



βάθος διήθηση, τις διαρροές λόγω παλαιότητας, ή ελλιπούς συντήρησης κ.α.

Επίσης απώλειες νερού έχουμε και κατά την εφαρμογή του στο χωράφι, που εξαρτώνται πρώτα από το χρήστη παραγωγό και μετά από τη μέθοδο άρδευσης. Έχει αποδειχτεί ότι οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες που οφείλονται σε επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση. Η άρδευση με τεχνητή βροχή (καταιονισμό), παρουσιάζει μικρότερες απώλειες και η άρδευση με σταγόνες έχει τις μικρότερες απώλειες.

Στον Πίνακα 1., δίνεται μια αίσθηση της αποδοτικότητας διαφόρων δικτύων μεταφοράς - διανομής, και αρδευτικών δικτύων των διαφόρων μεθόδων άρδευσης.

**Πίνακας 1.** Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας διανομής,  $E_d$ , που αναφέρονται σε οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα και αποδοτικότητας εφαρμογής,  $E_f$ , μεθόδων άρδευσης

Τύπος δικτύου	Συντήρηση και λειτουργία	Αποδοτικότητα διανομής, $E_d$
Επιφανειακά δίκτυα	Πολύ καλή μέχρι άριστη	0,60-0,75
	Ικανοποιητική	0,50-0,60
	Ελλιπής	0,35-0,50
	Κακή	0,20-0,35
Υπό πίεση δίκτυα	Ικανοποιητική μέχρι άριστη	0,80-0,95
Μέθοδος άρδευσης		Αποδοτικότητα εφαρμογής, $E_f$
Κατάκλυση (λεκάνες)		0,60-0,80
Περιορισμένη διάχυση (λωρίδες)		0,60-0,75
Αυλάκια		0,50-0,75
Καταιονισμός:		0,60-0,80
Μικροάρδευση		0,80-0,95

(Ζ. Παπαζαφειρίου 1999)

Η αυξημένη ζήτηση για αρδευτικό νερό κατά τους θερινούς μήνες πιέζει τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της χώρας, και τη μεγαλύτερη πίεση τη δέχονται οι υπόγειοι υδατικοί πόροι, όπου η ζήτηση είναι μεγαλύτερη της επαναπλήρωσης, με αποτέλεσμα, τη μεγάλη πτώση της υπεδάφιας στάθμης (κάτω των 50 μέτρων στην Κυψέλη) στο κεντρικό τμήμα της ανατολικής Θεσσαλίας, με ταυτόχρονη μείωση ποσότητας και ποιότητας, και της αλμύρισης των υδροφορέων των παράκτιων περιοχών (Ομολίου, Αιγάνης κ. α. ).

Για λόγους αειφορίας των υδατικών πόρων ποιοτικά και ποσοτικά με στόχο την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών των καλλιεργειών, επιβάλλεται η μείωση της σπατάλης με ορθολογική διαχείριση και αποτελεσματική χρήση, που αφαιρητά της έχει την ακριβή γνώση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών.

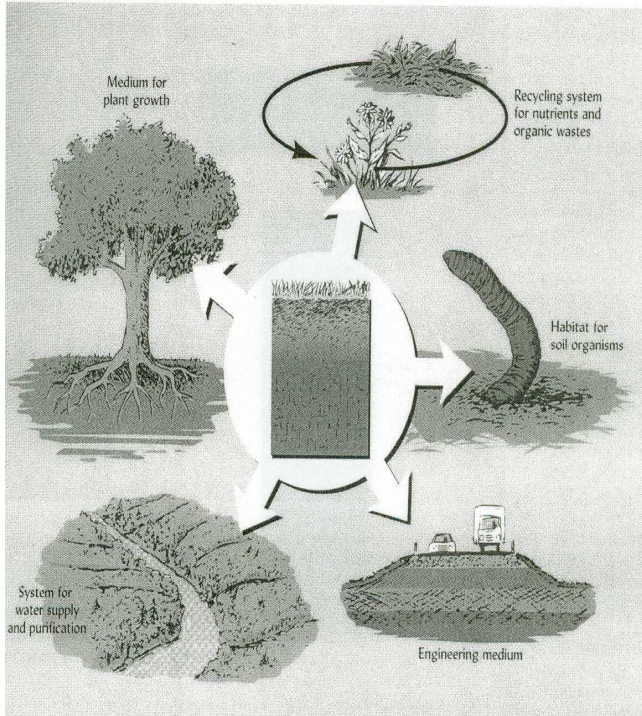
## 2.ΕΔΑΦΟΣ-ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ-ΡΙΖΟΣΤΡΩΜΑ

### 2.1 Έδαφος

Για τους γεωπόνους-εδαφολόγους, **Έδαφος** είναι: Τα ανόργανα και οργανικά συστατικά της επιφάνειας της γης, που συνήθως έχουν κάποιο χρώμα οφειλόμενο στο

χούμο που περιέχουν και είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δραστηριότητας των ζωντανών και νεκρών οργανισμών (φυτών και ζώων), του μητρικού υλικού, του κλίματος και του ανάγλυφου (White, 2000). Το ενεργό βάθος συνήθως δεν ξεπερνά το 1,5 μ.

Οι βασικές λειτουργίες του περιγράφονται εν συντομία παρακάτω:



1. Το έδαφος, είναι ο χώρος ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών και μέσω αυτού παρέχει στήριξη στο υπέργειο τμήμα τους.
2. Είναι ο χώρος διαβίωσης τόσο στην επιφάνεια όσο και κάτω απ' αυτή ζώντων οργανισμών και μικροοργανισμών.
3. Είναι ο χώρος εναπόθεσης της νεκρής οργανικής ύλης όπου αναοργανοποιείται μέσω των μικροοργανισμών και τροφοδοτεί με ανόργανα θρεπτικά τις ρίζες των φυτών.
4. Κάνει τη συγκράτηση, διακίνηση, φιλτράρισμα και καθαρισμό του νερού.
5. Είναι ο χώρος, όπου εδράζονται οι κατασκευές.

Σχήμα 2. . Σχήμα βασικών λειτουργιών του εδάφους (κατά Brandy and Weil, 1996)

## 2.2 Η Εδαφική υγρασία

Έχει σημείο εκκίνησης την **Υδοχωρητικότητα** (Σχ. 3) που αντιστοιχεί στην

υγρασία του εδάφους που προκύπτει μετά από μια έντονη βροχοπτώση ή καλή άρδευση και καλύπτει το βάθος του ριζοστρώματος, που για τις περισσότερες ετήσιες καλλιέργειες δεν ξεπερνάει το ένα μέτρο. Στο στάδιο αυτό το νερό έχει καλύψει όλους τους πόρους του εδάφους και απουσιάζει εντελώς ο αέρας, ενώ το ριζικό σύστημα των φυτών ασφυκτιά από έλλειψη οξυγόνου. Στην ίδια χρονική στιγμή έχουμε γρήγορη κίνηση του νερού προς το υπέδαφος και επιφανειακή απορροή εφ' όσον υπάρχει κλίση του χωραφιού.



Σχήμα 3. Φάσεις της υγρασίας του εδάφους

Δύο με τρεις ημέρες μετά η υγρασία του εδάφους μειούμενη έρχεται στο στάδιο της **Υδατοϊκανότητας**. Είναι το στάδιο όπου στο έδαφος, τα κενά του νερού

καταλαμβάνει ο αέρας και οι υγρασιακές συνθήκες του εδάφους για τα φυτά είναι ιδανικές. Το επόμενο στάδιο μετά την Υδατοϊκανότητα, είναι το σημείο **Μόνιμης Μάρανσης** των φυτών και αντιστοιχεί στο σημείο υγρασίας του εδάφους όπου το έδαφος έχει κάποια υγρασία αλλά συγκρατείται με τόσο μεγάλες δυνάμεις συνάφειας από τα τεμαχίδια του εδάφους που τα φυτά δεν μπορούν να την πάρουν με τις ρίζες τους και πεθαίνουν από λειψυδρία.

Όμως αρκετές ημέρες πριν τα φυτά έλθουν σ' αυτό το σημείο παρουσιάζουν **Ενδείξεις** ότι τους λείπει το νερό. Η διαφορά της εδαφικής Υγρασίας του σταδίου **Υδατοϊκανότητας** και του σημείου των **Ενδείξεων** έλλειψης νερού στα φυτά είναι το λεγόμενο **Διαθέσιμο Νερό** (Σχ. 3). Το Διαθέσιμο Νερό είναι η ποσότητα νερού που καλύπτεται με την άρδευση.

### 2.3 Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας

Η Εδαφική υγρασία μετρείται με διάφορους τρόπους, όπως:



Με λήψη δειγμάτων εδάφους από διάφορα βάθη, μεταφορά τους στο εργαστήριο, ζύγιση, ξήρανση στον κλίβανο για 24 ώρες στους 105<sup>o</sup> C και ξανά ζύγιση. Η διαφορά βάρους είναι το νερό που χάθηκε εκπεφρασμένο επί % ξηρού εδάφους.



Ένας άλλος τρόπος είναι αυτός της ηλεκτρικής αντίστασης. Χρησιμοποιούνται ανιχνευτές γύψου, ή υαλοβάμβακα, ή νάιλον, που έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Μόλις επέλθει η υγρασιακή εξισορρόπηση, γίνεται η μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης η οποία συσχετίζεται με την περιεχόμενη υγρασία του ανιχνευτή.



Μία τρίτη μέθοδος είναι αυτή του τενσιομέτρου. Είναι ένας σωλήνας Φ 25 περίπου που στο κάτω μέρος φέρει πορώδη καλύπτρα, γεμίζεται με απιονισμένο νερό και στο πάνω μέρος κλείνει αεροστεγώς, ενώ λίγο πιο κάτω από το πώμα φέρει μανόμετρο. Τοποθετείται ανάλογα με το μέγεθος του σωλήνα σε βάθη 30 εκ., 55-60 ή 90 εκ. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι απλός : όταν το έδαφος είναι ξηρό, τραβιέται νερό από το όργανο και στο μανόμετρο σημειώνεται υψηλή τιμή. Όταν το έδαφος είναι υγρό επιστρέφει υγρό στο όργανο και σημειώνεται στο μανόμετρο χαμηλότερη τιμή.

**Εικόνα 1. Α.**, Όργανο λήψης εδαφικών δειγμάτων.  
**Β** και **Γ** όργανα μέτρησης της εδαφικής υγρασίας

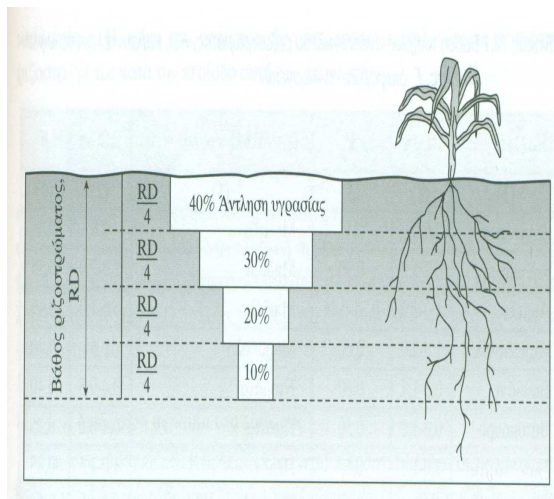
Οι αναγνώσεις του μανομέτρου στο τενσιόμετρο σημαίνουν τα παρακάτω:

- 0-10 cb: Δείχνουν ότι το έδαφος είναι στο επίπεδο της υδατοχωρητικότητας. Συνεχείς αναγνώσεις σ' αυτή την περιοχή δείχνουν υπερβολικό πότισμα. Οι ρίζες μπορεί να στερούνται τον επαρκή αερισμό.

- 10-25 cb: Επίπεδο Υδατοϊκανότητας, ήτοι βέλτιστη συνθήκη υγρασίας και αερισμού του εδάφους.
- 25-50 cb: Είναι σκόπιμο ν' αρχίσει η άρδευση σε χονδρόκοκκο αμμώδες έδαφος και για ευαίσθητα φυτά με ρηχές ρίζες.
- 50-70 cb: Επικίνδυνη περιοχή. Οι ρίζες του φυτού δυσκολεύονται να τραβήξουν το νερό από το έδαφος. Η ανάπτυξη του φυτού επιβραδύνεται.

### 2.3 Ριζόστρωμα

Ως **ριζόστρωμα** των καλλιεργειών νοείται το βάθος του εδάφους εντός του οποίου δραστηριοποιείται το ριζικό τους σύστημα. Σε ένα ομοιογενές έδαφος το 80-90% του όγκου του ριζικού συστήματος αναπτύσσεται στα 60-75% του ολικού βάθους της ρίζας, όπως αναφέρουν οι Hansen et al. (1980) και Keller (1986). Σύμφωνα με τα ανωτέρω όταν το ριζόστρωμα είναι επαρκώς εφοδιασμένο με νερό, τα φυτά αντλούν νερό περισσότερο από τα επιφανειακά στρώματα και λιγότερο από τα παρακάτω.



**Σχήμα 4.** Διάγραμμα άντλησης υγρασίας από φυτά που αναπτύσσονται σε βαθειά διαπερατά εδάφη, με υγρασία πλησίον της υδατοϊκανότητας. (Παπαζαφειρίου, 1999).

Υπ' αυτές τις συνθήκες στο διάγραμμα άντλησης του νερού (Σχ. 4.) φαίνεται ότι το 40 % των υδατικών απαιτήσεων των φυτών ικανοποιείται από το πάνω  $\frac{1}{4}$  του ριζοστρώματος, το 30% ικανοποιείται από το 2<sup>ο</sup>  $\frac{1}{4}$ , το 20% ικανοποιείται από 3<sup>ο</sup>  $\frac{1}{4}$  και το 10% από το υπόλοιπο  $\frac{1}{4}$ .

Έτσι η επιφανειακή υγρασία θα εξαντληθεί πολύ γρήγορα και στη συνέχεια θα αρχίσει να εξαντλείται η υγρασία των υπόλοιπων στρωμάτων, και κατ'ουσίαν μεταξύ δύο αρδεύσεων, η εξάντληση λόγω πρόσληψης νερού θα είναι περίπου ίδια. Τα ανωτέρω θα αξιοποιηθούν στον προγραμματισμό των αρδεύσεων.

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Οι υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών ή της καλλιέργειας σε νερό εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας, ο δε ρυθμός των απαιτήσεων τους ποσοτικά και χρονικά, καθορίζει το μέγεθος της βλάστησης που αναγκαστικά δεν ανταποκρίνεται στη βελτιστοποίηση της παραγωγής. Όμως η μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος και οι ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας πρέπει πάντα να συνάδουν με την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι υδατικές απαιτήσεις των φυτών εκφράζονται καλύτερα με αυτό που λέγεται ισοζύγιο νερού στο ριζικό σύστημα του φυτού, που στην ουσία απεικονίζει την ισορροπία μεταξύ εισροών και εκροών νερού.

**Εισροές νερού** είναι :

Η **βροχόπτωση** της οποίας η ένταση και η διάρκεια έχει σχέση με την ποσότητα νερού που θα εισέλθει μέσω της επιφάνειας του εδάφους στη ριζόστρωμα.

Η άρδευση που σχετίζεται με το ρυθμό εφαρμογής του νερού στην επιφάνεια του εδάφους, την υγρασιακή του κατάσταση, την ταχύτητα διήθησης και την αρδευτική δόση.

Η τριχοειδής ανύψωση του νερού από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και μόνο στις περιπτώσεις που αυτός είναι σχετικά κοντά στο ριζόστρωμα.

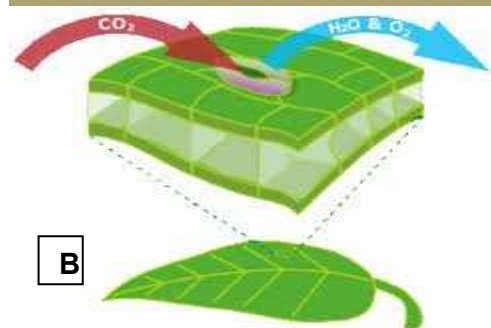
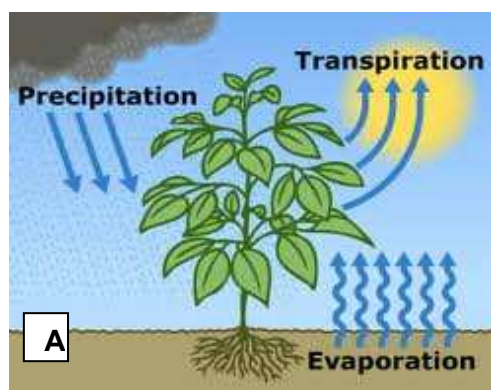
**Εκροές νερού** είναι:

Η επιφανειακή απορροή που δυνατό να προκύψει από μια έντονη βροχόπτωση υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας, όπως επίσης και από μία υπεράρδευση, και το πρόβλημα επιτείνεται στην περίπτωση που το χωράφι έχει κάποια κλίση.

Η βαθιά διήθηση, μία μορφή εκροής ή απώλειας που συμβαίνει ούτως ή άλλως, μετά από μια καλή βροχή ή άρδευση, με έντονους ρυθμούς τις 2-3 πρώτες ημέρες και αρκετές ημέρες μετά με χαμηλούς ρυθμούς.

Η εξατμισοδιαπνοή (ETc), είναι το σύνθετο φαινόμενο της απώλειας νερού από το φυτό με την διαπνοή (από τους ιστούς του φυτού), μέσω των στοματίων του φυλλώματος με τη μορφή υδρατμών και ανταλλαγής αερίων,

της εξάτμισης υγρασίας από την επιφάνεια του φυλλώματος, και της εξάτμισης νερού από την γυμνή επιφάνεια του εδάφους.



**Σχήμα 5.** Σχηματική παράσταση εξατμισοδιαπνοής (A) και στοματίου φυλλώματος (B).

Η εξατμισοδιαπνοή (ETc) είναι ένας δείκτης του πόσο νερό χρειάζονται οι καλλιέργειες για την άριστη ανάπτυξη και παραγωγικότητα. Άρα η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής (ETc), αντιστοιχεί με την εκτίμηση των υδατικών αναγκών των φυτών, για την απόληψη θρεπτικών από το έδαφος, την φωτοσύνθεση, τη δέσμευση ηλιακής ενέργειας και άνθρακα ως CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα και την διαπνοή υδρατμών.

Η ένταση της ροής του νερού από το φύλλωμα ή από το έδαφος (εξάτμιση) προς την ατμόσφαιρα, εξαρτάται από την κινητικότητα των υδρατμών, την υγρασία, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του ανέμου πλησίον της κόμης του φυτού.

Η επιφανειακή απορροή θα μπορούσε να μας απασχολήσει μόνο στην περίπτωση χωραφιών με σχετική κλίση και εκεί θα ήταν δύσκολο να μετρηθεί, παρά μόνο με ειδικές κατασκευές και αυτό για σκοπούς έρευνας (μέτρηση επιφανειακής απορροής και διάβρωσης του εδάφους). Οι παράμετροι βαθιά διήθηση και τριχοειδής ανύψωση είναι διαδικασίες πολύπλοκες και ως εκ τούτου δύσκολη η εκτίμησή τους. Εξ' άλλου όταν η υπόγεια στάθμη είναι σε μεγάλο βάθος η τριχοειδής ανύψωση, είναι πρακτικά ανύπαρκτη. Επομένως τα μετρήσιμα και σημαντικά μεγέθη που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη σχεδίαση και τον υπολογισμό των υδατικών απαιτήσεων των φυτών είναι η βροχόπτωση, η άρδευση και η εξατμισοδιαπνοή.

### 3.1 Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής

Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες :

1. Την ηλιακή ακτινοβολία που σχετίζεται με τη θερμοκρασία και σχετική υγρασία, την ταχύτητα του ανέμου.
2. Το φυτικό είδος.
3. Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος
4. Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από την καλλιέργεια
5. Το ύψος της καλλιέργειας και η τραχύτητα του φυλλώματος
6. Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας
7. Το έδαφος από την άποψη της υφής, δομής, φαινόμενου ειδικού βάρους, μακρο και μικροπορώδους και χημικές ιδιότητες.

Λόγω των πολλών παραγόντων που υπεισέρχονται στην τιμή της εξατμισοδιαπνοής και της δυσκολίας στη διατύπωση εξίσωσης που να εκτιμά την εξατμισοδιαπνοή σε διαφορετικές συνθήκες εφαρμόζεται από τους ερευνητές η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (ET<sub>r</sub>), με την διεθνώς γνωστή εξίσωση του FAO Penmann-Montieth (Allen et al., 1998), η οποία χρησιμοποιεί δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας αέρα. Είναι έμμεσος τρόπος υπολογισμού των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό και ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής (ET<sub>c</sub>) της καλλιέργειας, προκύπτει από τη σχέση : **ET<sub>c</sub>=K<sub>c</sub> x ET<sub>r</sub>**

όπου:

(K<sub>c</sub>) είναι ο φυτικός συντελεστής που χρησιμοποιείται με την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET<sub>r</sub>) για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό των διαφόρων καλλιεργειών.

Ο φυτικός συντελεστής (K<sub>c</sub>) για κάθε καλλιέργεια επηρεάζεται από το είδος του φυτού, το στάδιο και το ρυθμό ανάπτυξης, τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και το ποσοστό φυτοκάλυψης του εδάφους. Είναι αδιάστατος αριθμός, παίρνει τιμές από 0,1 έως 1,2. Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και ο φυτικός συντελεστής παίρνονται από πίνακες προσαρμοσμένους στις ελληνικές συνθήκες από Έλληνες ερευνητές.

Άμεσος τρόπος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής (ET<sub>r</sub>) είναι ο τρόπος μέτρησης με την βοήθεια λυσιμέτρου. Το λυσιμετρο είναι μία διάταξη κυλινδρικού δοχείου, εγκατεστημένου στο έδαφος η οποία περιλαμβάνει μία ζυγαριά ακριβείας, στην οποία τοποθετείται ένα ώριμο φυτό ή δένδρο με όλο του το ριζικό σύστημα και έδαφος, η οποία μετρά συνεχώς την ποσότητα του νερού που προστίθεται με την άρδευση ή την βροχή και αυτή που αφαιρείται με τη διαπνοή και εξατμηση. Είναι πολυδάπανη και χρονοβόρος κατασκευή που χρησιμοποιείται μόνο από ερευνητικά ιδρύματα.

Ένας επίσης άμεσος τρόπος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής (ET<sub>r</sub>) στο χωράφι που θα περιγραφεί παρακάτω είναι με την μέθοδο του κυλινδρικού εξατμισιμέτρου. Από την εμπειρία μας θεωρείται ότι είναι ο πλέον εύχρηστος τρόπος μέτρησης της εξατμισοδιαπνοής (ET<sub>r</sub>), χωρίς ιδιαίτερη δαπάνη και γνώσεις.

### 3.2 Υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών Βάμβακος , Καλαμποκιού , Βιομηχανικής ντομάτας και Τεύτλων

**Η γνώση** των υδατικών απαιτήσεων των ανωτέρω κατ' εξοχήν υδροβόρων καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου, αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο στα χέρια

της πολιτείας, της περιφέρειας, ή του δήμου, για τον σχεδιασμό ταμιευτήρων, ανοικτών και κλειστών δικτύων μεταφοράς νερού, τον σχεδιασμό συλλογικών αρδευτικών δικτύων. Επίσης **σημαντικό εργαλείο στα χέρια του παραγωγού** για τον σχεδιασμό του ατομικού αρδευτικού δικτύου, το σχεδιασμό και προγραμματισμό της άρδευσης και τον ακριβή υπολογισμό της αρδευτικής δόσης.

Τα εργαλεία λοιπόν, όπως θεωρητικά περιεγράφησαν παραπάνω για τον προσδιορισμό των υδατικών αναγκών είναι τα παρακάτω:

1. Η καλλιέργειας ως είδος (βαμβάκι, καλαμπόκι, βιομηχανική ντομάτα, ή τεύτλα) και η βλαστική περίοδος ή ο βιολογικός κύκλος της κάθε μιας σε ημέρες (**Πίνακας 2**).
2. Η Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ETr) για τον Ελλαδικό χώρο (**Πίνακας 3**).
3. Ο (Kc) ως Φυτικός συντελεστής που εξαρτάται από τα στάδια ανάπτυξης της κάθε καλλιέργειας (**Πίνακας 4**).
4. Η Εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ETc), σύμφωνα με την μέθοδο FAO Penman-Monteith, όπως αναφέρθηκε, δίδεται από την εφαρμογή της εξίσωσης  $ETc = Kc \cdot ETr$ .

Τα δεδομένα των Πινάκων 2, 3, και 4 είναι προσαρμοσμένα στις ελληνικές συνθήκες, και αποτελούν σωρευμένη γνώση που αποκτήθηκε τα τελευταία 20-22 χρόνια από έλληνες και ξένους ερευνητές (ιδε βιβλιογραφία).

**Πίνακας 2.** Βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης ετήσιων καλλιεργειών βάμβακος, καλαμποκιού, βιομηχανικής ντομάτας και τεύτλων, όπως διαμορφώνονται στην ηπειρωτική Ελλάδα

	Βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης σε ημέρες
Βαμβάκι	Ημερομηνία σποράς 18-30/4, μπορεί να παραταθεί μέχρι 15/5. Συγκομιδή από 1-20/10 που μπορεί να παραταθεί μέχρι το πρώτο 15ήμερο του Νοεμβρίου. Στάδια ανάπτυξης 30/60/45/25 (160)
Καλαμπόκι	Πρώιμες ποικιλίες καλαμποκιού με πλήρη βιολογικό κύκλο σπέρνονται από 10-30/4 και συγκομίζονται από 5-15/9. Τα στάδια ανάπτυξης είναι 25/40/60/25 (150).
Βιομηχανική Ντομάτα	Σπορά από 15/4-4/6, συγκομιδή από 25/7-10/10, στάδια ανάπτυξης 25/35/35/20 (115).
Τεύτλα	Σπορά από 1/3-30/4, συγκομιδή μετά από τις 20/8, αλλά κυρίως όταν τα τεύτλα φτάσουν τη μέγιστη περιεκτικότητα σε σάκχαρο. Στάδια ανάπτυξης 30/45/90/15 (180).

(Ζ. Παπαζαφειρίου 1999)

**Πίνακας 3.** Μέσοι όροι της ανά μήνα μέσης ημερήσιας τιμής της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ETr) σε mm ύψος βροχής, των σταθμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, που εκτιμήθηκε με τη μέθοδο FAO Penman-Monteith (P-M)



Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
	0,79	1,27	1,84	2,91	4,06	5,41	6,16	5,45	3,60	1,94	1,07	0,75

(Γεωργίου κ.ά. 2000)

**Πίνακας 4.** Φυτικοί συντελεστές Kc, κατά στάδιο ανάπτυξης, τεσσάρων βασικών ετήσιων καλλιεργειών, προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδος για χρήση με την συνδυασμένη μέθοδο FAO Penman-Monteith

Καλλιέργεια	Kc			
	Αρχικό στάδιο	Στάδιο ταχείας ανάπτυξης	Μέση περίοδος	Τελικό στάδιο
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Βαμβάκι	0,45	0,70	1,05	0,60
Καλαμπόκι	0,50	0,80	1,05	0,60
Βιομη. Ντομάτα	0,50	0,80	1,05	0,65
Τεύτλα	0,45	0,65	1,00	0,50

(Ζ. Παπαζαφειρίου 1999)

### 3.3 Υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας του Βαμβακιού.

Η βλαστική περίοδος του βαμβακιού είναι περίπου 160 ημέρες (Πίνακ. 2). Σύμφωνα με την μέθοδο FAO Penman-Monteith η ανάπτυξη του βαμβακιού από την ημέρα σποράς, χωρίζεται σε τέσσερα στάδια (Πίνακ. 2) και σε κάθε στάδιο έχει υπολογισθεί πειραματικά ο φυτικός συντελεστής Kc (Πίνακ. 4).

Το 1ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 30 ημέρες και ο φυτικός συντελεστής Kc = 0,45

Το 2ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 60 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής Kc = 0,70

Το 3ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 45 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής Kc = 1,05

Το 4ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 25 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής Kc = 0,60

Επομένως η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας βαμβακιού (ETc), υπολογίζεται βάσει της εξίσωσης  $ETc = Kc \cdot ET_r$ . Η Τιμή και κατανομή της (ETr), προκύπτει από την επεξεργασία δεδομένων του Πίνακα 3, έχοντας ως ημερομηνία σποράς τις 19/4. Επομένως για το κάθε στάδιο ανάπτυξης του βαμβακιού από την ημερομηνία σποράς και μετά έχουμε :

1ο στάδιο διάρκειας 30 ημερών	:	0,45	*	108 mm	=	48,60 mm	ύψος νερού
2ο στάδιο	-//-	60	-//-	:	0,70	*	319,8 mm = 223,86 mm -//- -//-
3ο στάδιο	-//-	45	-//-	:	1,05	*	255,19 mm = 267,90 mm -//- -//-
4ο στάδιο	-//-	25	-//-	:	0,60	*	90 mm = 54,0 mm -//- -//-
							<b>594,36 mm -//- -//-</b>

Έτσι συνολικά οι υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας του βαμβακιού είναι **594,36 mm** ύψος νερού, ή **594,36 m<sup>3</sup> νερού/στρέμμα**, στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Η ημερήσια υδατοκατανάλωση του βαμβακιού κατά στάδιο ανάπτυξης και ανά στρέμμα είναι :

1ο στάδιο Ανάπτυξης :  $48,6 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ.} / 30 \text{ ημ.} = 1,62 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ.} / \text{ημέρα}$

2ο στάδιο Ανάπτυξης :  $223,86 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ} / 60 \text{ ημ.} = 3,73 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ.} / \text{ημέρα}$

**3ο στάδιο Ανάπτυξης :  $267,9 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ} / 45 \text{ ημ.} = 5,95 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ.} / \text{ημέρα}$**

4ο στάδιο Ανάπτυξης :  $54 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ} / 25 \text{ ημ.} = 2,16 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ.} / \text{ημέρα}$

Το 3ο στάδιο της βλαστικής περιόδου εμφανίζει την μεγαλύτερη ημερήσια κατανάλωση  **$5,95 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρέμμα} / \text{ημέρα}$** . Η κατανάλωση του 3ου Σταδίου φαίνεται ότι αντιστοιχεί σε κατανάλωση αιχμής.

Η κατανάλωση αιχμής, είναι αυτή που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό ενός αρδευτικού δικτύου, συλλογικού ή ατομικού, τον προγραμματισμό της αρδευτικής δόσης και τον προσδιορισμό της επανάληψης της άρδευσης, ή του αρδευτικού κύκλου.

### 3.4 Υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας του Καλαμποκιού.

Η βλαστική περίοδος του καλαμποκιού είναι περίπου 150 ημέρες. Ακολουθώντας τα ίδια βήματα που έγιναν για το βαμβάκι, τα στάδια ανάπτυξης και οι αντιστοιχοι φυτικοί συντελεστές βάσει της ίδιας μεθόδου FAO Penman-Monteith είναι:

1ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 25 ημέρες και ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,50$

2ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 40 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,80$

3ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 60 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 1,05$

4ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 25 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,60$

Επομένως η εξατμισοδιαπνοή (ETc) της καλλιέργειας καλαμποκιού, βάσει της εξίσωσης  $ET_c = K_c \cdot ET_r$ , τον Πίνακα 3, με ημερομηνία σποράς **10/4** για το κάθε στάδιο ανάπτυξης του καλαμποκιού από την ημερομηνία σποράς και μετά έχουμε :

1ο στάδιο :  $0,50 * 77,35 \text{ mm} = 38,67 \text{ mm}$  ύψος νερού

2ο στάδιο :  $0,80 * 179,95 \text{ mm} = 143,96 \text{ mm}$  -//- -//-

3ο στάδιο :  $1,05 * 348,33 \text{ mm} = 365,74 \text{ mm}$  -//- -//-

4ο στάδιο :  $0,60 * 125,15 \text{ mm} = 75,09 \text{ mm}$  -//- -//-

**623,46 mm** -//- -//-

Οι συνολικές υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας του καλαμποκιού είναι,  **$623,46 \text{ mm}$**  ύψος νερού, ή  **$623,46 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρέμμα}$** , στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Οι ημερήσιες υδατοκαταναλώσεις του καλαμποκιού ανά στάδιο ανάπτυξης και στρέμμα είναι :

1ο στάδιο Ανάπτυξης :  $38,67 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ} / 25 \text{ ημ.} = 1,54 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ.} / \text{ημέρα}$

2ο στάδιο Ανάπτυξης :  $143,96 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ} / 40 \text{ ημ.} = 3,59 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ.} / \text{ημέρα}$

**3ο στάδιο Ανάπτυξης :  $365,74 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ} / 60 \text{ ημ.} = 6,09 \text{ m}^3 \text{ νερού} / \text{στρ.} / \text{ημέρα}$**

4ο στάδιο Ανάπτυξης:  $75,09 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ}/25 \text{ ημ} = 3,00 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ/ημέρα}$

Το 3ο στάδιο της βλαστικής περιόδου εμφανίζει την μεγαλύτερη ημερήσια κατανάλωση  **$6,09 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρέμμα/ημέρα}$** . Η κατανάλωση του 3ου Σταδίου φαίνεται ότι αντιστοιχεί στην κατανάλωση αιχμής.

### 3.5 Υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας Βιομηχανικής Ντομάτας.

Η βλαστική περίοδος της βιομηχανικής ντομάτας είναι περίπου 115 ημέρες (Πιν. 2). Σύμφωνα με όσα είπαμε για το βαμβάκι και το καλαμπόκι, τα στάδια ανάπτυξης και οι αντίστοιχοι φυτικοί συντελεστές της βιομηχανικής ντομάτας είναι:

1ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 25 ημέρες και ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,50$

2ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 35 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,80$

3ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 35 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 1,05$

4ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 20 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,65$

Επομένως η εξατμισοδιαπνοή (ETc) της καλλιέργειας βιομηχανικής ντομάτας, βάσει της εξίσωσης  $ETc = K_c \cdot ET_r$ , του Πίνακα 3, με ημερομηνία σοποράς  **$15/4$**  για το κάθε στάδιο ανάπτυξης είναι :

1ο στάδιο :  $0,50 * 83,1 \text{ mm} = 41,55 \text{ mm}$  ύψος νερού

2ο στάδιο :  $0,80 * 159,65 \text{ mm} = 127,72 \text{ mm}$  -//- -//-

3ο στάδιο :  $1,05 * 209,3 \text{ mm} = 219,76 \text{ mm}$  -//- -//-

4ο στάδιο :  $0,65 * 121,12 \text{ mm} = 78,72 \text{ mm}$  -//- -//-

---

**$467,75 \text{ mm}$**  -//- -//-

Οι υδατικές απαιτήσεις της βιομηχανικής ντομάτας ανέρχονται στα  **$467,75 \text{ mm}$**  ύψος νερού, ή  **$467,75 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρέμμα}$** , στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Η ημερήσια υδατοκατανάλωση αυτής κατά στάδιο ανάπτυξης και στρέμμα είναι :

1ο στάδιο Ανάπτυξης:  $41,55 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ}/25 \text{ ημ.} = 1,66 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ/ημέρα}$

2ο στάδιο Ανάπτυξης:  $127,72 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ}/35 \text{ ημ.} = 3,64 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ/ημέρα}$

**3ο στάδιο Ανάπτυξης :  $219,76 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ}/35 \text{ ημ.} = 6,27 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ/ημέρα}$**

4ο στάδιο Ανάπτυξης:  $78,72 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ}/20 \text{ ημ.} = 3,93 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ./ημέρα}$

Το 3ο στάδιο της βλαστικής περιόδου εμφανίζει την μεγαλύτερη ημερήσια κατανάλωση  **$6,27 \text{ m}^3 \text{ νερού/στρ/ημέρα}$** . Η κατανάλωση αιχμής είναι αυτή του 3ου σταδίου.

### 3.6 Υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας Τεύτλων.

Η βλαστική περίοδος των τεύτλων είναι περίπου 180 ημέρες (Πιν. 2). Σύμφωνα με όσα είπαμε για τις προηγούμενες καλλιέργειες, τα στάδια ανάπτυξης και οι αντίστοιχοι φυτικοί συντελεστές των τεύτλων είναι:

- 1ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 30 ημέρες και ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,45$   
 2ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 45 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,65$   
 3ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 90 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 1,00$   
 4ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 15 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής  $K_c = 0,50$

Οπότε η εξατμισοδιαπνοή (ETc) της καλλιέργειας τεύτλων, βάσει της εξίσωσης  $ET_c = K_c \cdot ET_r$ , του Πίνακα 3, με ημερομηνία σοποράς  $1/3$ , το κάθε στάδιο ανάπτυξης από τη σοπορά και μετά είναι :

1ο στάδιο	: 0,45 * 55,2 mm	=	24,84 mm	ύψος νερού
2ο στάδιο	: 0,65 * 145,98 mm	=	94,88 mm	-//- -//-
3ο στάδιο	: 1,00 * 496,98 mm	=	496,98 mm	-//- -//-
4ο στάδιο	: 0,50 * 81,75 mm	=	40,87 mm	-//- -//-
			<u>657,57 mm</u>	-//- -//-

Οι υδατικές απαιτήσεις των τεύτλων ανέρχονται στα **657,57 mm ύψος νερού, ή 657,57 m<sup>3</sup> νερού/στρέμμα**, στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Η ημερήσια υδατοκατανάλωση αυτής κατά στάδιο ανάπτυξης και στρέμμα είναι :

1ο στάδιο Ανάπτυξης : 24,84 m<sup>3</sup> νερού /στρ /30 ημ. = 0,82 m<sup>3</sup> νερού/στρ/ημέρα

2ο στάδιο Ανάπτυξης : 94,84 m<sup>3</sup> νερού/στρ/45 ημ. = 2,10 m<sup>3</sup> νερού/στρ/ημέρα

**3ο στάδιο Ανάπτυξης : 496,98m<sup>3</sup> νερού /στρ/90 ημ. = 5,52 m<sup>3</sup> νερού/στρ/ημέρα**

4ο στάδιο Ανάπτυξης : 40,87 m<sup>3</sup> νερού/στρ/15 ημ. = 2,72 m<sup>3</sup> νερού/στρ./ημέρα

Το 3ο στάδιο της βλαστικής περιόδου εμφανίζει την μεγαλύτερη ημερήσια κατανάλωση **5,52 m<sup>3</sup> νερού/στρ/ημέρα**. Η κατανάλωση αιχμής είναι και εδώ αυτή του 3ου σταδίου.

#### 4. ΑΝΑΓΚΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΓΡΟΥ.

Αντικειμενικός σκοπός της άρδευσης είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοσή τους, σε συνδυασμό με υψηλή ποιότητα των παραγομένων προϊόντων.

Η ποσοτική εκτίμηση του νερού αυτού αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για τη σωστή εφαρμογή και τον προγραμματισμό των αρδεύσεων, όπως επίσης και για τη μελέτη και σχεδιασμό των αρδευτικών δικτύων.

Οι αρδευτικές ανάγκες των φυτών αφορούν καθαρά το έλλειμμα υγρασίας των φυτών σε κάποια βλαστική περίοδο, όπου η εδαφική υγρασία δεν επαρκεί για να καλύψει τις υδατικές απαιτήσεις τους, και αν δεν συμπληρωθεί με την άρδευση, θα δημιουργηθεί στρες στο φυτό, με δυσμενείς επιπτώσεις που αν είναι στην αρχή της βλαστικής περιόδου αυτό θα έχει μικρή επίπτωση, στην ποιότητα και ποσότητα της παραγωγής, αν είναι στην περίοδο της ανθοφορίας ή της καρπόδεσης, τότε η επίπτωση θα είναι πολύ μεγάλη.

Ο προγραμματισμός της άρδευσης είναι η διαδικασία στην οποία ο παραγωγός πρέπει να απαντήσει στα παρακάτω ερωτηματικά:

- Πότε πρέπει να ποτίσω;
- Πόσο νερό να ρίξω;

Η απάντηση στα παραπάνω είναι αρκετά πολύπλοκη, και σίγουρα έχει δοθεί από πολλούς ερευνητές, με τη βοήθεια της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς από τις μετρήσεις μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η ταχύτητα του ανέμου, η θερμοκρασία του αέρα, η ηλιακή ακτινοβολία κ.λ.π., από μετεωρολογικούς σταθμούς και την βοήθεια εμπειρικών εξισώσεων.

Ο παραγωγός βρίσκεται σε μειονεκτικότερη θέση, διότι του λείπουν τα μέσα και η εξειδικευμένη γνώση. Η πιο απλή προσέγγιση για τον παραγωγό θα ήταν η παρακάτω:

1. Καλή γνώση του χωραφιού που καλλιεργεί, από την άποψη, του αν είναι είναι βαρύ (αργιλώδες), μέσης σύστασης (αργιλοπηλώδες ή αμμοαργιλοπηλώδες), ελαφρύ (αμμώδες, αμμοπηλώδες) κ.λ.π.
2. Αν το χωράφι του από την άποψη του εδάφους είναι ομοιόμορφο, ή παρουσιάζει διαφοροποιήσεις.
3. Ανάλογα με τις διαφοροποιήσεις του χωραφιού το χωρίζει αν είναι δυνατό σε μία, ή δύο ζώνες, ανάλογα με την έκταση.
4. Επιλέγει τρόπο καλλιέργειας και σποράς, έτσι ώστε η κάθε ζώνη να καλύπτει ολόκληρο το μήκος σποράς.
5. Φροντίζει να εξασφαλίσει για κάθε ζώνη 2 τενσιόμετρα (όργανα που περιγράφηκαν παραπάνω και η απόκτησή τους είναι σε προσιτή τιμή για τον παραγωγό), προσαρμοσμένα για βάθη 25-30 εκ., και 55-60 εκ.
6. Φροντίζει να εξασφαλίσει ένα εξατμισόμετρο (όργανο που περιγράφηκε παραπάνω σε τιμή, κατά τη γνώμη μας, επίσης προσιτή για τον παραγωγό). Ένα εξατμισόμετρο είναι δυνατό να καλύψει περιοχή μέχρι και 10.000 στρέμματα.
7. Με τη σπορά ή λίγες ημέρες μετά και την άρδευση για το φύτρωμα, εγκαθίστανται **επί της γραμμής σποράς** του βαμβακιού τα τενσιόμετρα και το εξατμισόμετρο, σε σημεία που να μη εμποδίζουν τις καλλιεργητικές εργασίες.

**Πίνακας 5.** Τιμές μέγιστου ενεργού ριζοστρώματος (σε μέτρα) και η ζώνη εξάντλησης του εδαφικού νερού

Καλλιέργεια	Βάθος ριζοστρώματος	Ζώνη εξάντλησης
Βαμβάκι	1,0-1,7	0,65
Καλαμπόκι	1,0-1,7	0,55
Βιομ. Ντομάτα	0,4-0,8	0,40
Τεύτλα	0,7-1,7	0,55

Επιλέγεται σύμφωνα και με τον **Πίνακα 5.**, το βάθος έμπιξης των τενσιομέτρων ανάλογα με την καλλιέργεια. Το πρώτο θα τοποθετηθεί στα 20-30 εκ. βάθος και το δεύτερο αν πρόκειται για βαμβάκι ή καλαμπόκι θα τοποθετηθεί στο βάθος των 55-60, και 50-55. αν πρόκειται για ντομάτα στα 40 εκ., και για τεύτλα 50 εκ.

Allen et al (1998).

Έτσι όταν στο ριζόστρωμα μειώνεται η υγρασία λόγω μύζησης από το ριζικό σύστημα το φυτό αρχίζει σταδιακά να δυσκολεύεται στην προσρόφηση νερού, αλλά και από το πρώτο τενσιόμετρο των 20-30 εκ. αρχίζει να απομακρύνεται υγρασία μέσω της πορώδους καλύπτρας δημιουργώντας κενό εντός του σωλήνα που μετρείται με το μανόμετρο. Αν οι ενδείξεις αυτού του πρώτου μανομέτρου αγγίζουν τα 25-50 cb, τότε ο παραγωγός έχει το μήνυμα ότι πρέπει να ξεκινήσει την άρδευση. Εάν συνεργάζονται σωστά τα δύο τενσιόμετρα και παρακολουθούνται κανονικά τότε το πρώτο δίνει την έναρξη

της άρδευσης και το δεύτερο που είναι σε μεγαλύτερο βάθος δίνει τη λήξη της άρδευσης. Μπορούν δηλαδή να λειτουργούν ως διακόπτες on-off.

Επομένως απαντιέται, ΚΑΤΑ ΤΗ ΓΝΩΜΗ Μας, το ερώτημα του **ΠΟΤΕ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΠΟΤΙΣΩ**

8. ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΑΝΤΗΣΗ του επόμενου ερωτήματος: **ΠΟΣΟ ΝΕΡΟ ΘΑ ΡΙΞΩ;** που όπως αναφέρθηκε σχετίζεται άμεσα με την εξατμισοδιαπνοή των φυτών, ζητήθηκε ποιο πάνω, η εξασφάλιση εξατμισομέτρου και αυτό για λόγους πρακτικούς. Πριν προχωρήσουμε, θα εξηγήσουμε με λίγα λόγια τι είναι το συγκεκριμένο εξατμισόμετρο και τον τρόπο λειτουργίας του. Είναι ένας κύλινδρος μήκους 30 εκ., που γεμίζεται από την πάνω πλευρά με απιονισμένο νερό. Έχει εξωτερικά γυάλινο βαθμονομημένο δείκτη μήκους 30 εκ. και ενδείξεις σε (in) και (mm), που επικοινωνεί με το περιεχόμενο του κυλίνδρου και δείχνει τη στάθμη του νερού εντός του δοχείου σε κάθε στιγμή. Η βαθμονόμηση αρχίζει από την κορυφή και προς τα κάτω έτσι ώστε κατεβαίνοντας η στάθμη να φαίνεται αμέσως η ένδειξη. Στο πάνω μέρος φέρει κεραμικό κάλυμμα που επικοινωνεί μέσω λεπτού πλαστικού σωλήνα με το νερό του δοχείου. Το πάνω μέρος του κεραμικού καλύπτεται από ειδική τσόχα πράσινου χρωματισμού. Τοποθετείται και αυτό αν είναι δυνατό κοντά ή και στις ίδιες γραμμές με τα тенσιόμετρα για να διευκολύνεται η παρακολούθησή τους, φτάνει να μην είναι κοντά σε δενδροστοιχία, ή καλαμώνα για να μην κόβεται η ταχύτητα κυκλοφορίας του αέρα.



Εικόνα 2. Κυλινδρικό εξατμισόμετρο

Λαμβάνεται μέριμνα έτσι ώστε το πάνω μέρος της τσόχας να είναι στο ίδιο ύψος με τα φυτά της σειράς και κάπου κάπου μετακινείται προς τα πάνω έτσι ώστε να παρακολουθεί το ύψος των φυτών.

Η παρακολούθηση του εξατμισομέτρου αρχίζει μετά από μία πλήρη άρδευση που συμπίπτει με το γέμισμα του δοχείου και την ένδειξη του δείκτη στο σημείο μηδέν (0). Μετά ανά 2-3 ημέρες παρακολουθείται η πτώση της στάθμης μέσω του δείκτη και οι ενδείξεις σημειώνονται σε ειδικό φυλλάδιο.

Από τη στιγμή που οι ενδείξεις των тенσιομέτρων δείξουν ότι ο παραγωγός πρέπει να αρδεύσει τότε αθροίζονται οι επί μέρους απώλειες που έχουν καταγραφεί στο φυλλάδιο και πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή ( $K_c$ ), σύμφωνα με την εξίσωση που αναφέρθηκε στα προηγούμενα:  $ET_c = K_c * ET_r$  Όπου:

$K_c$  είναι ο φυτικός δείκτης που περιγράψαμε παραπάνω και έχει σχέση με το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας.

$ET_r$  είναι η Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς που μετρήθηκε με το εξατμισόμετρο και την πολλαπλασιάζουμε με τον φυτικό δείκτη προκειμένου να την προσαρμόσουμε στο στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας και να πάρουμε την τιμή της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας  $ET_c$ .

Εάν μετά τους υπολογισμούς βρέθηκε για παράδειγμα  $ET_c = 40 \text{ mm}$  ύψους βροχής που αντιστοιχούν σε  $40 \text{ m}^3$  νερού στο στρέμμα, ο παραγωγός έχει την απάντηση στο **πόσο νερό θα ρίξει**, άρα την **ποσότητα της αρδευτικής**

**δόσης/στρέμμα.** Αν τώρα το χωράφι του με καλλιέργεια βαμβακιού έχει έκταση 75 στρεμμάτων και το ποτίζει σε πέντε στάσεις των 15 στρεμμάτων η κάθε μια, τότε σε κάθε στάση θα πρέπει να ρίξει **40 m<sup>3</sup> νερού στο στρέμμα X 15 στρέμματα = 600 m<sup>3</sup> νερού.**

Πώς θα μετρήσει ο παραγωγός τη συγκεκριμένη ποσότητα;

Συνήθως λέει, ότι θα ρίξει ανάλογα με τον τρόπο άρδευσης 8, 10, 12 ή 24 ώρες νερό τη στάση, υπολογίζοντας ότι γνωρίζει την απόδοση της αντλίας του. Μπορεί και να το πετυχαίνει, αλλά τις περισσότερες φορές, επειδή μέχρι σήμερα όλα είναι στο περίπου, εκείνο σίγουρα καταφέρει, είναι να κάνει υπεράρδευση, ή ελλειμματική άρδευση.



**Εικόνα 3.** Υδρομέτρο νερού άρδευσης

Ο πιο σωστός τρόπος μέτρησης του νερού, είναι αυτός του υδρομέτρου. Μόνο η προσάρτηση ενός υδρομέτρου σαν αυτό της **Εικόνας 3.**, θα του εξασφαλίσει την ακριβή αρδευτική δόση. Έτσι θα μπορεί να εξασφαλίσει το απαραίτητο νερό για την καλλιέργειά του με τα λιγότερα περιττά έξοδα από καύσιμα ή ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά και εξοικονόμηση νερού. Τούτέστιν οικονομία για τον εαυτό του και το περιβάλλον.

Σε φύλλα Excel δίνονται παραδείγματα άρδευσης με χρήση του Εξατμισομέτρου, του Ισοζυγίου Εδαφικού Νερού και υπολογισμού της Εξατμισοδιαπνοής (ETc) της καλλιέργειας με εφαρμογή της εξίσωσης  $ETc = ET_r * K_c$ , που αναφέρθηκε παραπάνω.

Η απόφαση για την έναρξη της άρδευσης παίρνεται από τα τενσιόμετρα.

Βέβαια όλα όσα αναφέρθηκαν εδώ δεν αναιρούν αυτά που γνώριζε ο παραγωγός μέχρι χθες, και αποφάσιζε την άρδευση της καλλιέργειας του χωραφιού του, ήτοι την γενικότερη εμφάνιση του φυτού, το χρώμα των φύλλων, την ανάπτυξη των μεσογονατίων, το χρώμα της κορυφής και οτιδήποτε άλλο. Μπορεί να χρησιμοποιεί τα πάντα σε συνδυασμό με τα ανωτέρω όργανα.

#### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Τοποθεσία : Ιντζερλί  
Εξατμισόμετρο  
: 2  
Έτος : 2010

#### ΦΥΛΛΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Καλλιέργεια : Βαμβάκι  
Ημερομηνία σποράς: 24/4  
Ημερομηνία φυτρώματος: 12/5

Εδαφικός τύπος: Αργιλοπηλός  
Τρόπος Άρδευσης: Σταγόνες

Ημερομηνία πλήρους κάλυψης : 10/7

Ημερομηνία	Ώρα	Ανάγνωση Εξατμισι- μέτρου (ETr) mm	Διαφο- ρά mm	Βροχή (R) mm	Συντελεστής φυτοκάλυψης Kc	Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETc=ETr* Kc σε mm	Προοδευτική Εξάντληση Εδαφικής Υγρασίας (ETc - R) mm	Άρδε- υση (I) σε mm βροχ- ής ή m <sup>3</sup> /στ ρ.
A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	I
15-Ιουλ	8:00 πμ	250	Άρδε- υση				0,0	
17-Ιουλ	10:00 πμ	261	11		1,0	11	11,0	
20-Ιουλ	9:00 πμ	279	18		1,0	18	29,0	
22-Ιουλ	10:00 πμ	292	13		1,0	13	42,0	
22-Ιουλ			Άρδε- υση				0,0	42 mm
Το δοχείο του Εξατμισιμέτρου επαναπληρώθηκε μέχρι την έδειξη της κορυφής που είναι το μηδέν (0)								
22-Ιουλ		0	0				0,0	
25-Ιουλ	9:00 πμ	19,5	19,5		1,0	19,5	19,5	
27-Ιουλ	8:00 πμ	32,7	13,2	7,0	1,0	13,2	25,7	
29-Ιουλ	8:00 πμ	46,5	13,8		1,0	13,8	39,5	
29-Ιουλ			Άρδε- υση				0,0	39,5 mm

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ**

**ΦΥΛΛΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Τοποθεσία : Τσατάλι **Καλλιέργεια : Καλαμπόκι για καρπό** Εδαφικός τύπος: Αργιλοπηλώδες  
 Εξατμισιμέτρο : 3 Ημερομηνία σποράς: 10 Απριλίου Τρόπος Άρδευσης: Σταγόνες  
 Έτος : 2010 Ημερομηνία φυτρώματος: 26 Απριλίου  
 Ημερομηνία πλήρους κάλυψης : 12/6

Ημερομηνία	Ώρα	Ανάγνωση Εξατμισι- μέτρου (ETr) mm	Διαφο- ρά mm	Βροχή (R) mm	Συντελεστής φυτοκάλυψης Kc	Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETc=ETr* Kc σε mm	Προοδευτική ή Εξάντληση Εδαφικής Υγρασίας (ETc - R) mm	Άρδε- υση (I) σε mm βροχ- ής ή m <sup>3</sup> /στ ρ.
A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	I
1-Ιουν	8:00 πμ	132,01	Μετά από άρδευ- ση				0	
4-Ιουν	9:00 πμ	146,89	14,88		0,8	11,90	11,9	
6-Ιουν	10:00 πμ	155,19	8,3		0,8	6,64	18,54	
8-Ιουν	8:00 πμ	163,59	8,4		0,9	7,56	26,10	
10-Ιουν	9:00 πμ	173,19	9,6		0,9	8,64	34,74	
			41,18					
11-Ιουν							0	34,74 mm



13-IouV	8:00 πμ	189,69	16,5		1,0	16,5	16,5	
15-IouV	9:00 πμ	201,29	11,6	<b>5,0</b>	1,0	11,6	23,1	
18-IouV	8:00 πμ	219,59	18,3		1,0	18,3	41,4	
19-IouV			Άρδε υση				0	41,4 mm
22-IouV	10:00 πμ	244,39	24,8		1,0	24,8	24,8	
24-IouV	9:00 πμ	257,19	12,8		1,0	12,8	37,6	
26-IouV	9:00 πμ	269,79	12,6		1,0	12,6	50,2	
27-IouV	8:00 πμ		Άρδε υση				0	50,2 mm

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Allen, R.G., Smith, M., Perrier, A. and L.S. Pereira, 1994: An update for the definition and for the calculation of reference evapotranspiration. *ICID BULLETIN*, 43(2):1-92.

2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and M. Smith, 1998: Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*.
3. Wright J.L. 1982. New Evaporation Crop Coefficients. *Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE*, 108: 57-74.
4. Wright J.L. 1996. Derivation of alfalfa and grass reference evapotranspiration. *Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, Proceedings of the International Conference, Nov. 3-6, San Antonio*, pp 133-140.
5. Doorenbos, J. and W.O. Pruitt, 1977: Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 24*, 2nd edn. FAO, Rome, 156pp.
6. Michalopoulou, H. and G. Papaioannou, 1991: Reference crop evapotranspiration over Greece. *Agriculture Water Management*, 20, 209-221.
7. Γεωργίου, Π.Ε., Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Παπαζαφειρίου, Ζ., 2000. Συγκριτική Αξιολόγηση των Μεθόδων Penman και Penman-Monteith με τη Βοήθεια Εκτιμήσεων Εξατμισοδιαπνοής Αναφοράς στην Ελλάδα. *Πρακτικά 5<sup>ο</sup> Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας - Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη*, 395-402.
8. Ουζούνης Δ., 2002: Συστήματα αυτόματης άρδευσης, άρδευση με σταγόνες και μικροεκτοξευτήρες. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, 358 σελ.
9. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1990: Προσδιορισμός φυτικών συντελεστών προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες. Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Υδραυλικής και Βελτιώσεων, Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ., 117 σελ.
10. Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. και Π.Ε. Γεωργίου, 1999: Συγκριτική ανάλυση των ωριαίων και ημερήσιων εκτιμήσεων της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τη μέθοδο FAO Penman - Monteith. *Πρακτικά 4<sup>ο</sup> Εθνικού Συνεδρίου ΕΕΔΥΠ, Βόλος, τεύχος Α'*, 183-189.
11. Paramichail, D. and Alexiou, J., 1998. Application of the theory of regionalized variables for estimating reference evapotranspiration in Greece. *Proceedings of an International Conference, Sani Halkidiki, July 1998, Protection and Restoration of the Environment IV, Volume I*: 222-229.
12. Παπαμιχαήλ, Δ., 2000γ. Μοντέλα προσομοίωσης τεχνικών εξοικονόμησης νερού. Πρόγραμμα Αειφορικής Γεωργίας. Διαχείριση Υδατικών και Ενεργειακών Πόρων. Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ., σελ. 66-77.
13. Παπαμιχαήλ, Δ., 2000α. Εξοικονόμηση νερού - Άρδευτικές μέθοδοι. Πρόγραμμα Αειφορικής Γεωργίας. Διαχείριση Υδατικών και Ενεργειακών Πόρων. Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ., σελ. 25-37.
14. Παπαμιχαήλ, Δ., 2000β. Ελλειμματικές συνθήκες διαθεσιμότητας νερού - Διαχείριση στο αγροτεμάχιο. Πρόγραμμα Αειφορικής Γεωργίας. Διαχείριση Υδατικών και Ενεργειακών Πόρων. Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ., σελ. 38-52.

15. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. και Παπαμιχαήλ, Δ.Μ., 1996: *Συστήματα Αρδεύσεων*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Έκδοση Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Τμήμα Γεωπονίας, 204 σελ.
16. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1999: *Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 347 σελ.
17. Papazafiriou, Z.G., 1996: Crop evapotranspiration: regional studies in Greece. *International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology, Cost77, 79, 711* European Commission, Volos (Greece), 275-286.