

ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Εισαγωγή στην Υδρολογία



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων

Διάρθρωση του μαθήματος

- Εισαγωγή στην Υδρολογία
- Κατακρημνίσεις
- Υδρολογικές απώλειες
- Χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής – Υδρογραφήματα
- Υδρομετρία – Επεξεργασία υδρομετρικών δεδομένων
- Μοναδιαίο Υδρογράφημα – Διόδευση – Στερεοπαροχή
- Υπόγεια νερά
- Αρχές στατιστικής υδρολογίας
- Ασύμμετρες κατανομές και κατανομές ακραίων τιμών
- Όμβριες καμπύλες – Ορθολογική μέθοδος
- Υδρολογικός σχεδιασμός
- Συνολική θεώρηση της ύλης
- Λύση παλαιότερων θεμάτων

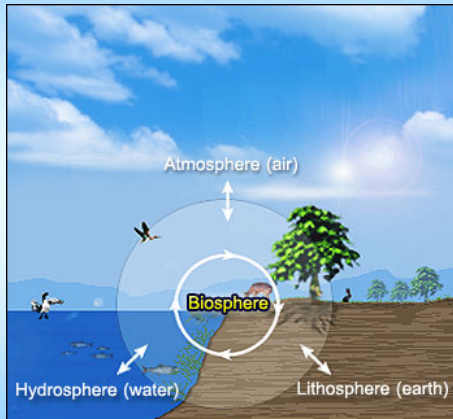
Εισαγωγή στις Βασικές Έννοιες της Υδρολογίας

- Υδρολογία
- Υδροκρίτης
- Λεκάνη Απορροής
- Υδρογραφικό Δίκτυο
- Υδρολογικός Κύκλος
- Υδρολογικό Ισοζύγιο

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

- **Υδρολογία** είναι επιστήμη που περιγράφει την εμφάνιση, την κυκλοφορία και τη διανομή του νερού της γης, καθώς και την αλληλεπίδραση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του με το περιβάλλον.
- Αντικείμενο ➡ η επιστημονική εξέταση των διαφόρων φάσεων του νερού και ιδιαίτερα η χωρική και χρονική μεταβολή της έντασης που λαμβάνουν χώρα αυτές.
- Στόχοι: ➡ Ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων (εκτίμηση του υδατικού δυναμικού και των αναγκών)
➡ Εκτίμηση και αντιμετώπιση καταστροφών – πλημμυρών
- **Τεχνική υδρολογία** (engineering hydrology) είναι ο κλάδος της υδρολογίας που έχει στόχο την ποσοτική εκτίμηση και πρόγνωση των υδρολογικών μεγεθών.

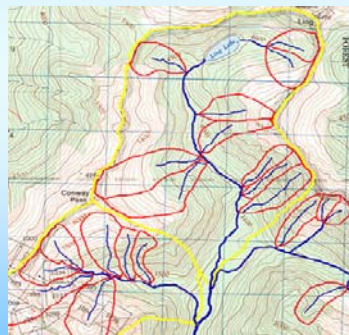
Το πεδίο μελέτης της Υδρολογίας



- Ατμόσφαιρα
- Επιφάνεια της γης
- Εσωτερικό λιθόσφαιρας (μέχρι βάθος ~ 1km)
- Υδρόσφαιρα (ωκεανοί)

ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ

- Η νοητή γραμμή που συνδέει τα ψηλότερα σημεία των υψωμάτων της επιφάνειας του εδάφους και διαχωρίζει τη ροή των όμβριων υδάτων.



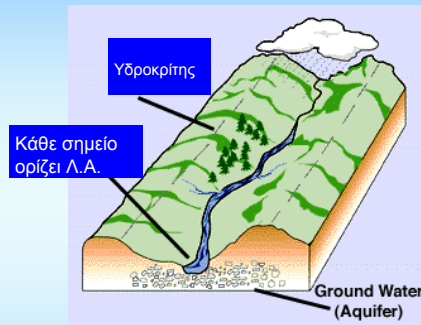
ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ



ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

- Η περιοχή της επιφάνειας της γης που περικλείεται από τον υδροκρίτη
- Το όριο μεταξύ δύο γειτονικών λεκανών απορροής → υδροκρίτης
- Στην περιοχή αυτή συγκεντρώνονται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, που στη συνέχεια καταλήγουν σε ένα κεντρικό σύστημα απομάκρυνσής τους. Το σύστημα αυτό μπορεί να είναι ένα ποτάμι, που καταλήγει στη θάλασσα, ένας χείμαρρος ή μία λίμνη όπου το νερό συγκεντρώνεται και εξατμίζεται ή απορροφάται από το έδαφος.
- Για λόγους διευκόλυνσης (σε κατανεμημένα μοντέλα) → η λεκάνη υποδιαιρείται σε επιμέρους **υπολεκάνες**

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ



Κάθε σημείο του
υδατορεύματος ορίζει μία
λεκάνη απορροής

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

- Το σύνολο των **επιφανειακών υδατορευμάτων** (ποταμών [μόνιμη ροή] , χειμάρρων [παροδική (εφήμερη) ροή] ΚΤΛ.) που συνδέονται μεταξύ τους δημιουργώντας συγκεκριμένους τύπους απορροής.
- Ο τρόπος σύνδεσης των υδατορευμάτων και ο τύπος απορροής είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των νόμων της κίνησης των ρευστών και των γεωλογικών χαρακτηριστικών της περιοχής επί της οποίας κινούνται.

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ



ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ



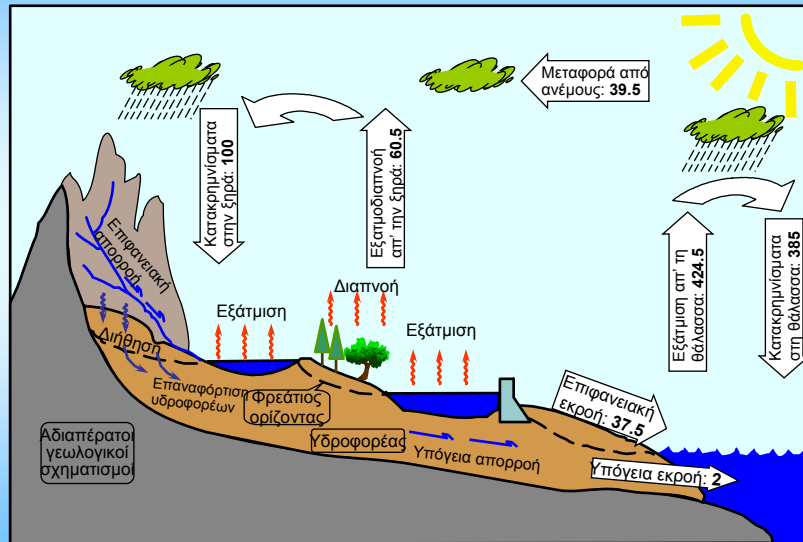


Συνιστώσες Υδρολογικού Κύκλου

Η Γεωλογική Υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS) διακρίνει 16 συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου:

Αποθήκευση νερού στη θάλασσα	Απορροή από λιώσιμο του
Εξάτμιση	χιονιού
Εξατμ(ισ)οδιαπνοή	Επιφανειακή απορροή
Εξάχνωση	Ροή σε υδατορεύματα
Νερό στην ατμόσφαιρα	Αποθήκευση γλυκού νερού
Συμπύκνωση	Διήθηση
Κατακρημνίσματα	Αποθήκευση υπόγειου νερού
Αποθήκευση νερού σε πάγους και χιόνια	Εκφόρτιση υπόγειου νερού
	Πηγές

Απλουστευμένος Υδρολογικός Κύκλος



Συνιστώσες Απλουστευμένου Υδρολογικού Κύκλου

- Κατακρήμνιση ► βροχή – χιόνι – χαλάζι
► σε ξηρά – θάλασσα
- Εξάτμιση } Εξατμισοδιαπνοή ► από ξηρά - θάλασσα
- Διαπνοή }
- Κατακράτηση / Παρεμπόδιση
- Διήθηση
- Επίφανειακή Απορροή
- Υπόγεια απορροή – Υπόγεια εκροή

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

- Η μαθηματική έκφραση του υδρολογικού κύκλου μιας λεκάνης απορροής αποτελεί το **υδρολογικό** (ή **υδατικό**) της **ισοζύγιο**.
- Για δεδομένη λεκάνη απορροής η εξίσωση της διαφοράς μεταξύ των **εκροών** και των **εισροών** με το ρυθμό **αλλαγής της αποθήκευσης** του νερού στη λεκάνη, σε καθορισμένο χρόνο, εκφράζει το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης.

$$\text{Εισροές} - \text{Εκροές} = \text{Μεταβολή της αποθήκευσης}$$

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Εισροές

Κατακρήμνιση (βροχόπτωση, χιονόπτωση, χαλάζι)
Εκροή ανάντη λεκάνης ...

Εκροές

Απορροή (επιφανειακή, ενδιάμεση, υπόγεια)
Εξάτμιση
Διαπνοή
Διήθηση
Απολήψεις (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία ...)

Αποθήκευση

Επιφανειακή (πάνω στο έδαφος, σε υδατορεύματα και ταμιευτήρες)
Υπεδάφια (στη ριζική ζώνη)
Υπόγεια (υδροφορείς)
Παρεμπόδιση/κατακράτηση (από βλάστηση, κτίρια) ...

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

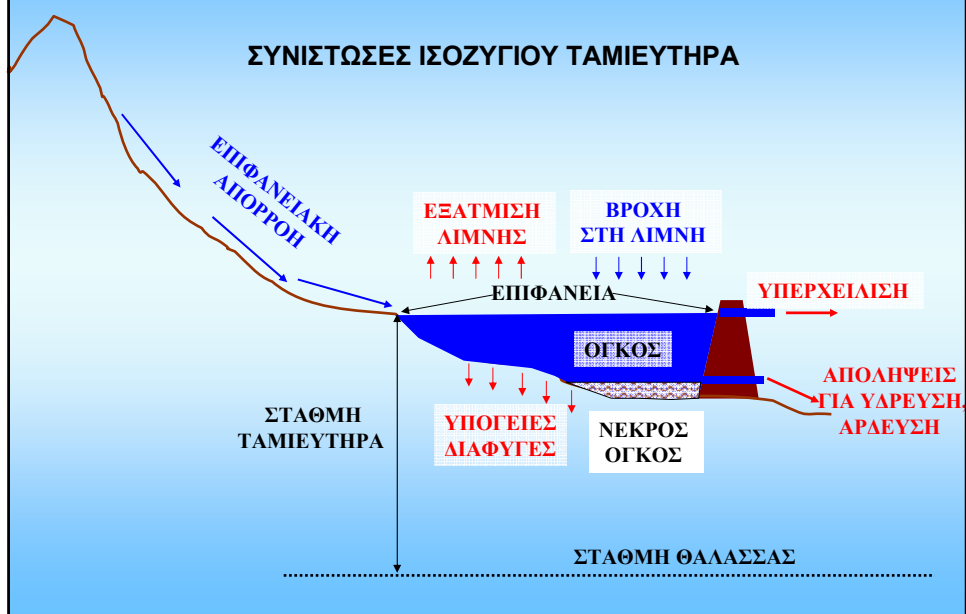
Για την κάλυψη των υδατικών αναγκών απαιτείται κάποιες φορές επέμβαση στις συνιστώσες του Υδατικού ισοζυγίου, οι οποίες επιφέρουν αλλαγές στον Υδρολογικό Κύκλο.



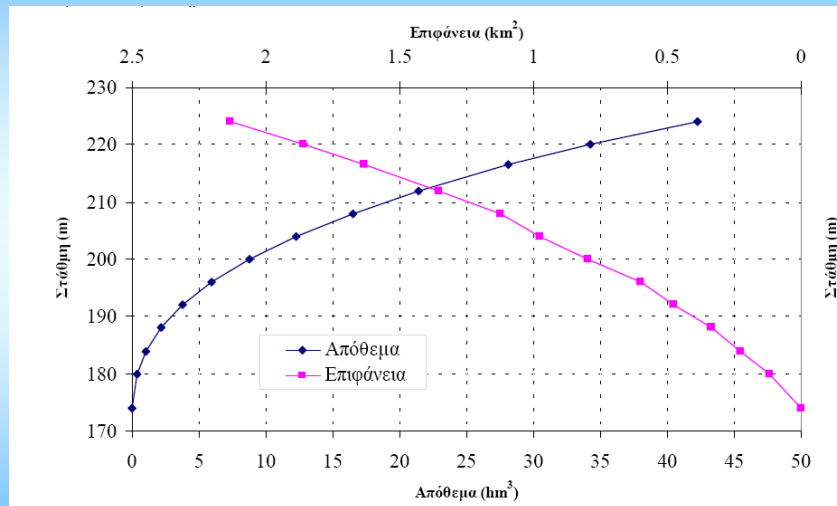
- Ταμιευτήρες (επέμβαση στη χρονική κατανομή περισσειών και ελλειμμάτων νερού)
- Κανάλια μεταφοράς νερού
- Εκτροπές ποταμών
- Φράγματα
- Αναχώματα
- ...

Υδρολογικό Ισοζύγιο Ταμιευτήρα

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ



Καμπύλες Στάθμης - Όγκου - Επιφάνειας



Μονάδες μέτρησης Υδρολογικών Μεταβλητών

- Κατακρήμνιση → Ύψος [mm]
Ένταση [mm/h]
Διάρκεια [h]
- Εξάτμιση → Ύψος [mm]
Ρυθμός [mm/d, mm/m, mm/y]
- Διήθηση → Ύψος [mm]
Ρυθμός [mm/h]
- Παρεμπόδιση / Κατακράτηση → Ισοδύναμο ύψος [mm ανά διάρκεια καταιγίδας]
- Απορροή → Παροχή [m³/sec]
Όγκος [m³]
Ισοδύναμο ύψος [Ισοδύναμα mm στη λεκάνη απορροής]

Μονάδες μέτρησης Υδρολογικών Μεταβλητών

!!! Κοινές μονάδες κατά τον υπολογισμό ισοζυγίου

$$h \text{ [mm]} \times A \text{ [km}^2\text{]} \rightarrow V \text{ [m}^3\text{]}$$

$$Q \text{ [m}^3\text{/sec]} \times t \rightarrow V \text{ [m}^3\text{ στην επιθυμητή μονάδα χρόνου]}$$

Χωροχρονική κλίμακα

- Τόσο η χωρική όσο και η χρονική κλίμακα που επιλέγεται για τη μελέτη μιας περιοχής εξαρτάται από την ίδια τη μελέτη.
- **Χωρική κλίμακα:** λεκάνη απορροής ποταμού (συνήθως)
- **Χρονική κλίμακα:** Μελέτες καταιγίδων & πλημμυρών ➡
min, h, days
Προβλήματα αξιοποίησης υδατικών πόρων
➡ αρκεί συνήθως μηνιαία ή ετήσια
κλίμακα

Ενδεικτικά Μεγέθη

- **ΥΔΡΕΥΣΗ:** 0.01-1 m³ ανά κάτοικο ανά ημέρα
(Στην Ελλάδα: 200 lt ανά κάτοικο ανά ημέρα)
- **ΑΡΔΕΥΣΗ:** 400-700 mm στην αρδευτική περίοδο [Μάιος – Σεπτέμβριος]
(Στην Ελλάδα: 600 mm = 600 mm*1000 m²=600 m³ ανά έτος)
- **ΕΞΑΤΜΙΣΗ:** ► 1500 mm/y από ελεύθερη επιφάνεια
► 800 mm/y από το έδαφος
- **ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ:** Στην Ελλάδα 350-1600 mm/y
(Στην Αθήνα 400 mm/y)
- **ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗ:** 0.01 m³/sec
 - Μόρνος 10 m³/sec
 - Σπερχειός 17 m³/sec
 - Αχελώος 140 m³/sec

Συντελεστής Απορροής

$$C = V_{\text{εκρμών}} / V_{\text{εισροών}}$$

Εξαρτάται από:

- Τη χρονική κλίμακα
- Τις γεωλογικές – εδαφολογικές συνθήκες
- Την προηγούμενη κατάσταση