χαρακτηριστικό της γρήγορης ανάπτυξης, καθώς αναπτύσσονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για την κάλυψη του γυμνού εδάφους μετά από πλημμυρικά φαινόμενα. Τα ψυχανθή είναι κατάλληλα, καθώς δεσμεύουν το άζωτο που χρειάζονται, αλλά εφοδιάζουν και την κύρια καλλιέργεια με άζωτο μειώνοντας έτσι και τις ανάγκες σε εφαρμογή λιπασμάτων. (Γέμτος, 2020)

Το επίπεδο γονιμότητας σε πλημμυρισμένα εδάφη πιθανότατα θα αλλάξει σε κάποια χρονική περίοδο. (NDSU, 2025) Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να γίνει λήψη δειγμάτων από το πλημμυρισμένο έδαφος προκειμένου να γίνει ανάλυση του και να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις σε θρεπτικά μετά την επίδραση της πλημμύρας, για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης της καλλιέργειας. (Clark, 2020) Οι αναλύσεις εδάφους θα πρέπει να διεξάγονται μετά από οποιαδήποτε ισοπέδωση και ανάμιξη του αρχικού επιφανειακού εδάφους με το στρώμα λάσπης που εναποτέθηκε από την πλημμύρα, ώστε να αντιπροσωπεύουν μίγμα εδάφους. (Al-Kaisi, 2019) Άρα, η εναπόθεση του ιζήματος στο έδαφος μετά τα πλημμυρικά φαινόμενα δεν είναι απαραίτητο να απομακρυνθεί από το αγροτεμάχιο, αλλά να γίνει ανάμιξη της στο αρχικό επιφανειακό έδαφος μετά από ισοπέδωση και αφού πρωτίστως έχει στεγνώσει αρκετά το έδαφος, ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί η κατεργασία του. (NDSU, 2025)

Η τεχνική της κατεργασίας που θα εφαρμοστεί στο έδαφος μετά από πλημμυρικά φαινόμενα είναι σημαντικό να αποφευχθεί το βαθύ όργωμα. Είναι γνωστό πως το βαθύ όργωμα μειώνει την οργανική ουσία του εδάφους η οποία αποτελεί βασικό συστατικό για τη γονιμότητα του. Αυτό συμβαίνει διότι κατά το όργωμα γίνεται αναμόχλευση και αερισμός του εδάφους, που σε συνδυασμό με την σχετικά υψηλή υγρασία ενισχύουν τη δράση μικροοργανισμών που αποδομούν την οργανική ουσία. Επακόλουθο της μειωμένης οργανικής ουσίας αποτελεί η μείωση της βιοποικιλότητας, καθώς περιορίζονται οι μικροοργανισμοί και τα ζώα του εδάφους, όπως σκουλήκια, ο

πληθυσμός των οποίων αποτελεί δείκτη καλής γονιμότητας του εδάφους. Μια ακόμη δυσμενή συνέπεια που προκαλεί το βαθύ όργωμα είναι η ενίσχυση της διάβρωσης. (Γέμτος, 2015) Επίσης, είναι σημαντικό να αποφεύγεται η κυκλοφορία αγροτικού εξοπλισμού σε πλημμυρισμένα εδάφη, μέχρι να θρυμματιστούν τα πρώτα 12-15 cm του εδάφους αφού έχει στεγνώσει, προκειμένου να αποφευχθεί η έντονη συμπίεση του. (NDSU, 2025)

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Τραυλός, Η. (2019) Βιομηχανικά Φυτά, Γεωργία-Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας (Μπιλάλης, Δ. Παπαστυλιανού, Π.Θ. and Τραυλός, Η.) Εκδόσεις Πεδίο. Αθήνα. 453-515.

Φουντάς, Σ. & Γέμτος, Θ. (2015). Γεωργία Ακριβείας. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

Ξενόγλωσση

Agus, C. Dohong, A. Wulandari, D.Y. Nugraheni, M. Sugiyanto, C. Primananda, E. and Mutiara, Z.Z. (2023). Chapter 10 - The healing and bioeconomic prospect of tropical ecosystems due to the Covid-19 pandemic. Agricultural Bioeconomy Keswani, C. et al. (ed.). Academic Press. Pages 183-204.

Blewitt, G. (2007) 3.11 - GPS and Space-Based Geodetic Methods. Treatise on Geophysics. Volume 3. Pages 351-390.

Brase, T.A. (2009). Precision Agriculture. CENGAGE Learning. Stamford.

Burbank, D. W. (1983). Multiple episodes of catastrophic flooding in the Peshawar Basin during the past 700,000 years. Geol. Bull. Univ. Peshawar. Volume 16. Pages 43-49.

Corwin, D.L. Lesch, S.M. Oster, J.D. and Kaffka, S.R. (2006). Monitoring management-induced spatio-temporal changes in soil quality through soil sampling directed by apparent electrical conductivity. Geoderma. Volume 131. Pages 369-387

- Emanoel Di Tarso dos Santos Sousa, Daniel Marçal de Queiroz, Andre Luiz de Freitas Coelho and Domingos Sárvio Magalhães Valente. (2021). Development of signal analysis algorithm for apparent soil electrical conductivity sensor. *Biosystems Engineering*. Volume 211. Pages 183-191
- Englhardt, J. Biemans, H. Winsemius, H. and Ward, P.J. (2019). Flood Impacts on Agricultural Production - A Global Analysis. *Geophysical Research Abstracts*. Volume 21.
- Engonopoulos, V. Kouneli, V. Mavroeidis, A. Karydogianni, S. Beslemes, D. Kakabouki, I. Papastylianou. P. and Bilalis, D. (2021). Cotton versus climate change: the case of Greek cotton production. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. Volume 49.
- Gavioli, A. Souza, E.G. Bazzi, C.L. Schenatto, K. and Betzek, N.M. (2019). Identification of management zones in precision agriculture: An evaluation of alternative cluster analysis methods. *Biosystems Engineering*. Volume 181. Pages 86-102.
- Gumber, R.K. Gill, M.S. Rathore, P. Pathak, D. Gill, J.S. Singh, P. Singh, K. Singh, S. Pandher, S. Kour, A. and Sarlach, R.S. (2014). History and status of cotton. *Cotton Research*. Cotton Section, Department of Plant Breeding, Genetics and Biotechnology, Punjab Agricultural University. 1-10.
- Haldar, S.K. (2013). Chapter 6 - Photogeology, Remote Sensing and Geographic Information System in Mineral Exploration. *Mineral Exploration*. Elsevier. Pages 95-115
- Harman-Denhoed, R. McDougall-Vick, G. Von Sperber, C. and Kallenbach, C. (2021). Impacts of Seasonal Flooding on Soil Nutrients and Carbon Across a Land-use Disturbance Gradient. *AGU Fall Meeting*. New Orleans. 13-17 December 2021.
- Kaur, G. Singh, G. Motavalli, P.P. Nelson, K.A. Orlowski, J.M. and Golden, B.R. (2019). Impacts and management strategies for crop production in waterlogged or flooded soils: A review. *Agronomy Journal*. Volume 112. Pages 1475-1501.
- Kozłowski, T. T. and Pallardy, S. G. (1997). 5 - Environmental Regulation of Vegetative Growth. *Growth Controls in Woody Plants*. Academic Press. Pages 195-322

- Kultayeva, S. Ha, J. Malik, R. Kim, Y. and Kim, K. (2020). Effects of porosity on electrical and thermal conductivities of porous SiC ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*. Volume 40. Pages 996-1004
- Kumar, A. Kumar, S. Lal, P. Saikia, P. Srivastava, P.K. and Petropoulos, G.P. (2021) Chapter 1 - Introduction to GPS/GNSS technology. *GPS and GNSS Technology in Geosciences* Petropoulos G.P. and Srivastava P.K. Elsevier. Pages 3-20
- Lee, J. (2009). Global Positioning/GPS. *International Encyclopedia of Human Geography* Kitchin, R. and Thrift, N. Elsevier Science. Pages 548-555
- Longley, P. A. Goodchild, M.F. Maguire, D.J. and Rhind, D.W. (2015). *Geographical Information Science and Systems*, Fourth Edition. John Wiley & Sons Inc.
- Mulla, D.J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*. Volume 114. Pages 358-371
- Oosterhuis, D.M. and Jernstedt, J. (1999). Morphology and Anatomy of the Cotton Plant. *Cotton: Origin, History, Technology and Production* Smith W.C. (ed.) John Wiley & Sons, Inc. 175-206.
- Robertson, W.C. and Roberts, B.A. (2010). Integrated Crop Management for Cotton Production in the 21st Century. *Cotton: Technology for the 21st Century* Wakelyn, P.J. and M.R. Chaundry (ed.) International Cotton Advisory Committee.
- Sharma, A. Deepa, R. Sankar, S. Pryor, M. Stewart, B. Johnson, E. and Anandhi, A. (2021). Use of growing degree indicator for developing adaptive responses: A case study of cotton in Florida. *Ecological Indicators*. Volume 124.
- Si, H. and Aung, Z.M. (2011). Position Data Acquisition from NMEA Protocol of Global Positioning System. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*. Volume 3. Pages 353-357.
- Sili, N. Apostu, I.M. and Faur, F. (2020). Floods and their effects on agricultural productivity. *Research Journal of Agricultural Science*. Volume 52. Pages 113-122.
- Snider, J. Bange, M. and Heitholt, J. (2021). Chapter 22 - Cotton. *Crop Physiology Case Histories for Major Crops*. Sadras V.O. and Calderini D.F. (ed.) Academic Press. 714-746.

Sudduth, K.A. Kitchen, N.R. Wiebold, W.J. Batchelor, W.D. Bollero, G.A. Bullock, D.G. Clay, D.E. Palm, H.L. Pierce, F.J. Schuler, R.T. and Thelen, K.d. (2005).

Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 46. Pages 263-283

Vallentin, C. Dobers, E. S. Itzerott, S. Kleinschmit, B. and Spengler, D. (2019).

Delineation of management zones with spatial data fusion and belief theory. Precision Agriculture. Volume 21. Pages 802-830

Ιστοσελίδες

Γέμτος, Φ. (2015). Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ, Επιθυμητά και ανεπιθύμητα αποτελέσματα στο όργωμα.

<https://www.eleftheria.gr/%CE%B1%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC/item/95259.html>

Γέμτος, Θ. (2016). Τι είναι η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα και πως μετρείται.

https://www.ypethe.gr/sites/default/files/archivefiles/2016_07_11_gemtos_fainomeniki_elektriki_agogimotita_kai_pos_metrietai.pdf

Γέμτος, Θ. (2020). Καλλιέργειες φυτοκάλυψης: Τι είναι, πώς ωφελούν το έδαφος και συμβάλλουν στην υγεία του.

<https://www.eleftheria.gr/%CE%B1%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC/item/254873.html>

Τσαντήλας, Χ. (2019). Οι αόρατες επιπτώσεις των πλημμυρών στην ποιότητα και παραγωγικότητα των εδαφών. <https://enainstitute.org/%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CF%8C%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%80%CF%84%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%80%CE%BB%CE%B7%CE%BC%CE%BC%CF%85%CF%81%CF%8E%CE%BD-%CF%83/>

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. (2023). ΒΑΣΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ.

https://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/BAMBAKI/Georgikes_Proeidop/bambaki_georgikes_proid2023/basikes_odhgies_bambaki_serres_160623.pdf

Χρήστου, Σ. (2023). Κακοκαιρία Daniel: Γιατί είναι η πιο καταστροφική που έχουμε βιώσει. <https://www.kathimerini.gr/life/environment/562603828/kakokairia-daniel-giati-einai-i-pio-katastrofiki-poy-echoyme-viosei/>

Al-Kaisi, M. (2020). Management Considerations for Post Flooding Soils. <https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2019/03/management-considerations-post-flooding-soils>

Clark, J. (2020). Managing Soil and Soil Fertility After Flooding. <https://extension.sdstate.edu/managing-soil-and-soil-fertility-after-flooding>

Constable, G.A. and Shaw A.J. (1988). Temperature requirements for cotton. https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/710796/Agfact-P5.3.5-Temperature-requirements-for-cotton.pdf

Davis, G. Casady, W. Massey, R. Precision Agriculture: An Introduction. <https://extension.missouri.edu/media/wysiwyg/Extensiondata/Pub/pdf/envqual/wq0450.pdf>

Doocy, S. Daniels, A. Murray, S. and Kirsch, T. D. (2013). The human impact of floods: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3644291/>

European Commission, EIP-AGRI. (2023). Precision farming. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/digitising-agriculture/developing-digital-technologies/precision-farming-0.html>

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2025). Cotton. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/cotton/en/>

Fondriest Environmental (2014). Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids. <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>

Gemtos, T.A. Markinos, A. Toullos, L. Pateras, D. and Zerva, G. (2003). A Precision Farming Application in the Small Cotton Farms of Greece. <https://www.researchgate.net/profile/T->

[Gemtos/publication/228516510_A_Precision_Farming_Application_in_the_Small_Cotton_Farms_of_Greece/links/0fcfd507d7caa7c333000000/A-Precision-Farming-Application-in-the-Small-Cotton-Farms-of-Greece.pdf](https://gemtos/publication/228516510_A_Precision_Farming_Application_in_the_Small_Cotton_Farms_of_Greece/links/0fcfd507d7caa7c333000000/A-Precision-Farming-Application-in-the-Small-Cotton-Farms-of-Greece.pdf)

Hartmann, K. Krois, J. Rudolph, A. (2023). Statistics and Geodata Analysis using R (SOGA-R). <https://www.geo.fu-berlin.de/en/v/soga-r/Advances-statistics/Geostatistics/Inverse-Distance-Weighting-IDW/index.html>

Hawkins, E. Fulton, J. and Port, K. (2017). Using Soil Electrical Conductivity (EC) to Delineate Field Variation. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-565>

Hellenic cotton association. (2025). Η ιστορία του βαμβακιού. <https://hca.org.gr/%CE%B7-%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B2%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CE%B1%CE%BA%CE%B9%CE%BF%CF%8D/>

International Society of Precision Agriculture – ISPA. (2019). Precision Agriculture definitions. <https://www.grap.udl.cat/en/presentacio/que-fem/definicions-agricultura-de-precisio/>

Lindwall, C. (2023). IPCC Climate Change Reports: Why They Matter to Everyone on the Planet <https://www.nrdc.org/stories/ipcc-climate-change-reports-why-they-matter-everyone-planet>

National Cotton Council of America. (2025). The Story of Cotton. <https://www.cotton.org/pubs/cottoncounts/story/>

NDSU, North Dakota State University. (2025). Tips for Handling Flooded Soils. <https://www.ndsu.edu/agriculture/ag-hub/ag-topics/crop-production/soil-health/aggregation-erosion/tips-handling-flooded-soils>

Office of the Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government. (2013). The Biology of *Gossypium hirsutum* L. and *Gossypium barbadense* L. https://bangladeshbiosafety.org/wp-content/uploads/2017/06/Biology_of_Cotton_Au-1.pdf

Sabesh, M. (2023). Package of Practices for Cotton Cultivation. <https://cicr.org.in/wp-content/uploads/POP-GJ-JUNA.pdf>

Schneider, D. The Potential Use of the EM38 for Soil Water Measurements. <https://www.une.edu.au/about-une/faculty-of-science-agriculture-business-and-law/school-of-science-and-technology/research/parg/research-areas-and-current-projects/em38#>

Slinger, D. and Tension, K. (2006). How salinity is measured. <https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/soils/more-information/salinity/general-information/measuring>

Soil Science Society of America. (2009). Impact Of Floods On Soils. www.sciencedaily.com/releases/2009/04/090408140204.htm

The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2021). Huang He floods, Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/event/Huang-He-floods>

United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. (2011). Soil Quality Indicators. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Soil%20Electrical%20Conductivity.pdf>

U.S Department of Agriculture. (2025). *Gossypium hirsutum* L. upland cotton. <https://plants.usda.gov/plant-profile/GOHI>

Wilson, J.A Olson, S.L. Callan, J. (2011). Farming after the Flood. <https://www.soils.org/files/science-policy/caucus/briefings/farming-after-flood.pdf>