



# Υδρομετεωρολογία – Υδρολογία και Κλιματική Αλλαγή

Παρακολούθηση της ποιότητας και της  
ποσότητας των επιφανειακών υδάτων  
σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για τα  
Ύδατα 2000/60/ΕΚ

**Συντονιστής:** Καθ. Παναγιώτης Αγγελίδης  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΔΠΘ

**Διδάσκων:** Επίκ. Καθηγητής Γεώργιος  
Παπαϊωάννου

Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και  
Φυσικών Πόρων, ΔΠΘ

Το μεγαλύτερο τμήμα της συγκεκριμένης διάλεξης βασίζεται στις διαλέξεις του μαθήματος «Υδρολογία» [Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Διδασκαλία: Καθ. Αθανάσιος Λουκάς]. Κάποια τμήματα της παρούσας διάλεξης βασίζονται πληροφορίες που ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα του προγράμματος «Παρακολούθηση και καταγραφή της κατάστασης (ποιότητα, ποσότητα, πιέσεις, χρήση) των υδάτων της Χώρας» (<https://wfd.hcmr.gr/>) όπου υπεύθυνος φορέας είναι το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών – Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων και από την ιστοσελίδα του Ινστιτούτου Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (<https://imbriw.hcmr.gr/>).



Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με  
μυλίσκο

Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος  
– προσδιορισμός κοκκομετρίας

Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας

Άσκηση εκτίμησης παροχής



Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με  
μυλίσκο

Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος  
– προσδιορισμός κοκκομετρίας

Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας

Άσκηση εκτίμησης παροχής

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

- Η παροχή των υδατορευμάτων που προκύπτει από την υδρομετρία είναι η κύρια συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου και αποτελεί το κύριο αντικείμενο του υδραυλικού μηχανικού
- Η υδρομετρία, σε αντίθεση με τη βροχομετρία, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και πολυδάπανη διαδικασία, και απαιτεί ειδικευμένο προσωπικό τόσο για τις διαδικασίες υπαίθρου όσο και για τις εργασίες γραφείου
- Κύριος στόχος της υδρομετρίας είναι η παραγωγή αδιάλειπτων χρονοσειρών παροχής σε διάφορες χρονικές κλίμακες και απαιτείται η εκτέλεση μετρήσεων παροχής ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. εβδομάδας ή δεκαπενθημέρου). Όμως, ποτέ η χρονική πυκνότητα των μετρήσεων παροχής δεν είναι η απαιτούμενη (λόγω των ιδιαίτερων δυσκολιών και του σημαντικού κόστους τους) και έτσι για την πύκνωση των χρονοσειρών παροχής στο επιθυμητό χρονικό βήμα (π.χ. ημερήσιο, ωριαίο ή και ακόμη μικρότερο) μετριέται η στάθμη του υδατορεύματος της οποίας η μέτρηση είναι απλούστερη
- Η υδρομετρία αποτελεί σήμερα ολόκληρη εφαρμοσμένη επιστήμη που απασχολεί σημαντικές βιομηχανικές μονάδες με ενσωματωμένα ερευνητικά κέντρα, αλλά και υδρολογικές υπηρεσίες. Προδιαγραφές για την υδρομετρία έχουν εκδώσει τόσο ο World Meteorological Organization (1981) όσο και ο International Standards Organization (1983)

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

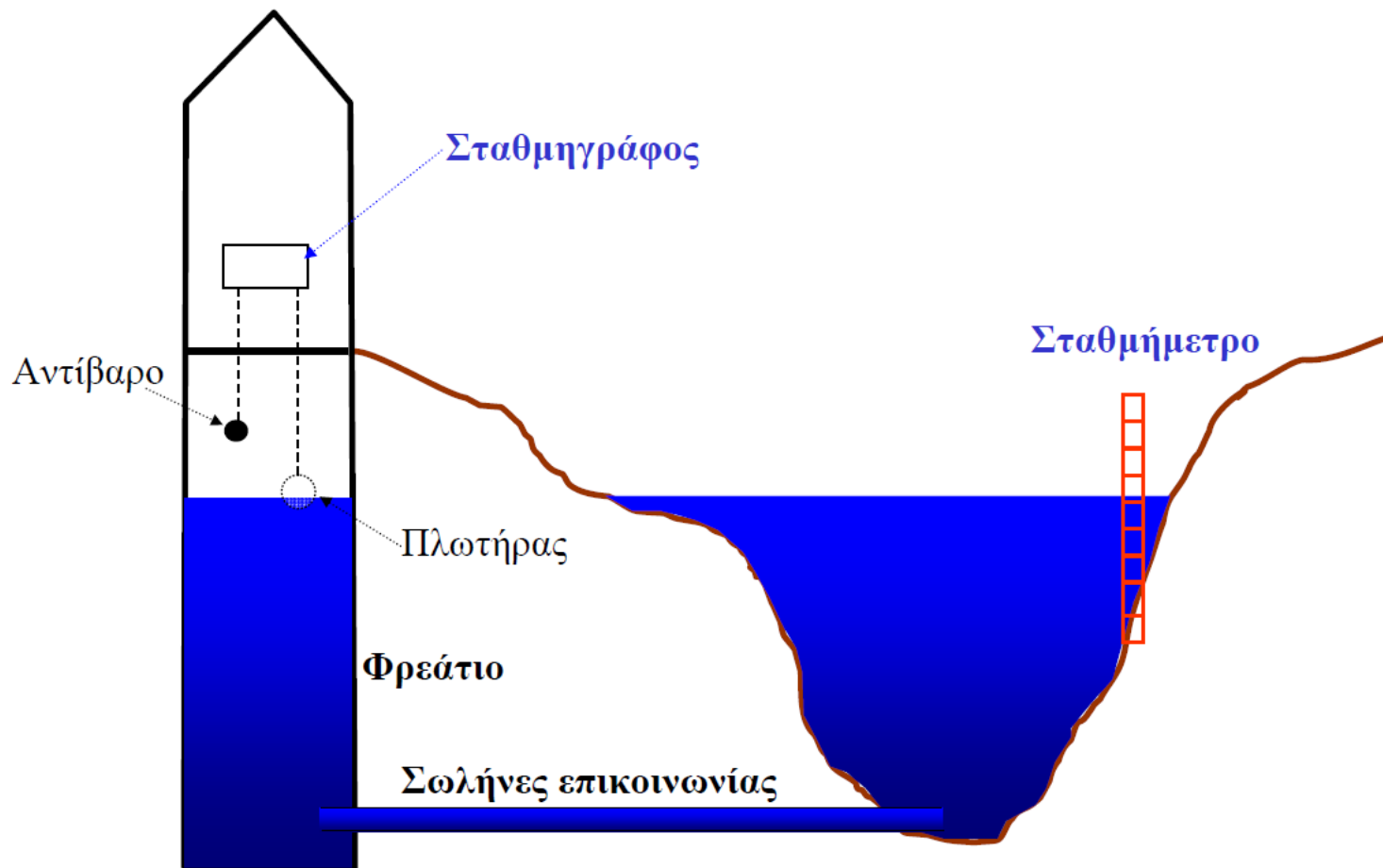
### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Συνεχής μέτρηση στάθμης (σταθμήμετρο, σταθμηγράφος)
- Περιστασιακή μέτρηση παροχής
- Κατάρτιση καμπυλών στάθμης-παροχής
- Επέκταση καμπύλης στάθμης-παροχής
- Εκτίμηση παροχών
- Διόρθωση παροχών (Stout)
- Επέκταση καμπύλης στάθμης-παροχής
- Εκτίμηση αιχμής πλημμύρας

# Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

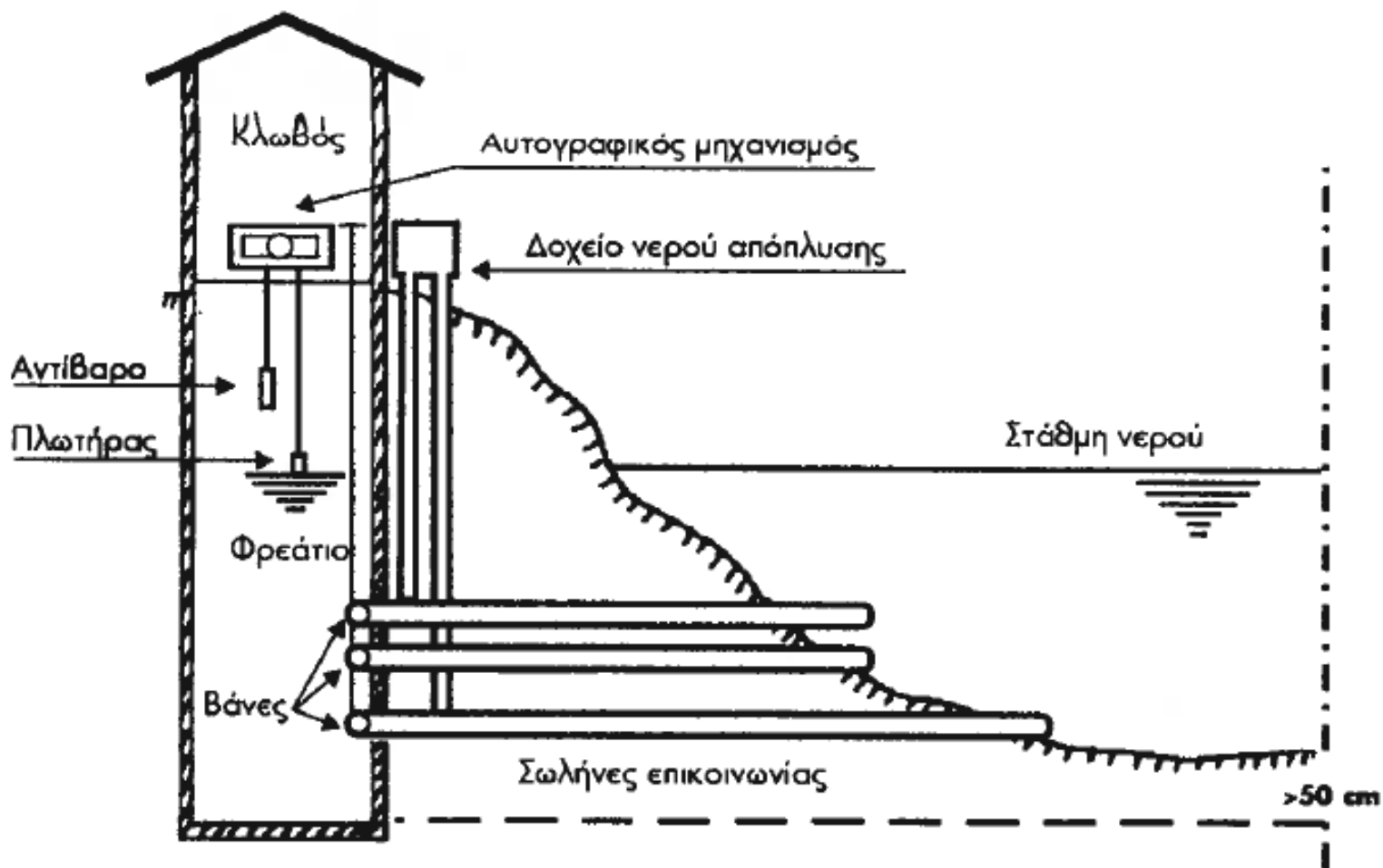
## ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ

Τυπική εγκατάσταση σταθμηγράφου



(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, 2009. Υδρομετρία  
[http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/ydro\\_ydrom10.pdf](http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/ydro_ydrom10.pdf))

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα



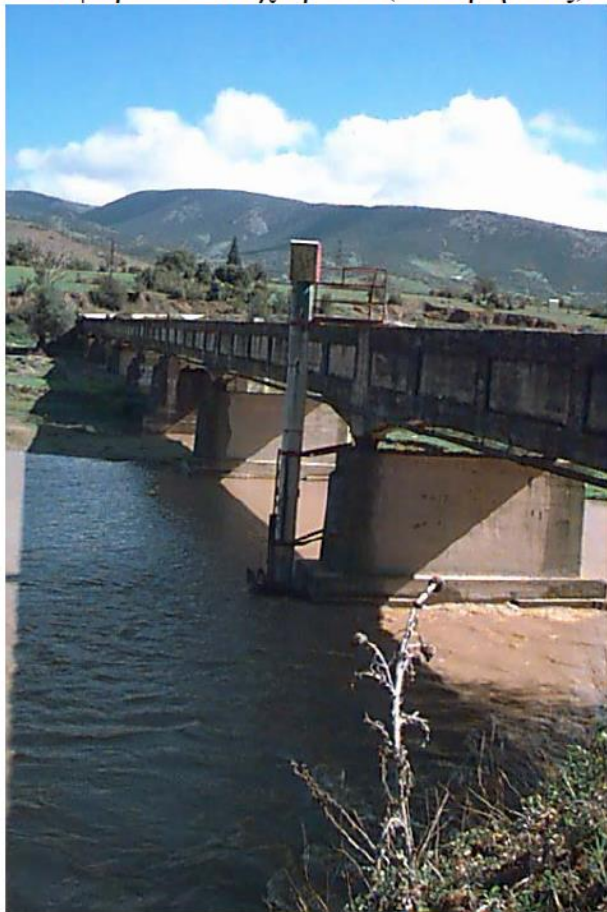
### Τυπικός Σταθμηγράφος

(Πηγή: Μιμίκου και Μπαλάς, 2012)



## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

Γεφυρα Μεσοχωρίου (Τιταρήσιος)



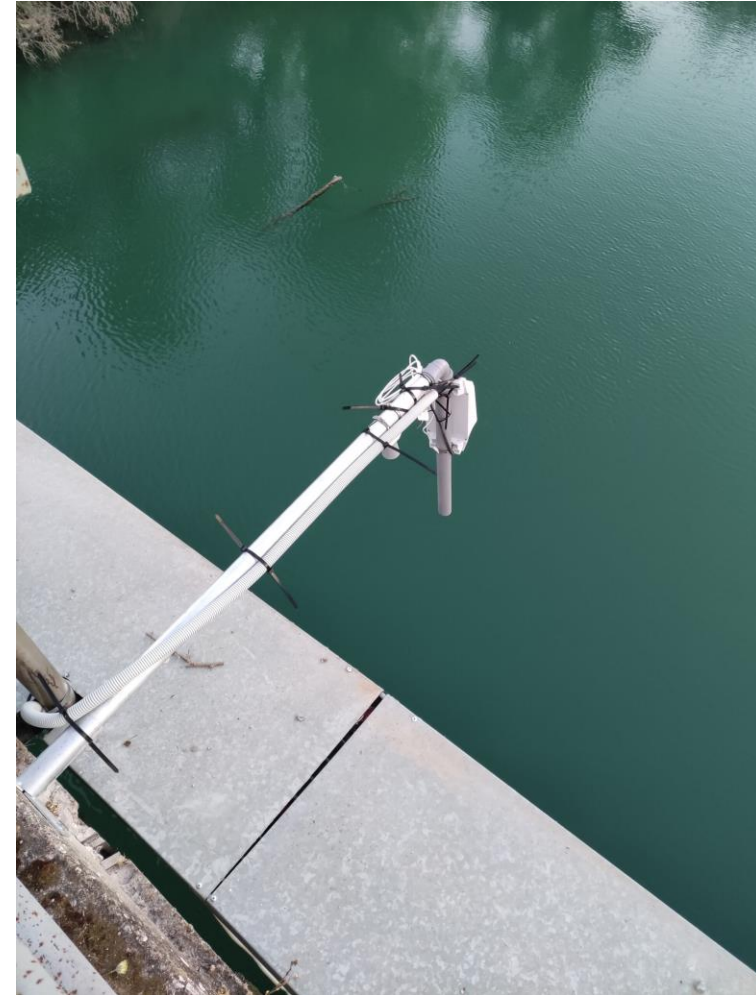
Θέση Αμυγδαλιά (Πηνειός)



## Υδρομετρικός σταθμός

(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, 2009. Υδρομετρία  
[http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/ydro\\_ydrom10.pdf](http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/ydro_ydrom10.pdf))

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα



<https://hydro-stations.hcmr.gr/>  
<https://www.openeliot.com/>  
<https://hydro-stations.hcmr.gr/real-time-gianouli-station-pineios-river/> <sup>10</sup>

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

- **Μέτρηση με παρεμβολή μετρητών παροχής**

Παρεμβάλλονται στη ροή ειδικά τμήματα όπως υπερχειλιστές και στενώσεις και η παροχή εκτιμάται με υδραυλικές σχέσεις

- **Μέτρηση πεδίου ταχυτήτων**

Η παροχή εκτιμάται με βάση το πεδίο ταχυτήτων και το εμβαδόν της υγρής διατομής

- **Μέτρηση με τη μέθοδο διαλυμάτων**

Διαχέεται ένας δείκτης εύκολα ανιχνεύσιμος και αναλύεται δείγμα σε μια πιο κατάντη διατομή

- **Εκτίμηση με πλωτήρες**

Χονδροειδής μέθοδος που στηρίζεται στη μέτρηση της ταχύτητας ενός αντικειμένου που επιπλέει

- **Εκτίμηση με υδραυλικές σχέσεις ροής**

Η παροχή εκτιμάται προσεγγιστικά με τη χρήση ημιεμπειρικών σχέσεων της υδραυλικής

- **Σύγχρονες μέθοδοι μέτρησης**

Μέθοδος υπερήχων, ηλεκτρομαγνητική μέθοδος, μέθοδος φουσαλίδων

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

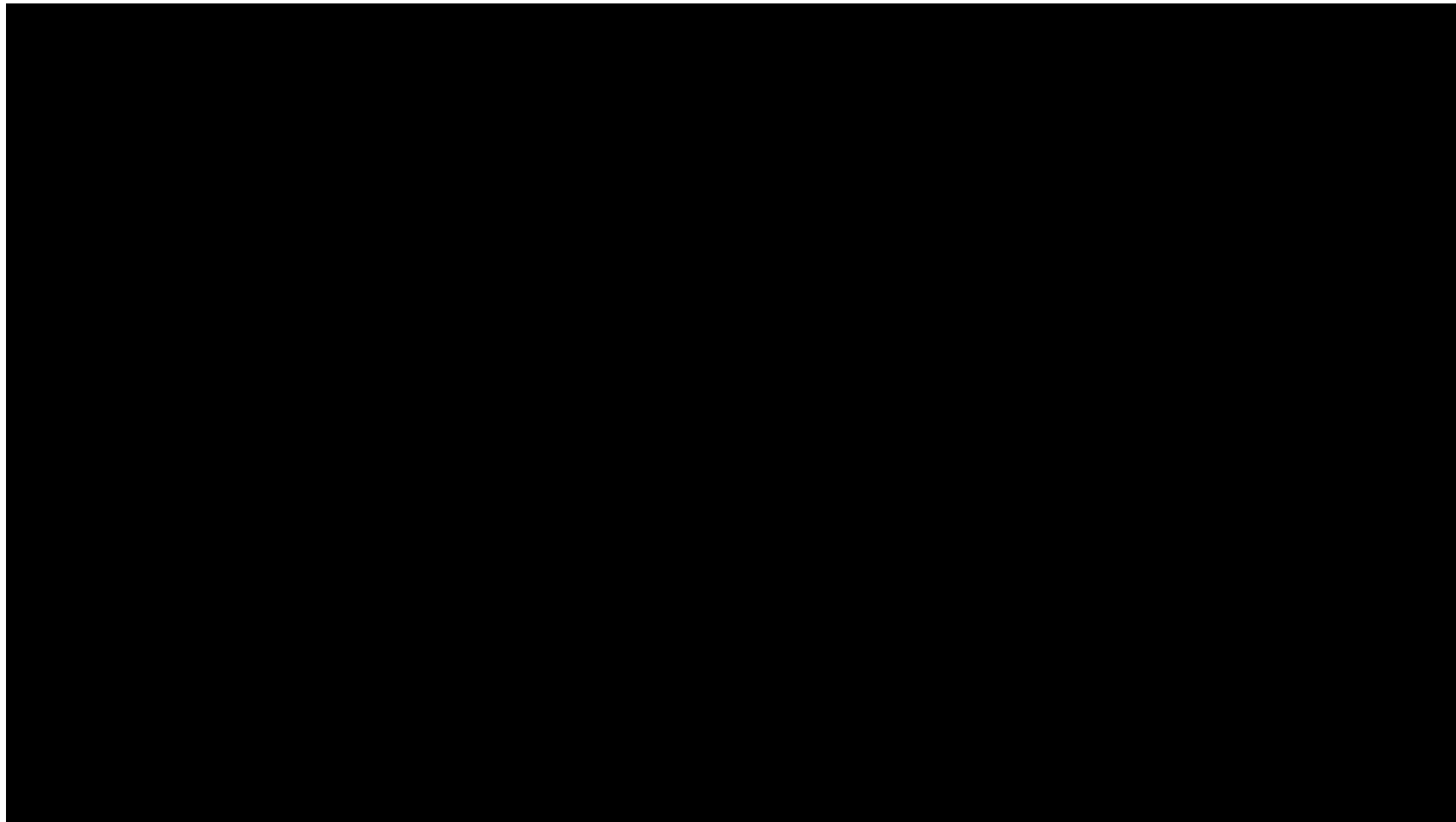
### ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ



<http://www.es.lancs.ac.uk/people/nickc/104/case16.htm>

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### Μέτρηση με παρεμβολή μετρητών παροχής

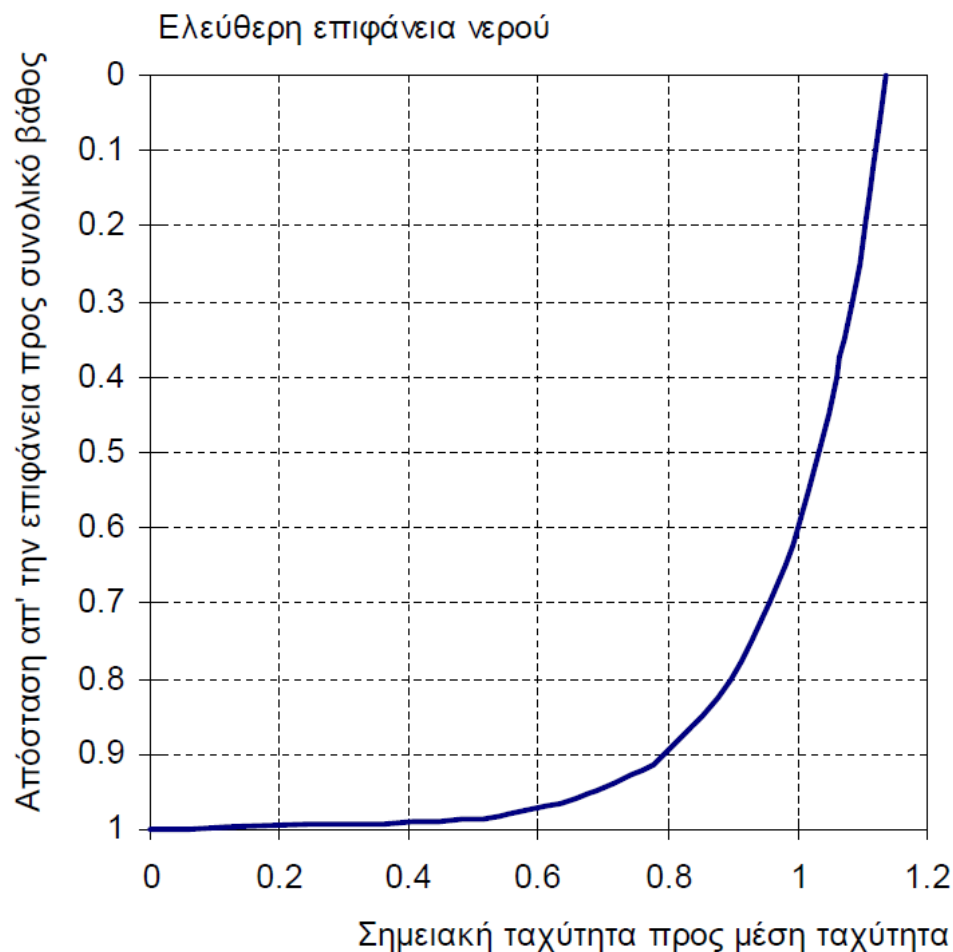


<https://www.youtube.com/watch?v=gxJWAUqGX9w>

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Τυπική κατανομή ταχυτήτων σε κατακόρυφη διατομή υδατορεύματος



$$\bar{u} = \frac{u_{0.2} + u_{0.8}}{2}$$

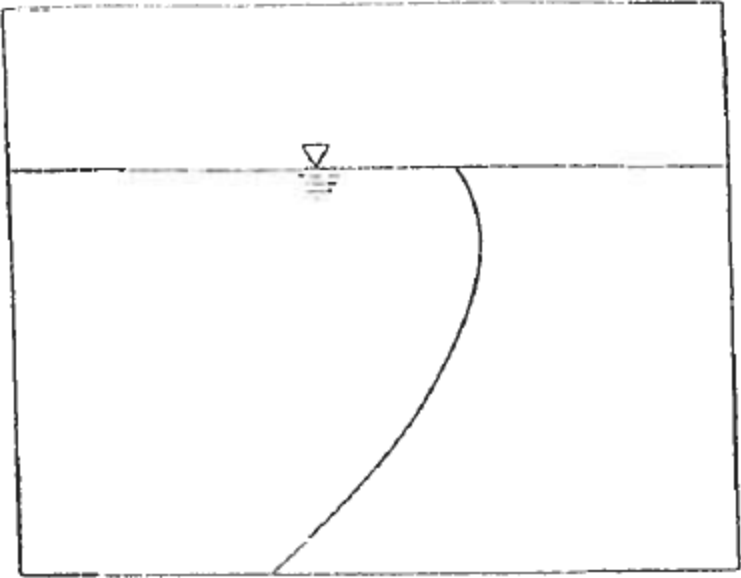
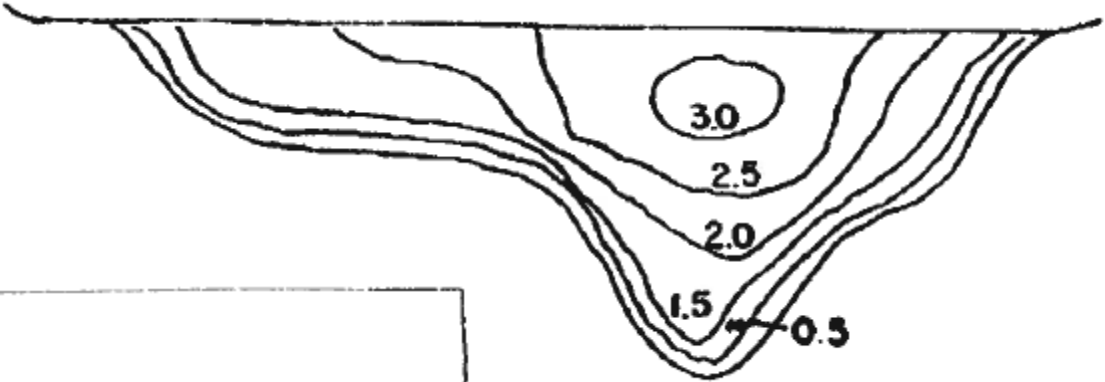
$$\bar{u} = \frac{u_{0.6}}{2} + \frac{u_{0.2} + u_{0.8}}{4}$$

(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης  
Υδατικών Πόρων, 2009)

# Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Κατανομή ταχύτητας σε ένα ποτάμι



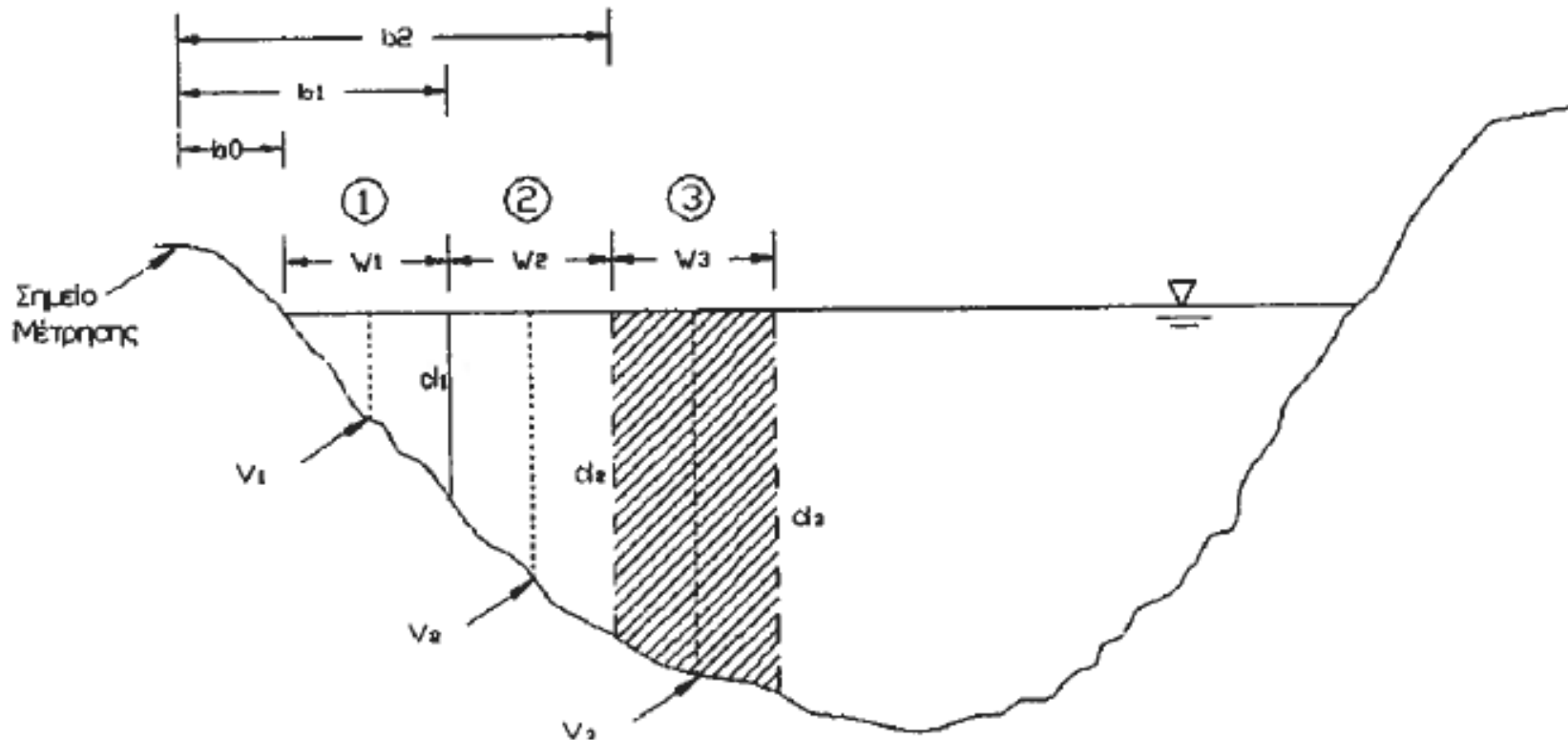
*ταχύτητα*

(Πηγή: Μιμίκου και Μπαλτάς, 2012)

# Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

### Διατομή υδατορεύματος



(Πηγή: Μιμίκου και Μπαλτάς, 2012)

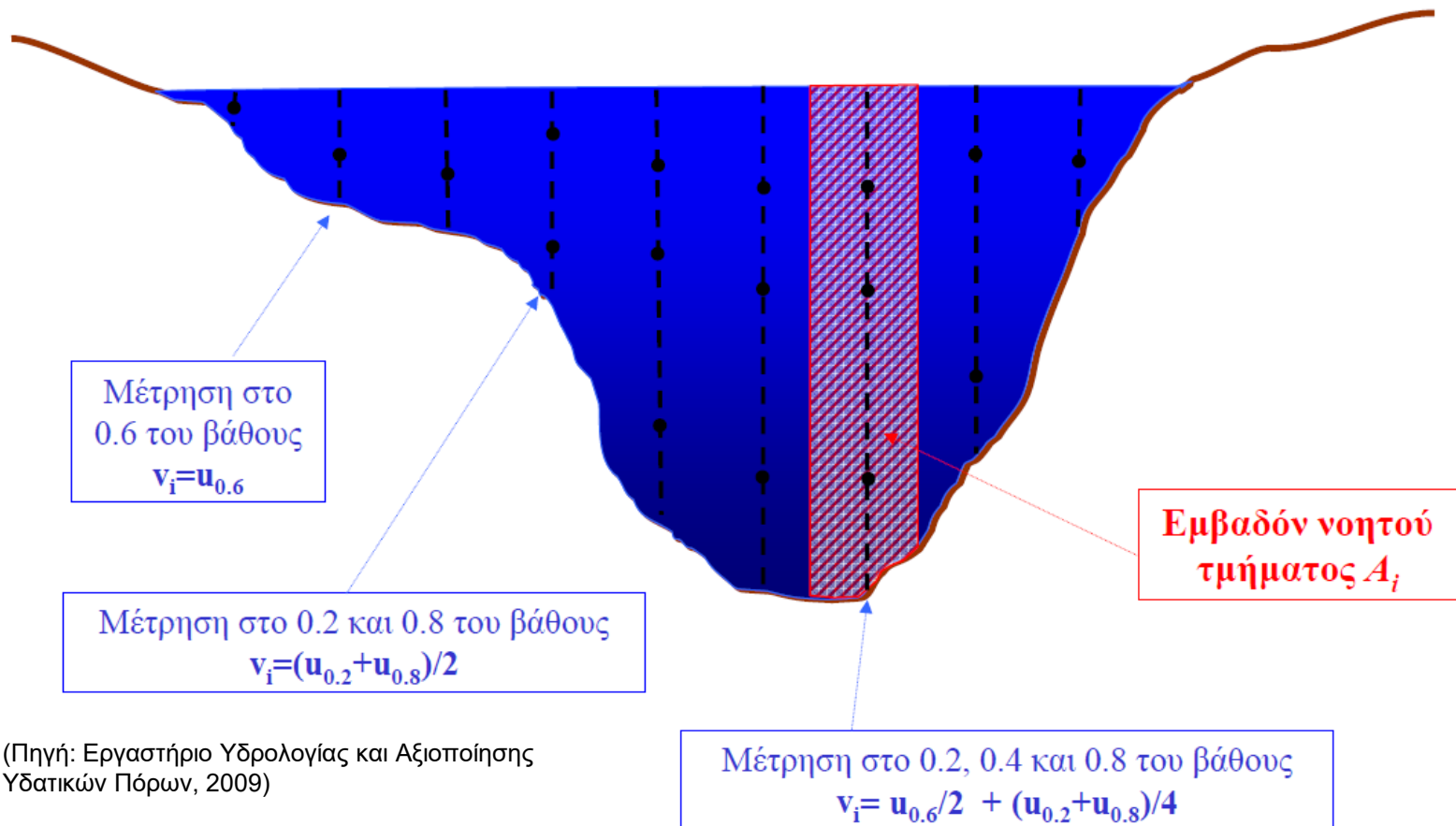


## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ

Συνολική παροχή:  $Q = \sum_{i=1}^{i=N} q_i$

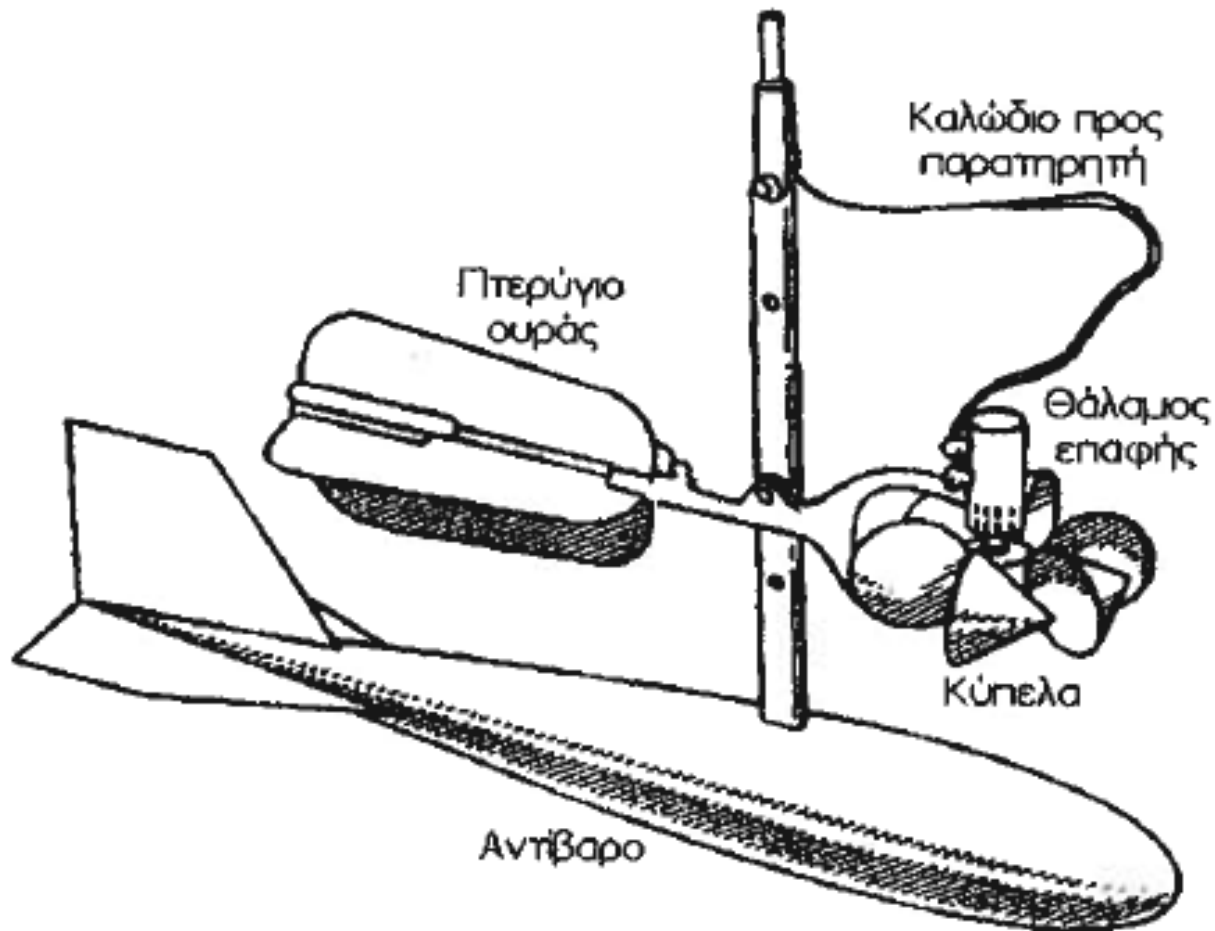
Παροχή νοητού τμήματος:  $q_i = v_i * A_i$



(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης  
Υδατικών Πόρων, 2009)

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ



(Πηγή: Μιμίκου και Μπαλτάς, 2012)

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ

Μυλίσκος και σύστημα ανάρτησης



(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης  
Υδατικών Πόρων, 2009)

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ

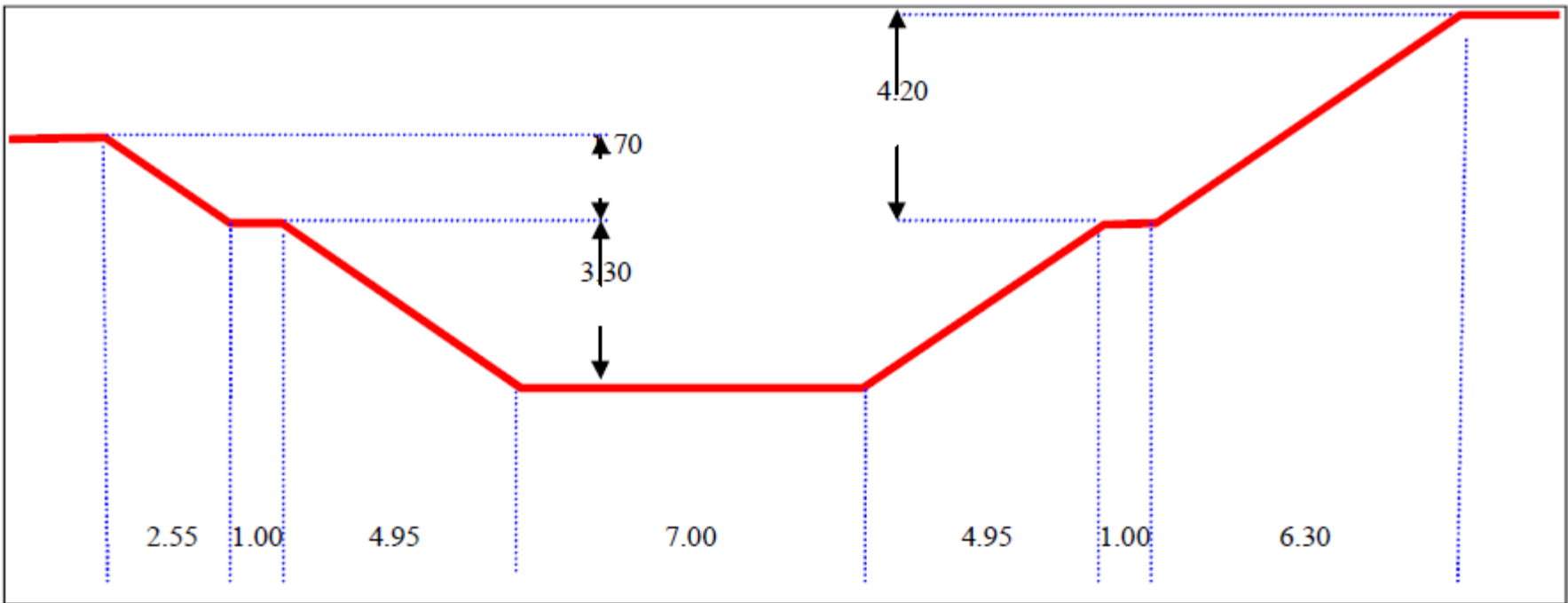
Από γέφυρα



(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης  
Υδατικών Πόρων, 2009)

# Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

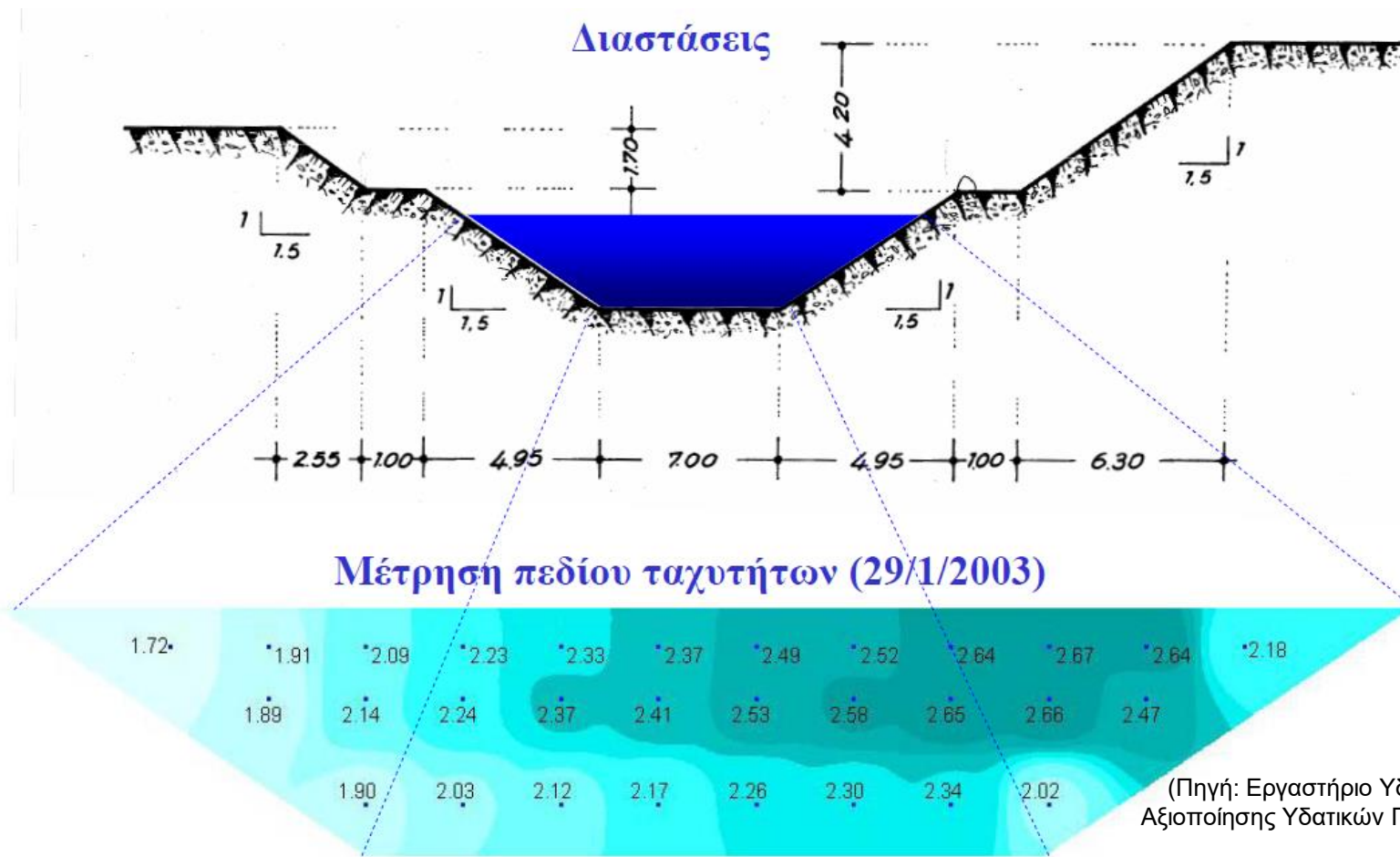
## ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ



(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, 2009)

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ



Στάθμη: 2.55 m

Εμβαδόν: 27.81m<sup>2</sup>

Βρεχόμενη περίμετρος: 16.27 m

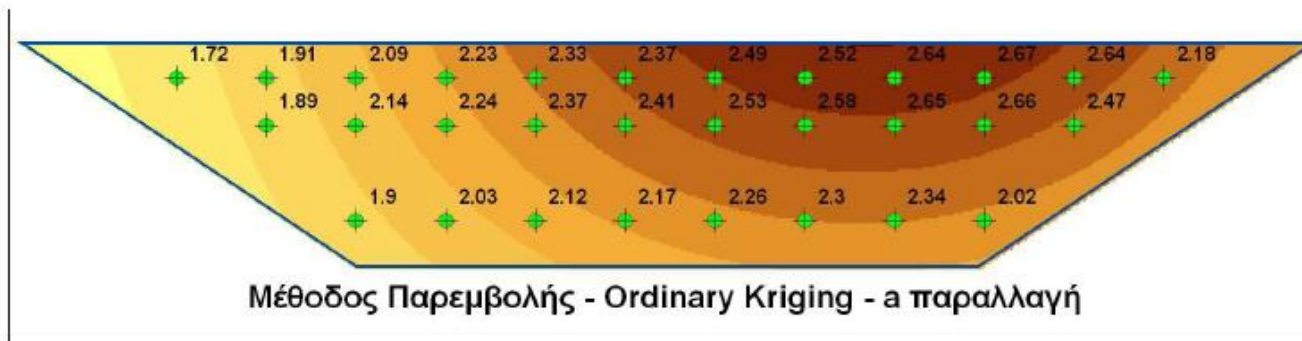
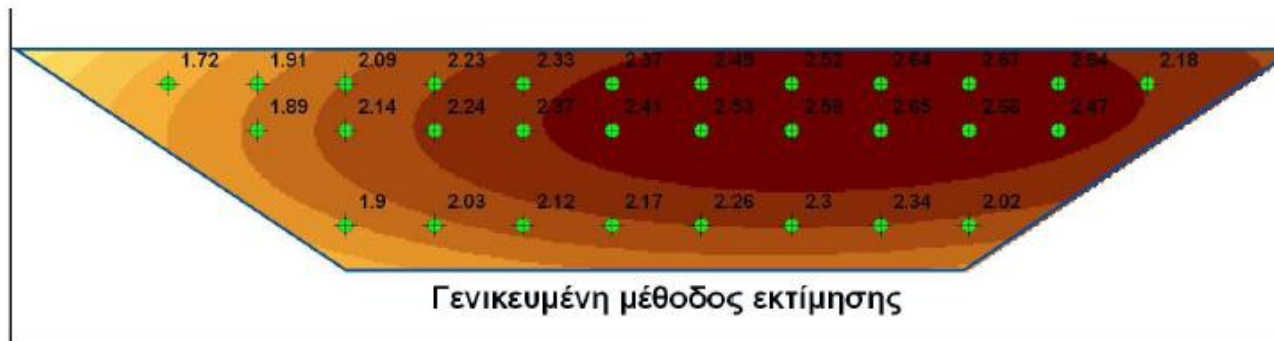
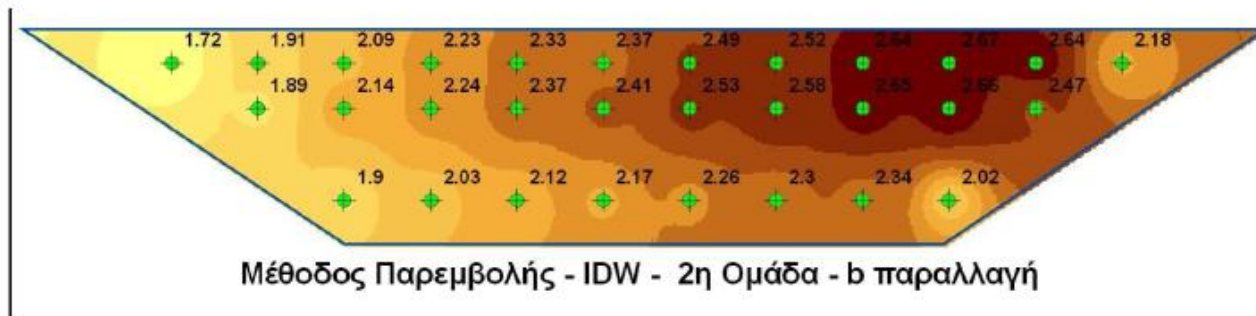
Υδραυλική ακτίνα: 1.709 m

Μετρημένη παροχή: 61.59 m<sup>3</sup>/s

Συντελεστής τραχύτητας:  $n=0.0171$  ή  $K=59$

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ



(Πηγή: Εργαστήριο  
Υδρολογίας και Αξιοποίησης  
Υδατικών Πόρων, 2009)

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

- Η μέθοδος της μέτρησης του πεδίου ταχυτήτων είναι πρακτικά ανεφάρμοστη σε σχετικά μικρά υδατορεύματα με ακανόνιστη κοίτη και έντονα τυρβώδη ροή, συνθήκες που απαντούν ιδίως σε ορεινές λεκάνες απορροής
- Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται ως πλέον αξιόπιστη η μέθοδος των διαλυμάτων. Στηρίζεται στη διάχυση ενός δείκτη, εύκολα ανιχνεύσιμου, στην κατερχόμενη υδάτινη μάζα του υδατορεύματος, και τη λήψη και ανάλυση δείγματος σε μια πιο κατάντη διατομή του.
- Η απόσταση του σημείου δειγματοληψίας από το σημείο έγχυσης του δείκτη πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να εξασφαλίζεται πλήρης ανάμιξη του δείκτη με το νερό, χωρίς όμως να φτάνει σε μήκη όπου οι πλευρικές συμβολές γίνονται σημαντικές. Οι μεγάλες ταχύτητες ροής ευνοούν τη γρήγορη η ανάμιξη του δείκτη και κατά συνέπεια συμβάλλουν στη μεγαλύτερη αξιοπιστία της μεθόδου.
- Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι προφανή, αφού δεν χρειάζεται ούτε η γνώση τοπογραφικών στοιχείων της διατομής του υδατορεύματος, ούτε σοβαρές εγκαταστάσεις στην όχθη.



## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

- Ο δείκτης που χρησιμοποιείται πρέπει να εξασφαλίζει ορισμένες προϋποθέσεις όπως
  - (α) μεγάλη διαλυτότητα στο νερό,
  - (β) αμελητέα φυσική συγκέντρωση στο υδατόρευμα,
  - (γ) ευκολία ανίχνευσης,
  - (δ) χημική αδράνεια τουλάχιστον στη διαδρομή μέχρι τη δειγματοληψία και
  - (ε) οικονομικότητα
- Παράλληλα θα πρέπει να είναι αβλαβής για τη ζωή στο υδατόρευμα και να μη δημιουργεί κανένα κίνδυνο για τις χρήσεις του νερού.
- Συνήθως χρησιμοποιείται κοινό αλάτι (NaCl), του οποίου η συγκέντρωση μετριέται εύκολα με ηλεκτρική μέθοδο, δεδομένου ότι επηρεάζει την αγωγιμότητα του νερού

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

- Ακολουθείται μια από τις ακόλουθες δύο τυπικές τεχνικές εφαρμογής:
  1. *Βαθμιαία έγχυση σταθερής παροχής*
    - Από κατάλληλο δοχείο διοχετεύεται στο υδατόρευμα διάλυμα του δείκτη συγκέντρωσης  $C_0$ , με σταθερή παροχή  $q$ , για ένα χρονικό διάστημα αρκετό ώστε στο σημείο υδροληψίας η συγκέντρωση να φτάσει σε ένα σημείο ισορροπίας  $C_e$  (δηλαδή να μην αυξάνεται περαιτέρω). Στην περίπτωση αυτή η παροχή του υδατορεύματος υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$Q = q \frac{C_0 - C_e}{C_e - C_b}$$

όπου:  $C_b$  είναι η φυσική συγκέντρωση του δείκτη στο νερό του υδατορεύματος (πριν την έγχυση του δείκτη).

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

- Ακολουθείται μια από τις ακόλουθες δύο τυπικές τεχνικές εφαρμογής:
  2. *Απότομη έγχυση*
    - Ένα δοχείο που περιέχει διάλυμα του δείκτη συγκέντρωσης  $C_0$  και όγκου  $V$  αδειάζεται απότομα στο υδατόρευμα, ενώ στο κατάντη σημείο παρακολουθείται συνεχώς η συγκέντρωση του δείκτη  $C$  συναρτήσει του χρόνου  $t$ , μέχρι που να φτάσει στο επίπεδο της φυσικής συγκέντρωσης  $C_b$ . Αν αυτό γίνει στο χρόνο  $\tau$ , τότε η παροχή του υδατορεύματος δίνεται από τη σχέση:

$$Q = V \frac{C_0 - C_b}{\int_0^{\tau} [C(t) - C_b] dt}$$

όπου το ολοκλήρωμα υπολογίζεται αριθμητικά ή γραφικά ως η επιφάνεια του διαγράμματος  $C(t)$  συναρτήσει του χρόνου (αφού αφαιρεθεί η τιμή βάσης  $C_b$ ).

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

# Salt Dilution Gauging



<https://www.openchannelflow.com/blog/methods-of-measuring-flows-in-open-channels>

<https://www.youtube.com/watch?v=MU9sAW5ZnVw>

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

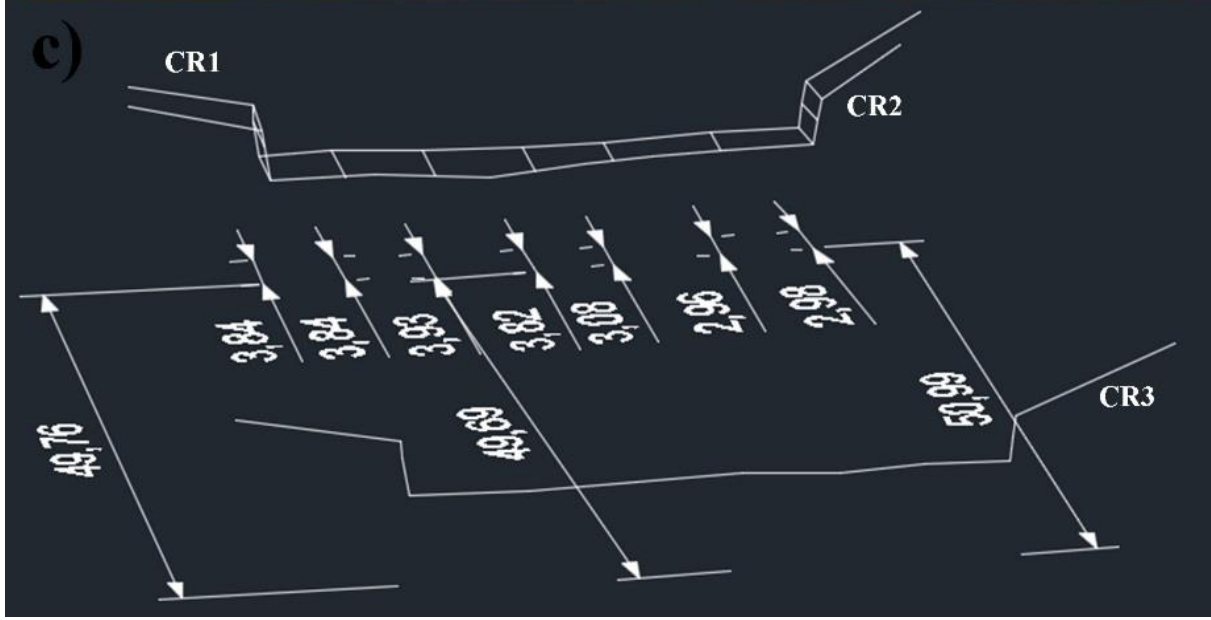
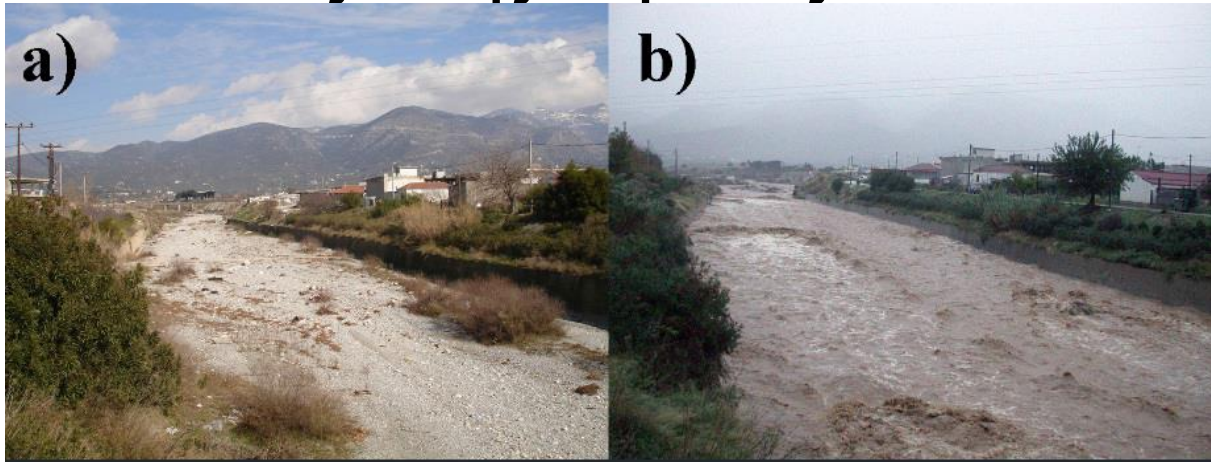
### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΠΛΩΤΗΡΕΣ



# Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

## ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΡΟΗΣ

- Μέθοδος κλίση επιφάνειας



## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΡΟΗΣ

- Μέθοδος κλίσης επιφάνειας

Χρησιμοποιείται η εξίσωση του **Manning**:  $Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} i_f^{\frac{1}{2}}$

Το μήκος του υδατορεύματος θα πρέπει να είναι ευθύγραμμο, ομοιόμορφο και κατά προτίμηση η κατάντη διατομή να είναι μικρότερη ή ίση με την ανάντη διατομή ώστε να μην υπάρχουν σημαντικές απώλειες του κινητικού φορτίου.

Η εξίσωση του **Manning** μπορεί να γραφεί:  $K = \frac{AR^{\frac{2}{3}}}{n} = \frac{Q}{i^{0,5}}$ . Ο

παράγοντας  $K$  βασίζεται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής.

Η εξίσωση της ενέργειας για τις δύο διαδοχικές διατομές 1 και 2 μπορεί

να γραφεί:  $h_1 + a_1 \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + a_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f$

Μετά την πλημμύρα γίνεται τοπογράφηση της διατομής και προκύπτουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής ( $A$ ,  $R$ ) για την αιχμή της πλημμύρας εφόσον τα ίχνη της πλημμύρας είναι διακριτά και εκτιμούνται ο συντελεστής τραχύτητας του Manning,  $n$ , και οι συντελεστές  $a_1$  και  $a_2$

Λαμβάνεται  $K = (K_1 K_2)^{0,5}$

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΡΟΗΣ

Πολλές φορές είναι απαραίτητο να γίνει η εκτίμηση αιχμής πλημμύρας, η οποία έχει περάσει από μια διατομή χωρίς να μετρηθεί. Οι μέθοδοι εκτίμησης αιχμής πλημμύρας βασίζονται στην χρησιμοποίηση των ίχνων πλημμύρας σε μια, όσο το δυνατό, ομοιόμορφη διατομή (post-flood analysis).

- Χρήση της εξίσωσης του Manning

Χρησιμοποιείται η εξίσωση του **Manning**:  $Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} i_f^{\frac{1}{2}}$

Μετά την πλημμύρα γίνεται τοπογράφηση της διατομής και προκύπτουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής (A, R) για την αιχμή της πλημμύρας εφόσον τα ίχνη της πλημμύρας είναι διακριτά.

Γίνεται η υπόθεση ότι  $i_f = i_0$  δηλαδή, η κλίση της γραμμής ενέργειας είναι ίση με τη κλίση του πυθμένα του υδατορεύματος, και μετριέται η κλίση του πυθμένα στη διατομή με τοπογραφικά όργανα

Γίνεται εκτίμηση του συντελεστή τραχύτητας του Manning, n.

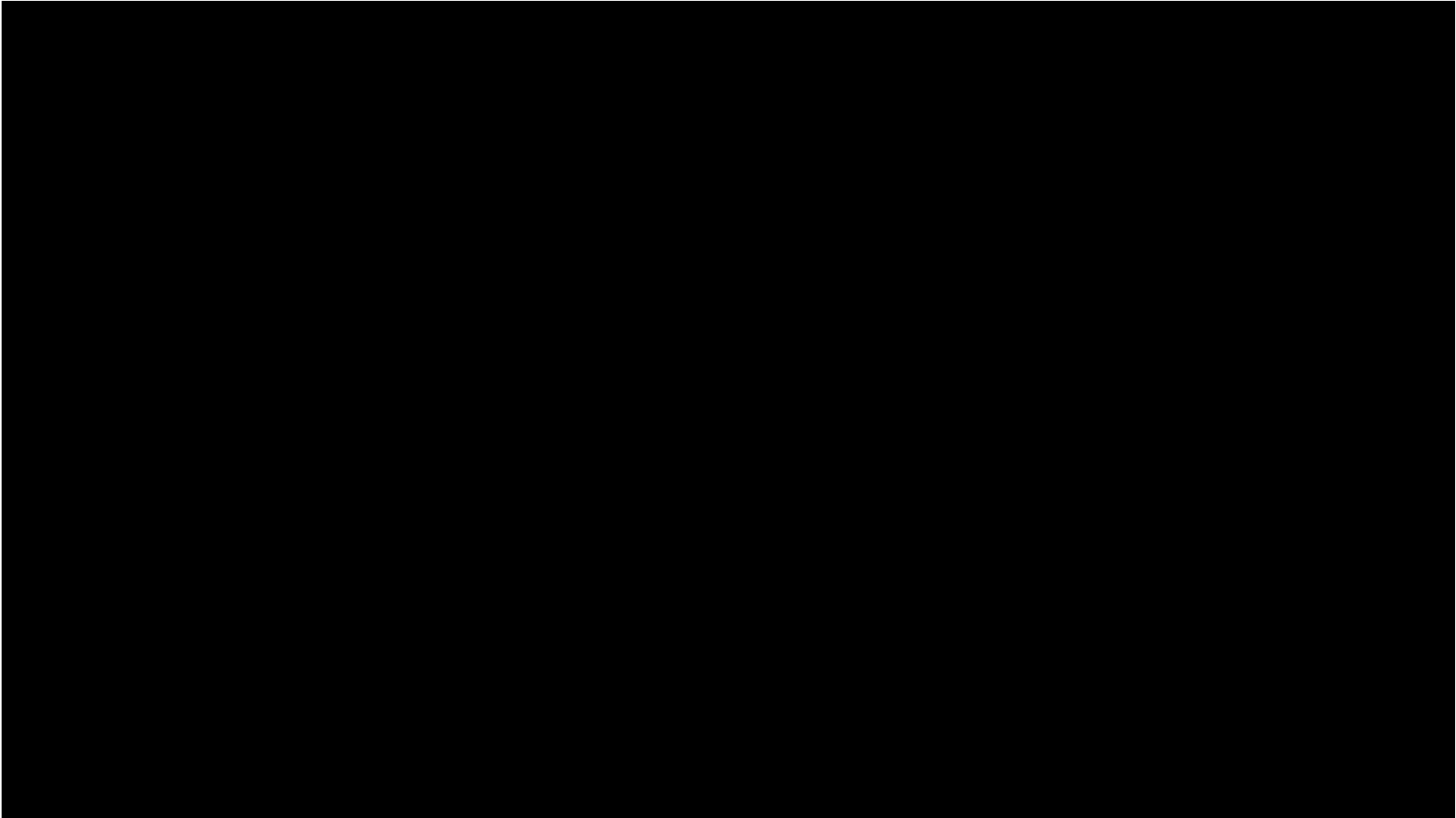
Υπολογίζεται η παροχή από την εξίσωση του **Manning**



## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

#### Βάρκα με dopler



## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

### Σταθμός με radar – Μέτρηση επιφανειακής ταχύτητας – Μέτρηση στάθμης

Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και  
Εσωτερικών Υδάτων (ΙΘΑΒΙΠΕΥ) – Ελληνικό Κέντρο  
Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ)

<https://www.openeliot.com/σταθμοί/>



## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

### Αυτόματος τηλεμετρικός σταθμός – Μέτρηση στάθμης



<https://www.himiofots.gr/el/egkatastasi-trion-aytomaton-tilemetrikon-stathmon-ston-potamo-pineio>

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ - ΠΑΡΟΧΗΣ

- Η αξιόπιστη εκτίμηση των παροχών  $Q$  από τις στάθμες  $h$  προϋποθέτει τον ακριβή εμπειρικό προσδιορισμό της σχέσης που συνδέει αμφιμονοσήμαντα στάθμες και παροχές, για όλες τις συνηθισμένες δόσεις ροής, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο οι ξηρασίες, όσο και οι πλημμύρες.
- Αφού επιλεγεί η κατάλληλη θέση του υδρομετρικού σταθμού και γίνει η εγκατάστασή του, αρχίζει μια συστηματική σειρά μετρήσεων παροχής (συνήθως με μυλίσκους) για όλες τις δόσεις ροής, η οποία δεν σταματά ποτέ στη διάρκεια που λειτουργεί ο σταθμός.
- Βρίσκονται έτσι οι αντιστοιχίες  $(Q, h)$ , είτε γραφικά, είτε με κάποια αναλυτική μέθοδο βέλτιστης προσαρμογής (π.χ. ελάχιστα τετράγωνα).
- Η συνάρτηση  $Q = f(h)$  είναι γνωστή ως *σχέση* (ή *καμπύλη*) **στάθμης - παροχής** (stage-discharge curve, rating curve). Συχνά αυτή μπορεί να έχει μια απλή μαθηματική έκφραση όπως

$$Q = C (h - a)^N \quad (1)$$

όπου

$a$  η στάθμη  $h$  για την οποία η παροχή είναι μηδέν, και  $C$  και  $N$  σταθερές.

## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ - ΠΑΡΟΧΗΣ

- Η παραπάνω σχέση δικαιολογείται με εφαρμογή των τύπων της υδραυλικής.
- Για παράδειγμα, σε περίπτωση ομοιόμορφης ροής σε ορθογωνική διατομή μεγάλου πλάτους ( $> 20 (h - a)$ ), η εφαρμογή του τύπου του Manning οδηγεί στην (1) με εκθέτη  $N = 1.67$ , ενώ η εφαρμογή του τύπου του Chézy οδηγεί πάλι στην ίδια σχέση αλλά με εκθέτη  $N = 1.50$
- Ανάλογα, η εφαρμογή του τύπου του Manning για ομοιόμορφη ροή σε παραβολική ή τριγωνική διατομή, οδηγεί και πάλι στην (1) με εκθέτη  $N = 2.17$  ή  $2.67$ , αντίστοιχα.
- Αν πρόκειται για ορθογωνική διατομή κρίσιμης ροής, τότε και πάλι προκύπτει η (1) με εκθέτη  $N = 1.50$ .
- Κατά συνέπεια σε σχετικά απλές από γεωμετρική άποψη διατομές περιμένουμε ότι θα ισχύει η σχέση δύναμης (1) με τιμές του εκθέτη  $N$  από 1.5 έως 3.
- Σε πιο σύνθετες διατομές, όπου η γεωμετρία της κοίτης μεταβάλλεται με τη στάθμη, η καμπύλη μπορεί να αποτελείται από τμήματα, καθένα από τα οποία προσεγγίζεται από μια συνάρτηση τύπου (1).

# Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

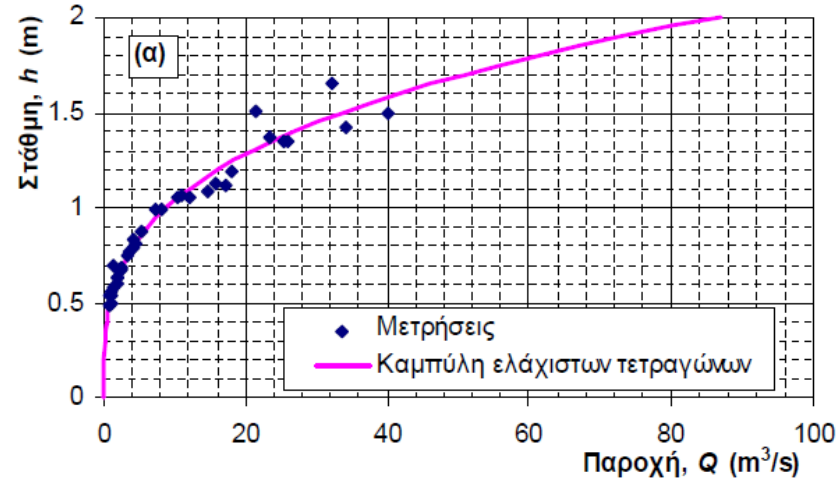
## ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ - ΠΑΡΟΧΗΣ

### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Καμπύλες στάθμης-παροχής(θέση Αχλαδόκαστρο-ποταμός Εύηνος)

$$Q = C(h - a)^N$$

(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, 2009)

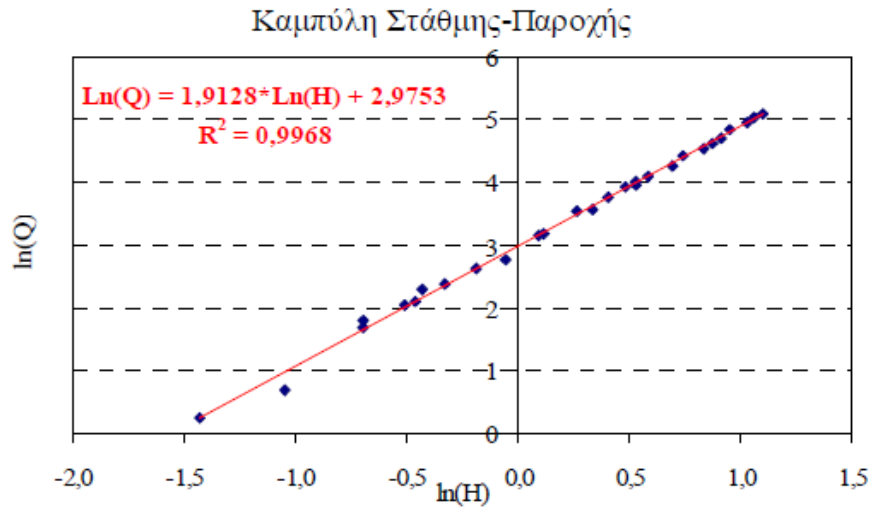


$$\log Q = \log C + N \log (h - a)$$

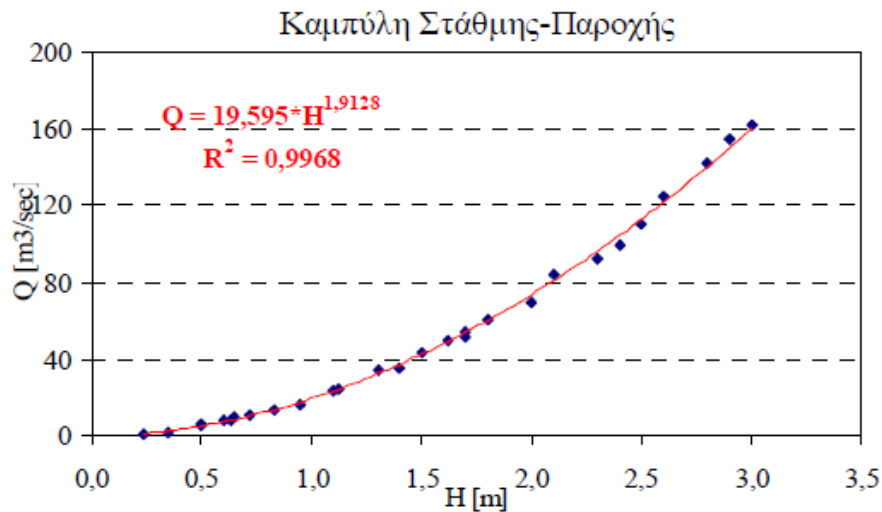


# Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

## ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ - ΠΑΡΟΧΗΣ



(Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, 2009)



## Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

### ΣΤΑΔΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ)

1. Συνεχής μέτρηση στάθμης (σταθμήμετρο, σταθμηγράφος)
2. Περιστασιακή μέτρηση παροχής
3. Κατάρτιση καμπυλών στάθμης-παροχής  
(με στόχο να καταλήξω σε σχέση  $Q=a \cdot h^b$ )
4. Εφαρμογή καμπύλης στάθμης-παροχής
5. Εκτίμηση παροχών
  - Χρησιμοποιώ τη χρονοσειρά των  $h$  και βρίσκω τις  $Q$  βάσει της σχέσης  $Q-h$ . Οι καμπύλες ισχύουν μέχρι κάποιο ύψος, για μεγαλύτερο  $h$  χρειάζονται επέκταση (Manning, Chézy)
6. Διόρθωση παροχών (Stout)





Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

**Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με  
μυλίσκο**

Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος  
– προσδιορισμός κοκκομετρίας

Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας

Άσκηση εκτίμησης παροχής

## Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με μυλίσκο

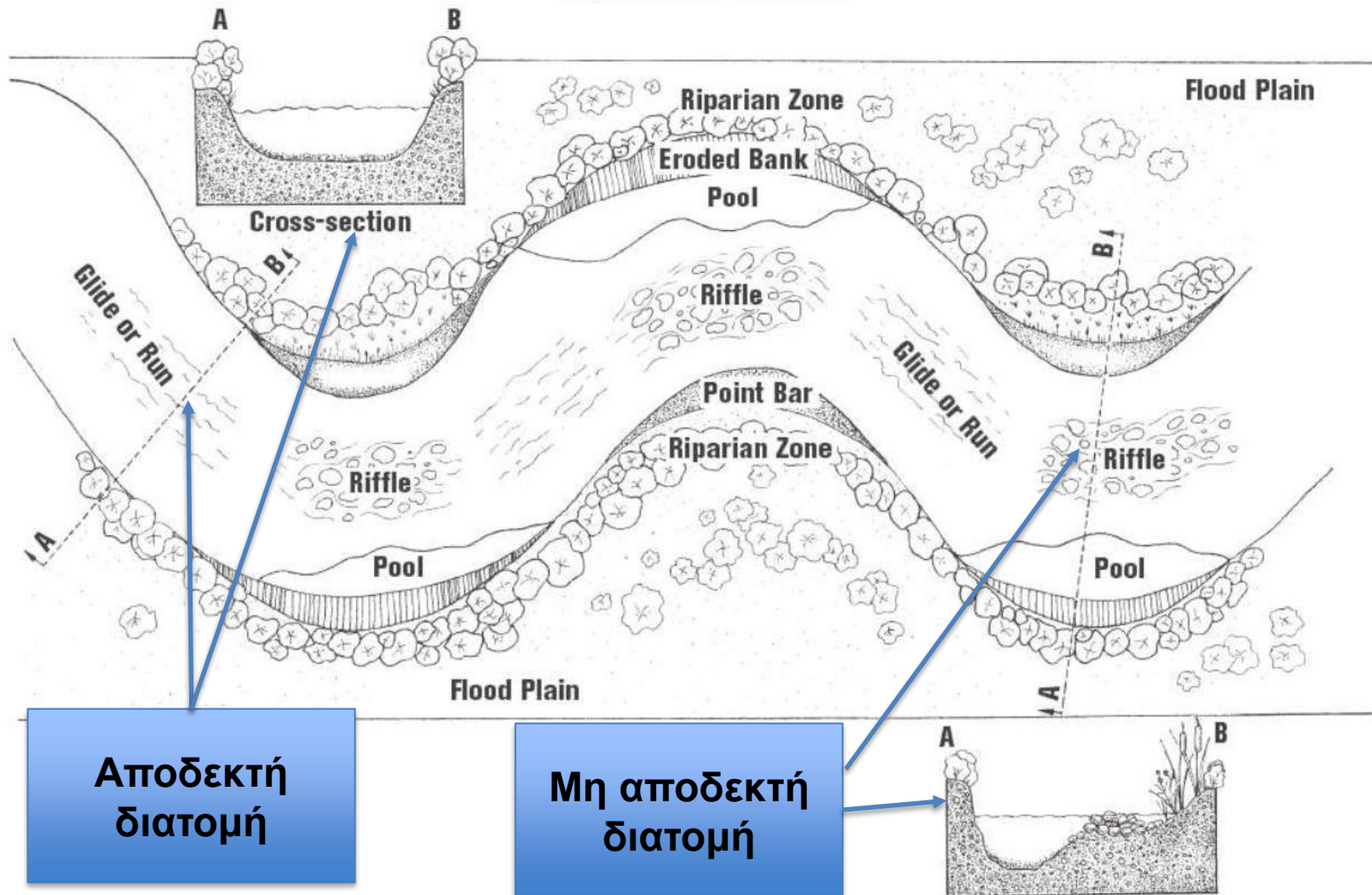
### ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

1. Εντοπίστε μια διατομή του ρέματος για τον προσδιορισμό της παροχής που έχει τις περισσότερες από τις ακόλουθες ιδιότητες (βάσει Rantz et al 198291.):
  - a. Το τμήμα του ρέματος πάνω και κάτω από την επιλεγθείσα διατομή να είναι σχετικά ευθύ (δεν μετράμε την παροχή σε στροφές ποταμών / ρεμάτων).
  - b. Θέλουμε βάθη κυρίως μεγαλύτερα των 10 εκατοστών, και ως επί το πλείστον ταχύτητες άνω των 0,10 μέτρα / δευτερόλεπτο. Δεν μετράμε την παροχή σε σημεία που υπάρχουν λιμνάζοντα νερά (pools).
  - c. Το σχήμα της επιλεγθείσας διατομής να πλησιάζει όσο γίνεται την μορφή "U", με όσο γίνεται πιο ομοιόμορφο πυθμένα χωρίς μεγάλες πέτρες, ξύλα, ογκώδη αντικείμενα, και πυκνή υδρόβια βλάστηση (αν χρειαστεί μπορούμε να μετακινήσουμε κάποια μικρά εμπόδια, πχ. κλαδιά, μεγάλες κροκάλες, κτλ).
  - d. Η Ροή να είναι σχετικά ομοιόμορφη και στρωτή. Δεν θέλουμε έντονες δίνες, τυρβώδη ροή, ή υπερβολική αναταραχή της ροής κατά μήκος της μετρούμενης διατομής.

# Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με μυλίσκο

## ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

### Stream Habitats



## Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με μυλίσκο

### ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

2. Τεντώστε την μετρητική ταινία σε όλη την διατομή κάθετα προς τη ροή του ρέματος και μετρήστε το ολικό πλάτος της διατομής. Σταθεροποιήστε την ταινία χρησιμοποιώντας πέτρες ή και άλλα υλικά σε ένα ύψος περίπου 30 εκατοστά πάνω από την επιφάνεια του νερού. Αν δεν έχετε μετρητική ταινία μαζί σας μετρήστε το ολικό πλάτος του ρέματος με χρήση του οργάνου μέτρησης παροχής (έχει διαβαθμίσεις μέτρησης αποστάσεων πάνω του) ή χρησιμοποιήστε το αποστασιόμετρο.
3. Συνδέστε την προπέλα στον αισθητήρα μέτρησης ταχύτητας και ελέγξτε ότι το όργανο λειτουργεί σωστά (δεν εμποδίζεται η απρόσκοπτη περιστροφή της προπέλας, όταν φυσάτε την προπέλα αυτή περιστρέφεται, το όργανο δείχνει ενδείξεις μέτρησης ταχύτητας, κτλ.) ενώ εμφανίζεται και η σωστή τιμή Βαθμονόμησης μόλις το ανοίγουμε σύμφωνα με τις οδηγίες στο εγχειρίδιο λειτουργίας του.
4. Διαιρέστε το συνολικό πλάτος του ρέματος σε 5 ή 10 ισομεγέθη τμήματα. Χρησιμοποιήστε 5 τμήματα, εάν η διατομή είναι 3 - 7 μέτρα πλάτος και 10 τμήματα αν η διατομή είναι μεγαλύτερη από 7 μέτρα πλάτος. Εάν το ρέμα είναι μικρότερο από 3m μπορείτε να το χωρίσετε σε 3 ισομεγέθη τμήματα.

## Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με μυλίσκο

### ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

5. Τοποθετήστε το σώμα σας κατάντη της ταινίας (κοιτάζοντας προς τα ανάντη) και προς την πλευρά του πρώτου τμήματος της διατομής. Κρατήστε τα πόδια σας ανοικτά στο πλάτος των ώμων σας, κρατήστε τη ράβδο του ροομετρου κατακόρυφα και με πλήρη έκταση του βραχίονα σας (το ροομετρο δεν πρέπει να είναι πολύ κοντά στο σώμα μας). Τα μέρη του σώματος σας που είναι βυθισμένα στο νερό πρέπει να παραμένουν ακίνητα, ώστε να μην αναταράσσουν την ροή και επηρεάσουν ενδεχομένως, την μέτρηση της ταχύτητας.
6. Τοποθετήστε το ροόμετρο εντός του νερού στο άκρο του πρώτου μετρητικού τμήματος της διατομής και προσέξτε το όργανο να ακολουθεί την κατακόρυφο. Βυθίστε το μέχρι τον πυθμένα και διαβάστε την ένδειξη βάθους. Έπειτα, ανυψώστε το όργανο στο 60% του ολικού βάθους που μόλις μετρήσατε και περιμένετε κρατώντας το όργανο σταθερό για 20-30 sec μέχρι να πάρετε την μέτρηση της ταχύτητας στο εν λόγω σημείο (παίρνουμε πάντα την μέση ταχύτητα). Προσέξτε ώστε η ροή του νερού να χτυπά την προπέλα κάθετα και στο εμπροσθεν τμήμα της. Εάν το βάθος του νερού είναι μεγαλύτερο από 60cm τότε παίρνουμε 2 μετρήσεις σε κάθε τμήμα της διατομής (μια στο 20% και μια στο 80% του ολικού βάθους).

## Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με μυλίσκο

### ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

7. Μετακινηθείτε στο επόμενο τμήμα της διατομής και συνεχίστε την μέτρηση του βάθους και της ταχύτητας όπως περιεγράφηκε ανωτέρω. Συνεχίστε μέχρι να καταγράψετε την ταχύτητα και το βάθος όλων των τμημάτων της διατομής.
8. Εάν το ρέμα διαχωρίζεται με νησίδες σε πολλά διαφορετικά κανάλια ροής και δεν μπορεί να βρεθεί διατομή που να περιλαμβάνει ολόκληρο το ρέμα τότε επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία μέτρησης της παροχής για κάθε κανάλι ροής ξεχωριστά (σαν να ήταν ανεξάρτητα ρέματα).
9. Χρησιμοποιήστε την κάτωθι φόρμα για να καταγράψετε τις μετρήσεις σας και παραδώστε την στο τμήμα που είναι υπεύθυνο για τον υπολογισμό της παροχής με συγκεκριμένη μεθοδολογία. Εάν έχετε νησίδες μέσα στην κοίτη και επομένως πολλά κανάλια ροής χρησιμοποιήστε και το πίσω μέρος της επισυναπτόμενης φόρμας πεδίου.
10. Τέλος, για την ασφάλεια σας προτείνουμε να μην εισέρχεστε στο ρέμα όταν το βάθος του ξεπερνά το 1 μέτρο ή/και η ταχύτητα του είναι πάνω από 1 m/sec (χειμαρρώδης ροή). Επιπρόσθετα, φροντίστε να βλέπετε τον πυθμένα πριν διασχίσετε το ρέμα ή χρησιμοποιείτε το ρόμερο για να μετρήσετε το βάθος πριν μετακινηθείτε κατά μήκος της διατομής. Τονίζεται ότι οι παραπάνω συμβουλές ασφαλείας είναι ενδεικτικές και όχι αποκλειστικές.

# Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με μυλίσκο

## ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

PROJECT:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ:

ΣΤΑΘΜΟΣ:

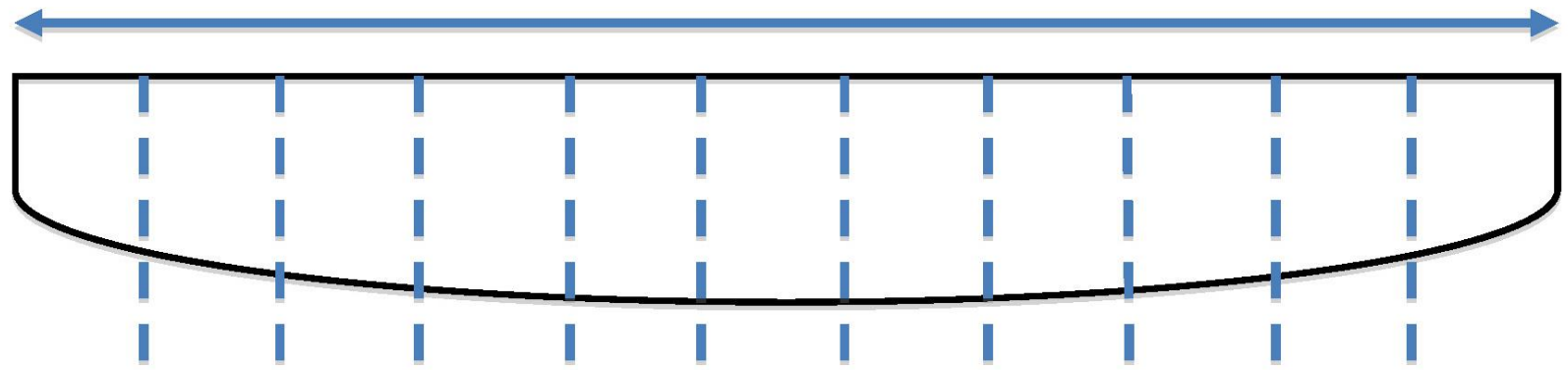
X:

Y:

Z:

ΠΑΡΟΧΗ

Ολικό πλάτος = .....



Πλάτος (m) <sup>92</sup>											
Ταχύτητα (m/sec)											
Βάθος (m)											

Πλάτος από την όχθη

[Askisi.xlsx](#)

## Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με μυλίσκο

### ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Velocity Area Method





Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με  
μυλίσκο

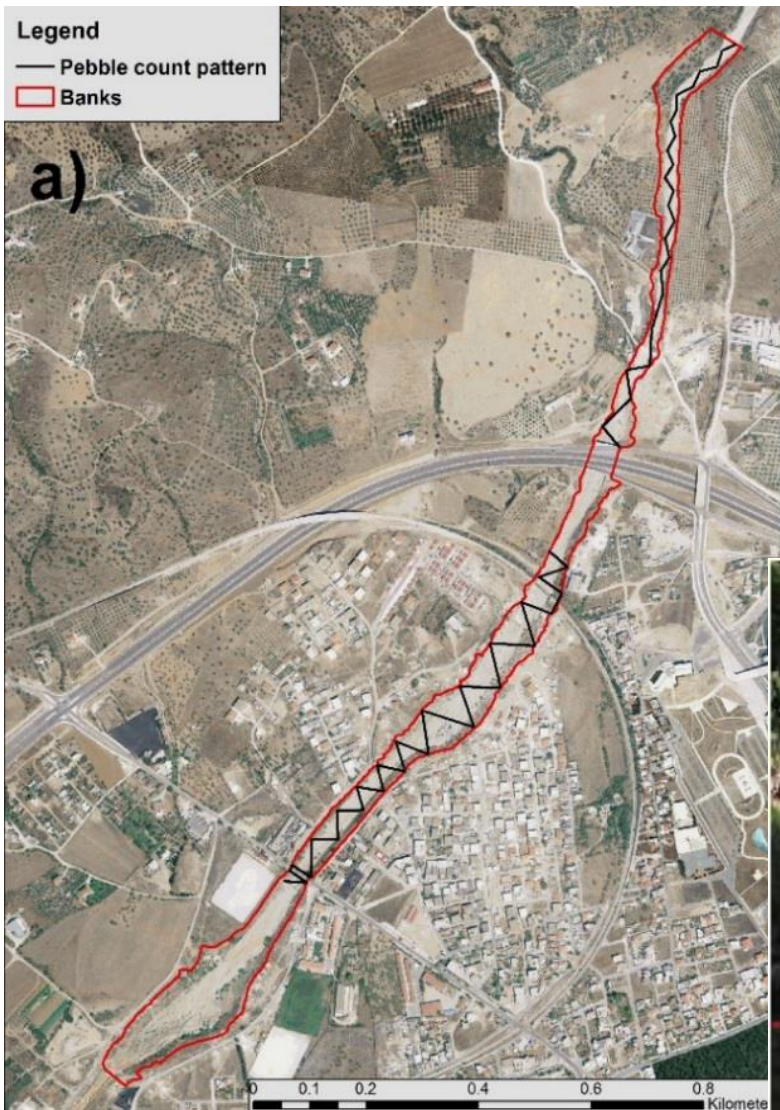
**Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης  
υδατορεύματος – προσδιορισμός  
κοκκομετρίας**

Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας

Άσκηση εκτίμησης παροχής

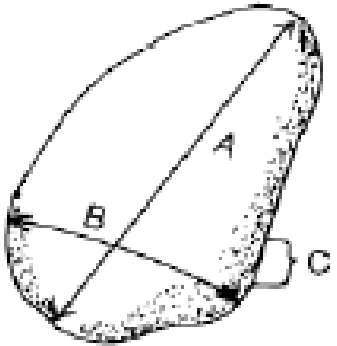
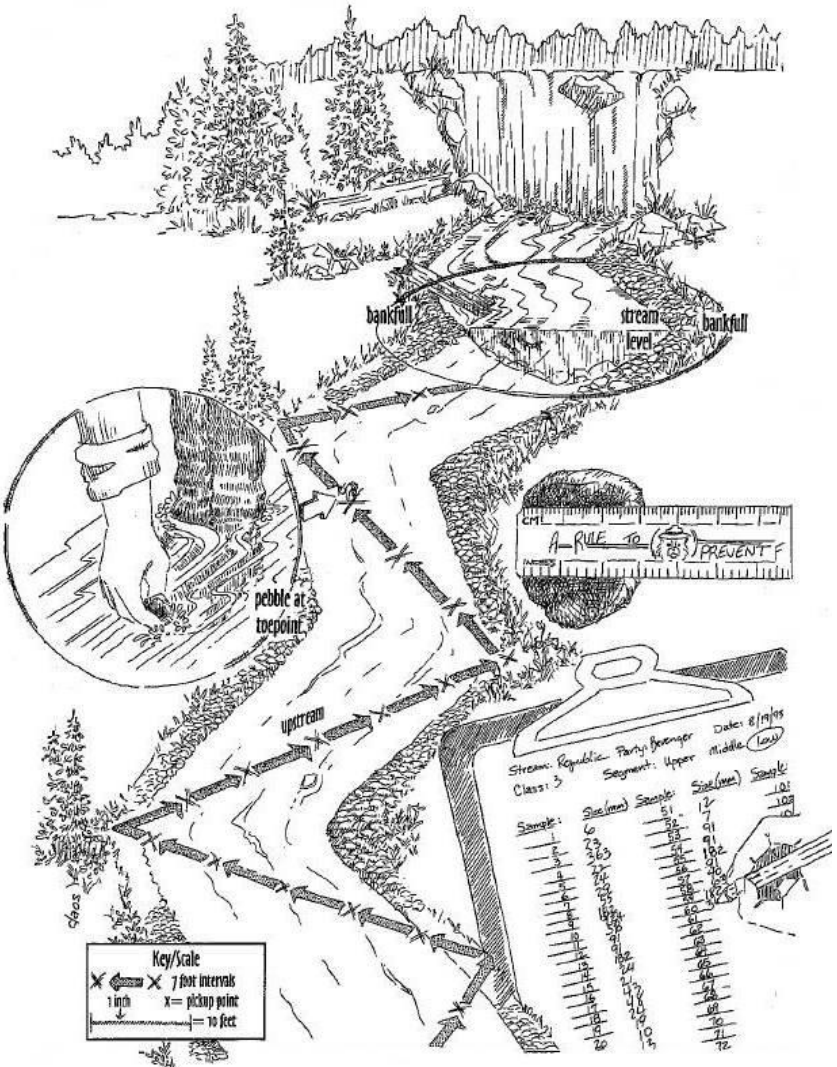
# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας

## Wolman pebble count



# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας

## Wolman pebble count



- (A) Long axis
- (B) Intermediate axis
- (C) Short axis

The intermediate axis is the pebble's diameter.

Size categories	Size ranges (mm)
(BC) Silt/clay (very small (smooth feel))	
(BC) Sand (small grainy feel)	< 2
(BC) Gravel (Pea to tennis ball diameter)	
1. Fine gravel	2 – 8
2. Medium gravel	9 – 16
3. Coarse gravel	17 – 64
(BC) Cobble (Tennis ball to basket ball diameter)	
1. Small cobble	65 – 90
2. Medium cobble	91 – 128
3. Large cobble	129 – 256
(BC) Boulder (Basketball to car diameter)	
1. Small boulder	257 – 512
2. Medium boulder	513 – 1024
3. Large boulder	> 1024
(BC) Bedrock (Large solid surface)	
(BC) Woody debris (Sticks, leaves etc.)	
(BC) – Broad category	

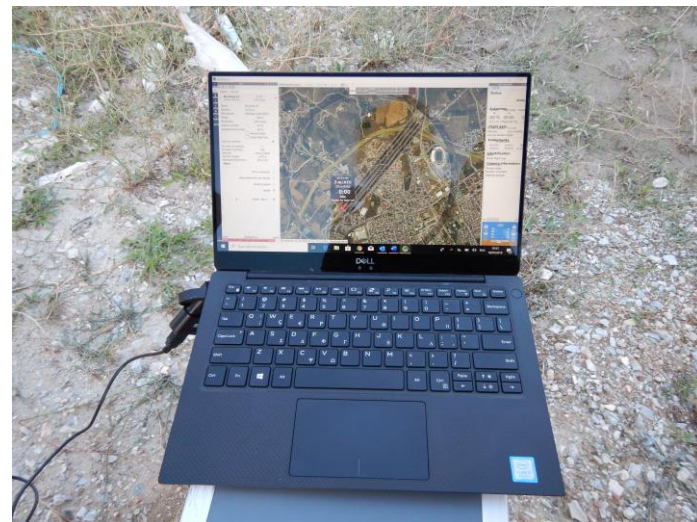
# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας Grid count



# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας Grid count



# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας Grid count



# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας Grid count

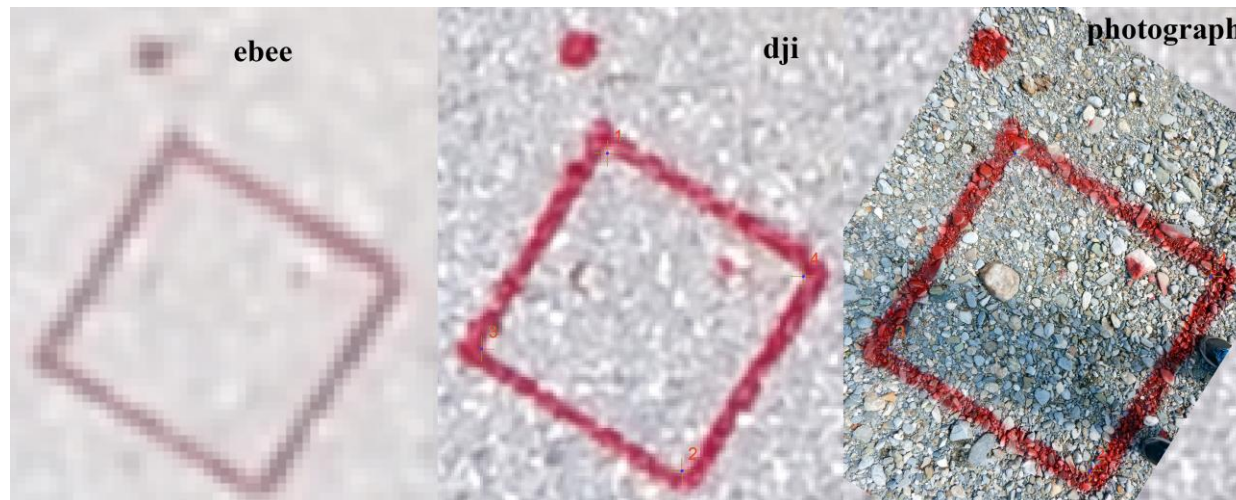
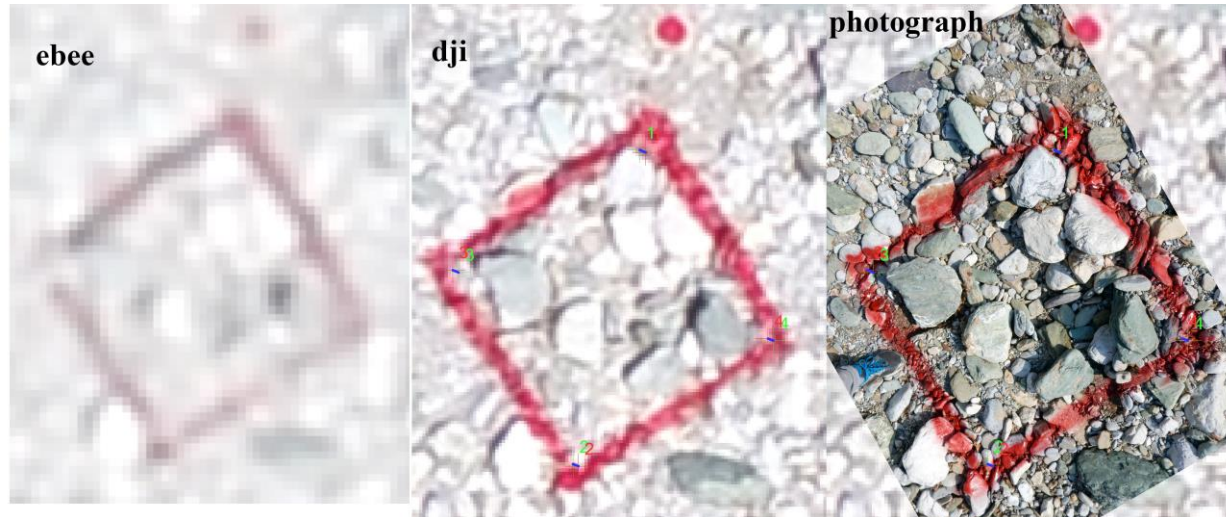


# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας Grid count





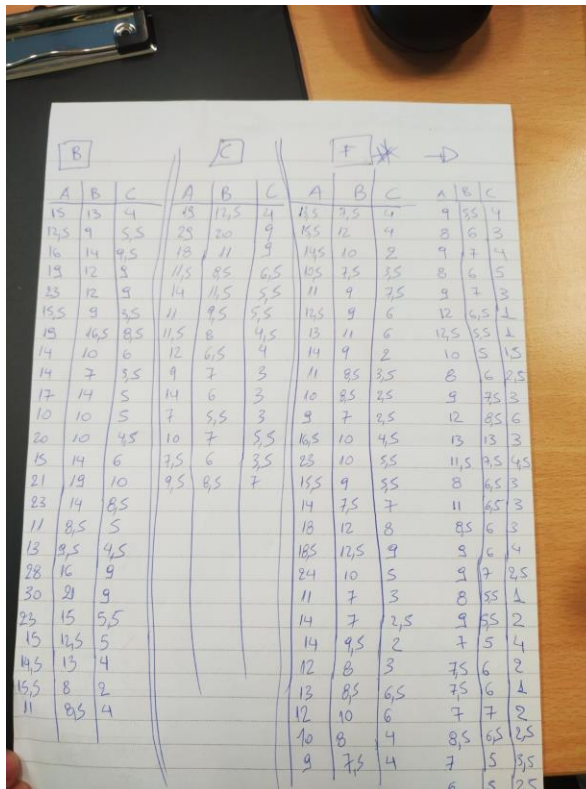
# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας Grid count



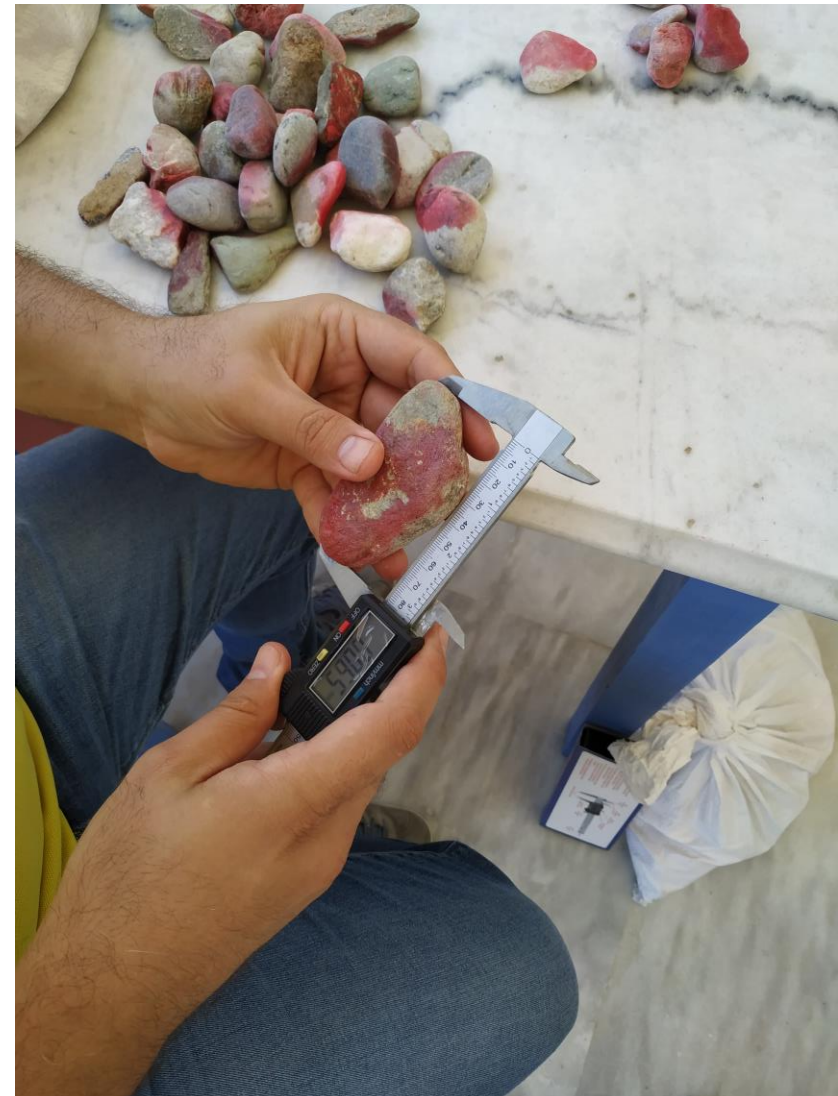
# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας

## Grid count

Οι πέτρες που συλλέχθηκαν από το πεδίο μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του ΕΛΚΕΘΕ όπου και έγινε η καταμέτρηση των διαστάσεων τους με την χρήση ψηφιακού παχύμετρου.



B			C			F			* →		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	13	4	15	12,5	4	15,5	7,5	4	9	5,5	4
13,5	9	5,5	25	20	9	15,5	12	4	8	6	3
16	14	9,5	18	11	9	14,5	10	2	9	7	4
19	12	5	11,5	8,5	6,5	10,5	7,5	3,5	8	6	5
23	12	9	14	11,5	5,5	11	9	7,5	9	7	3
15,5	9	3,5	11	9,5	5,5	14,5	9	6	12	6,5	1
19	16,5	8,5	11,5	8	4,5	13	11	6	12,5	5,5	1
14	10	6	12	6,5	4	14	9	2	10	5	1,5
14	7	3,5	9	7	3	11	8,5	3,5	8	6	2,5
17	14	5	14	6	3	10	8,5	2,5	9	7,5	3
10	10	5	7	5,5	3	9	7	2,5	12	8,5	6
20	10	4,5	10	7	5,5	16,5	10	4,5	13	13	3
15	14	6	7,5	6	3,5	23	10	5,5	11,5	9,5	4,5
21	19	10	9,5	8,5	7	15,5	9	5,5	8	6,5	3
23	14	8,5				14	7,5	7	11	6,5	3
11	8,5	5				18	12	8	8,5	6	3
13	9,5	4,5				18,5	12,5	9	9	6	4
28	16	9				24	10	5	9	7	2,5
30	21	9				11	7	3	8	5,5	1
23	15	5,5				14	7	2,5	9	5,5	2
15	12,5	5				14	9,5	2	7	5	4
14,5	13	4				12	8	3	7,5	6	2
15,5	8	2				13	8,5	6,5	7,5	6	1
11	8,5	4				12	10	6	7	7	2
						10	8	4	8,5	6,5	2,5
						9	7,5	4	7	5	3,5
						6	5	2,5			





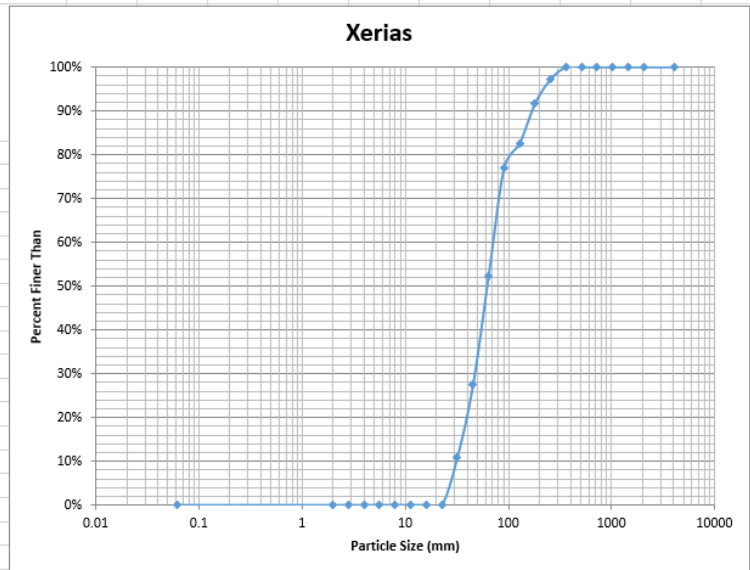
# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας

## Grid count

SAMPLES WITHOUT SMALL PARTICLE COUNT

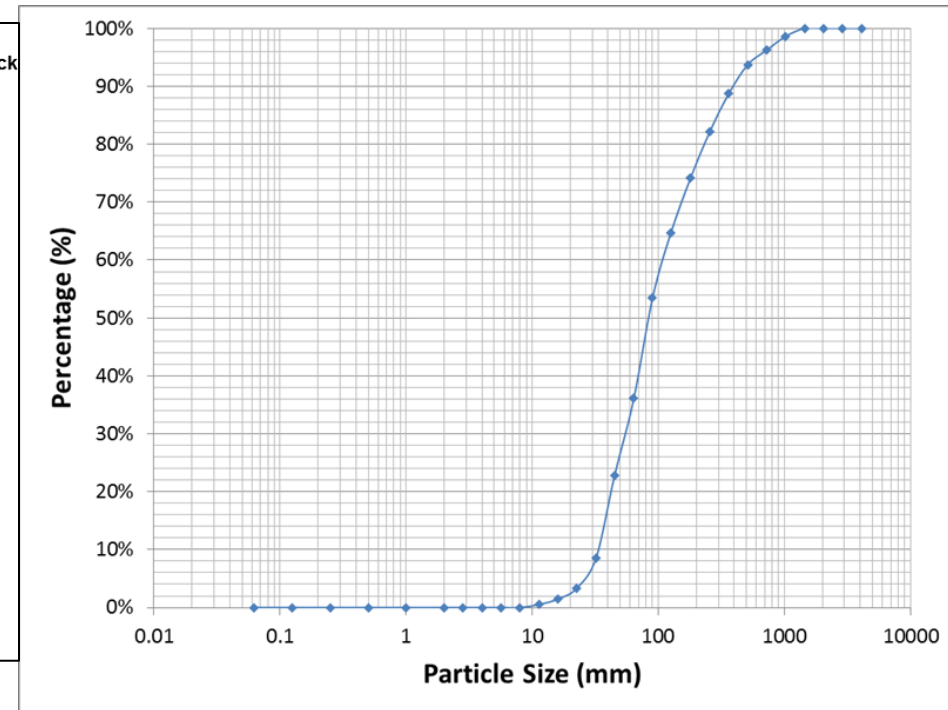
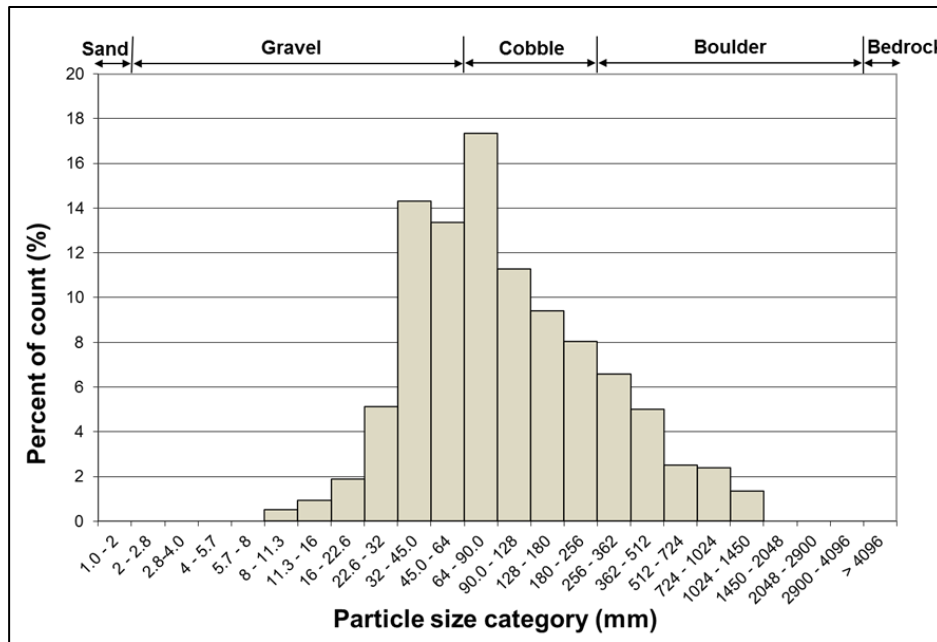
Particle	Texture	Size (mm)*	COUNT	TOT #	ITEM %	% CUM.
Silt/clay	Consolid	≤ 0.062	0	0	0.0%	0.0%
	Unconso	≤ 0.062	0	0	0.0%	0.062
Sand	V. fine to	0.062 < Di ≤ 2	0	0	0.0%	0.0%
Gravel	Very fine	2 < Di ≤ 2.8	0	0	0.0%	0.0%
		2.8 < Di ≤ 4	0	0	0.0%	0.0%
	Fine	4 < Di ≤ 5.6	0	0	0.0%	0.0%
		5.6 < Di ≤ 8	0	0	0.0%	0.0%
	Medium	8 < Di ≤ 11.3	0	0	0.0%	0.0%
		11.3 < Di ≤ 16	0	0	0.0%	0.0%
	Coarse	16 < Di ≤ 22.6	0	0	0.0%	0.0%
		22.6 < Di ≤ 32	12	12	11.0%	11.0%
		32 < Di ≤ 45.3	18	18	16.5%	27.5%
	Very coa	45.3 < Di ≤ 64	27	27	24.8%	52.3%
64 < Di ≤ 90.5		27	27	24.8%	77.1%	
90.5 < Di ≤ 128		6	6	5.5%	82.6%	
Cobble	Small	128 < Di ≤ 181	10	10	9.2%	91.7%
		181 < Di ≤ 256	6	6	5.5%	97.2%
	Large	256 < Di ≤ 362	3	3	2.8%	100.0%
Boulder	Small	362 < Di ≤ 512	0	0	0.0%	100.0%
		512 < Di ≤ 724	0	0	0.0%	100.0%
	Medium	724 < Di ≤ 1024	0	0	0.0%	100.0%
		1024 < Di ≤ 1450	0	0	0.0%	100.0%
	Large	1450 < Di ≤ 2048	0	0	0.0%	100.0%
		2048 < Di ≤ 4096	0	0	0.0%	100.0%
Very larg	> 4096	0	0	0.0%	100.0%	
Bedrock	Bedrock	> 4096	0	0	0.0%	100.0%
<b>TOTAL</b>			<b>109</b>			

Particle Size Determination			
D <sub>xx</sub>	Variable	ds, mm	Plot
D <sub>16</sub>	0.16	36.02	
	10	36.02	100.00%
D <sub>35</sub>	0.35	50.94	
	11	50.94	100.00%
D <sub>50</sub>	0.50	62.27	
	11	62.27	100.00%
D <sub>84</sub>	0.84	136.27	
	14	136.27	100.00%
D <sub>95</sub>	0.95	225.38	
	15	225.38	100.00%
D <sub>75</sub>	0.75	88.29	
	12	88.29	100.00%
D <sub>90</sub>	0.90	170.93	
	14	170.93	100.00%



Δημιουργία κατανομής μεγέθους-συχνότητας υλικών πυθμένα

# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας Grid count



Δημιουργία κατανομής μεγέθους-συχνότητας υλικών πυθμένα

# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας

## Grid count

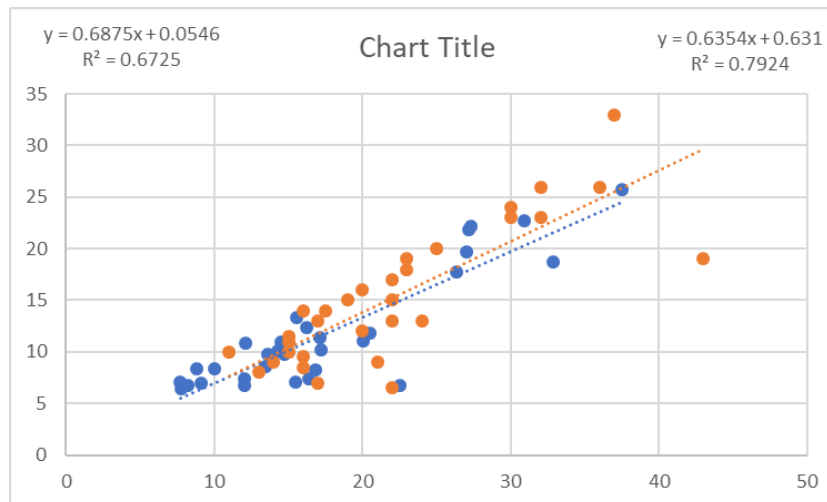
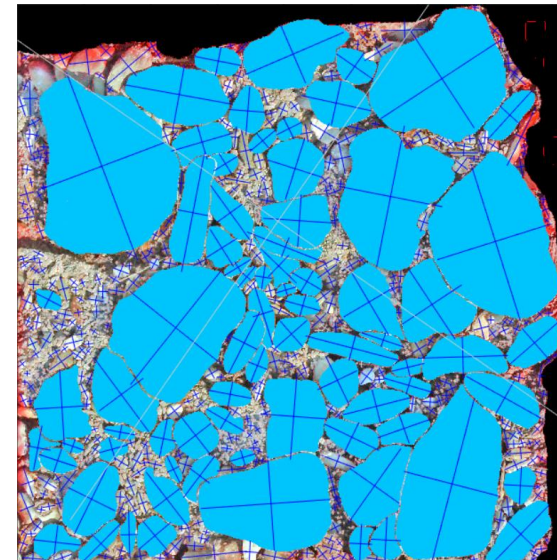
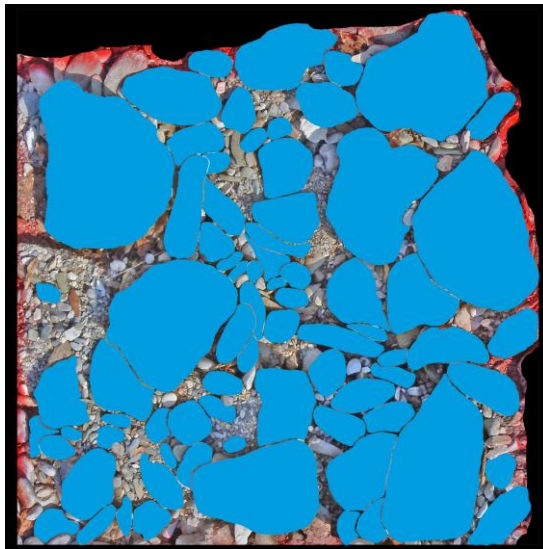
Δοκιμή με το πακέτο basegrain



Δημιουργία κατανομής  
μεγέθους-συχνότητας  
υλικών πυθμένα

# Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος – προσδιορισμός κοκκομετρίας Grid count

Δοκιμή με  
το πακέτο  
basegrain



Δημιουργία κατανομής  
μεγέθους-συχνότητας  
υλικών πυθμένα



Τεχνικές μέτρηση παροχών σε υδατορεύματα

Μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης παροχής με  
μυλίσκο

Μετρήσεις υλικού πυθμένα κοίτης υδατορεύματος  
– προσδιορισμός κοκκομετρίας

**Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας**

Άσκηση εκτίμησης παροχής



## Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας

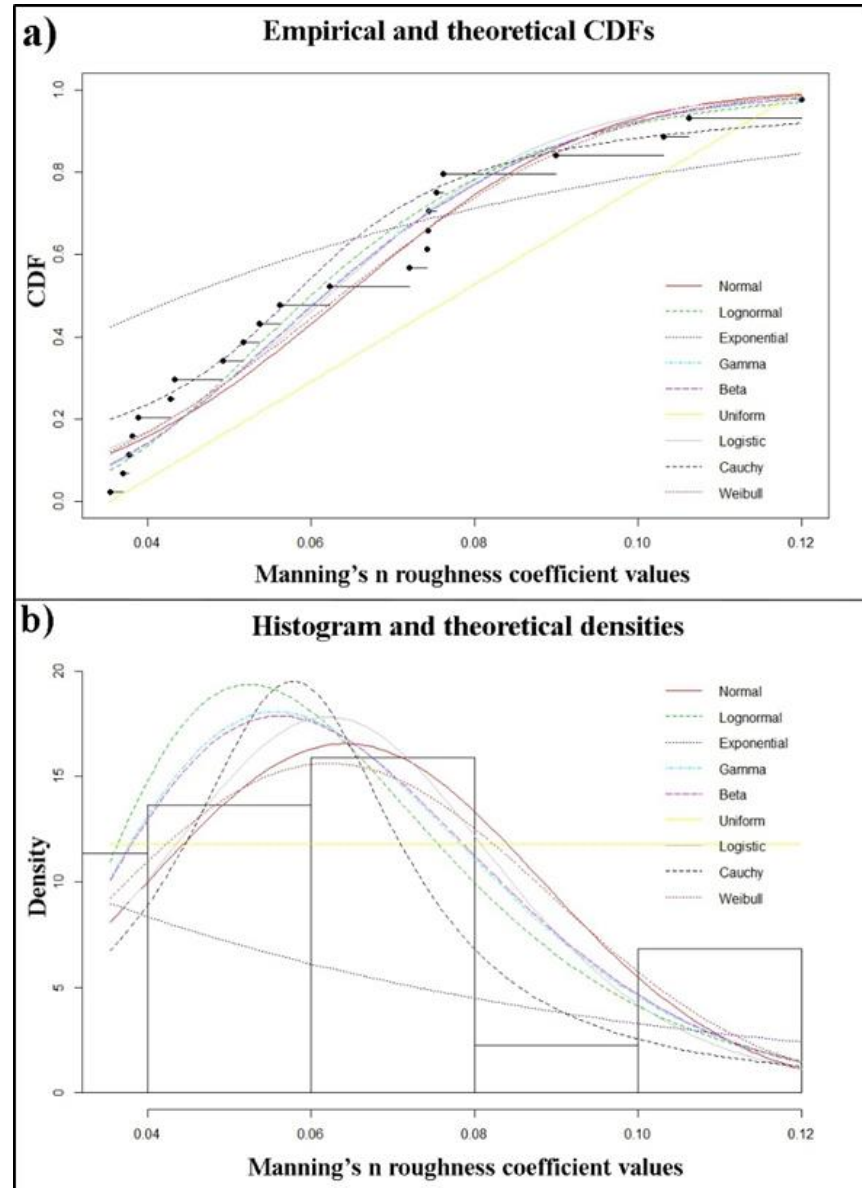
A/A	Equation	Roughness (n) Coefficient Value	Source
1	$n = \frac{1}{(2.1 + 2.3x + 6\ln(10.8vR))}$	0.035	Gwinn and Ree, 1980
2	$n = \frac{0.1129R^{1/6}}{1.16 + 2\log(R/D_{84})}$	0.043	Marcus et al., 1992
3	$n = 0.0326 + 1.3041S_w$	0.052	Loukas and Quick, 1996
4	$n = 0.322S_{fr}^{0.38}R^{-0.16}$	0.074	Romero et al., 2010
5	$n = \left[ 0.183 + \ln\left(\frac{1.762S_{fr}^{0.1581}}{Fr^{0.2631}}\right) \right] \left( \frac{D_{84}^{0.167}}{\sqrt{g}} \right)$	0.074	Romero et al., 2010
6	$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m$	0.103	Jarret, 1985
7	$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m$	0.074	Jarret, 1985
8	$n = 0.121(S_w)^{0.38}(R)^{0.08}$	0.061	Chang, 2012
9	Base scenario estimated using guidelines of Chow (1959) Extreme case scenario using guidelines of Chow (1959)	0.106 0.12	Chow, 1959
10	$n = 0.104(S_w)^{0.177}$	0.049	Chang, 2012
11	$n = \frac{D_{90}^{1/6}}{15.29}$	0.056	Ho and Huang, 1992
12	$n = \frac{D_{90}^{1/6}}{16}$	0.054	Ho and Huang, 1992
13	$n = 0.0593D_{50}^{0.179}$	0.038	Javan et al., 1992
14	$n = 0.0561D_{65}^{0.179}$	0.039	Javan et al., 1992
15	$n = 0.0495D_{90}^{0.16}$	0.043	Javan et al., 1992
16	$n = 0.0431D_{90}^{1/6}$	0.037	McKay and Fischenich, 2011
17	$n = 0.0439D_{90}^{1/6}$	0.038	McKay and Fischenich, 2011
18	$n = \left[ 0.183 + \ln\left(\frac{1.7462S_{fr}^{0.1581}}{Fr^{0.2631}}\right) \right] \frac{(D_{84})^{1/6}}{\sqrt{g}}$	0.072	Ugarte and Madrid-Aris, 1994
19	$n = \left[ 0.183 + \ln\left(\frac{1.3014S_{fr}^{0.0785} \left(\frac{R}{D_{84}}\right)^{0.0211}}{Fr^{0.1705}}\right) \right] \frac{(D_{84})^{1/6}}{\sqrt{g}}$	0.076	Ugarte and Madrid-Aris, 1994
20	$n = \left[ 0.219 + \ln\left(\frac{1.3259S_{fr}^{0.0932} \left(\frac{R}{D_{50}}\right)^{0.026}}{Fr^{0.2054}}\right) \right] \frac{(D_{50})^{1/6}}{\sqrt{g}}$	0.075	Ugarte and Madrid-Aris, 1994
21	Optimum value according to calibration process	0.09	

$n$  = Manning's  $n$  roughness coefficient ( $m^3/s$ ),  $x$  = retardance class,  $v$  = velocity ( $m/s$ ),  $R$  = hydraulic radius ( $m$ ),  $D_i$  = characteristic size of bed material which is larger than  $i\%$  of particles ( $m$ ),  $S_w$  = water surface slope ( $m/m$ ),  $S_{fr}$  = energy slope ( $m/m$ ),  $Fr$  = Froude number,  $g$  = acceleration due to gravity ( $m/s^2$ ).

Υπολογισμός  
συντελεστή  
τραχύτητας

# Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας

Distributions	Goodness of fit statistics			Goodness of fit criteria	
	Kolmogorov-Smirnov	Cramer-von Mises	Anderson - Darling	AIC	BIC
Normal	0.1307	0.1008	0.6818	97.5191	-95.337
<b>Lognormal</b>	0.1458	0.0793	0.5153	<b>101.437</b>	<b>-99.2552</b>
Exponential	0.4239	0.8333	4.1749	74.8262	-73.7352
<b>Gamma</b>	0.131	0.08	0.5303	<b>100.762</b>	<b>-98.5796</b>
Beta	0.1304	0.0801	0.5327	100.673	-98.4905
<b>Uniform</b>	0.3358	0.7077	inf	NA	NA
Logistic	0.1292	0.0867	0.625	96.6285	-94.4465
Cauchy	0.2002	0.137	0.9604	87.7592	-85.5771
<b>Weibull</b>	0.1296	0.0848	0.5794	<b>98.6621</b>	<b>-96.48</b>



## Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας

Manning's n for Channels (Chow, 1959).

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
Natural streams - minor streams (top width at floodstage < 100 ft)			
<b>1. Main Channels</b>			
a. clean, straight, full stage, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. same as "d" with more stones	0.045	0.050	0.060
g. sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stand of timber and underbrush	0.075	0.100	0.150
<b>2. Mountain streams, no vegetation in channel, banks usually steep, trees and brush along banks submerged at high stages</b>			
a. bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
<b>3. Floodplains</b>			
a. Pasture, no brush			
1. short grass	0.025	0.030	0.035
2. high grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. no crop	0.020	0.030	0.040
2. mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
2. cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
3. same as above, but with heavy growth of sprouts	0.050	0.060	0.080
4. heavy stand of timber, a few down trees, little	0.080	0.100	0.120

undergrowth, flood stage below branches			
5. same as 4. with flood stage reaching branches	0.100	0.120	0.160
<b>4. Excavated or Dredged Channels</b>			
a. Earth, straight, and uniform			
1. clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
2. clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
3. gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
4. with short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
b. Earth winding and sluggish			
1. no vegetation	0.023	0.025	0.030
2. grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
3. dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
4. earth bottom and rubble sides	0.028	0.030	0.035
5. stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
6. cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
c. Dragline-excavated or dredged			
1. no vegetation	0.025	0.028	0.033
2. light brush on banks	0.035	0.050	0.060
d. Rock cuts			
1. smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
2. jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
e. Channels not maintained, weeds and brush uncut			
1. dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
2. clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
3. same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
4. dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140
<b>5. Lined or Constructed Channels</b>			
a. Cement			
1. neat surface	0.010	0.011	0.013
2. mortar	0.011	0.013	0.015
b. Wood			
1. planed, untreated	0.010	0.012	0.014
2. planed, creosoted	0.011	0.012	0.015
3. unplaned	0.011	0.013	0.015
4. plank with battens	0.012	0.015	0.018
5. lined with roofing paper	0.010	0.014	0.017
c. Concrete			
1. trowel finish	0.011	0.013	0.015
2. float finish	0.013	0.015	0.016
3. finished, with gravel on bottom	0.015	0.017	0.020
4. unfinished	0.014	0.017	0.020
5. gunite, good section	0.016	0.019	0.023
6. gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
7. on good excavated rock	0.017	0.020	

## Εκτίμηση συντελεστή τραχύτητας

8. on irregular excavated rock	0.022	0.027	
d. Concrete bottom float finish with sides of:			
1. dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
2. random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
3. cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
4. cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
5. dry rubble or riprap	0.020	0.030	0.035
e. Gravel bottom with sides of:			
1. formed concrete	0.017	0.020	0.025
2. random stone mortar	0.020	0.023	0.026
3. dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036
f. Brick			
1. glazed	0.011	0.013	0.015
2. in cement mortar	0.012	0.015	0.018
g. Masonry			
1. cemented rubble	0.017	0.025	0.030
2. dry rubble	0.023	0.032	0.035
h. Dressed ashlar/stone paving	0.013	0.015	0.017
i. Asphalt			
1. smooth	0.013	0.013	
2. rough	0.016	0.016	
j. Vegetal lining	0.030		0.500

Unfinished, rough wood form	0.015	0.017	0.020
<b>8. Wood:</b>			
Stave	0.010	0.012	0.014
Laminated, treated	0.015	0.017	0.020
<b>9. Clay:</b>			
Common drainage tile	0.011	0.013	0.017
Vitrified sewer	0.011	0.014	0.017
Vitrified sewer with manholes, inlet, etc.	0.013	0.015	0.017
Vitrified Subdrain with open joint	0.014	0.016	0.018
<b>10. Brickwork:</b>			
Glazed	0.011	0.013	0.015
Lined with cement mortar	0.012	0.015	0.017
Sanitary sewers coated with sewage slime with bends and connections	0.012	0.013	0.016
Paved invert, sewer, smooth bottom	0.016	0.019	0.020
Rubble masonry, cemented	0.018	0.025	0.030

### Manning's n for Corrugated Metal Pipe (AISI, 1980).

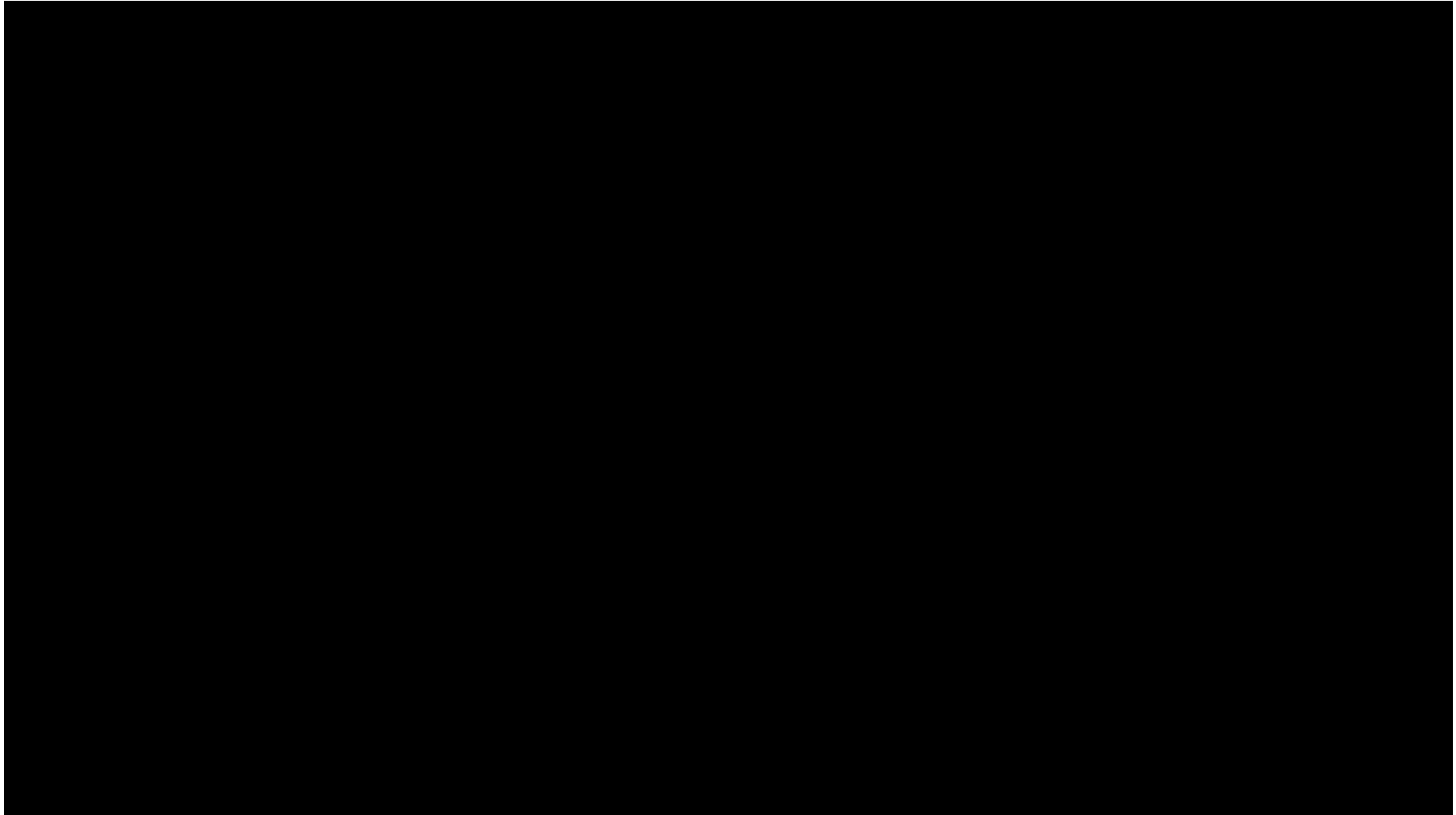
Type of Pipe, Diameter and Corrugation Dimension	n
<b>1. Annular 2.67 x 1/2 inch (all diameters)</b>	0.024
<b>2. Helical 1.50 x 1/4 inch</b>	
8" diameter	0.012
10" diameter	0.014
<b>3. Helical 2.67 x 1/2 inch</b>	
12" diameter	0.011
18" diameter	0.014
24" diameter	0.016
36" diameter	0.019
48" diameter	0.020
60" diameter	0.021
<b>4. Annular 3x1 inch (all diameters)</b>	0.027
<b>5. Helical 3x1 inch</b>	
48" diameter	0.023
54" diameter	0.023
60" diameter	0.024
66" diameter	0.025
72" diameter	0.026
78" diameter and larger	0.027
<b>6. Corrugations 6x2 inches</b>	
60" diameter	0.033
72" diameter	0.032
120" diameter	0.030
180" diameter	0.028

### Manning's n for Closed Conduits Flowing Partly Full (Chow, 1959).

Type of Conduit and Description	Minimum	Normal	Maximum
<b>1. Brass, smooth:</b>	0.009	0.010	0.013
<b>2. Steel:</b>			
Lockbar and welded	0.010	0.012	0.014
Riveted and spiral	0.013	0.016	0.017
<b>3. Cast Iron:</b>			
Coated	0.010	0.013	0.014
Uncoated	0.011	0.014	0.016
<b>4. Wrought Iron:</b>			
Black	0.012	0.014	0.015
Galvanized	0.013	0.016	0.017
<b>5. Corrugated Metal:</b>			
Subdrain	0.017	0.019	0.021
Stormdrain	0.021	0.024	0.030
<b>6. Cement:</b>			
Neat Surface	0.010	0.011	0.013
Mortar	0.011	0.013	0.015
<b>7. Concrete:</b>			
Culvert, straight and free of debris	0.010	0.011	0.013
Culvert with bends, connections, and some debris	0.011	0.013	0.014
Finished	0.011	0.012	0.014
Sewer with manholes, inlet, etc., straight	0.013	0.015	0.017
Unfinished, steel form	0.012	0.013	0.014
Unfinished, smooth wood form	0.012	0.014	0.016

## Περιβαλλοντικές Παροχές

[https://www.youtube.com/  
watch?v=cbUrrYq9BmU](https://www.youtube.com/watch?v=cbUrrYq9BmU)



## Βιβλιογραφία

Λουκάς, Α., και Βασιλειάδης, Λ., *Σημειώσεις μαθήματος «Υδρολογία» (Θεωρία)*, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2016.

Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. 2012. «Υδρομετρία», Διαφάνειες του μαθήματος «Τεχνική Υδρολογία» <http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/>

Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος. «Τεχνική Υδρολογία», Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

Μιμίκου, Μ.Α. και Ε.Α. Μπαλτάς. «Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 5<sup>η</sup> Έκδοση, 2012.

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.

Τσακίρης, Γ. «Υδατικοί Πόροι Ι. Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Συμμετρία, 1995.

Σας ευχαριστώ πολύ για την  
προσοχή σας