

# Εκτίμηση Εξατμισοδιαπνοής Υδρολογία

Δρ Μ.Σπηλιώτης

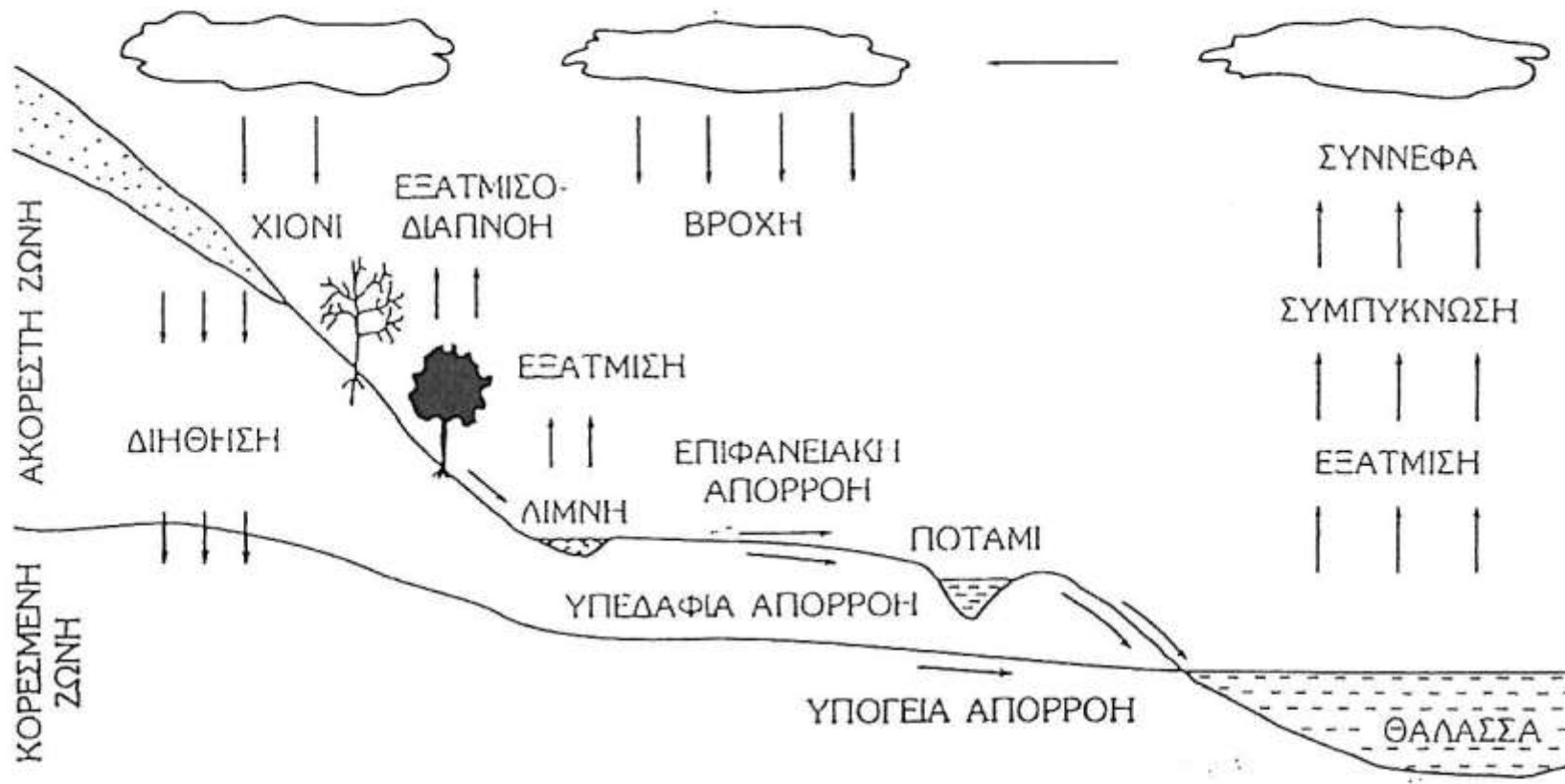
# Βασική βιβλιογραφία σημερινού μαθήματος

- Χρυσάνθου Βλ., 2013. Σημειώσεις Υδρολογίας.
- Μπέλλος Κ., 2006. Στοιχεία Τεχνικής Υδρολογίας. Ξάνθη.
- Τσακίρης Γ. και Βαγγέλης Χ., 2009. Υδατικοί πόροι: II. Εφαρμογές Τεχνικής Υδρολογίας, Ασκήσεις. (3 κεφάλαιο). Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Σακάς Ι, 2012. Τεχνική Υδρολογία (άσκηση δυναμικής εξατμισοδιαπνοής). Εκδόσεις Αϊβαζίδη, Θεσσαλονίκη.
- McCuen, 1988. Hydrologic Analysis and Design. Prentice Hall, 1998

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Υδρολογία: - Νερά της Γης
  - Εμφάνιση, κυκλοφορία, διανομή αυτών
  - Φυσικές και χημικές ιδιότητες
  - Αλληλεπίδραση με το περιβάλλον
- Τεχνική Υδρολογία: - Εφαρμοσμένος τομέας
  - Προβλήματα του νερού που εχετίζονται με τη μελέτη και λειτουργία των υδραυλικών έργων
- Υδρολογικός κύκλος: - Κυκλοφορία νερού στη φύση μεταξύ ωκεανών - ατμόσφαιρας - Ήρας - ωκεανών.
  - Αέρια κατάσταση: υδρατμοί
  - Στερεά κατάσταση: χιόνι, χαλάζι
  - Αρχή υδρολογικού κύκλου:
    - Δεν υφίσταται
    - μπορεί να τοποθετηθεί στην ατμόσφαιρα

Χρυσάνθου, 2013



Σχ. 1.1 Γραφική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου  
Μπέλλος, 2006

# Εξατμισοδιαπνοή

- Εξάτμιση: νερό από υγρή σε αέρια φάση (π.χ. ταμιευτήρας)
- Πραγματική εξατμισοδιαπνοή: μεταφορά νερό προς την ατμόσφαιρα από τη διαπνοή των φυτών και από την εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και των φύλλων όταν αυτά είναι υγρά
- **Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή: εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας νερού (κλιματικοί παράγοντες θερμοκρασία, μικροκλίμα κ.ά) (πιο γενικό, μοντέλα υδατικού ισοζυγίου)**
- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς: εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας νερού για μία καλλιέργεια αναφοράς (π.χ. μηδική) που αναπτύσσεται δυναμικά (Παπαμηχαήλ, 2001)(αρδεύσεις)
- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας : υπολογισμός σε σχέση με τη Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς
- Συνήθως η διαστασιολόγηση γίνεται με βάση τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή, δυσκολία αποτίμησης της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής

# Δυνητική και Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή

- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή: Εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες άπειρης επάρκειας νερού, ισχυρή εξάρτηση (και όχι μόνο) από θερμοκρασία.
- Σε πραγματικές συνθήκες το καλοκαίρι για μη αρδευόμενες εκτάσεις στον Ελληνικό χώρο η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι μικρότερη της δυνητικής
- Αρδευόμενες εκτάσεις: Πραγματική εξατμισοδιαπνοή προσεγγίζει τη δυνητική

# Μέθοδος Thornthwaite

$$PET = 16 \cdot \frac{L_E}{12} \cdot \frac{N_E}{30} \cdot \left( \frac{10T}{T_E} \right)^a$$

Εξάρτηση μόνο από τη θερμοκρασία κατά Thornthwaite

PET : μηνιαία τιμή δυνητικής εξατμισοδιαπνοής [mm]

$L_E$  : αριθμός πραγματικών ωρών ημέρας

$N_E$  : αριθμός των ημερών του μήνα

$T$  : μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα [ $^{\circ}C$ ]

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΩΣ  
ΤΗΣ ΔΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΚΑΤΑ ΘΟΡΝΤΗΒΑΙΤΕ

Β. Γεωγρ. Πλάτος	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΪ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

**ΠΡΟΣΟΧΗ:**

Εξίσωση για εκτίμηση

Δυνητικής

Εξατμισοδιαπνοής

mm/ μήνα

(μηνιαία βάση)

Δυναμική εξατμισοδιαπνοή λεκάνης, αν η ημέρα έχει διάρκεια 12 ώρες και για 30 ημέρες ανά μήνα

$$ET_p' = 16 \left( 10 T / T_E \right)^{\alpha}$$

$T_E$  : ετήσιος θερμικός δείκτης του Thornthwaite

$$T_E = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

Ετήσιος  
(όχι μηνιαίος)

$$\alpha = 6.75 \times 10^{-7} T_E^3 - 7.71 \times 10^{-5} T_E^2 + 0.01792 T_E + 0.49239$$

Μετά: διόρθωση με βάση το μήνα και τη γεωγραφικό πλάτος  
(πίνακας 5,7, Σακκά 1./σελ. 405 )



## Μειονεκτήματα

- Υποεκτίμηση της ΡΕΤ το καλοκαίρι
- " " " σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα
- Η μέθοδος δεν είναι κατάλληλη για μικρά χρονικά διαστήματα

Δε λαμβάνει υπόψη άλλους παράγοντες  
Π.χ. νησιά, (αέρηδες) ταχύτητα ανέμου

### 5.12.2 Υπολογισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε πεδινή περιοχή

Για την πεδιάδα Νέστου, ευρισκόμενη σε Β. γεωγραφικό πλ 41°, να υπολογισθεί η τιμή της μέσης ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Οι τιμές της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας δίδονται στην στήλη 2 του Πίνακα 5.15.

ΜΗΝΑΣ	Μέση μηνιαία θερμοκρασία T [°C]
(1)	(2)
Ι	3.9
Φ	5.7
Μ	8.4
Α	13.8
Μ	18.5
Ι	23.2
Ι	26.0
Α	25.5
Σ	22.0
Ο	15.4
Ν	10.2
Δ	6.5
Σ[ ]	-

Άσκηση (Σακκάς, 2006)

$$ET_p' = 16 \left( 10 T / T_E \right)^\alpha$$

όπου  $T$  = η μέση μηνιαία θερμοκρασία, [ $^{\circ}\text{C}$ ], και οι τιμές των παραμέτρων  $\alpha$  και  $T_E$  δίδονται, αντιστοίχως, από τις Εξ. 5.73 και 5.74.

Δυναμική εξατμισοδιαπνοή λεκάνης, αν η ημέρα έχει διάρκεια 12 ώρες και για 30 ημέρες ανά μήνα

Μετά: διόρθωση με βάση το μήνα και τη γεωγραφικό πλάτος (πίνακας 5,7, Σακκά Ι./σελ. 405 )

$T_E$  : ετήσιος θερμικός δείκτης του Thornthwaite

$$T_E = \sum_1^{12} \left( \frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

πιο απλά

$$i = \left( T / 5 \right)^{1.514}$$

$$T_E = \sum_1^{12} i = 69.46$$

Η τιμή του εκθέτη  $\alpha$  θα είναι

$$\alpha = 6.75 \times 10^{-7} \times (69.46)^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times (69.46)^2$$

$$+ 1.792 \times 10^{-2} \times 69.46 + 0.49239 = 1.5913$$

Ετήσια μεγέθη  
(όχι μηνιαίος)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ  
(κατά Thornthwaite)

Πίνακας 5.7  
405, Σακκάς Ι.

ΜΗΝΑΣ	Μέση μηνιαία θερμοκρασία T [°C]	Μηνιαίος θερμικός δείκτης i	Ανηγγμένη εξατμισο- διαπνοή ET <sub>p</sub> [mm]	Συντελεστής διορθώσεως C	Δυνητική εξατμισο- διαπνοή ET <sub>p</sub> [mm]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ι	3.9	0.69	6.4	0.832	5.3
Φ	5.7	1.22	11.7	0.826	9.7
Μ	8.4	2.19	21.7	1.028	22.3
Α	13.8	4.65	47.7	1.114	53.1
Μ	18.5	7.25	76.1	1.248	95.0
Ι	23.2	10.21	109.0	1.258	137.1
Ι	26.0	12.13	130.7	1.278	167.0
Α	25.5	11.78	126.7	1.186	150.3
Σ	22.0	9.42	100.2	1.040	104.2
Ο	15.4	5.49	56.8	0.956	54.3
Ν	10.2	2.94	29.5	0.822	24.2
Δ	6.5	1.49	14.4	0.798	11.5
Σ[ ]	-	69.46	-	-	834.0

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7

### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΩΣ ΤΗΣ ΔΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΘΟΡΝΤΗΨΑΙΤΕ

Β. Γεωγρ. Πλάτος	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΪ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

Τέλος, στην στήλη 6 υπολογίζονται οι τελικές (διορθωμένες) τιμές της μέσης μηνιαίας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής  $ET_p$  με την σχέση

$$ET_p = C ET'_p \quad (5.101)$$

Συνεπώς, η τιμή της μέσης ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής  $U$  είναι

$$U = \sum_1^{12} [ET_p] = 834.9 \text{ mm}$$

## Μέθοδος Τυτε

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

$E$  : μέσο ετήσιο έλλειμμα ροής (μέση ετησία πραγματική εξατμισο-  
διαπνοή) [mm]

$P$  : μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης [mm]

$L$  : συνάρτηση της θερμοκρασίας [mm]

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

$T$  : μέση ετησία θερμοκρασία αέρα [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$$E = (0.90 + H^2)^{-\frac{1}{2}}$$

$$E = \frac{E}{P}$$

$$H = \frac{P}{L}$$

αδιάστατη μορφή

- για  $H \geq 0.316 \Rightarrow E \leq 1$

- για  $H < 0.316 \Rightarrow E = 1$

**ΠΡΟΣΟΧΗ:**  
Εξίσωση για εκτίμηση  
πραγματικής  
εξατμισοδιαπνοής  
σε ετήσια βάση