



Ατομικά Δίκτυα Αρδεύσεων

Ενότητα 3 : Εξατμισοδιαπνοή

Ευαγγελίδης Χρήστος
Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Εξαμισοδιαπνοή



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Εισαγωγή στην εξατμισοδιαπνοή.
2. Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες.
3. Κλιματικοί παράγοντες.
4. Συνθήκες μερικής φυτοκάλυψης.
5. Έμμεσος υπολογισμός.



Σκοποί ενότητας

Η ενότητα εισάγει τον ενδιαφερόμενο σε θέματα που αφορούν:

- Βασικός ορισμός εξατμισοδιαπνοής.
- Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Εξατμισοδιαπνοή

Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (1/10)

- Εκλογή έντασης τεχνητής βροχής.
- Εξατμισοδιαπνοή – παράγοντες καλλιέργειας και εδάφους.
- Εξατμισοδιαπνοή – κλιματικοί παράγοντες.
- Εξατμισοδιαπνοή – Είδη μεθόδων προσδιορισμού.
- Μέθοδος Blaney – Criddle.



Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (2/10)

- Υπολογισμός του χρόνου t_2 , που είναι ο χρόνος που αντιστοιχεί σε αθροιστική διήθηση μεγαλύτερη από την I_1 κατά την πρακτική δόση άρδευσης μείον την ποσότητα νερού που δόθηκε στον χρόνο t_1 :

$$t_2 = \left(\frac{I_2}{a} \right)^{\frac{1}{b}} = \left(\frac{d_p + I_1 - p \cdot t_1}{a} \right)^{\frac{1}{b}} = 448 \text{ min}$$



Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (3/10)

- Εξατμισοδιαπνοή: συνδυασμένη διαδικασία= διαπνοή φυτών + εξάτμιση φύλλων και εδάφους.
- Δυνητική ή δυναμική (ET_p): ρυθμός απομάκρυνσης νερού από υγρό έδαφος και φυτικές επιφάνειες σε πλήρη διαθεσιμότητα.
- Καλλιέργειας αναφοράς: η δυνητική εξατμισοδιαπνοή μίας καλλιέργειας αναφοράς.
- Καλλιέργειας: ET_c, η δυνητική μιας καλλιέργειας και επιτυγχάνει το μέγιστο της ανάπτυξης και απόδοσης στο συγκεκριμένο περιβάλλον.



Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (4/10)

ΕΤ_c: Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας.

Το νερό που χρειάζεται για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση μιας καλλιέργειας. Το νερό που καταναλώνεται από μία καλλιέργεια που είναι ελεύθερη από φυτικές ασθένειες αναπτύσσεται σε μεγάλα χωράφια χωρίς περιορισμούς σε νερό και θρεπτικά στοιχεία και επιτυγχάνει το μέγιστο της απόδοσης για το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται.



Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (5/10)

ET_a : Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή.

Το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες ενός χωραφιού (πλήρης ή μερική διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας, προσβολή ή όχι από ασθένειες, γονιμότητα του χωραφιού κ.α). Το άνω όριο είναι το ET_{max} .

$$ET_a \leq ET_c$$



Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (6/10)

- E_T Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (βάσης).

Είναι η ένταση με την οποία νερό, εφόσον είναι άμεσα διαθέσιμο, απομακρύνεται από τις εδαφικές και φυτικές επιφάνειες μιας καλλιέργειας αναφοράς. Καλλιέργειες αναφοράς είναι ο χορτοτάπητας με ομοιόμορφο ύψος 8-15 cm ή η μηδική με μέσο ύψος 50 cm. Οι επιφάνειες των φύλλων της καλλιέργειας αναφοράς, τυπικά δεν είναι υγρές.



Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (7/10)

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς ή απλώς εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, εκφράζεται είτε σαν ροή λανθάνουσας θερμότητας ανά μονάδα επιφάνειας LE_T_p , είτε σαν ισοδύναμο πάχος εξατμιζόμενου νερού ανά μονάδα χρόνου.



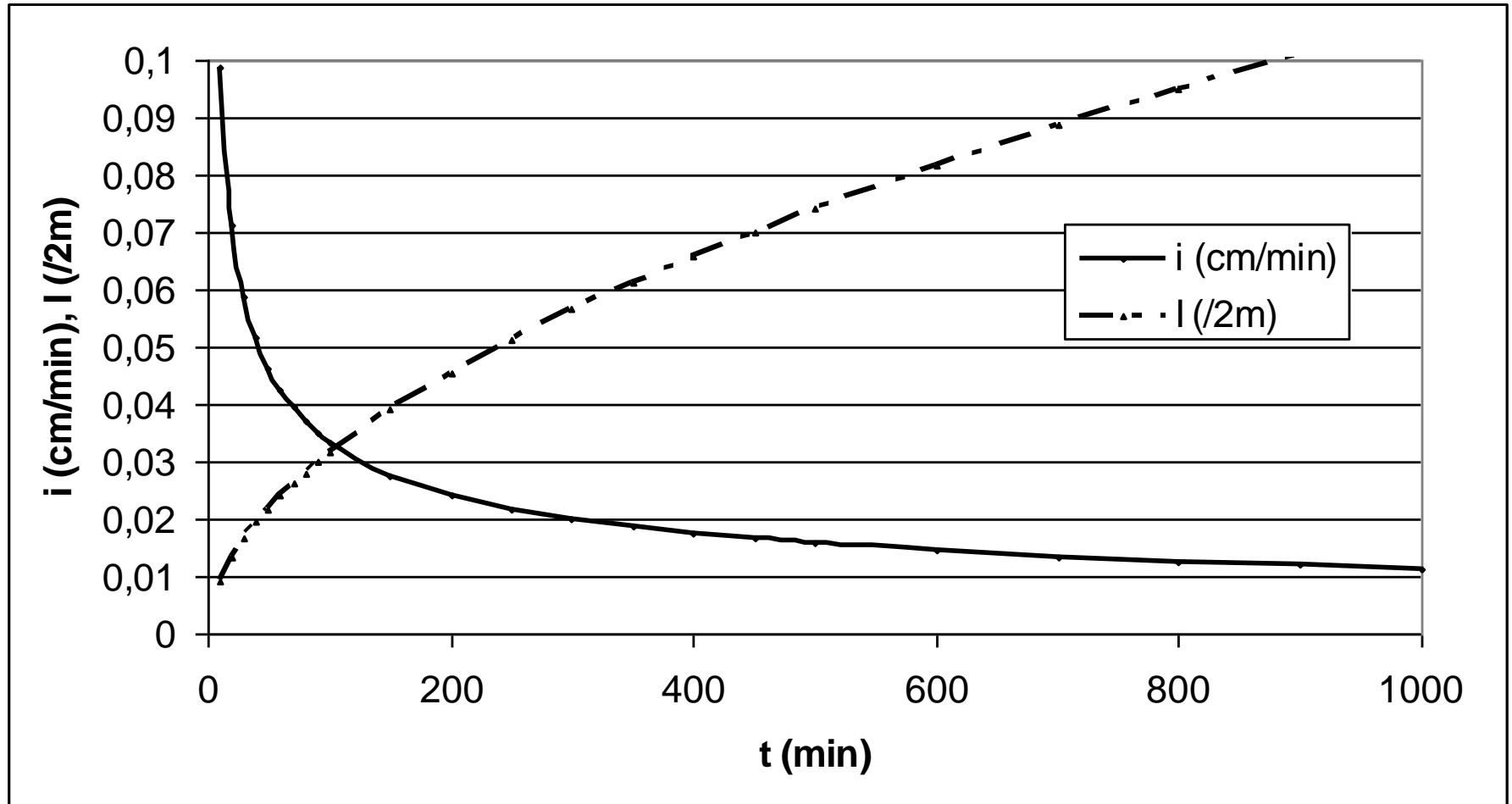
Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (8/10)

Συνοψίζοντας

- ET_c Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας.
- ET_r Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς.
- ET_{max} Μεγιστη Εξατμισοδιαπνοή.
- ET_a Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή.
- ET_p Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή.



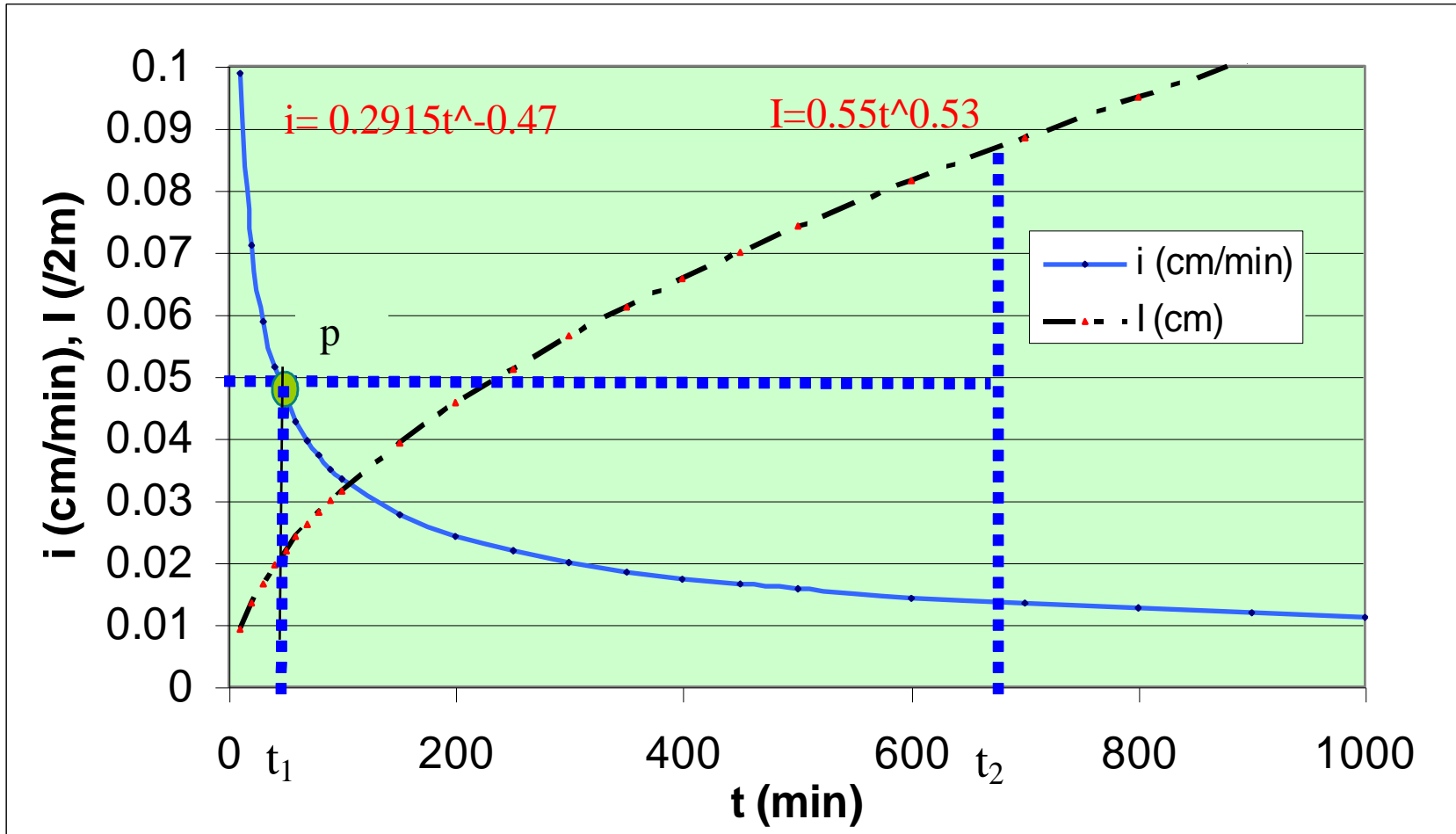
Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (9/10)



Σχήμα 1



Εισαγωγή στην Εξατμισοδιαπνοή (10/10)



Σχήμα 2



Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες (1/7)

Ορίζεται σαν:

Το νερό που χάνεται από ένα καλλιεργημένο χωράφι με:

- Διαπνοή από τα φυτά.
- Εξάτμιση από το έδαφος.
- Εξάτμιση από το φύλλωμα όταν είναι υγρό.

Εξαρτάται από χαρακτηριστικά φυτών και εδάφους, διαθέσιμη ενέργεια και συνθήκες ατμόσφαιρας.



Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες (2/7)

Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες.

- Φυτικό είδος: περίοδος ανάπτυξης, πυκνότητα φυλλώματος και ριζικού συστήματος, ύψος, τρόπος σποράς, αποστάσεις.
- Όχι από το είδος, όταν: χαμηλό φύλλωμα, κάλυψη όλης της επιφάνειας του εδάφους, εκτεταμένα χωράφια, επαρκής υγρασία πάντα. Αυτό οδήγησε στην εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, δηλαδή συγκεκριμένης καλλιέργειας, με χαμηλό φύλλωμα, κάλυψη όλης της επιφάνειας.



Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες (3/7)

Ανακλαστικότητα καλλιέργειας.

- Albedo: μέρος ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τις επιφάνειες που την δέχονται (φυτικές και εδαφικές).
- Χρώμα και τραχύτητα επιφάνειας.
- Πυκνές και χαμηλές: 20-25%.
- Έδαφος: 11-23%.



Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες (4/7)

Ποσοστό κάλυψης εδάφους.

- Ενέργεια που απορροφάται (ανακλαστικότητα γυμνού εδάφους μικρότερη από φυλλώματος).
- Αναλογία εξάτμισης εδάφους / διαπνοής φυτών: σε μικρή φυτοκάλυψη, κύριο μέρος ET από εξάτμιση νερού, σε συνάρτηση και με την υγρασία του επιφανειακού εδάφους.

Γενικά: αυξημένη κάλυψη σημαίνει μεγαλύτερο ποσοστό διαπνοής στην εξατμισοδιαπνοή.



Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες (5/7)

Ύψος καλλιέργειας και τραχύτητα φυλλώματος.

- Υψηλές πιο έντονη ΕΤ, λόγω περισσότερης έμμεσης ακτινοβολίας από το έδαφος. Στις χαμηλές, επάνω μισό φυτοκόμης.
- Τραχύτητα επηρεάζει μεταφορά υδρατμών.



Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες (6/7)

Βάθος και πυκνότητα ριζικού συστήματος.

Έμμεσα και σε συνάρτηση με την υγρασία του εδάφους.

- Σε υγρά: αβαθές και αραιό είτε και βαθύ και πυκνό ριζικό σύστημα αντλούν το ίδιο εύκολα νερό για ικανοποίηση εξατμιστικής ζήτησης.
- Σε ξηρά ή συνεκτικά εδάφη: Με αραιό και αβαθές, δεν ανταποκρίνονται σε μεγάλη ζήτηση.



Φυτικοί και εδαφικοί παράγοντες (7/7)

Στάδιο ανάπτυξης καλλιέργειας.

Διαφοροποίηση:

- Διαφοροποίηση καιρικών συνθηκών βλαστικής περιόδου.
 - Ένταση καθαρής ακτινοβολίας που δέχεται η καλλιέργεια.
1. Σπορά: εξάτμιση έδαφος.
 2. Ταχεία ανάπτυξη: Μεταβλητότητα φυτοκάλυψης.
 3. Πλήρης κάλυψη: άνθηση καρπού.
 4. Ωρίμανση – συγκομιδή.



Κλιματικοί παράγοντες (1/4)

Βασικοί κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή:

1. Η διαθεσιμότητα ηλιακής ενέργειας.

Για την εξάτμιση ενός γραμμαρίου νερού απαιτείται ενέργεια ίση με 590 cal.

2. Η αεροδυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας (Ταχύτητα ανέμου, σχετική υγρασία, θερμοκρασία αέρα).



Κλιματικοί παράγοντες (2/4)

Διαθεσιμότητα ηλιακής ενέργειας.

Απαιτείται ενέργεια με μορφή θερμότητας.

Η καθαρή ακτινοβολία R_n συμβολίζει:

1. Ροή αισθητής θερμότητας πάνω από την καλλιέργεια (H).
2. Ροή αισθητής θερμότητας εδάφους (G).
3. Ροή λανθάνουσας θερμότητας = άμεσα διαθέσιμη για εξάτμιση (λE).



Κλιματικοί παράγοντες (3/4)

- $\lambda ET = Rn - H - G$

Λανθάνουσα καθαρή αισθητή αισθητή
θερμική ακτινοβολία θερμότητα στην ενέργεια
ενέργεια, = θετική - ατμόσφαιρα - στο
θετική προς φυτική προς θετική προς τα έδαφος.
τα επάνω. την επάνω.
επιφάνεια.

Ενέργεια ανά μονάδα οριζόντιας επιφάνειας και ανά
μονάδα χρόνου.



Κλιματικοί παράγοντες (4/4)

Γενικές παρατηρήσεις περί λE

- Επίδραση ανέμου στην λE μέγιστη όταν Rn χαμηλή και ατμόσφαιρα ξερή.
- Όταν Rn σημαντική, ανεξάρτητα από υγρασία και θερμοκρασία, επίδραση ανέμου περιορίζεται.
- Υγρασία σημαντική όταν Rn χαμηλή και ταχύτητα ανέμου μεγάλη.
- Η θερμοκρασία σημαντική όταν υγρασία χαμηλή και ταχύτητα ανέμου μεγάλη.
- Τραχύτητα καλλιέργειας σημαντική όταν ταχύτητα ανέμου μεγάλη και ξηρή ατμόσφαιρα.



Συνθήκες μερικής φυτοκάλυψης (1/5)

- Λίγες καλλιέργειες καλύπτουν πλήρως το έδαφος (χόρτα και μηδική).
- Κάθε στάδιο μέσω φυτοκάλυψης επηρεάζει ET (λήψη μέσω φυτικών συντελεστών).
Σημαντικός ρόλος Leaf area Index (LAI): <2,7
μη πλήρης κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους.
- Εάν κάλυψη πλήρης, $ET = ET_p$



Συνθήκες μερικής φυτοκάλυψης (2/5)

Στο χωράφι από παρατηρήσεις μεταβολής της εδαφικής υγρασίας και με λυσίμετρα:

- Μέθοδος διαδοχικών δειγματοληψιών.
- Μέθοδος του υδατικού ισοζυγίου.
- Μέθοδος του λυσίμετρου.



Συνθήκες μερικής φυτοκάλυψης (3/5)

Μέθοδος διαδοχικών δειγματοληψιών

- Εδαφική υγρασία σε 30 cm.
- Μετρήσεις υγρασίας σε περιόδους 4-7 ημερών. ΕΤς από θ , Δt , πάχος ενεργού ριζοστρώματος.



Συνθήκες μερικής φυτοκάλυψης (4/5)

Μέθοδος υδατικού ισοζυγίου

- Σε μεγάλες εκτάσεις (κλειστές λεκάνες) όπου υπολογίζεται το υδατικό ισοζύγιο:
- $ET_c = P + IRR - (S_{urf} R_{un} O_f + D_{eep} P_{ercol}) + \Delta\theta$



Συνθήκες μερικής φυτοκάλυψης (5/5)

Μέθοδος του λυσίμετρου

- Κατασκευές (μεταλλικά ή πλαστικά δοχεία) με χώμα, καλλιέργειες με φυσικές συνθήκες, μέτρηση νερού εξάτμισης και διαπνοής.
- Υδραυλικά: μεταβολή ένδειξης πίεσης, δηλαδή βάρους.
- Ζυγιστικά: γεφυροπλάστιγγα ή κύτταρα ζύγισης ακριβείας.
- Ισοσταθμικά: σταθερή στάθμη νερού στη δεξαμενή, αναπλήρωση νερού ET από ογκομετρικό δοχείο.



Έμμεσος υπολογισμός (1/3)

Είδη μεθόδων έμμεσου προσδιορισμού – υπολογισμού:

- έμμεσες μικροκλιματικές μέθοδοι.
- έμμεσες εμπειρικές μέθοδοι.
- βελτιωμένες μέθοδοι έμμεσου προσδιορισμού.

Διαφέρουν ως προς

- Ακρίβεια.
- Απαιτήσεις σε κλιματικά δεδομένα.
- Πολλές χρησιμοποιούν την έννοια της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.



Έμμεσος υπολογισμός (2/3)

Γιατί εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

- Monteith: μοντέλο αντιστάσεων, αεροδυναμικής και επιφάνειας, οι οποίες ενεργούν μεταξύ του εσωτερικού των φύλλων και κάποιου ύψους αναφοράς πάνω από την βλάστηση.
- Αντίσταση φυτοκόμης r_s : στη ροή των υδρατμών μέσω των ανοιγμάτων των στομάτων.



Έμμεσος υπολογισμός (3/3)

- r_l του συνόλου της φυλλικής επιφάνειας.
- r_a στην τυχαία στροβιλώδη μεταφορά υδρατμών από την βλάστηση προς τα επάνω.
- Είδος φυτικής επιφάνειας πολύ σημαντικό ρόλο στην ET.
- Για αποφυγή πολλαπλότητας σχέσεων > καλλιέργεια αναφοράς ET_r (μηδική, χορτοτάπητας).



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Χρήστος Ευαγγελίδης.
«Ατομικά Δίκτυα Αρδεύσεων. Εξατμισοδιαπνοή». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη
2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS196/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Δαλάκης Νικόλαος
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2013-2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

