

ΜΠΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Μάθημα: Μοντελοποίηση, Πρόβλεψη και Διαχείριση Κινδύνων Πλημμυρών

Ανάλυση και αξιολόγηση τεχνικών αντιπλημμυρικών έργων

Φώτιος Π. Μάρης, Καθηγητής
Γεώργιος Παπαϊωάννου, Επικ. Καθηγητής

Η συγκεκριμένη διάλεξη αποτελείται από τμήματα της διάλεξης «Τεχνικά έργα διευθέτησης» του μαθήματος «Διαχείριση Ακραίων Υδρολογικών Φαινομένων» [Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Διδασκαλία: ΕΔΙΠ. Δρ. Λάμπρος Βασιλειάδης] όπου βασίζεται κατά μεγάλο ποσοστό στο βιβλίο «Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα» [Β. Χρυσάνθου, Εκδόσεις: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα] και από τμήματα της διάλεξης «Σχεδιασμός και διαχείριση πλημμυρικού κινδύνου σε αστικές περιοχές» [Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Καθ. Αθανάσιος Λουκάς]

Εισαγωγή

Κάθε επέμβαση σ' ένα υδατόρευμα, με τη μορφή κάποιου τεχνικού έργου, μεταβάλλει τη δυναμική του. Η νέα διαμορφούμενη κατάσταση του υδατορεύματος χρειάζεται, όμως, διαρκή προστασία και συντήρηση.

Για την περιγραφή των έργων διευθέτησης, διακρίνονται τα φυσικά υδατορεύματα σε **χειμάρρους, ορεινούς ποταμούς** και **αλλουβιακούς ποταμούς**.

Τα έργα διευθέτησης μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες:

- Έργα προστασίας πρανών
- Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης της κοίτης
- Έργα σταθεροποίησης της κοίτης
- Συντμήσεις
- Αντιπλημμυρικά έργα

Κατευθυντήριες αρχές των τεχνικών έργων

Μπορούν να συνοψιστούν με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Απαιτείται ακριβής γνώση της Υδραυλικής και της Υδρολογίας, καθώς και των ορίων της θεωρίας. Η πείρα είναι απαραίτητη.
2. Τα τεχνικά έργα σε ποταμούς απαιτούν μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για την εκτέλεση των έργων πρέπει να χρησιμοποιείται η ίδια η δύναμη του ποταμού.
3. Σκοπός των τεχνικών έργων πρέπει να είναι πάντοτε η ισορροπία ανάμεσα στη ροή και στη μορφολογία της κοίτης.
4. Ένας ποταμός είναι δημιούργημα της φύσης. Γι' αυτόν το λόγο πρέπει να «υπηρετείται» με φυσικά μέσα. Η επέμβαση στον ποταμό πρέπει να είναι «φυσική», συνειδητοποιώντας την αξία του περιβάλλοντος. Απαιτείται προστασία της χλωρίδας και της πανίδας.
5. Όλα τα τεχνικά έργα πρέπει να είναι ικανά προς προσαρμογή στις εκάστοτε επικρατούσες συνθήκες, εύκαμπτα και να επιδέχονται βελτιώσεις.

Υλικά έργων διευθέτησης

Ενώ στις συνηθισμένες κατασκευές απαιτούνται άκαμπτα και στερεά υλικά.

⋮ Στα **έργα διευθέτησης** φυσικών υδατορευμάτων απαιτείται κατά κανόνα, σχετική **ευκαμψία** και **ικανότητα προσαρμογής** στις μεταβολές της κοίτης.

Ακόμα, εκτός από τα **αδρανή υλικά** χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα η **βλάστηση**, η οποία μπορεί μέσω των ριζών της να σταθεροποιήσει το έδαφος και μέσω των κλαδιών της να μειώσει την ταχύτητα των υδατορευμάτων και συνεπώς τη διαβρωτική τους δύναμη.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, ενόψει των τεράστιων ποσοτήτων των απαιτούμενων υλικών, να αναζητούνται αυτά τα υλικά στην **πλησιέστερη δυνατή απόσταση** από το έργο προς ελαχιστοποίηση των δαπανών μεταφοράς.

Υλικά έργων διευθέτησης

Τα κατωτέρω υλικά χρησιμοποιούνται συνήθως στα έργα διευθέτησης και με τις εξής μορφές:

- **Δίθιοι** - Ως λιθορριπές, ως επένδυση, ως επίστρωση ή ως τοιχοποιία. Προτιμώνται κατά κανόνα τεμάχια μέσου μεγέθους μεταξύ 30 και 50 cm.
- **Σκυρόδεμα** Όταν η απόκτηση των λίθων είναι είτε δύσκολη είτε δαπανηρή, χρησιμοποιείται το σκυρόδεμα, κυρίως, με τη μορφή τεχνητών κυβολίθων πλευράς 1 m.
- **Ξύλο** - Χρησιμοποιείται με δύο κυρίως μορφές:
 1. Με συμπαγή μορφή τεμαχίων κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής. Τα τεμάχια αυτά κατασκευάζονται απευθείας από κορμούς δένδρων.
 2. Κλαδοπλέγματα: Αποτελούνται από κλαδιά, βέργες και γενικά από ξύλινα τεμάχια λεπτότερα των 3 cm, δεμένα στερεά με μεταλλικά ελάσματα και σύρματα. Το μήκος των κλαδοπλεγμάτων κυμαίνεται μεταξύ 3 και 4 m, και για το δέσιμό τους χρησιμοποιείται κυρίως σύρμα από μαλακό σίδηρο.
- **Τάπητες από χόρτο** - Τεμάχια χλωρού εδάφους με πλευρά από 30 έως 33 cm και πάχος 8 έως 15 cm. Χρησιμοποιούνται μερικές φορές για την κάλυψη των πρανών.
- **Σίδηρος** - Η εφαρμογή του σιδήρου είναι πολύ περιορισμένη και γίνεται είτε με τη μορφή μεμονωμένων πασσάλων είτε ως μεταλλικό πλέγμα.

Έργα προστασίας πρανών

Αποσκοπούν στην προστασία από τη διάβρωση τόσο των φυσικών πρανών όσο και των νέων πρανών, τα οποία κατασκευάζονται προς διευθέτηση της κοίτης.

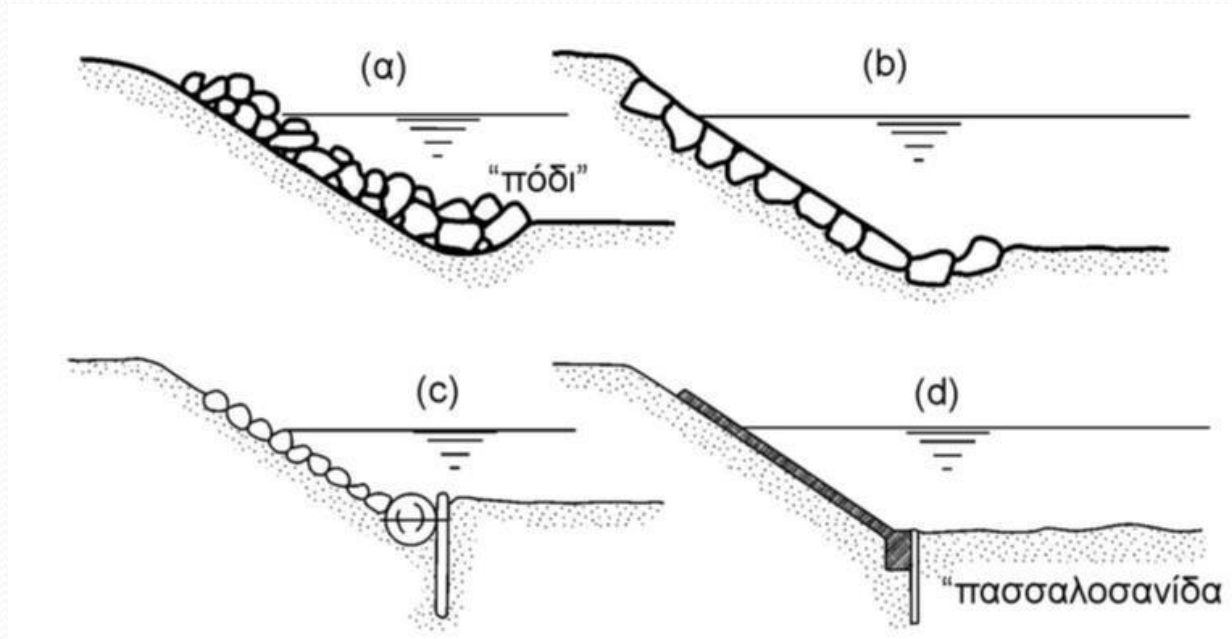
- Στα **ευθύγραμμα τμήματα** απαιτείται προστασία και των **δύο όχθών**.
- Στα **καμπυλόγραμμα τμήματα** προστατεύεται **μόνο η εξωτερική (κοίλη) όχθη**, καθόσον μόνο η εξωτερική όχθη υπόκειται σε διάβρωση, ενώ στην εσωτερική (κυρτή) όχθη λαμβάνουν χώρα μόνο εναποθέσεις.

Οι διατμητικές τάσεις, οι οποίες ασκούνται από το υδατόρευμα, λαμβάνουν τη **μέγιστη τιμή** τους στο «**πόδι**» (βάση) του πρανούς.

Το «πόδι» του πρανούς υπόκειται στο **μέγιστο κίνδυνο διάβρωσης**. Ο κίνδυνος διάβρωσης μειώνεται, όσο αυξάνει το υψόμετρο της όχθης. Γι' αυτόν τον λόγο, το μέγεθος, η ποιότητα και η αντίσταση των προστατευτικών έργων μειώνονται από την κοίτη προς τα πάνω.

Το έργο στη βάση του πρανούς μπορεί να λειτουργεί επιπρόσθετα ως θεμελίωση της λιθορριπής πάνω από τη βάση. Ως εκ τούτου, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην εξασφάλιση της βάσης του πρανούς είτε από πιθανή παράσυρση από το υδατόρευμα είτε από ολίσθηση ή βύθιση μέσα στο έδαφος της κοίτης.

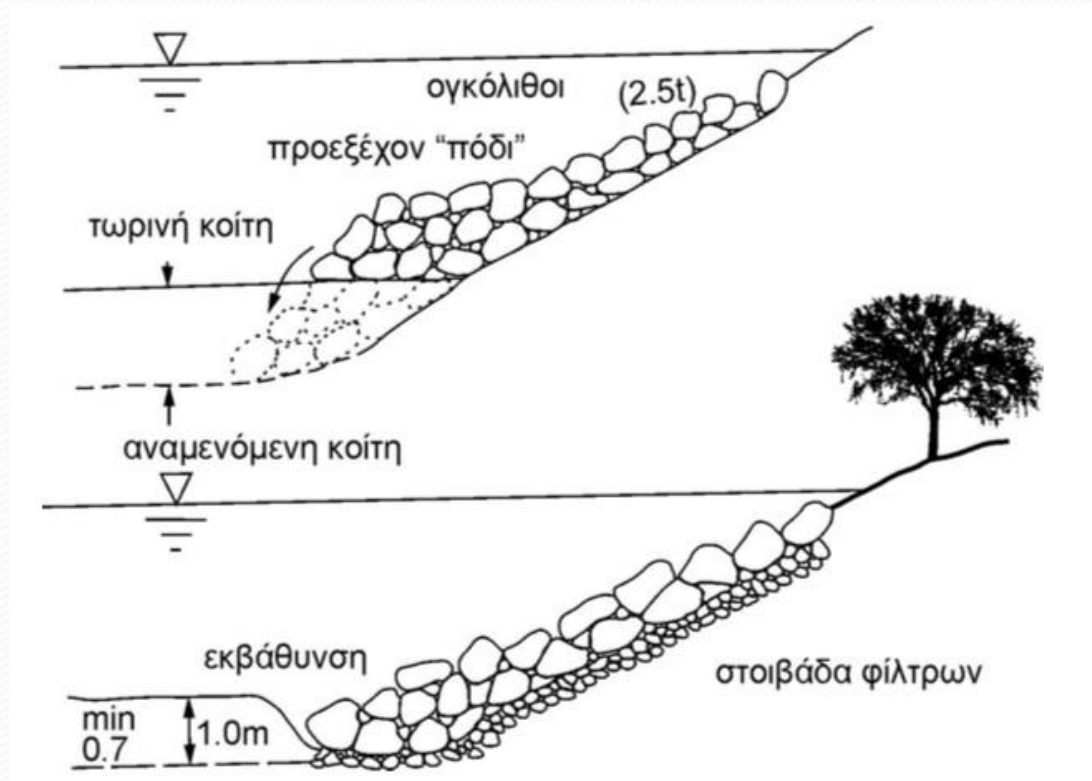
Έργα προστασίας πρανών



Προστασία πρανών σε τραπεζοειδείς διατομές:

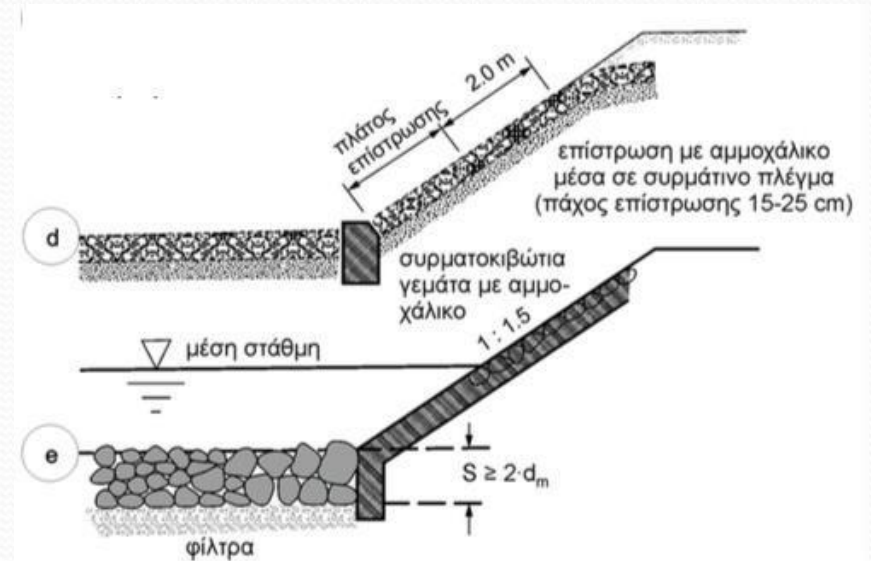
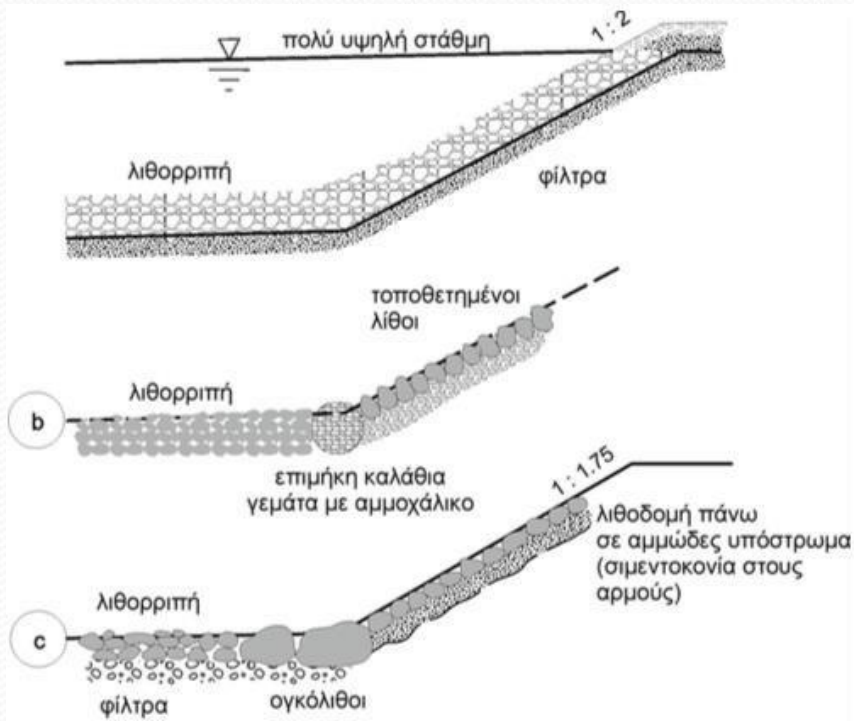
- (a) λιθορριπή,
- (b) λιθοδομή (με ή χωρίς έκχυση σιμεντοκονίας),
- (c) λιθοδομή, προστασία του «ποδιού» με επιμήκη κορμό δένδρου και πασσάλους,
- (d) πλάκες από σκυρόδεμα με ενίσχυση του «ποδιού» (ενδεχομένως πασσαλοσανίδες), (Vollmers, 1990).

Έργα προστασίας πρανών



Προστασία πρανών μεγάλου ποταμού με λιθορριπή (Vischer und Huber, 1985).

Έργα προστασίας πρανών



Προστασία πρανών – Περαιτέρω δυνατότητες διαμόρφωσης (Vollmers, 1990).

Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Αποσκοπούν στον **περιορισμό της κύριας ροής** του ποταμού μέσα σε μια **προκαθορισμένη ζώνη**.

Ο περιορισμός αυτός επιτυγχάνεται με την προστασία τμημάτων των τεχνητών οχθών, οι οποίες συνιστούν το κύριο έργο διευθέτησης.

Τα έργα, μέσω των οποίων περιορίζεται και καθοδηγείται η κύρια ροή του ποταμού, διακρίνονται σε:

(α) παράλληλα έργα και

(β) εγκάρσια έργα ή προβόλους.

Οι δύο κατηγορίες έργων είτε αποτελούν τμήμα των νέων τεχνητών οχθών είτε συντελούν στη δημιουργία αυτών είτε εκτελούν και τα δύο.

Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Παράλληλα έργα

Κατασκευάζονται με βάση τη χάραξη των νέων οχθών και αποσκοπούν στην άμεση καθοδήγηση της κύριας ροής του ποταμού μέσα στη νέα κοίτη, καθώς και στη διατήρησή της.

Η πλήρης κατασκευή της νέας όχθης ακολουθεί τα εξής στάδια:

1. Κατασκευή του αρχικού κατά μήκος έργου.

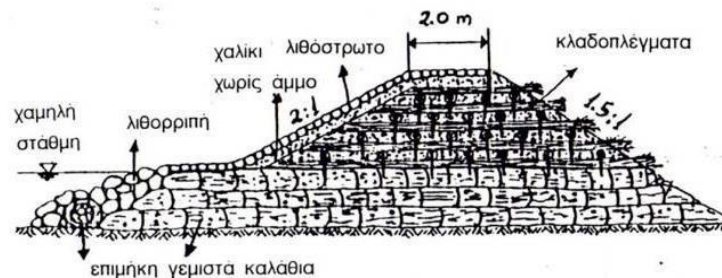
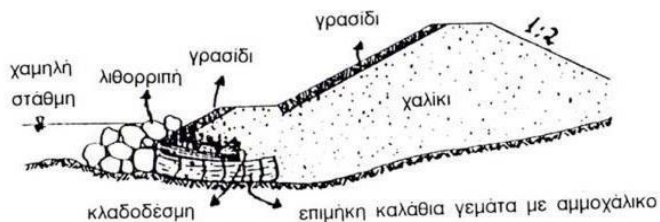
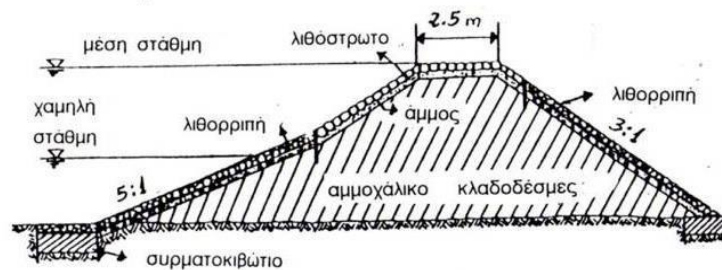
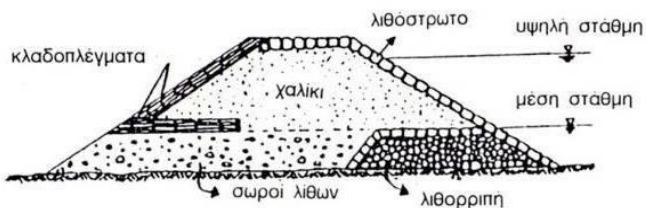
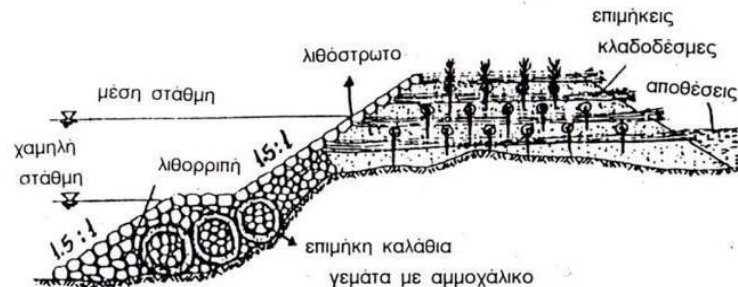
2. Πρόσχωση του χώρου ανάμεσα στην αρχική όχθη και στο έργο: Η επίχωση αυτή λαμβάνει χώρα κατά τον σχηματισμό της νέας κοίτης του ποταμού. Ένα από τα κύρια κριτήρια επιτυχίας της μελέτης των έργων διευθέτησης είναι ο βαθμός πρόσχωσης από τον ίδιο τον ποταμό. Για τον σκοπό αυτόν, η διάταξη των έργων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε αφενός να ευνοείται η είσοδος του φορτισμένου με φερτές ύλες νερού πίσω από τα έργα και αφετέρου να παρεμποδίζεται στις εν λόγω περιοχές η ανάπτυξη ισχυρών ρευμάτων, τα οποία, ενδεχομένως, θα διέβρωναν και θα παρέσυραν τις προηγούμενες ύλες.

3. Περάτωση της διευθέτησης: Συνίσταται στην τεχνητή επιχωμάτωση του υπολειπόμενου χώρου ανάμεσα στο κατά μήκος έργο και στη φυσική όχθη, στην προστατευτική επένδυση της νέας όχθης και τέλος στη δένδροφύτευση της νέας περιοχής που δημιουργήθηκε.

Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Χαρακτηριστικές διατομές κατά μήκος (παράλληλων) έργων

ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΕΡΓΑ



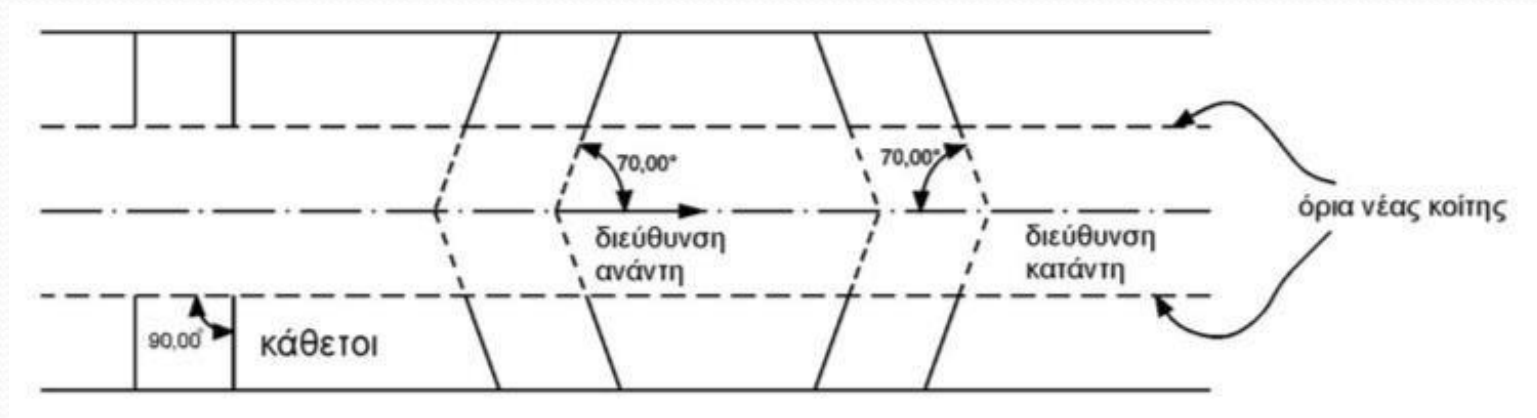
Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Εγκάρσια έργα ή πρόβολοι

Αρχίζουν από τη φυσική όχθη με γωνία προς αυτήν περίπου μεταξύ 70ο και 110ο και εκτείνονται μέχρι τη γραμμή της νέας κοίτης.

Η σπουδαιότερη διαφορά τους από τα παράλληλα έργα έγκειται στο μέγεθος της γωνίας τους με το φυσικό ρεύμα, καθόσον ούτε τα παράλληλα έργα είναι τελείως παράλληλα ούτε τα εγκάρσια τελείως κάθετα προς το ρεύμα.

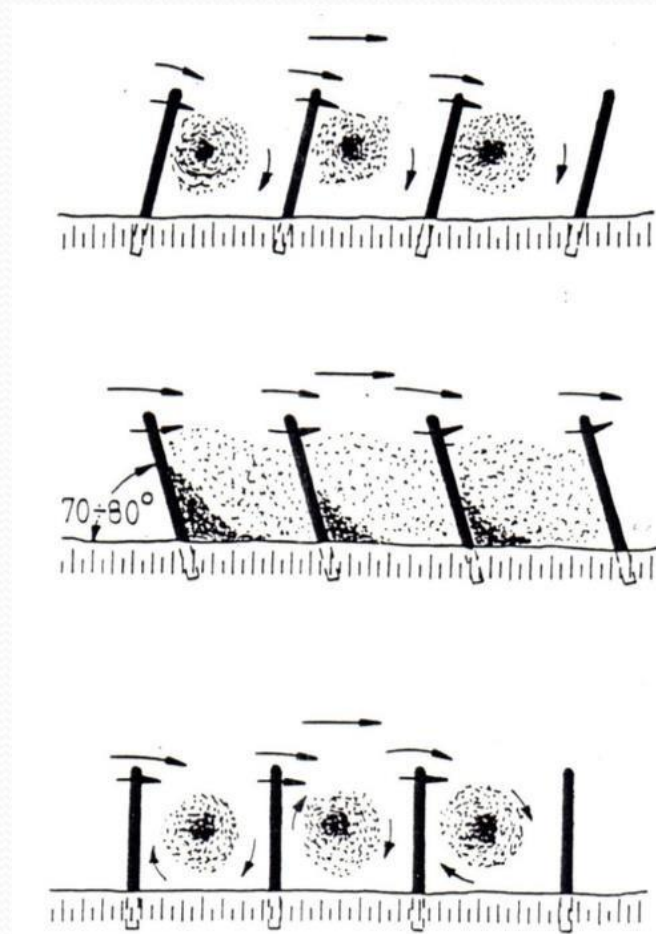
Ως προς τη διάταξή τους σε σχέση προς το ρεύμα, οι πρόβολοι διακρίνονται σε **κάθετους**, **κατευθυνόμενους ανάντη** ή **συγκλίνοντες** και **κατευθυνόμενους κατάντη** ή **αποκλίνοντες**



Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Εγκάρσια έργα ή πρόβολοι

Η παγίδευση των μεταφερόμενων από το κύριο ρεύμα φερτών υλών λαμβάνει χώρα στη δημιουργούμενη ζώνη βραδείας κυκλοφορίας ανάμεσα στους πρόβλους. Η εμπειρία έχει αποδείξει ότι οι ανάντη διευθυνόμενοι πρόβολοι είναι και οι πιο αποτελεσματικοί ως προς την ταχύτητα και τον βαθμό πρόσχωσης

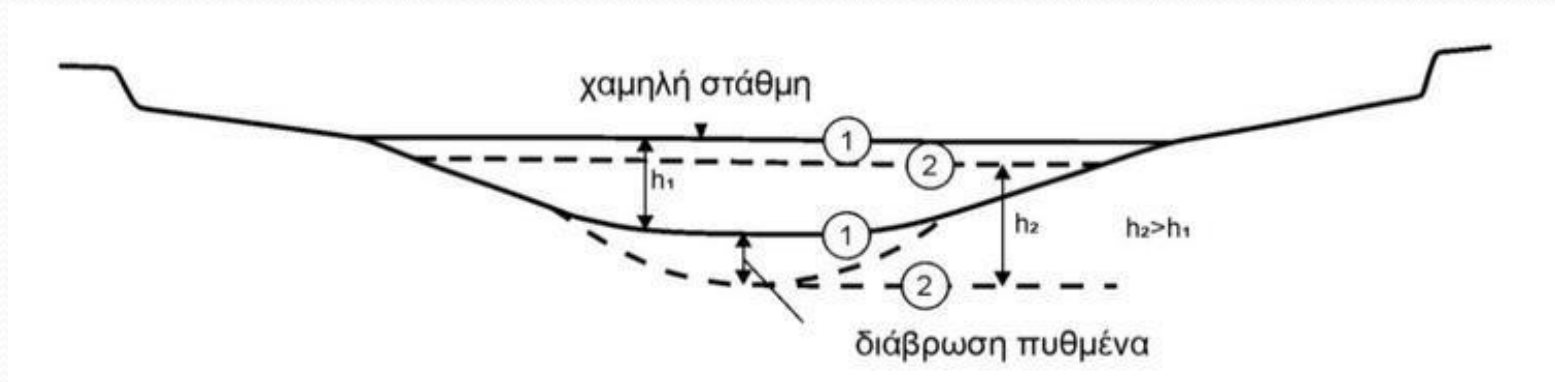


Προσχώσεις ανάμεσα στους πρόβλους
(Pürschel, 1967).

Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Εγκάρσια έργα ή πρόβολοι

Ο περιορισμός του πλάτους του υδατορεύματος μέσω των προβόλων προκαλεί διάβρωση της κοίτης.



Επίδραση των προβόλων στον πυθμένα και στην ελεύθερη επιφάνεια του ποταμού:

- (1) αμέσως μετά την κατασκευή των προβόλων,
- (2) αρκετό χρόνο μετά την κατασκευή των προβόλων (Vollmers, 1990).

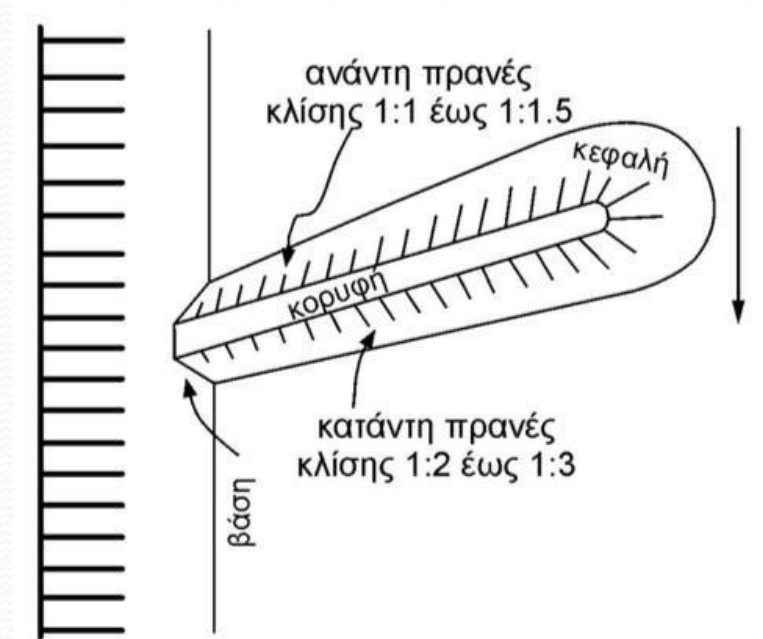
Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Εγκάρσια έργα ή πρόβολοι

Κύρια τμήματα προβόλου

Ο πρόβολος αποτελείται από:

- (α) την **κεφαλή** (δηλ. το άκρο του),
- (β) το **κύριο σώμα**, το οποίο αποτελείται περαιτέρω από τα πρανή (πλευρές) και την κορυφή (στέψη) και
- (γ) τη **βάση** (ρίζα), δηλ. τη σύνδεση με τη φυσική κοίτη



Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Εγκάρσια έργα ή πρόβολοι

Ως προς τη στάθμη της κορυφής τους, οι πρόβολοι διακρίνονται σε:

(α) **μερικώς βυθισμένους**, (μόνο η κεφαλή βρίσκεται κάτω από τη χαμηλή στάθμη),

(β) **πλήρως βυθισμένους**, (η κορυφή ολόκληρου του προβόλου βρίσκεται κάτω από τη χαμηλή στάθμη και

(γ) **μη βυθισμένους**, (η κορυφή βρίσκεται πάνω από τη χαμηλή στάθμη).

Δεν υπάρχουν γενικοί κανόνες για την **απόσταση μεταξύ των προβόλων**.

Για ευθύγραμμα τμήματα συνιστάται απλά να σχηματίζουν ρόμβο οι πρόβολοι, η φυσική όχθη και η νέα προβλεπόμενη όχθη.

Σε καμπύλα τμήματα μεγάλης ακτίνας συνιστάται πυκνότερη τοποθέτηση προβόλων στην εξωτερική όχθη και αραιότερη στην εσωτερική.

Σε καμπύλα τμήματα μικρής ακτίνας, οι πρόβολοι δεν παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αντ' αυτών συνιστώνται παράλληλα έργα διευθέτησης.

Έργα διευθέτησης και καθοδήγησης του κύριου ρεύματος

Σύγκριση μεταξύ παράλληλων και εγκάρσιων έργων

Η απόσταση μεταξύ της αρχικής και της νέας κοίτης παίζει σημαντικό ρόλο στην εκλογή του έργου διευθέτησης.

Για απόσταση μικρότερη των 10 έως 15 m πλεονεκτούν τα παράλληλα έργα και αντίστροφα.

Σε σύγκριση προς τα παράλληλα έργα, οι πρόβολοι πλεονεκτούν στο ότι επιτρέπουν εύκολα την εκ των υστέρων τροποποίηση του πλάτους της διευθετηθείσας κοίτης και στο σχετικά μικρότερο κόστος κατασκευής.

Μειονεκτούν ως προς την ομοιομορφία της νέας κοίτης, καθόσον συνιστούν απλά μεμονωμένους οδηγούς ροής, μεταξύ των οποίων η κοίτη σχηματίζεται ελεύθερα. Σε περιπτώσεις πλωτών ποταμών συνιστούν ένα πρόσθετο εμπόδιο στην ποταμοπλοΐα. Τέλος, σε ορεινούς ποταμούς με βαριά στερεοπαροχή, οι πρόβολοι δεν παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Έργα σταθεροποίησης του πυθμένα

Για τη σταθεροποίηση, υπερύψωση και αλλαγή της φυσικής κλίσης της κοίτης χρησιμοποιούνται τα εξής τρία είδη έργων:

- κατώφλια (ουδοί),
 - εγκάρσιοι αναβαθμοί
 - φραγμάτια
- } Επιτελούν την ίδια λειτουργία, διαφέρουν μόνο ως προς την τάξη μεγέθους.

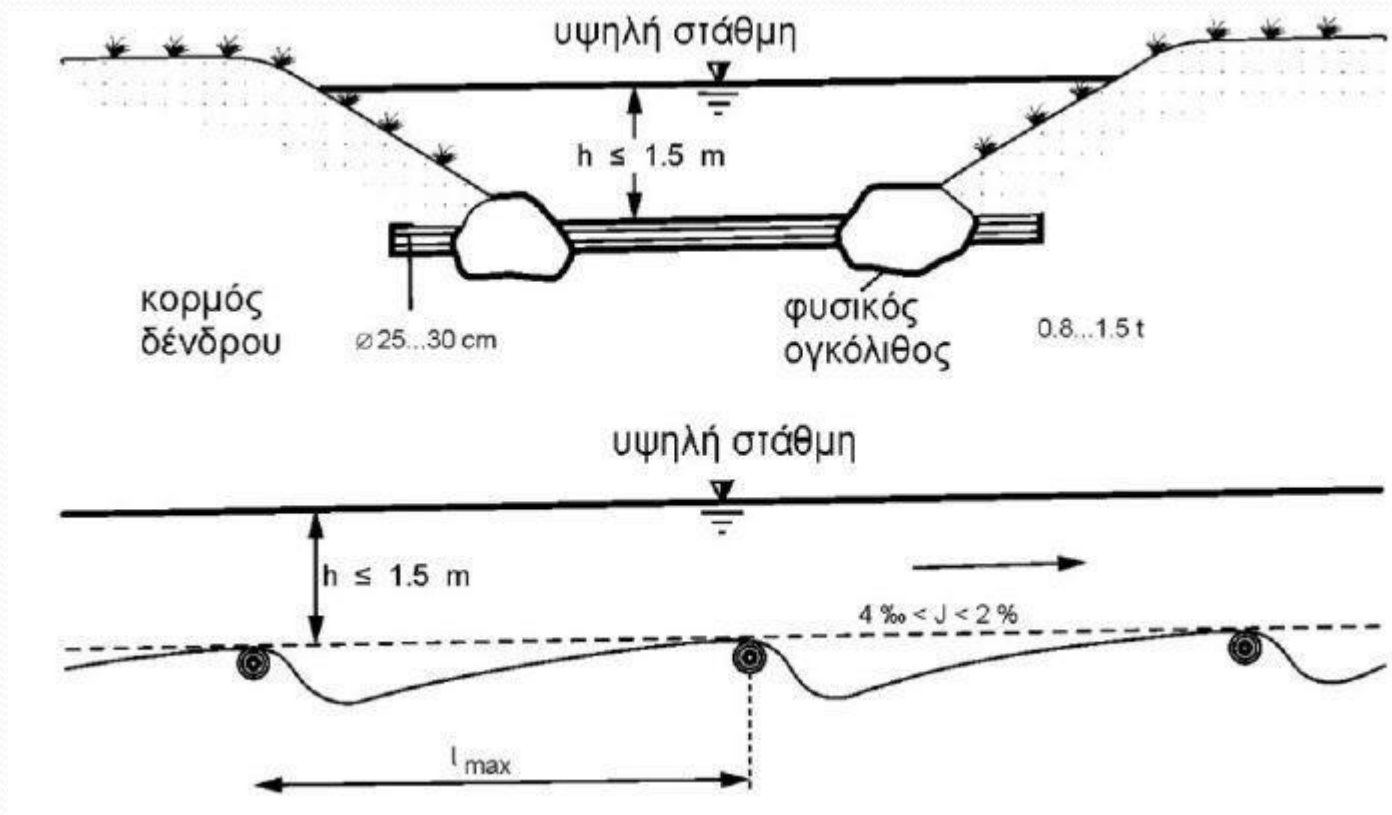
Τα **κατώφλια**, τα οποία κατά κύριο λόγο χρησιμεύουν στη σταθεροποίηση της κοίτης, διακρίνονται επίσης σε δύο κατηγορίες:

(α) σ' αυτά, που **προεξέχουν** του εδάφους της κοίτης και έχουν ύψος μέχρι 2 m

(β) σ' εκείνα που **δεν προεξέχουν**.

Έργα σταθεροποίησης του πυθμένα

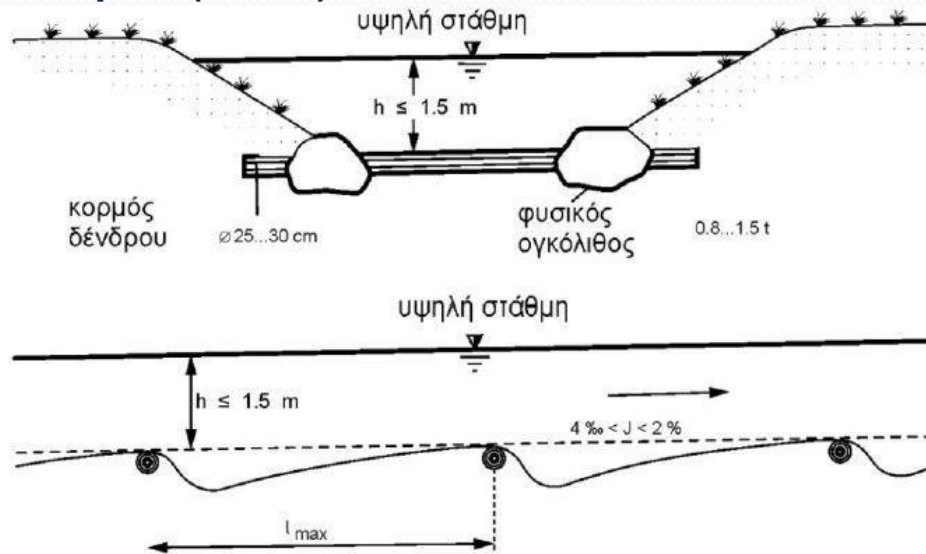
Κατώφλια (ουδοί)



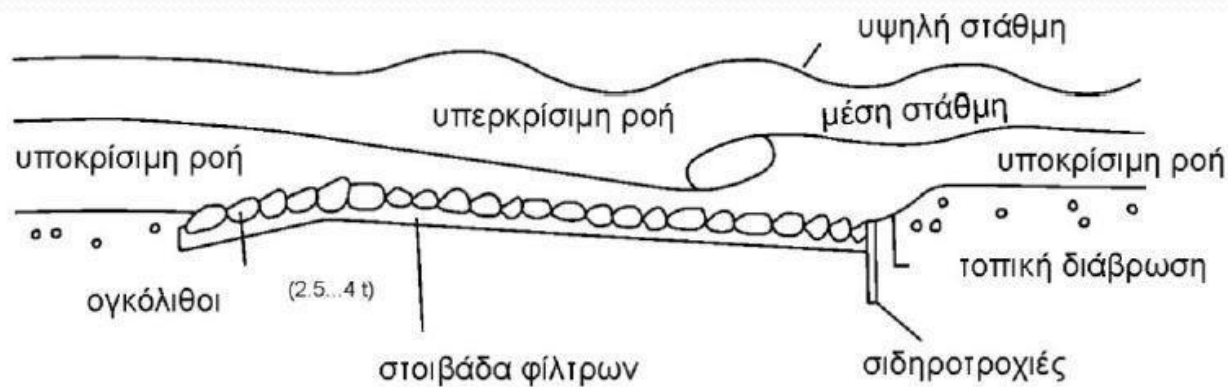
Κατώφλι από κορμό δένδρου σε υδατόρευμα (Vischer und Huber, 1985).

Έργα σταθεροποίησης του πυθμένα

Κατώφλια (ουδοί)



Κατώφλι από κορμό δένδρου σε υδατόρευμα



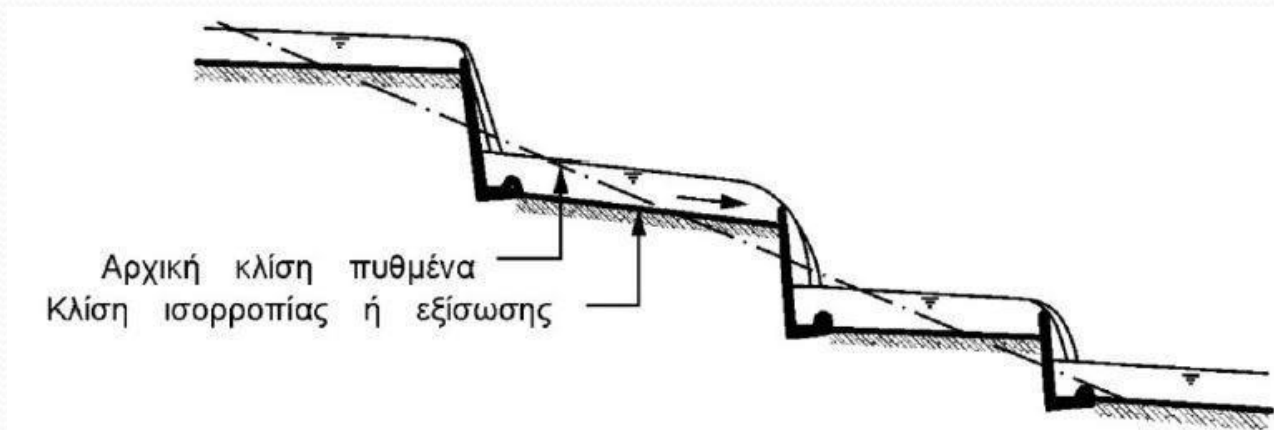
Κατώφλι από ογκολίθους σε μορφή ράμπας

Έργα σταθεροποίησης του πυθμένα

Αναβαθμοί: Μόνιμοι υπερχειλιστές για τη διατήρηση ή ανύψωση της κοίτης.

Κατά κανόνα εκτείνονται από τη μια όχθη στην άλλη, με υψηλότερη στάθμη προς τις όχθες. Το ύψος των αναβαθμών κυμαίνεται από 2 έως 6 m.

Με μια σειρά αναβαθμών επιτυγχάνεται η μείωση της κλίσης της κοίτης, καθόσον ανάμεσα στους αναβαθμούς λαμβάνουν χώρα προσχώσεις, οπότε η κοίτη αποκτά κλιμακωτό σχήμα. Το «πόδι» (η βάση) του αναβαθμού πρέπει να προστατεύεται με λιθορριπή λόγω της πτώσης του νερού αμέσως κατάντη του αναβαθμού.



Σειρά αναβαθμών για μείωση της κλίσης ενός χειμάρρου (Σακκάς, 1985).

Έργα σταθεροποίησης του πυθμένα

Φραγμάτια: φράγματα μικρής κλίμακας που μπορούν να θεωρηθούν ως αναβαθμοί μεγαλύτερου ύψους (συνήθως > 8 m).

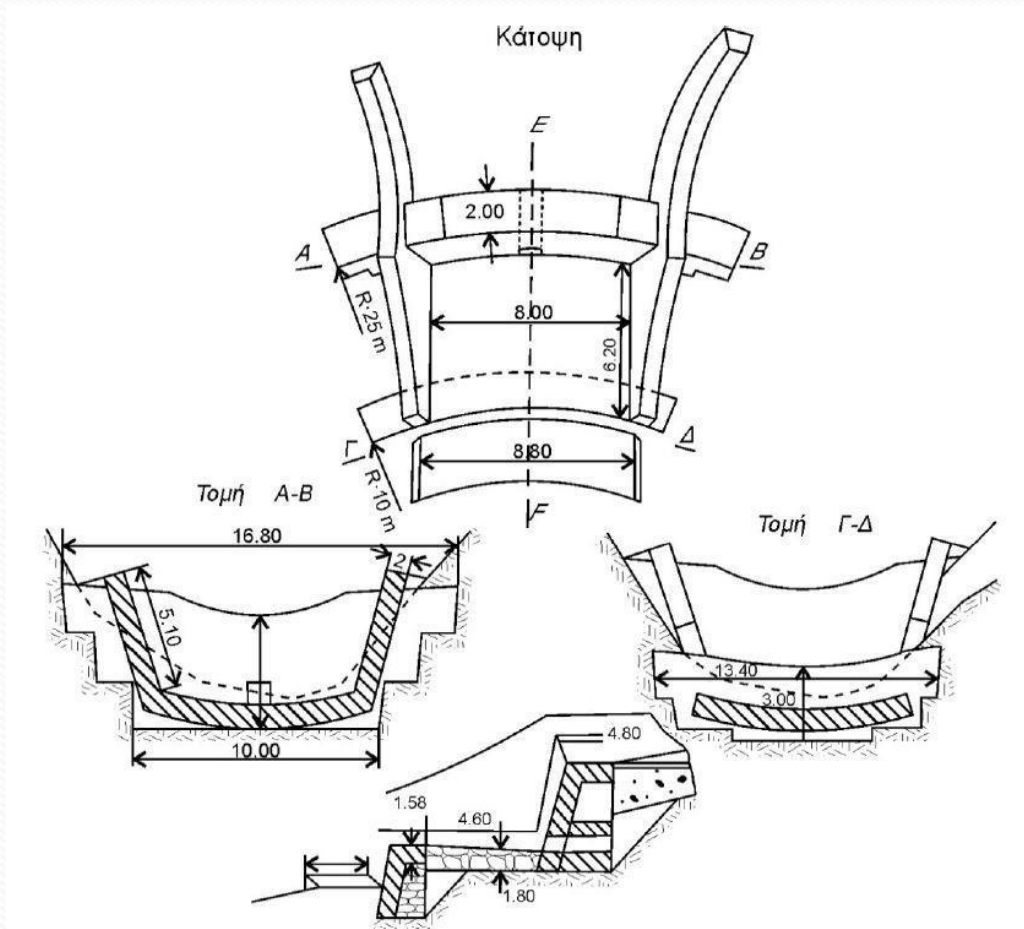
Χρησιμοποιούνται σε **ορεινούς ποταμούς** μεγάλης κλίσης και μεγάλης ταχύτητας ροής με σκοπό τη μείωσή τους, την αποφυγή διάβρωσης και τη σταθεροποίηση των πρανών μέσω της υπερύψωσης της κοίτης.

Στη βάση του φραγματίου κατασκευάζεται προστατευτικό επίστρωμα από **λιθορριπή** μήκους 1.5 έως 2 φορές την υψομετρική διαφορά των σταθμών του νερού πριν και μετά την πτώση.

Συνήθως, το υψόμετρο της στέψης του φραγματίου μειώνεται προς τον άξονα του ποταμού με σκοπό τη συγκέντρωση της παροχής προς την περιοχή αυτή. Τέλος, το νερό οδηγείται προς το φραγμάτιο μέσω παράλληλων έργων.

Εφόσον τα φραγμάτια χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συγκράτηση φερτών υλών και όχι νερού, προβλέπονται, προς αποφυγή πιέσεων στα αδιαπέρατα φραγμάτια, οπές για την απομάκρυνση του νερού. Σε μεγαλύτερης κλίμακας έργα, μέρος της τοιχοποιίας ή του σκυροδέματος αντικαθίσταται με σιδερένιες ή ξύλινες σχάρες.

Έργα σταθεροποίησης του πυθμένα Φραγμάτια

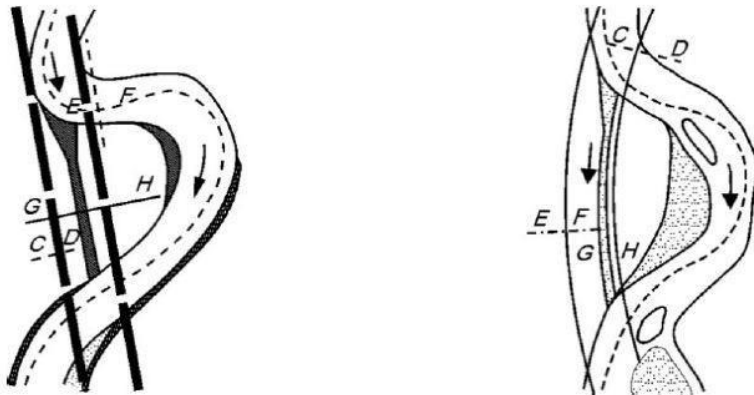


Φραγμάτιο από τοιχοποιία και σκυρόδεμα με πλευρικά παράλληλα έργα (Παρθενιάδης, 1977).

Συντμήσεις

Σκοπός των συντμήσεων είναι η εξάλειψη των μαιάνδρων μικρής ακτίνας καμπυλότητας και η μείωση του όλου μήκους του ποταμού. Εφαρμόζονται κυρίως για την ανάπτυξη της ποταμοπλοΐας.

Απαιτούνται, όταν η προέκταση σχεδόν ευθύγραμμου τμήματος του ποταμού διέρχεται από το έδαφος, το οποίο ποτέ ή σπανιότατα διασχίζεται από υδάτινο ρεύμα. Επιδιώκεται η κατά το δυνατό εκμετάλλευση της διαβρωτικής ικανότητας του νερού για την εκσκαφή της νέας κοίτης. Έτσι, εκσκάπτεται μηχανικά διώρυγα, που καταλαμβάνει ένα μέρος μόνο της σχεδιασθείσας κοίτης (με πλάτος κατά κανόνα όχι μικρότερο από το 1/10 του πλάτους της νέας κοίτης) και η υπόλοιπη εκσκαφή αφήνεται στο ρέον νερό.



Σύντμηση – Ευθύγραμμη και καμπυλόγραμμη τομή
(Παρθενιάδης, 1977).

Παραδείγματα τομών

Στην ευθύγραμμη τομή, η αρχική διώρυγα κατασκευάζεται στον άξονα της τομής, ενώ στην καμπύλη τομή η διώρυγα κατασκευάζεται πλησιέστερα στην εσωτερική παρειά της τομής.

Αντιπλημμυρικά έργα

Τα αντιπλημμυρικά έργα αποβλέπουν στην προστασία του ανθρώπου και του περιβάλλοντός του από την **υπερχείλιση των οχθών** των χειμάρρων και των ποταμών.

Ο κίνδυνος της πλημμύρας απειλεί κυρίως την καλλιεργημένη γη, τις οδούς κυκλοφορίας και τους οικισμούς, μπορεί δε να περιοριστεί μέσω:

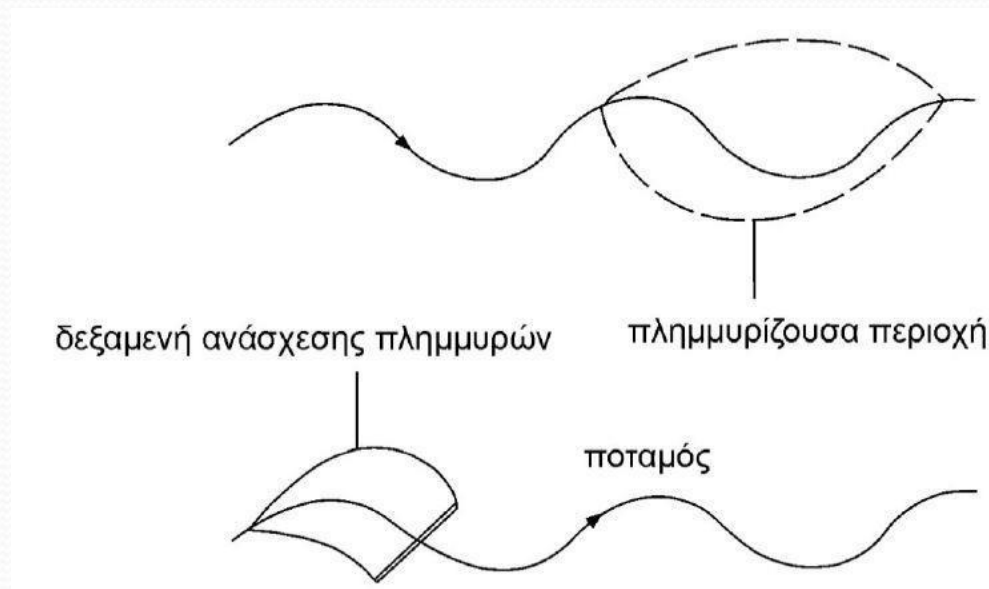
- της **ανάσχεσης** (συγκράτησης) της,
- της περαιτέρω **διοχέτευσης (διόδευσης)** της πλημμύρας
- και **μέτρων** στις περιοχές που πλημμυρίζουν.

Το χαρακτηριστικότερο τεχνικό έργο για την ανάσχεση της πλημμύρας είναι η **δεξαμενή (λεκάνη)** ή ο **ταμιευτήρας**, ενώ για τη διοχέτευση της πλημμύρας το **ανάχωμα**.

Αντιπλημμυρικά έργα

Ανάσχεση της πλημμύρας

Σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα λαμβάνει χώρα μετατόπιση της πλημμυρισμένης περιοχής προς μια δεξαμενή (λεκάνη) ανάσχεσης της πλημμύρας.



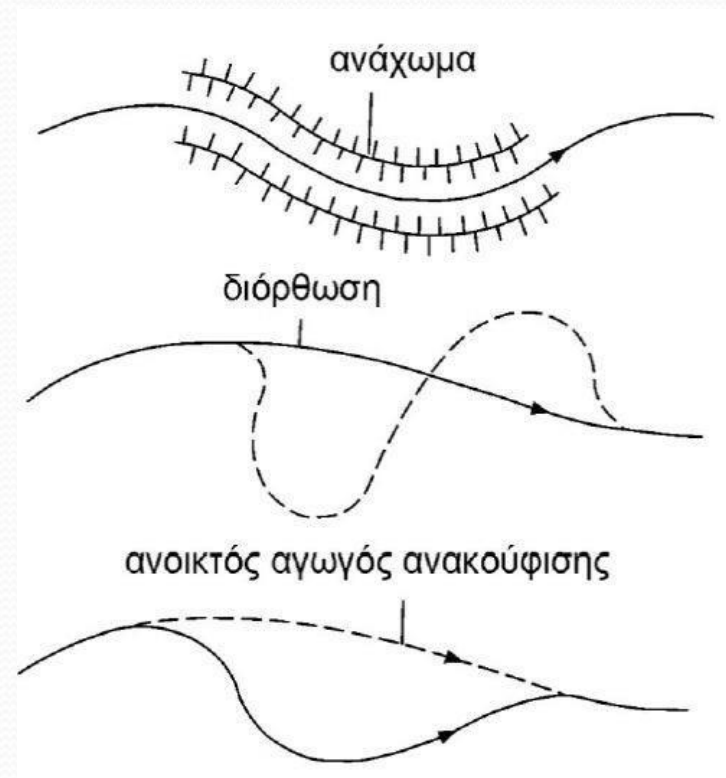
Ανάσχεση πλημμύρας (Vischer und Huber, 1985).

Αντιπλημμυρικά έργα

Διοχέτευση (διόδευση) της πλημμύρας

Η διοχέτευση της πλημμύρας πραγματοποιείται μέσω:

- προστατευτικών **αναχωμάτων** στις όχθες,
- αύξησης της διοχετευτικής ικανότητας του υδατορεύματος με τη βοήθεια **διορθώσεων**
- και δημιουργίας **ανοικτών αγωγών αποφόρτισης** (ανακούφισης).



Διοχέτευση πλημμύρας
(Vischer und Huber, 1985)

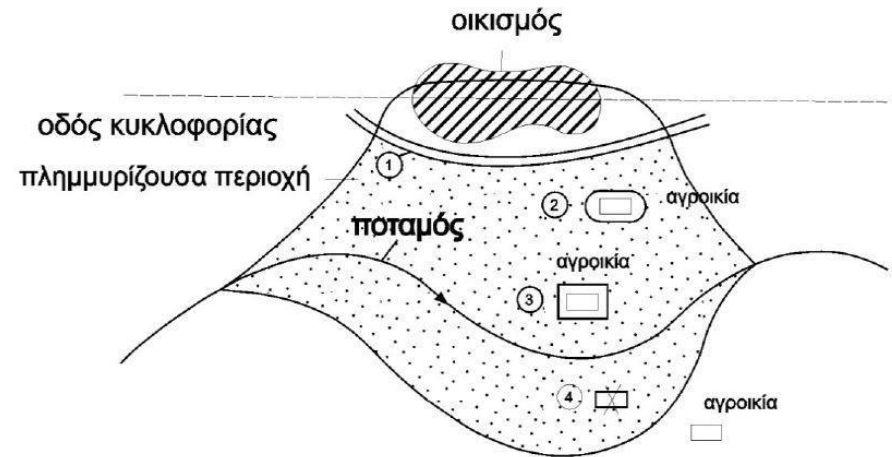
Αντιπλημμυρικά έργα

Μέτρα

Τα μέτρα στις περιοχές, οι οποίες είναι εκτεθειμένες στον κίνδυνο της πλημμύρας, αποσκοπούν στη μείωση των ζημιών και όχι στην εξολοκλήρου αποτροπή αυτών.

Στο σχήμα απεικονίζονται τα ακόλουθα κατασκευαστικά μέτρα σε μια πλημμυρίζουσα περιοχή:

ένα εσωτερικό ανάχωμα για την προστασία του οικισμού και της οδού κυκλοφορίας (1), τοποθέτηση της εξοχικής οικίας ενός αγροκτήματος σε υψηλότερο επίπεδο, πάνω σε σωρό γαιώδους υλικού (2), διαμόρφωση μιας εξοχικής κατοικίας κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην έχει υπόγειο και το ισόγειο να προστατεύεται από το νερό (3), μεταφορά της οικίας εκτός της επικίνδυνης ζώνης (4). Ανάσχεση πλημμύρας



*Προστατευτικά μέτρα στην πλημμυρίζουσα περιοχή
(Vischer und Huber, 1985)*

Αντιπλημμυρικά έργα

Μέτρα

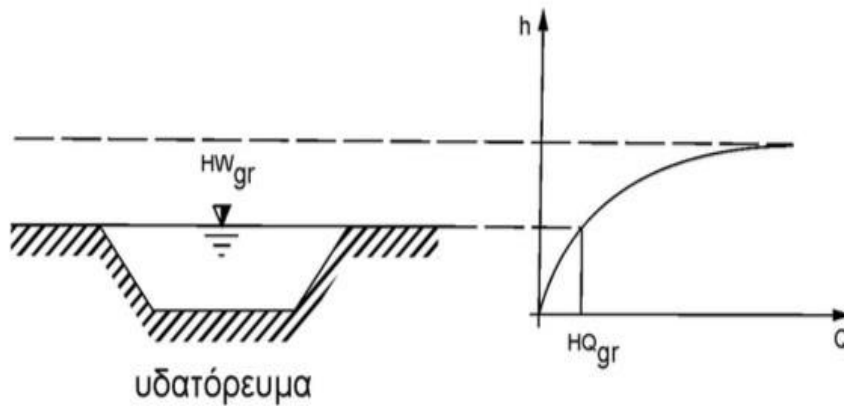
Γενικά, τα μέτρα σε μια περιοχή εκτεθειμένη στον κίνδυνο πλημμύρας μπορούν να ενταχθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Προληπτικά μέτρα σχεδιασμού**, π.χ. απαγόρευση δόμησης σε ιδιαίτερα επικίνδυνες θέσεις.
- **Κατασκευαστικά μέτρα προστασίας** οικισμών, οδών κυκλοφορίας κ.λπ.
- **Έγκαιρη προειδοποίηση** σε περίπτωση κινδύνου πλημμύρας, ώστε να καταστεί δυνατή η εκκένωση των κατοικημένων περιοχών ή η ανόρθωση προσωρινών φραγμάτων από αμμόσακκους.
- **Υπηρεσίες διάσωσης** ανθρώπων και ζώων τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά την πλημμύρα.

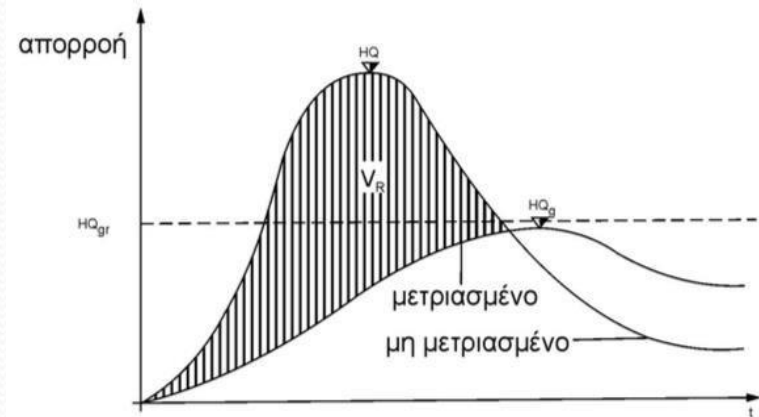
Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Σύμφωνα με την ανάσχεση της πλημμύρας στη λεκάνη απορροής ενός ποταμού, το πλημμυρικό κύμα μετριάζεται τόσο, ώστε να μην υπερχειλίζουν οι όχθες στις επικίνδυνες περιοχές.

Εάν παρασταθεί με HQ_{gr} η οριακή πλημμυρική παροχή, σύμφωνα με το σχήμα (α), τότε η παροχή αιχμής HQ_g του μετριάσμένου πλημμυρικού κύματος (σχήμα β) θα πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη $HQ_g < HQ_{gr}$. Στο σχήμα (β) φαίνεται, επίσης, ο αναγκαίος **όγκος συγκράτησης V_R** του νερού της πλημμύρας.



Σχήμα (α) Καμπύλη στάθμης-παροχής
 (Vischer und Huber, 1985).



Σχήμα (β) Μετρίασμός πλημμυρικού κύματος
 (Vischer und Huber, 1985).

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Ο μετριασμός του πλημμυρικού κύματος δύναται να επιτευχθεί μέσω φυσικών λιμνών, δεξαμενών (ή λεκανών ή ταμιευτήρων) ανάσχεσης και δημιουργίας πλημμυρικών επιφανειών.

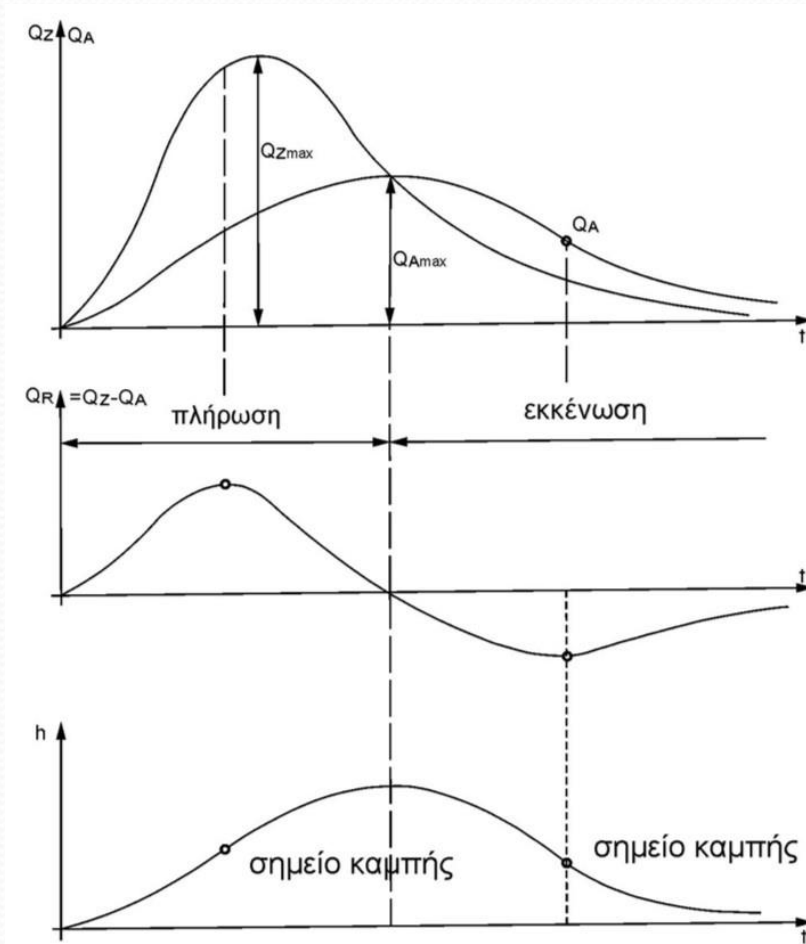
Το σχήμα (γ) δείχνει πώς το πλημμυρικό κύμα εισροής σε μία λίμνη (φυσική ή τεχνητή), Q_Z μετατρέπεται σ' ένα μετριασμένο κύμα εκροής Q_A . Η διαφορά $Q_R = Q_Z - Q_A$ χαρακτηρίζεται ως **αποθήκευση**. Η εξίσωση συνέχειας για τη λίμνη έχει την ακόλουθη μορφή:

$$Q_Z - Q_A = F \frac{dh}{dt} \quad \text{ή} \quad Q_R = F \frac{dh}{dt}$$

όπου F η έκταση της επιφάνειας και h η στάθμη της επιφάνειας της λίμνης.

Από την ανωτέρω σχέση έπεται ότι η **αποθήκευση** Q_R μηδενίζεται, όταν η **στάθμη** h γίνεται **μέγιστη**, καθώς και όταν $Q_Z = Q_A$.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας



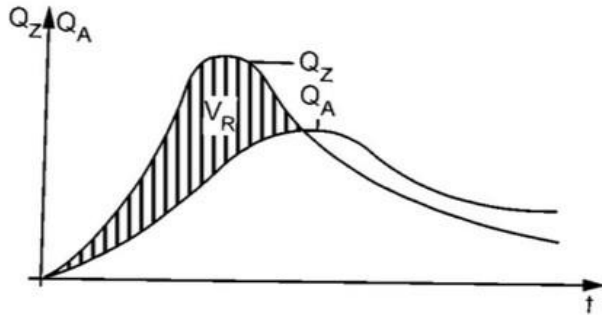
Σχήμα (γ) Υδρογραφήματα εισροής, εκροής, αποθήκευσης και σταθμηγράφημα.

$$Q_Z - Q_A = F \frac{dh}{dt} \quad \text{ή} \quad Q_R = F \frac{dh}{dt}$$

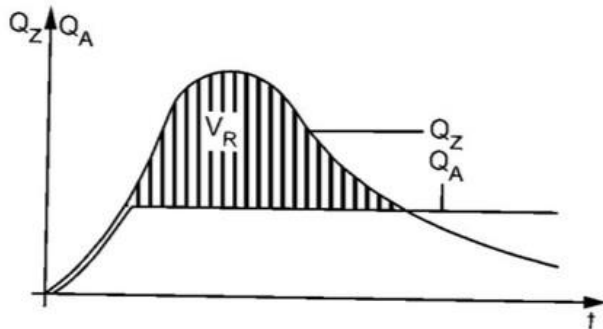
Το μέγεθος Q_R λαμβάνει ακραίες τιμές, όταν το σταθμηγράφημα $h(t)$ παρουσιάζει σημεία καμπής.

Εάν η **παροχή εκροής** Q_A εξαρτάται μόνο από τη **στάθμη** h , τότε αυτή γίνεται **μέγιστη**, όταν $Q_Z = Q_A$

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας



Όταν ένα υδατόρευμα καταλήγει σε μια φυσική λίμνη, τότε επιτυγχάνεται συγκράτηση του πλημμυρικού κύματος.



Ο όγκος, όμως, του νερού, το οποίο συγκρατείται στη λίμνη, μπορεί να αυξηθεί με την κατάλληλη ρύθμιση της εκροής από τη λίμνη μέσω της κατασκευής ενός φράγματος

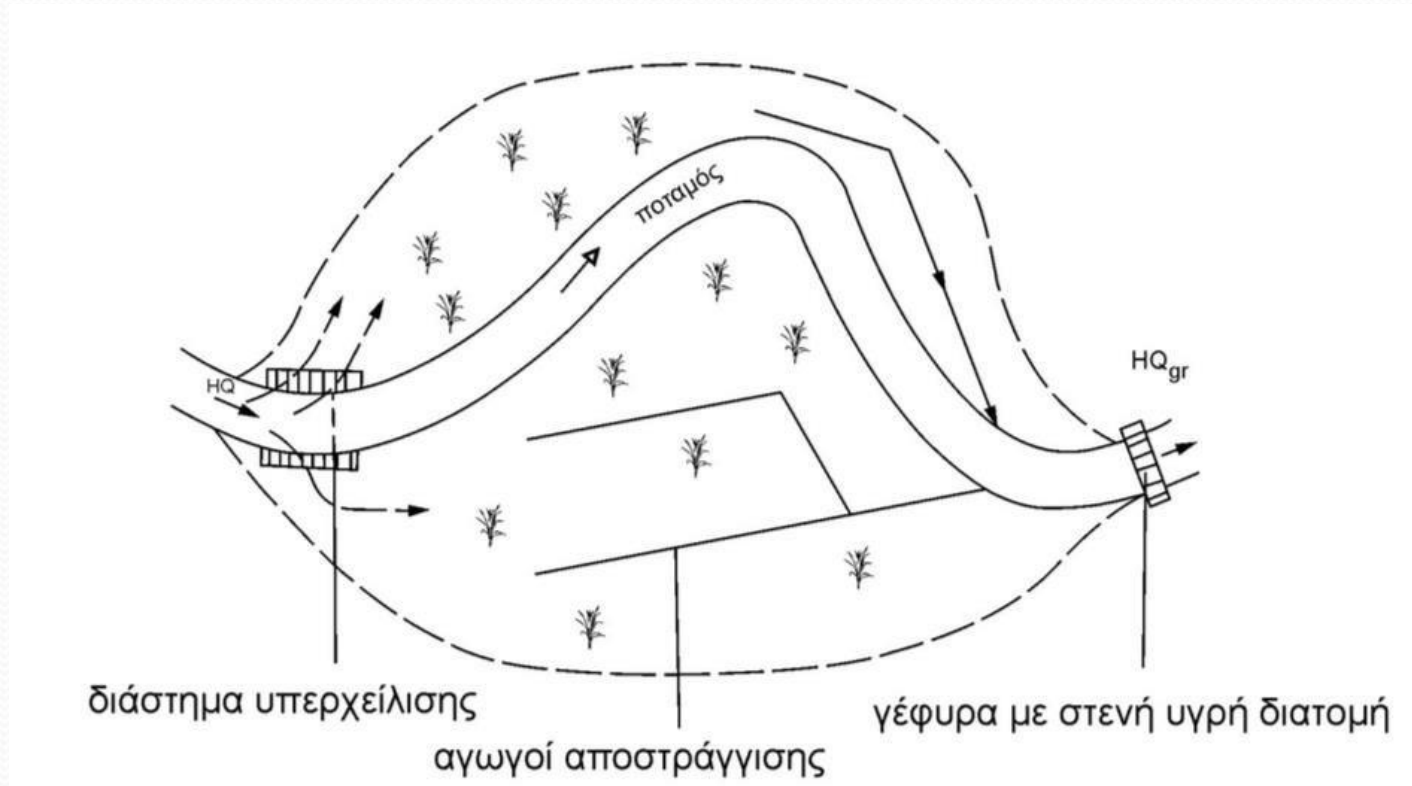
Ρυθμιζόμενη εκροή από μια φυσική λίμνη
(Vischer und Huber, 1985).

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Για την προστασία μιας περιοχής εκτεθειμένης στον κίνδυνο πλημμύρας, μπορούν, επίσης, να δημιουργηθούν νέες πλημμυρικές επιφάνειες ανάντη, σε μη σημαντικές τοποθεσίες. Η δημιουργία των εν λόγω επιφανειών δύναται να επιτευχθεί π.χ. ως εξής:

- με την κατασκευή μιας γέφυρας, στο κατάντη άκρο της θεωρούμενης πλημμυρικής επιφάνειας, με στενή υγρή διατομή, ώστε να επιβραδύνεται η εκροή του πλημμυρικού κύματος,
- με την κατασκευή εσωτερικών καναλιών, π.χ. αποστραγγιστικών αγωγών, συνδεδεμένων με το κύριο υδατόρευμα της θεωρούμενης επιφάνειας,
- με υπερχείλιση ορισμένων τμημάτων της όχθης, προστατευμένων, όμως, από τη διάβρωση.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

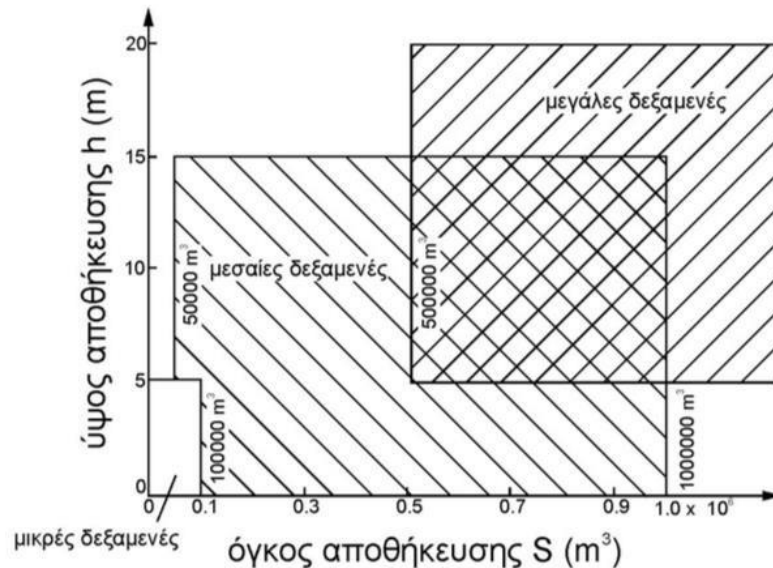


Δημιουργία πλημμυρικών επιφανειών (Vischer und Huber, 1985).

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Δεξαμενές ή ταμιευτήρες ανάσχεσης πλημμυρών: Πρόκειται για τεχνητές λίμνες με τα αντίστοιχα φράγματα, οι οποίες είναι τόσο αποτελεσματικότερες, όσο μεγαλύτερες είναι και όσο πλησιέστερα κείνται στην περιοχή υπό προστασία.

Υπάρχουν ταμιευτήρες με αποκλειστικό σκοπό τη συγκράτηση πλημμυρών και άλλοι πολλαπλών σκοπών (υδροηλεκτρική ενέργεια, άρδευση, ανάσχεση πλημμύρας κ.λπ.).



Όσο αφορά **μέγεθος** των δεξαμενών, διακρίνονται σε:

- μικρές,
- μεσαίες ,
- μεγάλες δεξαμενές.

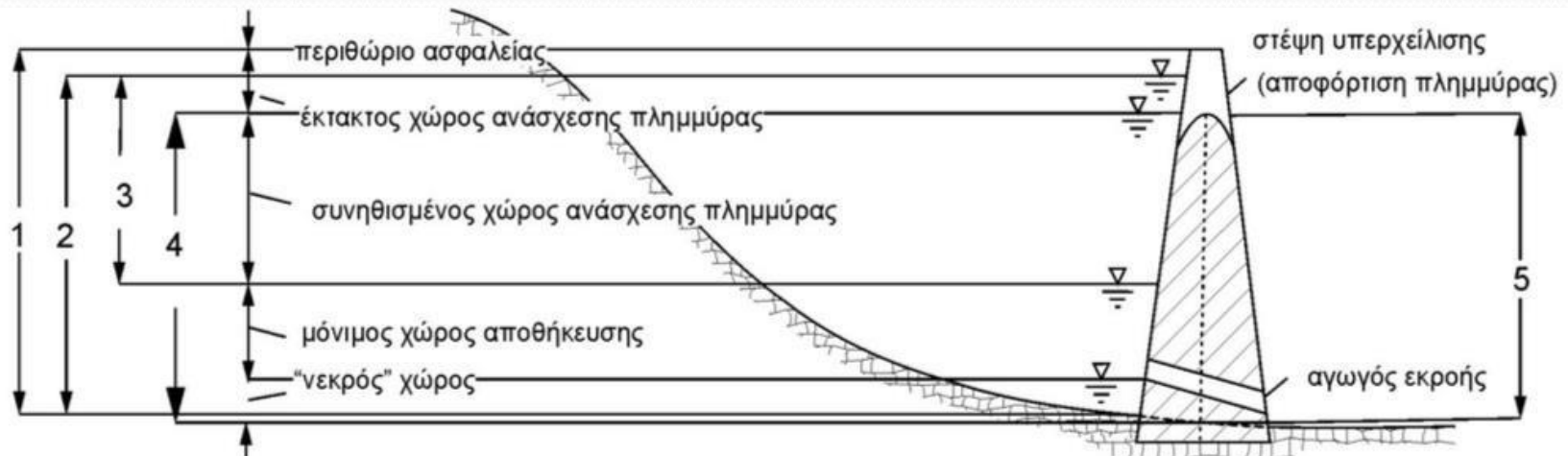
Ταξινόμηση δεξαμενών ανάσχεσης πλημμυρών σύμφωνα με το μέγεθος (Lange und Lecher, 1989).

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Ο όγκος του νερού, ο οποίος συγκρατείται στη δεξαμενή, μπορεί να είναι μεγαλύτερος, ίσος ή μικρότερος του όγκου του πλημμυρικού κύματος.

Αναφορικά με τη θέση των δεξαμενών ως προς το υδατόρευμα, υπάρχουν δεξαμενές, τις οποίες διαρρέει το υδατόρευμα και δεξαμενές κείμενες δίπλα στο υδατόρευμα. Σ' αυτές, λοιπόν, απαιτούνται ειδικοί αγωγοί για τη μεταφορά του νερού από το υδατόρευμα στη δεξαμενή.

Η εκροή του νερού από τις δεξαμενές δύναται να ρυθμίζεται ή να μη ρυθμίζεται.



*Χαρακτηριστικοί χώροι και αντίστοιχες στάθμες νερού σε μια δεξαμενή ανάσχεσης πλημμυρών.
1: χωρητικότητα δεξαμενής, 2: ολικός χώρος αποθήκευσης, 3: χώρος ανάσχεσης πλημμύρας,
4: χώρος αποθήκευσης S, 5: ύψος αποθήκευσης h (Lange und Lecher, 1989).*

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Διαστασιολόγηση δεξαμενών ανάσχεσης πλημμυρών

Για τη διαστασιολόγηση των δεξαμενών ανάσχεσης πλημμυρών είναι καθοριστικά τα ακόλουθα υδρολογικά μεγέθη:

(α) η παροχή αιχμής ή η μέγιστη στάθμη του νερού μέσα στη δεξαμενή και

(β) ο όγκος του πλημμυρικού κύματος πάνω από μια ορισμένη οριακή τιμή.

Η παροχή αιχμής ή η μέγιστη στάθμη του νερού μέσα στη δεξαμενή είναι καθοριστική ειδικότερα για τη διαστασιολόγηση της διάταξης αποφόρτισης της πλημμύρας (υπερχειλιστής).

Ο όγκος του πλημμυρικού κύματος πάνω από μια ορισμένη οριακή τιμή χρησιμεύει στον καθορισμό του όγκου του χώρου, ο οποίος προβλέπεται για την προσωρινή υποδοχή της πλημμύρας.

Η ανωτέρω αναφερθείσα οριακή τιμή όγκου νερού αντιστοιχεί σε μια απορροή στο υδατόρευμα κατάντη της δεξαμενής, χωρίς πρόκληση ζημιών.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι περίοδοι επαναφοράς των πλημμυρών, βάσει των οποίων καθορίζεται ο όγκος του χώρου ανάσχεσης των πλημμυρών, ανάλογα προς το είδος εκμετάλλευσης της περιοχής κατάντη της δεξαμενής.

Κατηγορία	Κατάντη περιοχή	T_n (έτη)
I	Βιομηχανική περιοχή	100
II	Δομημένη περιοχή, οδοί κυκλοφορίας	50 έως 100
III	Μεμονωμένα κτίσματα, οικισμοί μη κατοικούμενοι διαρκώς	25 έως 50
IV	Γεωργική περιοχή, εντατικά καλλιεργούμενη	10 έως 25
V	Αγροί	5 έως 10

Περίοδοι επαναφοράς T_n πλημμυρών μελέτης για τη διαστασιολόγηση του χώρου ανάσχεσης πλημμυρών (Lange und Lecher, 1989).

Για να αποφευχθεί με μεγάλη βεβαιότητα η υπερχειλίση του φράγματος ενός ταμιευτήρα, τίθενται ως βάση μεγαλύτερες περίοδοι επαναφοράς για τις πλημμύρες μελέτης.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

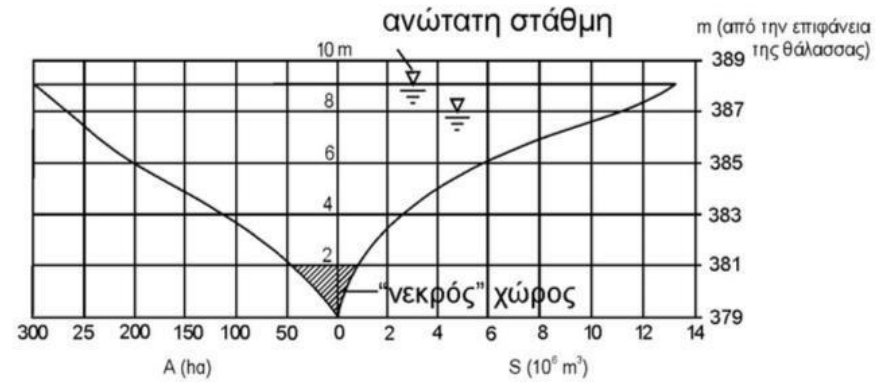
Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι περίοδοι επαναφοράς πλημμυρών μελέτης για τη διαστασιολόγηση του υπερχειλιστή του φράγματος (διάταξη αποφόρτισης πλημμύρας).

α/α	Φόρτιση	T_n (έτη)	T_n (έτη)	Πρόσθετη ασφάλεια (%)	Πρόσθετη ασφάλεια (%)
		μικρές δεξαμενές	μεσαίες και μεγάλες δεξαμενές	μικρές δεξαμενές	μεσαίες και μεγάλες δεξαμενές
1	κανονική	100	200	0	0
2	μέγιστη	1000	1000	75	75
3	κινητά θυροφράγματα	300	200	75	75

Περίοδοι επαναφοράς T_n πλημμυρών μελέτης για τη διαστασιολόγηση υπερχειλιστών φραγμάτων (Lange und Lecher, 1989).

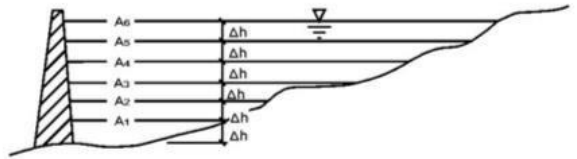
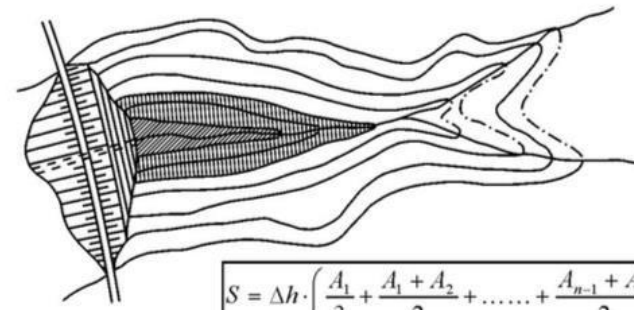
Τα αποτελέσματα των ανωτέρω υπολογισμών μπορούν να παρασταθούν γραφικά σε δύο διαγράμματα, σ' ένα διάγραμμα, το οποίο δίνει την επιφάνεια του ταμιευτήρα ως συνάρτηση της στάθμης νερού και σ' ένα δεύτερο, το οποίο δίνει τη χωρητικότητα του ταμιευτήρα πάλι ως συνάρτηση της στάθμης ή του βάθους νερού.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας



καμπύλη επιφάνειας ταμιευτήρα

καμπύλη χωρητικότητας ταμιευτήρα



Εύρεση της χωρητικότητας ενός ταμιευτήρα
 (Lange und Lecher, 1989).

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Η χωρητικότητα του ταμιευτήρα δύναται να εκτιμηθεί επίσης, από τη σχέση:

$$S (ah)^b$$

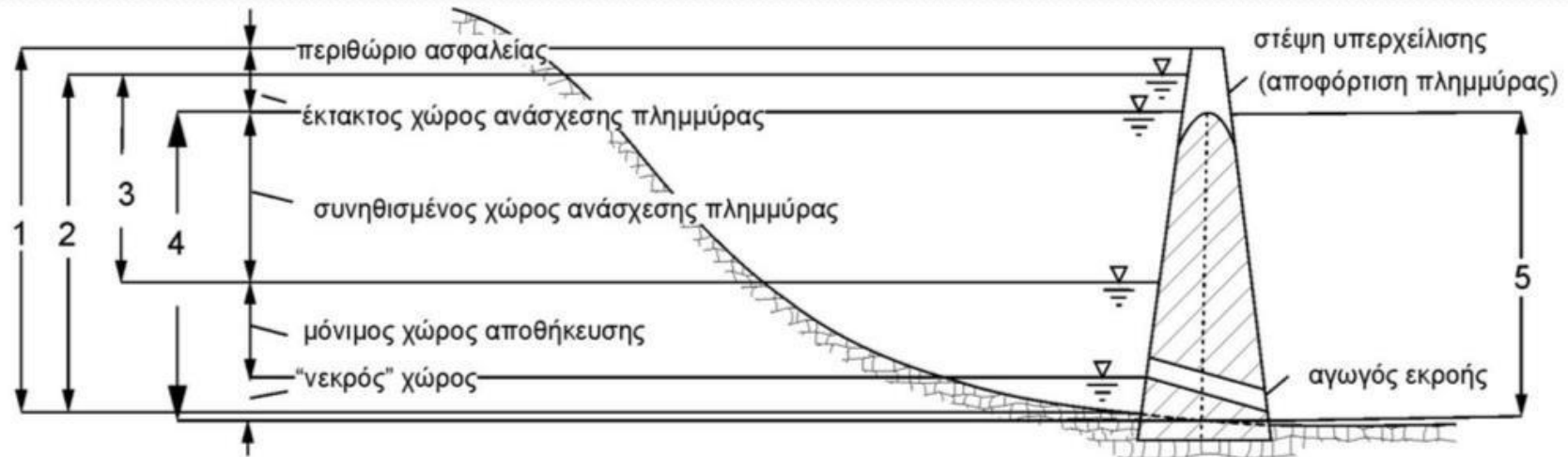
Σ' αυτήν την περίπτωση, οι συντελεστές a και b επιλέγονται από τον παρακάτω πίνακα.

Αβαθής ταμιευτήρας	$S = 10^5 h \text{ (m}^3\text{)}$
Ταμιευτήρας με μόνιμο όγκο νερού	$S = 10^5 (0.5h)^{1.7} \text{ (m}^3\text{)}$
Ταμιευτήρας χωρίς μόνιμο όγκο νερού	$S = 10^5 (0.4h)^{2.2} \text{ (m}^3\text{)}$

*Εμπειρική σχέση για τη χωρητικότητα ενός ταμιευτήρα
(Lange und Lecher, 1989).*

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Όσον αφορά τον όγκο του χώρου ανάσχεσης της πλημμύρας, ο πίνακας που ακολουθεί παρέχει υποδείξεις για την τάξη μεγέθους του όγκου αυτού. Ο όγκος του συνηθισμένου χώρου ανάσχεσης της πλημμύρας εξαρτάται από το είδος της εκροής του νερού μέσω του φράγματος (ρυθμιζόμενη ή μη ρυθμιζόμενη).



Έκταση λεκάνης απορροής	Βαθμός προστασίας	Ειδική χωρητικότητα ταμιευτήρα
>50 km ²	μικρός	10000 έως 25000 m ³ /km ²
10 έως 50 km ²	μέσος	25000 έως 50000 m ³ /km ²
<10 km ²	μεγάλος	50000 έως 100000 m ³ /km ²

Όγκος χώρου ανάσχεσης πλημμύρας (Lange und Lecher, 1989).

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Για τη ρυθμιζόμενη εκροή, η διατομή του αγωγού εκροής κοντά στη βάση του φράγματος είναι σταθερή. Ο καθορισμός του εν λόγω όγκου μπορεί να γίνει βάσει της εξίσωσης συνέχειας:

$$Q_Z \Delta t = Q_A \Delta t + A \Delta h$$

όπου Q_Z η παροχή εισροής, Q_A η παροχή εκροής, A η επιφάνεια του ταμιευτήρα, Δt το χρονικό βήμα, Δh η μεταβολή της στάθμης νερού του ταμιευτήρα και $A \Delta h$ ο όγκος ανάσχεσης.

Όμως, η διαστασιολόγηση σύμφωνα με την ανωτέρω αρχή δεν είναι η βέλτιστη, διότι, συχνά, η συγκράτηση της πλημμύρας αρχίζει για παροχή εισροής μικρότερη από την επιτρεπόμενη παροχή στο υδατόρευμα κατάντη του φράγματος. Έτσι, ο ταμιευτήρας καταπονείται άνευ λόγου.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Για τη ρυθμιζόμενη εκροή, η διατομή του αγωγού εκροής προσαρμόζεται στην πλημμυρική παροχή και στη διοχετευτικότητα του υδατορεύματος κατάντη του φράγματος. Ο όγκος του συνηθισμένου χώρου ανάσχεσης πλημμύρας προκύπτει από την αθροιστική καμπύλη της παροχής εισροής και την αθροιστική καμπύλη της παροχής εκροής.

Όταν αρχίζει η αποφόρτιση της πλημμύρας, ενεργοποιείται ο έκτακτος χώρος ανάσχεσης πλημμύρας. Όταν μάλιστα η στέψη υπερχείλισης του φράγματος είναι συμπαγής, δεν μπορεί να ελεγχθεί ο έκτακτος χώρος ανάσχεσης, ενώ, όταν υπάρχουν στη στέψη του φράγματος κινητά θυροφράγματα, μπορεί να ελεγχθεί ο χώρος αυτός. Η διαστασιολόγηση του έκτακτου χώρου ανάσχεσης επιτυγχάνεται πάλι βάσει της εξίσωσης συνέχειας.

Ανάμεσα στη στάθμη του έκτακτου χώρου ανάσχεσης και στην ανώτατη στέψη του φράγματος πρέπει να προβλέπεται ένα περιθώριο ασφαλείας τουλάχιστον ίσο προς 1 m. Συνήθως, συνιστάται ένα περιθώριο ασφαλείας ίσο προς 1.5 m. Κύριο ρόλο στον καθορισμό του περιθωρίου αυτού παίζει ο σχηματισμός κυμάτων στην επιφάνεια του ταμιευτήρα λόγω ανέμου.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Διαστασιολόγηση λοιπών διατάξεων του φράγματος

Η διαστασιολόγηση του κλειστού αγωγού μέσα στο σώμα του φράγματος για την εκροή του νερού επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του τύπου:

$$Q = aA(2gh_D)^{1/2}$$

όπου Q : παροχή (m^3/s)

a : συντελεστής, μέσω του οποίου λαμβάνεται υπόψη η συστολή της δέσμης νερού, η τριβή κ.λπ.

A : υγρή διατομή (m^2)

g : επιτάχυνση βαρύτητας ($9.81 m/s^2$)

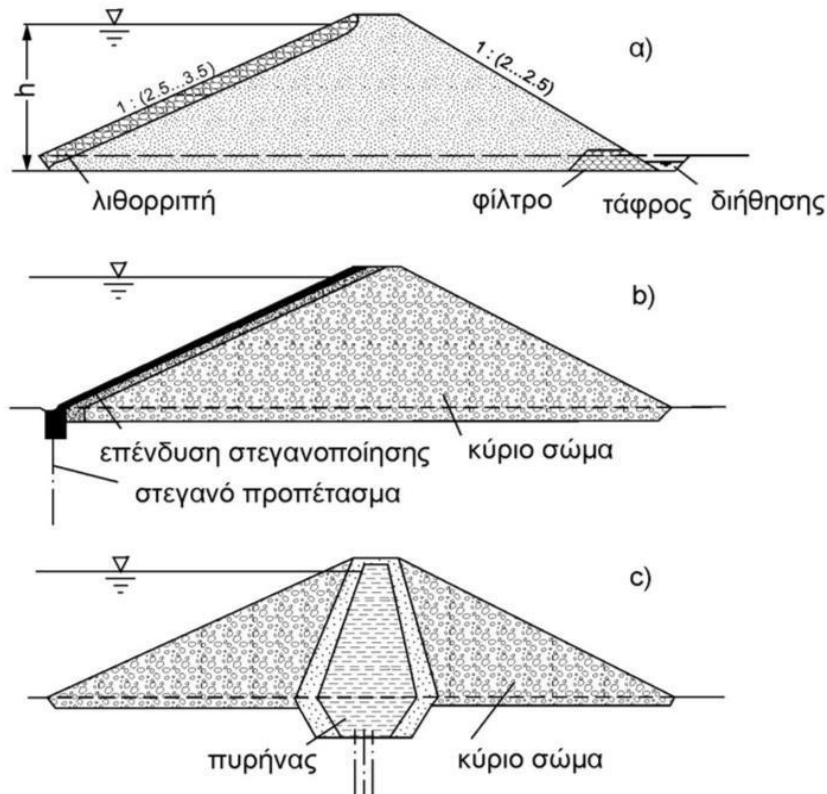
h_D : ύψος πίεσης (m), (διαφορά μεταξύ στάθμης ελεύθερης επιφάνειας ταμιευτήρα και άξονα του αγωγού στην περίπτωση ελεύθερης εκροής, διαφορά μεταξύ στάθμης ελεύθερης επιφάνειας ταμιευτήρα και στάθμης νερού κατάντη του φράγματος στην περίπτωση βυθισμένης εκροής).

Η τιμή του συντελεστή a δίδεται από τη σχέση: $a = (1 + \sum \zeta_i)^{-1/2}$

όπου i είναι συντελεστές τοπικών απωλειών ενέργειας.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Κατασκευαστική διαμόρφωση φραγμάτων



Διατομή χωμάτινων φραγμάτων (a: ομογενές φράγμα, b και c: «ζωνικά» φράγματα)

Τα φράγματα, σε δεξαμενές ανάσχεσης πλημμυρών, είναι κατά κανόνα **χωμάτινα**. Ως δομικά υλικά χρησιμοποιούνται τόσο συνεκτικά εδάφη όσο και μη συνεκτικά.

Το κύριο σώμα του φράγματος κατασκευάζεται από μη συνεκτικά υλικά (άμμος, χαλίκια και λίθοι), ενώ για τη στεγανότητα του φράγματος χρησιμοποιούνται συνεκτικά υλικά.

Αντιπλημμυρικά έργα - Ανάσχεση της πλημμύρας

Κατασκευαστική διαμόρφωση φραγμάτων

Λόγω των διαφορετικών συνθηκών κατά περίπτωση (έδαφος θεμελίωσης, διατιθέμενα δομικά υλικά, συνθήκες ευστάθειας), δεν υπάρχει μια τυπική λύση για το φράγμα. **Καθοριστικά στοιχεία** για την κατασκευή του φράγματος είναι το **ύψος** αυτού, η **σύσταση του εδάφους θεμελίωσης**, η **ύπαρξη και οι ιδιότητες των δομικών υλικών**.

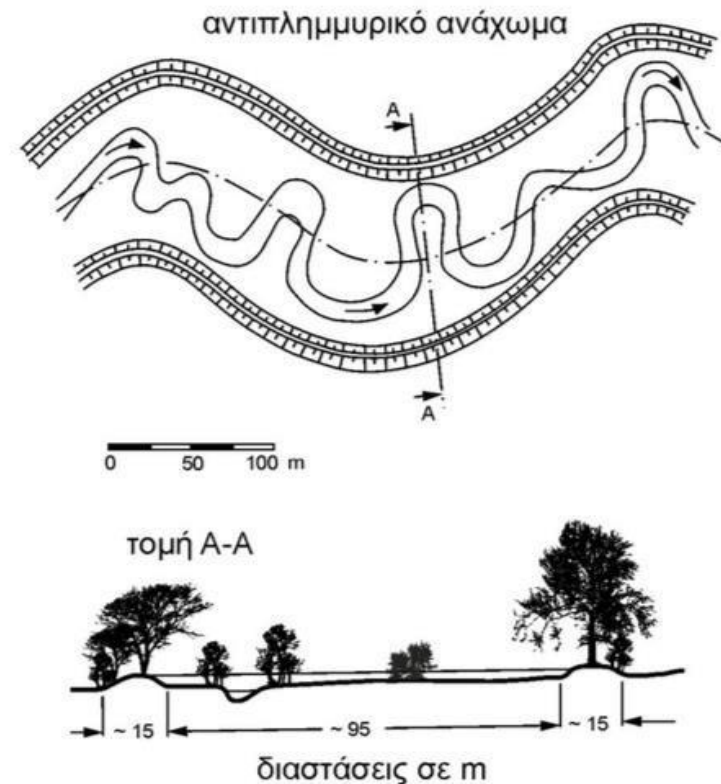
Ομογενή φράγματα κατασκευάζονται, όταν υπάρχει κοντά στη θέση των φραγμάτων υλικό δύσκολα διαπερατό από το νερό, σε μεγάλες ποσότητες. Συχνά, ο μικρός χρόνος συγκράτησης του νερού στον ταμιευτήρα δεν επαρκεί για τον σχηματισμό μιας χαρακτηριστικής γραμμής διήθησης. Σ' αυτήν την περίπτωση προστίθεται ένα στραγγιστήριο (φίλτρο) στο «πόδι» του εξωτερικού πρανούς (προς την πλευρά της ατμόσφαιρας), το οποίο προκαλεί πτώση της γραμμής διήθησης. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η έξοδος του νερού προς το εξωτερικό πρανές.

Εάν, όμως, δεν υπάρχουν κοντά στη θέση του φράγματος επαρκείς ποσότητες υλικού, δύσκολα διαπερατού από το νερό, τότε κατασκευάζονται «ζωνικά» φράγματα με έναν πυρήνα ή με εξωτερική επένδυση από αδιαπέρατο υλικό (αργιλώδες ή ασφαλτικό υλικό) προς επίτευξη στεγανότητας.

Αντιπλημμυρικά έργα - Αναχώματα

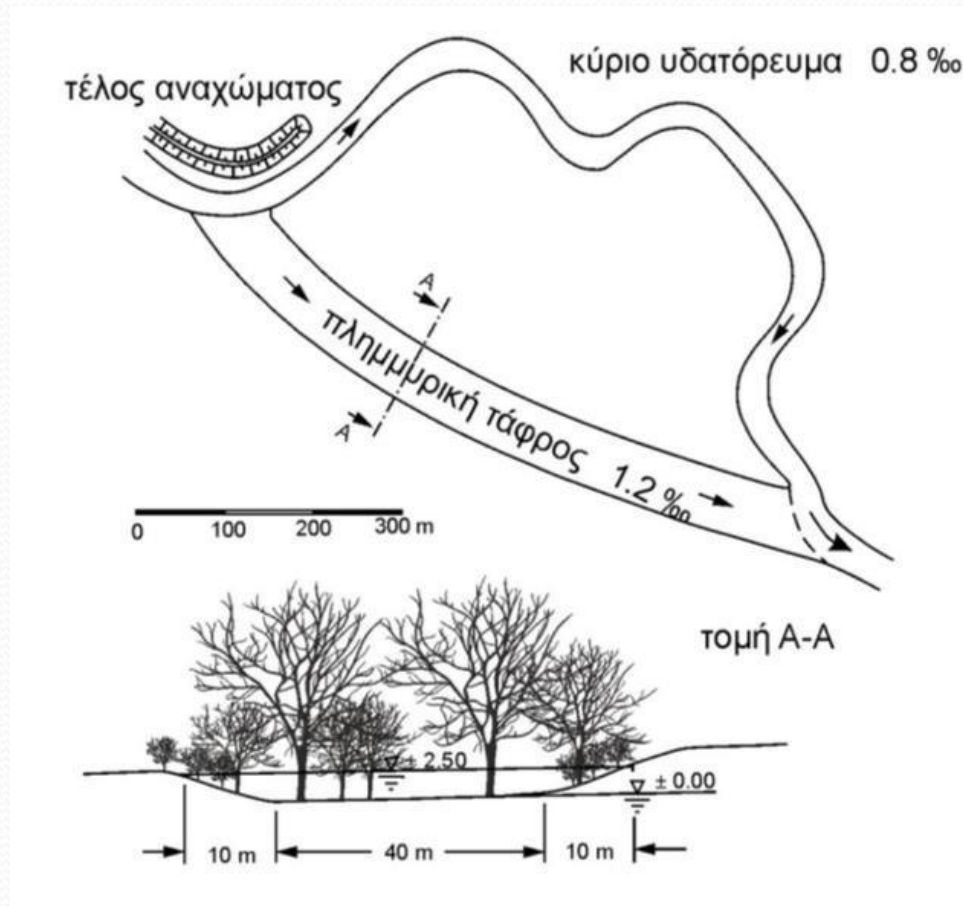
Αναχώματα κατασκευάζονται, όταν η στάθμη του νερού, σε περίπτωση πλημμυρών, βρίσκεται υψηλότερα από τις υπό προστασία επιφάνειες. Αυτά, ή διατάσσονται απευθείας στον ποταμό ή έχουν μια πλημμυρική κοίτη με πλάτος τουλάχιστον ίσο προς 10 m.

Πλησιέστερα προς τη φύση βρίσκονται οι **πλημμυρικές τάφροι**, οι οποίες δέχονται ένα μέρος της πλημμυρικής απορροής, όταν η στάθμη του νερού στο θεωρούμενο υδατόρευμα υπερβεί μια ορισμένη τιμή.



Αναχώματα χωρίς διευθέτηση του υδατορεύματος (Lange und Lecher, 1989)

Αντιπλημμυρικά έργα - Αναχώματα



Πλημμυρική τάφρος (Lange und Lecher, 1989)

Αντιπλημμυρικά έργα - Αναχώματα

Οι συνέπειες της κατασκευής αναχωμάτων από υδραυλική άποψη μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Περιορισμός της φυσικής συγκράτησης της πλημμύρας και ως εκ τούτου αύξηση της πλημμυρικής απορροής στο υδατόρευμα κατάντη των αναχωμάτων. Ταχύτερη απορροή των πλημμυρικών κυμάτων.
- Μείωση του εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα κατά τις πλημμύρες και ως εκ τούτου μείωση της απορροής νερού χαμηλής στάθμης.
- Αύξηση της ταχύτητας ροής στη στενή πλημμυρική διατομή, η κοίτη και τα πρηνή καταπονούνται περισσότερο.
- Τα λιπάσματα στις περιοχές που πλημμυρίζουν, απομακρύνονται μέσω των μεταφερόμενων φερτών υλών.

Αντιπλημμυρικά έργα - Αναχώματα

Διάκριση αναχωμάτων:

1.Κλειστά αναχώματα: συνδέονται με το έδαφος, το οποίο είναι εκτός κινδύνου πλημμύρας. Το νερό, το οποίο συλλέγεται στη δημιουργούμενη κλειστή περιοχή, μετά την πτώση της στάθμης του κύριου υδατορεύματος, διοχετεύεται ή αντλείται προς αυτό.

2.Ανοικτά αναχώματα: είναι ανοικτά στο κατάντη άκρο. Ένα τμήμα της γύρω περιοχής πλημμυρίζει. ύριος σκοπός αυτών είναι η προστασία από διάβρωση.

3.Αναχώματα συγκράτησης: συνοδεύουν έναν παραπόταμο. ρέπει να εκτείνονται τόσο πολύ προς τα ανάντη, ώστε να μη περιρρέονται από το συγκεντρωμένο νερό του κύριου υδατορεύματος.

4.Καθοδηγητικά αναχώματα: καθοδηγούν τη ροή και εμποδίζουν την απόθεση φορτίου κοίτης.

5.Εσωτερικά αναχώματα: χωρίζουν την υπό προστασία περιοχή, ώστε σε περίπτωση θραύσης του κύριου αναχώματος να μειωθούν οι ζημιές.

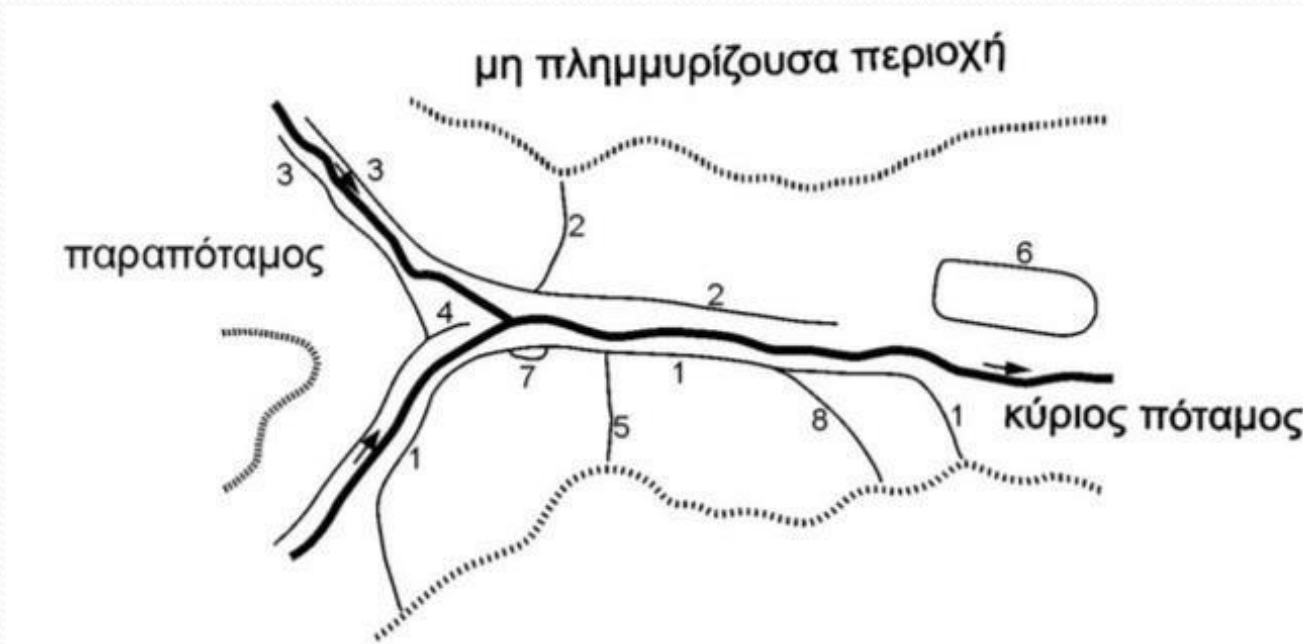
6.Αναχώματα με μορφή δακτυλίου: προστατεύουν μικρές περιοχές από πλημμύρες.

7.Αναχώματα πηγών: περικλείουν εξόδους πηγών κοντά στο κύριο ανάχωμα.

8.Αναχώματα «ύπνου»: εξασφαλίζουν μεγαλύτερη προστασία.

Αντιπλημμυρικά έργα - Αναχώματα

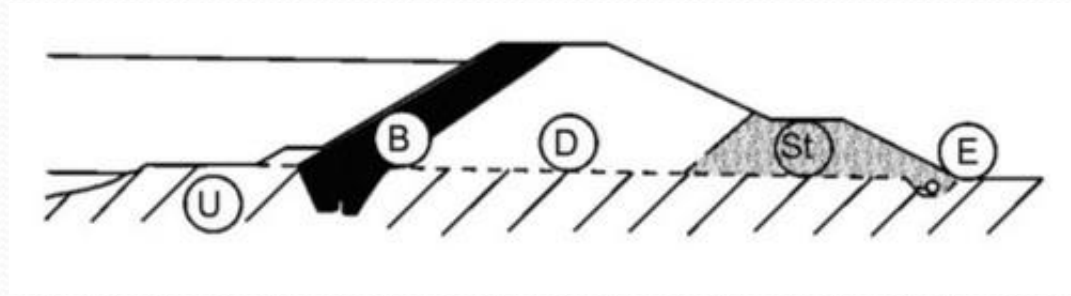
Είδη αναχωμάτων



1. Κλειστά αναχώματα, 2. Ανοικτά αναχώματα, 3. Αναχώματα συγκράτησης,
4. Καθοδηγητικά αναχώματα, 5. Εσωτερικά αναχώματα, 6. Αναχώματα με μορφή δακτυλίου, 7. Αναχώματα πηγών, 8. Αναχώματα «ύπνου»

Αντιπλημμυρικά έργα - Αναχώματα

Ιδεατή σύνθεση της διατομής αναχώματος



B: Στεγανοποίηση,

D: Διαπερατό κύριο σώμα,

U: Έδαφος θεμελίωσης,

St: Φίλτρο,

E: Αποστράγγιση

Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ) καταρτίζεται σε επίπεδο ΠΛΑΠ για τις περιοχές στις οποίες υπάρχουν σοβαροί κίνδυνοι πλημμύρας ή είναι πιθανόν να σημειωθεί πλημμύρα σύμφωνα με τα οριζόμενα της Ευρωπαϊκής Οδηγίας για τις πλημμύρες (ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ).

- ❑ Στο ΣΔΚΠ τίθενται οι στόχοι για τη διαχείριση πλημμύρας εστιάζοντας στη μείωση των δυνητικών αρνητικών συνεπειών των πλημμυρών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες καθώς και στην εφαρμογή μη διαρθρωτικών πρωτοβουλιών και/ή στην μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης πλημμύρας.
- ❑ Το ΣΔΚΠ περιλαμβάνει όλα τα προηγούμενα στοιχεία καθώς και τους στόχους και τα μέτρα αντιμετώπισης πλημμυρών ανά ΠΛΑΠ λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες και καταστάσεις.

Στόχοι Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Στόχοι του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας εστιάζουν σε:

- Στη μείωση των δυνητικών αρνητικών συνεπειών των πλημμυρών:
 - Στην ανθρώπινη υγεία,
 - Στο περιβάλλον,
 - Στην πολιτιστική κληρονομιά και
 - Στις οικονομικές δραστηριότητες
- Σε μη κατασκευαστικές παρεμβάσεις και/ή
- Στην μείωση των πιθανοτήτων πλημμύρας

Ειδικότερα π.χ. για τη Θεσσαλία οι στόχοι είναι:

- Μετριασμός της έκθεσης στην πλημμύρα (Σ1-Πρόληψη)
- Μείωση πιθανότητας πλημμύρας (Σ2-Προστασία)
- Ενίσχυση της ετοιμότητας για την αντιμετώπιση των πλημμυρών (Σ3-Ετοιμότητα)
- Βελτίωση των μηχανισμών αποκατάστασης των πληγείσων περιοχών (Σ4-Αποκατάσταση)

Μέτρα Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Μέτρα Πρόληψης:

- **Αποφυγή:** Μέτρα για την αποφυγή εγκατάστασης νέων ή επιπρόσθετων αποδεκτών πλημμυρικού κινδύνου, όπως
 - Πολιτικές χρήσεων γης,
 - Χωροταξία,
 - Θεσμικό και κανονιστικό πλαίσιο, κ.α.
- **Μετεγκατάσταση:** Μέτρα για την απομάκρυνση αποδεκτών πλημμυρικού κινδύνου από πλημμυρικές ζώνες,
 - Μετεγκατάσταση οικιστικών περιοχών,
 - Μετεγκατάσταση οικονομικών δραστηριοτήτων.

Μέτρα Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Μέτρα Πρόληψης:

- **Μείωση επιπτώσεων (Flood proofing):** Μέτρα για την προσαρμογή των αποδεκτών πλημμυρικού κινδύνου ώστε να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις από πλημμύρες
 - Κτήρια
 - Δίκτυα κοινής ωφέλειας, κ.α.
- **Άλλα μέτρα πρόληψης:** Μέτρα για την αναβάθμιση της πρόληψης πλημμυρικού κινδύνου, όπως:
 - Προσομοίωση και εκτίμηση τρωτότητας στην πλημμύρα,
 - Προγράμματα-πολιτικές συντήρησης αντιπλημμυρικών έργων και υποδομών,
 - Ενσωμάτωση της Οδηγίας σε άλλες πολιτικές και στρατηγικές του κράτους (κυρίως χωρικής διευθέτησης).

Μέτρα Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Μέτρα Προστασίας:

- Διαχείριση Πλημμύρας: Μέτρα για τη μείωση της ροής σε φυσικά ή/και τεχνητά συστήματα αποστράγγισης, διατάξεις αποστράγγισης/ανασχεσης, όπως:
 - Έργα διαμόρφωσης/διαχείρισης κεντρικής και πλημμυρικής κοίτης,
 - Έργα φύτευσης όχθης υδατορρευμάτων,
 - Έργα αποθήκευσης πλημμυρικής αιχμής, κ.α.
- Ρύθμιση Ροής: Μέτρα για την ρύθμιση/ανάσχεση ροής, όπως:
 - Κατασκευή/τροποποίηση/αφαίρεση έργων συγκράτησης νερού,
 - Φράγματα,
 - Λεκάνες κατακράτησης/αποθήκευσης,
 - Ανάπτυξη κανόνων διαχείρισης ροής, κ.α.

Μέτρα Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Μέτρα Προστασίας :

- **Αντιπλημμυρικά Έργα:** Μέτρα παρεμβάσεων σε κοίτες υδατορευμάτων, ορεινά υδατορεύματα, δέλτα ποταμών, παράκτια ύδατα και πλημμυρικά πεδία, όπως:
 - Κατασκευή/τροποποίηση/αφαίρεση κατασκευών,
 - Διευθέτηση κοίτης υδατορρευμάτων,
 - Αντιπλημμυρικά αναχώματα,
 - Έργα διαχείρισης φερτών υλών, κ.α.
- **Διαχείριση Όμβριων Υδάτων:** Μέτρα παρεμβάσεων για τον έλεγχο του όγκου απορροής και για τη μείωση της πλημμύρας (κυρίως σε αστικές περιοχές), όπως:
 - Έργα αύξησης διαπερατότητας του εδάφους,
 - Αναβάθμιση τεχνητών συστημάτων αποχέτευσης,
 - Διαχείριση συστημάτων αποχέτευσης ομβρίων.

Μέτρα Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Μέτρα Προστασίας:

- Άλλα Μέτρα Προστασίας: Άλλα μέτρα παρεμβάσεων προστασίας, όπως:
 - Προγράμματα και πολιτικές συντήρησης υποδομών αντιπλημμυρικής προστασίας,
 - Προστασία ιδιωτικών κατασκευών (π.χ. απομόνωση εισόδων ιδιοκτησιών, κ.α.

Μέτρα Ετοιμότητας:

- Πρόγνωση και έγκαιρη προειδοποίηση: Μέτρα για την ανάπτυξη ή αναβάθμιση συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης ή πρόγνωσης πλημμυρών (Σημείωση: Διαφορετικά συστήματα για πλημμύρες μεγάλων ποταμών και χειμαρρικών υδατορευμάτων-αιφνίδιες πλημμύρες).
- Σχέδια Έκτακτης Ανάγκης: Μέτρα για την ανάπτυξη ή την αναβάθμιση του σχεδιασμού έκτακτης ανταπόκρισης σε πλημμυρικά γεγονότα.

Μέτρα Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Μέτρα Ετοιμότητας:

- **Ενημέρωση και ετοιμότητα των πολιτών:** Μέτρα για την ανάπτυξη ή αναβάθμιση της ενημέρωσης και της ετοιμότητας των πολιτών σε πλημμυρικά γεγονότα, όπως:
 - Ενημέρωση/ευαισθητοποίηση πολιτών μέσω διαφημιστικής καμπάνιας, ημερίδες, κ.α.
 - Υποστήριξη/συνεργασία φορέων από ομάδες εθελοντών εμπλοκής σε συνθήκες πλημμύρας
- **Άλλα Μέτρα Ετοιμότητας:** Άλλα μέτρα ετοιμότητας σε πλημμυρικά γεγονότα, όπως:
 - Προγραμματισμούς δράσεων,
 - Ασκήσεις ετοιμότητας, κ.α.

Μέτρα Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Μέτρα Αποκατάστασης:

- **Ατομική και Κοινωνική Αποκατάσταση: Μέτρα για την αποκατάσταση των συνεπειών πλημμυρικών γεγονότων, όπως:**
 - Καθαρισμός και αποκατάστασης κτηρίων, ιδιοκτησιών και υποδομών.
 - Δράσεις υποστήριξης της σωματικής και ψυχικής υγείας πληγέντων πολιτών (και διαχείρισης άγχους-φοβίας),
 - Οικονομική βοήθεια/αποζημιώσεις έναντι φυσικών καταστροφών,
 - Νομική υποστήριξη πληγέντων πολιτών,
 - Επίδομα ανεργίας πληγέντων πολιτών,
 - Προσωρινή ή μόνιμη μετεγκατάσταση πληγέντων πολιτών, κ.α.
- **Περιβαλλοντική Αποκατάσταση: Μέτρα καθαρισμού και αποκατάστασης κτηρίων και υποδομών, όπως:**
 - Αποκατάσταση ποιότητας υδάτων και πόσιμου νερού,
 - Διασφάλιση επικίνδυνων υλικών, κ.α.
- **Άλλα Μέτρα Αποκατάστασης: Αποτίμηση εμπειριών από πλημμυρικά γεγονότα, συμβόλαια ασφάλισης, κλπ.**

Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές

Κατασκευή προστατευτικών τοιχίων



Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές

Κατασκευή αναχωμάτων ποταμού

Τα αναχώματα κατασκευάζονται αφού ληφθεί υπόψη η κατάσταση του υπεδάφους και η ποιότητα του χώματος που χρησιμοποιείται. Ακόμη απαιτείται κατάλληλη συμπίκνωση του υλικού, ενίσχυση των όψεων.

Η αστοχία των αναχωμάτων οφείλεται σε:

- υπερπήδηση
- κακή συντήρηση
- διάβρωση ή υποσκαφή από μεγάλη πλημμύρα



Πηγή: *Early Warning Systems in the Framework of the Cologne Flood Protection Scheme, Stadtentwässerungs-betriebe Köln, AoR*

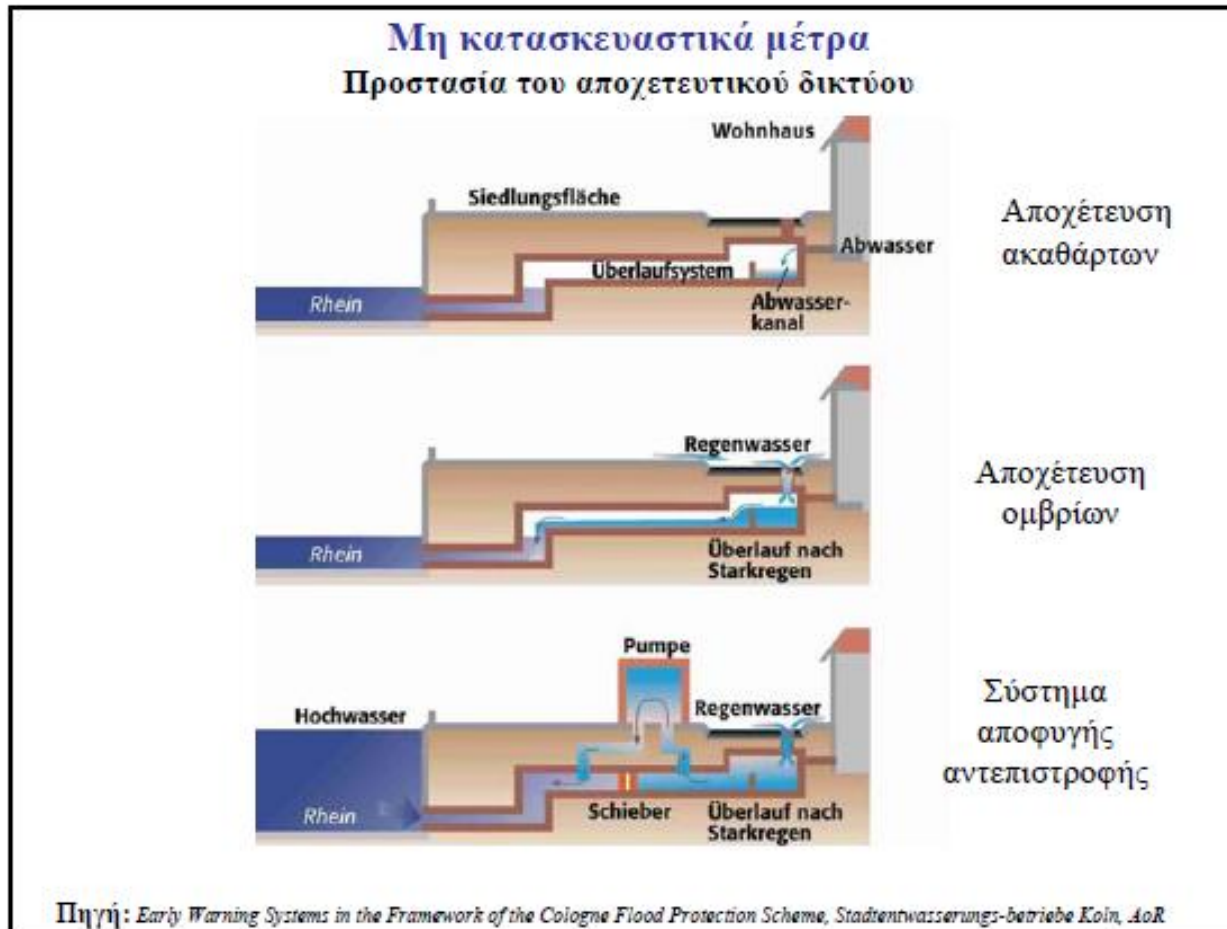
Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές

Κατασκευαστικά μέτρα
Θυροφράγματα για πλημμυρικά νερά



Πηγή: *Early Warning Systems in the Framework of the Cologne Flood Protection Scheme, Stadtentwässerungs-betriebe Köln, AoR*

Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές



Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές

Περατά Πεζοδρόμια (Permeable Pavements)



Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές

Ταφροί απορροής (grass swales)



Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές



Τεχνητές λεκάνες και λίμνες συγκράτησης ομβρίων



Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές



Flood Proofing



Παραδείγματα Μέτρων Σχεδιασμού και Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές

Αστικοί Υγροβιότοποι



Βιβλιογραφία

- Pürschel, W. (1967). Flussbau. Bauingenieur-Praxis. Heft 96. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin - München.
- Lange, G. & Lecher, K. (1989). Gewässerregelung – Gewässerpflege. 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Vischer, D. & Huber, A. (1985). Wasserbau. 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Vollmers, H.-J. (1990). Flussbau. Vorlesungsskriptum, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, München-Neubiberg.
- Παρθενιάδης, Ε. . (1977). Γενικά Αρχαία Μελέτης Υδραυλικών Έργων. Τεύχος : Συστήματα Ανοικτών Αγωγών και Διευθετήσεις Φυσικών Υδατορευμάτων. Ελληνικό Ίδρυμα Εξυπηρέτησεως ανεπιστημίων, Θεσσαλονίκη.
- Σακκάς, Γ. (1985). Τεχνική Υδρολογία. Τεύχος 1: Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων. Εκδόσεις . Αιβάζης – Σ. Ζουμπούλης, άνθη.
- Diakakis, M., Mavroulis, S. and Deligiannakis, G. Floods in Greece, a statistical and spatial approach. Natural Hazards, 62, 485-500, 2012.
- Dimitriadis, P., A. Tegos, A. Oikonomou, V. Pagana, A. Koukouvinos, N. Mamassis, D. Koutsoyiannis, and A. Efstratiadis, Comparative evaluation of 1D and quasi-2D hydraulic models based on benchmark and real-world applications for uncertainty assessment in flood mapping, Journal of Hydrology, 534, 478–492, doi:10.1016/j.jhydrol.2016.01.020, 2016.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). Summarized Table of Natural Disasters in Greece from 1900 to 2017, EM-DAT: The CRED/OFDA International Disaster Database–www.emdat.be–Université Catholique de Louvain–Brussels–Belgium. Available online: <http://www.emdat.be>
- Efstratiadis, A., A. D. Koussis, D. Koutsoyiannis, and N. Mamassis, Flood design recipes vs. reality: can predictions for ungauged basins be trusted?, Natural Hazards and Earth System Sciences, 14, 1417–1428, doi:10.5194/nhess-14-1417-2014, 2014.
- Koutsoyiannis, D., Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall, 1, Theoretical investigation, Hydrological Sciences Journal, 49(4), 575–590, 2004.
- Papaioannou, G. A. Flood Hazard and Risk Modelling Framework for Ungauged Streams and Watersheds. Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil Engineering, University of Thessaly, 2017.
- Papaioannou, G., A. Loukas, L. Vasiliades, and G. T. Aronica, Flood inundation mapping sensitivity to riverine spatial resolution and modelling approach, Natural Hazards, 83, S117–S132, 2016.
- Papaioannou, G., L. Vasiliades, and A. Loukas, Multi-criteria analysis framework for potential flood prone areas mapping, Water Resources Management, 29, 399-418, doi:10.1007/s11269-014-0817-6, 2015.
- Papalexiou, S.M., and D. Koutsoyiannis, Battle of extreme value distributions: A global survey on extreme daily rainfall, Water Resources Research, 49(1), 187–201, doi:10.1029/2012WR012557, 2013.
- <http://floods.ypeka.gr/>

**Ευχαριστώ πολύ για την
προσοχή σας!**