



# ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

**ΘΕΜΑ: Εκτίμηση της Εξατμισοδιαπνοής σε τρεις ελληνικές πόλεις για την περίοδο 1961-2000**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΤΣΑΓΚΟΥΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Νοέμβριος 2017

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΧΡΗΣΤΟΣ Γ. ΤΣΑΓΚΟΥΛΗΣ

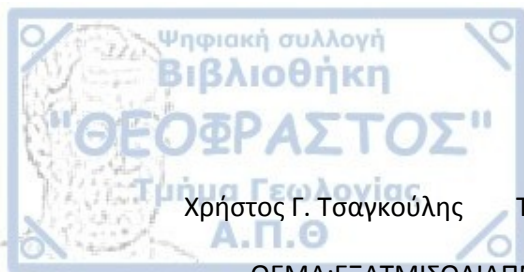
ΘΕΜΑ : ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας

Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας

**Επιβλέπων Καθηγητής**

Αναγνωστοπούλου Χριστίνα



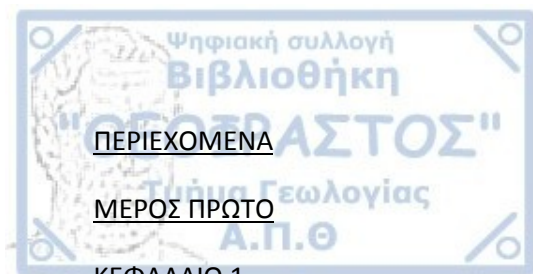
Χρήστος Γ. Τσαγκούλης

Τομέας Μετεωρολογίας, 2017

ΘΕΜΑ: ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

|                                      |      |   |
|--------------------------------------|------|---|
| 1.1 Ορισμός                          | Σελ. | 6 |
| 1.2 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής |      | 7 |
| 1.3 Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής    |      | 8 |

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 2.1 Το μοντέλο Penman-Monteith                     | 10 |
| 2.2 Προσέγγιση του συντελεστή φυτοκαλλιέργειας(Kc) | 10 |
| 2.3 Η εξίσωση FAO Penman-Montieth                  | 10 |
| 2.4 Ισοζύγιο νερού                                 | 11 |
| 2.5 Ο υδρολογικός κύκλος-Εξάτμιση                  | 11 |

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες                 | 15 |
| 3.2 Φυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή | 15 |

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 Δυναμική Εξατμισοδιαπνοή-Έμμεσες Μικροκλιματικές μέθοδοι υπολογισμού της Εξατμισοδιαπνοής | 17 |
| 4.2 Αεροδυναμικές μέθοδοι                                                                     | 17 |
| 4.3 Μέθοδος ισοζυγίου ενέργειας                                                               | 17 |
| 4.4 Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή                                                                | 18 |

### ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Αποτελέσματα μεθόδων για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής-

|         |    |
|---------|----|
| Πίνακες | 21 |
|---------|----|



## 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Εξάτμιση νερού θεωρούμε την διαδικασία εκείνη κατά την οποία το νερό από την υγρή κατάσταση μετατρέπεται σε αέρια με τη μεταφορά υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Η ηλιακή ακτινοβολία και ο άνεμος είναι οι δύο παράγοντες που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό εξάτμισης του νερού. Η διαπνοή είναι το μέσον κατά το οποίο γίνεται η μεταφορά του νερού μέσω των στοματίων στην ατμόσφαιρα, από τα φύλλα των φυτών. Έτσι αφού το νερό έχει απορροφηθεί από τις ρίζες των φυτών ή από το έδαφος γίνεται η επαναφορά του νερού ξανά πίσω στην ατμόσφαιρα. Όλο αυτό ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή.

Εξατμισοδιαπνοή δηλαδή ονομάζεται η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια του εδάφους και η διαπνοή που γίνεται από τα φυλλώματα των φυτών. Ο όρος εξατμισοδιαπνοή είναι σύνθετος όρος.

Η εξατμισοδιαπνοή ET, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των φυτών του εδάφους, τη διαθέσιμη ενέργεια παραγωγής της ηλιακής ακτινοβολίας και τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα εκείνη τη χρονική στιγμή. Για να έχουμε αποτέλεσμα εξάτμισης θα χρειαστούμε μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης ακτινοβολίας.

Πέρα από την εξατμισοδιαπνοή ET που γνωρίσαμε παραπάνω υπάρχουν και άλλου είδους εξατμισοδιαπνοές, όπως η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETC ή η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς ή βάσης ET<sub>0</sub> που είναι παραπλήσιες της ET.

Όπως και την δυσνητική εξατμισοδιαπνοή.

Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETC ονομάζεται η ένταση με την οποία το νερό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με το μέγιστο βαθμό, χωρίς απώλειες ποσότητας υδρατμών.

Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς ή βάσης ET<sub>0</sub> ονομάζεται η ένταση του νερού που απομακρύνεται προς την ατμόσφαιρα χωρίς να επιτυγχάνεται η μέγιστη τιμή του. Έχουμε δηλαδή απώλεια στο ποσοστό του νερού, κατά την μεταφορά από το έδαφος στην ατμόσφαιρα, το νερό δηλαδή εξατμίστηκε.

Δυσνητική εξατμισοδιαπνοή: ονομάζεται η ποσότητα της εξατμισοδιαπνοής που πραγματοποιείται από εδαφικές επιφάνειες, ομοιόμορφα καλυμμένες από αναπτυσσόμενη χλωρίδα, σε συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού.

## 1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

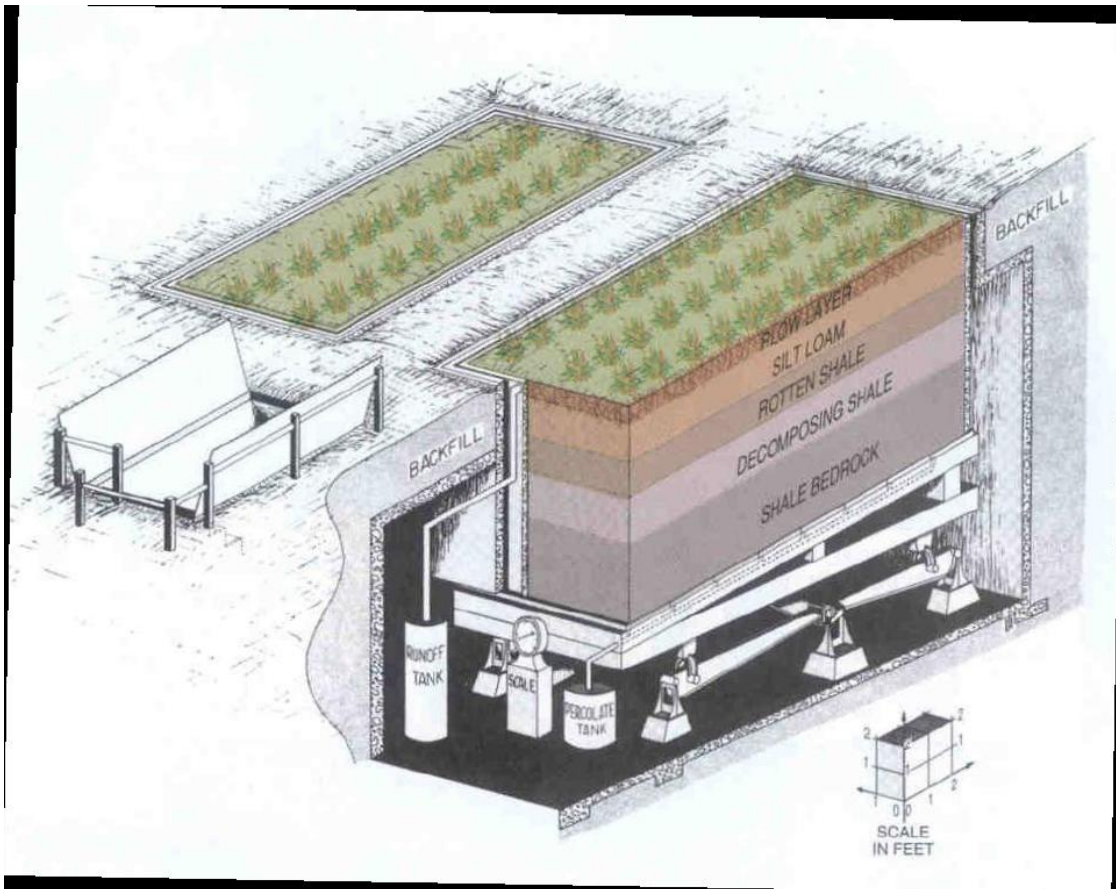
Κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη τιμή υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής είναι οι εξής:

- α) Μετεωρολογικοί : ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία του αέρα, σχετική υγρασία και ταχύτητα του ανέμου.
- β) Εδαφολογικοί : εδαφική σύσταση, δομή, πυκνότητα και χημικές ιδιότητες του εδάφους
- γ) Φυτικοί: είδος και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, το ύψος των φυτών, φυλλική πυκνότητα και βάθος της ρίζας.

Η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να μετρηθεί και να υπολογιστεί με διάφορους μεθόδους όπως τα λυσίμετρα.

Τα λυσίμετρα είναι μεγάλα κυλινδρικά δοχεία εγκαταστημένα στο έδαφος (Σχήμα 1.1). Έτσι γίνεται άμεσα η μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής. Περιλαμβάνει μια ζυγαριά ακριβείας που μετρά το ποσοστό βροχής ή άρδευσης και αντίστροφα το ποσοστό εξάτμισης ή διαπνοής που μπορεί να υποστεί ένα δέντρο ή ένα φυτό.

Πέρα από το λυσίμετρο ένας άλλος εύκολος τρόπος μέτρησης της εξατμισοδιαπνοής είναι το εξατμισόμετρο (Σχήμα 1.2), και άμεσος τρόπος.



Σχήμα 1.1. Γραφική απεικόνιση ενός λυσιμέτρου



Σχήμα 1.2. Εξατμισόμετρο δι' αγκίστρου σε μετεωρολογικό σταθμό

Επίσης η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να εκτιμηθεί με αριθμητικές μεθόδους που έχουνε δημιουργηθεί από επιστήμονες μετά από παρακολούθηση και μέτρηση αριθμητικών μεταβολών που έχουν άμεση συνάρτηση με τη τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Παρ'όλα αυτά δεν υπάρχει μία εξίσωση που να είναι κοινή αποδεκτή ακόμα, λόγω του ότι οι διάφορες συνθήκες(μετεωρολογικές, φυτικές κ.λ.π) δεν παραμένουν σταθερές. Έτσι δεν έχει οριστεί συγκεκριμένη τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Για το λόγο αυτό δημιουργήσαμε μία άλλη εξατμισοδιαπνοή, την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς που αναφέρεται σε σταθερούς συντελεστές. Για να βρούμε την πραγματική εξατμισοδιαπνοή της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς χρησιμοποιούμε το φυτικό συντελεστή ( $K_c$ ) που είναι μεταβλήτος ανάλογα με το είδος του φυτού και το στάδιο ανάπτυξης του.

### 1.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από τους παρακάτω κλιματικούς και μετεωρολογικούς παράγοντες:

#### 1.Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας σε ότι αφορά την εξατμισοδιαπνοή. Οι διάφορες θέσεις του ήλιου άλλοτε κοντά άλλοτε πιο μακριά από την επιφάνεια του εδάφους επηρεάζουν την τιμή της. Επίσης τα νέφη ελαττώνουν την έντασή της. Ακόμα μέρος της αντλείται από την ατμόσφαιρα και από την επιφάνεια του εδάφους. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολείας εξαρτάται επίσης από το ποσοστό θόλωσης της ατμόσφαιρας.

#### 2.Θερμοκρασία αέρα



Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζει το βαθμό εξατμισοδιαπνοής. Όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία του αέρα τόσο μεγαλώνει το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής.

### 3.Υγρασία αέρα

Αντίθετα η υγρασία του αέρα επιβραδύνει το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής

### 4.Ταχύτητα ανέμου

Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει το ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής.

Άλλοι μη μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι :

- Το φυτικό είδος
- Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος
- Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από την καλλιέργεια
- Το ύψος της καλλιέργειας και η ταχύτητα του φυλλώματος
- Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας
- Το έδαφος

## 2.1 TO ΜΟΝΤΕΛΟ PENMAN-MONTEITH

Η εξατμισοδιαπνοή μπορεί εκτιμηθεί με το μοντέλο του Penman Monteith. Αποτελείται από μία αριθμητική εξίσωση και καταλήγει σε μία τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Πάλι χρησιμοποιούμε την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και καλλιέργειας για καλύτερους υπολογισμούς.

## 2.2 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΦΥΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ( $K_c$ )

Ο συντελεστής καλλιέργειας  $K_c$  διαφοροποιείται ανάλογα με βάση κάποια χαρακτηριστικά όπως είναι τα εξής:

- 1) Το ύψος της καλλιέργειας, το οποίο παίζει ρόλο στην αντίσταση στις ηλιακές ακτινοβολίες
- 2) Η ανακλαστικότητα των φυτών, δηλαδή πόσο θετικά ανταποκρίνονται τα φυτά στην ηλιακή ακτινοβολία.
- 3) Η αντίσταση της φυτοκόμης στην φυγή των υδρατμών από το φυτό.
- 4) Η υγρασιακή κατάσταση της επιφάνειας του εδάφους. Κατά πόσο δηλαδή το έδαφος κρατά τα ποσοστά υγρασίας του.

Έτσι ο συντελεστής καλλιέργειας  $K_c$  διαφοροποιείται ανάλογα από αυτά τα χαρακτηριστικά.

## 2.3 Η ΕΞΙΣΩΣΗ FAO PENMAN-MONTEITH

Η εξίσωση που θα δούμε παρακάτω είναι ένας τρόπος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με καινούργια μέθοδο.

Η εξίσωση αποτελείται από μεταβλητές όπως:

$R_n$ : καθαρή ηλιακή ακτινοβολία

$G$ : πυκνότητα της θερμικής ροής του εδάφους

$T$ : μέση ημερήσια θερμοκρασία

$e_s$ : τάση κορεσμένων υδρατμών

Η εξίσωση δίνεται:  $E_{Tr} = \{0,408\Delta(R_n - C) + \gamma(900/I + 273)u^2(es - ea)\} / \Delta + \gamma(1 + 0.34U^2)$

Πρέπει να γνωρίζουμε:

Μετεωρολογικοί παράμετροι: Τη θερμοκρασία του αέρα (μέγιστες και ελάχιστες), την υγρασία (μέγιστες και ελάχιστες τιμές), την ακτινοβολία (μέση ημερήσια και ολική ακτινοβολία) και την ταχύτητα του ανέμου (μέση ημερήσια ταχύτητα).

Γεωγραφικοί παράγοντες: το ύψος πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας.

#### 2.4 ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΝΕΡΟΥ

Το ισοζύγιο νερού στη ρίζα του φυτού δείχνει μία μέτρηση που έχει να κάνει μεταξύ των εισροών και εκροών του νερού. Οι εισροές είναι η βροχόπτωση, η άρδευση και η τριχοειδή ανύψωση από τον υπόγειο υδροφόρο. Οι εκροές είναι η εξατμισοδιαπνοή, η απορροή και η βαθιά διήθηση.

Έτσι με τη βροχόπτωση δημιουργούνται ποσότητες νερού, ενώ αντιθέτως έχουμε απώλεια νερού με περιπτώσεις όπως η εξατμισοδιαπνοή που το νερό χάνεται στην ατμόσφαιρα αλλά και με τη διήθηση όπου το νερό ρουφιέται από το έδαφος θα μπορούσαμε να πούμε ή αποστραγγίζεται.

#### 2.5 Ο υδρολογικός κύκλος

Ο υδρολογικός κύκλος (Σχήμα 2.1) είναι ο κύκλος που κάνει το νερό, η κυκλική κίνηση δηλαδή από την ατμόσφαιρα, στην επιφάνεια, κάτω από το έδαφος και πάλι πίσω στην ατμόσφαιρα. Στη διάρκεια του κύκλου το νερό μπορεί να πάρει διάφορες και τις τρεις μορφές του, υγρή, αέρια και στερεή.



Σχήμα 2.1. Ο υδρολογικός κύκλος

Το νερό λόγω επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας εξατμίζεται από τους ωκεανούς και εισέρχεται στην ατμόσφαιρα. Έτσι το νερό εισέρχεται στην ατμόσφαιρα δημιουργώντας τα νέφη. Το νερό όταν ψύχεται συμπυκνώνεται και επιστρέφει ξανά στην επιφάνεια του εδάφους με τη βοήθεια των κατακρημνισμάτων, όπως είναι η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι. Έτσι το νερό επιστρέφει στους ωκεανούς, άλλοτε παραμένει εκεί ή πολλές φορές οδηγείται σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Έτσι έχουμε έναν παραγόμενο συνεχόμενο υδρολογικό κύκλο.

Τα ποσοστά νερού που ανέρχονται στην ατμόσφαιρα λόγω της εξάτμισης είναι τα ίδια με αυτά των κατακρημνισμάτων. Αυτό βέβαια ισχύει συνολικά για θάλασσες και στεριά γιατί αν πούμε στη θάλασσα η εξάτμιση υπερτερεί έναντι της βροχής. Ενώ στη στεριά παρατηρούμε μεγαλύτερα ποσά κατακρημνισμάτων απ' ότι εξάτμισης ή και εξατμισοδιαπνοής αν θέλετε καλύτερα. Έτσι λειτουργεί αυτός ο υδρολογικός κύκλος μεταφέροντας νερό από τη γη στην ατμόσφαιρα.

Τα κύρια μέρη του υδρολογικού κύκλου είναι

- **Αποθήκευση νερού στη θάλασσα**
- **Εξάτμιση**
- **Εξατμισοδιαπνοή**
- **Εξάχνωση**
- **Νερό στην ατμόσφαιρα**
- **Συμπύκνωση**

Με τον όρο συμπύκνωση εννοούμε την διαδικασία εκείνη κατά την οποία το νερό των υδρατμών συμπυκνώνεται και από αέρια μορφή που είναι στην ατμόσφαιρα μεταμορφώνεται σε υγρή με τη δημιουργία των κατακρημνισμάτων.

Τα νέφη της ατμόσφαιρα αποτελούνται από μικρά συμπυκνωμένα στοματίδια που συνυπάρχουν. Βρίσκονται σε αέρια μορφή και μετακινούνται παράλληλα με τη βοήθεια του αέρα.

Για να δημιουργηθούν κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι) θα πρέπει να γίνει συμπύκνωση των υδρατμών –σταγονιδίων και στη συνέχεια να πέσουν προς την επιφάνεια του εδάφους. Η βαρύτητα είναι αυτή που θα οδηγήσει τα κατακρημνίσματα στην επιφάνεια της γης. Έτσι θα δημιουργηθεί βροχή η οποία θα ελαφρύνει την ατμόσφαιρα από μεγάλες ποσότητες σταγονιδίων που μετατράπηκαν σε βροχή.

- **Κατακρημνίσματα**

Είναι η πτώση του νερού από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια του εδάφους με τη υγρή μορφή. Η συχνότερη μορφή κατακρημνισμάτων είναι η βροχή.

- **Αποθήκευση νερού σε πάχους και χιόνια**

Αποθηκευτικοί χώροι νερού θα μπορούσαν να θεωρηθούν ο πάγος, οι παγετώνες και το χιόνι. Εντοπίζονται κυρίως σε ορεινές περιοχές και σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Ειδικότερα, παγόβουνα και πάγοι συναντάμε σε μεγάλο βαθμό στην Ανταρκτική, αλλά και στη Γροιλανδία.

Χιόνια δημιουργούνται σε πολύ υψηλά υψόμετρα, όπως βουνών, οροσειρών αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις και σε χαμηλότερα εδάφη με ακραία καιρικά φαινόμενα.

- **Απορροή από λιώσιμο του χιονιού**

Από το λιώσιμο των πάγων και των χιονιών παρατηρούνται μεγάλα ποσά νερού που απορρέουν. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να μας οδηγήσει και σε πλημμύρες. Έτσι πολλές φορές παρατηρούνται φουσκωμένα ποτάμια και άλλες αλλαγές στη φύση. καλό θα είναι το λιώσιμο του χιονιού να γίνεται σταδιακά και όχι απότομα έτσι ώστε να αποφύγουμε πλημμύρες που ίσως προκαλέσουν ακόμα και φυσικές καταστροφές όπως κατολισθήσεις κ.α.

- **Επιφανειακή απορροή**

Το νερό στην επιφάνεια του εδάφους δημιουργεί επιφανειακές απορροές. Αυτές οι επιφανειακές απορροές οδηγούνται είτε σε ποτάμι και μεταγενέστερα σε θάλασσες ή σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες ή ακόμα επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα χάρη στο φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής.

- **Ροή σε υδατορεύματα**

Ως υδατορεύματα θεωρούμε ποσότητες νερού που βρίσκονται σε κίνηση. Η ροή των υδατορευμάτων αλλάζει συνεχώς καθώς υπάρχουν αυξομειώσεις στις ποσότητες νερού που ρέουν στα υδατορεύματα. και φυσικά λόγω και της αλλαγής του ποσού των κατακρημνισμάτων.

Τα ποτάμια είναι αναπόσπαστο κομμάτι της φύσης μας. Παρέχουν μεγάλες ποσότητες νερού που είναι απαραίτητες για τον άνθρωπο.

Τα ποτάμια τροφοδοτούν νερό τις θάλασσες αλλά βοηθώντας έτσι τον υδρολογικό κύκλο. Επίσης στα ποτάμια ζουν πολλοί ζωντανοί οργανισμοί όπως φυτοπλαγκτόν,

ψάρια. Ακόμα όπως έχουμε διδαχθεί από τη γεωλογία εκεί καταλήγουν πολλές ιζηματα από άλλες περιοχές. Άρα περιμετρικά του ποταμιού αποτίθενται και νέα ιζηματα. Έτσι δημιουργούνται νεότερα στρώματα ιζημάτων.

Λεκάνες απορροής θεωρούνται τα σημεία εκείνα όπου μαζεύονται μεγάλοι όγκου νερού, αποθηκεύονται και στη συνέχεια υπεισέρχονται στα ποτάμια όπου και καταλήγουν.

Έτσι παίζουν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι στη τροφοδοσία των ποταμιών. Η ποιότητα του νερού εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση της.

Υπάρχουν μεγάλες λεκάνες απορροής όπως στη περιοχή του ποταμού του Αμαζονίου όπου εκκύνουν τα νερά τους.

- **Αποθήκευση γλυκού νερού**
- **Διείσδυση του νερού στο έδαφος**

Η προς τα κάτω κίνηση του νερού από την επιφάνεια προς τα εδαφικά στρώματα και τα πετρώματα

- **Αποθήκευση υπόγειου νερού**

Τα κατακρήμνισμα που ξεκινάν από την ατμόσφαιρα πολλές φορές καταλήγει ως υπόγειο νερό. Είναι μία από τις περιπτώσεις όπου το επιφανειακό νερό οδηγείται στα κατώτερα στρώματα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Εκεί δημιουργούνται υδροφόροι ορίζοντες αποθηκεύοντας μεγάλες ποσότητες νερού που ο άνθρωπος τις χρησιμοποιεί μέσω των γεωτρήσεων για δικές του χρήσεις όπως και για την άρδευση ή και την ύδρευση.

Ειδικότερα, το υπόγειο νερό δημιουργείται καθώς αυτό οδηγείται στο υπέδαφος μέσω του εδάφους καθώς εισχωρεί από τις ρίζες των φυτών που βρίσκει πρόσφορο έδαφος. Φυσικά το νερό αυτό προέρχεται από κατακρημνίσματα που έφτασαν στο έδαφος.

Στη συνέχεια το υπόγειο νερό βρίσκεται στην πρώτη του ζώνη την ακόρεστη, πριν πάρει ακόμα μεγάλες τιμές.

Καθώς εισέρχεται βαθύτερα, αποθηκεύεται καλύτερα στα τοιχώματα των πετρώματων που βρίσκονται βαθύτερα στο υπέδαφος. Θα λέγαμε ότι εκεί το νερό παίρνει τις μέγιστες τιμές του καθώς εκεί είναι ανεπηρέαστο από το έδαφος και τα φυτά που μπορεί να το απορροφούν.

Έτσι δημιουργείται η κορεσμένη ζώνη όπου εκεί αποθηκεύεται το μεγαλύτερο μέρος του υπόγειου νερού.

Σχηματίζονται άρα υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες.

- **Εκφόρτιση υπόγειου νερού**
- **Πηγές**

Πηγή είναι οι ποσότητες νερού που εγκλωβίστηκαν στο υπέδαφος και ανυψώθηκαν ξανά στην επιφάνεια του εδάφους. Λόγω του ότι το νερό στο υπέδαφος βρήκε διαδρόμους για να ξαναβγεί στην επιφάνεια αφού δεν είχε που αλλού να αποθηκευτεί καθώς ήταν σε κατάσταση παραπάνω του κορεσμένου. Μία πηγή μπορεί να είναι ένα μικρό κομμάτι που να διαρκέσει για λίγο καιρό, μπορεί όμως να διαρκέσει και για μεγάλο χρονικό διάστημα

### 3.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Η κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες γίνεται είτε μέσω των κατακρημνισμάτων είτε μέσω των αρδευτικών δικτύων. Έτσι το νερό απορροφάται από τις καλλιέργειες και από την επιφάνεια του εδάφους. Μεγάλο μέρος αυτού του νερού καταναλώνεται, άλλο πάλι εξατμίζεται ή μεταφέρεται στα στοματίδια των φύλλων των φυτών όπου διαπνέεται.

### 3.2 ΦΥΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

#### ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Παίζει ρόλο το είδος του φυτού γιατί διαφέρει το ύψος του, η πυκνότητά του, το βάθος του ριζικού συστήματος, η έκταση του φυλλώματος για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής. Έτσι χρειάζεται κάποιος τρόπος ούτως ώστε να βρούμε τη πραγματική τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Δημιουργήθηκαν δύο κατηγορίες: μία που έχει να κάνει με το είδος των φυτών που τα οποία θα είναι παραπλήσια μεταξύ τους και μία κατηγορία που θα αφορά τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην τάδε περιοχή. Κατ' αυτόν τον τρόπο λοιπόν υπολογίζεται η τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Κύριος εμπνεύστης αυτών των εξισώσεων θεωρείται ο Penman.

#### Η ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΥΛΛΩΜΑΤΟΣ

Το έδαφος σε σχέση με μία επιφάνεια βλάστησης είναι λιγότερο ανακλαστικό οπότε δεν έχει μεγάλα ποσοστά υγρασίας σε σχέση με την επιφάνεια βλάστησης. Η ανακλαστικότητα επηρεάζεται από το χρώμα και τη τραχύτητα της επιφάνειας που δέχεται την ακτινοβολία.

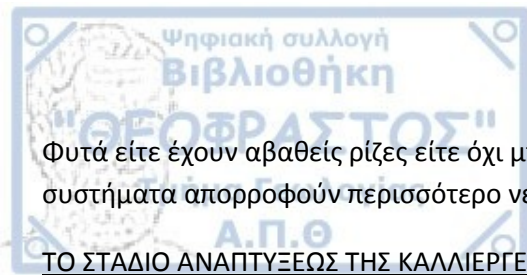
#### ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΕΩΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΦΥΛΛΩΜΑ

Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό καλύψεως από το φύλλωμα τόσο μεγαλύτερα είναι τα ποσοστά της διαπνοής από τα στοματίδια του φυλλώματος σε βάθος χρόνου. Άρα η διαπνοή των φυτών παίρνει μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με την εξάτμιση του εδάφους. Η ανακλαστικότητα δηλαδή στα φυτά είναι μεγαλύτερη.

#### ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Αν και δεν έχει διαπιστωθεί ότι το ύψος των φυτών επηρεάζει την εξατμισοδιαπνοή, θεωρούμε ότι τα ψηλά φυτά δέχονται μεγαλύτερα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας.

#### ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΚΑΙ Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



Φυτά είτε έχουν αβαθείς ρίζες είτε όχι μπορούν να απορροφούν ποσότητες νερού. Συνήθως βαθειά ριζικά συστήματα απορροφούν περισσότερο νερό, άρα τα ποσά εξατμισοδιαπνοής θα είναι μεγαλύτερα.

#### ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Η εξατμισοδιαπνοή διαφέρει από στάδιο σε στάδιο. Η τιμή της είναι μεγαλύτερη στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού σε σχέση με το τελευταίο στάδιο αυτού. Η τιμή της παραμένει σταθερή στο χρονικό διάστημα όπου το φυτό βρίσκεται σε πλήρη ανάπτυξη.



#### 4.1 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ- ΕΜΜΕΣΕΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Δυναμική εξατμισοδιαπνοή: Με τον όρο αυτό εννοούμε τη ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από μία επιφάνεια βλάστησης για κάποιο χρονικό διάστημα. Με κριτήριο να υπάρχει όσο νερό και χρειαστεί μια επιφάνεια που να καλύπτεται από βλάστηση. Αν όλα ισχύουν τότε η εξατμισοδιαπνοή θα εξαρτάται μόνο από κλιματικούς παράγοντες που επικρατούν στην περιοχή.

Έτσι δημιουργήθηκαν μικροκλιματικοί μέθοδοι που υπολογίζουν την τιμή της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής όπως το ισοζύγιο ενέργειας, αεροδυναμικοί μέθοδοι αλλά και συνδιαστικές μέθοδοι αυτών των δύο.

#### 4.2 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μέθοδοι με τις οποίες υπολογίζοντας τη ταχύτητα του αέρα, την κατακόρυφη απόσταση της επιφάνειας της βλάστησης από το έδαφος και άλλων παραμέτρων, έχουμε ως αποτέλεσμα το ποσό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής.

#### 4.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

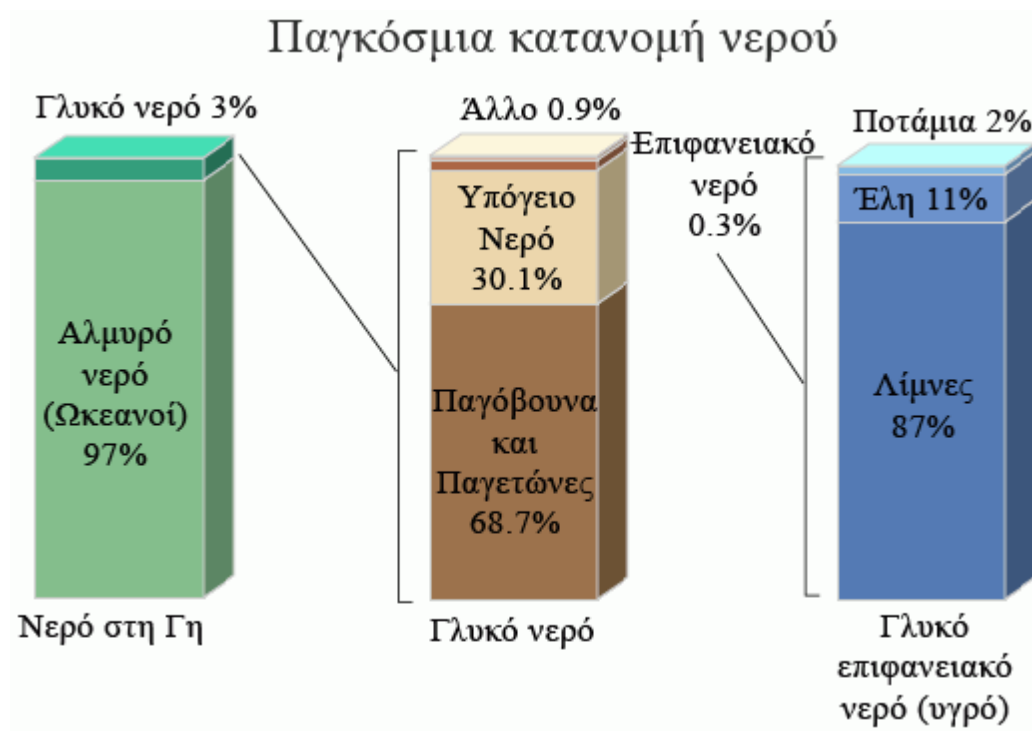
Με βάση το ισοζύγιο της ενέργειας που μας μιλάει για καθαρή ακτινοβολία, αισθητή θερμότητα και κατακόρυφη ροή θερμότητας στο έδαφος υπολογίζουμε την τιμή της εξατμισοδιαπνοής που ψάχνουμε.

Πραγματική εξατμισοδιαπνοή εννοούμε τη ποσότητα του νερού που πραγματικά μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα από το έδαφος. Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή αυτή είναι η κατανομή της βροχόπτωσης, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, η φυτική κάλυψη και οι μετεωρολογικές συνθήκες. Όλες αυτές οι παράμετροι είναι συνιφασμένοι με την σχετική υγρασία του εδάφους. Έτσι αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι από επιστήμονες για τον υπολογισμό της.

Ο Turc ανέπτυξε το μοντέλο όπου η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από τις τιμές των κατακρημνισμάτων και της υδαταπορροής, σε μία σχέση που ορίζεται ως διαφορά απορροής.

Ο Thornthwaite διατύπωσε την άποψη ότι το νερό της βροχόπτωσης που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μας δίνει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Ένα άλλο ποσοστό αποθηκεύεται στο έδαφος για εδαφική υγρασία. Όταν η λεγόμενη εδαφική υγρασία φτάσει τα ανώτερα όριά της τότε ή ρέει επιφανειακά ή εμπλουτίζει υπογείως τον υδροφόρο ορίζοντα.

Στο παρακάτω σχήμα μας δίνεται μία εικόνα για την κατανομή του νερού και πως αυτό μοιράζεται κατά κατηγορία :





### Σύγκριση ανάμεσα στα επιφανειακά νερά σε σχέση με τα υπόγεια

Έχει διαπιστωθεί ότι τα υπόγεια νερά αποθηκεύουν μεγαλύτερους τόνους νερού σε σχέση με τα επιφανειακά(λίμνες,ποτάμια).

Αυτό οφείλεται στο ότι είναι καλύτεροι αποθηκευτικοί χώροι.

Για κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.Γιατί γενικά το τρεχούμενο νερό που περνάει από τα ποτάμια και τις λίμνες είναι σίγουρα περισσότερο απλά δε μπορεί να αποθηκευτεί όλη αυτή η ποσότητα και μεταφέρεται.



## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ

#### ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ-

#### ΠΙΝΑΚΕΣ

Παρακάτω παρατείθονται οι πίνακες με τα αποτελέσματα των τιμών της εξατμισοδιαπνοής για τις πόλεις αθήνα,θεσσαλονίκη,λάρισα όπως έγιναν γνωστές κατά τις δεκαετίες 1961-70,71-80,81-90,91-2000.

Οι πίνακες αυτοί ανά πόλη και ανά δεκαετία μας δίνουν τα ποσά της εξατμισοδιαπνοής ανά μήνα αφού έχουν υπολογιστεί με τη μέθοδο Thornthwaite, με τη μέθοδο Blaney Criddle και με τη μέθοδο Penman.

Για να βρούμε λοιπόν την εξατμισοδιαπνοή με αυτές τις μεθόδους πρέπει να βρούμε τιμές όπως ο παράγοντας που σχετίζεται με την ηλιακή ακτινοβολία ,την καθαρή ηλιακή ακτινοβολία ,τη ταχύτητα του ανέμου,τη μέση μηνιαία θερμοκρασία με βάση και τα δεδομένα που μας δίνονται.



- Μέθοδος Thornthwaite

## ΑΘΗΝΑ

Eto 1961-1970 Eto 1971-1980 Eto 1981-1990 Eto 1991-2000

|             |         |         |         |         |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 18,033  | 19,100  | 19,929  | 18,170  |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 21,483  | 22,290  | 19,830  | 19,437  |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 28,412  | 31,007  | 29,062  | 26,253  |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 49,512  | 47,402  | 51,542  | 48,159  |
| ΜΑΙΟΣ       | 78,789  | 82,372  | 80,465  | 83,619  |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 115,006 | 118,170 | 116,245 | 128,630 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 139,637 | 139,354 | 143,050 | 149,627 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 141,635 | 133,980 | 139,455 | 150,087 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 106,761 | 105,260 | 113,542 | 111,170 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 68,719  | 67,578  | 69,925  | 73,994  |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 49,148  | 43,278  | 39,257  | 40,820  |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 27,305  | 25,597  | 26,115  | 23,304  |



Eto 1961-1970 Eto 1971-1980 Eto 1981-1990 Eto 1991-2000

|             |         |         |         |         |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 8,431   | 11,849  | 11,289  | 12,097  |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 14,630  | 18,786  | 14,378  | 14,994  |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 25,747  | 28,921  | 26,788  | 24,897  |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 50,261  | 47,559  | 50,282  | 46,962  |
| ΜΑΙΟΣ       | 80,267  | 81,040  | 79,001  | 79,687  |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 110,834 | 111,550 | 111,721 | 116,263 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 130,370 | 129,525 | 132,767 | 133,851 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 131,426 | 124,128 | 128,093 | 135,517 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 101,974 | 95,862  | 104,407 | 98,822  |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 67,740  | 61,322  | 63,626  | 65,312  |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 41,638  | 35,265  | 30,367  | 34,546  |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 16,194  | 17,270  | 16,637  | 16,989  |

Eto 1961-1970 Eto 1971-1980 Eto 1981-1990 Eto 1991-2000

|             |         |         |         |         |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 8,024   | 11,119  | 10,203  | 9,666   |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 15,199  | 17,599  | 13,220  | 12,927  |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 24,847  | 26,335  | 24,208  | 23,288  |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 45,239  | 43,609  | 45,951  | 44,909  |
| ΜΑΙΟΣ       | 76,345  | 76,888  | 75,268  | 78,484  |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 107,914 | 111,177 | 111,475 | 117,882 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 129,132 | 127,971 | 130,097 | 131,967 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 128,135 | 120,228 | 123,262 | 129,262 |

|             |        |        |         |        |
|-------------|--------|--------|---------|--------|
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 99,570 | 93,981 | 100,567 | 97,246 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 63,656 | 58,772 | 61,665  | 65,350 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 37,652 | 32,578 | 28,217  | 31,532 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 14,927 | 13,953 | 13,190  | 14,074 |

### Μέθοδος Blaney Criddle

Οι τιμές στο πίνακα είναι οι μέσες ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής και η μέση τιμή του μήνα προκύπτει αν αυτές πολλαπλασιαστούν με το πλήθος των ημερών κάθε μήνα.

- ΑΘΗΝΑ

Eto 1961-1970 Eto 1971-1980 Eto 1981-1990 Eto 1991-2000

|             |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 0,948 | 0,934 | 1,006 | 0,918 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 1,386 | 1,362 | 1,338 | 1,338 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 2,060 | 2,190 | 2,214 | 2,103 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 3,590 | 3,512 | 3,463 | 3,578 |
| ΜΑΙΟΣ       | 5,592 | 5,566 | 5,508 | 5,887 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 7,764 | 8,266 | 8,299 | 8,539 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 8,936 | 8,813 | 8,739 | 8,903 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 8,140 | 7,233 | 7,782 | 8,329 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 5,209 | 5,189 | 5,377 | 5,406 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 2,910 | 3,011 | 3,066 | 3,045 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 1,608 | 1,463 | 1,294 | 1,566 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 0,984 | 1,021 | 0,957 | 0,967 |



## ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Eto 1961-1970 Eto 1971-1980 Eto 1981-1990 Eto 1991-2000

|             |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 0,395 | 0,514 | 0,490 | 0,480 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 0,869 | 0,896 | 0,879 | 0,887 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 1,642 | 1,747 | 1,741 | 1,621 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 3,155 | 2,861 | 2,951 | 2,865 |
| ΜΑΙΟΣ       | 4,933 | 4,833 | 4,724 | 4,963 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 7,002 | 7,279 | 7,310 | 7,379 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 7,751 | 7,744 | 7,707 | 7,814 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 7,277 | 6,513 | 7,005 | 7,362 |



|             |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 4,657 | 4,503 | 4,677 | 4,771 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 2,447 | 2,419 | 2,405 | 2,483 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 1,131 | 1,008 | 0,854 | 1,073 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 0,479 | 0,537 | 0,468 | 0,554 |

Eto 1961-1970 Eto 1971-1980 Eto 1981-1990 Eto 1991-2000

|             |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 0,328 | 0,382 | 0,390 | 0,333 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 0,772 | 0,781 | 0,714 | 0,768 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 1,508 | 1,598 | 1,537 | 1,503 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 2,926 | 2,712 | 2,704 | 2,767 |
| ΜΑΙΟΣ       | 4,525 | 4,535 | 4,462 | 4,834 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 6,588 | 6,994 | 7,053 | 7,245 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 7,442 | 7,496 | 7,289 | 7,432 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 6,859 | 6,078 | 6,552 | 6,878 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 4,285 | 4,186 | 4,288 | 4,363 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 2,128 | 2,184 | 2,130 | 2,258 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 0,969 | 0,896 | 0,692 | 0,909 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 0,368 | 0,409 | 0,280 | 0,377 |

- Μέθοδος Penman

Οι τιμές στο πίνακα είναι οι μέσες ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής και η μέση τιμή του μήνα προκύπτει αν αυτές πολλαπλασιαστούν με το πλήθος των ημερών κάθε μήνα.

ΑΘΗΝΑ

Eto 1961-1970 Eto 1971-1980 Eto 1981-1990 Eto 1991-2000

|             |          |          |          |          |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 2,822467 | 2,862602 | 2,859877 | 2,921503 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 3,641298 | 3,656837 | 3,591836 | 3,701767 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 4,898066 | 4,98015  | 4,977115 | 5,007111 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 6,891341 | 6,852231 | 6,886107 | 3,425952 |
| ΜΑΙΟΣ       | 14,97192 | 8,909949 | 8,870988 | 9        |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 10,04193 | 10,14061 | 10,10717 | 10,31526 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 9,916325 | 9,869456 | 9,864324 | 9,945585 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 9,043789 | 8,961048 | 8,985913 | 9,117188 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 7,272496 | 7,311047 | 7,318512 | 7,33878  |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 5,108357 | 5,21163  | 5,136171 | 5,232741 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 3,66682  | 3,615471 | 2,769779 | 3,57074  |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 2,833514 | 2,753849 | 2,810694 | 2,779475 |

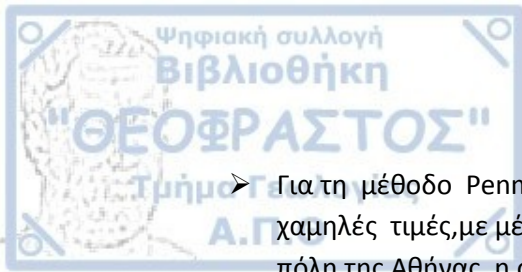
| ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ                                             |          |          |          |          |
|---------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Eto 1961-1970 Eto 1971-1980 Eto 1981-1990 Eto 1991-2000 |          |          |          |          |
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ                                              | 3,076424 | 1,908689 | 1,944731 | 2,023933 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ                                             | 3,510346 | 2,712624 | 2,634643 | 2,718391 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ                                                 | 4,466353 | 3,925546 | 3,880258 | 3,842559 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ                                                | 6,273041 | 5,616928 | 5,701248 | 5,588518 |
| ΜΑΙΟΣ                                                   | 7,487703 | 7,472848 | 7,385745 | 7,481645 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ                                                 | 8,683199 | 8,699675 | 8,655218 | 8,743478 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ                                                 | 8,722959 | 8,703119 | 8,702441 | 8,797501 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ                                               | 7,90508  | 7,722433 | 7,806972 | 7,95811  |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ                                             | 5,890742 | 5,81819  | 5,938071 | 5,865964 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ                                               | 4,084559 | 4,881607 | 3,966785 | 3,975601 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ                                               | 2,724968 | 3,643064 | 2,50175  | 2,671395 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ                                              | 1,895734 | 3,047405 | 1,961207 | 1,939446 |

| ΛΑΡΙΣΑ      | Eto 1961-1970 | Eto 1971-1980 | Eto 1981-1990 | Eto 1991-2000 |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  | 1.139659      | 1,572663      | 1,501992      | 1,568159      |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 2,205338      | 2,262868      | 2,143294      | 2,209972      |
| ΜΑΡΤΙΟΣ     | 3,331062      | 3,383928      | 3,286763      | 3,376934      |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ    | 5,019545      | 4,859881      | 4,901646      | 5,039481      |
| ΜΑΙΟΣ       | 6,855525      | 6,838368      | 6,71244       | 7,000406      |
| ΙΟΥΝΙΟΣ     | 7,959346      | 8,137385      | 8,071403      | 8,273917      |
| ΙΟΥΛΙΟΣ     | 8,106714      | 8,074676      | 8,010179      | 8,089165      |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ   | 7,322897      | 7,10582       | 7,151683      | 7,336545      |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 5,400687      | 5,063417      | 5,356573      | 5,390694      |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ   | 3,413313      | 3,425396      | 3,368713      | 3,50305       |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ   | 2,143258      | 2,093079      | 1,961063      | 2,080001      |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  | 1,485135      | 1,471016      | 1,414311      | 1,475734      |

#### Ανάλυση Πινάκων:

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Για τη μέθοδο Thorntnwaite βλέπουμε ότι η μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή για τους μήνες ιανουάριο έως αύγουστο αυξάνεται με μεγάλη συχνότητα και στις τρεις πόλεις (Αθήνα,Θεσσαλονίκη,Λάρισα).Αντιθέτως από τους μήνες αύγουστο μέχρι δεκέμβριο έχουμε ανάλογη μείωση της μέσης τιμής της εξατμισοδιαπνοής και για τις τέσσερις δεκαετίες.
- Για τη μέθοδο Blaney Criddle παρατηρούμε ότι η τιμή της μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής από ιανουάριο μέχρι αύγουστο αυξάνεται σε μικρό βαθμό.Όπως επίσης μειώνεται από αύγουστο μέχρι δεκέμβριο αντίστοιχα,πάλι και για τις άλλες πόλεις έχει να κάνει το ίδιο σκεπτικό και για τις τέσσερις δεκαετίες.



- Για τη μέθοδο Penman η μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται με χαμηλές τιμές, με μέγιστη τιμή το περίπου τα 400mm για το μήνα Μάιο για την πόλη της Αθήνας, η οποία όμως μειώνεται αισθητά τις επόμενες δεκαετίες. Παρομοίως και για τις άλλες δυο πόλεις Θεσσαλονίκη και Λάρισα, όπου μέχρι τον μήνα Ιούλιο έχουμε αύξηση που παίρνει τις μέγιστες τιμές της και στη συνέχεια κατεβαίνει σταδιακά για όλες τις δεκαετίες.

### Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω προκύπτει .

Για την εξατμηση που μαζί με τη διαπνοή από τα φυτά παίρνουμε τον όρο της εξατμισοδιαπνοής.Θα λέγαμε ότι η εξατμισοδιαπνοή είναι το αντίθετο των κατακρημνισμάτων καθώς κάνουν την αντίθετη διαδρομή.

Στη συνέχεια είδαμε τις διάφορες τιμές που παίρνει η εξατμισοδιαπνοή.

Γνωρίσαμε την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ,την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς και τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή.

Στη συνέχεια αναφερθήκαμε στο υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής και ποιοι παράγοντες επιδρούν σ' αυτή όπως οι φυτικοί,εδαφολογικοί κ.α

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής γίνεται με τα λυσίμετρα και τα εξατμισίμετρα άμμεσα.

Μετά είδαμε το υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοή μέσω των μοντέλων με αριθμητικές μεθόδους δηλαδή.Διάφοροι μέθοδοι όπως η μέθοδος Penman,η μέθοδος Thornthwaite ,η μέθοδος Hargreaves.

Είδαμε συγκεκριμένα τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η εξατμισοδιαπνοή για την εκτίμησή της.

Προσεγγίσαμε το συντελεστή φυτοκαλλιέργειας Kc που χρησιμοποιείται σε διάφορους μεθόδους για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής.

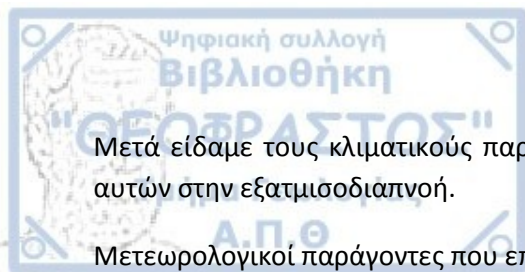
Αναλύσαμε τα μοντέλα και αναφέραμε τα κριτήρια που πρέπει να γνωρίζουμε για τον υπολογισμό τους.

Είδαμε το ισοζύγιο του νερού,με βάση τις εισροές και τις εκροές σε κατακρημνίσματα και σε ποσοστά νερού εξατμισοδιαπνοής και διήθησεις.

Στη συνέχεια αναφερθήκαμε στον υδρολογικό κύκλο ή αλλιώς το κύκλο του νερού,βλέποντας όλη τη κίνηση του νερού από την αρχή μέχρι το τέλος.Είδαμε ταμέρη του υδρολογικού κύκλου.

Στη συνέχεια αναφερθήκαμε στη κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες με τη διαδικασία της άρδευσης.

Αναφερθήκαμε στους φυτικούς παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή,όπως είναι το είδος του φυτού, η ανακλαστικότητα του φυλλώματος,το ποσοστό καλύψεως του εδάφους από το φύλλωμα κ.α



Μετά είδαμε τους κλιματικούς παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή και την επίδραση αυτών στην εξατμισοδιαπνοή.

Μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την διαπνοή.

Αναφερθήκαμε σε ορισμούς όπως η εξάχνωση ,η επιφανειακή απορροή,η συμπύκνωση του αέρα,εξατμιζόμενο νερό επιφάνειας και δώσαμε κάποια στοιχεία που αφορούν αυτούς τους ορισμούς.

Αναφερθήκαμε στις έμμεσες μικροκλιματικές μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής όπως αεροδυναμικές μέθοδοι,μέθοδοι του ισοζυγίου ενέργειας.

Είδαμε τους όρους δυναμική εξατμισοδιαπνοή και πραγματική εξατμισοδιαπνοή και τους αναλύσαμε πάλι μέσα από τις αναλύσεις των μοντέλων που μας δίνουν σαφή εικόνα της τιμής της εξατμισοδιαπνοής.

Στο παρακάτω κεφάλαιο είδαμε και μιλήσαμε για την εξοικονόμηση και την αποτελεσματική χρήση του αρδευτικού νερού.Πως δηλαδή θα εκμεταλλευτούμε με λίγα λόγια το αρδευτικό νερό χωρίς απώλειες.Αναφέραμε συγκεκριμένα τρόπους για να έχουμε αποτελεσματική χρήση του αρδευτικού νερού.

Αναφερθήκαμε στο κύκλο του νερού.

Στη συνέχεια παρακάτω μιλήσαμε για τα κατακρημνίσματα και από που αυτά προέρχονται.Κατακρημνίσματα όπως η βροχή,το χαλάζι.Είδαμε ας πούμε πως σχηματίστηκαν οι σταγόνες της βροχής,πως η κατανομή των κατακρημνισμάτων μεταβάλλεται γεωγραφικά και χρονικά.Μιλήσαμε για την αποθήκευση νερού σε πάγο.Πως δημιουργούνται οι παγετώνες και το χιόνι.Πήραμε μερικά στοιχεία για τους παγετώνες και τα παγόβουνα.

Αναφερθήκαμε για τις λεκάνες απορροής,για την επιφάνεια απορροής ,για απορροή από λιώσιμο χιονιού.Δηλαδή για την απορροή κατακρημνισμάτων στην επιφάνεια του εδάφους και σε λεκάνες που δημιουργούνται.

Είδαμε τη κίνηση του νερού μέσα στα ποτάμια και τη σημασία των ποταμιών και πως η ροή των υδατορευμάτων αλλάζει συνεχώς λόγω των αλλαγών των καιρικών συνθηκών.Η ροή άλλοτε αυξάνεται άλλοτε ελαττώνεται.

Αποθήκευση γλυκού νερού στην επιφάνεια της γης.

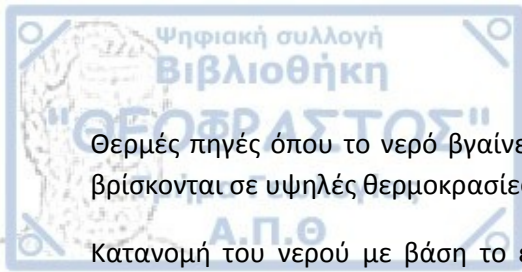
Το επιφανειακό νερό ως απαραίτητο συστατικό για την ύπαρξη ανθρώπινης ζωής

Μετά αναφερθήκαμε στη διήθηση του υπογείου νερού μέσω των κατακρημνισμάτων και αναφέραμε όλη τη πορεία του νερού από την ατμόσφαιρα στο υπέδαφος.

Αποθήκευση του υπόγειου νερού στο υπέδαφος για μεγάλα χρονικά διαστήματα και το υπόγειο νερό ως μέρος του υδρολογικού κύκλου.

Εκφόρτιση του νερού από το υπέδαφος και δημιουργία πηγών

Πηγές :σημεία όπου το υπόγειο νερό ξαναβγαίνει στην επιφάνεια του εδάφους



Θερμές πηγές όπου το νερό βγαίνει από το υπέδαφος θερμαινόμενο μέσα από τα πετρώματα που βρίσκονται σε υψηλές θερμοκρασίες σε μεγάλα βάθη.

Κατανομή του νερού με βάση το είδος του σε γλυκό, αλμυρό και τα ποσοστά αυτών σε ποσότητα νερού.

Τρόποι άντλησης του νερού με γεώτρηση με χειροκίνητη αντλία

Διάβρωση εδαφών λόγω κατολίσθησης ή επιφάνειας απορροής προκαλώντας διάβρωση.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η εξατμισοδιαπνοή και με τις τρεις μεθόδους και στις τρεις πόλεις παρουσίασε μία μικρή αύξηση κατά την θερινή περίοδο του έτους και ιδιαίτερα τους μήνες (Ιούλιο και Αύγουστο). Μήνες που παρουσιάζουν και τα μεγαλύτερα ποσά εξατμισοδιαπνοής.



