

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ
«ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗ
ΔΙΑΒΡΩΣΗ»



ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ
ΑΜΑΝΑΤΙΔΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ:
ΛΥΝΑΡΔΟΠΟΥΛΟΣ Χ. *καθηγητής εφαρμογών.*
ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ Φ. *Dr Γεωπόνως*

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΕΛΙΔΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

<u>Εισαγωγή</u>	<u>4</u>
<u>1.1 Μηχανική σύσταση του εδάφους</u>	<u>6</u>
<u>1.2 Δομή εδάφους</u>	<u>10</u>
<u>1.2.1 Φαινομενική πυκνότητα εδάφους</u>	<u>12</u>
<u>1.2.2 Συνεκτικότητα εδαφών</u>	<u>13</u>
<u>1.3 Πορώδες</u>	<u>14</u>
<u>1.4 Υγρασία εδαφών</u>	<u>15</u>
<u>1.4.1 Υδατοϊκανότητα του εδάφους</u>	<u>17</u>
<u>Βιβλιογραφία</u>	<u>19</u>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

<u>Εισαγωγή</u>	<u>21</u>
<u>2.1 Υδατική διάβρωση</u>	<u>22</u>
<u>2.2 Μηχανισμοί υδατικής διάβρωσης</u>	<u>22</u>
<u>2.2.1 Προσβολή του εδάφους στην επιφάνεια</u>	<u>22</u>
<u>2.2.2 Προσβολή του εδάφους σε συγκεκριμένο βάθος</u>	<u>24</u>
<u>2.2.3 Μορφές υδατικής διάβρωσης</u>	<u>25</u>
<u>2.3 Αιολική διάβρωση</u>	<u>26</u>
<u>2.4 Προβλήματα από την αιολική διάβρωση</u>	<u>26</u>
<u>2.5 Διαβρωσιμότητα & τοπογραφία εδάφους</u>	<u>27</u>
<u>2.6 Μέτρα αποτροπής των χειμάρρων</u>	<u>28</u>
<u>2.7 Σκοπός αντιδιαβρωτικών μέτρων</u>	<u>30</u>
<u>Βιβλιογραφία</u>	<u>32</u>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

<u>Εισαγωγή</u>	<u>33</u>
<u>3.1 Μέτρηση της στάθμης του υπόγειου νερού</u>	<u>35</u>
<u>3.2 Περιγραφή των σπουδαιότερων στοιχείων των δικτύων</u>	<u>37</u>
<u>3.2.1 Αναχώματα</u>	<u>37</u>
<u>3.2.2 Τάφροι</u>	<u>38</u>
<u>3.2.2.1 Στράγγιση σε σειρά παράλληλων ταφρών</u>	<u>38</u>

3.2.2.2 Τάφροι με πυθμένα πάνω από αδιαπέρατο υπόστρωμα	39
3.2.3 Δράινα	40
3.2.3.1 Σύγκριση ταφρών με σωληνωτά δράινα	41
3.2.4 Αντλιοστάσιο	42
3.3 Σχήματα στραγγιστικών δικτύων	42
3.3.1 Γενικό σχήμα στραγγιστικών δικτύων	43
3.3.2 Τυπικό σχήμα στραγγιστικών δικτύων με τάφρους	43
3.3.3 Τυπικά σχήματα στραγγιστικών δικτύων με υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς	44
3.4 Βάθος και ισαποχή αγωγών στραγγίσεων	45
3.4.1 Βάθος αγωγών στραγγίσεων	46
3.4.2 Ισαποχή των αγωγών στραγγίσεων	48
3.5 Χάραξη ταφρών	49
3.5.1 Περιφερειακή ή περιμετρική τάφρος	49
3.5.2 Τριτεύουσες τάφροι	49
3.5.3 Δευτερεύουσες τάφροι	49
3.5.4 Πρωτεύουσες τάφροι	52
3.5.5 Κύριος συλλεκτήριος αγωγός	52
3.5.6 Αγωγός σύνδεσης με φυσικό αποδέκτη	52
3.6 Χάραξη υπόγειων αγωγών	52
3.6.1 Δράινα	52
3.6.2 Συλλεκτήριοι αγωγοί	53
3.6.3 Στοιχεία ταφρών και δραίνων	53
3.6.4 Κλίσεις ταφρών & δραίνων & οριακές ταχύτητες νερού	54
3.6.5 Κλίσεις & σχήματα ταφρών	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
4.1 Δειγματοληψία	58
4.2 Υλικά και μέθοδοι εργασίας	58
4.2.1 Εργαστηριακές αναλύσεις	58
4.2.2 Αποτελέσματα μελέτης	64
Βασικά όργανα ανάλυσης	66
Βιβλιογραφία	69

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη της γεωργίας που μπορεί να σταθεί στις ανταγωνιστικές συνθήκες που διαμορφώνονται στο σημερινό κόσμο αποτελούν οι έγγειες βελτιώσεις. Ο τομέας των εγγείων βελτιώσεων αποτελεί τη συνισταμένη πλήθους επιμέρους επιστημών όπως η *υδραυλική, οι αρδεύσεις, οι στραγγίσεις και η υδρολογία.*

Με τον όρο «αρδευτικό δίκτυο» εννοούμε το σύνολο των εργασιών εφαρμογής και ρύθμισης της ροής που πρέπει να κατασκευαστούν έτσι ώστε το νερό, ξεκινώντας από την πηγή του, να φτάνει σε κάθε χωράφι της αρδευόμενης περιοχής με την απαιτούμενη παροχή και στο χρόνο που χρειάζεται.

Παράλληλα με το αρδευτικό δίκτυο πρέπει να κατασκευαστεί και το στραγγιστικό δίκτυο της περιοχής. Ένα τέτοιο δίκτυο πρέπει να εξυπηρετεί τους παρακάτω σκοπούς:

- Να απομακρύνει από τα χωράφια το νερό που κατά περιόδους μπορεί να λιμνάζει στην επιφάνειά τους.
- Να απομακρύνει το νερό που πλεονάζει στο εσωτερικό του εδάφους.
- Να απομακρύνει το νερό που προέρχεται από υπερχειλίση ή εκκένωση των αρδευτικών διωρύγων.

Ο κορεσμός του εδάφους μπορεί να οδηγήσει στην ελάττωση της ανάπτυξης των φυτών. Οι ρίζες, όπως είναι γνωστό, προμηθεύονται από τους πόρους του εδάφους το οξυγόνο και στην κατάσταση κορεσμού το πλεονάζον νερό πληρώνει όλους τους πόρους και ακολουθεί η ασφυξία των ριζών. Στα υδρόπνηκτα εδάφη οι αέριες εναλλαγές με την ατμόσφαιρα περιορίζονται μόνο σε λίγα εκατοστά κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατή και η ανάπτυξη ορισμένων τοξικών αλάτων που μαζί με άλλα οργανικά προϊόντα επιβραδύνουν την ανάπτυξη των φυτών.

Στην περίπτωση χωρών με θερμά κλίματα η διαδικασία της εξατμίσεως οδηγεί στην εφιαλάτωση των εδαφών κοντά στην επιφάνεια. Τα άλατα αυτά μπορούν να αποφευχθούν μόνο όταν έχουμε βαθειά φρεατική στάθμη που

επιτρέπει το ξέπλυμα τους και αποτρέπει τη μεταγενέστερη εφιαλτική λόγω τριχοειδούς ανυψώσεως του υπόγειου νερού.

Μια συστηματική άρδευση εδαφών χωρίς κατάλληλη στράγγιση μπορεί να οδηγήσει σε καταστρεπτικά αποτελέσματα.

Για τον σκοπό της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε αφενός διέρευνια της βιβλιογραφίας και συλλογή πληροφοριών για τις εδαφικές παραμέτρους και τις συνθήκες που εντείνουν το φαινόμενο της διάβρωσης καθώς και τα στραγγιστικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται και αφετέρου πραγματοποιήθηκε σύγκριση στραγγιζόμενων και μη στραγγιζόμενων εδαφών στην περιοχή των Σερρών.

Συγκεκριμένα στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη μηχανική σύσταση των εδαφών και στη δομή τους για να μπορέσουμε να αποκτήσουμε μια γενική εικόνα για τους διαχωρισμούς των εδαφών και πως αυτά αντιδρούν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο φαινόμενο της διάβρωσης, κάτι που στις μέρες μας είναι αρκετά έντονο, σχεδόν σε όλο το χώρο γύρο από τη μεσόγειο. Γίνεται μια προσπάθεια να καταγραφούν τα είδη της διάβρωσης και αναφέρονται και διάφορα αντιδιαβρωτικά μετρά μεταξύ των οποίων και οι στραγγίσεις εδαφών που γίνεται μεγαλύτερη ανάπτυξη τους στο τρίτο κεφάλαιο.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται η μελέτη που έγινε ανάμεσα σε εδάφη καλά στραγγιζόμενα και μη στραγγιζόμενα και παραθέτοντε τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα αυτής.

- Χρήστος Δ.Τζιμόπουλος(*στραγγίσεις-υδραυλική φρεάτων*)
- Ζαφείρης Γ. Παπαζαφειρίου (*αρχές και πρακτική των αρδεύσεων*)
- Γ. Α. Τερζίδη- Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου (*γεωργική υδραυλική*)

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ

Εισαγωγή

Η επιφάνεια της γης καλύπτεται από τρία ανόργανα υλικά:

- i. Το νερό
- ii. Τα πετρώματα
- iii. Το έδαφος

Το έδαφος είναι αποτέλεσμα της αποσάθρωσης των πετρωμάτων, η οποία περιλαμβάνει τη φυσική αποσάθρωση και τη χημική αποσάθρωση.

Υπάρχουν βέβαια και άλλες χημικές διεργασίες, που όλες μαζί παράγουν υλικά τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους και όλα μαζί καλούνται έδαφος. Μεγαλύτερης σημασίας είναι οι διεργασίες εκείνες που σχετίζονται με τα φυτά, τα ζώα και τους μικροοργανισμούς. Το έδαφος φιλοξενεί φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς.

Το έδαφος είναι το κύριο συστατικό του φυσικού συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει τη λιθόσφαιρα, τη ατμόσφαιρα και τη βιόσφαιρα. Οι ιδιότητες του εδάφους είναι αποτέλεσμα των φυσικών αλληλεπιδράσεων σ' αυτό το σύστημα.

Το έδαφος είναι απαραίτητο για πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες, όπου ο άνθρωπος έχει την δυνατότητα να το αξιοποιήσει κατάλληλα μόνο όταν γνωρίζει πως δημιουργήθηκε και με ποιον τρόπο μπορούν να επηρεαστούν οι ιδιότητές του από τις μεταβολές που συμβαίνουν στο φυσικό σύστημα(Μήτσιος 1999).

Ο όρος έδαφος έχει διαφορετικές έννοιες ανάλογα με το τι πραγματεύεται αυτός που το χρησιμοποιεί.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει ο Πολυζογόπουλος (1976), έδαφος είναι το από χαλαρά ανώτερο στρώμα του φλοιού της γης, το οποίο προήλθε από την αποσάθρωση πετρωμάτων και την περαιτέρω διαφοροποίηση του χαλαρού υλικού που προέκυψε από αυτή. Την αποσάθρωση και διαφοροποίηση προκάλεσαν μακροχρόνιες ατμοσφαιρικές και βιολογικές επιδράσεις, η σπουδαιότητα των οποίων επηρεάζεται σημαντικά από το τοπογραφικό ανάγλυφο και τη φύση του μητρικού πετρώματος.

Ο Τσαπικούνης ορίζει ως έδαφος ορίζεται το μέσο στήριξης και θρέψης όλων των φυτών. Οι ιδιότητες ενός εδάφους καθορίζονται τόσο από τη γενετική του ιστορία, όσο και από τον τρόπο που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο. Επίσης είναι και η πηγή των πρώτων υλών. Εύκολα, διαπιστώνεται η σημασία του στην ύπαρξη της ζωής γενικά και του ανθρώπινου είδους ειδικότερα, στη δημιουργία και εξέλιξη του πολιτισμού, στη δημιουργία και διατήρηση του θαύματος που λέγεται οικοσύστημα γη.

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση.

Με τη γεωργική του έννοια, το έδαφος, μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνθετο σύστημα που ταυτόχρονα είναι μία αποθήκη θρεπτικών στοιχείων, ένα περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται και δρα πλήθος μικροοργανισμών, ένα μέσο στερεώσεως των φυτών, ένα μέσο διακίνησης του

νερού προς όλες τις κατευθύνσεις και μία αποθήκη νερού από την οποία τα φυτά αντλούν την απαραίτητη για την ανάπτυξή τους υγρασία (Γ. Παπαζαφειρίου 1998).

1.1 Μηχανική σύσταση του εδάφους

Ο σημαντικός ρόλος της κοκκομετρικής σύστασης γίνεται αντιληπτός αν ληφθεί υπόψη ότι από αυτήν επηρεάζεται πλήθος φυσικών παραμέτρων που ελέγχουν την παραγωγικότητα και τη θρεπτική τροφοδοσία του εδάφους, με σημαντικότερες από αυτές :

- τη θερμοκρασία
- δομή
- τη το πορώδες
- τις σταθερές εδαφικής υγρασίας
- την περιεκτικότητα οργανικής ύλης
- τη ρυθμιστική ιδιότητα του εδάφους
- την ευκολία στην κατεργασία του εδάφους
- τη στράγγιση του εδάφους.

Επίσης, το μέγεθος των μηχανικών κλασμάτων του εδάφους επιδρά στις χημικές ιδιότητες του εδάφους, εξαιτίας των ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τις επιφάνειες των μικρών σωματιδίων.

Η υφή, ή κοκκομετρική σύσταση, ή μηχανική σύσταση του εδάφους αναφέρεται στην ποσοστιαία κατανομή μεγεθών των στοιχειωδών τεμαχιδίων. Τα κυριότερα κλάσματα είναι:

- η άμμος
- η ιλύς
- η άργιλος.

Στον πίνακα 1.1 διακρίνονται τα τρία κλάσματα βάση του Αμερικάνικου συστήματος κατάταξης των μηχανικών κλασμάτων.

Πίνακας 1.1

Ταξινόμηση των εδαφικών σωματιδίων κατά το Αμερικάνικο σύστημα κατάταξης (USDA) πηγή Handbook (1951)

Χαρακτηρισμός σωματιδίων	Διάμετρος κόκκων σε mm	Αριθμός κόκκων ανά gr	Επιφάνεια κόκκων σε cm ² /gr
Άμμος	2,00-0,005		
Πολύ χονδρή άμμος	2,00-1,00	90	11
Χονδρή άμμος	1,00-0,50	720	23
Ένδιάμεση άμμος	0,50-0,25	5700	45

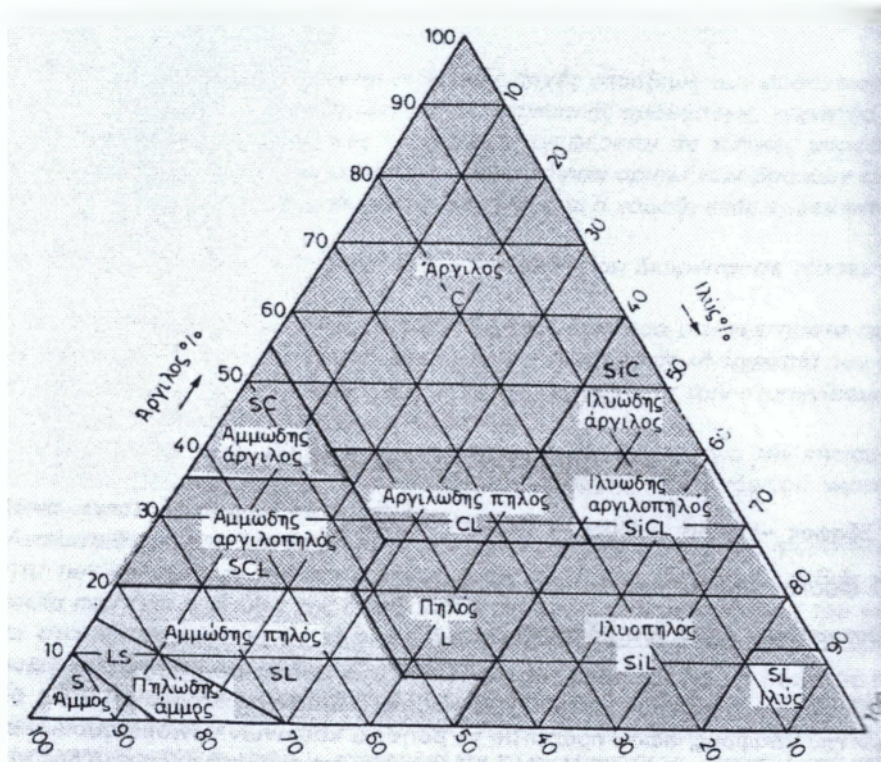
Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση.

Λεπτή άμμος	0,25-0,10	46000	91
Πολύ λεπτή άμμος	0,10-0,05	722000	227
Ιλύς	0,05-0,002	5776000	454
Άργιλος	<0,002	90261000	8000000

Με βάση την εκατοστιαία Μ. Σ. διακρίνονται 12 κλάσεις εδαφών, οι οποίες καταλαμβάνουν ορισμένη θέση και χώρο σε ένα ισοσκελές τρίγωνο, που ονομάζεται *τρίγωνο μηχανικής σύστασης των εδαφών (σχήμα 1.1, πίνακας 1.1)*. Οι κλάσεις αυτές εντάσσονται σε τρεις γενικές ομάδες μηχανικής σύστασης:

- **αμμώδη εδάφη (Sandy/Sanday loam)**: περιέχουν τουλάχιστον 70% άμμο και 15% άργιλο. Οι ιδιότητές τους ελέγχονται από την άμμο, η οποία αποτελεί το πλέον χημικά αδρανές κλάσμα. Τα εδάφη αυτά είναι εύκολα στην κατεργασία τους, πολύ χαλαρά, ως προς τη δομή τους, εμφανίζουν απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία και την υγρασία τους, έχουν συνήθως μικρή περιεκτικότητα οργανικής ύλης και χαμηλή γονιμότητα. Επίσης επιτρέπουν την εύκολη διείσδυση και διακίνηση του νερού και του αέρα και έχουν εύκολη στράγγιση του πλεονάζοντος νερού. Η γεωργική τους αξία είναι μέτρια, αλλά με ειδική καλλιεργητική και αρδευτική τεχνική μπορούν να γίνουν πολύ παραγωγικά.
- **Αργιλώδη εδάφη (Clay/Clay loam/Sity loam/Sandy clay)** : περιέχουν 40% άργιλο, της οποίας οι ιδιότητες υπερισχύουν, ακόμα και αν ένα από τα υπόλοιπα δύο κλάσματα, άμμου ή ιλύος, περιέχεται σε μεγαλύτερο ποσοστό. Τα αργιλώδη εδάφη είναι τα πιο ενεργά από χημικής πλευράς, παρουσιάζουν όμως μεγάλα μειονεκτήματα, γιατί είναι δύσκολα τόσο στην κατεργασία όσο και στις υδατικές σχέσεις. Επίσης, τα αργιλώδη εδάφη παρουσιάζουν δυσκολία όταν είναι υγρά και μπορούν να ορθωθούν μόνο όταν το ποσοστό της εδαφικής υγρασίας βρίσκεται σε πολύ στενό εύρος. Τέλος, θερμαίνονται πολύ αργά την άνοιξη, επομένως καθυστερεί η σπορά. Τα πλεονεκτήματα των εδαφών αυτών είναι η καλή συγκράτηση των θρεπτικών στοιχείων και η συγκράτηση του νερού και ο καλός εφοδιασμός των φυτών. Η γεωργική τους αξία μειώνεται όταν το ποσοστό της αργίλου υπερβεί το 50-55%.
- **Μέσης σύστασης εδάφη (Loam sand/Sandy loam/Loam/Sandy clay loam/Silt/silt clay loam)** : η μεγάλη αυτή ενδιάμεση κατηγορία περιλαμβάνει τις περισσότερες κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης και χαρακτηρίζεται από την πιο ισορροπημένη σχέση των τριών κλασμάτων, άμμου, ιλύος και αργίλου. Τα εδάφη

αυτά έχουν, καλή στραγγίση του πλεονάζοντος νερού, καλή συγκράτηση του νερού (για χρήση των φυτών), είναι εύκολα στην κατεργασία και τέλος έχουν καλό εφοδιασμό των φυτών με θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Από γεωργικής άποψης είναι η πιο ενδιαφέρουσα ομάδα.



Σχήμα 1.1

Κατάταξη εδαφών σε τύπους υφής ανάλογα με την ποσοστιαία αναλογία σε άμμο, ιλύ και άργιλο, σύμφωνα με το Αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης (USDA). Πηγή Π. Καρακατσούλης (1984) (αρχές και πρακτική των αρδεύσεων, Ζ. Παπαζαφειριου-Εδαφολογία, Ι. Κ. Μήτσιος)

Πίνακας 1.2

Παραδείγματα μέσης αναλογίας της μηχανικής σύστασης και χαρακτηρισμός της υφής των εδαφών με βάση το τρίγωνο μηχανικής σύστασης των εδαφών. πηγή: Μ. Θεοδώρου- Χ. Πασχαλίδης (1999)

Συμβολισμός	Άργιλος C%	Ιλύς Si%	Άμμος S%	Υφή εδάφους	Χαρακτηρισμός εδάφους
S-άμμος	5	5	90	Πολύ ελαφρά	αμμώδες
LS-πηλώδης άμμος	5	10	85	Ελαφρά	αμμώδες
SL-αμμώδης πηλός	10	25	65	Μέση	πηλώδες
L-πηλός	20	40	40	μέση	πηλώδες
SiL-ιλυώδης πηλός	15	65	20	μέση	πηλώδες
SCL- αμμώδης αργιλοπηλός	25	15	60	Μέση βαριά- βαριά	αργιλοπηλώδες
SiCL- ιλυώδης αργιλοπηλός	35	55	10	Μέση βαριά- βαριά	αργιλοπηλώδες
CL- αργιλοπηλός	35	35	30	Μέση βαριά- βαριά	αργιλοπηλώδες
Si-ιλύς	5	87	8	Μεταβατική συμπεριφορά	
SC-αμμώδης άργιλος	40	10	50	Βαριά	αργιλώδες
SiC-ιλυώδης άργιλος	45	45	10	Βαριά-πολύ βαριά	αργιλώδες
C-άργιλος	45	25	30	Βαριά	αργιλώδες
C-άργιλος	50	20	30	Βαριά-πολύ βαριά	αργιλώδες
C-άργιλος	55	25	20	Πολύ βαριά	αργιλώδες
C-άργιλος	60	15	25	Πολύ-	αργιλώδες

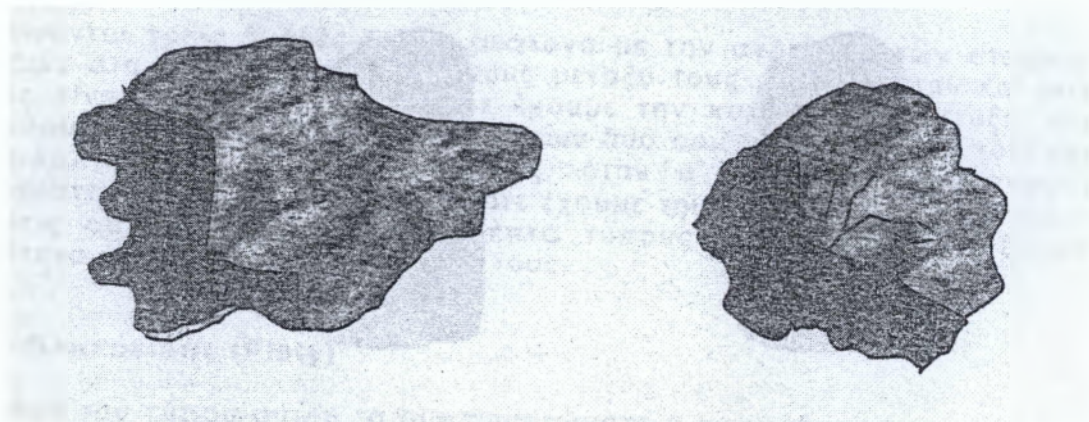
				υπερβολικά βαριά	
C-άργιλος	>70			Υπερβολικά βαριά	Άργιλος

1.2 Δομή εδάφους

Δομή του εδάφους ονομάζεται η διάταξη συσσωμάτωσης των στοιχειωδών τεμαχιδίων του εδάφους. Η δομή αποτελεί βασικό συντελεστή παραγωγικότητας των εδαφών. Στην έννοια της δομής περιλαμβάνονται το σχήμα, το μέγεθος, η αντοχή των συσσωματωμάτων, ο τρόπος σύνδεσης μεταξύ τους, καθώς και η κατανομή μεγεθών και ο βαθμός συνέχειας των εδαφικών πόρων, τόσο στο εσωτερικό όσο και μεταξύ των δομικών μονάδων. Επίσης ο αερισμός, οι σταθερές εδαφικής υγρασίας, το πορώδες και το φαινόμενο ειδικό βάρος σχετίζονται στενά με την δομή του εδάφους.

Η δομή του εδάφους μπορεί να ταξινομηθεί επιμέρους σε:

- τύπους, ανάλογα με τη μορφολογία των δομικών μονάδων διακρίνονται τέσσερις τύποι δομής:
 - i. **πλακοειδής**: τα συσσωματώματα ή οι ομάδες κόκκων αποτελούν λεπτές πλάκες μερικές φορές φακοειδής ή και φύλλα. Βρίσκεται συχνά στη επιφάνεια των εδαφών.
 - ii. **Πρισμοειδής**: τα συσσωματώματα είναι κατακόρυφες στήλες, πρισματοειδείς με επίπεδη και σαφή κορυφή. Παρατηρούνται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατανομής.
 - iii. **Κυβοειδής**: τα συσσωματώματα είναι περίπου κυβοειδή, αλλά μη κανονικά με διαστάσεις από 1cm ή μικρότερες μέχρι 2cm (εικόνα 1.1). Η ανάπτυξη αυτής της δομής επηρεάζει πολύ τη στράγγιση, τον αερισμό και την αύξηση του ριζικού συστήματος.
 - iv. **Σφαιροειδής**: τα συσσωματώματα έχουν σφαιροειδές σχήμα και διάμετρο μικρότερη από 1,2cm. Είναι χαρακτηριστικός τύπος επιφανειακών οριζόντων πολλών εδαφών και ιδιαίτερα εκείνων που περιέχουν πολύ οργανική ουσία.



εικόνα 1.1 κυβοειδής δομή εδάφους πηγή Ι. Κ. Μήτσιος (1999)

- κλάσεις, διακρίνονται πέντε κλάσεις, ανάλογα με το μέγεθος των συσσωματωμάτων.
- Βαθμούς, εκφράζουν τη συνοχή μεταξύ των δομικών μονάδων και τη σταθερότητά τους. Διακρίνονται τέσσερις τύποι δομής:
 - i. Απουσία δομής
 - ii. Ασθενή
 - iii. Ενδιάμεση
 - iv. Ισχυρή.

Για τα εδάφη με γεωργική σημασία προτιμάται ο σφαιροειδής-κοκκώδης τύπος με σταθερά συσσωματώματα.

Πολύ μεγάλη πρακτική σημασία στη γεωργική πράξη παρουσιάζει και η σταθερότητα των δομικών μονάδων, δηλαδή η αντοχή τους στους διάφορους συντελεστές μηχανικής διάβρωσης.

Συσσωματώματα που είναι σταθερά τόσο στη διαβροχή όσο και στις κρούσεις των σταγόνων της βροχής επιτρέπουν την άμεση διήθηση του νερού στο εσωτερικό του εδάφους.

Η διαβρωσιμότητα των εδαφών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων είναι η δράση των βρόχινων υδάτων, καθώς και το μέγεθος των συσσωματωμάτων.

Η διάβρωση που προέρχεται από τη δράση των βρόχινων υδάτων χαρακτηρίζεται από δυο διεργασίες:

- i. Τη διασπορά των συσσωματωμάτων του εδάφους με αποτέλεσμα το σχηματισμό λεπτών κόκκων ή λεπτών εδαφικών σωματιδίων,

- ii. Την απομάκρυνση των λεπτών κόκκων ή των εδαφικών σωματιδίων από τους καλλιεργητικούς βόλους του εδάφους. Η διάσπαση των εδαφικών τεμαχιδίων οφείλεται στη δύναμη πρόσκρουσης των σταγόνων της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους και στη μεγάλη κινητική τους ενέργεια.

Οι σταγόνες της βροχής διαβρέχουν τα καλλιεργητικά εδαφικά τεμαχίδια, όπου ανάλογα με το μέγεθος της δύναμης πρόσκρουσης προκαλείται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, ψιλοχωμάτισμα των εδαφικών τεμαχιδίων με αποτέλεσμα τη διάβρωση του υδατοκορεσμένου εδάφους. Τα αποτελέσματα της διάβρωσης του υδατοκορεσμένου εδάφους είναι

- i. Τα εδαφικά σωματίδια που περιέχουν χούμο διασπείρονται στο νερό και απομακρύνονται με τα νερά της εδαφικής απορροής
- ii. Οι χονδρότεροι κόκκοι άμμου δεν μεταφέρονται με τα νερά απορροής, με αποτέλεσμα η μηχανική σύσταση του εδάφους να γίνεται χονδροαμμώδης.
- iii. Τα λεπτά εδαφικά σωματίδια που βρίσκονται σε διασπορά στο νερό φράσσουν τους μεγαλύτερους πόρους του επιφανειακού στρώματος του εδάφους, όπου σε συνδυασμό με τη διάσπαση και επιπεδοποίηση των καλλιεργητικών τεμαχιδίων του εδάφους δημιουργούν ένα συμπαγές στρώμα. Σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις το στρώμα αυτό μπορεί να φανεί ωφέλιμο για το έδαφος, γιατί μπορεί να το προφυλάξει από την καταστροφική επίδραση των δυνάμεων πρόσκρουσης των σταγόνων της βροχής.

Τα αμμώδη εδάφη υστερούν στη δομή, εξαιτίας της μικρής περιεκτικότητάς τους σε κολλοειδή αργίλο, που αποτελεί το συνδετικό ιστό του εδάφους. Η άργιλος υποβοηθείται στο ρόλο αυτό από την οργανική ύλη, στην οποία οφείλεται ο σφαιροειδής-πορώδης τύπος δομής της.

1.2.1 Φαινομενική πυκνότητα εδάφους (Bulk density)

Φαινομενική πυκνότητα του εδάφους καλείται η μάζα της μονάδας του όγκου ενός εδάφους στη φυσική του κατάσταση συνυπολογιζόμενων και των εδαφικών πόρων. Η φαινομενική πυκνότητα εκφράζεται σε gr/cm^3 .

Η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σχετίζεται με τον όγκο των στέρεων σωματιδίων του εδάφους και με των όγκο των εδαφικών πόρων. Για το λόγο αυτό, εδάφη με μεγάλο ποσοστό εδαφικών πόρων σε σχέση με το ποσοστό των στέρεων σωματιδίων, θα έχουν μικρότερη φαινομενική πυκνότητα από τα εδάφη που είναι περισσότερο συμπαγή και έχουν

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση. μικρότερο όγκο εδαφικών πόρων. Η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους είναι πολύ μικρότερη από τη φαινομενική πυκνότητα των εδαφικών πόρων.

Τα αμμώδη εδάφη δεν σχηματίζουν συσσωματώματα, με αποτέλεσμα να έχουν μικρό ποσοστό πόρων στο σύνολό τους και άρα μεγάλη φαινομενική πυκνότητα.

Τα λεπτόκοκκα εδάφη έχουν κόκκους που σχηματίζουν συσσωματώματα μεταξύ τους. Στα συσσωματώματα αυτά υπάρχουν πολλοί και σχετικά μεγαλύτεροι πόροι, με αποτέλεσμα η φαινομενική πυκνότητα των εδαφών αυτών να είναι μικρότερη.

Στα επιφανειακά αργιλικά, αργιλοπηλώδη και ιλυοπηλώδη εδάφη η φαινομενική πυκνότητα κυμαίνεται μεταξύ 1,0-1,6 g/cm³. Ενώ στα αμμώδη, αμμοπηλώδη και πηλώδη εδάφη η φαινομενική πυκνότητα κυμαίνεται μεταξύ 1,2-1,8g/cm³

Τέλος, τα συμπαγή εδάφη, ανεξάρτητα από τη μηχανική τους σύσταση μπορεί να έχουν φαινομενική πυκνότητα μεγαλύτερη από 2g/cm³.

Η φαινομενική πυκνότητα είναι μεγαλύτερη στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους διότι:

- Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των βαθύτερων στρωμάτων είναι μικρότερη από εκείνη των επιφανειακών στρωμάτων.
- Οι βαθύτεροι εδαφικοί ορίζοντες της εδαφικής κατανομής έχουν μικρότερη συσσωμάτωση και μικρότερο ποσοστό ριζών από τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους.
- Τα βαθύτερα στρώματα συμπιέζονται περισσότερο από τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους.

1.2.2 Συνεκτικότητα εδαφών

Με τον όρο συνεκτικότητα εκφράζεται η αντίσταση ενός εδάφους, σε διάφορες καταστάσεις υγρασίας, στη μηχανική καταπόνηση, και στους καλλιεργητικούς χειρισμούς. Η συνεκτικότητα εκτιμάται σε τρεις καταστάσεις υγρασίας εδάφους:

- **Υγρό έδαφος:** εξετάζεται η πλαστικότητα και η κολλητικότητα του εδάφους
- **Ύψυγρο έδαφος:** κριτήριο συνεκτικότητας σε αυτήν την κατάσταση είναι η αντίσταση των συσσωματωμάτων στη θραύση. Διακρίνονται έξι διαβαθμίσεις:
 - i. Χαλαρό έδαφος
 - ii. Πολύ εύθρυπτο έδαφος
 - iii. Εύθρυπτο έδαφος
 - iv. Σταθερό έδαφος
 - v. Πολύ σταθερό έδαφος
 - vi. Εξαιρετικά σταθερό έδαφος

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση.

➤ **Ξηρό έδαφος:** διακρίνονται πέντε διαβαθμίσεις:

- i. Χαλαρό έδαφος
- ii. Μαλακό έδαφος
- iii. Ελαφρά σκληρό έδαφος
- iv. Σκληρό έδαφος
- v. Εξαιρετικά σκληρό έδαφος.

Η επιθυμητή κατάσταση ενός γεωργικού εδάφους, προκειμένου να δεχθεί μηχανική κατεργασία, είναι λίγο κάτω από το όριο πλαστικότητας, όταν δηλαδή το έδαφος βρίσκεται στο «ρόγο» του. Στην κατάσταση αυτή, τα μέσης σύστασης εδάφη όσο αφορά τη συνεκτικότητας τους, είναι συνήθως εύθρυπτα. (Τσαπικούνης Θρέψη-Λίπανση των φυτών, Ιωάννης . Μησιος-Εδαφολογία 1999)

1.3. Πορώδες (Porosity)

Πορώδες ενός εδάφους καλείται το επί τις εκατό (%) ποσοστό του όγκου του εδάφους, που βρίσκεται σε φυσική κατάσταση και καταλαμβάνεται από πόρους που σχηματίζονται μεταξύ των στερεών συστατικών του εδάφους.

Οι πόροι του εδάφους καταλαμβάνονται από την αέρια και την υγρή φάση. Το πορώδες εξαρτάται από τη διάταξη των εδαφικών συσσωματωμάτων.

Η σχέση που συνδέει το πορώδες, τη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους και την πραγματική πυκνότητα των στερεών σωματιδίων του εδάφους είναι:

$$\text{Πορώδες(\%)} = 100 - \frac{\varphi.π}{π.π} * 100$$

Όπου $\varphi.π =$ φαινομενική πυκνότητα εδάφους

$π.π =$ πραγματική πυκνότητα των στερεών του εδάφους

Για την ανάπτυξη των φυτών έχει πολύ μεγάλη σημασία το μέγεθος των εδαφικών πόρων και η κατανομή διάφορων μεγεθών των εδαφικών πόρων και όχι το σύνολο αυτών. Διακρίνονται τρεις κατηγορίες εδαφικών πόρων:

- i. **Μεγάλοι πόροι:** έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 50 μm. Επιτρέπουν την ευκολότερη κυκλοφορία του αέρα όταν το έδαφος βρίσκεται στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας. Η καλή κυκλοφορία του αέρα καθώς και η καλή στράγγιση του εδαφικού νερού απαιτούν συνεχή διάταξη των πόρων αυτών στην κατακόρυφη κατεύθυνση.
- ii. **Μέσοι πόροι:** έχουν διάμετρο από 50-0,2 μm. Συγκρατούν το νερό και τα θρεπτικά συστατικά που είναι διαλυμένα σ' αυτό και είναι διαθέσιμα στα φυτά.

- iv. **Μικροί πόροι:** έχουν διάμετρο μικρότερη από 0,2 μm. Αποθηκεύουν εφεδρείες νερού και θρεπτικών στοιχείων. Τόσο το νερό όσο και τα θρεπτικά στοιχεία που βρίσκονται στους πόρους αυτούς δεν είναι διαθέσιμα στα φυτά (I. Μήτσιος 1999).

1. 4 Υγρασία εδαφών

Το νερό μέσα στο έδαφος, κάτω από την επίδραση κατάλληλων κλιματολογικών συνθηκών, μπορεί να βρεθεί σε στερεή, υγρή ή αέρια κατάσταση.

Αναλυτικότερα το εδαφικό νερό απαντάται στις παρακάτω κατηγορίες:

Αέριο: είναι ο εδαφικός αέρας, ο οποίος όμως είναι κορεσμένος με υδρατμούς. Όταν η θερμοκρασία του εδαφικού αέρα πέφτει, μέρος των υδρατμών μετατρέπεται στη λεγόμενη «εδαφική δροσιά». Όταν το εδαφικό νερό βρίσκεται σε αυτή τη μορφή δεν μπορεί να κινηθεί και να απορροφηθεί από τα φυτά.

Υγροσκοπικό νερό: είναι το νερό που συγκρατείται με τη μορφή λεπτότατων μεμβρανών γύρω από την επιφάνεια των κόκκων του εδάφους, εξαιτίας των ισχυρών συνεκτικών δυνάμεων. Δεν μπορεί να απορροφηθεί από το ριζικό σύστημα των φυτών, γιατί η απαιτούμενη αρνητική τάση που πρέπει να ασκηθεί από αυτό είναι πολύ μεγάλη.

Προσοροφημένο νερό: βρίσκεται σε κρυσταλλική κατάσταση στους ενδοκρυσταλικούς χώρους της αργίλου. Δεν κινείται και δεν μπορεί να απορροφηθεί από τα φυτά.

Τριχοειδές νερό: χαρακτηρίζεται το νερό που βρίσκεται στους τριχοειδείς πόρους του εδάφους και γύρω από τους κόκκους του εδάφους κάτω από την επίδραση των δυνάμεων της επιφανειακής τάσης και της μοριακής έλξης. Το τμήμα αυτό της εδαφικής υγρασίας είναι η κύρια πηγή τροφοδοσίας των φυτών σε νερό, γιατί διατίθεται εύκολα, και απορροφάται, επίσης, εύκολα από το ριζικό σύστημα των φυτικών ειδών.

Ελεύθερο ή διηθητικό ή νερό βαρύτητας: σε εδάφη με κακή στράγγιση το νερό αυτό όταν παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα, γεμίζει όλους τους πόρους και τους κενούς χώρους του εδάφους και διώχνει τον αέρα. Με αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται η αναπνοή των ριζών και των μικροοργανισμών με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ανεπιθύμητες χημικές αντιδράσεις.

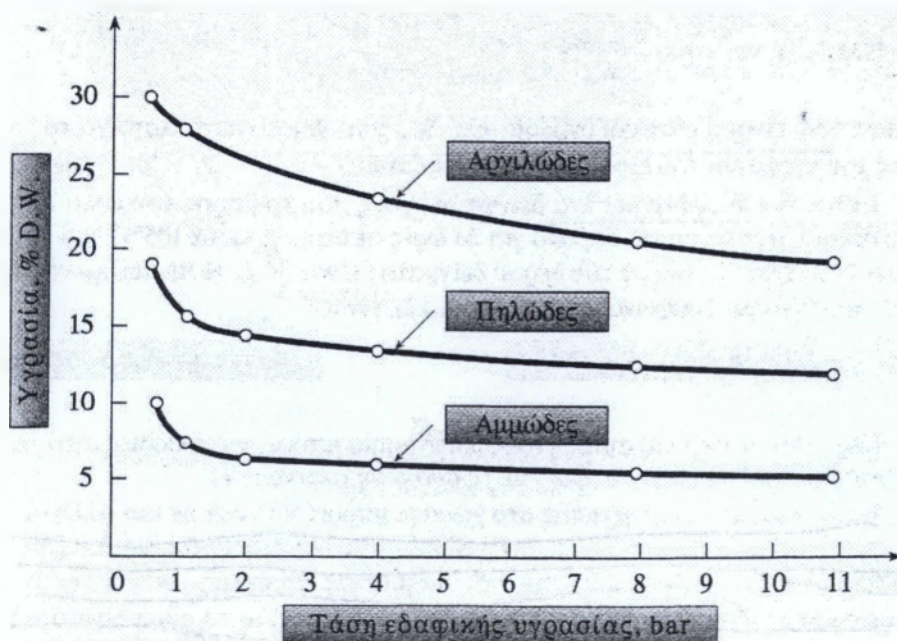
Υπεδάφιο νερό: η ανυψωμένη υπόγεια στάθμη του νερού είναι για τα περισσότερα φυτά βλαβερή. Οι ρίζες των φυτών υποφέρουν από υπερβολική υγρασία και έλλειψη οξυγόνου (M. Θεοδώρου, Χ. Πασχαλίδης- Π. Καρακατσούλης).

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση.

Οι δυνάμεις που συγκρατούν το νερό στο έδαφος εκφράζονται με τους όρους **αρνητική πίεση** ή **τάση** και είναι ανάλογες με την υγρασία που περιέχεται στο έδαφος και σχετίζονται με τις δυνάμεις συνάφειας και συνοχής. Οι **δυνάμεις συνάφειας** εκπροσωπούν την έλξη που ασκούν τα εδαφομόρια με την επιφάνειά τους πάνω στο νερό. Οι **δυνάμεις συνοχής** αντιπροσωπεύουν την έλξη που ασκούν τα μόρια του νερού το ένα στο άλλο. Με την επίδραση αυτών των δυνάμεων το νερό γεμίζει τους μικρούς πόρους του εδάφους και σχηματίζει στρώσεις σε επαφή με τα τοιχώματα των μεγάλων εδαφικών πόρων. Όσο αυξάνεται το πάχος των στρώσεων, τα μόρια του νερού, που βρίσκονται στο εσωτερικό των πόρων συγκρατούνται λιγότερο και μπορεί να μετακινηθούν από την επίδραση της βαρύτητας ή την έλξη που ασκούν άλλες γειτονικές στρώσεις με μικρότερο πάχος. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ότι χρειάζεται να καταβληθεί πολύ μικρό έργο για την απομάκρυνση νερού από ένα έδαφος που βρίσκεται κοντά στο σημείο κορεσμού.

Η **αρνητική πίεση** ή **τάση** της εδαφικής υγρασίας είναι το μέτρο που δείχνει πόσο ισχυρά συγκρατείται το νερό στο έδαφος. Μία συγκεκριμένη τάση δεν μπορεί να αντιπροσωπεύει μονότιμα την ποσότητα νερού που υπάρχει στο έδαφος, ούτε όμως και την ποσότητα του νερού που μπορεί να απομακρυνθεί από ένα έδαφος αν εφαρμοστεί σ'αυτό δύναμη ίση και αντίθετη προς την τάση αυτή.

Για να γίνει δυνατή η εκτίμηση της ποσότητας νερού που μπορεί να συγκρατήσει ένα έδαφος κάτω από διαφορετικές τάσεις χρησιμοποιούμε τις λεγόμενες **χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας**, που συνδέουν την υγρασία του εδάφους με τις αντίστοιχες τάσεις (σχήμα 1.3)



Χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας των τριών βασικών εδαφικών τύπων. Πηγή Γ. Α. Τερζίδης- Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου (1997).

Σε περίπτωση που υπάρχουν αυξημένες ποσότητες αλάτων στο εδαφικό νερό θα πρέπει να αυξηθεί η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί για την απομάκρυνσή του. Αυτό είναι αποτέλεσμα της όσμωσης. Αν δυο διαλύματα με διαφορετική συγκέντρωση αλάτων χωριστούν με μια διαπερατή μεμβράνη προς το νερό αλλά αδιαπέρατη στα άλατα που περιέχει, το νερό θα κινηθεί από το διάλυμα με τη μικρότερη συγκέντρωση προς το διάλυμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Η δύναμη που προκαλεί αυτή την κίνηση καλείται οσμωτική πίεση. Αν το νερό του εδάφους περιέχει σημαντική ποσότητα αλάτων, η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί για την απομάκρυνσή του από το έδαφος θα πρέπει να είναι ίση με το άθροισμα της τάσης και της οσμωτικής πίεσης. Σ' αυτό οφείλεται το φαινόμενο κατά το οποίο, **ένα παθογενές έδαφος μπορεί να έχει υγρασία που να φτάνει το σημείο κορεσμού, ενώ τα φυτά που βρίσκονται σ' αυτό να υποφέρουν από έλλειψη υγρασίας γιατί δεν έχουν τη δύναμη να απορροφήσουν νερό.** (Γ. Α. Τερζίδης- Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου. 1997)

1. 4.1. Υδατοϊκανότητα του εδάφους

Ως υδατοϊκανότητα εδάφους ορίζεται η υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ, ομοιόμορφο και καλά στραγγιζόμενο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Αν διαβρέχει ένα έδαφος μέχρι το σημείο κορεσμού και αφεθεί να στραγγίσει, παρατηρείται ότι μετά από ένα χρονικό διάστημα, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, η στράγγιση, ουσιαστικά σταματά, έστω και αν η υδραυλική κλίση είναι πολύ μεγάλη. Αυτό είναι το όριο που ονομάζεται υδατοϊκανότητα. Άρα ως υδατοϊκανότητα μπορεί να οριστεί το όριο της εδαφικής υγρασίας, στο οποίο η τιμή της ακόρεστης υδραυλικής αγωγιμότητας που αντιστοιχεί είναι τόσο μικρή, ώστε πρακτικά να έχει πάψει κάθε ουσιαστική κίνηση του εδαφικού νερού.

Για να γίνει αντικειμενικός προσδιορισμός της υδατοϊκανότητας πρέπει να γίνει μέτρηση της τάσης της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί σ' αυτή. Η τάση αυτή διαφέρει για κάθε τύπο εδάφους.

Στον πίνακα 1.3 αναφέρονται στην αντιστοιχία ανάμεσα στην υδατοϊκανότητα με την τάση σε διάφορους τύπους εδάφους, μετά από πειραματικούς προσδιορισμούς.

[Π. Καρακατσούλης(1984), Γ. Α. Τερζίδης-Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου(1997)]

. Πίνακας 1.3

Αντιστοιχία υδατοϊκανότητας με τάση. Πηγή Γ. Α. Τερζίδης- Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου (1997)

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση.

Τύπος υφής εδάφους	Τάση στην υδατοϊκανότητα
Αμμώδες(χονδρόκοκκο)	60
Αμμοπηλώδες	100
Ιλοσηλώδες	300
Αργιλώδες	600

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του παρόντος πειραματισμού τα αργιλώδη εδάφη εμφανίζουν την υψηλότερη τάση υδατοϊκανότητας. Ακολουθούν τα ιλοσηλώδη εδάφη και τέλος τα αμμώδη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Θεοδώρου Μιχαήλ-Δρ Πασχαλίδης Χρήστος 1999, *Εγχειρίδιο καλλιεργητή*, Αθήνα 1999
2. Καρακατσούλη Π. Γ. 1984, *Αρδεύσεις- στραγγίσεις*, Αθήνα 1984.
3. Μήτσιος Κ. Ιωάννης, Ph D. 1999, *Εδαφολογία*, Αθήνα 1999.
4. Παπαζαφειρίου Γ. Ζαφείρη 1998, *Αρχές και πρακτική των στραγγίσεων*, Θεσσαλονίκη 1998.
5. Τσαπικούνης Α. Φάνης 1995 *Θρέψη-λίπανση των φυτών*, Βάρδα 1995.
6. Τερζίδη Α. Γ. – Παπαζαφειρίου Γ. Ζαφείρη 1997, *Γεωργική υδραυλική* Θεσσαλονίκη 1997

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ



Εισαγωγή

Η προστασία και η ορθολογική χρησιμοποίηση των εδαφικών πόρων καθώς και του νερού στη σύγχρονη εποχή, αποτελούν οικουμενικό πρόβλημα.

Το πρόβλημα από τη διάβρωση αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία, γιατί με τη διάβρωση καταστρέφεται η δομή του εδάφους, υποβαθμίζεται η ποιότητα των παραγόμενων γεωργικών προϊόντων και τέλος μειώνεται σημαντικά η γεωργική παραγωγή. Είναι αποδεκτό ότι η διάβρωση είναι η μάστιγα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Αποτελεί το σοβαρότερο παράγοντα που επιδρά αρνητικά στο φυσικό περιβάλλον, διαταράσσοντας τη βιολογική ισορροπία του οικοσυστήματος.

Σύμφωνα με στοιχεία πειραματισμού καθώς και με τη γνώμη πολλών ερευνητών, Culver D. και Sceecharan R. (1986), Goudjohn N. (1974), Παγανιάς Κ. Π., Μήτσιος Ι. Κ. και Πασχαλίδης Χ. Δ. (1992), ο κίνδυνος που διατρέχει η ανθρωπότητα από τη διάβρωση είναι πολύπλευρος και επομένως ο αγώνας για την αποτροπή της έχει βαρύνουσα σημασία για όλες τις χώρες.

Ο Crosson P. (1984) υποστηρίζει ότι από τη μελέτη που έγινε με βάση τη σχετική νομοθεσία των ΗΠΑ για την προστασία των φυσικών πόρων προκύπτει ότι, αν η διάβρωση συνεχιστεί με τους ρυθμούς του 1977, σε 50 χρόνια η γονιμότητα των εδαφών θα μειωθεί κατά 8%. Οι ετήσιες ζημιές που προκαλεί η διάβρωση στη γεωργία των ΗΠΑ υπερβαίνει τα 80 εκατομμύρια δολάρια. (Μήτσιος, Πασχαλίδης, Παγανιάς)

Τα εδάφη του ελληνικού χώρου λόγω του ιδιαίτερου κλίματος της περιοχής, της μακρόχρονης καλλιέργειάς τους και των γεωργικών πρακτικών που ακολουθούνται, απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διαχείρισή τους προκειμένου να μην υποβαθμισθεί η ποιότητά τους ή στα ήδη υποβαθμισμένα να αποκατασταθεί. Τα ελληνικά εδάφη χαρακτηρίζονται από αυξημένες ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου και μικρότερη περιεκτικότητα οργανικής ουσίας, σε σχέση με τα εδάφη βορειότερων χωρών της Ευρώπης. Τα ελληνικά εδάφη λόγω της γεωμορφολογίας του χώρου με έντονες κλίσεις και σε συνδυασμό με το ξηρό θέρος και τις βροχοπτώσεις κατά τη χειμερινή περίοδο παρουσιάζουν έντονες τάσεις διάβρωσης.

2.1 Υδατική διάβρωση

Η διαβρωτική ενέργεια του νερού είναι αποτέλεσμα της κινητικής ενέργειας των σταγόνων της βροχής, που προκαλούν με την πρόσπτωσή τους, το θρυμματισμό των υλικών της επιφάνειας του εδάφους. Αποτέλεσμα της διαβρωτικής αυτής ενέργειας του νερού είναι η μεταφορά των υλικών της επιφάνειας του εδάφους σε πιο μακρινές αποστάσεις, για να καταλήξουν στη συνέχεια στη θάλασσα. Η μεταφορά των παραπάνω υλικών από ένα υδατικό ρεύμα μπορεί να γίνει κατά τους εξής τρόπους:

- Με κύλιση των εδαφικών κόκκων στον πυθμένα του υδατικού ρεύματος
- Με άλματα
- Υπό μορφή αιωρήματος

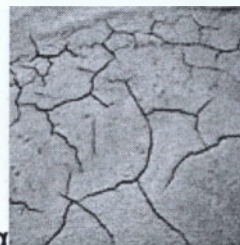
Η διαβρωτική ενέργεια του νερού δεν περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια του εδάφους. Μερικές φορές επεκτείνεται και σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους με αποτέλεσμα να προκαλεί κατολισθήσεις. Εγκλωβισμένο νερό μέσα σε κοιλότητες βράχου μπορεί, όταν οι θερμοκρασίες είναι αρκετά χαμηλές, να παγώσει και η αύξηση του όγκου του να προκαλέσει διεύρυνση των ρηγμάτων ή και απόσπαση τμημάτων τους λόγω των ασκούμενων πιέσεων.

Σημαντικό ρόλο στις διαβρώσεις της επιφάνειας του εδάφους, παίζει η κλίση του εδάφους, η οποία είναι απαραίτητη για το σχηματισμό υδατορευμάτων που θα μεταφέρουν τα εδαφικά υλικά σε πιο μακρινές αποστάσεις. Αποτέλεσμα της διαβρωτικής ενέργειας του νερού είναι ο σχηματισμός αυλακώσεων και χαραδρών διαφόρων διαστάσεων και μορφών, ανάλογα με τη φύση των πετρωμάτων σε κάθε περίπτωση.

Η υδατική διάβρωση επηρεάζει όλες της περιοχές της γης, εκτός από τις πραγματικές ερήμους. Ολόκληρη η Ευρώπη υφίσταται την επίδραση της υδατικής διάβρωσης.

2. 2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

2.2.1 Προσβολή του εδάφους στη επιφάνεια



Ο μηχανισμός αυτός περιλαμβάνει δύο φάσεις, τη φάση του σχηματισμού εδαφικών σωματιδίων που μπορούν να αποσυρθούν και τη φάση μεταφοράς αυτών των σωματιδίων σε μακρινές αποστάσεις. Στο μηχανισμό αυτό παρεμβαίνουν η δράση της βροχής, του παγώματος και του ξεπαγώματος του νερού και τέλος η δράση της απορροής.

Τα στερεά υλικά παρασύρονται ευκολότερα από το νερό όταν το μέγεθός τους είναι όσο το δυνατό μικρότερο. Αυτό δεν σημαίνει ότι το νερό δεν μπορεί να μεταφέρει στερεά υλικά μεγάλων διαστάσεων. Τα εδάφη εμφανίζονται με τη μορφή συσσωματωμάτων διαφόρων διαστάσεων, κατά κύριο λόγο αρκετά μεγάλων, ώστε να μην παρασύρονται εύκολα από το νερό που ρέει στην επιφάνεια του εδάφους. Το θρυμμάτισμα των συσσωματωμάτων γίνεται από τις σταγόνες της βροχής χάρη στην κινητική τους ενέργεια, την οποία αποκτούν κατά την πτώση τους στο έδαφος (δράση της βροχής). Για να σχηματισθεί απορροή, η ένταση της βροχής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη διηθητικότητα του εδάφους, οπότε το νερό που περισσεύει απορρέει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους ακολουθώντας το δρόμο της «ελάχιστης αντιστάσεως». Απορροή μπορεί να σχηματιστεί και από βροχές μικρής έντασης αλλά μεγάλης διάρκειας. Η ύπαρξη αδιαπέρατου εδαφικού ορίζοντα σε μικρό βάθος ή υψηλής στάθμης υπόγειων νερών συμβάλλουν στον γρηγορότερο κορεσμό του εδάφους. Από τη στιγμή του κορεσμού και μετά τα νερά της βροχής μετατρέπονται σε απορροή, σχηματίζοντας μικρά ρυάκια στην αρχή, τα οποία συνενώνονται με άλλα και σχηματίζουν μεγαλύτερα, για να καταλήξουν τελικά στο σχηματισμό υδατορευμάτων που εξελίσσονται, αν υπάρχουν ισχυρές κλίσεις, σε χείμαρρους με μεγάλη διαβρωτική ενέργεια στον πυθμένα και τα πρηνή της κοίτης τους.

Κατά τις ψυχρές περιόδους, το έδαφος παγώνει σε κάποιο βάθος. Τότε το νερό των εδαφικών συμπλόκων εξέρχεται για να σχηματίσει γύρω τους παγοκρυστάλλους, ενώ το νερό από μεγαλύτερα βάθη πλησιάζει την παγωμένη εδαφική ζώνη. Κατά την ανάπτυξή τους οι παγοκρύσταλλοι προκαλούν χαλάρωση της συνοχής των υλικών του εδάφους, ενώ κατά το ξεπάγωμα πολλά από αυτά είναι ελεύθερα και μπορούν να μετακινηθούν. Το ξεπαγωμένο χώμα έχει όψη λάσπης και είναι εντονότερη όταν η ποσότητα του νερού από βαθύτερους ορίζοντες είναι μεγαλύτερη. Η λάσπη είναι εύκολο να μεταφερθεί σε πιο μακρινές αποστάσεις με τα νερά της απορροής (δράση του παγώματος και του ξεπαγώματος).

Η δράση της βροχής καθώς και η δράση του παγώματος και ξεπαγώματος, σε ορισμένες περιοχές, έχουν σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό εδαφικών τεμαχιδίων που μπορούν να μεταφερθούν με την απορροή. Κάθε ροή χαρακτηρίζεται από μια συρτική δύναμη που προκαλεί διάβρωση στην κοίτη του υδατορεύματος και από μία ισχύ μεταφοράς στερεών υλικών, οι

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση οποίες μεταβάλλονται ανάλογα με την κλίση του πυθμένα και το βάθος του νερού. Η κίνηση του νερού είναι στροβιλώδης και τα εδαφικά τεμαχίδια διατηρούνται και μεταφέρονται εν αιωρήσει από τη ροή. Όσο περισσότερα υλικά εν αιωρήσει περιέχει το νερό τόσο αυξάνεται η πυκνότητά του και κατά συνέπεια αυξάνεται η συρπτική δύναμη της ροής. Η ισχύς της μεταφοράς στερεών υλικών μίας ροής μειώνεται όσο η κλίση του πυθμένα γίνεται μικρότερη, λόγω της μείωσης της ταχύτητας ροής. Αν μία ροή είναι κορεσμένη από πλευράς φερτών υλών και μειωθεί η ταχύτητά της για οποιοδήποτε λόγο, θα παρατηρηθεί εναπόθεση στερεών υλών στον πυθμένα. Αν αυξηθεί η ταχύτητα της ροής λόγω της αύξησης της κλίσεως του πυθμένα της, θα αυξηθεί και η ισχύς μεταφοράς στερεών υλικών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ροή να καθίσταται ακόρεστη και αυτό έχει σαν συνέπεια τη διάβρωση της κοίτης της ροής (δράση της ροής των νερών). (Π. Γ. Καρακατσούλης 1984)



2.2.2 προσβολή του εδάφους σε συγκεκριμένο βάθος

Έχει σαν αποτέλεσμα την μαζική μετακίνηση μεγάλων εδαφικών μαζών. Κύρια αιτία αυτών των μετακινήσεων είναι το νερό, αλλά σπουδαίο ρόλο παίζουν και οι δυνάμεις βαρύτητας.

Μπορεί να παρατηρηθεί διάβρωση των κατώτερων εδαφικών στρωμάτων από ροή ή η δημιουργία στοών μέσα στο έδαφος. Σαν αποτέλεσμα έχουν τη διατάραξη την εδαφικής ισορροπίας και στην πρώτη περίπτωση εμφανίζεται με κατακρήμνιση των υπερκείμενων εδαφικών μαζών μέσα στην κοίτη της ροής, ενώ στη δεύτερη με κατακόρυφη πτώση τους με ταυτόχρονη δημιουργία μικρών ή μεγάλων εδαφικών κοιλοτήτων.

Μια ακόμα συνθήκη είναι η ύπαρξη ρωγμών στο έδαφος που είναι, συνήθως, αποτέλεσμα έντονης ξηρασίας. Το νερό κατά την κυκλοφορία του μέσα από τις ρωγμές μπορεί να διαταράξει την ισορροπία των εδαφικών μαζών και να γίνει η αιτία μικροκατακρημνίσεων ή ακόμα και μετακινήσεων.

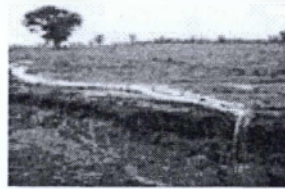
Τέλος η ύπαρξη ισχυρά κεκλιμένου, αδιαπέραστου εδαφικού οριζοντα, πάνω από τον οποίο υπάρχει κανονικό έδαφος, μπορεί να προκαλέσει κατολισθήσεις, αν το υπερκείμενο έδαφος κορεσθεί σε νερό, πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα τόσο στην αύξηση του βάρους του όσο και της συνιστώσας της βαρύτητας που τείνει να το θέσει σε κίνηση. Αποτέλεσμα αυτής της

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση δράσης του νερού είναι η κατολίσθηση μεγάλων εδαφικών μαζών με μεγάλες υλικές ζημιές και την απώλεια, πολλές φορές, ανθρώπων ή ζώων.

2. 2. 3 μορφές υδατικής διάβρωσης

Οι κυριότερες μορφές υδατικής διάβρωσης του εδάφους είναι:

- i. *Διάβρωση κατά στρώσεις*: το μίγμα του νερού και εδάφους ρέει ακολουθώντας τις κλίσεις της εδαφικής επιφάνειας αφαιρώντας διαδοχικά λεπτές στρώσεις ή πλάκες γόνιμου εδάφους. Κατά τη διάβρωση αυτή, λόγω μικρών ταχυτήτων, παρασύρονται μόνο τα λεπτά εδαφικά υλικά, τα οποία είναι και τα πιο γόνιμα. Έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των θρεπτικών συστατικών από το έδαφος, ενώ ταυτόχρονα επιφέρει και μείωση της υδατοϊκανότητάς τους. Στα αρχικά στάδια, τα εδάφη που έχουν υποστεί διάβρωση κατά στρώσεις, δεν παρουσιάζουν αλλαγή στην όψη. Με την πάροδο του χρόνου παρατηρούνται αλλαγές στο χρώμα του εδάφους και συγκέντρωση χαλικιών στην επιφάνειά του.



- ii. *Διάβρωση κατά χαραδρώσεις*: όταν τα ρέοντα επιφανειακά νερά συγκεντρώνονται σε μεγάλη ποσότητα στο έδαφος και αυτό είναι ακάλυπτο από φυτά τότε σχηματίζονται χαραδρώσεις. Είναι δυνατόν να δημιουργηθεί χαραδρώδης διάβρωση σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, από μια καταρρακτώδη βροχή. Παρατηρείται συχνά στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις και στα υπερβοσκημένα με καταστραμμένη βλάστηση βοσκοτόπια και λιγότερο στις μη καλλιεργούμενες περιοχές, όπου η φυσική φυτοκάλυψη δεν έχει παραβιαστεί.



- iii. *Διάβρωση κατά αυλακώσεις*: μεταφέρονται εδαφικά τεμαχίδια από μικρές ροές που εξελίσσονται σε μικρά αυλάκια με κατεύθυνση προς τις ισούψεις καμπύλες του εδάφους.

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση
iv. *Διάβρωση κατά εδαφικές μάζες*: υπό ορισμένες συνθήκες η διαβρωτική ενέργεια του νερού προσβάλλει ολόκληρες εδαφικές μάζες και προκαλεί τη μετακίνηση τους. Οι κυριότερες μορφές μαζικής μετακίνησης του εδάφους είναι:

- **Οι λάσπες**
- **Οι κατολισθήσεις**
- **Οι κατακρημνίσεις.**



2.3 Αιολική διάβρωση

Η αιολική διάβρωση είναι αποτέλεσμα της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο έδαφος. Η αιολική διάβρωση σε αντίθεση με την υδατική διάβρωση προσβάλλει τόσο τις επικλινείς όσο και τις πεδινές εκτάσεις, ενώ τα μεταφερόμενα υλικά δεν έχουν ορισμένη κατεύθυνση αλλά ούτε και ορισμένο τόπο εναπόθεσής τους. Τα αποτελέσματα της αιολικής διάβρωσης είναι περισσότερο αντιληπτά σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές. Στην Ελλάδα εκτός από τα νησιά του Αιγαίου που είναι εκτεθειμένα σε ισχυρούς ανέμους, η αιολική διάβρωση δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα.

Οι παράγοντες που αυξάνουν τον κίνδυνο για εμφάνιση αιολικής διάβρωσης είναι:

- Έδαφος ξηρό και θρυμματισμένο.
- Επίπεδη εδαφική επιφάνεια
- Απουσία βλάστησης ή ύπαρξη βλάστησης πολύ αραιάς
- Ισχυρός άνεμος για να μπορεί να θέσει σε κίνηση τα εδαφικά σωματίδια και να τα μεταφέρει σε πιο μακρινές περιοχές.

2. 4 Προβλήματα από την αιολική διάβρωση

Με την αιολική διάβρωση έχουμε απώλεια, μεταφορά και εναπόθεση στερεών υλικών. Με τον άνεμο μεταφέρονται πολύ μακριά τα λεπτά στοιχεία του εδάφους, όπως τα χουμικά και αργιλικά κolloειδή και η ιλύς. Το έδαφος, με την απομάκρυνση αυτών των στοιχείων, χάνει κατά σημαντικό βαθμό τα θρεπτικά του στοιχεία.

Τα αργιλώδη εδάφη που διασχίζονται από ανέμους, οι οποίοι μεταφέρουν στερεά υλικά και κυρίως άμμο, παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους παράλληλες ραβδώσεις. Σε εδάφη

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση με ετερογενή κοκκομετρική σύσταση, μετά την απομάκρυνση των λεπτών υλικών, παρατηρείται στην επιφάνειά τους συγκέντρωση χονδρών υλικών.

Οι αμμώδεις επιφάνειες, που βρίσκονται κάτω από την επίδραση των ανέμων, σχηματίζουν σειρά από ρυτίδες, κάθετες προς την φορά του ανέμου. Η απόσταση που θα έχουν μεταξύ τους εξαρτάται κυρίως από τη διεύθυνση του ανέμου. Οι ρυτίδες είναι συμμετρικές όταν η κοκκομετρική σύσταση της άμμου είναι ομοιογενής, και ασύμμετρες όταν η κοκκομετρική σύσταση της άμμου είναι ετερογενής.

Σε εκτεταμένη αμμώδη επιφάνεια, που διασχίζεται από ανέμους, σχηματίζονται οι θίνες. Οι θίνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, σε αυτούς που σχηματίζονται λόγω κορεσμοί και στη συνέχεια λόγω εναπόθεσης στερεών υλικών εξ αιτίας αυξομείωσης της ταχύτητας του ανέμου, και σε εκείνους που σχηματίζονται λόγω παρουσίας συνεχούς φυτικής βλάστησης, η οποία προκαλεί συσσώρευση της άμμου, μειώνοντας την ταχύτητα του ανέμου (Ι. Μήτσιος 1999 Π. Γ. Καρακατσούλης 1984).

2.5 Διαβρωσιμότητα και τοπογραφία εδάφους

Η διαβρωσιμότητα (K) του εδάφους αναφέρεται στην ποσότητα του εδάφους που χάνεται από ένα κανονικό πειραματικό τεμάχιο 22,1m με κλίση 9% και σε συνθήκες κατεργασίας καθαρισμού του εδάφους και σε διαρκή αγρανάπαυση. Εξαρτάται από:

- Τη διηθητικότητα του εδάφους και
- Από τη δομή του εδάφους.

Οι τιμές διαβρωσιμότητας (K) του εδάφους κυμαίνονται από 0-0,6. Η τιμή (K) είναι μικρή για εδάφη με καλή διηθητικότητα. Τέτοια εδάφη είναι τα αμμώδη και τα αργιλώδη που περιέχουν υψηλό ποσοστό ένυδρων οξειδίων του σιδήρου και αργίλου. Τιμές διαβρωσιμότητας (K) μικρότερες από 0,2 είναι χαρακτηριστικές για εδάφη με ελαφρά συστατικά και των αργιλικών με υψηλό ποσοστό ένυδρων οξειδίων του σιδήρου και του καολίνιτη. Εδάφη με μέτρια δομή και μέτρια διηθητικότητα έχουν δείκτη διαβρωσιμότητας (K) μεταξύ 0,2-0,3, ενώ εδάφη με μικρή διηθητικότητα και ευπρόσβλητα στη διάβρωση χαρακτηρίζονται με τιμές διαβρωσιμότητας μεγαλύτερες του 0,3.

Η τοπογραφία του εδάφους (LS) αναφέρεται στο μήκος και στην κλίση των επικλινών περιοχών. Είναι ο λόγος της ποσότητας του εδάφους που χάνεται από την περιοχή προς την ποσότητα του εδάφους που χάνεται από ένα κανονικό πειραματικό τεμάχιο μήκους 22,1m και με κλίση 9% και ευρισκόμενο σε διαρκή αγρανάπαυση.

Η κλίση των επικλινών περιοχών επηρεάζει την διάβρωση του εδάφους. Μεγάλης σημασίας είναι το μήκος των επικλινών εδαφών, επειδή όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση των

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση επικλινών περιοχών, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ποσότητα των νερών της επιφανειακής απορροής.

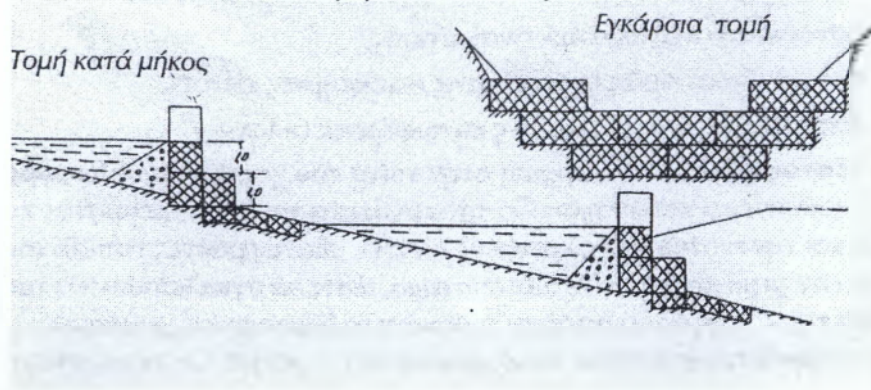
2. 6 Μέτρα αποτροπής των χειμάρρων.

Μεγάλη σημασία για την προστασία των εδαφών από τους χειμάρρους έχουν τα παρακάτω εγγειοβελτιωτικά έργα:

- Δημιουργία υδατοφρακτών στα κατόντη των χειμάρρων
- Κατασκευή αναχωμάτων αναχαίτισης
- Κολόνες διασποράς της ροής στις απόκρημνες κλιτύες
- Αναβαθμίδες με κανάλια στις πλαγιές.

Η ανέγερση στην κοίτη του χειμάρρου υδατοφράκτη καθυστερεί και αναχαιτίζει την ταχύτητα του υδατορέμματος καθώς και την εναπόθεση φερτών υλικών. Τοποθετούνται είτε μεμονωμένοι είτε σαν σύστημα, ώστε να αγκαλιάσουν τα τμήματα της κοίτης όπου υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας χειμάρρου. Έχουν ύψος 1-5 μέτρα και ο τοίχος μπορεί να είναι διαμπερούς κατασκευής με λίθους, μπετόν αρμέ και χώμα. Αν η παροχή ροής δεν αναμένεται να υπερβαίνει τα $10 \text{ m}^3/\text{sec}$, κατασκευάζονται λίθινοι υδατοφράκτες ή υδατοφράκτες με χαλίκια. Αν η παροχή ροής αναμένεται να φτάσει σε εκατοντάδες m^3/sec , τότε οι υδατοφράκτες κατασκευάζονται με μπετόν αρμέ, με τοίχο υποστήριξης και με σιδηροπαγές άνοιγμα. Αν ο υδατοφράκτης δεν ξεπερνά τα 1-4 μέτρα μπορεί να κατασκευαστεί και με αργιλοπιλώδες έδαφος. Η πτώση του νερού από τον υδατοφράκτη γίνεται μέσω σωλήνων, όπου η διάμετρός τους καθορίζεται ανάλογα με την ποσότητα της αναμενόμενης ροής του νερού. Οι σωλήνες τοποθετούνται 50-75cm χαμηλότερα από την κορυφή και παράλληλα στην κλίση της κοίτης. Για να αποτραπεί η διάβρωση κατά τη διάρκεια δημιουργίας σύντομης μετάγγισης της ροής από την κορυφή του υδατοφράκτη, ο υδατοφράκτης καλύπτεται με πολυαιθυλική επίστρωση ή στερεοποιούνται οι κλιτύες με ρευστό γυαλί. Τα υδατοφράγματα από πέτρες ή χαλίκια σε ορισμένες περιοχές στερεώνονται με συρμάτινο δίχτυ.

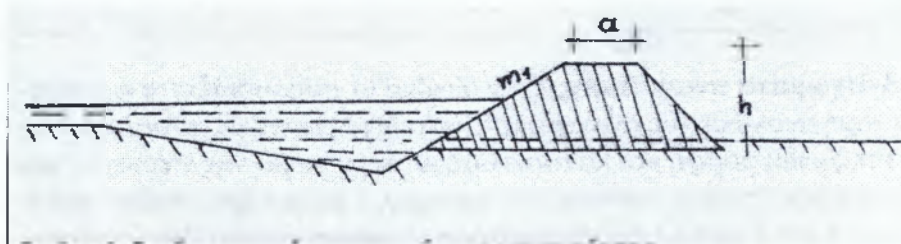
Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση



Σχήμα 2.1 υδατοφράκτης από χαλίκι πηγή

Ι. Μήτσιος-Χ. Πασχαλίδης- Κ. Παγανιάς, διάβρωση των εδαφών αντιδιαβρωτικά μέτρα προστασίας.

Τα αναχώματα αναχαίτισης έχουν τραπεζοειδή μορφή και κατασκευάζονται με χώμα της περιοχής και έχουν ύψος 1,5-2,5 μέτρα. Για να αποτραπεί πιθανή υπερχειλίση από την κορυφή του αναχώματος, κατασκευάζεται η κορυφή του ακριβώς οριζόντια και 30-50cm πιο ψηλά, από το επίπεδο που υπολογίζεται ότι θα φτάσει το νερό σε έντονες βροχοπτώσεις. Τα χείλη του αναχώματος υψώνονται πλάγια σε γωνία 100-120° και στερεώνονται. Στο τέλος κατασκευάζονται ανοίγματα εκχύσεως του νερού.



Σχήμα 2.2 εγκάρσια τομή αναχώματος αναχαίτισης πηγή

Ι. Μήτσιος- Χ. Πασχαλίδης- Κ. Παγανιάς

Οι κολόνες διασποράς τοποθετούνται στις κλιτύες, όπου υπάρχει πιθανότητα συγκέντρωσης μεγάλης ποσότητας νερού. Κατασκευάζονται από μπετόν αρμέ. Το ύψος τους είναι ανάλογο με την ποσότητα του ρεύματος και την ταχύτητά του κατά την περίοδο των έντονων βροχοπτώσεων.

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση

Η κατασκευή αναβαθμίδων στις κλιτύες με κατασκευή καναλιού και με φύτευση δένδρων μειώνουν κατά πολύ την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής και της επιφανειακής διάβρωσης του εδάφους. Η πυκνότητα και η μορφή των αναβαθμίδων καθορίζονται από τη συχνότητα των βροχών και την ποσότητα της επιφανειακής ροής του νερού.

2. 7 Σκοπός αντιδιαβρωτικών μέτρων

Ο βασικοί λόγοι εφαρμογής αντιδιαβρωτικών έργων σε ένα έδαφος είναι:

1. Πρόβλεψη και αναχαίτιση του όγκου και της ταχύτητας ροής του νερού κατά την διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων, κατά την τήξη των χιονιών και άρδευση των κλιτύων. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή μέτρων βελτίωσης της υδατοϊκανότητας του εδάφους και της απορροής του νερού.
2. Αύξηση της αντιδιαβρωτικής ικανότητας του εδάφους, με την εφαρμογή τρόπων κατεργασίας και αμειψισπορά, όπως επίσης και χρήση των διαφόρων εδαφοβελτιωτικών.
3. Επαρκής και ολοκληρωμένη φυτοκάλυψη των κλιτύων, που είναι ο βασικός παράγοντας για την προστασία του εδάφους από τη διάβρωση και για τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους. Η μεγαλύτερη κάλυψη των κλιτύων πρέπει να είναι με λειμώνια φυτά ή με πολυετείς καλλιέργειες.
4. Τα προληπτικά μέτρα για την αποτροπή διάβρωσης, στα ήδη διαβρωμένα εδάφη, θα πρέπει να συνδυάζονται με μέτρα ανασύστασης και βελτίωσης της γονιμότητας.
5. Σπουδαίο ρόλο για την προστασία των εδαφών από την διάβρωση παίζει η εφαρμογή οικονομικών, διοικητικών καθώς και καλλιεργητικών μέτρων, δασικών και εγγειοβελτιωτικών μέτρων. Μεγάλη σημασία έχει και ο συνδυασμός των μέτρων αυτών.
6. Σε διαφορετικές φυσικές συνθήκες πρέπει να εφαρμόζονται διαφορετικά μέτρα προστασίας και βελτίωσης της γονιμότητας των διαβρωμένων εδαφών. Η λεπτομερής μελέτη των παραγόντων που προκαλούν τη διάβρωση αποτελούν την επιστημονική βάση για την εκπόνηση και εφαρμογή αποτελεσματικών αντιδιαβρωτικών μέτρων.
7. Απαραίτητο είναι να προτιμούνται οι επεμβάσεις που η εφαρμογή τους θα έχει τη μέγιστη αντιδιαβρωτική προστασία και ελάχιστη οικονομική επιβάρυνση.

Στραγγίσεις εδαφών και η προστασία τους από την διάβρωση

8. Τέλος, αναγκαίο είναι να ληφθούν υπόψη και οι ανεπιθύμητες δυσμενείς επιδράσεις στο περιβάλλον κατά την εκτέλεση και εφαρμογή των αντιδιαβρωτικών μέτρων.

Βασικό αντιδιαβρωτικό μέτρο θεωρείται ένα καλό σύστημα στράγγισης, το οποίο στον κατάλληλο χρόνο μπορεί και απομακρύνει την περίσσεια του πλεονάζοντος νερού.

Σήμερα που το πρόβλημα της διάβρωσης έχει αρχίσει να γίνεται έντονο σε πάρα πολλές περιοχές γύρο από την Μεσόγειο, μεταξύ των οποίων και στην Ελλάδα, είναι σχεδόν επιτακτική ανάγκη να παρθούν δραστικά μέτρα για να λυθεί το πρόβλημα. .

Τονίζεται ότι σε κάθε καλλιεργούμενη έκταση θα πρέπει να γίνει εφαρμογή στραγγιστικού δικτύου, γιατί έχει παρατηρηθεί αλλοίωση της δομής των εδαφών.

Ένας λόγος της αλλοίωσης αυτής είναι ότι με το πλεονάζον νερό (βροχής ή και άρδευσης)έχουμε μεταφορά θρεπτικών συστατικών.

Αλλοίωση της δομής του εδάφους συνεπάγεται και μείωση της ποιότητας του εδάφους και κατά συνέπεια μείωση της παραγωγής.

Πέρα από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις τα στραγγιστικά δίκτυα έχουν εφαρμογή και σε δρόμους και γήπεδα(ποδοσφαίρου, γκολφ). Και σε αυτή την περίπτωση συνίσταται η εφαρμογή τους για να απομακρύνονται στο σωστό χρόνο τα πλεονάζοντα ύδατα και να μην υπάρχει στην περίπτωση των δρόμων κίνδυνος υποχώρησης του οδοστρώματος λόγω διάβρωσης, στη δε περίπτωση των γηπέδων σωστή διατήρηση του χλοοτάπητα στην αρχική του μορφή.

Βιβλιογραφία:

1. Καρακατσούλης Γ. Παναγιώτου, *αρδεύσεις στραγγίσεις και προστασία εδαφών*.
2. Παγανιάς- Πασχαλίδης-Μήτσιος, *διάβρωση εδαφών-αντιδιαβρωτικά μέτρα*.

ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ ΕΔΑΦΩΝ

Εισαγωγή

Η επιστήμη των στραγγίσεων ασχολείται με την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού μιας περιοχής, είτε αυτό βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους είτε μέσα στο έδαφος, με βασικό σκοπό να κάνει την περιοχή αυτή πιο κατάλληλη για την χρησιμοποίησή της από τον άνθρωπο. Στην περίπτωση που το πλεονάζον νερό βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους η απομάκρυνσή του γίνεται με ένα δίκτυο ανοιχτών αγωγών(κανάλια ή τάφρους) και το δίκτυο αυτό καλείται **αποστραγγιστικό**. Στην περίπτωση όμως που το πλεονάζον νερό βρίσκεται μέσα στο έδαφος και σχηματίζει υψηλή υπόγεια στάθμη, η απομάκρυνση του μπορεί να γίνει με δίκτυα κλειστών ή ανοιχτών αγωγών ή με τον συνδυασμό και των δυο. Τα δίκτυα αυτά καλούνται **υποστραγγιστικά**.

Μια τελευταία λειτουργία των στραγγιστικών δικτύων είναι και η απομάκρυνση του νερού που προέρχεται από υπερχείλιση ή εκκένωση των αρδευτικών διωρύγων.

Τα βασικά στοιχεία ενός στραγγιστικού δικτύου είναι:

- Αναχώματα
- Περιφερειακή τάφρος
- Τάφροι κάθε κατηγορίας
- Τα δραίνα κάθε μορφής
- Το αντλιοστάσιο.

Στη γεωργία ο βασικός ρόλος κάθε στραγγιστικού δικτύου είναι να υποβιβάζει σε εύκολο χρόνο και να διατηρεί τη στάθμη των υπόγειων υδάτων κάτω από την ζώνη του ριζοστρώματος, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργειών με το λιγότερο δυνατό κόστος και με σκοπό το μεγαλύτερο κέρδος.

Το έδαφος κάτω και κοντά από την στάθμη του υπόγειου νερού βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού. Στο κορεσμένο έδαφος δεν υπάρχει επαρκές οξυγόνο, γιατί καταναλίσκεται πολύ γρήγορα, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αναπτυχθεί το ριζικό σύστημα των φυτών και κάτω από αναερόβιες συνθήκες να σαπίζει. Ο κορεσμός του εδάφους και οι αναερόβιες συνθήκες επιδρούν δυσμενώς και στην ανάπτυξη των φυτών γιατί αλλοιώνουν το ρυθμό αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και της οξειδωσης των ορυκτών. Είναι

επίσης γνωστό ότι στα κορεσμένα εδάφη η έλλειψη οξυγόνου(O_2) και διοξειδίου του άνθρακα(CO_2) ελαττώνει δραστικά την διαπνοή των φυτών.

Η υψηλή στάθμη των υπόγειων υδάτων έχει και άλλες δυσμενείς επιπτώσεις στο καλλιεργούμενο έδαφος, μεταξύ των οποίων, αυξάνει τη συμπίεση του εδάφους από τα μηχανήματα και τα ζώα, εμποδίζει τη θέρμανση του εδάφους την άνοιξη και καθυστερεί το φύτρωμα των σπόρων.

Τα προβλήματα αυτά καθώς και πολλά αλλά καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε με τα στραγγιστικά δίκτυα.

3.1 Μέτρηση της στάθμης του υπόγειου νερού

Η στάθμη του υπόγειου νερού στο έδαφος είναι βασικής σημασίας και για τον λόγο αυτό πρέπει να προσδιορίζεται προσεκτικά. Για την παρακολούθηση της υπόγειας στάθμης του νερού είναι απαραίτητη η εγκατάσταση στην περιοχή που εξετάζουμε ενός δικτύου φρεάτων παρατήρησης ή πιεζομετρικών σωλήνων. Για να καθοριστούν οι θέσεις των πιεζομετρικών σωλήνων είναι απαραίτητη η προκαταρκτική μελέτη, σε ένα τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής και σε κανονικές αποστάσεις μεταξύ τους, οι οποίες συνήθως αποτελούν τις κορυφές ίσων τετραγώνων. Πρέπει να λαμβάνεται βασική μέριμνα ώστε να μην τοποθετηθούν κοντά σε τάφρους, διώρυγες ή κοίτες ποταμών, γιατί υπάρχει κίνδυνος να έχουμε πλασματικά στοιχεία.

Πριν την εγκατάσταση των πιεζομετρικών σωλήνων πρέπει να εντοπιστεί το ακριβές βάθος του αδιαπέρατου υποστρώματος, γιατί το κάτω άκρο του σωλήνα πρέπει να τοποθετηθεί τουλάχιστον 20cm πάνω από το αδιαπέρατο υπόστρωμα. Συνήθως οι πιεζομετρικοί σωλήνες αποτελούνται από σωλήνες από σωλήνες χωρίς ραφή διαμέτρου 2 ιντσών και μήκους 2m. Η τοποθέτηση αυτών γίνεται με την βοήθεια γεωτρύπανου διαμέτρου λίγο μικρότερης από τη διάμετρο των πιεζομετρικών σωλήνων.

Αρχικά ανοίγεται η οπή με το γεωτρύπανο σε βάθος 15cm, στη συνέχεια εισάγεται ο σωλήνας μέχρι 13cm βάθος, τοποθετείται το γεωτρύπανο στο σωλήνα και επεκτείνεται η οπή σε βάθος 30cm, εισάγεται ο σωλήνας σε βάθος 28cm. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται με τα ίδια μεγέθη, μέχρι που το κάτω άκρο του σωλήνα φτάσει στο επιθυμητό βάθος. Μετά την τελική εγκατάσταση του σωλήνα δημιουργείται με το γεωτρύπανο μια επιπλέον κοιλότητα μήκους 10cm στο κάτω μέρος του σωλήνα. Λαμβάνεται μέριμνα ώστε το άνω άκρο του σωλήνα να βρίσκεται 20cm περίπου ψηλότερα από την επιφάνεια του εδάφους. Καθώς η εγκατάσταση του σωλήνα γίνεται χτυπώντας ελαφρά με μια σφύρα, για να αποφευχθούν τυχόν βλάβες στο άνω άκρο του, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ειδική κεφαλή στο σωλήνα.

Μετά την αρίθμηση των τοποθετηθέντων πιεζομετρικών σωλήνων λαμβάνονται τα απόλυτα υψόμετρα του άνω άκρου τους από τα αντίστοιχα υψόμετρα της επιφάνειας του εδάφους. Η μέτρηση του βάθους της στάθμης

του υπόγειου νερού γίνεται συνήθως σε κανονικά χρονικά διαστήματα ενός μηνός ή ενός δεκαπενθημέρου με ειδικά σταθμήμετρα.

Ο αριθμός, η πυκνότητα καθώς και το βάθος των πιεζομετρικών σωλήνων εξαρτώνται από την ιδιομορφία των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Από την παρακολούθηση της στάθμης του νερού μέσα σε γειτονικούς αλλά σε διαφορετικά βάθη πιεζομετρικούς σωλήνες μπορεί να προσδιοριστεί η ύπαρξη αρτεσιανού υδροφόρου ορίζοντα, εφόσον η στάθμη του νερού στους σωλήνες που είναι τοποθετημένοι σε μεγάλο βάθος, υπερβαίνει τη στάθμη των σωλήνων που είναι τοποθετημένοι σε μικρότερο βάθος.

Οι τιμές των διαφόρων μετρήσεων αναφέρονται στο βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού από το άνω άκρο του σωλήνα. Εν συνεχεία με την βοήθεια των στοιχείων της χωροστάθμησης, τα δεδομένα των μετρήσεων ανάγονται σε απόλυτα υψόμετρα της στάθμης του υπόγειου νερού και υπολογίζονται οι αντίστοιχες τιμές του βάθους αυτής από την επιφάνεια του εδάφους. Τέλος όλες οι τιμές παρουσιάζονται συγκεντρωτικά σε έναν ειδικό πίνακα.

Με βάση τα δεδομένα των μετρήσεων συντάσσονται τα διαγράμματα των ισοσταθμικών καμπύλων, όπως και το διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού.

Ως **ισοσταθμικές καμπύλες** ορίζονται οι καμπύλες που συνδέουν τα σημεία της υπόγειας στάθμης, τα οποία έχουν απόλυτο υψόμετρο. Για την σύνταξη των διαγραμμάτων των ισοσταθμικών καμπύλων χρησιμοποιούνται τα δεδομένα των μετρήσεων της ίδιας μέρας.

Είναι γνωστό ότι το νερό λόγω της ώσμωσης κινείται από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο ύψος φορτίου ή από την καμπύλη με το μεγαλύτερο απόλυτο υψόμετρο της υπόγειας στάθμης προς την καμπύλη με το μικρότερο απόλυτο υψόμετρο. Αυτό έχει ως φυσικό αποτέλεσμα η ροή του υπόγειου νερού να είναι κάθετη προς τις ισοσταθμικές καμπύλες. Επομένως οι τριτεύουσες τάφροι ή στραγγιστικοί σωλήνες θα πρέπει να τοποθετηθούν κάθετα προς τη διεύθυνση ροής του υπόγειου νερού ή σχεδόν παράλληλα προς τις ισοσταθμικές καμπύλες.

Αν η χάραξη των τριτεύουσών στραγγιστικών αγωγών προς τις ισοσταθμικές καμπύλες γίνει κάθετα τότε ο αγωγός δεν θα τέμνουν τη

διεύθυνση ροή του υπόγειου νερού, με αποτέλεσμα την πλημμυλή στραγγίση της περιοχής.

Οι **ισοβαθείς καμπύλες** συνδέουν όλα τα σημεία μιας περιοχής, τα οποία έχουν κοινό βάθος στάθμης υπόγειου νερού από την επιφάνεια του εδάφους. Για τη σύνταξη των διαγραμμάτων των ισοβαθών καμπύλων χρησιμοποιούνται τα δεδομένα των μετρήσεων της ίδιας ημέρας.

Με τα διαγράμματα των ισοβαθών καμπύλων μπορούμε να καθορίσουμε τις υποπεριοχές με υψηλή ή χαμηλή στάθμη του υπόγειου νερού και να βρούμε κατά προσέγγιση τα τμήματα που έχουν περισσότερο ή λιγότερο ανάγκη από στραγγίση.

Τα **διαγράμματα διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού** συντάσσονται από τα δεδομένα των μετρήσεων οι οποίες διενεργήθηκαν σε κανονικά μηνιαία ή δεκαπενθήμερα χρονικά διαστήματα, σε ολόκληρη την περίοδο του έτους. Συντάσσονται κυρίως για τις θέσεις οι οποίες εμφανίζουν υψηλή στάθμη του υπόγειου νερού και μας επιτρέπουν να καθορίσουμε τη διάρκεια στην οποία έχουμε παρουσία πλεοναζόντων και επιζήμιων υδάτων, καθώς επίσης και την ημερησία πτώση της υπόγειας στάθμης. Οι πληροφορίες αυτές είναι απαραίτητες για την εκπόνηση μιας μελέτης ενός στραγγιστικού δικτύου.

3. 2. Περιγραφή των σπουδαιότερων στοιχείων των δικτύων

3. 2. 1 Αναχώματα

Για την περίπτωση που υπάρχει πρόβλημα προστασίας μιας καλλιεργήσιμης έκτασης από νερά που θα μπορούσαν να την κατακλύσουν λόγω επιφανειακής απορροής ή γειτονίας της με ποτάμι ή θάλασσα, τότε η λύση βρίσκεται στην κατασκευή ενός αναχώματος. Η λύση αυτή έχει ιδιαίτερα χαμηλό κόστος και μπορεί να γίνει με υλικά που βρίσκονται στην γύρο περιοχή.

Το ύψος των αναχωμάτων πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να παρεμποδίζεται η είσοδος ανεπιθύμητων εξωτερικών υδάτων από την καλλιέργεια (Π. Γ. Καρακατσούλης 1984).

Τα κύρια ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός αναχώματος είναι το αδιαπέρατο καθώς και η σταθερότητά του.

3. 2. 2. Τάφροι

3. 2. 2. 1 Στράγγιση σε σειρά παράλληλων ταφρών

Οι συνθήκες της σταθερής ροής κατά τη στράγγιση των εδαφών με κλειστούς ή ανοιχτούς αγωγούς δεν είναι συνηθισμένοι λόγω του ότι απαιτούν συνεχή και σταθερή παροχή από διήθηση του νερού της βροχής ή της άρδευσης καθώς επίσης και σταθερή αποχέτευση της παροχής αυτής με τους στραγγιστικούς αγωγούς. Πρακτικά σε κάθε τέτοια περίπτωση στράγγισης έχουμε συνθήκες ασταθούς ροής, που γίνονται αισθητές με την άνοδο ή την κάθοδο της στάθμης του υπόγειου νερού. Γενικά η θέση της υπόγειας στάθμης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Η παροχή από διήθηση εξαιτίας της βροχής ή της άρδευσης.
- Η υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους.
- Το βάθος και η ισαποχή των στραγγιστικών αγωγών.
- Το βάθος του αδιαπέρατου υποστρώματος.
- Η ανομοιογένεια και η ανισοτροπία του εδάφους.
- Η εξάτμιση και η διαπνοή των φυτών.
- Η βαθειά διήθηση.

Ο αριθμός και η φύση των παραπάνω παραγόντων καθώς και οι συνθήκες της ασταθούς ροής κάνουν τα προβλήματα των στραγγίσεων πολύπλοκα και είναι δύσκολη η μαθηματική τους ανάλυση. Για να μπορέσουμε να πετύχουμε μια κατά προσέγγιση επίλυση των προβλημάτων στραγγίσεων, συνήθως παραλείπουμε ορισμένους από τους παραπάνω παράγοντες και αποδεχόμαστε συνθήκες σταθερής ροής.

Στο σχήμα 3.1 παράλληλες τάφροι φθάνουν μέχρι το αδιαπέρατο υπόστρωμα και στην επιφάνεια του εδάφους υπάρχει μια ομοιόμορφη ένταση βροχής R που προέρχεται, είτε από φυσική βροχή, είτε από άρδευση. Η βροχή αυτή διηθείται εξολοκλήρου προς τα κάτω. Η φρεατική στάθμη βρίσκεται σε ισορροπία σε σχέση με τη βροχή. Έτσι η ποσότητα νερού που

πέφτει στην επιφάνεια μεταξύ των δυο τάφρων είναι ίση με την ποσότητα του νερού που παροχετεύετε στις δύο τάφρους και επειδή το πρόβλημα είναι συμμετρικό θα έχουμε:

$$R(L/2)=Q=\text{παροχή προς τάφρο.}$$

Το πλάτος της τάφρου b θεωρείται αμελητέο σε σχέση με την ισαποχή L των τάφρων.

Δεχόμαστε ότι το έδαφος είναι ομογενές και ισότροπο με συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας K . Η παροχή από την βροχή ή άρδευση είναι σταθερή και ομοιόμορφη και έχει τιμή q_0 ανά μονάδα επιφάνειας της οριζόντιας προβολής.

Η υπόγεια στάθμη δεν έχει μεγάλη καμπυλότητα, δηλαδή ισχύουν οι παραδοχές των D-F και η θέση της μ'αυτές τις συνθήκες είναι σταθερή με μέγιστο ύψος H_0 και μέγιστο βάθος h_0 , από το αδιαπέρατο υπόστρωμα.

Είναι φανερό ότι το κατακόρυφο επίπεδο, που διέρχεται από το μέσο της μεταξύ των τάφρων απόστασης είναι ένα διαχωριστικό επίπεδο του νερού. Το νερό που διηθείται δεξιά του επιπέδου αυτού ρέει προς τη δεξιά τάφρο, ενώ το νερό που διηθείται αριστερά ρέει προς την αριστερή τάφρο.

3. 2. 2. 2 τάφροι με πυθμένα πάνω από αδιαπέρατο υπόστρωμα

Στο σχήμα 3.2 βλέπουμε των πυθμένα της τάφρου να βρίσκεται σε απόσταση D πάνω από το αδιαπέρατο υπόστρωμα. Στην περίπτωση αυτή οι γραμμές ροής κοντά στην τάφρο είναι έντονα καμπυλόγραμμες και οι παραδοχές των D-F δεν ισχύουν. Πολλοί ερευνητές, μεταξύ των οποίων ο Ολλανδός S. B. Hooghoudt και ο Αμερικάνος Don Kirkham, πέτυχαν ικανοποιητικές κατά προσέγγιση λύσεις αυτού του προβλήματος, με τη χρησιμοποίηση της δυναμικής θεωρίας και ανώτερων μαθηματικών.

Για την επίλυση των προβλημάτων με πυθμένα πάνω από αδιαπέρατο υπόστρωμα οι ερευνητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες.

Η πρώτη με τον Don Kirkham, E. J. List, J. Wesseling, κ.α δε χρησιμοποιούν τις παραδοχές των D-F, αλλά καθορίζουν φυσικά μοντέλα τα οποία προσεγγίζουν την πραγματική κατάσταση και πετυχαίνουν ακριβείς μαθηματικές λύσεις των μοντέλων τους. Στη δεύτερη ομάδα στην οποία ανήκουν ο Τερζίδης, S. B. Hooghoudt, L. F. Ernst κ. α, χρησιμοποιούνται οι

παραδοχές των D-F για τη ροή μακριά από την τάφρο και τα φυσικά μαθηματικά μοντέλα για τη ροή κοντά στην τάφρο.

3. 2. 3 Τα δραίνα

Σ' ένα υπόγειο σύστημα αγωγών στραγγίσεων διακρίνουμε τρεις κατηγορίες αγωγών:

- Τριτεύοντες αγωγούς, που χρησιμεύουν βασικά για τον έλεγχο της υπόγειας στάθμης του νερού καθώς επίσης και για την συλλογή του νερού της βροχής.
- Δευτερεύοντες αγωγούς ή συλλεκτήρες (collectors), που συλλέγουν το νερό των τριτευόντων αγωγών.
- Κύριοι αγωγοί, οι οποίοι παίρνουν το νερό από τους δευτερεύοντες αγωγούς και το οδηγούν σε ένα φυσικό αποδέκτη (ποτάμι, θάλασσα, λίμνη), είτε με βαρύτητα, είτε με μηχανική άντληση έξω από τη στραγγιζόμενη περιοχή.

Το σύστημα στραγγίσεων αποτελείται κυρίως από τους εξής τύπους δραίνων:

- Ανοιχτά δραίνα
- Σωληνωτά δραίνα (πηλοσωλήνες, τσιμεντοσωλήνες, ή πλαστικοί σωλήνες που τοποθετούνται σε ένα ορισμένο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους).

Τα νερά της στράγγισης εισέρχονται μέσα σ' αυτούς από τα κενά μεσοδιαστήματα μεταξύ δυο διαδοχικών αγωγών, από ειδικές σχισμές ή και από τους πόρους του ίδιου του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένοι οι σωλήνες. Στη συνέχεια κατευθύνονται προς συλλεκτήριες τάφρους και από εκεί προς την κεντρική συλλεκτήρια τάφρο αποστραγγίσεως.

Ως δραίνα μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν υπόγειες στοές που διανοίγονται μέσα στο έδαφος με ειδικό μηχάνημα χωρίς καμία άλλη φροντίδα.

Οι πηλοσωλήνες έχουν συνήθως μήκος 30-33cm και εσωτερική διάμετρο 5,6,8,10 cm, ή και περισσότερο και τοποθετούνται μέσα σε τάφρους που διανοίγονται με ειδικά μηχανήματα. Ο πυθμένας τους καλύπτεται με αδρανές υλικό, ώστε να μπορεί το νερό να εισέρχεται εύκολα μέσα σε αυτούς. Μεταξύ

των σωλήνων αφήνεται κενό μεσοδιάστημα 3-6mm ανάλογα πάντα με την σταθερότητα του εδάφους.

Οι στραγγιστικοί σωλήνες από τσιμέντο σε σύγκριση με τους πηλοσωλήνες έχουν το πλεονέκτημα ότι έχουν μεγαλύτερη αντοχή στα φορτία που βρίσκονται πάνω από αυτούς καθώς επίσης έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Ένα ακόμα πλεονέκτημα των τσιμεντοσωλήνων είναι η δυνατότητα κατασκευής τους στον τόπο των έργων.

Οι σωλήνες από πλαστικό είναι πιο διαδεδομένοι τα τελευταία χρόνια. Έχουν μικρό κόστος τοποθέτησης και μεταφοράς, μειονεκτούν στο ότι το κόστος αγοράς τους είναι μεγαλύτερο από εκείνο των πηλοσωλήνων. Είναι κατασκευασμένοι από άκαμπτο χλωριούχο πολυβινύλιο (P. V. C) ή είναι εύκαμπτοι πλαστικοί τύπου «σπιδάλ» με οπές. Έχουν ανθεκτικότητα στην επίδραση οξέων, αλάτων, μικροοργανισμών κ. α., δυνατότητα ικανοποιητικής ευθυγραμμίσεως.

Οι άκαμπτοι πλαστικοί σωλήνες(σχήμα 3.1)φέρουν στην επιφάνειά τους οπές ή σχισμές για την είσοδο του νερού. Οι σχισμές αυτές μπορεί να είναι κάθετες ή παράλληλες προς τον άξονα του σωλήνα.

Για την προστασία από τον κίνδυνο εμφράξεων των σχισμών των σωλήνων στραγγίσεως από την ιλύ του εδάφους, κατά την τοποθέτησή τους, τους περιβάλλουν με μίγμα από χονδρόκοκκο υλικό ορισμένης κοκκομετρικής σύστασης που λειτουργεί ως προστατευτικό φίλτρο με αποτέλεσμα την αύξηση διάρκειας ζωής των σωλήνων (Π. Γ. Καρακατσούλης 1984-/ Γ. Α. Τερζίδης- Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου 1997).

3. 2. 3. 1. Σύγκριση ταφρών με σωληνωτά δραίνα

Οι τάφροι σε σύγκριση με τα σωληνωτά δραίνα παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα:

- Χρησιμεύουν για να στραγγίζουν το υπόγειο νερό, συγχρόνως όμως και για να αποχετεύουν τα επιφανειακά νερά της βροχής που δεν διηθούνται προς τον υπόγειο ορίζοντα.

- Η κλίση που απαιτείται για τη μεταφορά του νερού στις τάφρους είναι πολύ μικρότερη από ότι στα σωληνωτά δραίνα και κατά μέσο όρο 0,01% στις τάφρους και 0,1% στα σωληνωτά δραίνα
- Παρουσιάζουν εύκολη επίβλεψη στο στάδιο της λειτουργίας τους, σε αντίθεση με τα σωληνωτά δραίνα, όπου δεν είναι εύκολο να διαπιστώσουμε άμεσα την κακή λειτουργία τους και η διαπίστωση θα γίνει μετά από πολύ χρόνο από τα αποτελέσματα που θα έχει μια κακή στράγγιση στις καλλιέργειες.

Μειονεκτήματα:

- Έχουμε μεγάλη απώλεια γης στις τάφρους και ιδιαίτερα σε ασταθή εδάφη, όπου είμαστε υποχρεωμένοι να δώσουμε μεγάλη κλίση στα πρανή των ταφρών για να μην καταρρεύσουν.
- Ανάπτυξη υδρόβιων ζιζανίων και διαβρώσεις και επομένως συχνή και πολυδάπανη συντήρηση.
- Η καλλιεργούμενη γη χωρίζεται σε πολλά αγροτεμάχια από το σύστημα των ανοιχτών ταφρών και το γεγονός αυτό κάνει δύσκολη την επικοινωνία. Πρέπει να κατασκευαστούν γέφυρες ή μικροί σωληνωτοί οχετοί και έτσι αυξάνει το κόστος κατασκευής.

Σήμερα η γενική τάση είναι να κατασκευάζονται σαν τριτεύοντες αγωγοί τα σωληνωτά δραίνα και σαν συλλεκτήρες και κύριοι αγωγοί οι τάφροι.

3. 2. 4. Το αντλιοστάσιο

Σε ειδικές περιπτώσεις, όταν π. χ τα νερά της στράγγισης δεν μπορούν να απομακρυνθούν με φυσική ροή λόγω ελλείψεως διεξόδου ή μικρής κλίσης του εδάφους ή ακόμη, γιατί η ελεύθερη επιφάνεια του νερού μέσα στη συλλεκτήρια τάφρο βρίσκεται χαμηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας, τότε είναι απαραίτητη η εγκατάσταση αντλιοστασίου (σχήμα 3.2). Με το αντλιοστάσιο τα νερά της στράγγισης αντλούνται και στη συνέχεια απορρίπτονται στη θάλασσα; Ή σε άλλο σημείο που υπάρχει διέξοδος.

3. 3. Σχήματα στραγγιστικών δικτύων

3. 3. 1 Γενικό σχήμα στραγγιστικού δικτύου

Όταν θέλουμε να εξετάσουμε ένα θεωρητικό δίκτυο, το οποίο να προορίζεται να προστατεύει από κάθε ανεπιθύμητη υγρασία μία συγκεκριμένη περιοχή, φροντίζουμε να περιλαμβάνει:

- Την περιφερειακή τάφρο, η οποία έχει ως αποστολή της να παρεμποδίζει την είσοδο των προερχόμενων από γειτονικές περιοχές επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων στην υπό στράγγιση περιοχή.
- Την πρωτεύουσα συλλεκτήρια τάφρο που συγκεντρώνει τα νερά των δευτερευουσών ταφρών.
- Τις δευτερεύουσες τάφρους που συγκεντρώνουν τα νερά των τριτευουσών ταφρών.
- Τις τριτεύουσες τάφρους που, ανάλογα με την περίπτωση, συγκεντρώνουν τα νερά από την υπό στράγγιση περιοχή απευθείας ή μέσω άλλων μικρότερων ταφρών ή δραινών σε τρόπο, ώστε η στάθμη του υπόγειου νερού να παραμένει σε τέτοιο επίπεδο, ώστε να μην προκαλείται ζημία στη γεωργική περιοχή.
- Τον αγωγό συνδέσεως της κύριας συλλεκτήριας τάφρου με την κοίτη ενός φυσικού αποδέκτη, που θα οδηγήσει τα ύδατα της στραγγίσεως μακριά από την στραγγιζόμενη περιοχή.

Ένα στραγγιστικό δίκτυο μπορεί να αποτελείται μόνο από ανοιχτούς αγωγούς ή το πλέον σύνηθες είναι να αποτελείται από ένα συνδυασμό ταφρών και υπογείων αγωγών(δραινών).

3. 3. 2 Τυπικό σχήμα στραγγιστικού δικτύου με τάφρους

Στην περίπτωση αυτή οι τάφροι διακρίνονται σε κύριες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες και χαράζονται παράλληλα προς τις αντίστοιχες διώρυγες του αρδευτικού δικτύου. Συμβολίζονται με **T** , και οι διώρυγες με **Δ**. Παράδειγμα μηχανισμών μιας ονοματολογίας των ταφρών και των διωρύγων θα μπορούσαν να είναι τα εξής:

- 1T, 2T...=n 1n, n 2n....πρωτεύουσα τάφρος.

- $1T_1, 1T_2 \dots = n \ 1n, n \ 2n \dots$ = δευτερεύουσα τάφρος που καταλήγουν στην πρωτεύουσα τάφρο
- $1T_{11}, 1T_{12} \dots = n \ 1n, n \ 2n \dots$ = τριτεύουσα τάφρος που καταλήγουν στην πρώτη δευτερεύουσα τάφρο, της πρώτης τριτεύουσας τάφρου.

Η μορφή του παρακάτω σχήματος(σχήμα 3.4) είναι μια ιδανική περίπτωση όσον αφορά την κλίση του εδάφους και των υπολοίπων συνθηκών. Πολλές φορές όμως, στην πράξη, το ανάγλυφο και η σύσταση του εδάφους της περιοχής, η στάθμη του υπόγειου νερού καθώς της και η υγρότητα των διαφόρων ζωνών της υπό στράγγισης περιοχής επιβάλουν κάποιες τροποποιήσεις και προσαρμογές στην τελική μορφή του στραγγιστικού δικτύου.

3. 3. 3 Τυπικά σχήματα στραγγιστικών δικτύων με υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς

Η στραγγιστική αυτή μέθοδος βασίζεται στην τοποθέτηση μέσα στο έδαφος, σε ορισμένο βάθος και ισαποχή ανάλογα με την περίπτωση, σωληνωτών αγωγών από πλαστικό, μπετόν, πηλό, με σκοπό τη στράγγιση και τον αερισμό του εδάφους στο επιθυμητό βάθος. Οι σωληνωτοί αγωγοί οδηγούν τα νερά της στράγγισης είτε μέσα σε συλλεκτήριους υπόγειους αγωγούς με μεγάλη διάμετρο είτε, μέσα σε δευτερεύουσες τάφρους, που είναι και το πλέον σύνηθες.

Οι μικροί σωληνωτοί αγωγοί τοποθετούνται σε παράλληλες γραμμές, η ισαποχή και το βάθος των οποίων καθορίζεται ύστερα από μελέτη του δικτύου. Το στόμιο εκροής των αγωγών αυτών στις δευτερεύουσες τάφρους πρέπει να βρίσκεται 15 έως 20cm πάνω από τη μέση στάθμη του νερού μέσα σ' αυτές. Στο σχήμα 3.5 φαίνεται μια τυπική διάταξη σωληνών(δραίνα) σε παράλληλες γραμμές.

Όταν η απομάκρυνση του νερού από το υπό στράγγιση έδαφος δεν κατανέμεται ομοιόμορφα μέσα στο έδαφος αλλά βρίσκεται σε περίσσεια συγκεντρωμένο σε ορισμένες ζώνες, τότε η τοποθέτηση των αγωγών σωληνών θα είναι ακανόνιστη και όχι παράλληλη(σχήμα 3. 6)

Μια άλλη τυπική διάταξη δικτύου με δραίνα είναι αυτή που τα δραίνα εκβάλλουν σε δευτερεύουσες συλλεκτήριες τάφρους, οι οποίες στη συνέχεια εκβάλλουν σε πρωτεύουσα τάφρο. Η τάφρος αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί και ως ο κύριος συλλεκτήριος αγωγός, αν το δίκτυο δεν περιλαμβάνει άλλο σημαντικότερο από αυτόν. Στην περίπτωση αυτή η τάφρος εκβάλλει κατευθείαν στο φυσικό αποδέκτη απομακρύνσεως των υδάτων της στραγγίσεως από την περιοχή(σχήμα 3. 7).

Άλλες τυπικές διατάξεις σωληνωτών υπόγειων αγωγών με μικρότερη εφαρμογή και ενδιαφέρον είναι:

- Διάταξη ψαροκόκαλο: χρησιμοποιείται για μικρές εκτάσεις που βρίσκονται εκατέρωθεν μιας φυσικής μισγαγκείας. Δεν ενδείκνυται για μεγάλες εκτάσεις.
- Διάταξη σχάρας: η στράγγιση γίνεται μόνο από τη μία πλευρά. Είναι αναπόφευκτη η διπλή στράγγιση σε μια μικρή ζώνη παράλληλη προς το συλλεκτήριο αγωγό.
- Διάταξη σχάρας με διπλό συλλεκτήριο αγωγό: η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται όταν τοποθετούνται δυο συλλεκτήριοι αγωγοί αντί για έναν στο κέντρο της μισγαγκείας.

3. 4. βάθος και ισαποχή αγωγών στραγγίσεων

Το βάθος και η ισαποχή των αγωγών στραγγίσεως είτε πρόκειται για τάφρους είτε για υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς αποτελούν μεγέθη στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Έχει πλέον αποδειχτεί ότι η πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού εξαρτάται από τον αριθμό αγωγών στραγγίσεως σε συνδυασμό με το μικρότερο ή μεγαλύτερο βάθος που έχουν τοποθετηθεί οι αγωγοί στο έδαφος. Δηλαδή όσο μεγαλώνει το βάθος, τόσο μεγαλώνει και η ισαποχή και κατά συνέπεια χρειάζεται μικρότερος αριθμός αγωγών στραγγίσεως, ενώ αντίθετα όσο μικραίνει το βάθος τόσο μικραίνει η ισαποχή και κατά συνέπεια χρειάζεται μεγαλύτερος αριθμός αγωγών.

Κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις έχει τα πλεονεκτήματά της αλλά και τα μειονεκτήματά της. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι όσο μεγαλώνει η ισαποχή τόσο η στράγγιση γίνεται βραδύτερη και πιο ανομοιόμορφη, ενώ η συντήρηση των τάφρων με μεγάλο βάθος είναι δυσκολότερη και έχει

μεγαλύτερο κόστος. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι σε αυτή την περίπτωση η έκταση που καταλαμβάνει το δίκτυο των ταφρών και η δαπάνη κατασκευής είναι μικρότερη, ενώ η κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων γίνεται ευκολότερα.

Δίκτυο με μικρότερη ισάποχή σημαίνει μικρότερο βάθος και μεγαλύτερο αριθμό ταφρών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται γρηγορότερη και πιο ομοιόμορφη στράγγιση, ενώ η συντήρηση των ταφρών είναι ευκολότερη, καθώς και πιο οικονομική αν και το συνολικό μήκος τους αυξάνεται κατά πολύ. Στην περίπτωση αυτή χάνεται μεγάλη έκταση καλλιεργούμενης γης εξαιτίας του μεγάλου αριθμού των ταφρών ενώ η κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων γίνεται δυσκολότερη.

Πολλά από τα παραπάνω μειονεκτήματα παύουν να υπάρχουν όταν χρησιμοποιούνται για στράγγιση υπόγειοι σωληνωτοί αγωγοί. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει θέμα απώλειας καλλιεργήσιμης έκτασης ούτε θέμα κυκλοφορίας γεωργικών μηχανημάτων εφόσον, ληφθούν υπόψη κατά τους υπολογισμούς η αντοχή των αγωγών και τα κινητά φορτία στην επιφάνεια του εδάφους. Παρόλα αυτά εξακολουθούν να υπάρχουν τα θέματα της ομοιομορφίας και της διάρκειας της στράγγισης καθώς επίσης ο κίνδυνος του παγώματος του νερού μέσα στους αγωγούς όταν οι τελευταίοι βρίσκονται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους.

3. 4. 1. Βάθος αγωγών στραγγίσεων

Το άριστο βάθος στραγγίσεως για να έχουμε τον καλύτερο αερισμό του εδάφους αλλά και να επιτρέπει την σωστή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών, εξαρτάται τόσο από την εκάστοτε καλλιέργεια όσο και από την σύσταση του εδάφους. Ο ασφαλέστερος τρόπος καθορισμού του βάθους στραγγίσεως είναι το πείραμα και η παρατήρηση. Γενικά το βάθος για τις συνήθεις καλλιέργειες των φυτών κυμαίνεται μεταξύ 0,70-1,50m. Από τις σχετικές εργασίες διαφόρων επιστημόνων για το ενδεδειγμένο βάθος στραγγίσεως, στον πίνακα 3.1, αναφέρονται τα αποτελέσματα των εργασιών του Ρώσου Tcherkassov

Πίνακας 3.1

Ενδειγμένο βάθος στραγγίσεως σε m

Καλλιέργειες	Τυρφώδη εδάφη	Αμμώδη κ ιλοαμμώδη εδάφη	Πηλώδη εδάφη	Αργιλώδη εδάφη
Μίγμα βίκου, βρώμης για χόρτο, λίνου, μονοετή χορτοδοτικά φυτά	0,50-0,60	0,40-0,50	0,45-0,60	0,50-0,55
Πολυετή χορτοδοτικά φυτά για παραγωγή ξηρής τροφής	0,60-0,70	0,45-0,60	0,55-0,70	0,50-0,65
Πολυετή χορτοδοτικά φυτά για βοσκή	0,80-0,90	0,50-0,70	0,70-0,90	0,80-0,85
Σιτηρά	0,70-0,90	0,50-0,65	0,60-0,80	0,70-0,75
Πατάτες, κονδυλόριζα	0,80-0,90	0,55-0,80	0,70-1,00	0,80-0,90
Πάρα πολλά κηπευτικά	0,75-0,85	0,50-0,75	0,70-0,90	0,70-0,85
Κάνναβη, μποστανικά	0,80-1,00	0,60-0,85	0,80-1,00	0,85-0,95
Οπωροφόρα δένδρα	1,00-1,25	0,80-0,95	0,90-1,20	1,00-1,10

Σαν γενική παρατήρηση στα δεδομένα του πίνακα πρέπει να αναφερθεί ότι άλλοι ερευνητές βρήκαν μεγαλύτερα βάθη για τα οπωροφόρα δένδρα (Lewis, Work) και μικρότερα για ορισμένες κηπευτικές καλλιέργειες (Nicholson, First)

Λόγω αυτών των διαφορών επικράτησαν προσεγγιστικές τιμές για μεγάλες κατηγορίες φυτών, π. χ. βάθος 1,00-1,50m για το οπωροφόρα και 0,40-0,50m για τις κηπευτικές καλλιέργειες.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι όταν δίνονται δύο τιμές βάθους, είναι προτιμότερο να λαμβάνεται η μεγαλύτερη τιμή, γιατί τα μεγαλύτερα βάθη συγκεντρώνουν ορισμένα χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα όπως:

- Αερισμός και δυνατότητα καλλιέργειας σε μεγαλύτερο βάθος
- Δυνατότητα αναπτύξεως του ριζικού συστήματος σε παχύτερο στρώμα εδάφους
- Οικονομικότερη και ποιοτικά καλύτερη στράγγιση γιατί στραγγίζει σε μεγαλύτερο βάθος
- Ασήμαντο ποσοστό εμφράξεως από διεισδύσεις των ριζών και
- Καλύτερη προστασία από τους παγετούς.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι όλα τα παραπάνω ισχύουν μέχρι ορισμένων ορίων και εφόσον το έδαφος είναι ομοιογενές. Αν το υπέδαφος είναι σκληρό, συμπαγές ή και βραχώδες, η βαθιά στράγγιση χάνει τα πλεονεκτήματά της. Θα πρέπει να παρθούν μέτρα σε ειδικές περιπτώσεις, όπως:

- Όταν το έδαφος είναι σχεδόν οριζόντιο, είναι απαραίτητο να δοθεί ελάχιστη επιτρεπτή κλίση στα δραίνα ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία τους.
- Όταν το έδαφος είναι υδατοπερατό και το υπέδαφος αδιαπέρατο και, εφόσον το υπέδαφος δε βρίσκεται πολύ βαθιά, συνιστάται η τοποθέτηση των δραίνων να γίνεται πάνω στο υπέδαφος.
- Όταν το έδαφος είναι τυρφώδες, πρέπει να αναζητείται κάποια στερεή ζώνη πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν τα δραίνα. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται ο κίνδυνος αποσυνδέσεως ή υποχωρήσεως τους δεδομένου ότι τα τυρφώδη εδάφη όταν ξεραίνονται υφίστανται συνίζηση που φτάνει το 1/5 με 1/6 του βάθους στραγγίσεως που δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1,20m

3. 4. 2 Ισαποχή των αγωγών στραγγίσεως

Για τον προσδιορισμό της ισαποχής των αγωγών στραγγίσεως έχουν διατυπωθεί πολλές σχέσεις και τύποι που κατά βάση στηρίζονται στη μαθηματική ανάλυση της κίνησης του νερού διαμέσου του εδάφους προς τους

αγωγούς στραγγίσεως. Η κίνηση αυτή μπορεί να γίνεται με σταθερό ή μεταβλητό υδραυλικό φορτίο.

Στην περίπτωση που γίνεται με σταθερό υδραυλικό φορτίο λέμε ότι έχουμε *σταθερή ροή*, που σημαίνει ότι η στάθμη του υπόγειου νερού μένει σταθερή στο χρόνο ή ότι υπάρχει μια σχέση ισορροπίας μεταξύ του νερού που εμφανίζεται φυσικά ή τεχνητά στον αγρό και το νερό που απομακρύνεται με τους αγωγούς στράγγισης.

Στην περίπτωση, τώρα, που έχουμε μεταβλητό υδραυλικό φορτίο λέμε ότι έχουμε *ασταθή ροή*, που σημαίνει ότι η στάθμη του υπόγειου νερού μεταβάλλεται στο χρόνο και κατά συνέπεια μεταβάλλεται και η ροή του νερού προς τους αγωγούς στράγγισης. Η ασταθής ροή αποτελεί τον κανόνα στα υδρευόμενα εδάφη και σε περιοχές που επικρατούν βροχές μικρής διάρκειας και μεγάλης έντασης.

Στον πίνακα 3.2 δίνεται ενδεικτική ισαποχή των δραίνων σε εδάφη με κλίση κατά τον Gerhardt, ο οποίος αναφέρεται μόνο σε στράγγιση που γίνεται με δράινα, τοποθετημένα σε κανονικό βάθος και κάθετα προς τη μέγιστη κλίση του εδάφους. Ο ίδιος επιστήμονας έδωσε, για τις ίδιες κατηγορίες εδαφών την ισαποχή των δραίνων και για τοποθέτησή τους παράλληλα προς την κλίση του εδάφους. Τόσο η θεωρία όσο και η πράξη κατέδειξαν ότι η πιο αποτελεσματική στράγγιση γίνεται με την κάθετη τοποθέτηση των δραίνων προς την κλίση του εδάφους. Αυτό γίνεται πρώτον γιατί επιτρέπουν την γρήγορη εκκένωση των νερών που μεταφέρουν λόγω της μεγάλης παροχетеυτικότητας του συλλεκτήριου αγωγού, ο οποίος τοποθετείται κατά την έννοια της μέγιστης κλίσης του εδάφους με αποτέλεσμα τη συντόμευση της διάρκειας απομακρύνσεως των υδάτων από το έδαφος και τη μείωση του κινδύνου εμφράξεως των εκβολών των δραίνων κατά μήκος του συλλεκτήριου αγωγού. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι η ακτίνα δράσεως των δραίνων είναι μεγαλύτερη και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του αριθμού των δραίνων και κατά συνέπεια τη μείωση του συνολικού μήκους τους ανά στρέμμα, δεδομένου ότι μπορούν να εξυπηρετήσουν μεγαλύτερες επιφάνειες.

Εξάλλου η διάταξη αυτή τέμνει κάθετα τις γραμμές ροής και αυτό σημαίνει πλήρη αποδοτικότητα των τριτεουσών διωρύγων που μπορεί να είναι δράινα ή τάφροι.

Πίνακας 3. 2

Ενδεικτική ισαποχή των δραίνων σε εδάφη με κλίση $i > 0,0033(m/m)$

Κατηγορίες εδάφους	Ισαποχή σε(m)
Αργιλώδη συμπιεσμένα εδάφη που περιέχουν πάνω από 75% στοιχεία αργίλου που κατά τη μηχανική ανάλυση του εδάφους παραμένουν αιωρούμενα μέσα στο νερό	10-15
Συνήθη αργιλώδη εδάφη με 75-50% στοιχείων αργίλου	10-15
Συμπιεσμένα εδάφη με 50-40% στοιχείων αργίλου	12-18
Συνήθη εδάφη με 40-30%στοιχείων αργίλου	14-21
Αμμώδη εδάφη με 30-20% στοιχείων αργίλου	17-25
Αμμώδη εδάφη με λίγη άργιλο, περιέχοντας 20-10% στοιχείων αργίλου	21-30
Συνήθη αμμώδη εδάφη με λιγότερο από 10% σε στοιχεία αργίλου	25-35

Οι τιμές που δίνονται γενικά στον παραπάνω πίνακα βασίζονται στην ταξινόμηση των αναφερομένων εδαφών ανάλογα με τη μετρηθείσα διαπερατότητά τους, της οποίας το μέγεθος επηρεάζεται από την ποσότητα των στοιχείων αργίλου και άμμου που περιέχονται στο έδαφος καθώς και από τη λεπτότητα αυτών των στοιχείων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ισαποχές που αναφέρονται στον πίνακα 3.2 αυξάνουν με την διαπερατότητα και με την κλίση του εδάφους. Πάντως πολύ σπάνια παρατηρείται ισαποχή μικρότερη των 10μέτρων.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι για βάθος αγωγών που κυμαίνεται από 0,80-1,20m η ισαποχή των υπόγειων αγωγών στραγγίσεως μπορεί ανάλογα με την ειδική περίπτωση να κυμαίνεται από 8-12m για

συμπιεσμένα εδάφη, από 12-16m για συνήθη εδάφη, από 16-20m για αμμώδη εδάφη με λίγη άργιλο και πάνω από 30m για τυρφώδη εδάφη.

3. 5 Χάραξη τάφρων

3. 5. 1 Περιφερειακή ή περιμετρική τάφος

Η χάραξη αυτής της τάφρου, η οποία μπορεί να είναι συνεχείς ή διακεκομμένη ανάλογα με τον κίνδυνο κατακλύσεως της περιοχής από επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα γειτονικών περιοχών, ακολουθεί, με κάποια κλίση, τα όρια της περιοχής και έχει καθορισμένη θέση. Τα νερά ορισμένων τμημάτων της περιφερειακής τάφρου μπορεί να διοχετεύονται στον κύριο συλλεκτήριο αγωγό του δικτύου, ενώ άλλα καταλήγουν απευθείας στον αγωγό συνδέσεως του κύριου αγωγού με το φυσικό αποδέκτη. Στην περίπτωση που η περιοχή γειτνιάζει με την θάλασσα, η περιφερειακή τάφος χαράζεται παράλληλα προς το προστατευτικό ανάχωμα με κλίση που καταλήγει στο πιο χαμηλό σημείο, όπου συγκεντρώνονται τα νερά, για να αντληθούν στη συνέχεια και να καταλήξουν στη θάλασσα.

3. 5. 2 Τριτεύουσες τάφροι

Οι τριτεύουσες τάφροι χαράζονται κάθετα προς την κλίση του εδάφους με μια ελαφριά κλίση από τις ισοϋψείς καμπύλες του. Η διάταξη αυτών των ταφρών είναι η ενδεδειγμένη και δικαιολογείται γιατί τέμνουν σε όλο το μήκος τους τις γραμμές ροής, γεγονός που τις καθιστά καθ' όλα ενεργές. Επίσης δέχονται τα νερά που απορρέουν πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, μετά από βροχή η ένταση της οποίας είναι μεγαλύτερη από την διηθητικότητα του εδάφους, είτε λόγω της τυχόν μεγάλης κλίσεως του εδάφους που ευνοεί το σχηματισμό απορροής.

3. 5. 3 Δευτερεύουσες τάφροι

Η τοποθέτηση των δευτερευουσών ταφρών, οι οποίες αποτελούν τον αποδέκτη των υδάτων των τριτευουσών ταφρών, και λόγω του ότι οι

τριτεύουσες τάφροι τοποθετούνται κατά τις ισούψεις καμπύλες του εδάφους, να γίνει κατά την κλίση του εδάφους.

3. 5. 4 Πρωτεύουσες τάφροι

Οι πρωτεύουσες τάφροι, σκοπός των οποίων είναι η συγκέντρωση των υδάτων των δευτερευουσών ταφρών, τοποθετούνται κατά τις ισούψεις καμπύλες του εδάφους με κάποια κλίση προς αυτές, έτσι ώστε να διοχετεύονται τα ύδατα προς τον κύριο συλλεκτήριο αγωγό.

3. 5. 5 Κύριος συλλεκτήριος αγωγός

Ο αγωγός αυτός ακολουθεί την κλίση του εδάφους και τοποθετείται στη μισγάγκεια της περιοχής, με σκοπό να συγκεντρώνει τα νερά και από τις δυο πλευρές της. όταν στη περιοχή δεν υπάρχει ξεκάθαρα σχηματισμένη μισγάγκεια, ο κύριος αγωγός χαράζεται πάλι προς την κλίση του εδάφους και τοποθετείται συνήθως στο κέντρο της περιοχής, ώστε τα μήκη των εκατέρωθεν αυτού πρωτευουσών ταφρών να μην είναι μεγάλα και δυσανάλογα.

3. 5. 6 Αγωγός σύνδεσης με τον φυσικό αποδέκτη

Ο αγωγός αυτός αποτελεί συνέχεια του κύριου αγωγού και καταλήγει στο φυσικό αποδέκτη που μπορεί να είναι η κοίτη ενός χειμάρρου ή ενός ποταμιού ή θάλασσα, κ. α.

3. 6 Χάραξη υπόγειων αγωγών

3. 6. 1 Δράινα

Η χάραξη των δραίνων γίνεται εγκάρσια προς την κλίση του εδάφους. Η κλίση των δραίνων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να επιτρέπει την απρόσκοπτη διοχέτευση των υδάτων που στραγγίζονται προς το συλλεκτήριο αγωγό, με τον οποίο και πρέπει να σχηματίζουν γωνία μεταξύ 30° - 60° . Πολλές φορές τα

δραίνα εκβάλλουν απευθείας σε στραγγιστική τάφρο. Στην προκειμένη περίπτωση πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε τα στόμια των δραίνων να βρίσκονται 15-20cm πάνω από τη μέση στάθμη του νερού μέσα στην τάφρο.

3. 6. 2 Συλλεκτήριοι αγωγοί

Οι συλλεκτήριοι αγωγοί έχουν συνήθως διάμετρο τρεις φορές μεγαλύτερη από τη διάμετρο των δραίνων. Τοποθετούνται κατά την έννοια της κλίσης του εδάφους. Τα νερά των συλλεκτήριων αγωγών καταλήγουν σε κάποια στραγγιστική τάφρο, η οποία μπορεί να μεταφέρει τα νερά αυτά μακριά από την υπό στράγγιση περιοχή.

Πρέπει να γίνει γνωστό ότι η στράγγιση με υπόγειους σωληνωτούς αγωγούς ποτέ δεν είναι αμιγής. Είναι πάντα συνδυασμένη με δίκτυο ταφρών. Πολλές φορές και καθαρά για οικονομικούς λόγους περιορίζεται το τριτεύον δίκτυο, ενώ σπάνια περιλαμβάνει και συλλεκτήριους σωληνωτούς αγωγούς.

Είτε πρόκειται για στραγγιστικό δίκτυο ταφρών, είτε ταφρών και δραίνων, εκείνο που πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερα υπόψη κατά την χάραξη του δικτύου είναι η επιδίωξη των ελάχιστων κλίσεων σε όλες τις κατηγορίες των αγωγών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε μικρότερα βάθη και κατά συνέπεια οικονομικότερο στραγγιστικό δίκτυο. Μεγάλες σχετικά κλίσεις στο τριτεύον δίκτυο, μπορεί να εξασφαλίζουν γρηγορότερη στράγγιση του εδάφους στο επιθυμητό βάθος, συνεπάγονται όμως βαθύτερο δευτερεύον δίκτυο μεγάλου κόστους. Με τον όρο «ελάχιστη κλίση» εννοείται εκείνη που επιτρέπει την απομάκρυνση των πληθωρικών νερών μέσα σε μια χρονική διάρκεια που εξαρτάται από την αντοχή των φυτών σε κατάκλυση και δεν υποβιβάζει την ανάπτυξη τους.

3. 6. 3 Στοιχεία ταφρών και δραίνων

Ρόλος του δικτύου ταφρών και δραίνων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι η απομάκρυνση των πλεοναζόντων νερών που σχηματίζονται στην υπό στράγγιση περιοχή μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Τα πλεονάζοντα αυτά νερά μπορούν να εκφραστούν ως ύψος υδατίνου στρώματος, σε cm ή mm, επάνω στην επιφάνεια της υπο

στράγγιση περιοχής. Το υψος του υδάτινου στρώματος, που μπορεί να απομακρυνθεί από το δίκτυο σε ένα 24ωρο, καλείται και συντελεστής στραγγίσεως.

Πίνακας 3. 3

Αντιστοιχία συντελεστών στραγγίσεως σε mm/24ωρο και παροχής q σε l/s ha.

Συντελεστή mm/24ωρο	Q(l/s ha)	Συντελεστής mm/24ωρο	Q(l/s ha)
1	0.0116	10	0.1160
2	0.0232	11	0.1276
3	0.0348	12	0.1392
4	0.0464	13	0.1508
5	0.0508	14	0.1624
6	0.0696	15	0.1740
7	0.0812	20	0.2320
8	0.0928	25	0.2900
9	0.1044	30	0.3480

3. 6. 4 κλίσεις ταφρών και δραίνων και οριακές ταχύτητες του νερού

Οι κλίσεις του πυθμένα των ταφρών είναι κατά κανόνα μικρές και συνήθως κυμαίνονται μεταξύ 0,15 και 1m/km, εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπου μπορεί να είναι και μεγαλύτερες. Καθοριστικό ρόλο για την κλίση των ταφρών έχουν οι μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες του νερού μέσα σε αυτές σε τρόπο, ώστε να μην προκαλείται διάβρωση τόσο ου πυθμένα όσο και των πρανών τους. Οι ταχύτητες αυτές δεν πρέπει να είναι πολύ μικρές, γιατί υπάρχει κίνδυνος προσχώσεων και εμφράξεως των δραίνων με βαριές οικονομικές συνέπειες, τόσο για τη γεωργική παραγωγή, λόγω πλημμελούς λειτουργίας του στραγγιστικού δικτύου, όσο και για τον καθαρισμό τους.

Στον πίνακα 3.4 δίνονται οι επιτρεπτές ταχύτητες βάση του M. Poiree και του C. Ollier, ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους.

Πίνακας 3.4

Επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής του νερού μέσα σε τάφρους.

Σύσταση εδάφους	Ταχύτητες(m/sec)		
	Στην επιφάνεια	Στον πυθμένα	Μέση ταχύτητα
Άργιλοι μαλακοί	0,30	0,16	0,23
Άμμος	0,60	0,31	0,46
Χαλίκια	1,22	0,70	0,96

Οι κλίσεις των δραίνων κυμαίνονται επίσης μεταξύ ορισμένων ορίων, ώστε οι ταχύτητες ροής μέσα σε αυτά να μην επιτρέπουν την εναπόθεση φερτών υλικών ή την αύξηση τους, γιατί έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του βάθους τοποθέτησεως των αγωγών, αλλά και ολόκληρου του στραγγιστικού δικτύου με δυσανάλογη αύξηση του κόστους του έργου.

3. 6. 5 Κλίσεις και σχήματα ταφρών

Οι κλίσεις των πρανών μιας τάφρου αποτελούν ίσως το βασικότερο πρόβλημα γιατί είναι κάτι που επηρεάζει άμεσα το κόστος κατασκευής του έργου. Η κλίση των πρανών ακολουθεί μια αυξανόμενη πορεία από τα αδρομερή προς τα συνεκτικά λεπτόκοκκα εδάφη. Μεγάλο πρόβλημα για την κατασκευή των ταφρών είναι η μεταφορά και η διάστρωση των υλικών της εκσκαφής, τα οποία λόγω του κόστους μεταφοράς, διαστρώνονται εκατέρωθεν της τάφρου με συνέπεια τη μερική μείωση της γονιμότητας των εδαφών στη ζώνη αυτή για 2-3 χρόνια, ανάλογα πάντα με την καλλιέργεια και τη λίπανση που θα εφαρμοστούν.

Πίνακας 3.5

Κλίσεις πρανών για βασικές κατηγορίες εδαφών.

Κατηγορία εδάφους	Ενδεικτική κλίση πρανών Βάση /ύψος
Αμμώδη	2 ή 2,5/1
Πηλώδη	1,5 ή 1,75/1
Αργιλώδη	1 ή 1,25/1

Το σχήμα της διατομής των ταφρών είναι, κατά κανόνα ισοσκελές τραπέζιο και σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις, κυρίως σε μικρές τάφρους, τριγωνικό.

Αν η καλλιέργεια σε μια συγκεκριμένη περιοχή επιβάλλει την τοποθέτηση του επάνω άκρου των δραίνων σε βάθος 0,80m, τότε για μήκος δραίνων ίσο με 200m και με κλίση ίση με 0,035% η εκβολή στο κάτω άκρο τους θα βρίσκεται σε βάθος 0,87m(βάση της σχέσης της οικονομικής διατομής).

Βιβλιογραφία

- 1.Καρακατσούλη Γ. Παναγιώτου αρδεύσεις-στραγγίσεις, Αθήνα 1984.
2. Παπαζαφειρίου Γ. Ζαφείρη αρχές και πρακτική των αρδεύσεων, Θεσσαλονίκη 1997.
3. Τζιμόπουλος Δ. Χρήστος στραγγίσεις-υδραυλική φρεάτων, Θεσσαλονίκη 1997.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

4.1 Δειγματοληψία

Στην προσπάθεια να διερευνηθούν οι πιθανές διαφορές στις ιδιότητες του εδάφους ανάμεσα σε καλά στραγγιζόμενα και μη στραγγιζόμενα εδάφη έγινε δειγματοληψία εδαφους από την περιοχή των Σερρών. Περιοχή με καλά στραγγιζόμενα εδάφη επιλέχθηκε η περιοχή του Αχινού και για μη στραγγιζόμενα εδάφη η περιοχή της Μαυροθάλασσας. Οι περιοχές αυτές επιλεχθήκαν με βάση τις πληροφορίες που δόθηκαν από τον Γ. Ο. Ε. Β. Σερρών.

Η δειγματοληψία έγινε από καλλιεργούμενα εδάφη. Το δείγμα για καλά στραγγιζόμενα εδάφη πάρθηκε από έκταση στην οποία καλλιεργείται βαμβάκι ενώ για τα μη στραγγιζόμενα εδάφη το δείγμα πάρθηκε από έκταση στην οποία καλλιεργούνται κερασιές.

Για την μελέτη εξετάστηκαν τέσσερα χωράφια, δυο καλά στραγγιζόμενα και δυο μη στραγγιζόμενα, από τα οποία πήραμε τέσσερα δείγματα(ένα από το καθένα).

Η δειγματοληψία έγινε σε σχήμα Z για να καλυφθεί όλη η επιφάνεια του χωραφιού. Τα εδαφικά δείγματα πάρθηκαν με δειγματολήπτη σε βάθος 15cm(επιφανειακό δείγμα).

Τα εδαφικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε διάφανα πλαστικά σακουλάκια όπου τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό μέρος είχαν τοποθετηθεί ταμπέλες για τον διαχωρισμό της ταυτότητας τους.

4.2 Υλικά και μέθοδοι εργασίας

4.2.1 εργαστηριακές αναλύσεις.

Αμέσως μετά την δειγματοληψία τα εδαφικά δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδικό χώρο στη Διεύθυνση Γεωργίας Σερρών όπου και θα γινόταν οι εργαστηριακές αναλύσεις.

Πριν τις αναλύσεις στα εδαφικά δείγματα έγινε η κατάλληλη προετοιμασία, που περιλάμβανε:

1. αεροξήρανση σε φυσικό χώρο
2. θρυμματισμό

3. κοσκίνιση με κόσκινο των 2mm για δημιουργία ψηλής άμμου.

A) Μηχανική ανάλυση

Αντιδραστήρια:

Μεταφωσφοτικό νάτριο, pH =8,3. διαλύονται σε 35,7g NaPO₃ σε ένα λίτρο H₂O.

Υλικά και όργανα:

Αναμήκτης Βουγιούκου, ογκομετρικός κύλινδρος 100ml, κύλινδροι μηχανικής ανάλυσης, πυκνόμετρο, θερμομέτρο.

Μεθοδολογία:

Η μηχανική ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων, από την οποία καθορίζεται η κοκκομετρική τους σύσταση, έγινε με τη μέθοδο του Βουγιούκου (bouyoukos, 1951). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, έγινε διασπορά του εδαφικού δείγματος (50g εδάφους), γνωστού ξηρού βάρους, σε μία στήλη ύδατος(200ml H₂O και 40ml NaPO₃) και η πυκνότητα του αιωρήματος(g/L) μετρήθηκε σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα(η πρώτη μέτρηση έγινε μετά από 40 δευτερόλεπτα και η δεύτερη μετά από 2 ώρες). Επειδή τα περισσότερα χονδρότερα υλικά καθιζάνουν ταχύτερα απ'ότι τα λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά(νόμος stokes) επιλέχθηκαν οι χρόνοι μέτρησης της πυκνότητας έτσι ώστε να έχουν καθιζήσει η άμμος και μετά η άμμος και η ιλύς (η άργιλος παραμένει σε αιώρηση). Κατόπιν υπολογίσθηκε η εκατοστιαία αναλογία άμμου, ιλύος και αργίλου στο έδαφος, από τους τύπους:

$$\text{Άμμος(\%)}=100-2*\text{πρώτη ένδειξη}$$

$$\text{Άργιλος(\%)}=2*\text{δευτερη ένδειξη}$$

$$\text{Ιλύς(\%)}=2*(\text{πρώτη-δευτερη ένδειξη})$$

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί ένα πυκνόμετρο(υδρόμετρο Βουγιούκου) για τη μέτρηση της πυκνότητας του αιωρήματος εδάφους-ύδατος. Η πυκνότητα εξαρτάται από τη συγκέντρωση των αιωρούμενων εδαφικών στερεών στο βάθος της μέτρησης. Η ταχύτητα των εδαφικών υλικών και συνεπώς ο χρόνος μέτρησης καθορίζεται από την εξίσωση του Stokes που δίνεται παρακάτω:

$$V=2*r^2*(D-d)*g/9*n$$

Όπου:

V= η ταχύτητα πτώσης των εδαφικών υλικών (cm/sec)

D =η πυκνότητα των εδαφικών υλικών ($2,65\text{g/cm}^3$)

d =η πυκνότητα του υγρού ($0,998\text{g/cm}^2$)

g =η επιτάχυνση της βαρύτητας (980cm/sec^2)

r =η ακτίνα των εδαφικών τεμαχιδίων (cm)

n =το απόλυτο ιξώδες του υγρού.

Στη συνέχεια έγινε διόρθωση των δυο ενδείξεων με τη θερμοκρασία (για κάθε $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ πάνω από τους $20\text{ }^\circ\text{C}$ προσθέτουμε $0,2$ ενώ για κάθε $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ κάτω από τους $2\text{ }^\circ\text{C}$ αφαιρούμε $0,2$)

B) Οργανική ουσία

Αντιδραστήρια:

Διάλυμα $1\text{N K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ σε 1 λίτρο H_2O , πυκνό H_2SO_4

Διάλυμα $0,5\text{N FeSO}_4$: $139\text{g FeSO}_4 \cdot 7\text{ H}_2\text{O}$ σε 1 λίτρο H_2O (+ 15ml πυκνό H_2SO_4)

Δείκτης $0,5\%$ διφαινυλαμίνη : $0,5\text{g}$ διφαινυλαμίνη + $20\text{ml H}_2\text{O}$ + $100\text{ml H}_2\text{SO}_4$

Υλικά και όργανα:

Κωνικές φιάλες των 750ml , προχοϊδα

Μεθοδολογία:

Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας των εδαφικών δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο των Walkley-Black, η οποία στηρίζεται στην οξείδωση της οργανικής ουσίας με ένα οξειδωτικό μέσο και στη μέτρηση του βαθμού αναγωγής. Το οξειδωτικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το διχρωμικό κάλιο ($1\text{N K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Αρχικά οξείδώθηκε ο άνθρακας της οργανικής ουσίας κάθε εδαφικού δείγματος με $1\text{N K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ και στη συνέχεια τιτλοδοτήθηκε παρουσία δείκτη διφαινυλαμίνης η περίσσεια του $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ με δισθενή θειικό σίδηρο ($0,5\text{N FeSO}_4$)

Η ολική οργανική ουσία επί της % (Jackson, 1958), υπολογίσθηκε από τη σχέση:

$$\text{Ολική οργανική ουσία (\%)} = (T' - T) \cdot N \cdot 0,67 / B$$

Όπου:

T = τα ml του διαλύματος του δισθενούς θειικού σιδήρου που καταναλώθηκαν για την τιτλοδότηση του μετά εδάφους δείγματος

T' = τα ml του διαλύματος του δισθενούς θειϊκού σιδήρου χωρίς έδαφος

N = η ικανότητα του διαλύματος του δισθενούς θειϊκού σιδήρου

B = το βάρος του εδαφικού δείγματος που χρησιμοποιήθηκε

Γ) Ενεργότητα ιόντων υδρογόνου- pH

Υλικά και όργανα:

Ποτήρια ζέσεως 100ml, ογκομετρικός κύλινδρος των 25ml, γυάλινη ράβδος, πεχάμετρο.

Μεθοδολογία:

pH 1:2 σε H₂O: τοποθετούμε 10g εδάφους σε ποτήρια ζέσεως και προσθέτουμε 20ml H₂O. Κάνουμε για 20 λεπτά περιοδική ανάμιξη, για 20 λεπτά ηρεμία και στη συνέχεια κάνουμε ανάμιξη και παίρνουμε μέτρηση με το πεχάμετρο. Το πεχάμετρο έχει ρυθμιστεί πρώτα με τη βοήθεια ρυθμιστικού διαλύματος γνωστής τιμής pH.

Δ) Προσδιορισμός NO₃

Αντιδραστήρια:

Διάλυμα 1M KCL: 74,55g KCL σε 1λίτρο H₂O

Υλικά και όργανα:

Πλαστικές φιάλες των 100ml, ογκομετρικές φιάλες των 50ml, σιφώνιο των 10ml, φασματοφωτόμετρο.

Μεθοδολογία:

Τοποθετούμε 5g εδάφους σε πλαστικές φιάλες των 100ml και προσθέτουμε 50ml εκχυλιστικό (KCL). Στη συνέχεια γίνεται ανακίνηση για 30 λεπτά στις 175~180rpm και στη συνέχεια διήθηση με διπλό μαλακό ή σκληρό ηθμό. Για τον λευκό προσδιορισμό χρησιμοποιείται μόνο το εκχυλιστικό διάλυμα (KCL).

Αναλυτικός προσδιορισμός (Clesceri, 1989):

Μέτρηση της απορρόφησης (Abs) σε φασματοφωτόμετρο UV-Vis (210min), σε αραιώση 1/5. Αφαίρεση της απορρόφησης που οφείλεται στην οργανική ουσία με μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο UV-Vis (210min). Ο μηδενισμός του οργάνου γίνεται πάντα με απεσταγμένο νερό. Από την απορρόφηση των δειγμάτων κάθε μήκος κύματος αφαιρούμε την απορρόφηση του λευκού δείγματος (KCL) με αραιώση ίδια με αυτή των

δειγμάτων. Μετατροπή της Abs σε C (mg/L) με καμπύλη αναφοράς. Κάθε φορά έχουμε και άλλη καμπύλη αναφοράς.

$Abs \text{ δείγματος} = (Abs_{210} \text{ δείγματος} - Abs_{210} \text{ KCL}) - (Abs_{270} \text{ δείγματος} - Abs_{270} \text{ KCL})$

Καμπύλη αναφοράς: Παρασκευή προτύπων διαλυμάτων NO_3 συγκεντρώσεων 0, 2, 4, 8, 10, 15 και 20mg NO_3/L με κατάλληλη αραίωση από διάλυμα αναφοράς 50mg NO_3/L

Διάλυμα 500mg NO_3/L (1L): 0,8145g KNO_3

Διάλυμα 50 mg NO_3/L (1L): 100ml από το διάλυμα 500mg NO_3/L (1L):

Αποτελέσματα:

$NO_3 \text{ (mg/Kg)} = 50 \text{ (ml)} * C \text{ (mg/L)} * 5 \text{ (g)} = 10 * C$

50=ο όγκος του εκχυλιστηκού (ml)

5=το βάρος του εδαφικού δείγματος (g).

E) Προσδιορισμός P με την μέθοδο Olsen.

Αντιδραστήρια:

Διάλυμα 0,5M $NaHCO_3$ Ph 8.5: 42g $NaHCO_3$ σε 1λίτρο H_2O , ρύθμιση του pH στο 8,5.

Δείκτης 0,25 p-νιτροφαινόλη: 0,20g p-νιτροφαινόλη σε 100ml H_2O .

Διάλυμα A (2L): 139ml H_2SO_4 σε 1λίτρο H_2O (5N H_2SO_4), 0,2908g $KSbO * C_4H_4O_6$ σε 100ml H_2O , 12g $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ σε 250ml H_2O , ανάμιξη όλων των παραπάνω διαλυμάτων με την σειρά που αναφέρονται σε ογκομετρική φιάλη των 2λίτρων.

Διάλυμα B (100ml): 0,528g ασκορβικό οξύ+ 100ml από το διάλυμα A.

Παρασκευή πριν την ανάπτυξη χρώματος.

Υλικά και όργανα:

Πλαστικές φιάλες των 100ml, κωνική φιάλη των 100ml, ογκομετρικές φιάλες των 50ml, σιφώνιο των 10ml, φασματοφωτόμετρο.

Μεθοδολογία:

Κατά τη μέθοδο αυτή η οποία δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα για τον προσδιορισμό του διαθεσίμου φωσφόρου σε όξινα και αλκαλικά εδάφη χρησιμοποιήθηκε σαν εκχυλιστικό μέσο διάλυμα $NaHCO_3$ (τοποθετήθηκαν 2,5g έδαφος σε πλαστικές φιάλες των 100ml και προσθέσαμε 50ml εκχυλιστικό). Μετά από ανακίνηση για 30λεπτά στις 175~180rpm, έγινε

διήθηση με διπλό μαλακό ή σκληρό ηθμό. Για τον λευκό προσδιορισμό χρησιμοποιείται μόνο το εκχυλιστικό διάλυμα (NaHCO_3)

Αναλυτικός προσδιορισμός:

10ml διηθήθηκαν σε ογκομετρικές φιάλες των 50ml και προστέθηκε 2,5N H_2SO_4 (μετά από δοκιμή) + 8ml διαλύματος Β και συμπληρώνουμε μέχρι τη χαραγή. Μέτρηση της απορρόφησης (Abs) σε φασματοφωτόμετρο UV-Vis (882nm), μετά από τουλάχιστον 15λεπτά. Ο μηδενισμός του οργάνου γίνεται με το λευκό δείγμα. Μετατροπή από Abs σεC (ml/l) με καμπύλη αναφοράς. κάθε φορά χρησιμοποιούμε ίδια καμπύλη αναφοράς.

Εξουδετέρωση (δοκιμή):10ml διάλυμα, 0,5M NaHCO_3 μαζί με 3 σταγόνες δείκτη p-νιτροφαινόλη, ογκομέτρηση με διάλυμα 3N H_2SO_4 (μεταβολή από κίτρινο σε άχρωμο).

Καμπύλη αναφοράς: Παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων P, συγκεντρώσεων 0 0,1 0,2 0,4 0,6 0,8 και 1mg P/L, με κατάλληλη αρραίωση από διάλυμα αναφοράς 5mg P/L.

Διάλυμα 500mg P/L (100ml):0,2195g KH_2PO_4 .

Διάλυμα 50mg P/L (100ml):με αρραίωση 1/10 από το διάλυμα 500mg P/L (10ml).

Διάλυμα 5mg P/L (100ml): με αρραίωση 1/10 από διάλυμα 50mg P/L (10ml).

Αποτελέσματα:

$$P \text{ (mg/Kg)}=50(\text{ml})\cdot C(\text{mg/L}\cdot 50(\text{ml})/10(\text{ml})/2.5(\text{g})=100\cdot C$$

Όπου

50=ο όγκος του εκχυλιστικού(ml)

50/10=ο όγκος του εκχυλίσματος που μεταφέρθηκε στην ογκομετρική φιάλη.

2,5= το βάρος του εδαφικού δείγματος (g).

4.2.2 Αποτελέσματα μελέτης

Τα εδαφικά δείγματα που μελετήθηκαν ήταν:

M1=Το πρώτο δείγμα από μη στραγγιζόμενα εδάφη

M2=Το δεύτερο δείγμα από μη στραγγιζόμενα εδάφη

Σ1=Το πρώτο δείγμα από καλά στραγγιζόμενα εδάφη

Σ2=Το δεύτερο δείγμα από καλά στραγγιζόμενα εδάφη.

Σε κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν δυο επαναλήψεις. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.1

Αποτελέσματα αναλύσεων

Δείγματα	Άμμος	Ιλύς	Άργιλος	pH	Οργανική ουσία(%)	NO ₃ (ppm)	P(ppm)
Σ1α	48,8	38,0	13,2	8,10	1,34	82	3
Σ1β	50,8	36	13,2	8,13	1,25	82	4
Σ2α	68,8	14,0	17,2	7,78	2,02	5	4
Σ2β	66,8	18,0	15,2	7,97	1,25	5	4
M1α	36,8	42	21,2	8,22	1,47	145	7
M1β	40,8	38,0	21,2	8,28	1,34	145	8
M2α	52,8	28	19,2	7,60	1,16	89	24
M2β	52,8	28,0	19,2	7,54	1,31	89	20

Με βάση τα αποτελέσματα τις παρούσας μελέτης δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις ιδιότητες των εδαφών που ήταν στραγγιζόμενα σε σχέση με αυτά που ήταν μη στραγγιζόμενα, με εξαίρεση τις συγκεντρώσεις των νιτρικών που όσον αφορά το δείγμα M1 παρατηρείται μεγάλη αύξηση σε σχέση με τα καλά στραγγιζόμενα δείγματα.

Τα αποτελέσματα αυτά πιθανό να οφείλονται στην επιλογή μη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων. Οι λόγοι οι οποίοι πιθανώς να ευθύνονται για αυτά τα μη αντιπροσωπευτικά δείγματα είναι:

- τα εδάφη από όπου και έγινε η δειγματοληψία είχαν υποστεί λιπάνσεις και άλλες φυτοπροστατευτικές ενέργειες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν υπολείμματα φαρμάκων και

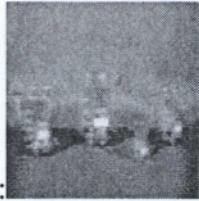
λιπασμάτων στο έδαφος τα οποία επηρεάζουν τα αποτελέσματά μας.

- Δεν είναι γνωστό κατά πόσο το στραγγιστικό δίκτυο που υπήρχε ήταν το σωστό και η λειτουργία του ήταν σωστή
- Δεν είναι γνωστή η σύσταση του αρδευόμενου νερού, κάτι το οποίο μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματά μας.
- Ο αριθμός των δειγμάτων και το πλήθος των εδαφικών δειγμάτων δεν ήταν ικανοποιητικός.

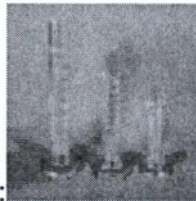
Συνεπώς παρόλο που με βάση τη βιβλιογραφία υπάρχουν διαφορές στις εδαφικές ιδιότητες των αποστραγγισμένων και μη αποστραγγισμένων, τα πειραματικά δεδομένα της παρούσας μελέτης δεν επιβεβαίωσαν αυτές τις παρατηρήσεις, πιθανό εξαιτίας της επιλογής η αντιπροσωπευτικών δειγμάτων. Ωστόσο φάνηκε από τη συγκεκριμένη μελέτη η σημασία της ορθής δειγματοληψίας και των κριτηρίων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή των κατάλληλων δειγμάτων

Βασικά όργανα ανάλυσης

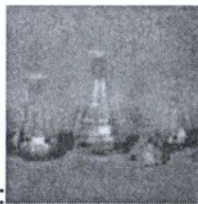
1. ποτήρια ζέσεως:



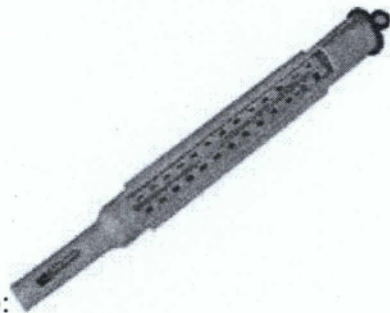
2. ογκομετρικοί κυλινδροί:

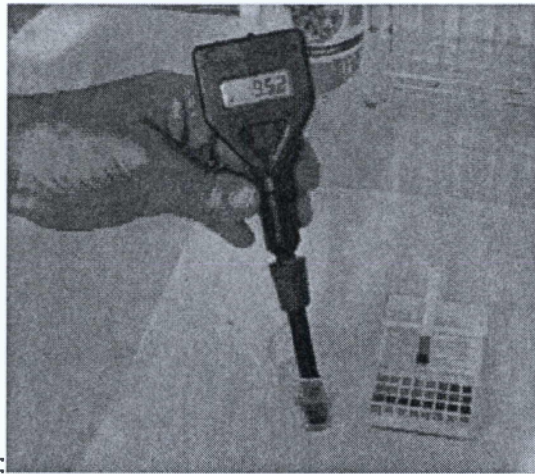


3. κωνικές φιάλες:

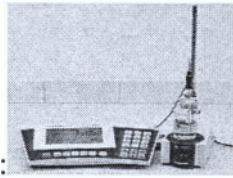


4. θερμόμετρο:

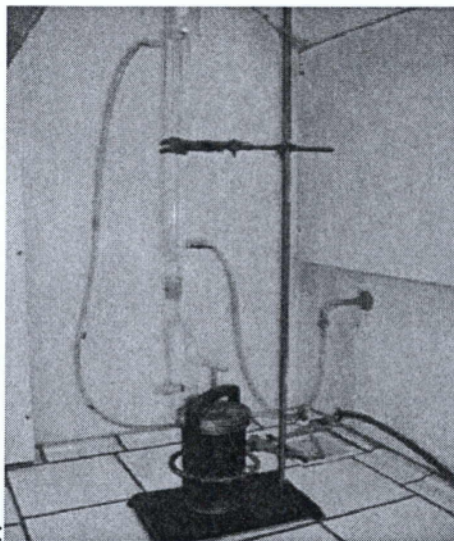




5. πεχάμετρο (φορητό):



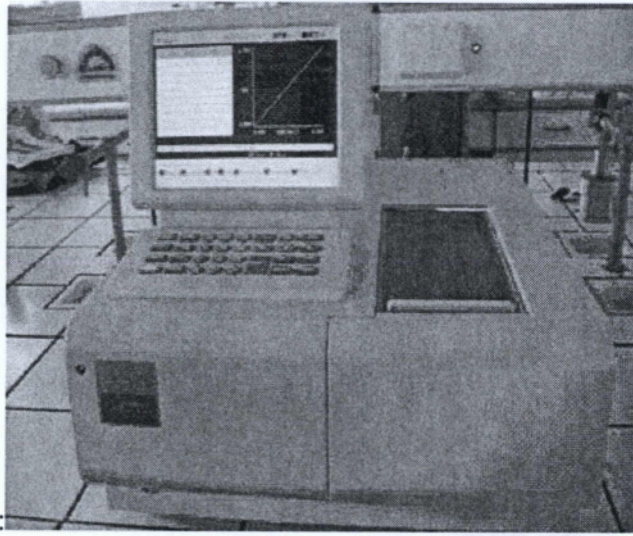
6. πεχάμετρο (σταθερό):



7. προχοΐδα:



8. πικνόμετρο:



9. φασματοφωτόμετρο:

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καρακατσούλη. Γ. Παναγκώτου, *Αρδεύσεις-Στραγγίσεις*, Αθήνα 1984.
2. Μήτσιος. Κ. Ιωάννης, Ph D 1999, *Εδαφολογία*, Αθήνα 1999.
3. Μηχαήλ. Θεόδωρο- Δρ Πασχαλίδη Χρήστο 1999, *εγχειρίδις καλλιεργητή*, Αθήνα 1999.
4. Παπαζαφειρίου Γ. Ζαφείρη, *Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων*, Θεσσαλονίκη 1998.
5. Παπαζαφειρίου Γ. Ζ.- Τερζίδη. Γ. Α, *Γεωργική υδραυλική*, Θεσσαλονίκη 1997.
6. Παγανίας- Πασχαλίδης- Μήτσιος, *διάβρωση των εδαφών- Αντιδιαβρωτικά μέτρα*.
7. Σινανης Κωνσταντίνος *Εδαφολογία*, Ηράκλειο 2003.
8. Τσαπικούνης Α. Φάνης 1995, *Θρέψη-λίπανση φυτών*, Βάρδα 1995.
9. Τζιμόπουλος Δ. Χρήστος, *Στραγγίσεις-Υδραυλική φρεάτων*, Θεσσαλονίκη 1997.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. www.photographersdirect.com
2. <http://photos.windmadagascar.org>
3. www.seafriends.org
4. www.tovima.dolnet.gr
5. www.ecofarm.net
6. www.ekfe.chi.sch.gr
7. www.exaireton.com
8. www.eduportal.gr
9. www.petrotech.teikav.edu.gr
10. www.digas.gr
11. www.el.wikipedia.org