



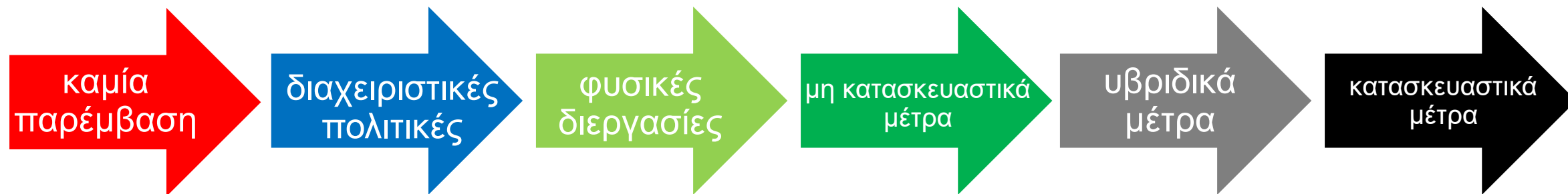
Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε το σύνδεσμο: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

# **ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Ι**

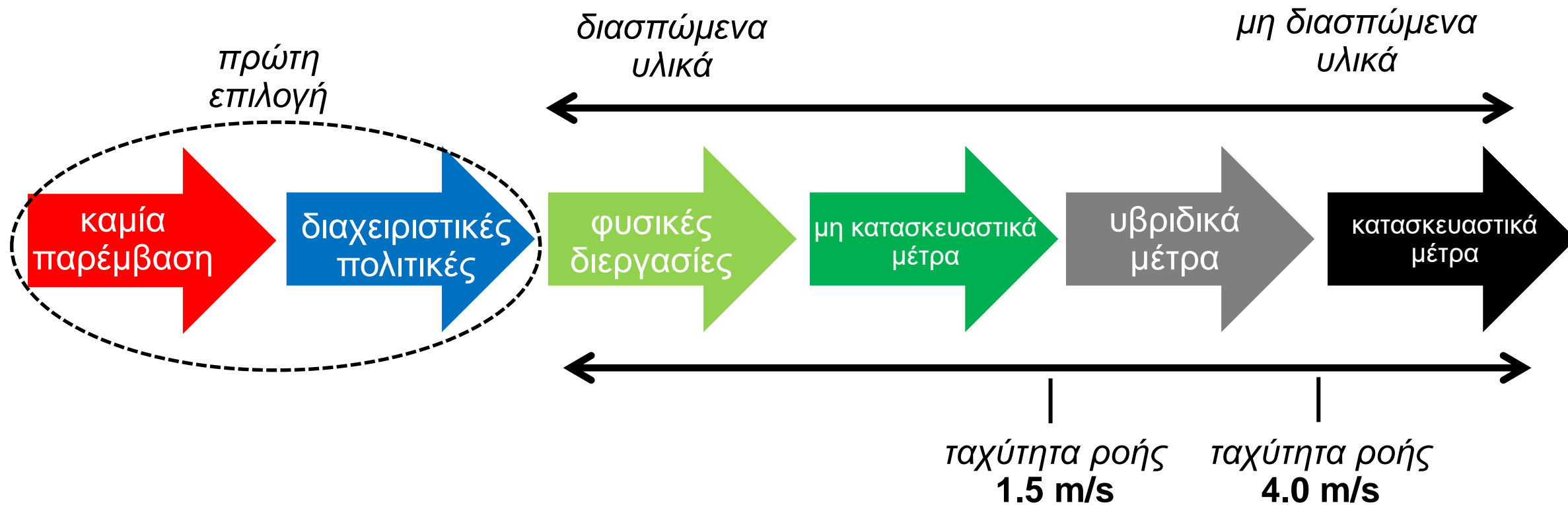
## *Αποκατάσταση ποταμών*

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

# Διαχείριση ποταμών



# Διαχείριση ποταμών



# Χάραξη οριζοντιογραφίας

- Ακολουθεί τη φυσική ροή → στο μέτρο του εφικτού
- Διατήρηση πανίδας → βιότοποι
- Διατήρηση χλωρίδας → βλάστηση
- Σύνδεση στάσιμων νερών → βρόχοι

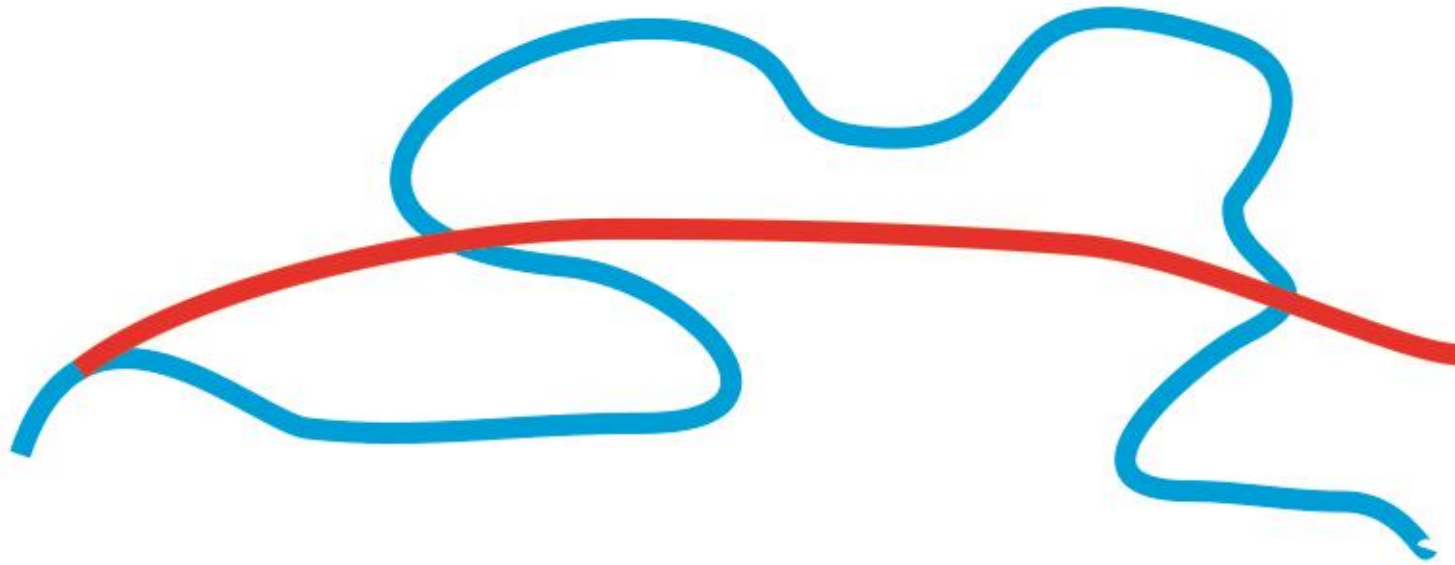
# Διευθέτηση ποταμών

αρχικός ρους



# Διευθέτηση ποταμών

απομακρυσμένη από τη φυσική ροή



# Διευθέτηση ποταμών

παραπλήσια στη φυσική ροή



# Διευθέτηση ποταμών

τμηματική διατήρηση της φυσικής ροής





# Πως σχεδιάζαμε παλιά

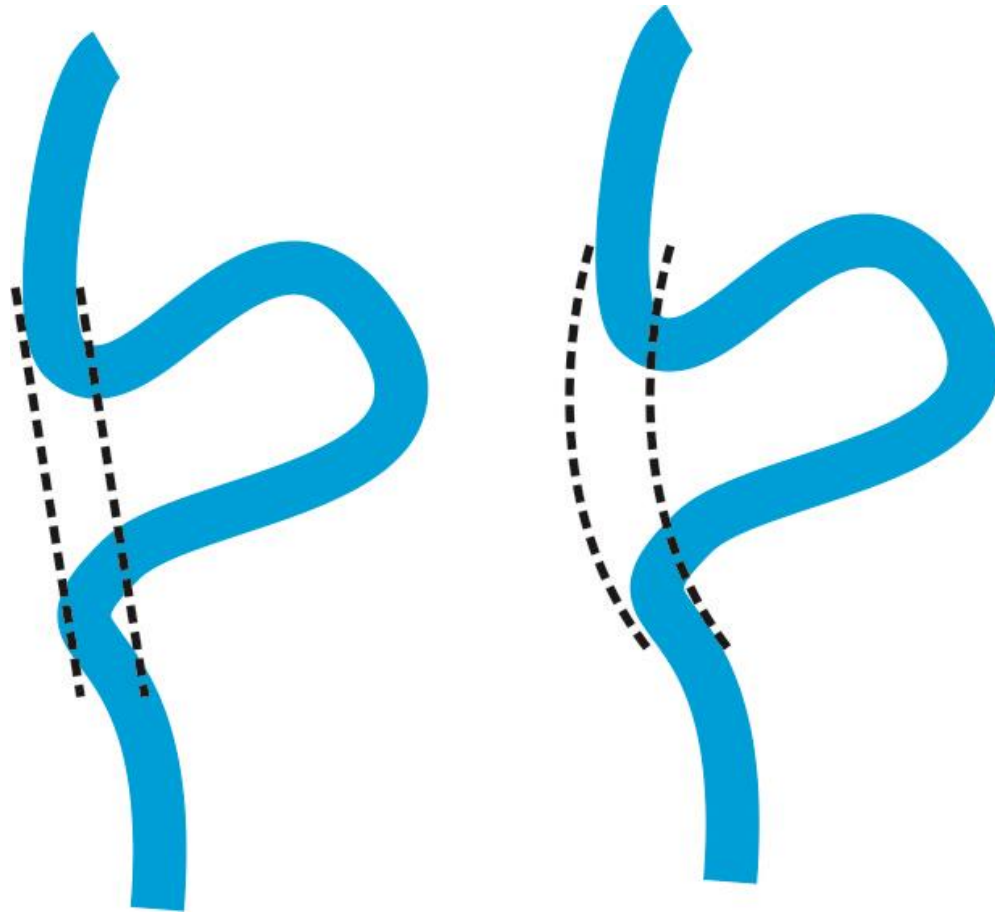
- Σύντομες διαδρομές και μικρές καμπυλότητες
- Προσβασιμότητα
- Ισοζύγιο εκσκαφών/αποθέσεων
- Κλίση πυθμένα: με βάση την τοπογραφία
- Διαστασιολόγηση διατομής
  - Παροχή
  - Οικονομία κατασκευής
  - Υδραυλική αποδοτικότητα

# Σκυρόδεμα

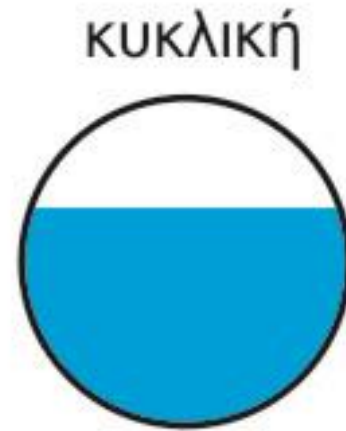
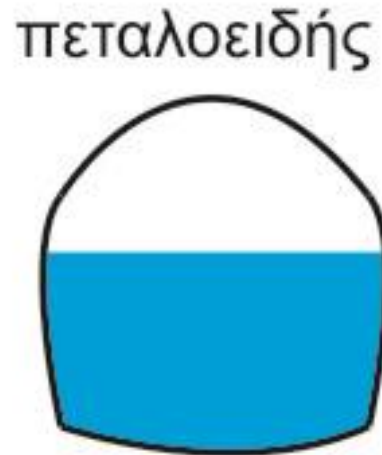
- Άκαμπτες διατομές
- Σημαντικό κόστος
- Επί τόπου κατασκευή
- Οπλισμένο ή όχι



# Συντμήσεις



# Τύποι διατομών



# Τύποι διατομών

- Ορθογωνικές διατομές → συνηθέστερες
- Τραπεζοειδείς διατομές → μεγάλες παροχές
- Τριγωνικές διατομές → μικρές παροχές
- Πεταλοειδείς/κυκλικές διατομές → σήραγγες

# Βήματα σχεδιασμού

- Επιλογή συντελεστή τραχύτητας (με βάση το υλικό)  $n$  και κλίση πυθμένα  $S_0$  (με βάση την τοπογραφία)
- Υπολογισμός ποσότητας  $AR^{2/3}$  με βάση την εξίσωση Manning, για δεδομένη παροχή  $Q$
- Συσχέτιση βάθους  $h$  με γεωμετρικά στοιχεία διατομής με βάση τη βέλτιστη διατομή (πλάτος διατομής  $B$ , κλίση πρανών  $m$ )
- Έλεγχος ταχύτητας ροής
- Ελεύθερο περιθώριο

# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ

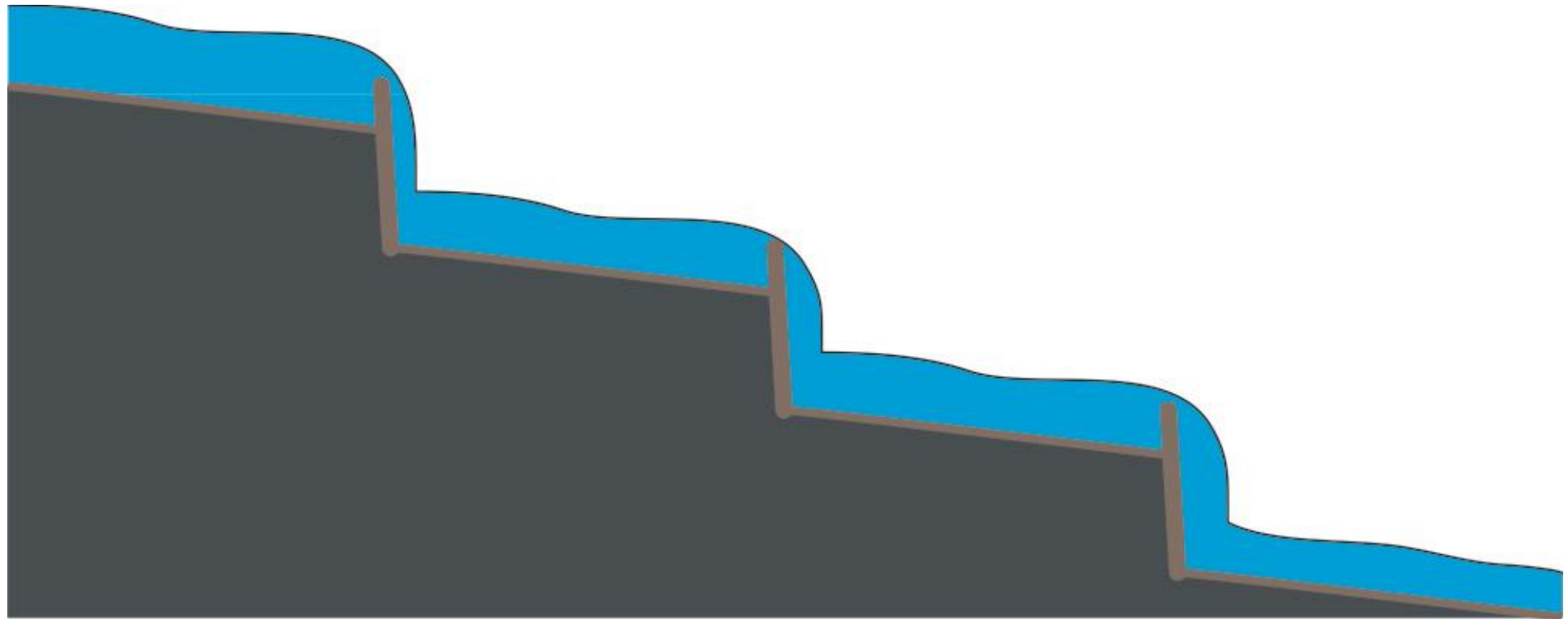
## Manning

Material	<i>n</i>
<i>Metals</i>	
Steel	0.012
Cast iron	0.013
Corrugated metal	0.025
<i>Non-metals</i>	
Lucite	0.009
Glass	0.010
Cement	0.011
Concrete	0.013
Wood	0.012
Clay	0.013
Brickwork	0.013
Gunita	0.019
Masonry	0.025
Rock cuts	0.035
<i>Natural streams</i>	
Clean and straight	0.030
Bottom: gravel, cobbles and boulders	0.040
Bottom: cobbles with large boulders	0.050

Channel	Type	<i>n</i>		
		Depth Range		
		(0-150 mm)	(150-600 mm)	(>600 mm)
Rigid	Concrete	0.015	0.013	0.013
	Grouted Riprap	0.040	0.030	0.028
	Stone Masonry	0.042	0.032	0.030
	Soil Cement	0.025	0.022	0.020
	Asphalt	0.018	0.016	0.016
Unlined	Bare Soil	0.023	0.020	0.020
	Rock Cut	0.045	0.035	0.025
Temporary	Woven Paper Net	0.016	0.015	0.015
	Jute Net	0.028	0.022	0.019
	Fiberglass Roving	0.028	0.021	0.019
	Straw with Net	0.065	0.033	0.025
	Curled Wood Mat	0.066	0.035	0.028
Gravel Riprap	Synthetic Mat	0.036	0.025	0.021
	25mm D50	0.044	0.033	0.030
	50 mm D50	0.066	0.041	0.034
Rock Riprap	150 mm D50	0.104	0.069	0.035
	300 mm D50	–	0.078	0.040

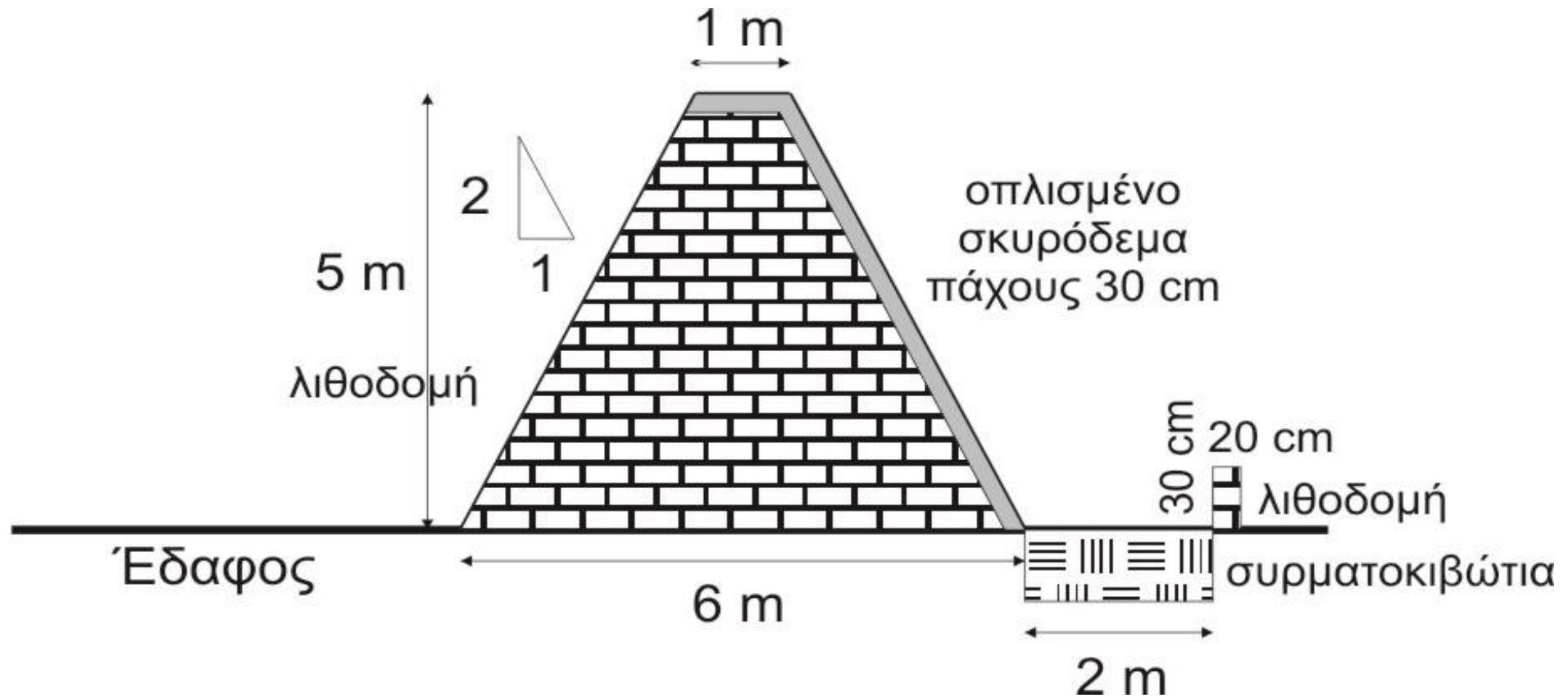
**Πηγή:** Chaudhry, M.H. (2008)  
Open Channel Flow (Second  
Edition). Springer Editions, N.Y.

# Αναβαθμοί





# Μικρά φράγματα



# Τεχνικά έργα



# Ιρλανδική διάβαση



# Τι είναι η αποκατάσταση ποταμών;



# Τι είναι η αποκατάσταση ποταμών;

- **Είναι μία δέσμη ή ομπρέλα...**
  - Μέτρα
  - Τεχνικές
  - Μεθοδολογίες
- **...για την περιβαλλοντική αναβάθμιση ενός ποτάμιου συστήματος...**
- **...σε συνδυασμό**
  - Διατήρηση/αύξηση της βιοποικιλότητας
  - Αντιπλημμυρική προστασία
  - Αισθητική αναβάθμιση του τοπίου
  - Αναψυχή

# Αποκατάσταση φυσικής κατάστασης

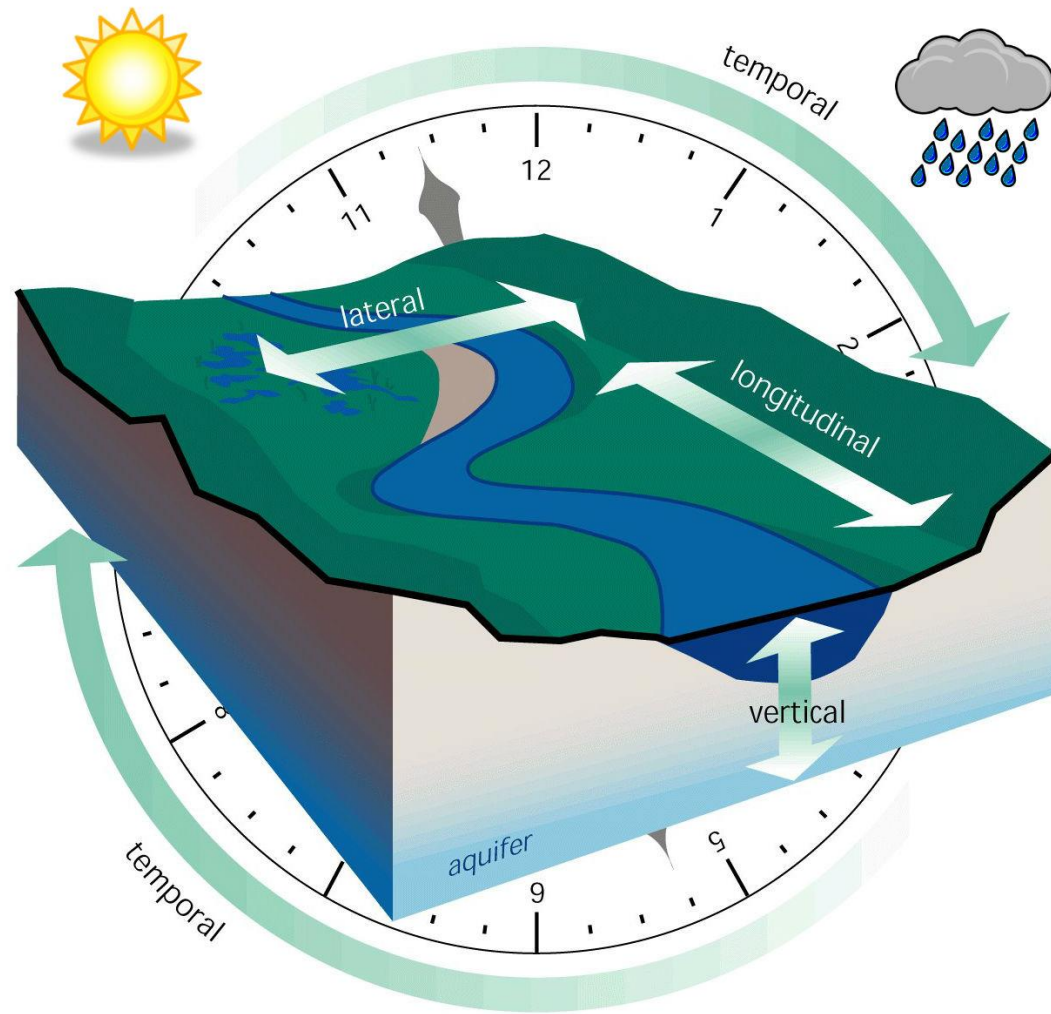
- Απομάκρυνση αναχωμάτων
- Απομάκρυνση οχετών, υπερχειλιστών, αναβαθμών
- Αποκατάσταση μαιανδρισμών
- Αποκατάσταση πυθμένα
- Ανακατασκευή οχθών
- Διαπλάτυνση κοίτης
- ...

# Τι είναι η αποκατάσταση ποταμών;

- Είναι μία δέσμη ή ομπρέλα...
  - Μέτρα
  - Τεχνικές
  - Μεθοδολογίες
- ...για την περιβαλλοντική αναβάθμιση ενός ποτάμιου συστήματος...
- ...σε συνδυασμό
  - Διατήρηση/αύξηση της βιοποικιλότητας
  - Αντιπλημμυρική προστασία
  - Αισθητική αναβάθμιση του τοπίου
  - Αναψυχή

**εντάσσεται στο πλαίσιο της  
περιβαλλοντικής και οικολογικής  
αποκατάστασης ενός  
οικοσυστήματος**

# Κλίμακες





# Κατευθυντήριες γραμμές

- Ακριβή γνώση Υδραυλικής και Υδρολογίας → η κρίση του Μηχανικού είναι απαραίτητη
- Μεγάλο χρονικό διάστημα → χρησιμοποίηση της δυναμικής του ποταμού
- Ισορροπία στη ροή και τη μορφολογία της κοίτης
- Διατήρηση φυσικής κατάστασης → στο μέτρο του εφικτού
- Έργα ικανά προς προσαρμογή και βελτιώσεις

# Νομικό πλαίσιο I

- **Οδηγία 92/43 ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21<sup>ης</sup> Μαΐου 1992**
  - Για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας
- **Αρχές**
  - Συμβολή στην προστασία της βιολογικής ποικιλομορφίας, μέσω της διατήρησης των φυσικών οικοτόπων, καθώς και της άγριας χλωρίδας και πανίδας στο ευρωπαϊκό έδαφος των κρατών μελών όπου εφαρμόζεται η συνθήκη
  - Τα μέτρα τα οποία λαμβάνονται σύμφωνα με την παρούσα οδηγία αποσκοπούν στη διασφάλιση της διατήρησης ή της αποκατάστασης σε ικανοποιητική κατάσταση διατήρησης, των φυσικών οικοτόπων και των άγριων ειδών χλωρίδας και πανίδας κοινοτικού ενδιαφέροντος
  - Κατά τη λήψη μέτρων σύμφωνα με την παρούσα οδηγία, λαμβάνονται υπόψη οι οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές απαιτήσεις, καθώς και οι περιφερειακές και τοπικές ιδιομορφίες
- **Πρακτικά**
  - Συνίσταται ένα συνεκτικό ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο ειδικών ζωνών: Natura 2000

# Νομικό πλαίσιο II

- **Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα νερά 2000/60**
  - Καλή κατάσταση των υδάτων
- **Αρχές**
  - Ολοκληρωμένος σχεδιασμός σε επίπεδο λεκάνης απορροής
  - Ο ρυπαίνων πληρώνει
  - Αναλογικότητα στις εκπομπές ρύπων
  - Πρόληψη → **σχεδιασμός προς την πλευρά της ασφάλειας**
- **Σκοπός**
  - Αποτροπή περαιτέρω υποβάθμισης των υδατικών πόρων
  - Βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων
  - Μείωση/εξάλειψη απόρριψης επιβαρυντικών ουσιών στους υδατικούς πόρους
  - Μείωση κινδύνου από ακραία γεγονότα

# Νομικό πλαίσιο III

- **Ευρωπαϊκή Οδηγία για τις πλημμύρες 2007/60**
  - Διαχείριση πλημμυρικού κινδύνου
- **Τύποι πλημμύρας**
- **Στάδια**
  - Προκαταρκτική αξιολόγηση
  - Χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας (**hazard**)
  - Χάρτες πλημμυρικού κινδύνου (**risk**)
  - Σχέδια διαχείρισης πλημμυρικού κινδύνου

# Νομικό πλαίσιο IV

- **Κανονισμός του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την αποκατάσταση της φύσης**
  - Συνεχής, μακροπρόθεσμη και βιώσιμη ανάκαμψη της βιοποικιλότητας και της ανθεκτικότητας της φύσης σε όλες τις χερσαίες και θαλάσσιες περιοχές της Ένωσης μέσω της αποκατάστασης των οικοσυστημάτων
  - Επίτευξη των πρωταρχικών στόχων της Ένωσης όσον αφορά τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή
  - Εκπλήρωση των διεθνών δεσμεύσεων της Ένωσης
- **Τα κράτη μέλη θέτουν σε εφαρμογή αποτελεσματικά μέτρα αποκατάστασης τα οποία μαζί θα καλύπτουν, έως το 2030, τουλάχιστον το 20% των χερσαίων και θαλάσσιων περιοχών της Ένωσης και, έως το 2050, όλα τα οικοσυστήματα που χρήζουν αποκατάστασης: 25000 km ποταμών**

# Οι δύο κατηγορίες

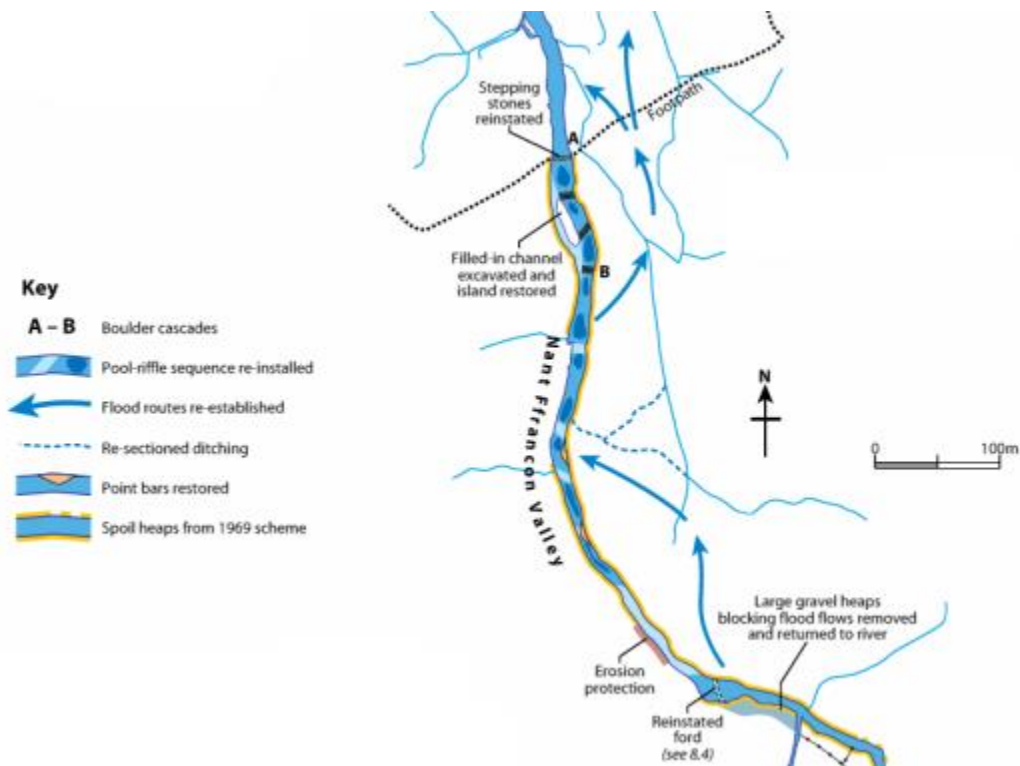
- **Μορφή: άμεσες** φυσικές παρεμβάσεις
  - Έλεγχος κλίσης → εκτροπές, υπερχειλιστές
  - Αναδιαμόρφωση κοίτης → σταθεροποίηση πρηνών, κλαδοπλέγματα
- **Διεργασίες: έμμεσες** παρεμβάσεις μέσω φυσικών διεργασιών
  - Διαμήκης και εγκάρσια συνδεσιμότητα
  - Υδρολογικές διεργασίες
  - Γεωμορφολογικές διεργασίες

# Οι προσεγγίσεις

- **Μη κατασκευαστική προσέγγιση (green)**
  - Υδροβία βλάστηση
  - Ποτάμια βλάστηση
  - Χρήση ξύλου ως υλικό
- **Κατασκευαστική προσέγγιση (grey)**
  - Γεωυφάσματα
  - Λιθορριπές
- **Υβριδική προσέγγιση (green-grey)**
  - Συστήματα οπλισμένης γης
  - Συρματοκιβώτια με βλάστηση

# Δουλεύοντας σε διάφορες κλίμακες

## Διαχείριση λεκάνης



- Χρήση νερού
- Ρύπανση λόγω καλλιεργειών
- Εμπόδια στη ροή



# Δουλεύοντας σε διάφορες κλίμακες

## Πλημμυρικό πεδίο



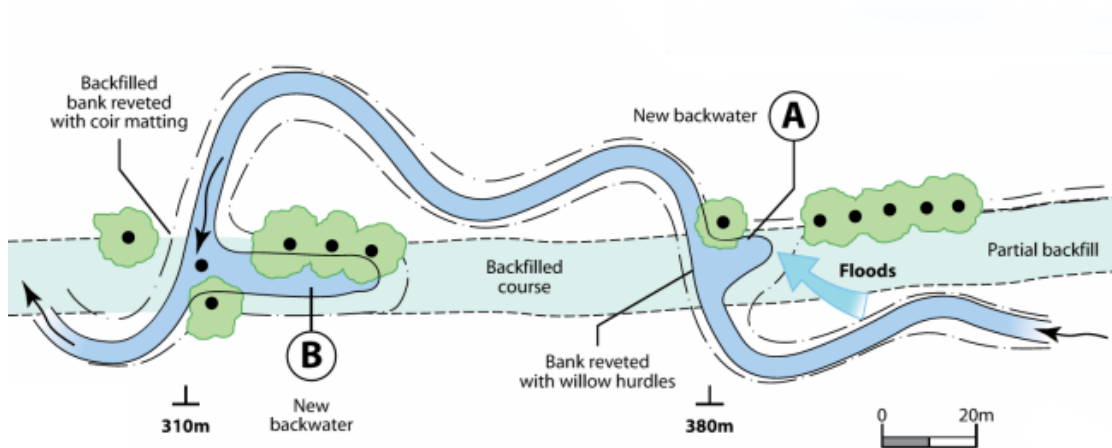
Πλημμυρικό πεδίο



Υγροβιότοποι

# Δουλεύοντας σε διάφορες κλίμακες

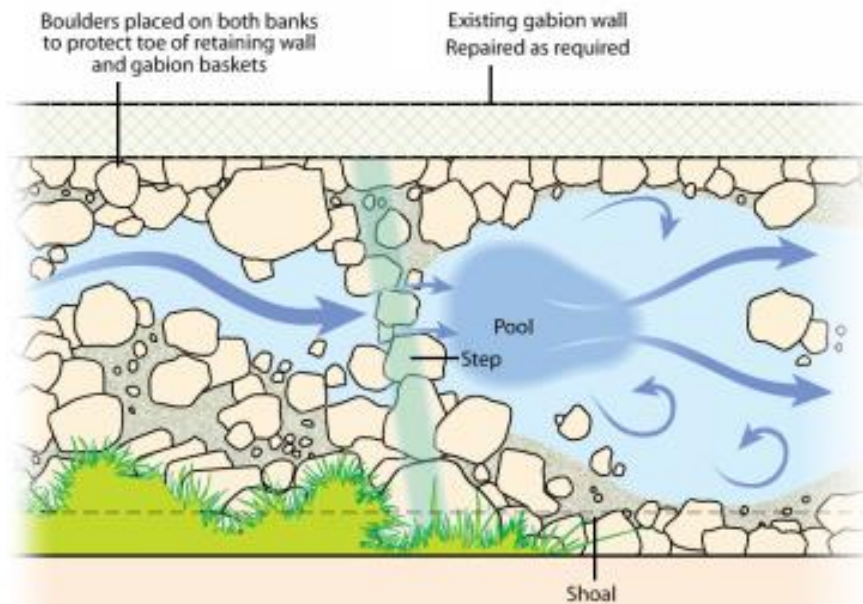
## Ποτάμιο τμήμα



- Η παλαιότερη πρακτική διευθέτησης ήταν η χάραξη ευθείας γραμμής
- Ξαναγυρνάμε τη ροή όπως ήταν παλιά: μαιανδρισμός

# Δουλεύοντας σε διάφορες κλίμακες

Εντός της κοίτης

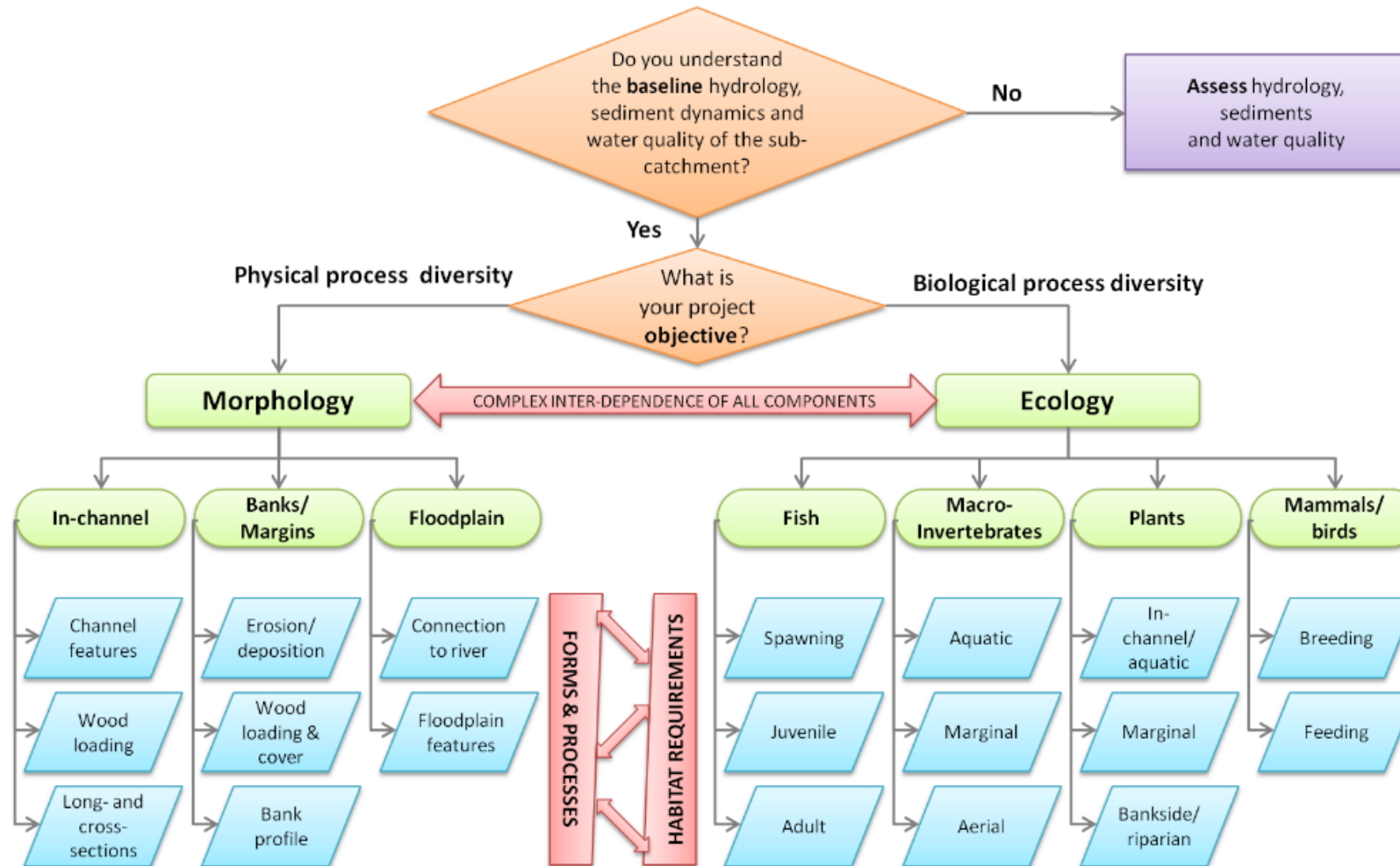


- Όταν ο χώρος είναι περιορισμένος
- Φυσικά υλικά: ξύλα, πέτρες, κ.λπ.
- Τοπικές διευρύνσεις ή στενώσεις
- Φύτευση

# Βήματα σχεδιασμού

- **Φορείς διαχείρισης**
  - Αλληλοεπικάλυψη και γραφειοκρατία
- **Καλή κατανόηση των φυσικών διεργασιών**
- **Σωστή επιλογή έμπειρης και διεπιστημονικής ομάδας**
  - Αρχαιολόγοι, βιολόγοι, οικολόγοι, μηχανικοί, υδρολόγοι, χημικοί, αρχιτέκτονες τοπίου, ...
- **Περιορισμός των αβεβαιοτήτων**

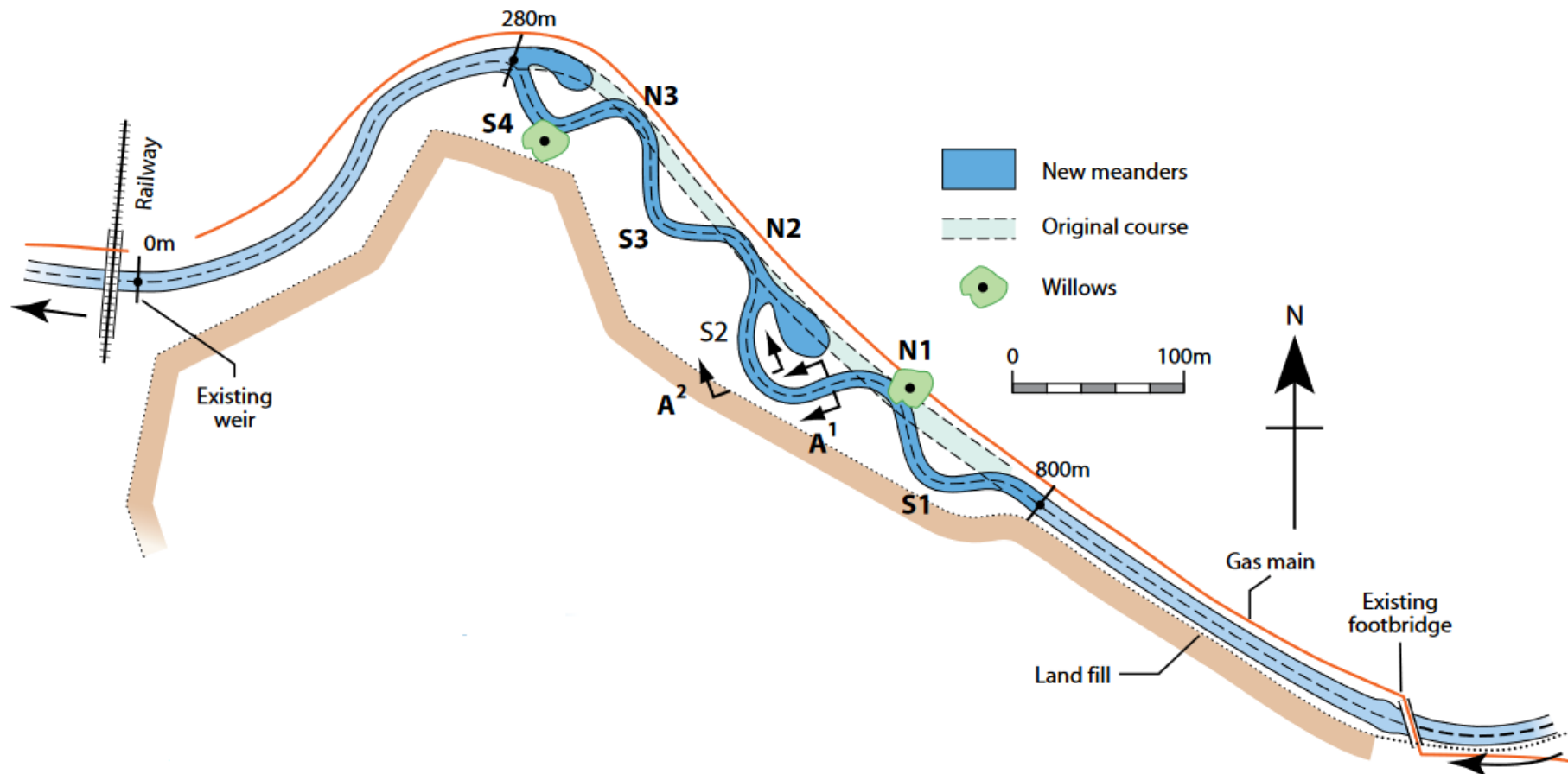
# Σχεδιάζοντας



# Τεχνικές

- Αποκατάσταση μαιανδρισμών σε ευθύγραμμα τμήματα
- Ενίσχυση ευθύγραμμων τμημάτων ποταμού
- Σταθεροποίηση πρανών
- Αλλαγή των γεωμετρικών και υδραυλικών χαρακτηριστικών
- Διαχείριση πλημμυρικών πεδίων
- Πλημμυρικά πεδία με τεχνητούς υγροβιότοπους
- Πρόσβαση στο κοινό
- Ενίσχυση υδατοπτώσεων σε ποταμούς
- Χρήση υλικού εκσκαφής
- Επιμερισμός ποτάμιων τμημάτων
- Απομάκρυνση εμποδίων στη ροή

# Αποκατάσταση μαιανδρισμών



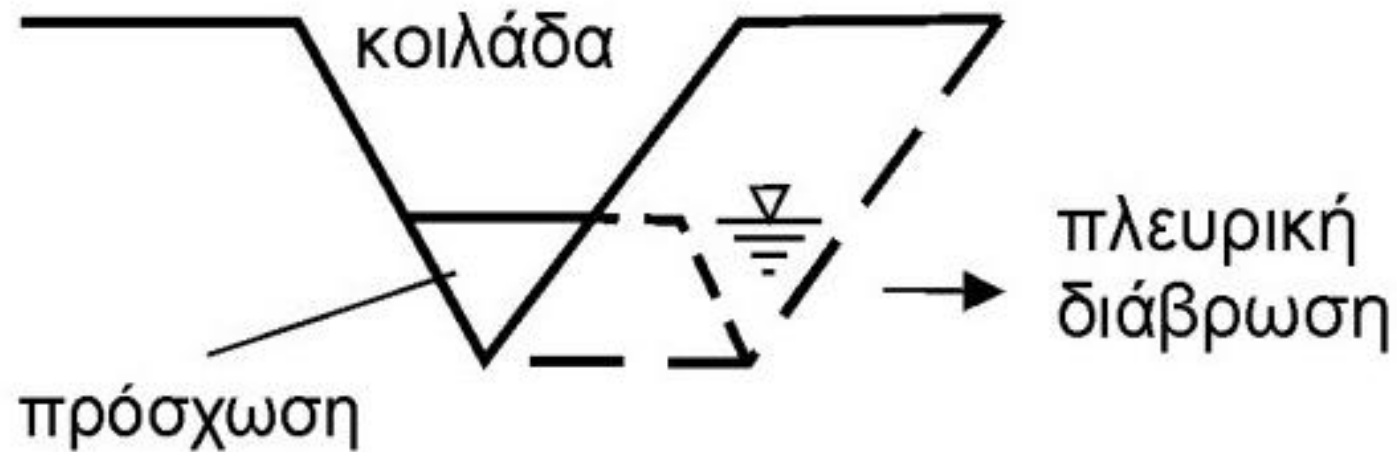
# Δίαιτα ποταμού

- **Βαθμιαία προσαρμογή κλίσης και διατομής**
  - Επιφανειακή απορροή
  - Στερεοπαροχή
- **Κορεσμός: μόνιμη δίαιτα**
- **Αμετάβλητα στατιστικά χαρακτηριστικά της επιφανειακής απορροής και της στερεοπαροχής**
- **Χρονική κλίμακα**
  - Μεγάλη σε σχέση με την ανθρώπινη κλίμακα
  - Μικρή σε σχέση με τη γεωλογική κλίμακα



# Σχηματισμός διατομής

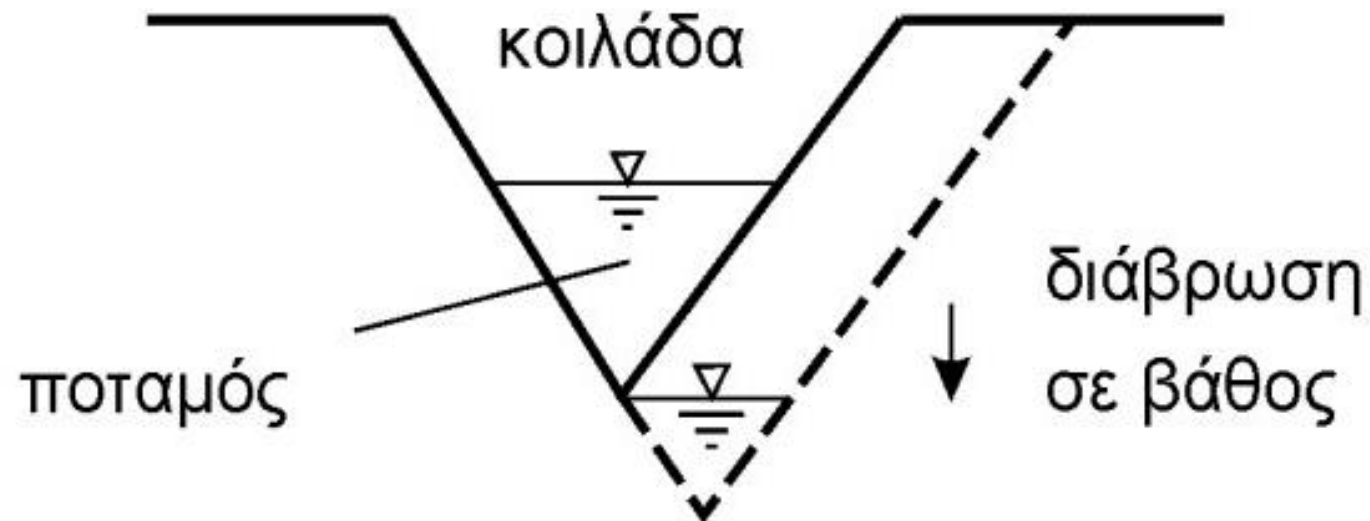
1<sup>ο</sup> στάδιο: κοιλάδα σε σχήμα V



**Πηγή:** Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Σχηματισμός διατομής

2<sup>ο</sup> στάδιο: σχήμα σκάφης



Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Σχηματισμός διατομής

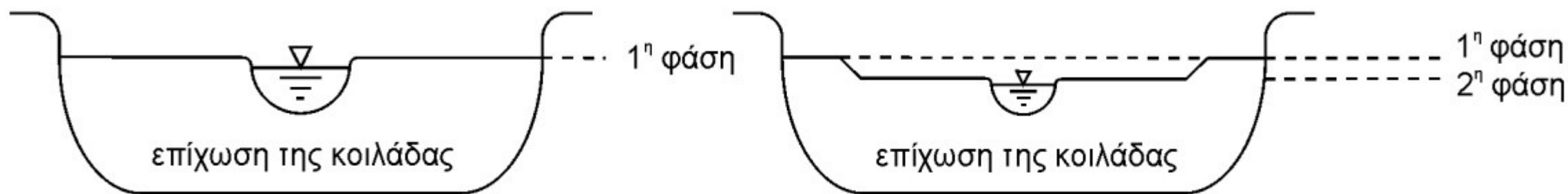
3<sup>ο</sup> στάδιο/α' φάση: μαίανδροι



**Πηγή:** Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Σχηματισμός διατομής

3<sup>ο</sup> στάδιο/β' φάση: διάβρωση

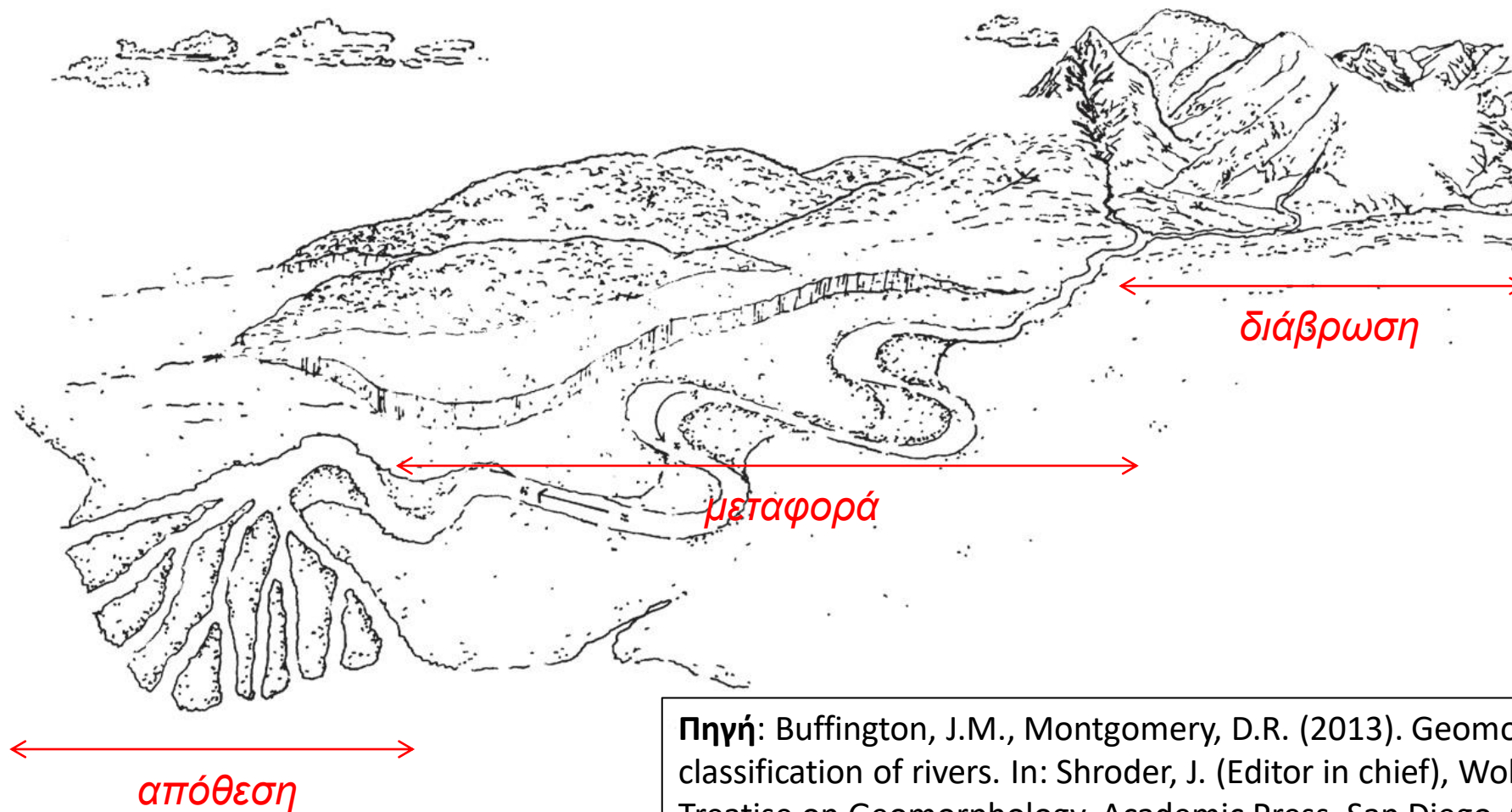


**Πηγή:** Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Βασικά φαινόμενα

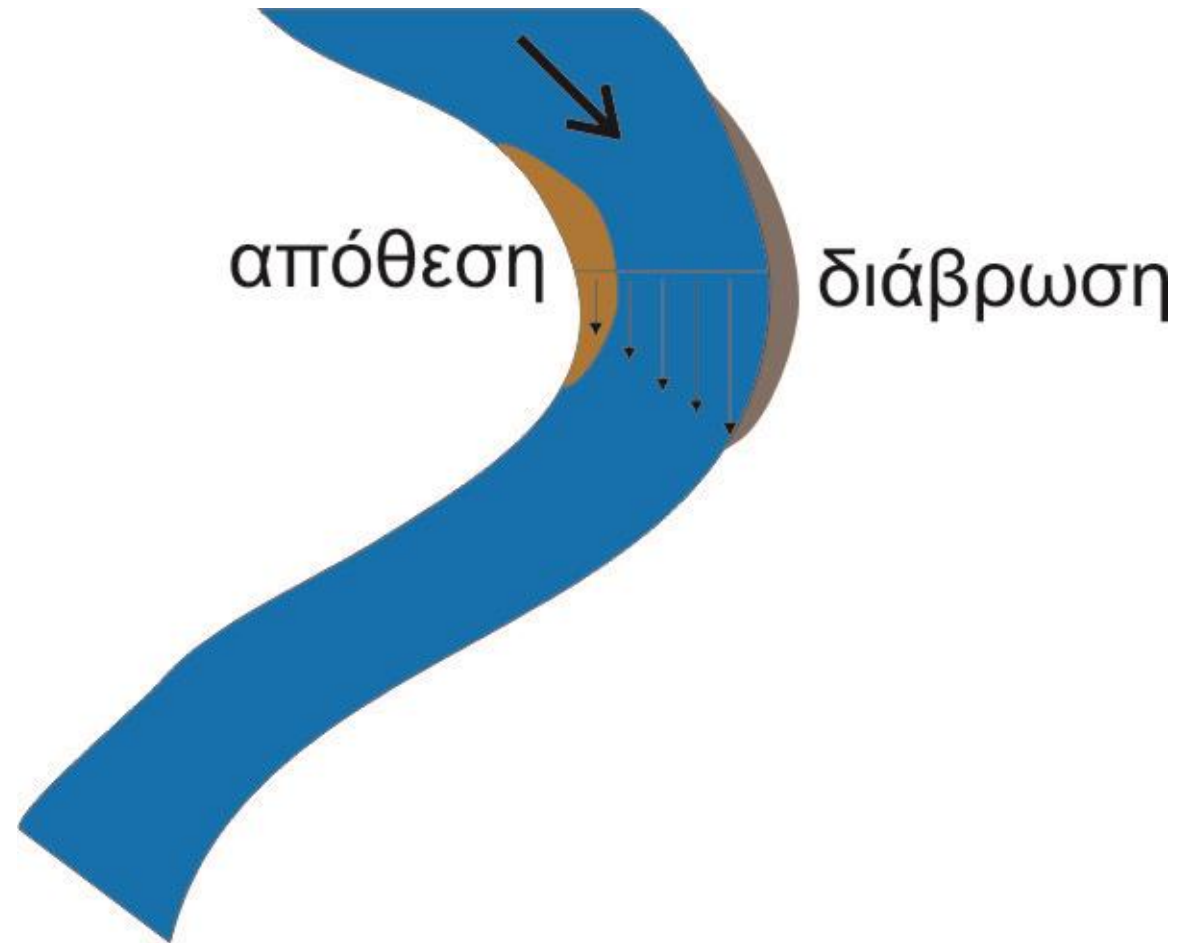
- **Διάβρωση**
  - Πετρώματα
  - Αποσάθρωση
- **Μεταφορά**
  - Σύρση
  - Αιώρηση
  - Απόπλυση
- **Απόθεση**
  - Ποτάμια κοίτη
  - Πλημμυρικό πεδίο

# Βασικά φαινόμενα



**Πηγή:** Buffington, J.M., Montgomery, D.R. (2013). Geomorphological classification of rivers. In: Shroder, J. (Editor in chief), Wohl, E. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, USA, 9, Fluvial Geomorphology, 730-767.

# Σε όλες τις κλίμακες!



# Τύποι ποταμών

Ευθύγραμμος



Μαίανδρος



Πλεξοειδής

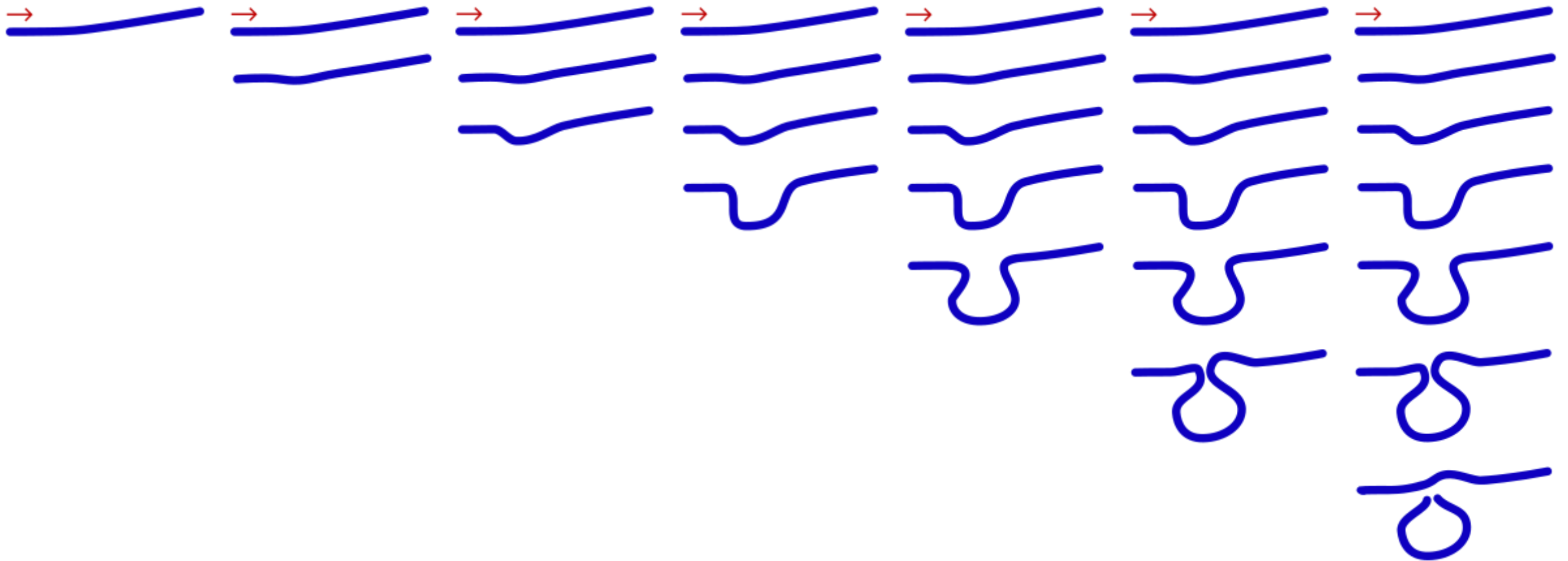




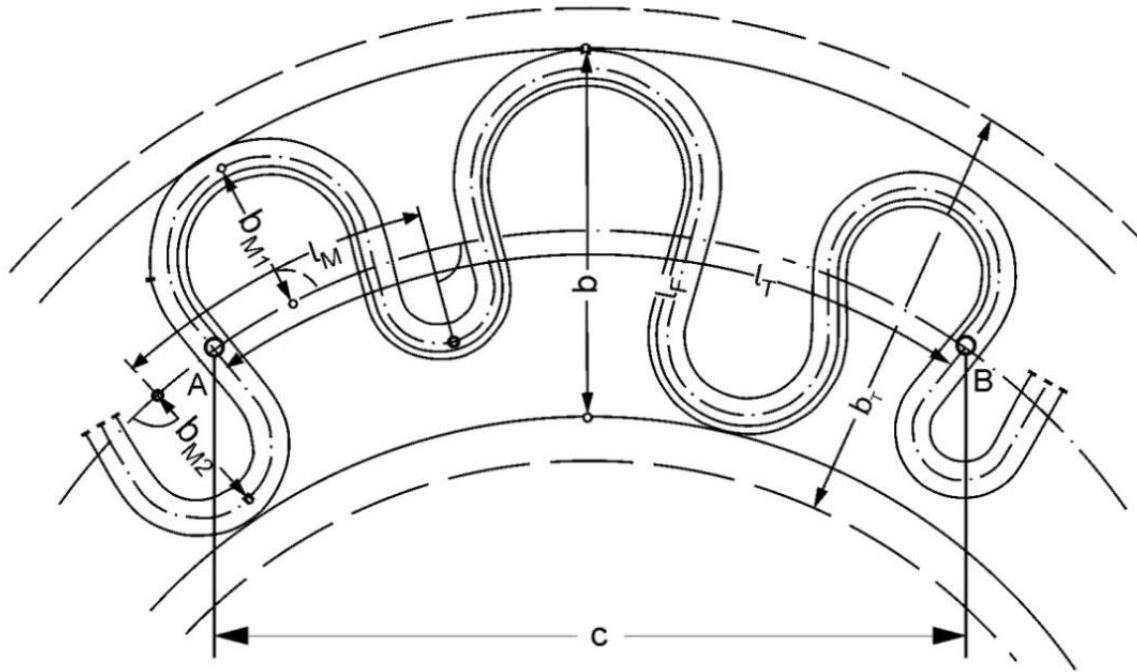
# Μαιανδρισμός

- Σειρά διαδοχικών καμπύλων τμημάτων
- Ροή → μεγαλύτερη κλίση
- Εμπόδια → αλλαγή διεύθυνσης ροής
- Διάβρωση → Μεταφορά → Απόθεση
- Αλλαγή κοίτης
- Μαιανδρισμοί
- Σταθεροποιημένος → αργές μεταβολές

# Σχηματισμός



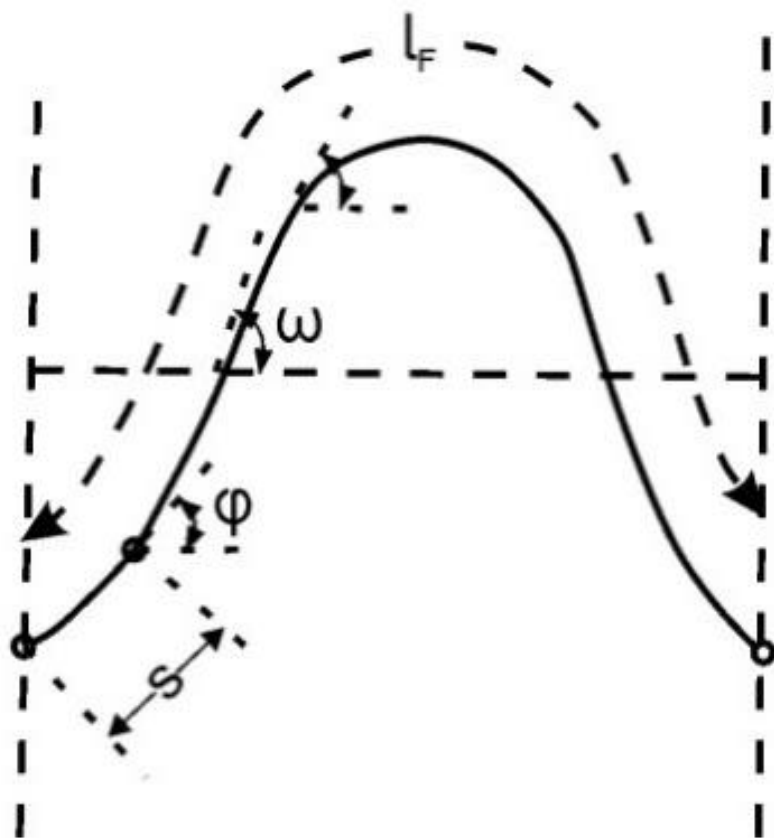
# Μεγέθη



- $b \rightarrow$  πλάτος μαιανδρικής ζώνης
- $b_M = b_{M1} + b_{M2} \rightarrow$  πλάτος μαιάνδρου
- $l_M \rightarrow$  μήκος μαιάνδρου
- $b_T \rightarrow$  πλάτος κοιλάδας
- $l_F \rightarrow$  μήκος ποταμού AB
- $l_T \rightarrow$  μήκος κοιλάδας AB
- $c \rightarrow$  απόσταση AB
- $e_L = (l_F - l_T) / l_T \rightarrow$  ανάπτυγμα ροής
- $e_F = (l_F - c) / c \rightarrow$  ανάπτυγμα ποταμού
- $e_T = (l_T - c) / c \rightarrow$  ανάπτυγμα κοιλάδας

Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

# Γεωμετρία μαιάνδρων



$$\phi = \omega \sin\left(\frac{s}{l_f} 360^\circ\right)$$

- $\omega = \phi_{\max}$
- $\omega_0$ 
  - $\omega < \omega_0 \rightarrow$  σε ανάπτυξη
  - $\omega = \omega_0 \rightarrow$  καλώς ανεπτυγμένος
  - $\omega > \omega_0 \rightarrow$  υπερανάπτυξη

Πηγή: Χρυσάνθου, Β. (2015). Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr).

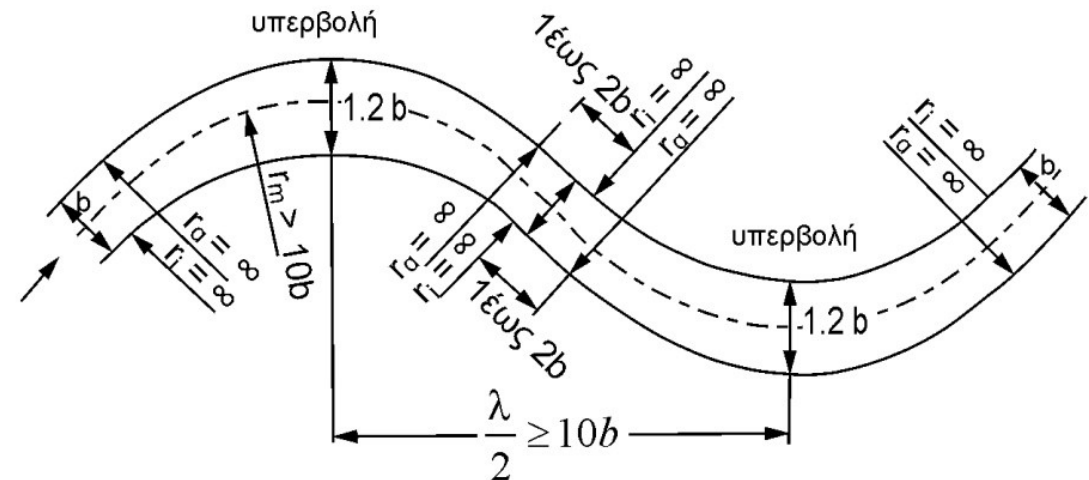
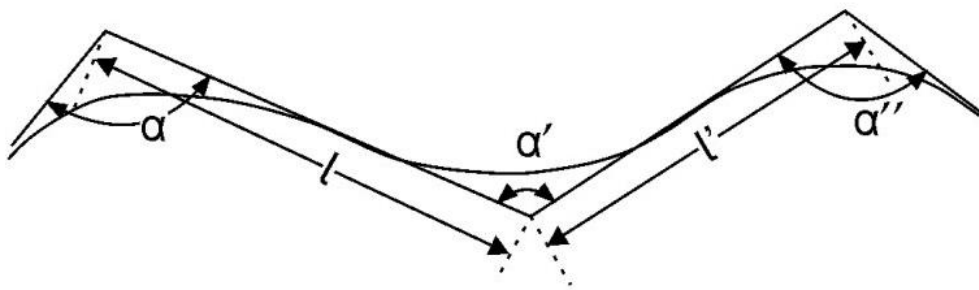
# Πρακτικές

- Εναλασσόμενα τόξα → κοίλο/κυρτό/κοίλο/κυρτό...



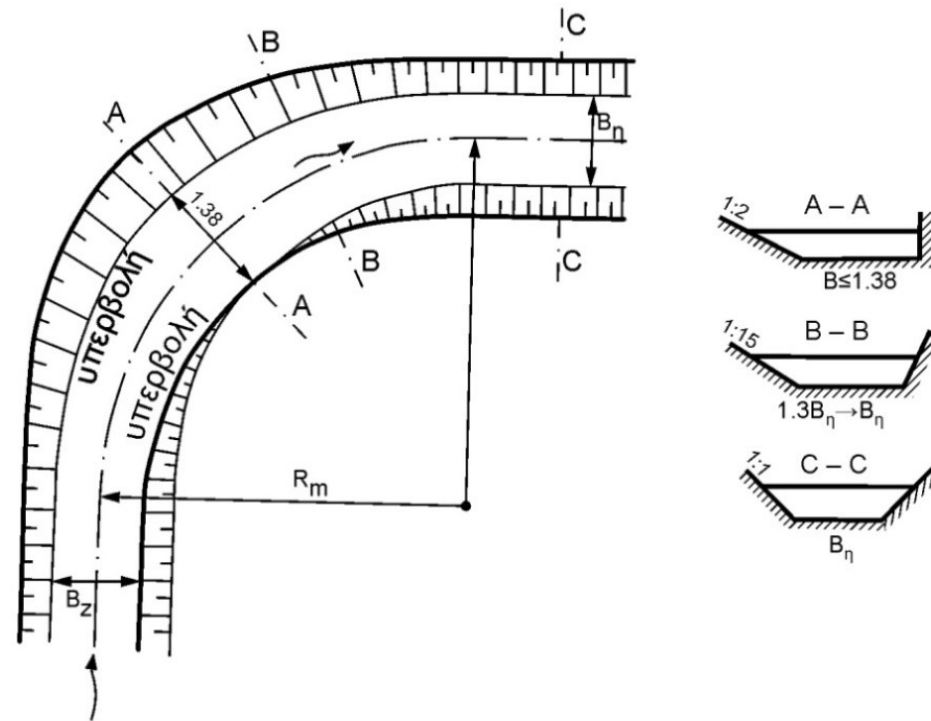
# Πρακτικές

- Μικρές εφαπτομένες/γωνίες
- Όχι κυκλικά τόξα: μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας προς μικρή ακτίνα καμπυλότητας



# Πρακτικές

- Πλάτος διατομών

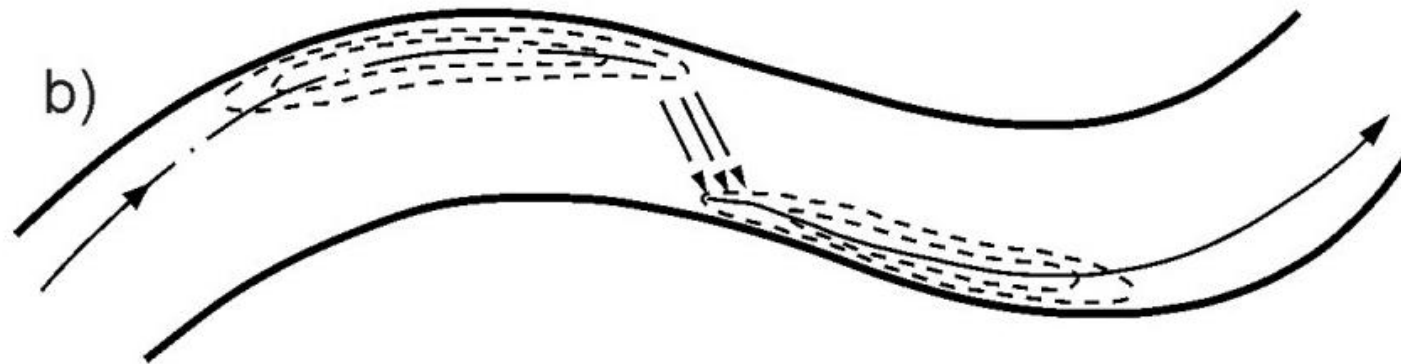


# Πρακτικές

«καλό» πέρασμα



«κακό» πέρασμα

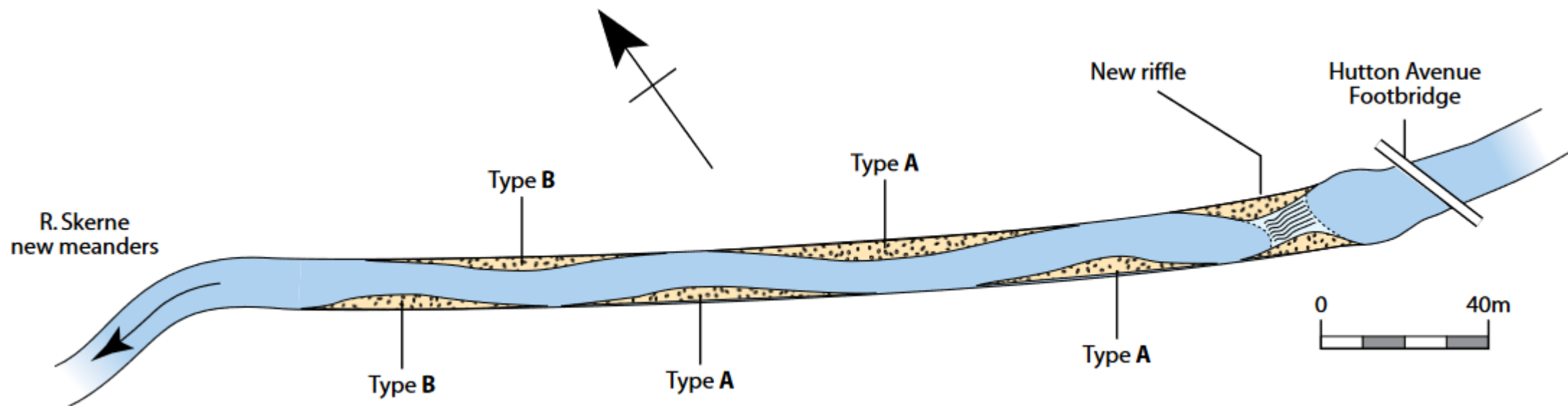




# Κατασκευή



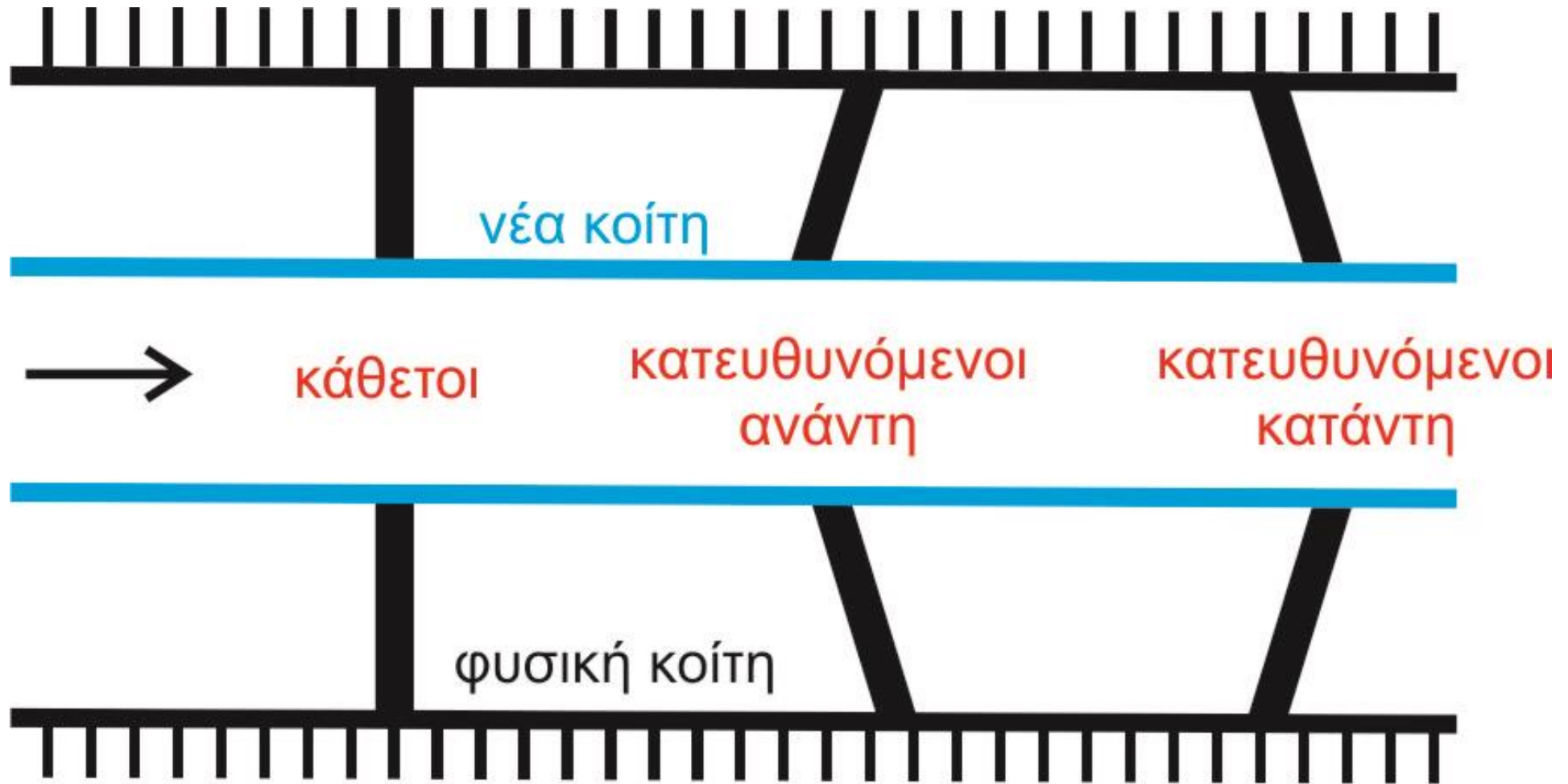
# Ενίσχυση ευθύγραμμων τμημάτων



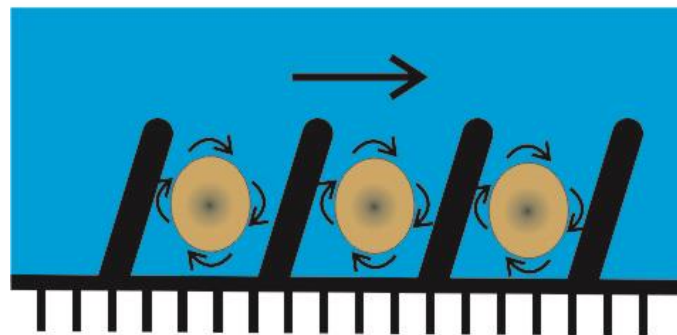
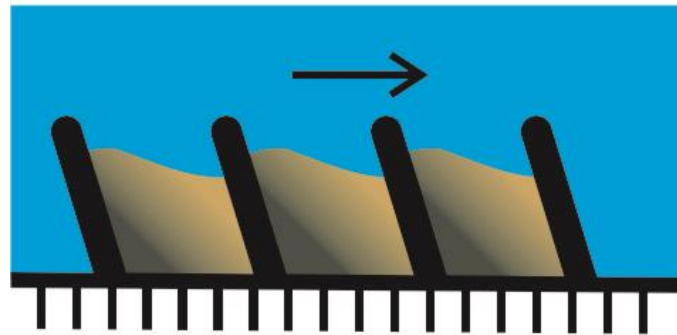
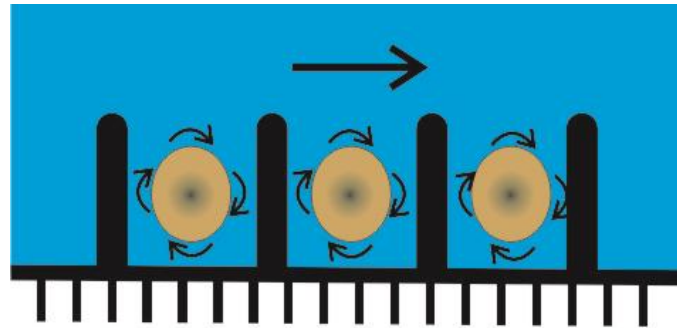
# Εγκάρσια έργα

- **Πρόβολοι**
  - Αρχίζουν από τη φυσική όχθη → **γωνία 70°-110°**
  - Εκτείνονται μέχρι τη γραμμή της νέας κοίτης
  - Κάθετοι
  - Κατευθυνόμενοι ανάντη (συγκλίνοντες)
  - Κατευθυνόμενοι κατάντη (αποκλίνοντες)
- **Υδατοπερατοί vs. μη υδατοπερατοί**
- **Μεταξύ των προβόλων συμβαίνει παγίδευση φερτών υλών**
- **Κατευθυνόμενοι ανάντη → αποτελεσματικότεροι**
- **Περιορισμός πλάτους κοίτης → διάβρωση**

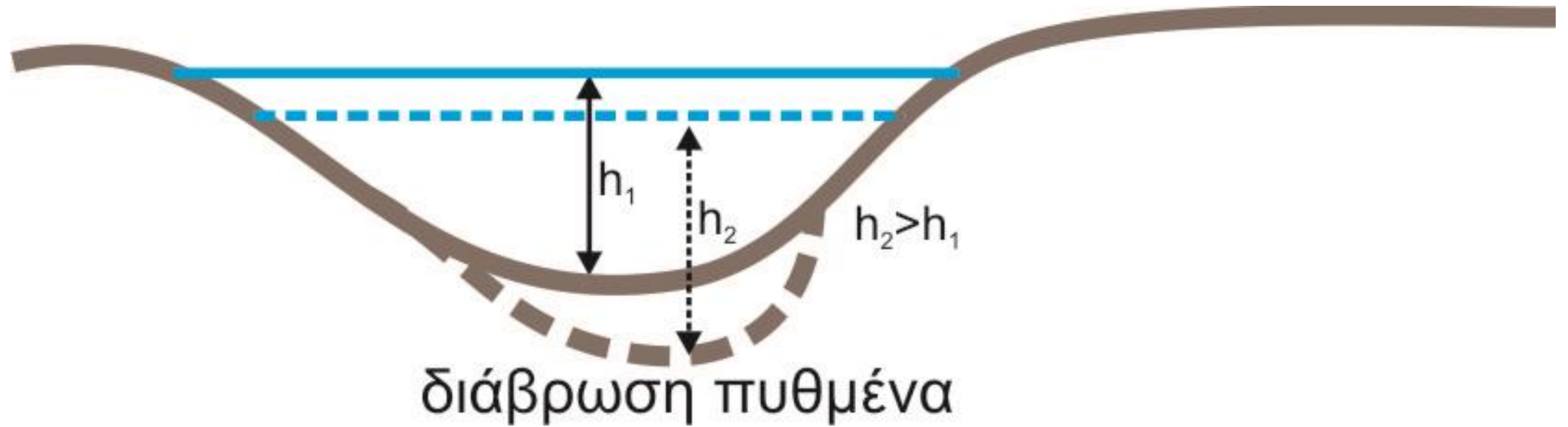
# Τύποι προβόλων



# Σύγκριση



# Διάβρωση

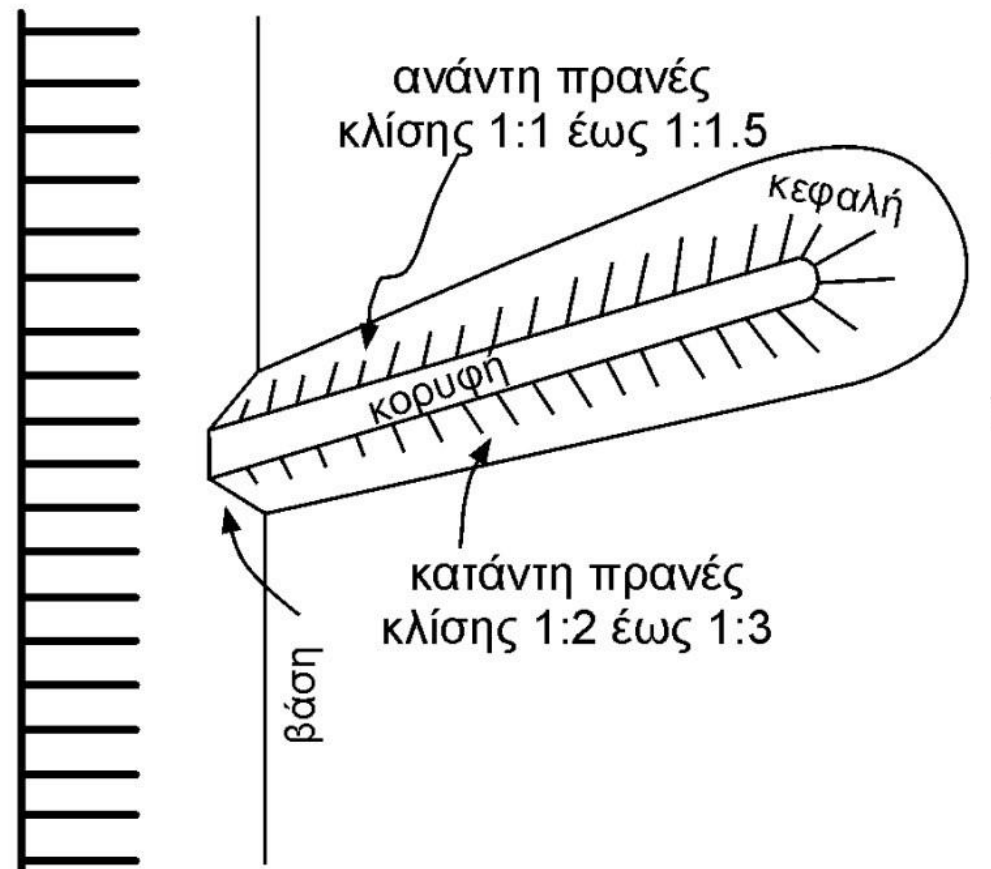


# Υλικό κατασκευής

- Ξύλο
- Σακιά άμμου
- Βράχος
- Οπλισμένο σκυρόδεμα
- Μέταλλο
- ...

# Χαρακτηριστικά προβόλου

- **Κεφαλή**
- **Κύριο σώμα**
  - Πρανή
  - Στέψη
- **Βάση**
- **Στάθμη κορυφής**
  - Μερικώς βυθισμένοι
  - Πλήρως βυθισμένοι
  - Μη βυθισμένοι





# Κατασκευή

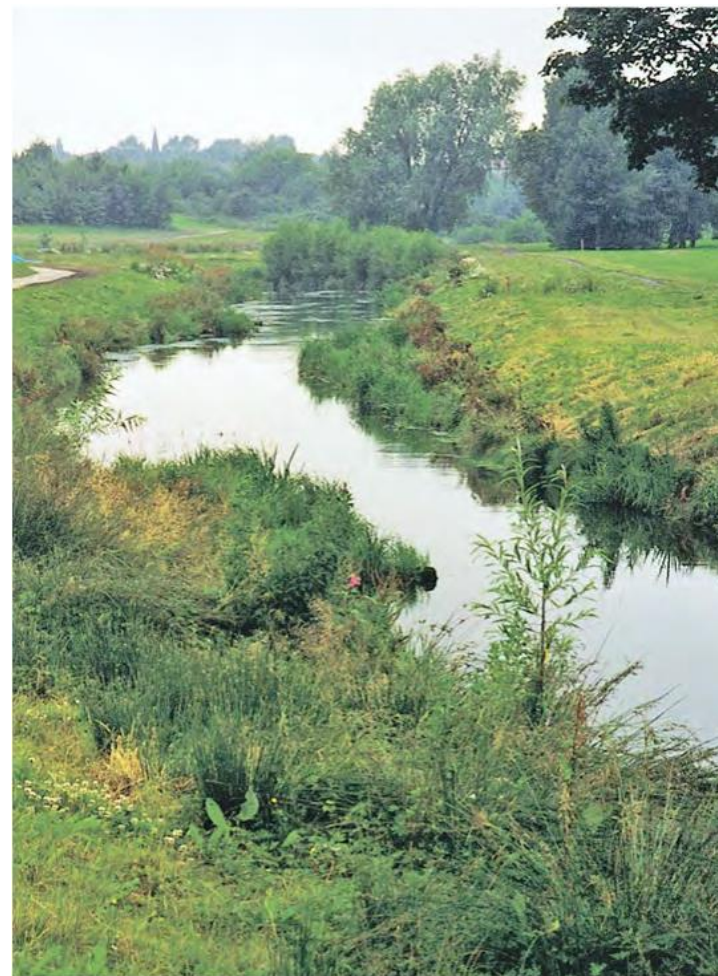


# Κατασκευή

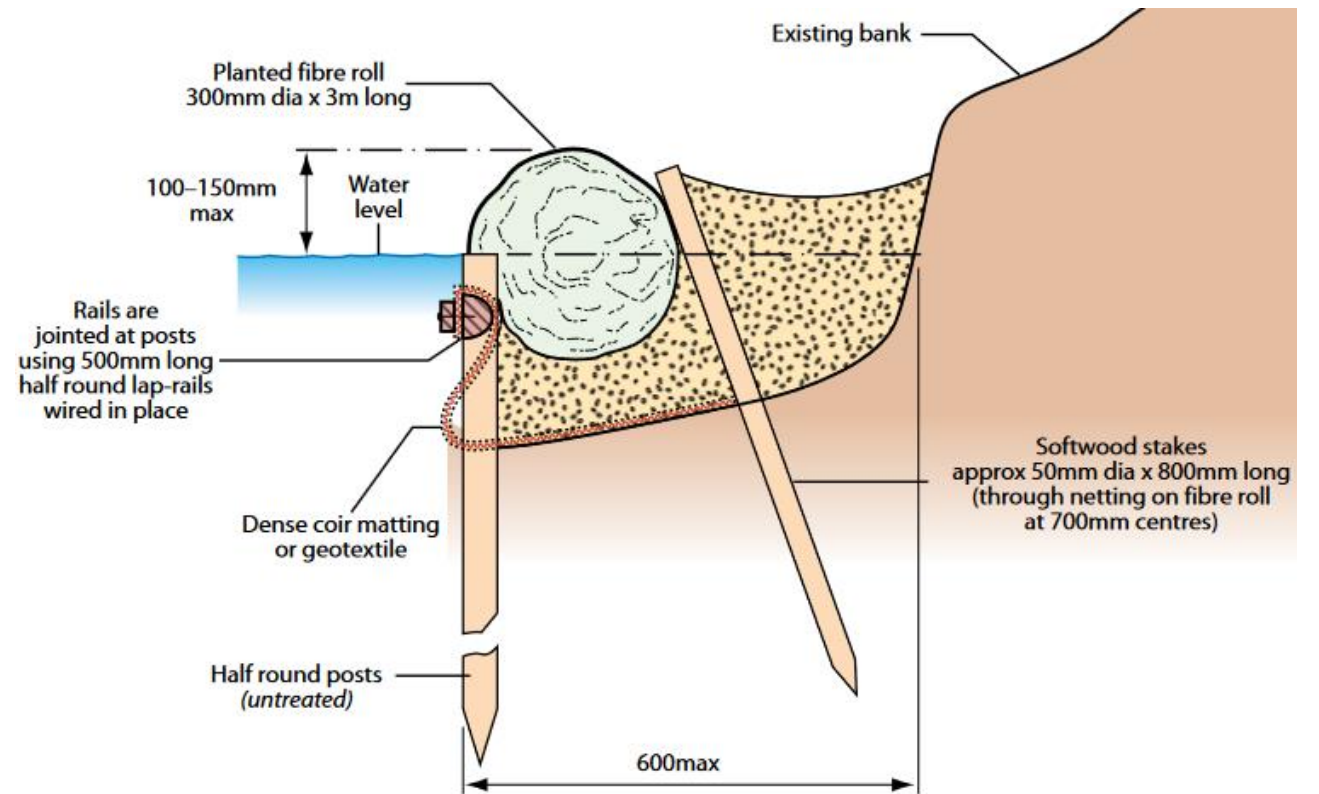
*πριν*



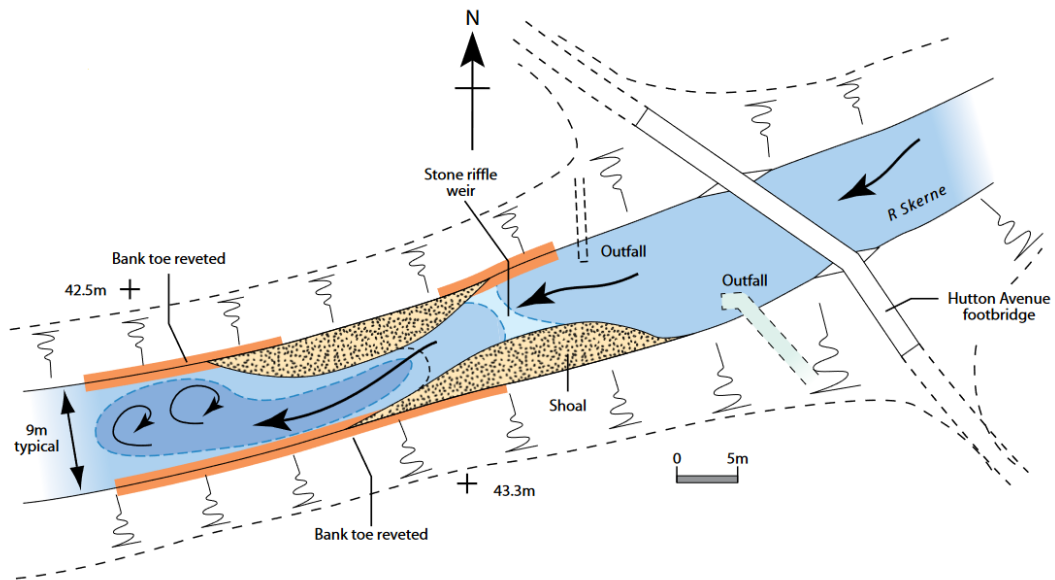
*μετά*



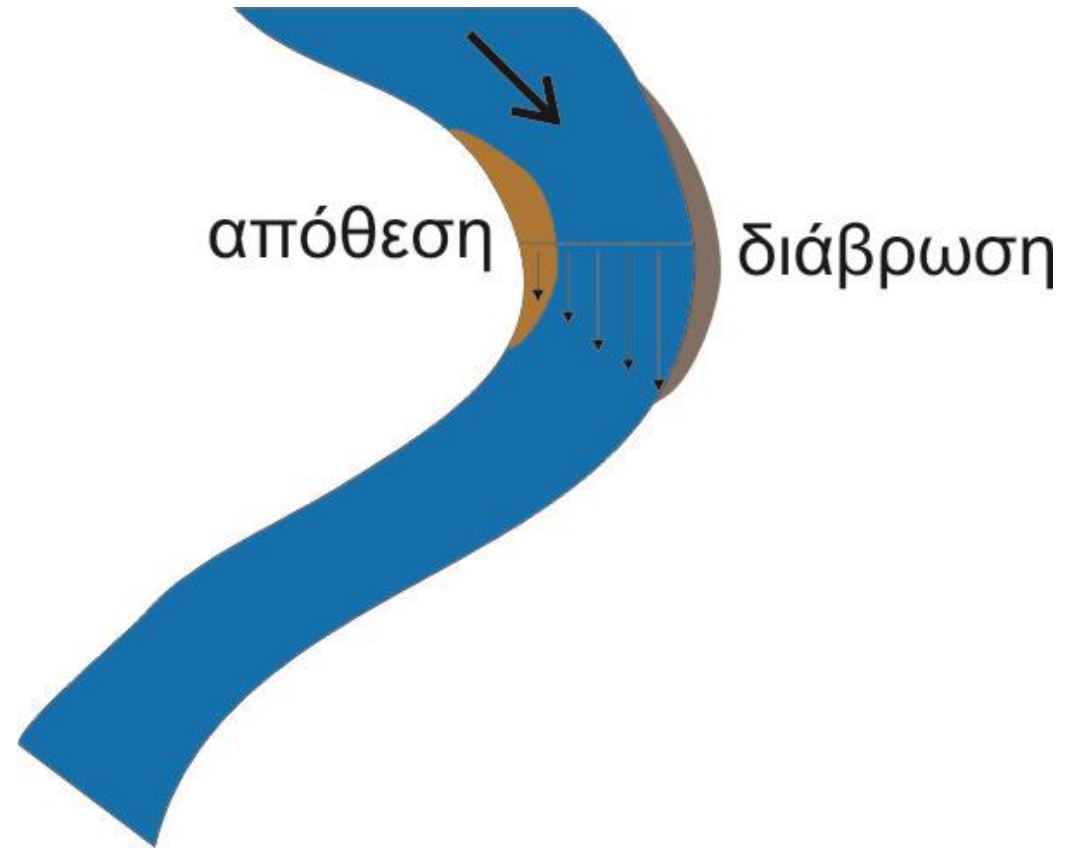
# Εναλλακτικά υλικά



# Εναλλακτικά υλικά



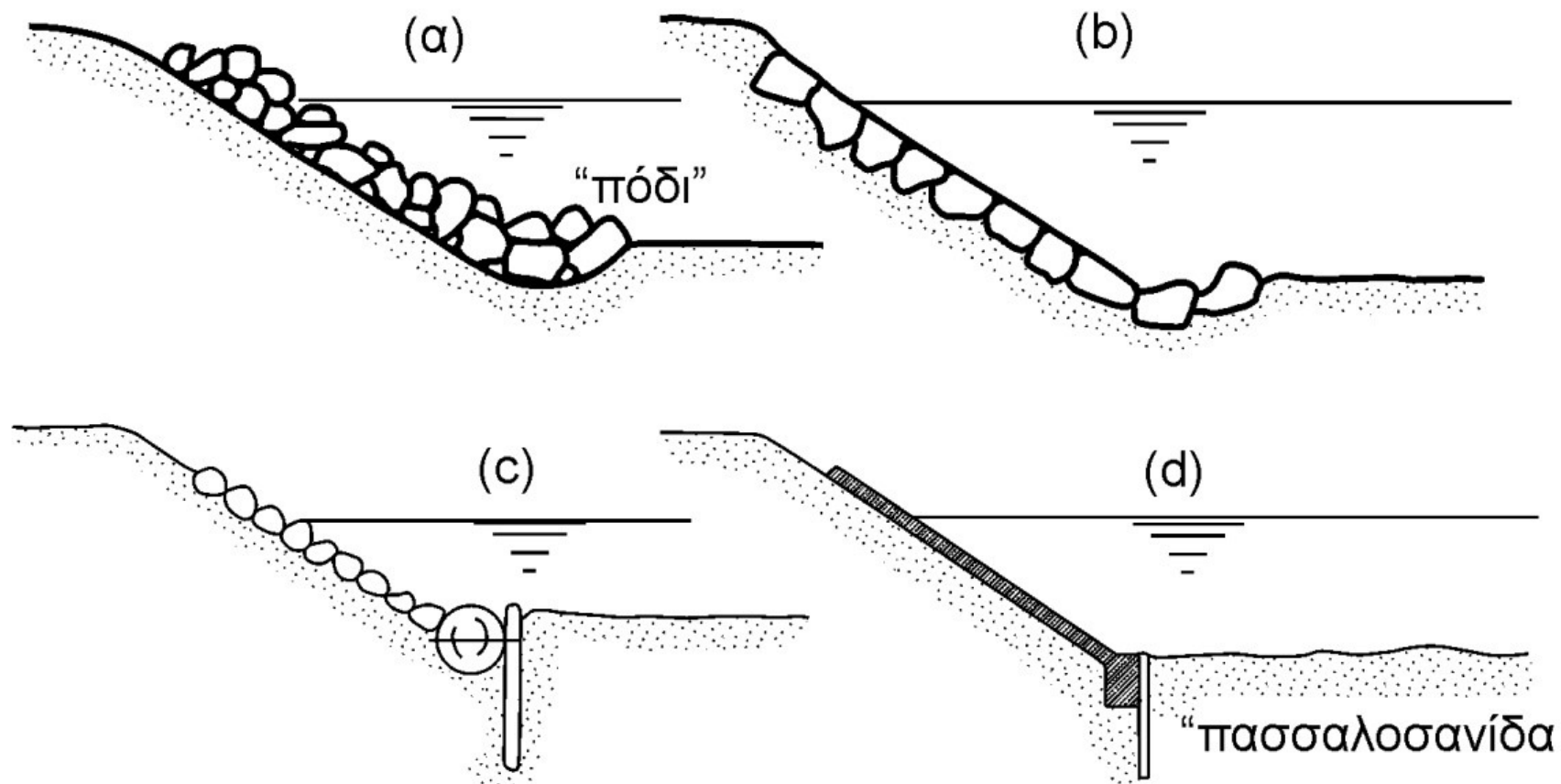
# Σταθεροποίηση πρανών



# Λεπτομέρειες

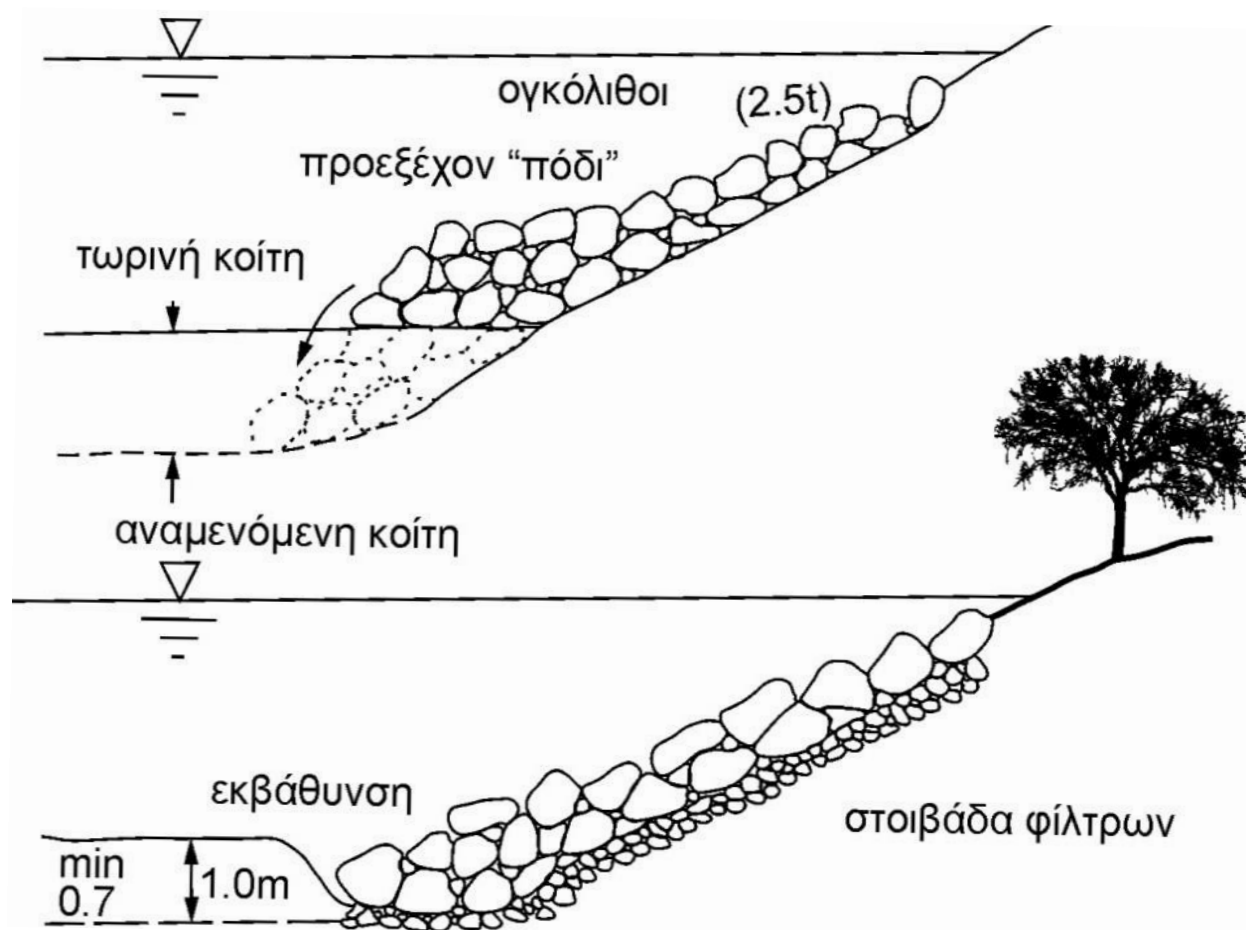
- **Μέγιστες διατμητικές τάσεις:** βάση/πόδι πρανούς όπου και εμφανίζεται ο μέγιστος κίνδυνος διάβρωσης
- **Μείωση κινδύνου:** όσο αυξάνεται το υψόμετρο όχθης
- **Μέγεθος, ποιότητα, αντίσταση προστατευτικών έργων:** μειώνονται από τα κάτω προς τα πάνω

# Κατασκευή



Πηγή: Vollmers, H.J. (1990). Flussbau. Vorlesungsskriptum, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, München-Neubiberg.

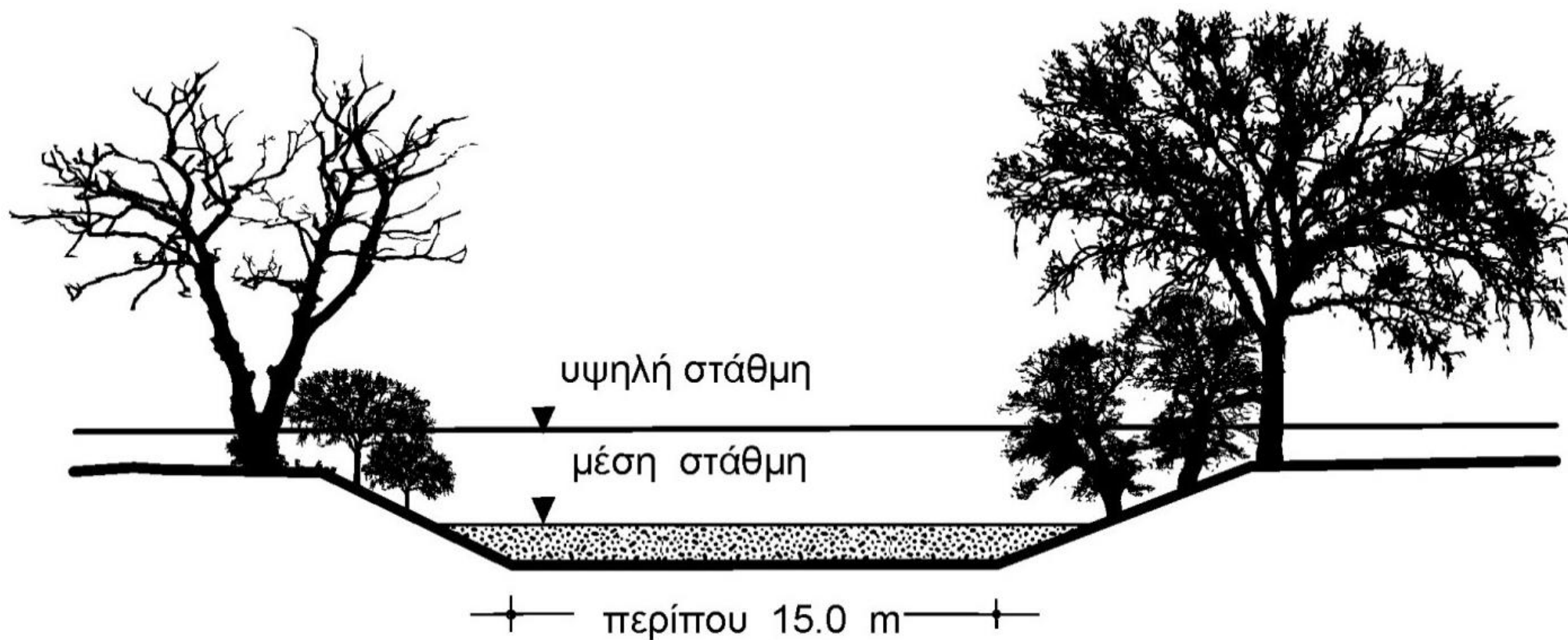
# Κατασκευή



**Πηγή:** Vollmers, H.J. (1990). Flussbau. Vorlesungsskriptum, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, München-Neubiberg.



# Κατασκευή

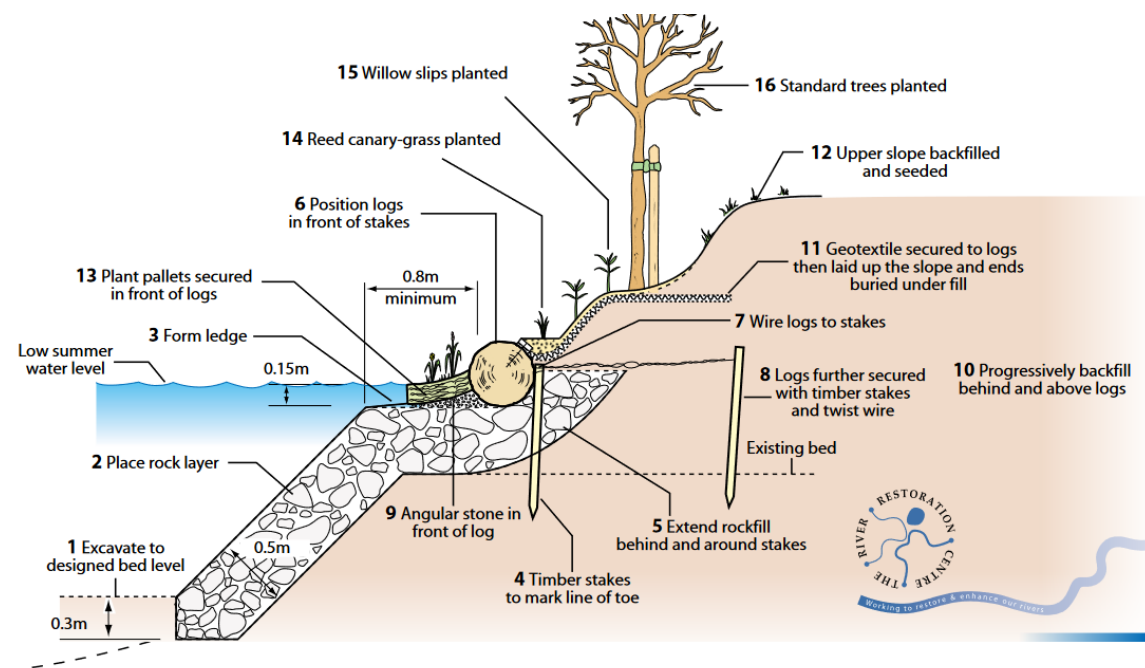


Πηγή: Vischer, D. and Huber, A. (1985). Wasserbau. 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.

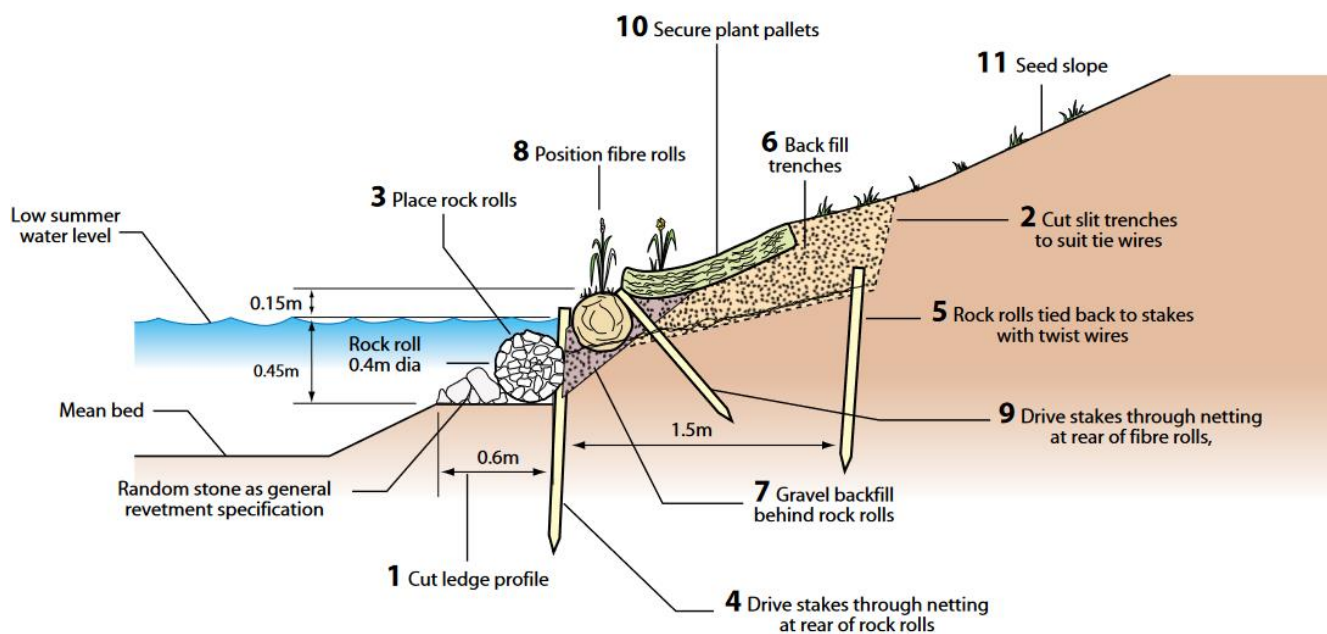
# Κατασκευή



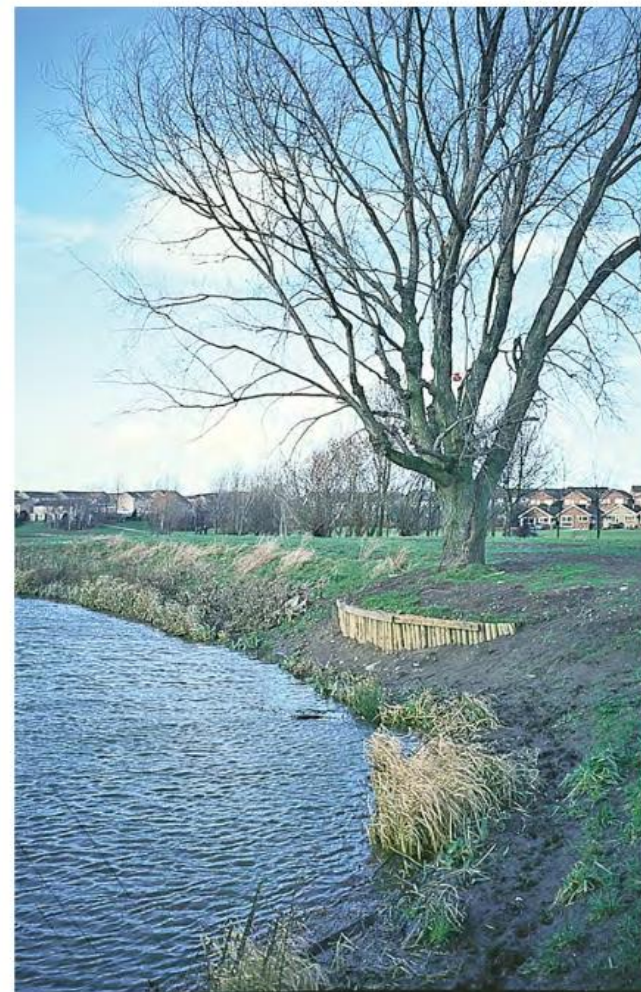
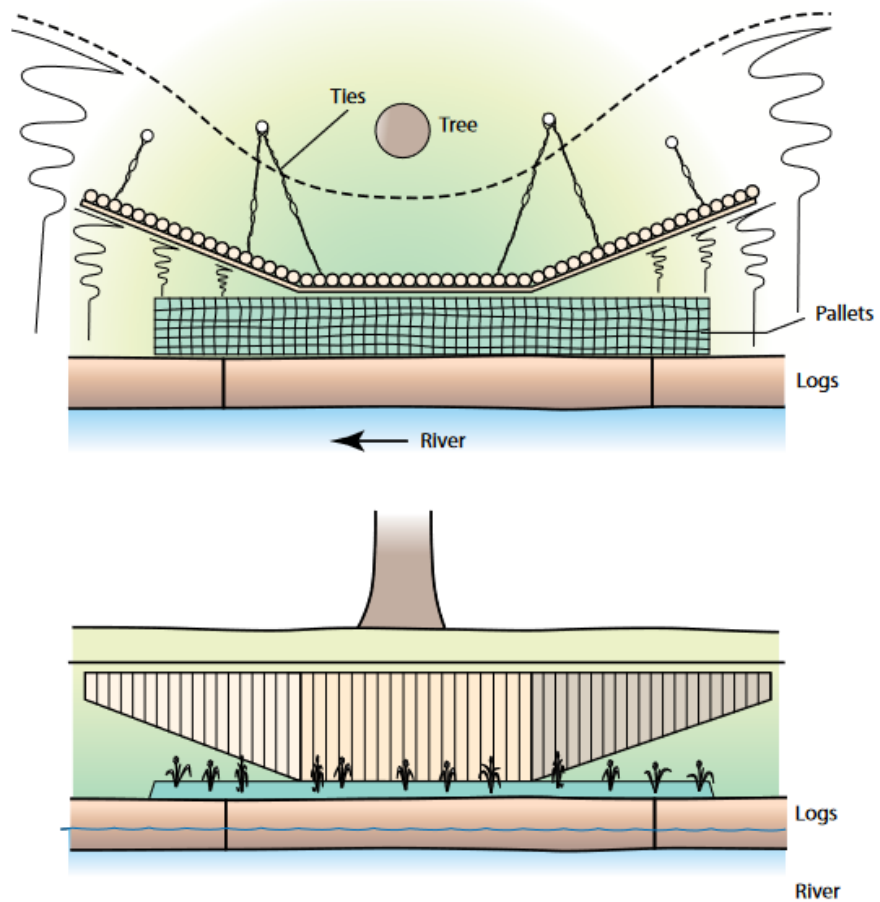
# Κατασκευή



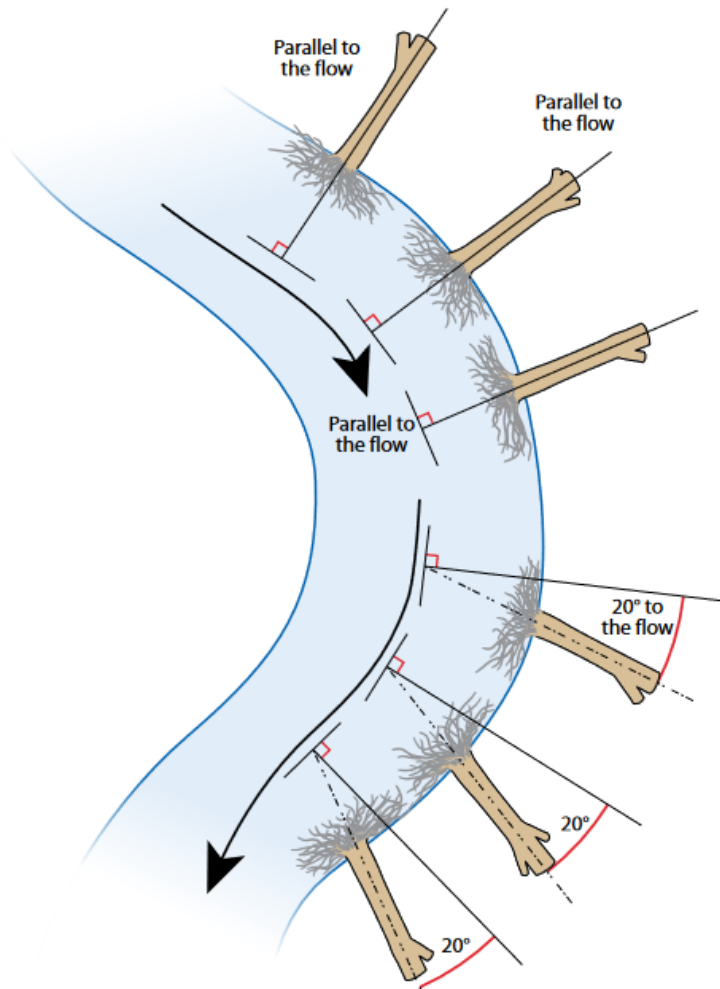
# Κατασκευή



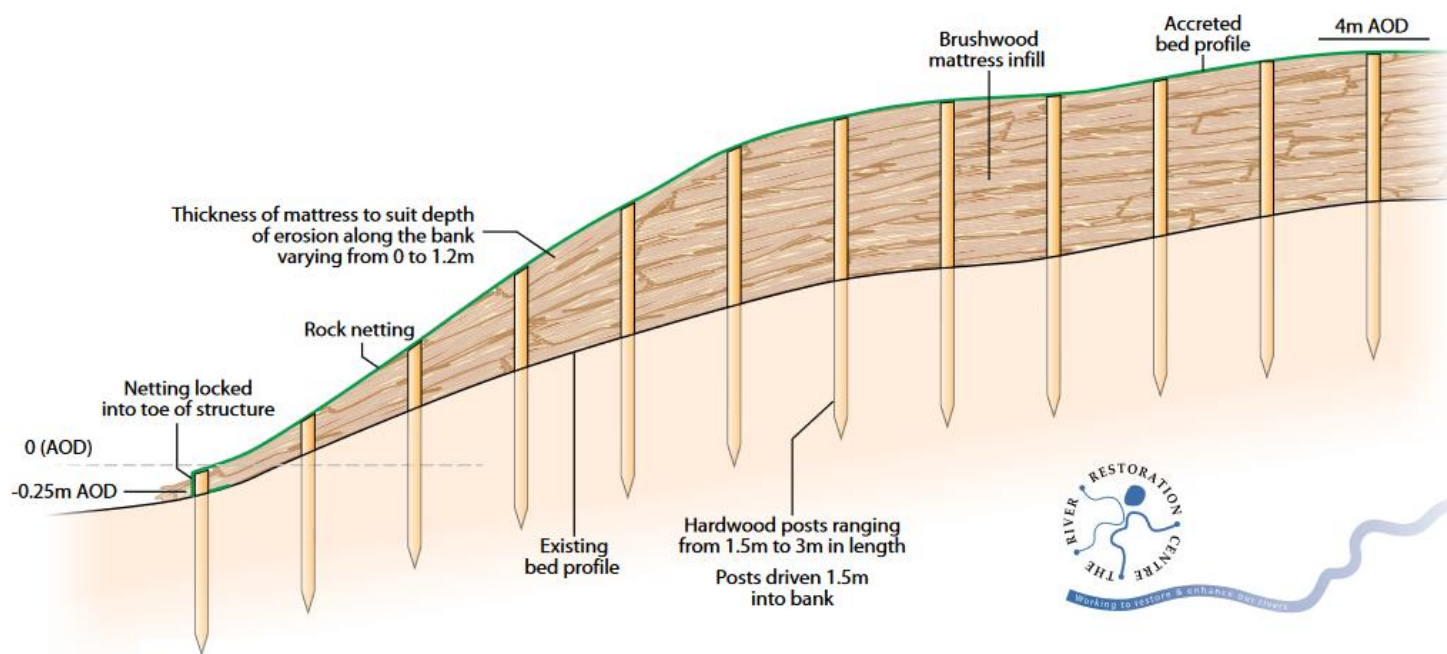
# Κατασκευή



# Κατασκευή



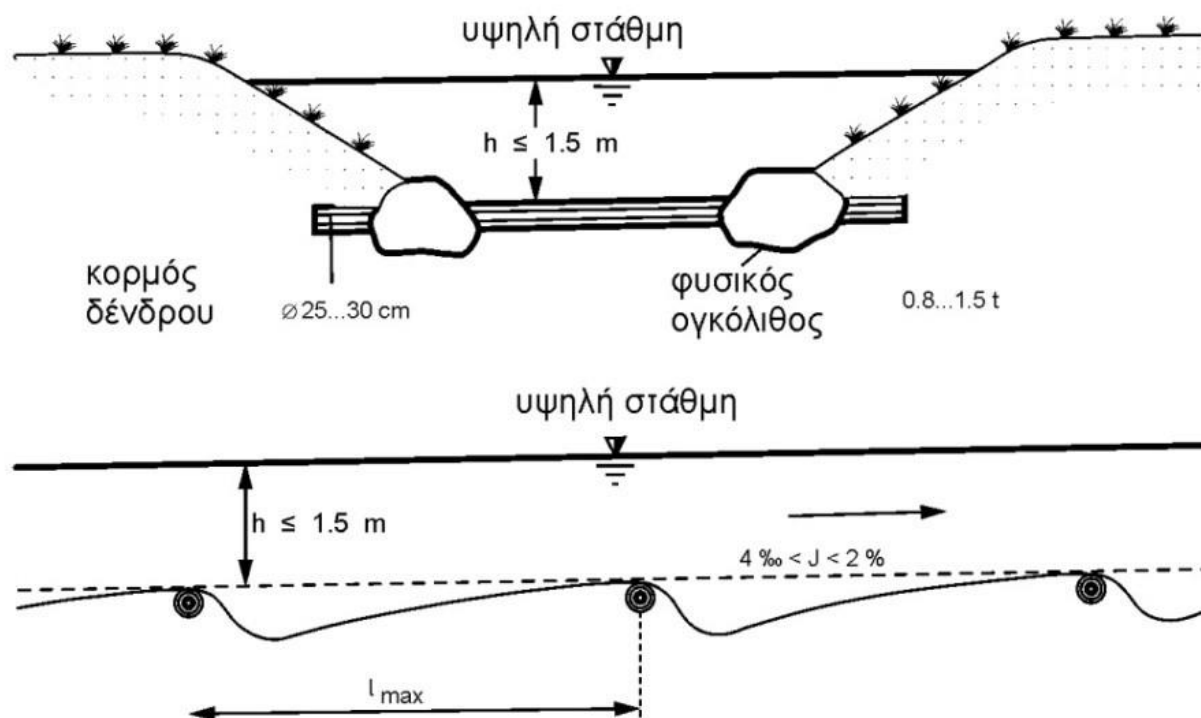
# Κατασκευή



# Σταθεροποίηση πυθμένα

- **Κατώφλια (ουδοί)**

- Προεξέχουν από τον πυθμένα
- Δεν προεξέχουν από τον πυθμένα



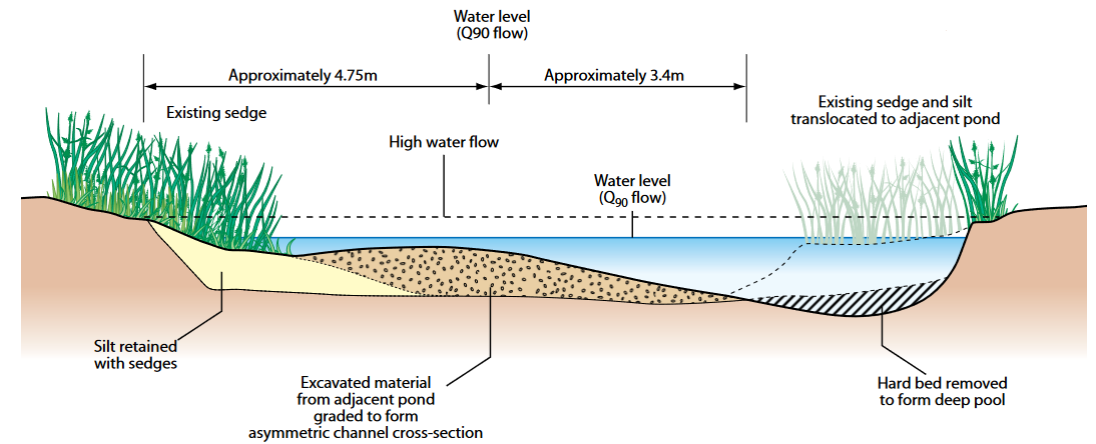


# Αλλαγή χαρακτηριστικών

ΠΡΙΝ



ΜΕΤΑ



# Αλλαγή χαρακτηριστικών

*πριν*



*μετά*

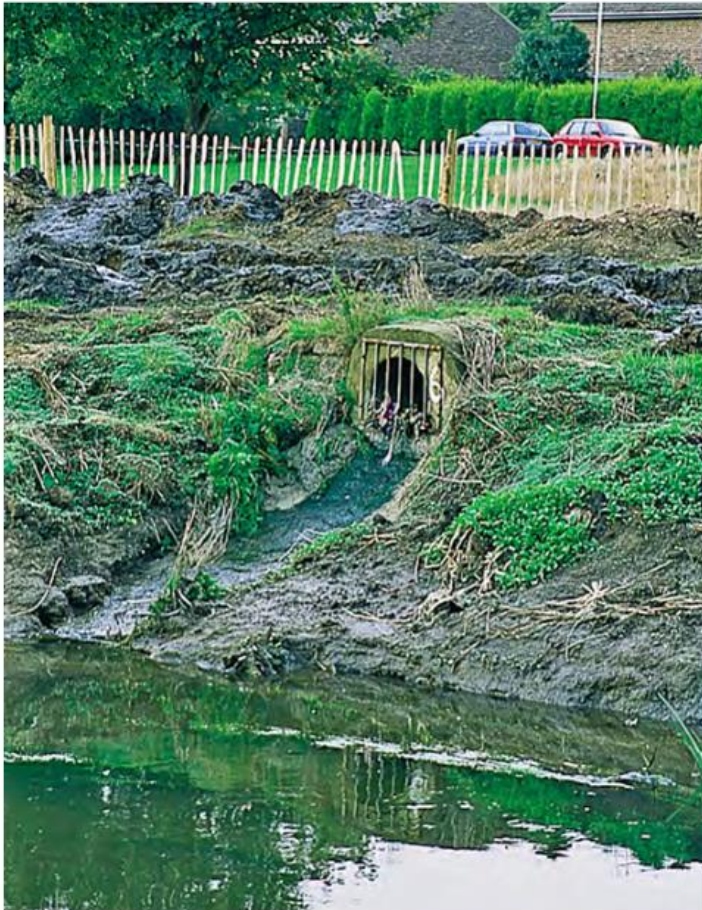


# Διαχείριση πλημμυρικών πεδίων



# Ενίσχυση υδατοπτώσεων

*πριν*



*μετά*



# Χρήση υλικού εκσκαφής

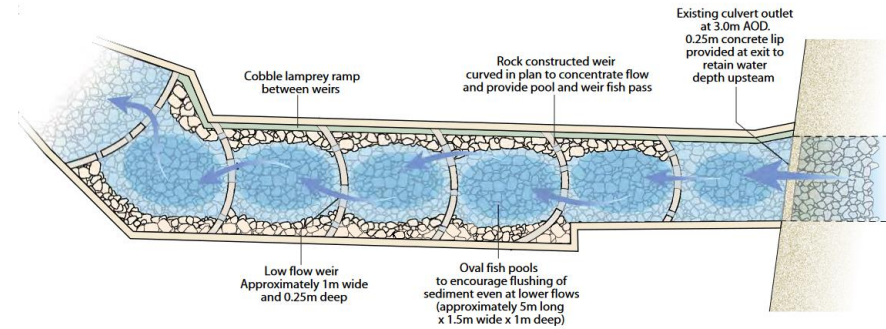


# Απομάκρυνση εμποδίων

ΠΡΙΝ



ΜΕΤΑ



# Σχεδιασμός

*Διατομές που διαβρώνονται*

- Σχεδιασμός ούτως ώστε να μην επιτελείται διάβρωση και μεταβάλλονται τα γεωμετρικά στοιχεία
- Κυρίως τραπεζοειδείς
- Μέθοδοι σχεδιασμού
  - Μέθοδος της μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας
  - Μέθοδος της κρίσιμης συρτικής τάσης
  - Μέθοδος της έλκουσας δύναμης
  - ...

# Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα

## ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ

### ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ (Ο:Κ)

Material	Side slope
Rock	Nearly vertical
Stiff clay	$\frac{1}{2}$ to 1:1
Firm soil	1:1
Loose sandy soil	2:1
Sandy loam	3:1

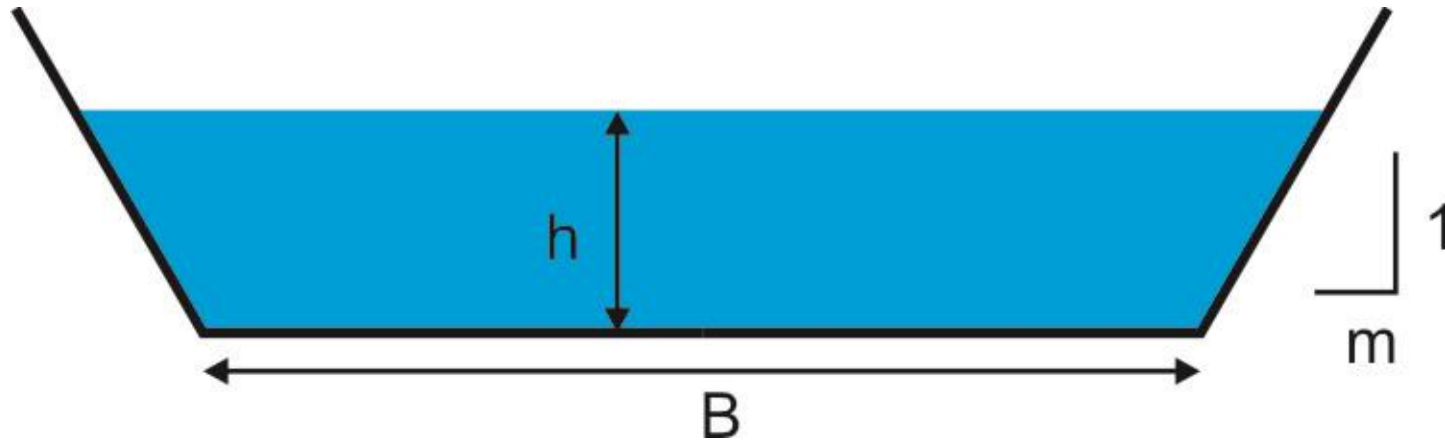
Material	V (m/s)
Fine sand	0.6
Coarse sand	1.2
Earth	
Sandy silt	0.6
Silt clay	1.1
Clay	1.8
Grass-lined earth (slopes < 5 per cent)	
Bermuda grass	
Sandy silt	1.8
Silt clay	2.4
Kentucky Blue grass	
Sandy silt	1.5
Silt clay	2.1
Poor rock (usually sedimentary)	
Soft sandstone	2.4
Soft shale	1.1
Good rock (usually igneous or hard metamorphic)	6.1



# Βήματα σχεδιασμού

- Κλίση πρανών  $m$ , συντελεστής τραχύτητας  $n$ , εύρεση μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας  $V$
- Υπολογισμός υδραυλικής ακτίνας  $R$  και υγρής διατομής  $A$   $\begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix}$   $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2} \Rightarrow R = \left( \frac{nV}{S_0^{1/2}} \right)^{3/2}$   
 $A = \frac{Q}{V}$
- Υπολογισμός βρεχόμενης περιμέτρου  $P \longrightarrow P = \frac{A}{R}$
- Εύρεση πλάτους διατομής και βάθους ροής
- Ελεύθερο περιθώριο  $\longrightarrow F_b = \sqrt{kh}$

# Τραπεζοειδής διατομή



$$A = h(B + mh)$$

$$P = B + 2h\sqrt{(1 + m^2)}$$

# Εφαρμογή

- Τεχνητός υγροβιότοπος και στη συνέχεια αποκατάσταση της φυσικής διατομής του ποταμού σε έξοδο λεκάνης απορροής με κλίση 1‰
- Χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής: εμβαδό  $A=4 \text{ km}^2$ , συντελεστής απορροής  $C=0.7$ , χρόνος συγκέντρωσης 3 h, όμβρια καμπύλη

$$i(t, T) = \frac{333.2(T^{0.113} - 0.541)}{\left(1 + \frac{t}{0.089}\right)^{0.724}}$$

- Να βρεθεί το πλημμυρικό υδρογράφημα για  $T=50$  έτη
- Να γίνει η διόδευση του υδρογραφήματος μέσω του τεχνητού υγροβιότοπου με τη μέθοδο Muskingum ( $K=2 \text{ h}$ ,  $X=0.1$ )
- Να σχεδιαστεί η τραπεζοειδής φυσική διατομή με συντελεστή τραχύτητας  $n=0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ , κλίση πρανών  $m=2$ , μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα  $V=1 \text{ m/s}$ , και συντελεστή ελεύθερου περιθωρίου ασφάλειας  $k=0.8$