

INTERREG GREECE – ITALY 2014-2020

IR2MA

Large Scale Irrigation Management Tools
for Sustainable Water Management in
Rural Areas and Protection of Receiving
Aquatic Ecosystems

MIS code: 5003280

Subsidy Contract No: I1/2.3/27

Interreg
Greece-Italy
IR2MA
European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION

D3.2.1. Εξοπλισμός για επιθεώρηση συστημάτων άρδευσης

Βασικές οδηγίες για αξιοποίηση εξοπλισμού επιθεώρησης συστημάτων άρδευσης

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	3
Περιγραφή διαθέσιμου εξοπλισμού	3
Ερωτηματολόγια και φύλλα υπολογισμών επιθεώρησης συστήματος άρδευσης τελικού χρήστη	4
Σχετικά με τη χρήση του εδαφολήπτη, οδηγίες δειγματοληψίας εδάφους και την εύρεση αρδευτικών παραμέτρων	4
Σχετικά με τη χρήση της μετροταινίας και του ψηφιακού παχύμετρου	6
Σχετικά με τη χρήση του οργάνου μέτρησης ροής σε κλειστούς αγωγούς	6
Σχετικά με τη χρήση του Εξοπλισμός μέτρησης ομοιομορφίας και αποτελεσματικότητας εφαρμογής νερού από το σύστημα άρδευσης (μετρητής πίεσης εξόδων άρδευσης, δοχεία μέτρησης ομοιομορφίας συστημάτων άρδευσης και όργανο μέτρησης ταχύτητας ανέμου). 7	
Όργανο μέτρησης ταχύτητας ανέμου	7
Μετρητής πίεσης εξόδων άρδευσης	7
Δοχεία μέτρησης ομοιομορφίας συστημάτων άρδευσης	7
Σχετικά με τη χρήση του οργάνου μέτρησης της υγρασίας εδάφους	9
Όργανο μέτρησης pH, αγωγιμότητας, θερμοκρασίας και TDS	11
Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον εξοπλισμό και τη χρήση του	12
Προμηθευτής του εξοπλισμού επιθεώρησης	12
Επιστημονική επίβλεψη του παραδοτέου	12
Παραρτήματα	13
Παράρτημα I Ερωτηματολόγια και φύλλα υπολογισμών επιθεώρησης συστήματος άρδευσης τελικού χρήστη	14
Παράρτημα II Οδηγίες δειγματοληψίας εδάφους	15

Παράρτημα III Αναγνώριση εξοπλισμού και τοποθέτηση στην εργαλειοθήκη.....	19
Φορέας εργαλείων – Εργαλειοθήκη – εξωτερική άποψη	19
Όργανο μέτρησης ροής σε κλειστούς αγωγούς, Ψηφιακό παχύμετρο, Μετρητής πίεσης εξόδων άρδευσης.....	20
Δοχεία μέτρησης ομοιομορφίας συστημάτων άρδευσης με βάσεις στήριξης, Όργανο μέτρησης της υγρασίας εδάφους, Όργανο μέτρησης ταχύτητας ανέμου, Όργανο μέτρησης pH, αγωγιμότητας, θερμοκρασίας και TDS	21
Μετροταινία	22
Σπαστός δειγματολήπτης εδάφους	23
Παράρτημα IV Οδηγίες χρήσης του εξοπλισμού (φυλλάδια που συνόδευαν τον εξοπλισμό)	24

Εισαγωγή

Ο εξοπλισμός της εργαλειοθήκης επιθεώρησης αποτελεί βασική συλλογή για τη διενέργεια μετρήσεων στο πλαίσιο επιθεωρήσεων συστημάτων άρδευσης τελικού χρήστη με σκοπό την συλλογή δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση λειτουργίας και διαχείρισης συστημάτων άρδευσης.

Περιγραφή διαθέσιμου εξοπλισμού

Κάθε σετ εξοπλισμού για επιθεώρησης συστημάτων άρδευσης τελικού χρήστη, αποτελείται από τα ακόλουθα υλικά, η προμήθεια των οποίων έγινε στο πλαίσιο του D3.2.1. του έργου IR2MA:

1. Φορέας εργαλείων – Εργαλειοθήκη
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: TOOD 545ttwr624
 - b. Τύπος: Tool case
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: -
2. Σπαστός δειγματολήπτης εδάφους
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: SDEC 01 10 01 B, 01 10 07 B, 01 02 02 06 B
 - b. Τύπος: Soil Auger
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: <https://www.sdec-france.com/hand-augers-for-soil-sampling.html>
3. Μετροταινία
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: STANLEY BLACK & DECKER POWER WINDER 2-34-777
 - b. Τύπος: Measuring tape
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: -
4. Ψηφιακό παχύμετρο
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: Mitutoyo Corporation 500-181-30
 - b. Τύπος: Digital calliper
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: [https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/mitutoyo/1305010043843/Absolute%20AOS%20Digital%20Caliper/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/500-181-30/index.xhtml](https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/mitutoyo/1305010043843/Absolute%20AOS%20Digital%20Caliper/$catalogue/mitutoyoData/PR/500-181-30/index.xhtml)
5. Όργανο μέτρησης ροής σε κλειστούς αγωγούς
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: Dynasonics UFX1-D1-CE
 - b. Τύπος: Doppler Flow Meter
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: <https://www.badgermeter.com/brands/dynasonics/>
6. Μετρητής πίεσης εξόδων άρδευσης
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: Toro 53351
 - b. Τύπος: Pressure Gauge
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: -
7. Δοχεία μέτρησης ομοιομορφίας συστημάτων άρδευσης σετ των 10
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: Underhill CCUPK-12
 - b. Τύπος: CatchCan Ultra Cup & Stand
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: <http://www.underhill.us/markets/golf/audit-master/298-catchcan-ultra>
8. Όργανο μέτρησης ταχύτητας ανέμου
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: Nielsen-Kellerman Kestrel 1000
 - b. Τύπος: Wind speed meter
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: <https://gr-kestrelmeters.glopalstore.com/products/kestrel-1000-wind->

[meter?utm_campaign=pr_r&utm_source=https://kestrelmeters.com&utm_medium=wi_proxy&utm_content=en_US&utm_term=a](https://www.kestrelmeters.com/medium=wi_proxy&utm_content=en_US&utm_term=a)

9. Όργανο μέτρησης της υγρασίας εδάφους
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: Delta-T Devices Ltd SM150 KIT
 - b. Τύπος: Soil moisture meter
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: <https://www.delta-t.co.uk/product/sm150-kit/>
10. Όργανο μέτρησης pH, αγωγιμότητας, θερμοκρασίας και TDS
 - a. Κατασκευαστής / μοντέλο: HANNA INSTRUMENTS HI 9811-5N
 - b. Τύπος: pH, EC, T and TDS meter
 - c. Σύνδεσμος προς ιστοσελίδα: <https://www.hannainstruments.co.uk/ph-ec-tds-c-portable-meter.html#manuals>

Στο **Παράρτημα III**, παρουσιάζονται εικόνες του εξοπλισμού καθώς και ο τρόπος τοποθέτησής του στην εργαλειοθήκη.

Στο **Παράρτημα IV**, παρατίθενται οι οδηγίες χρήσης του εξοπλισμού (φυλλάδια που συνόδευαν τον εξοπλισμό)

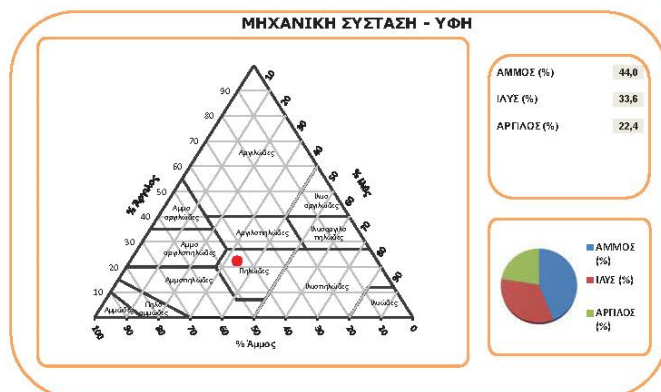
Ερωτηματολόγια και φύλλα υπολογισμών επιθεώρησης συστήματος άρδευσης τελικού χρήστη

Χρησιμοποιούνται τα ερωτηματολόγια και φύλλα υπολογισμών επιθεώρησης συστήματος άρδευσης τελικού χρήστη που έχουν συνταχθεί στο πλαίσιο του D3.1.3 του έργου IR2MA (Παράρτημα I)

Σχετικά με τη χρήση του εδαφολήπτη, οδηγίες δειγματοληψίας εδάφους και την εύρεση αρδευτικών παραμέτρων

Στο **Παράρτημα II**, παρουσιάζονται βασικές οδηγίες δειγματοληψίας εδάφους (διαταραγμένο δείγμα) που έχουν αναπτυχθεί από το Εδαφολογικό Εργαστήριο του τμ. Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

Στο πλαίσιο της επιθεώρησης συστημάτων άρδευσης το δείγμα αναλύεται εργαστηριακά με σκοπό τον προσδιορισμό της κλάση μηχανικής σύστασης του εδάφους (ποσοστά άμμου, ιλύος και αργίλου) καθώς και της περιεχόμενης οργανικής ουσίας.



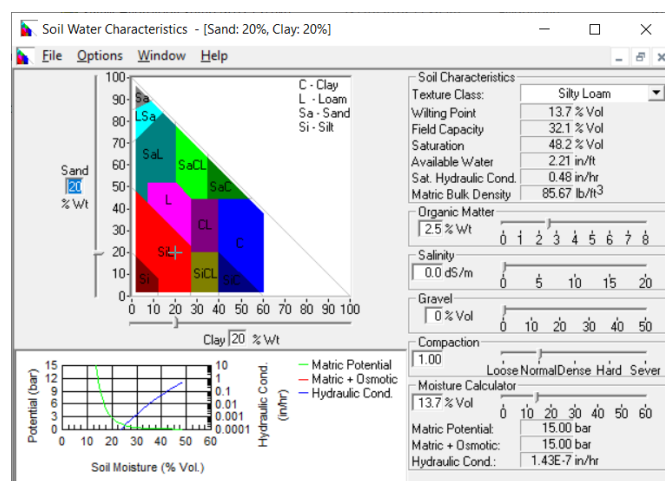
Εικόνα 1 Τμήμα εδαφολογικής ανάλυσης όπου φαίνονται τα ποσοστά των τριών κλασμάτων και ο χαρακτηρισμός ως προς την μηχανική σύσταση

Με βάση αυτά μπορεί στη συνέχεια να γίνει προσδιορισμός βασικών αρδευτικών παραμέτρων εδάφους, για διάφορα βάθη, όπως:

- Κορεσμός (% , κατ' όγκο, m^3/m^3)
- Υδατοικανότητα (% , κατ' όγκο, m^3/m^3)
- Σημείο μόνιμης μάρανσης (% , κατ' όγκο, m^3/m^3)
- Διαθέσιμη υγρασία (% , κατ' όγκο, m^3/m^3)
- Τελική ταχύτητα διήθησης (mm/h)

Με βάση την κατηγορία μηχανικής σύστασης εδάφους, οι αρδευτικές παράμετροι μπορούν να εντοπιστούν από πηγές όπως:

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. And Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome. Διαθέσιμο στο:
<http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>
- Saxton K. E., Rawls W. J., 2006. Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1569–1578. Διαθέσιμο στο:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.452.9733&rep=rep1&type=pdf> και συνοδευτικό λογισμικό για υπολογισμούς SPAW / Soil Water Characteristics <https://www.ars.usda.gov/research/software/>
- Twarakavi, N.K.C., Sakai, M., and Šimůnek, J., 2009. An objective analysis of the dynamic nature of field capacity. Water Resources Research, 45 (10). Διαθέσιμο στο:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009WR007944/full>
- Brouwer C., Goffeau A., Heibloem M., 1985. Irrigation Water Management: Training Manual No. 1 - Introduction to Irrigation. FAO, Rome. Διαθέσιμο στο:
<http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/fwm/Manual5.pdf> (για τελική ταχύτητα διήθησης: Annex II)
- USDA, 1990. SCC 0812 § 1. Διαθέσιμο στο:
<https://www.codepublishing.com/CA/RanchoCordova/html/RanchoCordova22/RanchoCordova22180.html> (για τελική ταχύτητα διήθησης: 22.180.110 Soil infiltration rates)



Εικόνα 2 Ενδεικτικό παράθυρο της εφαρμογής των Saxton και Rawls (2006) για την εκτίμηση αρδευτικών παραμέτρων

Σχετικά με τη χρήση της μετροταινίας και του ψηφιακού παχύμετρου

Χρειάζονται για τη μέτρηση μίας σειράς από διαστάσεις στο πλαίσιο της επιθεώρησης: διαστάσεις αγροτεμαχίου, βάθος στάθμης νερού, αποστάσεις φύτευσης, μήκος και αποστάσεις αγωγών, διάμετρος αγωγών και εξαρτημάτων, αποστάσεις εξόδων νερού, διαστάσεις περιοχής που διαβρέχεται κοκ.

Ως προς την χρήση του παχύμετρου ανατρέξτε στο σχετικό φυλλάδιο (Παράρτημα IV).

Σχετικά με τη χρήση του οργάνου μέτρησης ροής σε κλειστούς αγωγούς

Χρειάζεται για τη μέτρηση της παροχής του συστήματος σε κύριους, δευτερεύοντες και τριτεύοντες (εφαρμογής) αγωγούς.



Εικόνα 3 Τυπική χρήση συστήματος υπερήχων για μέτρηση ταχύτητας ροής

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας μετρά τη μέση ταχύτητα ροής η οποία στη συνέχεια μπορεί να μετατραπεί σε παροχή εάν είναι γνωστά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εσωτερικής διατομής του αγωγού.

Οι μετρήσεις αφορούν κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.

Ως προς την χρήση και τη συντήρηση του αισθητήρα ανατρέξτε στο σχετικό φυλλάδιο (Παράρτημα IV).

Η βασική σχέση υπολογισμού της παροχής με βάση τη μέση ταχύτητα είναι:

$$Q = \frac{V}{t} = A \cdot v$$

όπου

- Q: η παροχή (m³/h)
- V: ο όγκος νερού (m³) που περνά σε χρόνο t (h) από μία κάθετη στη ροή διατομή
- v: η μέση ταχύτητα ροής στη διατομή (m/h)
- A: το εμβαδόν της διατομής (m²), για κυκλικές διατομές: $A = \pi \cdot R^2$ ή $A = \pi \cdot D^2/4$, όπου R και D η εσωτερική ακτίνα και διάμετρος αντίστοιχα (m)

Σχετικά με τη χρήση του Εξοπλισμός μέτρησης ομοιομορφίας και αποτελεσματικότητας εφαρμογής νερού από το σύστημα άρδευσης (μετρητής πίεσης εξόδων άρδευσης, δοχεία μέτρησης ομοιομορφίας συστημάτων άρδευσης και όργανο μέτρησης ταχύτητας ανέμου)

Όργανο μέτρησης ταχύτητας ανέμου

Στο πλαίσιο της επιθεώρησης συστημάτων που εκτοξεύουν νερό στον αέρα πριν συλλεγούν από τα δοχεία συλλογής π.χ. εκτοξευτήρες τότε ο έλεγχος ομοιομορφίας διαβροχής δεν μπορεί να εκτελεστεί εάν η ταχύτητα του ανέμου στα 2m είναι $> 8 \text{ km/h}$. Για συστήματα καταιονισμού με μεγάλους εκτοξευτήρες (κανόνια) το όριο είναι τα 16 km/h .

Με τον αισθητήρα ταχύτητας ανέμου κάνουμε το σχετικό έλεγχο πριν και κατά τη διάρκεια του ελέγχου ομοιομορφίας διαβροχής.

Ως προς την χρήση του αισθητήρα ανατρέξτε στο σχετικό φυλλάδιο (Παράρτημα IV).

Μετρητής πίεσης εξόδων άρδευσης

Για να είναι ομοιόμορφη η κατανομή του νερού σε όλο το μήκος του αγωγού, η πίεση και η παροχή στη θέση του κάθε εκτοξευτήρα πρέπει να είναι σταθερή. Αυτό, εκ των πραγμάτων, δεν φαίνεται να είναι εφικτό γιατί, κατά την κίνηση του νερού στον αγωγό παρατηρούνται απώλειες φορτίου λόγω τριβών. Για το λόγο αυτό, γίνεται δεκτή μια ανοχή στη διακύμανση της παροχής και του φορτίου από έξοδο σε έξοδο (π.χ. εκτοξευτήρες). Η διακύμανση αυτή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 10% της παροχής των εξόδων, γεγονός που επιτυγχάνεται όταν η διακύμανση του φορτίου στον αγωγό δεν υπερβαίνει περίπου το 20% της λειτουργικής πίεσης των εξόδων. Έτσι, κατά τον υπολογισμό των αγωγών εφαρμογής, οι κάθε είδους απώλειες φορτίου δεν πρέπει να ξεπερνούν το όριο αυτό.

Επομένως με το μετρητή πίεσης ελέγχουμε την πίεση στις εξόδους στην αρχή και το τέλος των αγωγών εφαρμογής.

Ως προς την χρήση του αισθητήρα ανατρέξτε στο σχετικό φυλλάδιο (Παράρτημα IV).

Δοχεία μέτρησης ομοιομορφίας συστημάτων άρδευσης

Τα δοχεία συλλογής που περιλαμβάνονται στο εξοπλισμό είναι τυποποιημένα δοχεία με βάσης στήριξης τα οποία είναι κυρίως κατάλληλα για συστήματα άρδευσης καταιονισμού σε χαμηλές φυτεύσεις (π.χ. χλοοτάπητας) ή όταν το αρδευτικό σύστημα παρέχει νερό κάτω από την κόμη της καλλιέργειας (π.χ. συστήματα μικροεκτοξευτήρων σε ελιά, εσπεριδοειδή, ακτινίδια κλπ). Σε περίπτωση υψηλών καλλιεργειών τα δοχεία πρέπει να στηρίζονται σε στύλους ώστε να βρίσκονται στο πάνω μέρος της καλλιέργειας.

Σε συστήματα με μικροεκτοξευτήρες και εάν το ενδιαφέρον είναι να συγκεντρωθεί η παροχή κάθε εξόδου τα δοχεία πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να συγκεντρώνουν όλο το νερό που εξέρχεται από κάθε έξοδο νερού.

Ως προς την χρήση των δοχείων ανατρέξτε στο σχετικό φυλλάδιο (Παράρτημα IV).

Για την εκτίμηση της ποιότητας των αρδεύσεων, συνήθως εξετάζεται η κατανομή των υψών του αρδευτικού νερού σε μια αντιπροσωπευτική έκταση.

Μια τέτοια αντιπροσωπευτική έκταση στην άρδευση με καταιονισμό είναι η έκταση μεταξύ τεσσάρων εκτοξευτήρων.

Για τον υπολογισμό δικτύων άρδευσης, σύγκριση διατάξεων και μέτρηση της αποδοτικότητας των διαφόρων συστημάτων, έχουν προταθεί στο παρελθόν διά-φοροι συντελεστές ομοιομορφίας, μεταξύ των οποίων είναι και ο συντελεστής ο-μοιομορφίας του Christiansen (CU).

$$CU = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}|}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

όπου:

- V_i είναι ο όγκος στο δοχείο συλλογής i και
- \bar{V} ο μέσος όγκος του νερού που έχει συλλεχθεί στα δοχεία.

Γενικά εάν $Cu \geq 85\%$ η ομοιομορφία θεωρείται αποδεκτή.



Εικόνα 4 Δοχεία συλλογής νερού στον αγρό στο πλαίσιο ελέγχου ομοιομορφίας

Η αποτελεσματικότητα εφαρμογής (E_a) μπορεί να εκτιμηθεί με τη συλλογή στοιχείων ανάλογων με αυτά που συγκεντρώνονται για τον υπολογισμό του συντελεστή ομοιομορφίας, όμως η άρδευση πρέπει να διαρκεί όσο χρόνο χρειάζεται ώστε στο 90% των θέσεων παρατήρησης το ύψος του νερού να φτάσει ή να ξεπεράσει την καθαρή δόση νερού άρδευσης (d_n) όπως έχει υπολογιστεί με βάση στοιχεία για υδατοικανότητα, σημείο μόνιμης μάρανσης, βάθος ενεργού ριζοστρώματος και συντελεστή εξάντλησης εδαφικής υγρασίας.

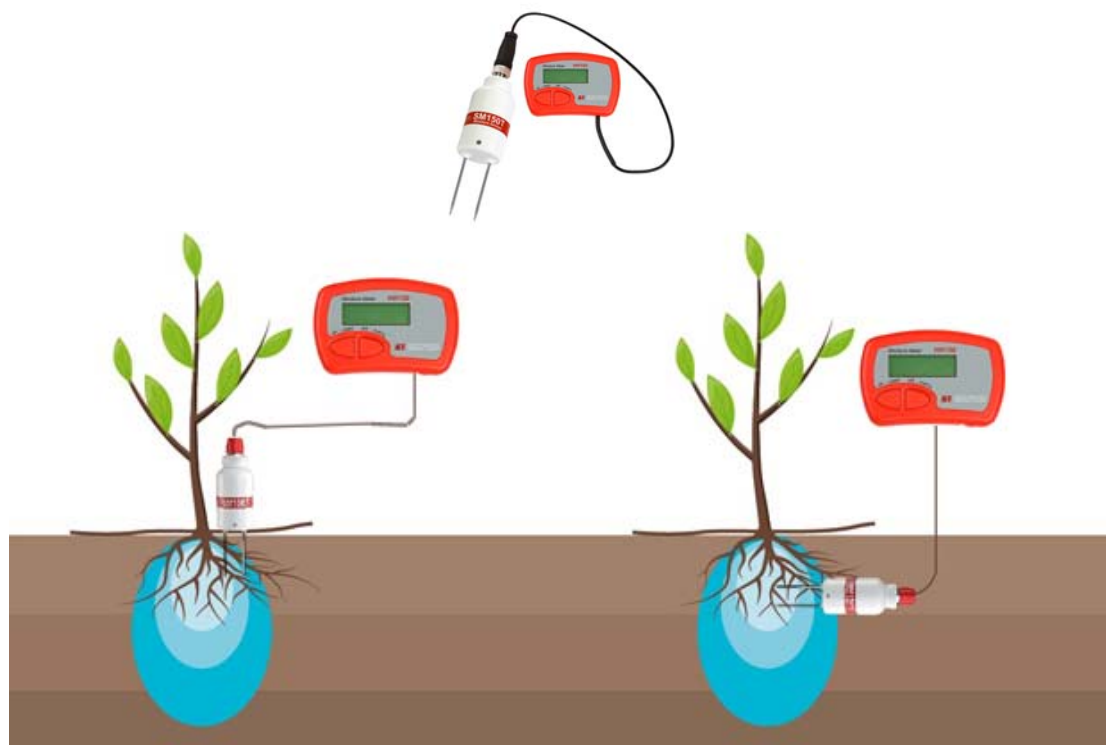
Επομένως στο πλαίσιο ενός ελέγχου τέτοιου ελέγχου, ως ποσότητα νερού που δόθηκε συνολικά (Q_f) χρησιμοποιούμε το άθροισμα του νερού που συγκεντρώθηκε στα δοχεία ενώ

για την εκτίμηση του SM (νερό που αποθηκεύτηκε στο έδαφος και είναι 100% διαθέσιμο για την κάλυψη των αναγκών εξατμισοδιαπνοής) αρθροίζουμε τιμές ίσες με d_n για όσα δοχεία συγκεντρώνουν νερό $\geq d_n$ ενώ για όσα όχι κρατάμε την τιμή του νερού που συγκεντρώθηκε, σε κάθε περίπτωση πρέπει το 90% των δοχείων να έχει συγκεντρωθεί νερό $\geq d_n$ και τελικά υπολογίζουμε το $E_a = SM / Q_f$.

Σχετικά με τη χρήση του οργάνου μέτρησης της υγρασίας εδάφους

Στο πλαίσιο της επιθεώρησης συστημάτων άρδευσης μπορεί αντί για μέτρηση ποσοτήτων νερού σε δοχεία να μετρηθεί η υγρασία στο έδαφος μία ώρα μετά την ολοκλήρωση της άρδευσης.

Εκτός από αυτό ο αισθητήρας μέτρησης υγρασίας εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε στιγμή για την εκτίμηση της υγρασίας του εδάφους. Μπορεί να τοποθετηθεί στην επιφάνεια του εδάφους ή σε επιλεγμένο βάθος στο τοίχωμα σκάμματος. Σε κάθε περίπτωση πρέπει οι ακίδες του να εισέλθουν πλήρως στο έδαφος.



Εικόνα 5 Ενδεικτικές τοποθετήσεις του αισθητήρα εδαφικής υγρασίας

Ως προς την χρήση και τη συντήρηση του αισθητήρα ανατρέξτε στο σχετικό φυλλάδιο (Παράρτημα IV).

Τυπικός στόχος είναι η εδαφική υγρασία να παραμένει εντός της περιοχής του εύκολα διαθέσιμου νερού. Η περιοχή αυτή υγρασίας έχει ως άνω όριο την υδατοικανότητα (FC) του εδάφους και κάτω όριο την υγρασία που προκύπτει από τη σχέση:

$FC - AD \times (FC - PWP)$ (όλα σε % κατ' όγκο, m^3/m^3)

όπου

- FC η υδατοικανότητα
- PWP το σημείο μόνιμης μάρανσης και

- AD ο συντελεστής επιτρεπόμενης εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας (η διαθέσιμη υγρασία είναι η διαφορά FC – PWP)

Τιμές σχετικά με την υδατοικανότητα (FC) και το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP) παρέχονται από διάφορες πηγές, όπως π.χ. από το Allen κ.α. (1998) - Πίνακας 1. Ακόμη σχετικά με τις αρδευτικές παραμέτρους για τους διάφορους τύπους εδάφους δείτε όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, στο τμήμα «Σχετικά με τη χρήση του εδαφολήπτη, οδηγίες δειγματοληψίας εδάφους και την εύρεση αρδευτικών παραμέτρων».

Πληροφορίες σχετικά με τη μέγιστη τιμή του συντελεστή εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας, υπάρχουν διαθέσιμες στο Allen κ.α. (1998) - TABLE 22. Ranges of maximum effective rooting depth (Zr), and soil water depletion fraction for no stress (p), for common crops

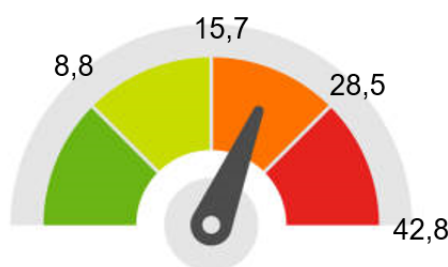
(<http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e0e.htm#chapter%20%20%20etc%20under%20soil%20water%20stress%20conditions>).

Πίνακας 1 Στοιχεία σχετικά με αρδευτικές παραμέτρους εδαφών

Τύπος εδάφους (κατηγορία κοκκομετρικής σύστασης)	FC m ³ /m ³	PWP m ³ /m ³
Άμμος	0,07 - 0,17	0,02 - 0,07
Πηλοαμμώδεις	0,11 - 0,19	0,03 - 0,10
Αμμοπηλώδεις	0,18 - 0,28	0,06 - 0,16
Πηλός	0,20 - 0,30	0,07 - 0,17
Ιλύς	0,28 - 0,36	0,12 - 0,22
Ιλυοπηλώδεις	0,22 - 0,36	0,09 - 0,21
Αμμοαργιλώδεις	0,30 - 0,37	0,17 - 0,24
Ιλυοαργιλώδεις	0,30 - 0,42	0,17 - 0,29
Αργιλώδεις	0,32 - 0,40	0,20 - 0,24

Παράδειγμα, μέσης σύστασης έδαφος π.χ. Πηλώδεις (Πηλός, Loam) στο οποίο καλλιεργείται ελιά. Εκτιμήθηκε ότι, υδατοικανότητα (FC)= 28,5% κατ'όγκο και Σημείο μόνιμη μάρανσης (PWP) = 8,8% κατ'όγκο (Twarakavi et al., 2009). Ακόμη για την ελιά λαμβάνεται συντελεστής εξάντλησης διαθέσιμης υγρασίας AD ίσος με το όριο 0,65 (Allen κ.α. 1998). Στην πράξη πολλές φορές χρησιμοποιούμε AD μικρότερο από το ανώτατο όριο.

Άρα άνω όριο εύκολα διαθέσιμου νερού ίσο με FC, 28,5% και κάτω όριο εύκολα διαθέσιμου νερού $FC - AD \times (FC - PWP) = 28,5\% - 0,65 \times (28,5\% - 8,8\%) = 15,7\%$. Αυτό σημαίνει ότι όσο η υγρασία είναι μεταξύ 15,7% και 28,5% είμαστε εντός του εύκολα διαθέσιμου νερού.



Εικόνα 6 Παράδειγμα ορίων εύκολα διαθέσιμου νερού

Όργανο μέτρησης pH, αγωγιμότητας, θερμοκρασίας και TDS

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει - άγει ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, από τη συγκέντρωσή τους, την ευκινησία, το σθένος και τη θερμοκρασία. Οι μονάδες που χρησιμοποιούμε με αναγωγή πάντα στους 25οC, συνήθως είναι:

- mmhos per centimeter (mmhos/cm), όπου 1 mmhos/cm = 1 dS/m
- Siemens per meter (S/m) και τα πολλαπλάσια /υποπολλαπλάσια του (ποιο σύγχρονη μονάδα μέτρησης)

Το pH είναι δείκτης του πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι το νερό. Τιμή pH εκτός των ορίων (6,5 – 8,4) αποτελεί προειδοποίηση ότι απαιτείται περαιτέρω αξιολόγηση του νερού μια και πιθανότατα περιέχει ιόντα σε συγκεντρώσεις που μπορεί να προκαλέσουν είτε ανωμαλίες στη θρέψη είτε τοξικότητες.

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει την κατηγοριοποίηση του νερού άρδευσης κατά Agriculture Handbook No. 60, USDA Salinity Laboratory in Riverside, California) (FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 29, 1994. Water quality for agriculture (http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E00.htm) – Table 1 (http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E01.htm#ch1.2.2))

Πίνακας 2 Γενική κατηγοριοποίηση νερού άρδευσης κατά FAO (1994)

Χαρακτηριστικό	Μονάδα	Ανεκτά όρια		
pH	0-14	6,5 – 8,4		
		Βαθμός επίδρασης		
Χαρακτηριστικό	Μονάδα	Καμία	Ελαφριά έως μέση	Σημαντική
EC	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0

Σε περίπτωση που το pH του νερού βρεθεί εκτός των ορίων απαιτείται περαιτέρω χημική ανάλυση για προσδιορισμό του στοιχείου που προκαλεί το πρόβλημα.

Σε περίπτωση που η EC έχει τιμές που αναμένεται να προκαλέσει προβλήματα στην καλλιέργεια τότε συνίσταται η έκπλυση των αλάτων μέσω παροχής επιπλέον ποσότητας νερού άρδευσης. Στο πλαίσιο αυτό υπολογίζεται ο Συντελεστής έκπλυσης (LR). Η εκτίμηση του LR (ή LF) βασίζεται στην απόκριση των καλλιεργειών σε συγκεντρώσεις αλάτων στο σύνολο του βάθους του ριζοστρώματος μέσω μετρήσεων που αφορούν ηλ. αγωγιμότητα (EC) του εδαφικού νερού (εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους) που απομακρύνεται από το κατώτερο τμήμα του ριζοστρώματος (EC που απομακρύνεται = EC βαθύτερου μέρους ριζοστρώματος < μέση EC για όλο το βάθος του ριζοστρώματος).

Αναλυτικές πληροφορίες για την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών στην αλατότητα και τον υπολογισμό του συντελεστή έκπλυσης παρουσιάζονται στα:

- FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 29, 1994. Water quality for agriculture (2. Salinity problems: <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E02.htm>)
- USDA Handbook 60, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils (<https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/us-salinity-laboratory/docs/handbook-no-60/>)

Ως προς την χρήση του αισθητήρα αλλά και την ορθή αποθήκευση των ηλεκτροδίων ανατρέξτε στο σχετικό φυλλάδιο (Παράρτημα IV).

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον εξοπλισμό και τη χρήση του

Προμηθευτής του εξοπλισμού επιθεώρησης

Scientact A.E.

Κανάρη 16, ΤΚ 54644, Θεσσαλονίκη

<http://www.scientact.gr/>

Τηλ. 2310 946.126

Fax. 2310 947.005

Email: scientact@scientact.com.gr

Επιστημονική επίβλεψη του παραδοτέου

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Τμήμα Γεωπονίας

Εργαστήριο Παραγωγικής Γεωργίας και Φυτουγείας

Πανεπιστημιούπολη Άρτας, Κωστακιοί, ΤΚ 47100 Άρτα

<https://www.uoi.gr/ekpaideysi/sxoles-kai-tmimata/tmima-geoponias/>

Υπεύθυνος για το έργο:

Τσιρογιάννης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Τηλ. 2681050249, 279

Email: itsirog@uoi.gr

Παραρτήματα

Παράρτημα Ι Ερωτηματολόγια και φύλλα υπολογισμών επιθεώρησης συστήματος άρδευσης τελικού χρήστη

Χρησιμοποιούνται τα ερωτηματολόγια και φύλλα υπολογισμών επιθεώρησης συστήματος άρδευσης τελικού χρήστη που έχουν συνταχθεί στο πλαίσιο του D3.1.3 του έργου IR2MA.

Η τελευταία έκδοσή τους είναι διαθέσιμη στο: <https://www.interregir2ma.eu/>

Παράρτημα II Οδηγίες δειγματοληψίας εδάφους

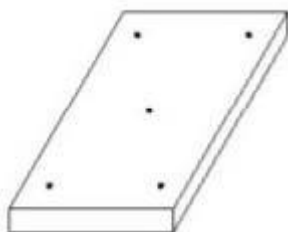
Παρουσιάζονται βασικές οδηγίες δειγματοληψίας εδάφους (διαταραγμένο δείγμα) που έχουν αναπτυχθεί από το Εδαφολογικό Εργαστήριο του τμ. Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

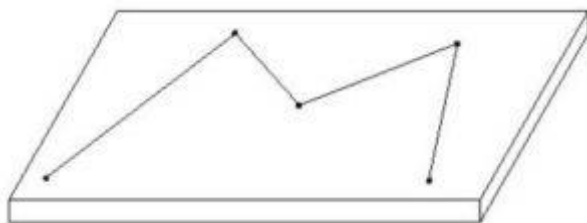
Το πρώτο και βασικότερο βήμα για μια αξιόπιστη ανάλυση εδάφους είναι η σωστή δειγματοληψία.

ΠΟΣΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΜΕ:

Αν το χωράφι είναι ομοιόμορφο σε όλη του την έκταση, τότε δημιουργούμε ένα δείγμα (Σχήματα Α και Β).

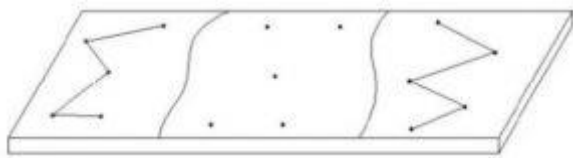


Ομοιόμορφο χωράφι με μονοετείς καλλιέργειες - 1 δείγμα (0-30 εκ) Σχήμα Α



Ομοιόμορφο χωράφι με δενδρώδεις καλλιέργειες 2 δείγματα (0-30 εκ) & (30-60 εκ) Σχήμα Β

Αν με το μάτι διαπιστώνουμε ότι το χωράφι αποτελείται από διαφορετικά τμήματα, δηλαδή αποτελείται από διαφορετικούς τύπους εδάφους (άλλο χρώμα), ή παρουσιάζει κλίση, ή παρουσιάζει διαφορά στην ανάπτυξη των φυτών, τότε παίρνουμε ξεχωριστό δείγμα για κάθε τμήμα του χωραφιού. (Σχήμα Γ)



Ανομοιόμορφο χωράφι **Σχήμα Γ**

Τμήμα 1 με κηπευτικά
1 δείγμα

Τμήμα 2 με δένδρῳδεις καλλιέργειες
2 δείγματα (0-30 εκ) & (30-60 εκ)

Τμήμα 3 με σιτηρά
1 δείγμα

ΠΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΜΕ ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ:

1. Το τελικό δείγμα για ένα ομοιόμορφο χωράφι ή ένα ομοιόμορφο τμήμα χωραφιού, θα πρέπει να αποτελείται από πολλά και μικρά δείγματα παρμένα από διαφορετικά σημεία μέσα στο χωράφι (τουλάχιστον 1-2/στρέμμα), με το ίδιο βάρος το καθένα και τα οποία να προέρχονται από το ίδιο βάθος. Το έδαφος που παίρνουμε από τα διαφορετικά σημεία, το ανακατεύουμε καλά σε έναν κουβά ή λεκάνη ώστε να προκύψει ένα ομοιογενές τελικό δείγμα και στη συνέχεια το τοποθετούμε σε μια σακούλα.
2. Αν το χωράφι ή το τμήμα χωραφιού είναι περίπου τετράγωνο, τότε τα σημεία που επιλέγουμε για να πάρουμε τα υπο-δείγματα έχουν σχήμα από “πεντάρι ζάρι”, δηλ. ένα στο κέντρο και τέσσερα σημεία λίγο πιο μέσα από την περίμετρο του χωραφιού (Σχήμα Α).
3. Αν το χωράφι ή το τμήμα χωραφιού είναι στενόμακρο, τότε διαγράφουμε μια νοητή γραμμή σε σχήμα ‘ζικ-ζακ’ και οι κορυφές αυτής γραμμής είναι τα σημεία από όπου θα πάρουμε τα υπο-δείγματα (Σχήμα Β).

ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

Για ετήσιες καλλιέργειες (κηπευτικά, σιτηρά, κλπ):

- Ένα δείγμα με βάση την προηγούμενη διαδικασία (πεντάρι ζάρι ή ζικ-ζακ) από βάθος 0-30 εκατοστά.

Για δένδρῳδεις καλλιέργειες και Αμπελοειδή:

- Δύο δείγματα από 2 διαφορετικά βάθη.
1. Ένα δείγμα βάθους 0-30 εκατοστά
 2. Ένα δείγμα βάθους 30-60 εκατοστά

Τα δείγματα τοποθετούνται σε ξεχωριστές σακούλες και στέλνονται ξεχωριστά για ανάλυση, έχοντας σημειωμένο επάνω το βάθος που πάρθηκε το κάθε δείγμα.

Κάθε ένα δείγμα διαφορετικού βάθους θα έχει δημιουργηθεί από πολλά σημεία με τον τρόπο που ήδη αναφέραμε (πεντάρι ζάρι ή ζικ-ζακ). Προσοχή, δεν αναμιγνύουμε δείγματα από διαφορετικά βάθη.

Για λιβάδια και βοσκοτόπους:

- Ένα επιφανειακό δείγμα με βάση την προηγούμενη διαδικασία (πεντάρι ζάρι ή ζικ-ζακ) από βάθος 0-10 εκατοστά.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (ΒΑΣΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ):

- Επιλέγουμε και βάζουμε σημάδι με απλούς πασσάλους τα σημεία από όπου θα πάρουμε τα υπο-δείγματα.
- Απομακρύνουμε τα φυτά ή τα ζιζάνια από τα σημεία αυτά.
- Με την τσάπα ή το φτυάρι σκάβουμε ένα λάκκο σε κάθε σημείο.
- Χρησιμοποιώντας το φτυάρι κόβουμε από τη μια πλευρά του λάκκου, κάθετα, μια φέτα, ίσου πάχους εδάφους από πάνω μέχρι κάτω (0-30 εκατοστά ή 30-60 εκατοστά).
- Τοποθετούμε το έδαφος από όλα τα σημεία σε έναν κουβά ή λεκάνη και το ανακατεύουμε καλά μέχρι να γίνει ομοιόμορφο.
- Απομακρύνουμε τυχόν πέτρες, ρίζες κλπ με το χέρι
- Από το ήδη ανακατεμένο κι ομογενοποιημένο δείγμα, βάζουμε σε μια πλαστική σακούλα και στέλνουμε για ανάλυση περίπου 1 κιλό (και πετάμε το υπόλοιπο).
- Καταγράφουμε τα στοιχεία του δείγματος όπως: τοποθεσία, έκταση χωραφίου, καλλιέργεια, βάθος δειγματοληψίας κλπ.

ΠΡΟΣΟΧΗ! ΑΠΟΦΕΥΓΟΥΜΕ ΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ:

1. Μετά από λίπανση, ασβέστωση ή προσθήκη κοπριάς
2. Δίπλα σε δρόμους, στάβλους, σε αυλάκια και σαμάρια
3. Κοντά σε χώρους εκφόρτωσης λιπασμάτων ή κοπριάς
4. Κοντά σε συστήματα άρδευσης
5. Μετά από έντονη βροχόπτωση
6. Κοντά σε όχθες ποταμών, ρυακιών και ξερών ρεμάτων και σε νεροκρατήματα
7. Δίπλα σε φράχτες και δενδροστοιχίες ή κοντά σε δάση
8. Πολύ κοντά στον κορμό του δέντρου (ανάλογα το φυτό)

Παράρτημα III Αναγνώριση εξοπλισμού και τοποθέτηση στην εργαλειοθήκη
Φορέας εργαλείων – Εργαλειοθήκη – εξωτερική άποψη



Όργανο μέτρησης ροής σε κλειστούς αγωγούς, Ψηφιακό παχύμετρο, Μετρητής πίεσης εξόδων άρδευσης



Όργανο μέτρησης ροής σε κλειστούς αγωγούς



Ψηφιακό παχύμετρο



Μετρητής πίεσης ακροφυσίων άρδευσης



**Δοχεία μέτρησης ομοιομορφίας συστημάτων άρδευσης με βάσεις στήριξης,
 Όργανο μέτρησης της υγρασίας εδάφους, Όργανο μέτρησης ταχύτητας ανέμου,
 Όργανο μέτρησης pH, αγωγιμότητας, θερμοκρασίας και TDS**



Όργανο μέτρησης
 pH, αγωγιμότητας,
 θερμοκρασίας και
 TDS



Όργανο μέτρησης
 της υγρασίας
 εδάφους



Όργανο μέτρησης
 ταχύτητας
 ανέμου



Δοχείο μέτρησης
 ομοιομορφίας
 συστημάτων άρδευσης



Μετροταινία

Μετροταινία



Σπαστός δειγματολήπτης εδάφους

Σπαστός δειγματολήπτης εδάφους (μεταφέρεται εκτός της εργαλειοθήκης)



Παράρτημα IV Οδηγίες χρήσης του εξοπλισμού (φυλλάδια που συνόδευαν τον εξοπλισμό)