

Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Εβδ. 5: Ταμιευτήρες και Φράγματα

(Εισαγωγή)



Περιεχόμενο Παρουσίασης

1. Έργα αξιοποίησης επιφανειακών νερών
2. Φράγματα – Ορολογία και τύποι φραγμάτων
3. Έργα εκτροπής
4. Αστοχίες φραγμάτων
5. Άσκηση διαστασιολόγησης φράγματος (συμβατική μέθοδος Rippl)



Έργα αξιοποίησης επιφανειακών νερών

Για την αξιοποίηση των επιφανειακών νερών οι τρεις τυπικές κατηγορίες έργων είναι:

1. Υδροληψίες χωρίς αποθήκευση
2. Υδροληψίες με λιμνοδεξαμενή
3. Φράγματα

Κατηγορίες έργων με βάση την κύρια χρήση τους:

1. Αποθήκευσης νερού για σκοπούς ύδρευσης/άρδευσης
2. Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
3. Αντιπλημμυρικά
4. Συνδυασμός των πιο πάνω

1. Υδροληψίες χωρίς αποθήκευση



Στην φωτογραφία φαίνεται υδροληψία στην συμβολή δύο υδατορεμάτων. Διακρίνουμε:

1. Υδροληψία με σχάρα.
2. Εγκιβωτισμένος αγωγός
3. Υπερχειλιστής (για την ροή ψηλών παροχών και τον περιορισμό της ροής στον αγωγό)
4. Ιχθυόσκαλα (για τα ψάρια)

Πηγή: Ευστρατιάδης & Κουτσογιάννης, ΜΥΗΣ Θεοδώριανων

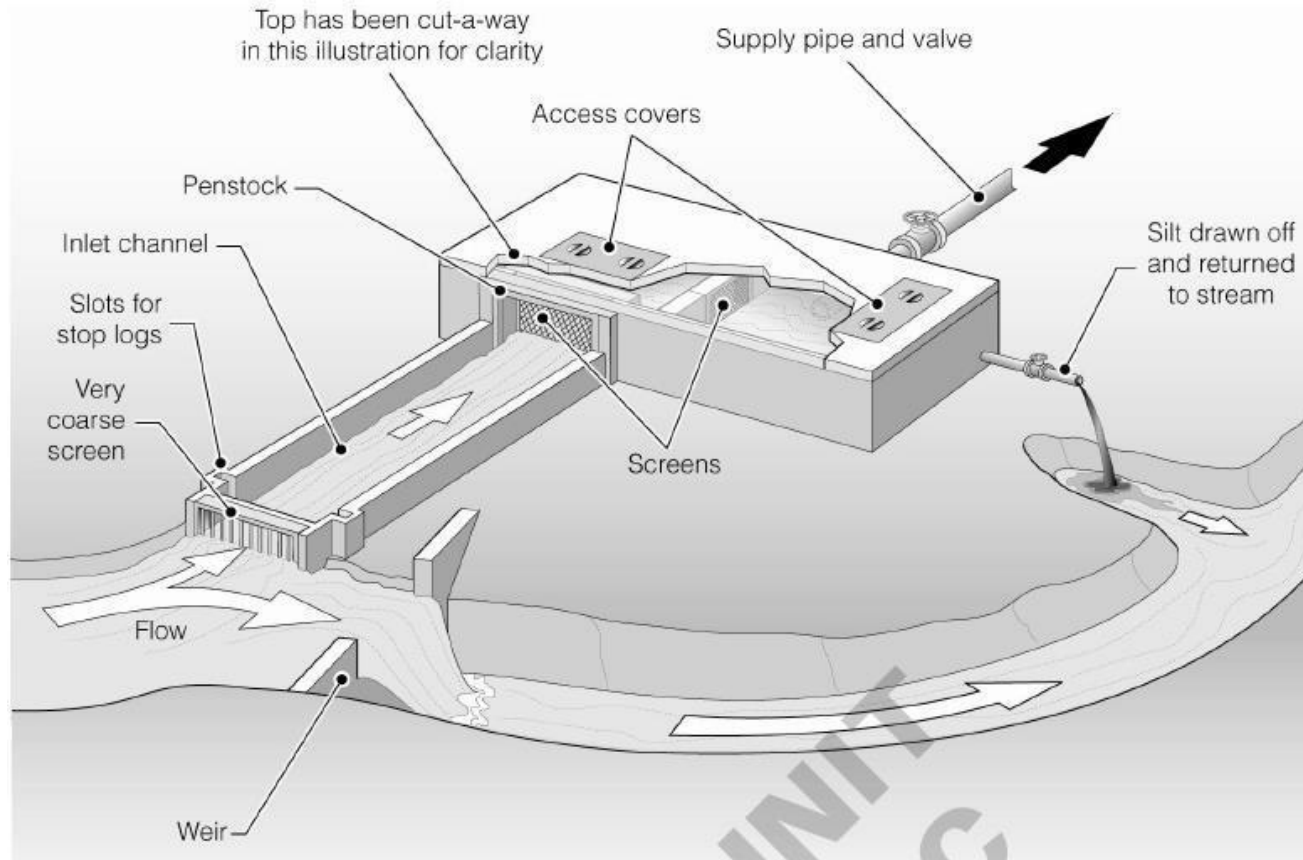
1. Υδροληψίες χωρίς αποθήκευση

Υδροληψία πάνω στην κοίτη με σχάρα επί του υπερχειλιστή
(περιπτώσεις σχετικά σταθερής παροχής)



1. Υδροληψίες χωρίς αποθήκευση

Πλευρική υδροληψία με δεξαμενή καθίζησης



Πηγή: Σπύρος Μίχας, Ανδρέας Ευστρατιάδης, Ν.Μαράσης, Δ.Κουτσογιάννης - Υδροηλεκτρικά έργα

1. Υδροληψίες χωρίς αποθήκευση

Μεγάλης κλίμακας υδροληψία από ποταμό



Πηγή: Σπύρος Μίχας, Ανδρέας Ευστρατιάδης, Ν.Μαράσης, Δ.Κουτσογιάννης - Υδροηλεκτρικά έργα

Οικολογική παροχή

Η ελάχιστη παροχή που πρέπει να διατηρηθεί στο υδατόρεμα ώστε μην επηρεαστεί το οικοσύστημα κατάντη του έργου υδροληψίας. Βασικοί στόχοι:

- α) η διατήρηση του ποταμού ως ενδιαίτημα για συγκεκριμένα είδη
- β) η διατήρηση του φυσικού τοπίου
- γ) η ελαχιστοποίηση της επίδρασής στις χρήσεις κατάντη (γεωργία κτλ.)

Για παράδειγμα για υδροληψίες Μ.ΥΗ.Ε., πρέπει να εκλαμβάνεται το μεγαλύτερο από τα πιο κάτω μεγέθη, εκτός αν απαιτείται τεκμηριωμένα η αύξησή της, λόγω των απαιτήσεων του κατάντη οικοσυστήματος (ύπαρξη σημαντικού οικοσυστήματος):

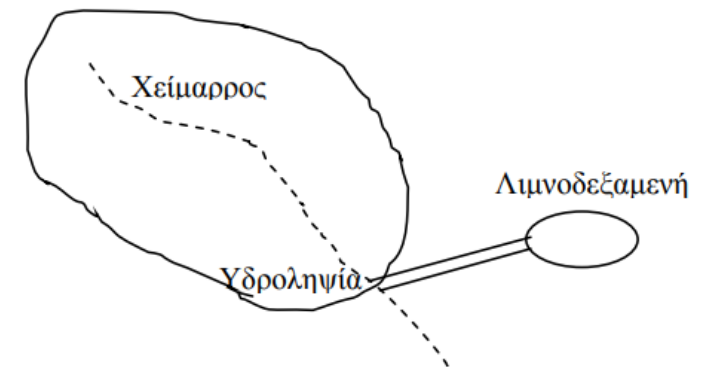
- 30% της μέσης παροχής των θερινών μηνών Ιουνίου-Ιουλίου-Αυγούστου ή
- 50% της μέσης παροχής του μηνός Σεπτεμβρίου ή
- 30 lt/sec σε κάθε περίπτωση.

2. Λιμνοδεξαμενές

Λιμνοδεξαμενές: Τεχνίτες λίμνες μικρού βάθους για αποθήκευση νερού. Συνήθως κατασκευάζονται σε μαλακά εδάφη και επενδύονται με υδατοστεγές υλικό (πχ. μεμβράνη πολυπροπυλενίου, ασφαλτική στρώση, σκυρόδεμα κτλ.)



2. Λιμνοδεξαμενές



3. Φράγματα

Φράγματα: Κατασκευές από σκυρόδεμα ή γεωλικά για την ανακοπή της ροής ενός ποταμού και την δημιουργία ταμιευτήρα αποθήκευσης νερού.



Ταμιευτήρας
(Reservoir)

Φράγμα
(Dam)

Πηγή: <http://www.jandpcy.com/el/node/249>

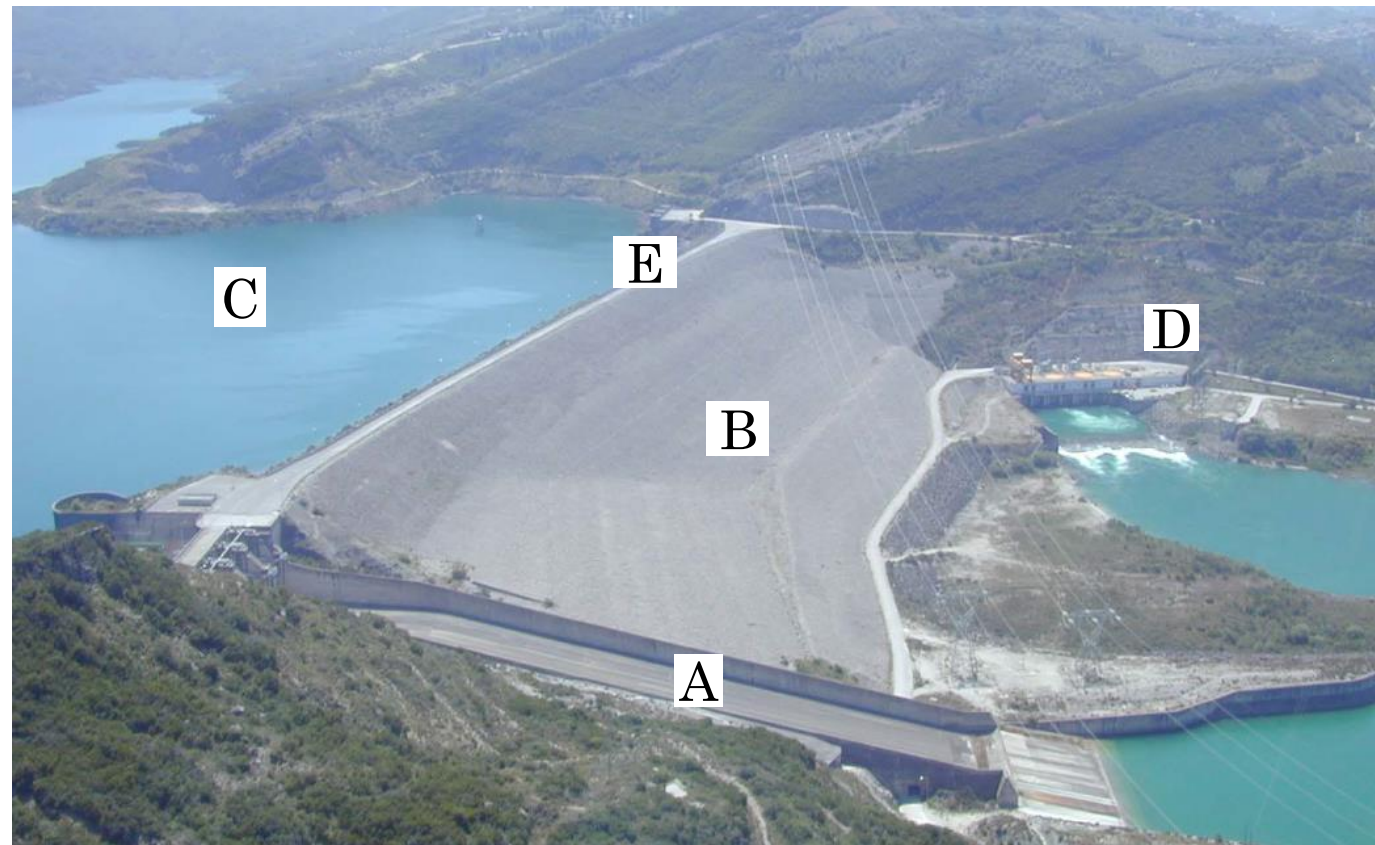
Έργα αξιοποίησης επιφανειακών νερών

	Υδροληψίες από ποτάμια	Εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές	Ταμιευτήρες
Αποθηκευτική ικανότητα	Μηδενική	Μικρή	Μεγάλη
Διαχείριση ξηρασιών	Όχι	Για λίγους μήνες	Υπερετήσια
Διαχείριση πλημμυρών	Όχι	Όχι	Ναι
Απαιτούμενες υποδομές	Στοιχειώδεις	Περιορισμένες	Σημαντικές
Χρήσεις νερού	Άρδευση, ύδρευση	Άρδευση, ύδρευση	Όλες οι χρήσεις
Χωρική κλίμακα εξυπηρέτησης χρήσεων	Τοπική	Τοπική	Κλίμακα υδροσυστήματος
Έλεγχος λειτουργίας	Συχνά κανένας	Απλός	Σύνθετος
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	Μικρές	Μικρές	Σημαντικές αλλά ελεγχόμενες
Χαρακτηριστικό υδρολογικό μέγεθος για διαστασιολόγηση	Ελάχιστη θερινή παροχή	Βασική απορροή	Μηνιαία απορροή (χρονοσειρά)
Λόγος ασφαλούς απόληψης προς μέση ετήσια απορροή	Εξαιρετικά μικρός	Μικρός	Σημαντικός

Πηγή: Ευστρατιάδης & Κουτσογιάννης, Υδατικοί Πόροι και Έργα Αξιοποίησης

Φράγματα - Ορολογία

- Στέψη Φράγματος (Crest)
- Κατάντη πρανές φράγματος (Downstream slope)
- Υπερχειλιστής (Spillway)
- Ταμιευτήρας (Reservoir)
- Εκκενωτής Η/Υ (Outlet)

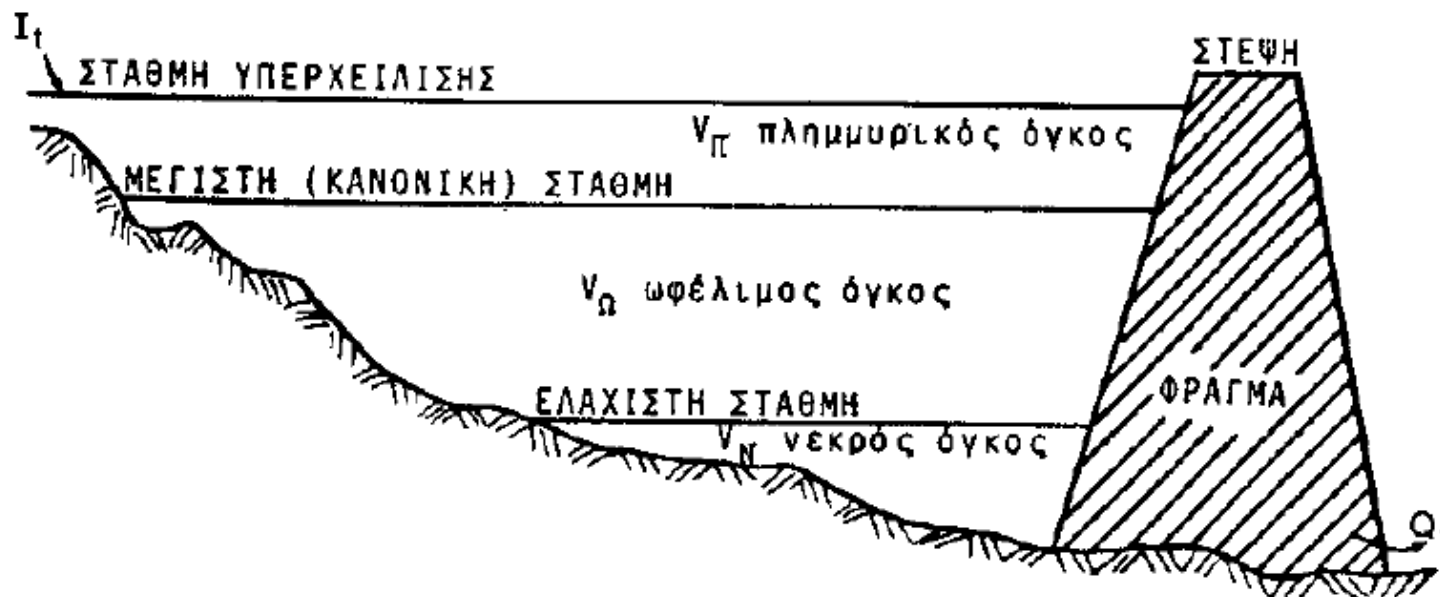


Φράγματα - Ορολογία

Στέψη Φράγματος: Το ανώτερο υψομετρικά τμήμα του αναχώματος (η γραμμή της κορυφή του φράγματος)

Ταμιευτήρας: Η τεχνίτη λίμνη που δημιουργείται ανάντη του φράγματος

Ύψος φράγματος: κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του βαθύτερου σημείου της θεμελίωσης και της στέψης του φράγματος

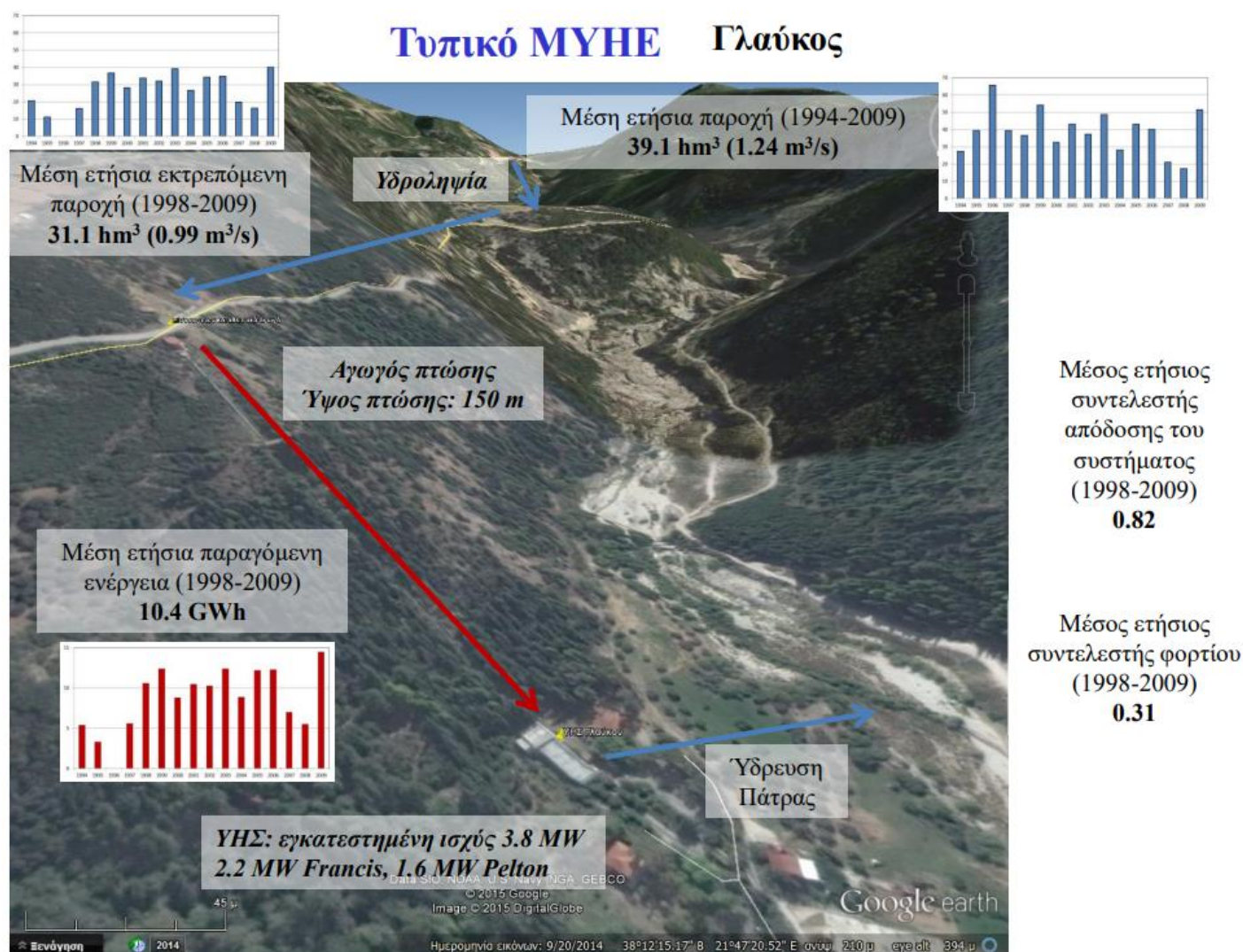


Κατηγορίες έργων με βάση την κύρια χρήση τους

Κατηγορίες έργων με βάση την κύρια χρήση τους:

1. Αποθήκευσης νερού για σκοπούς ύδρευσης/άρδευσης
2. Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
3. Αντιπλημμυρικά
4. **Συνδυασμός των πιο πάνω. Παραδείγματα:**
 - **Γλαύκος**
Υδροληψία για υδροηλεκτρική παραγωγή και ύδρευση πόλης
 - **Three Gorges Dam**
Αντιπλημμυρικό-υδροηλεκτρικό φράγμα

Γλαύκος: Υδροηλεκτρική παραγωγή και ύδρευση



Three Gorges Dam, Αντιπλημμυρικό-υδροηλεκτρικό

World's largest power station in terms of installed capacity: 22,500 MW

Αντιπλημμυρική προστασία κατάντη περιοχών (Wuhan, Shanghai κτλ)



Τύποι φραγμάτων (Βάση της κατασκευής)

Με βάση την κατασκευή τους, διακρίνουμε τους εξής τύπους φραγμάτων:

1. Δύσκαρπτα (από Σκυρόδεμα)

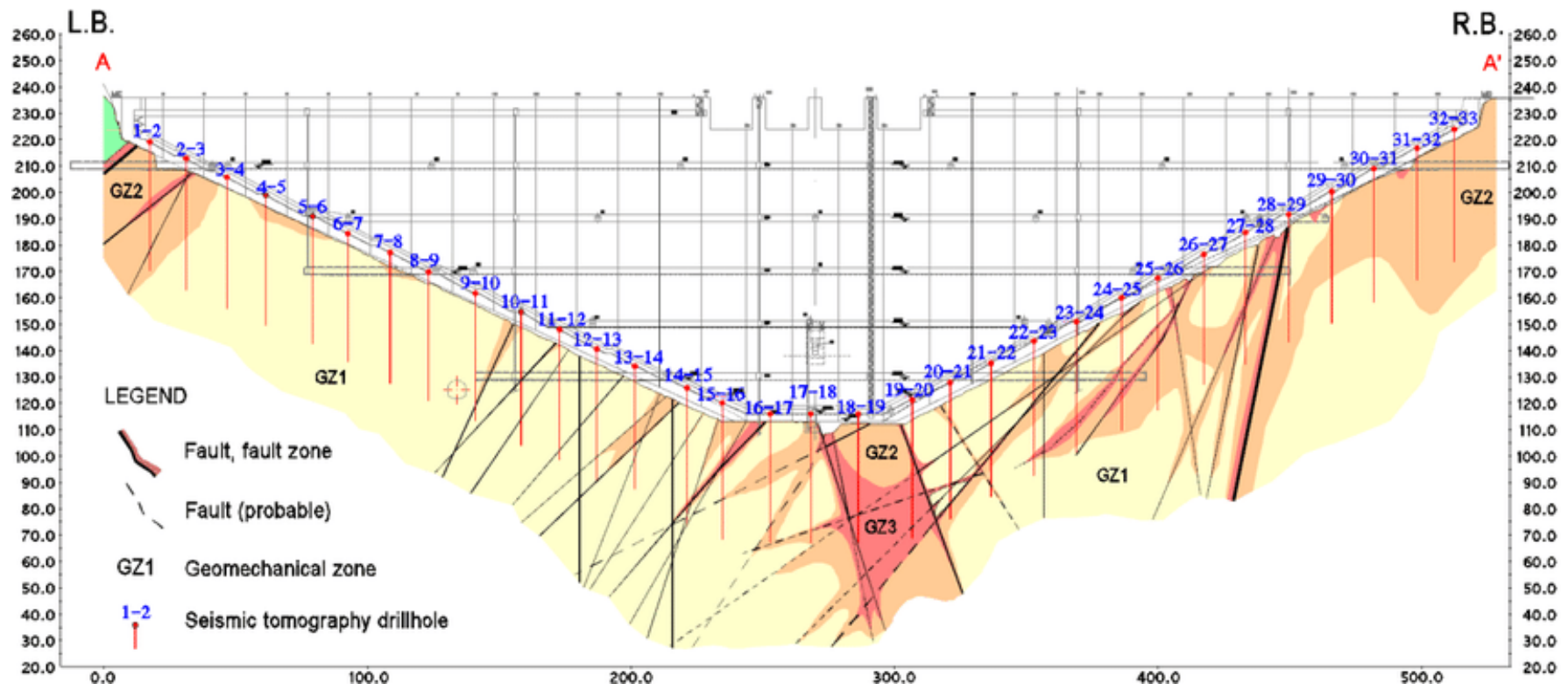
- 1.1. Βαρύτητας (gravity dams)
- 1.2. Αντηριδωτά
- 1.3. Τοξωτά
- 1.4. Σύνθετα (αντηριδωτό—τοξωτό, τοξωτό-βαρύτητας)

2. Εύκαρπτα (από γεωυλικά)

- 2.1. Χωμάτινα (embankment dams)
- 2.2. Λιθόρριπτα (rockfill dams)
 - με πυρήνα
 - με ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος (Λ.Α.Π.Σ.)
 - με ανάντη ασφαλικό τάπητα
 - με κεντρικό ασφαλικό διάφραγμα

Παράμετροι επιλογής τύπου φράγματος

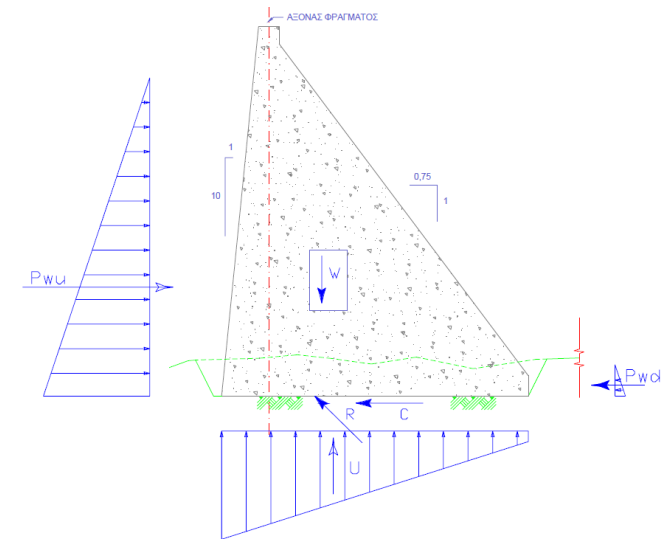
- Μορφολογία της κοιλάδας.
- Γεωλογία και αντοχές πετρώματος στη θέση θεμελίωσης.
- Κόστος κατασκευής – Διαθέσιμα υλικά στην περιοχή



1.1. Φράγματα Βαρύτητας (gravity dams)

Αντιστέκονται στα φορτία με το ίδιο τους βάρος

- Ανατροπή (Ροπή αντίστασης)
- Ολίσθηση (ανάπτυξης δυνάμεων τριβής στην βάση του φράγματος)



Πηγή: Μουτάφης, Φράγματα

1.2. Αντηριδωτά Φράγματα (buttress dams)

Αντιστέκονται στα φορτία με το ίδιο τους βάρος. Οι αντηρίδες μειώνουν τον όγκο σκυροδέματος, αυξάνεται όμως το πλάτος της θεμελίωσης.



1.3. Τοξωτά φράγματα (Arch Dam)

Χαμηλό κόστος κατασκευής (λιγότερο σκυρόδεμα). Δυσκολία εύρεσης κατάλληλης θέσης (στενή κοιλάδα, υγιές πέτρωμα στα πρανή)



1.4. Σύνθετα (πχ. τοξωτό-βαρύτητας) Hover Dam

Hover Dam (1931)

τοξωτό-βαρύτητας

Ύψος: 220m,

Πλάτος: 380m

Ταμιευτήρας: 13 km²

Υπερχειλιστές

2x Side Channels

Εγκατεστημένη Ισχύς

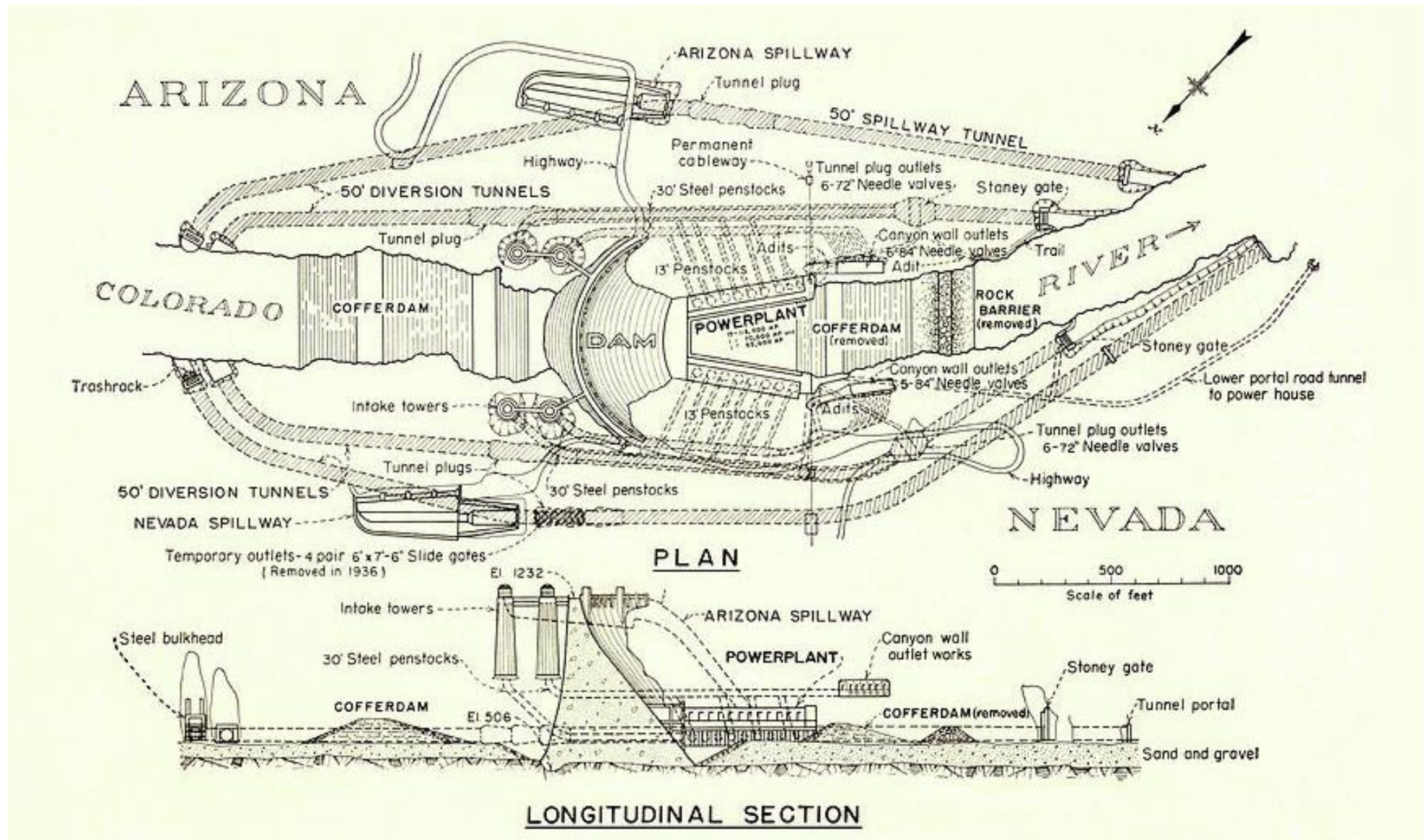
2080 MW (2000 μ³/s)

(Vasilikos 850 MW)

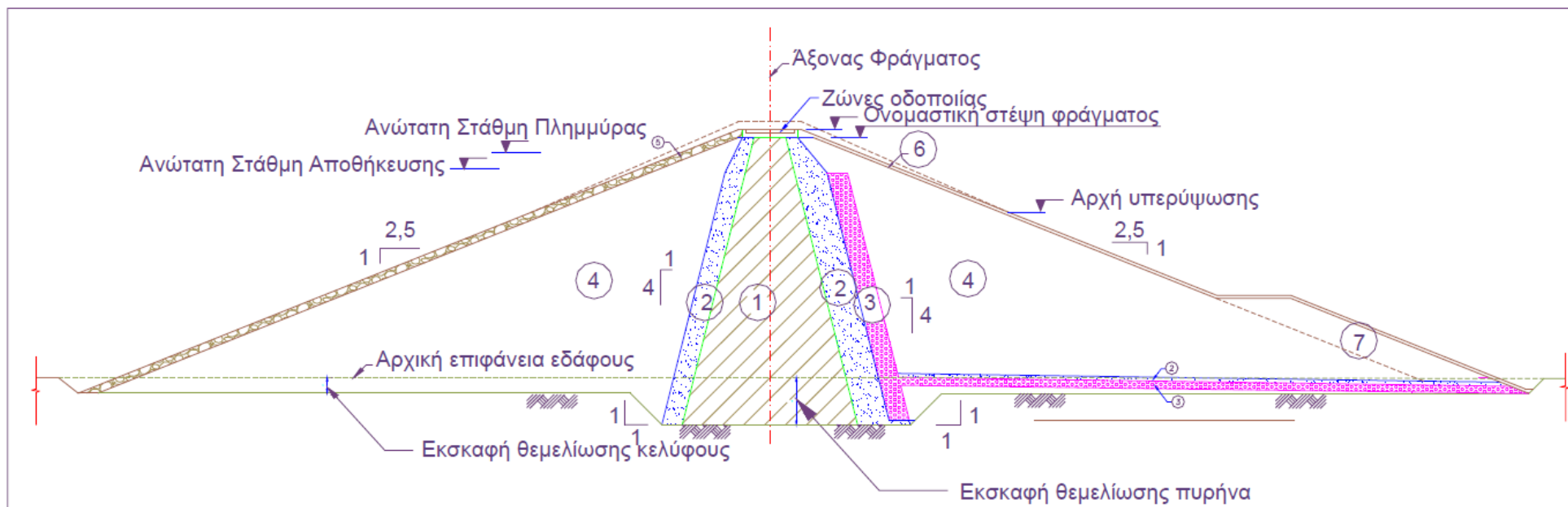


Πηγή: Wikipedia, Gordon Dam, Tasmania, Australia

Hover Dam

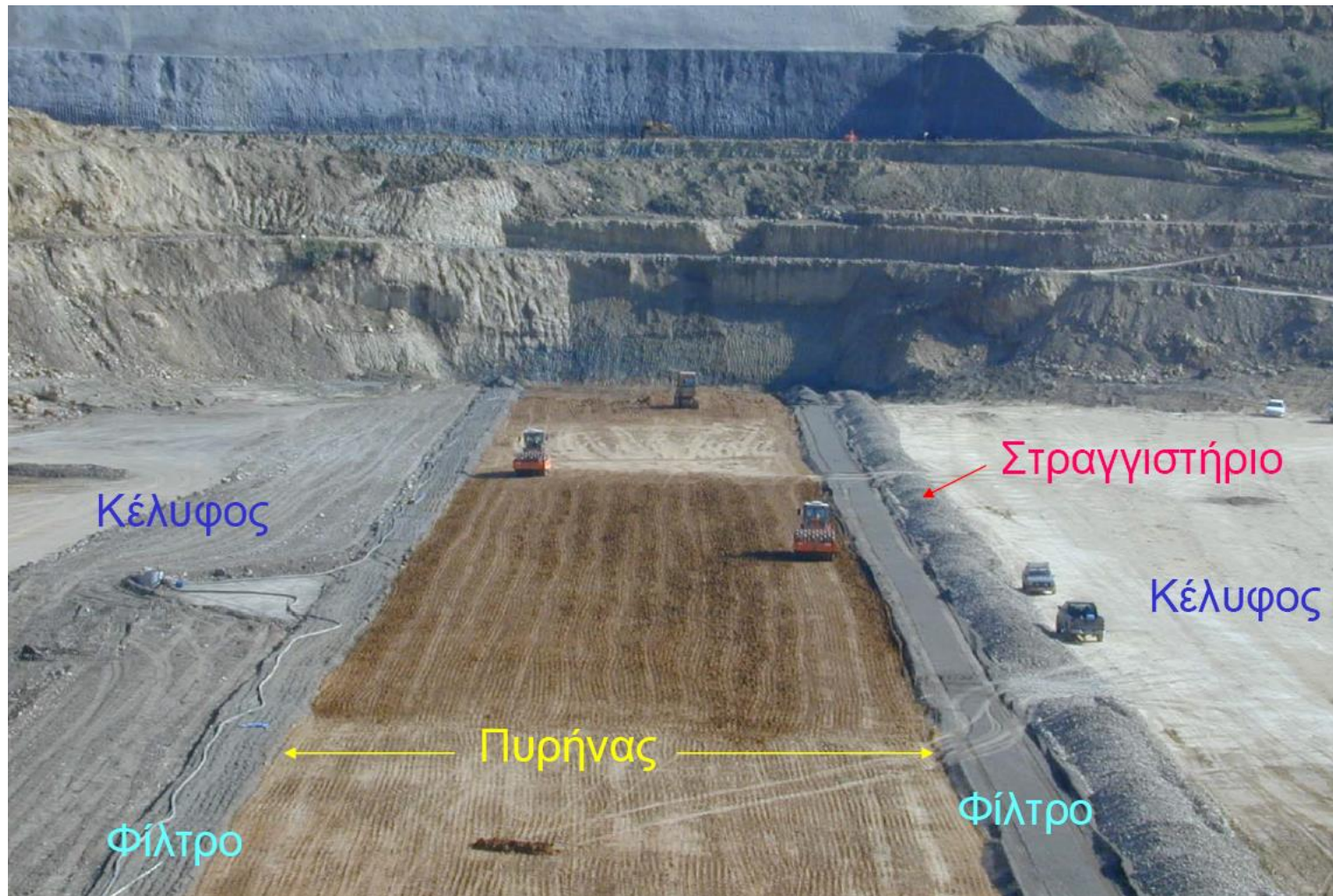


2.1. Χωμάτινα (embankment dams)



Αριθμός Ζώνης	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΖΩΝΗΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ (Αρ. διελεύσεων)	ΠΑΧΟΣ ΣΤΡΩΣΗΣ (Μετά τη συμπίκνωση) - m
1	ΠΥΡΗΝΑΣ	ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΑ ΥΛΙΚΑ	>12	0,15
2	ΦΙΛΤΡΟ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ	Κεκλ. : 2 Οριζ. : 4	<0,50
3	ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΟ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ	4	<0,50
4	ΚΕΛΥΦΟΣ	ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΑ ΠΟΤΑΜΟΥ	>6	<0,50
5	ΚΥΜΑΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΝΑΝΤΗ ΠΡΑΝΟΥΣ	ΛΙΘΟΡΡΙΠΗ	-	-
6	ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΤΗ ΠΡΑΝΟΥΣ	ΚΡΟΚΑΛΕΣ	-	-
7	ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΙΚΟΣ ΑΝΑΒΑΘΜΟΣ	ΤΥΧΑΙΑ ΥΛΙΚΑ - ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ	-	1,00

2.1. Χωμάτινα (embankment dams)



2.2. Λιθόρριπτα (rockfill dams)

Λιθόρριπτο με Ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος (Λ.Α.Π.Σ.)

Φράγμα Κανναβιούς



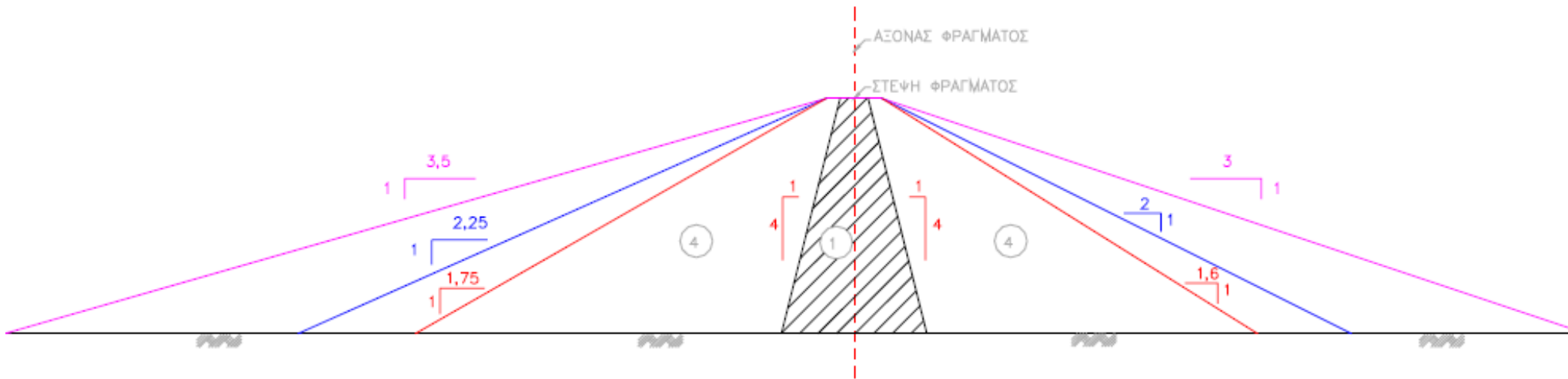
2.2. Λιθόρριπτα (rockfill dams)

Λιθόρριπτο με Ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος (Λ.Α.Π.Σ.)

Φράγμα Κανναβιούς



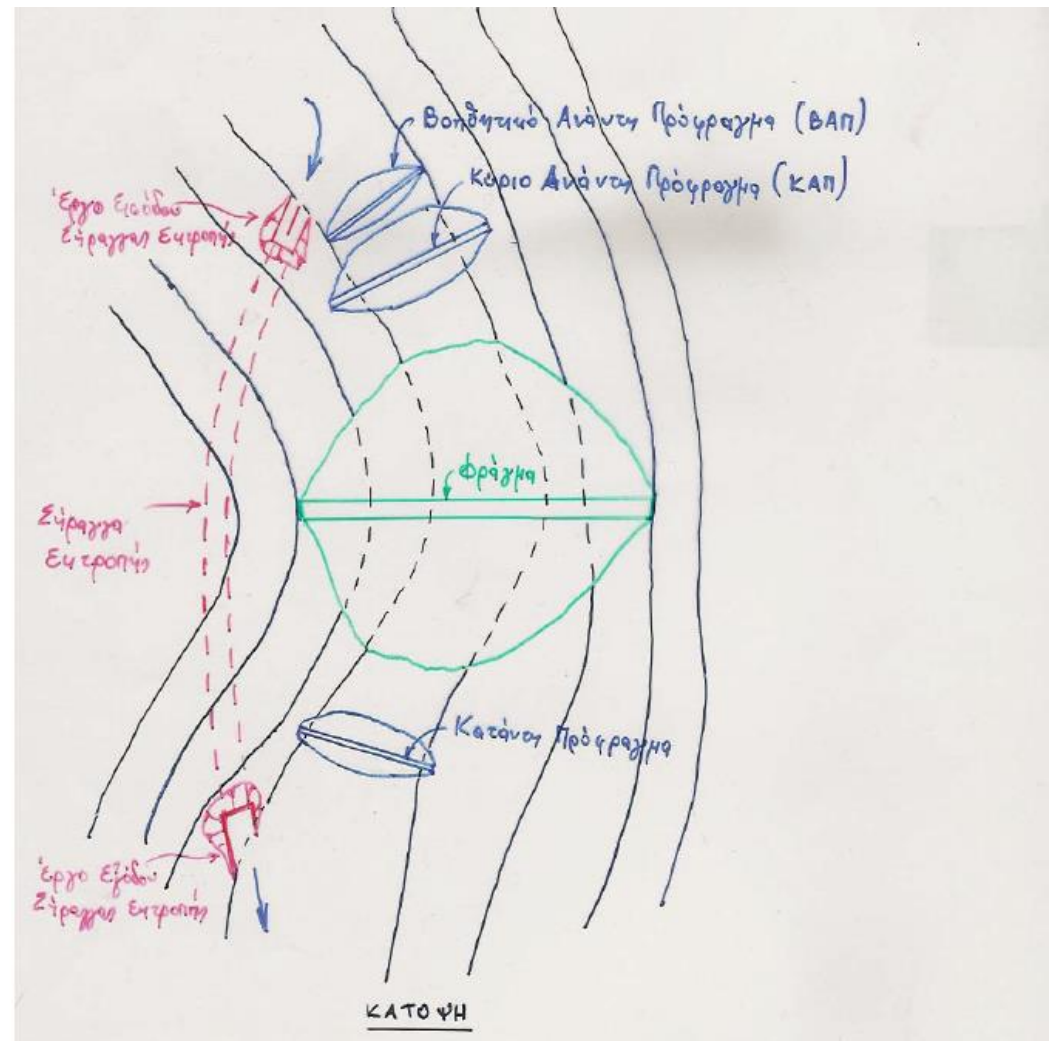
Αρχική εκτίμηση κλίσης πρανών



Υλικό	ϕ	εφφ	εφφ /1,5	α	Κλίση (Ο:Κ)
Αργιλικό	23°	0,424	0,283	16°	3,5:1
Αμμοχάλικο	36°	0,726	0,484	26°	2:1
Λιθορριπή	42°	0,900	0,600	31°	1,7:1

Έργα Εκτροπής

- Ανάντη πρόφραγμα
- Στόμιο εισόδου αγωγού εκτροπής
- Αγωγός εκτροπής (σήραγγα ή επιφανειακός)
- Στόμιο εξόδου αγωγού εκτροπής
- Κατάντη πρόφραγμα



Πηγή: Μουτάφης, παρουσίαση μαθήματος «Φράγματα»

Εκτροπή ποταμού (river diversion)

Διάνοιξη του αναχώματος μπροστά από την κατασκευή εισόδου της σήραγγας εκτροπής και ταυτόχρονη κατασκευή του ανάντη πρόφραγματος για την διακοπή της κανονικής ροής του ποταμού.



Εκτροπή ποταμού (river diversion timelapse)

<https://youtu.be/kmQS91OgYzw>



somewhere on this planet - river diversion - 19-28 July 2018

Έργα Εκτροπής - Αγωγοί Εκτροπής

Επιφανειακοί αγωγοί στη θεμελίωση του φράγματος

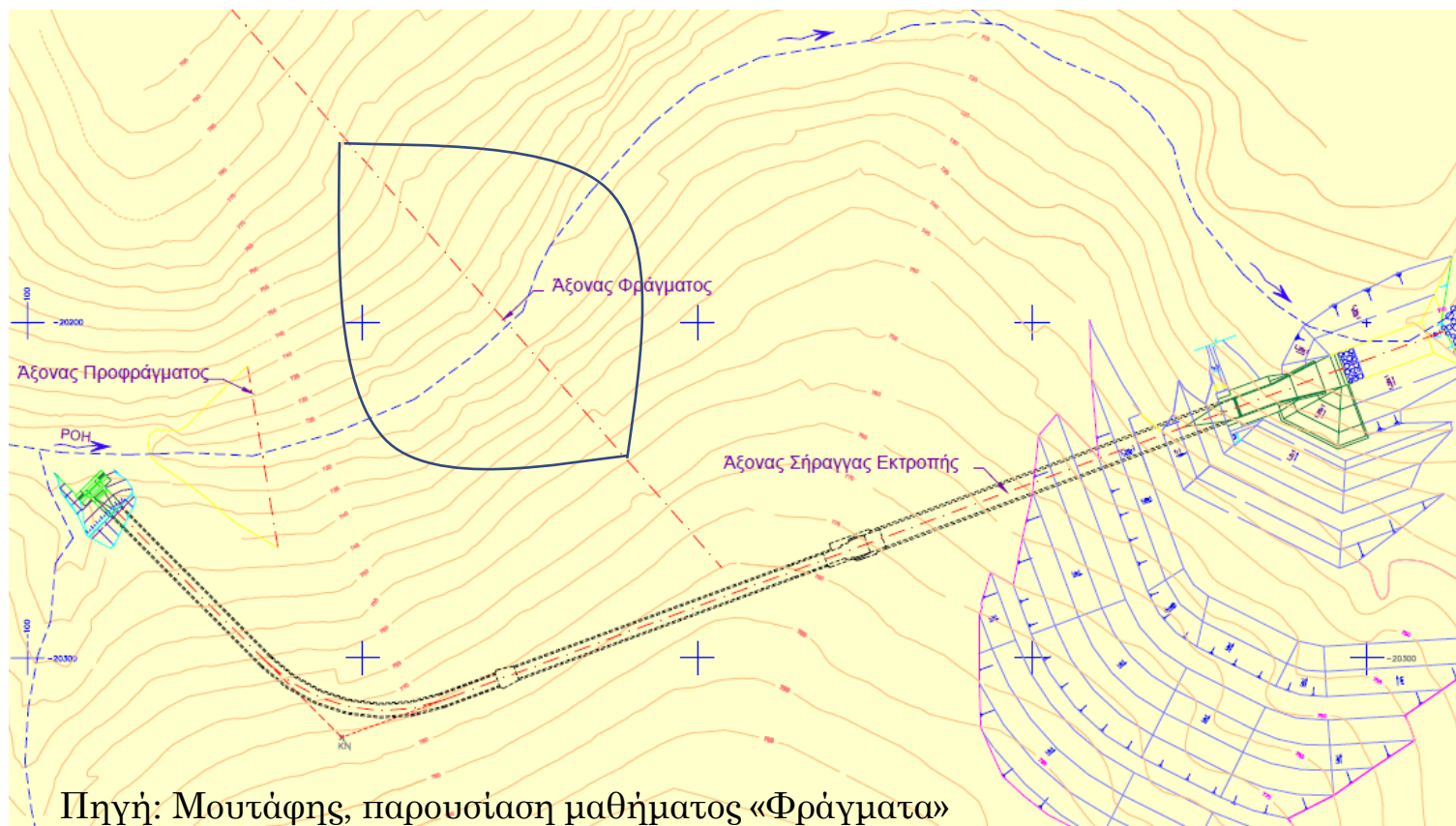
- Αγωγοί μικρών διαστάσεων ($D < 2,50$ m), χαλύβδινοι ή σκυροδέματος
- Μικρές παροχές
- Χαμηλό κόστος κατασκευής



Πηγή: Μουτάφης, παρουσίαση μαθήματος «Φράγματα»

Έργα Εκτροπής - Αγωγοί Εκτροπής

Υπόγειοι αγωγοί εκτροπής (σήραγγες) σε αντέρεισμα φράγματος. Συνήθως αγωγοί μεγάλης διαμέτρου ($D= 3-12\text{ m}$) για εκτροπή μεγάλων παροχών. Υψηλό κόστος κατασκευής



Έργα Εκτροπής – Στόμιο Εισόδου Εκτροπής

Σχεδιασμούς του αγωγού για ροή με ελεύθερη επιφάνεια και για ροή υπό πίεση

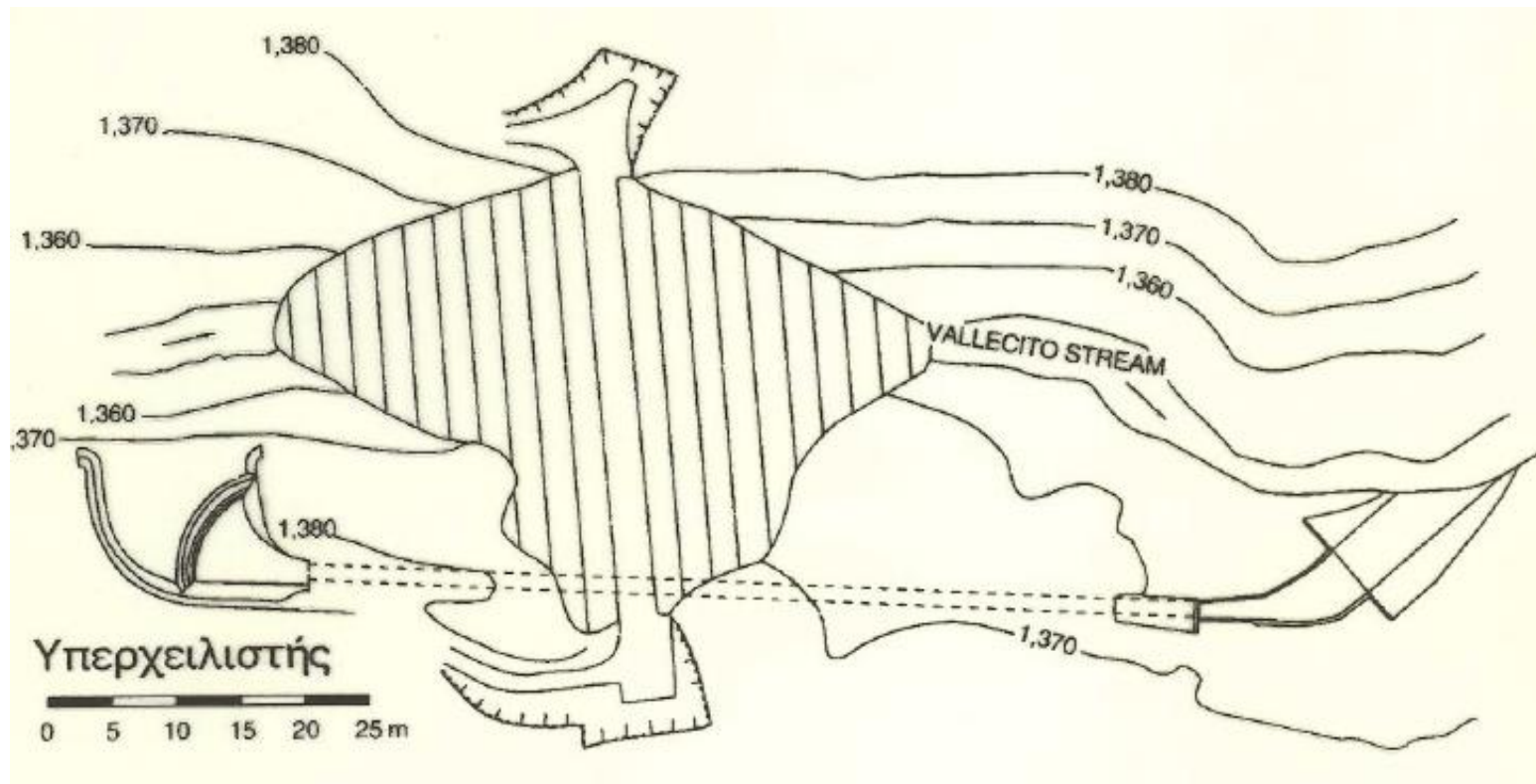
- Ορθογωνική διατομή στομίου εισόδου για τοποθέτηση θυροφραγμάτων έμφραξης
- Μεσόβαθρο για κατανομή φορτίων δοκών έμφραξης (περιπτώσεις μεγάλου ανοίγματος)



Πηγή: Μουτάφης,
παρουσίαση μαθήματος
«Φράγματα»

Υπερχειλιστές

- Ανοικτοί επί του φράγματος
- Ανοικτοί στο πρανές
- Στο πρανές με σήραγγά



Αστοχίες Φραγμάτων - Teton Dam, USA

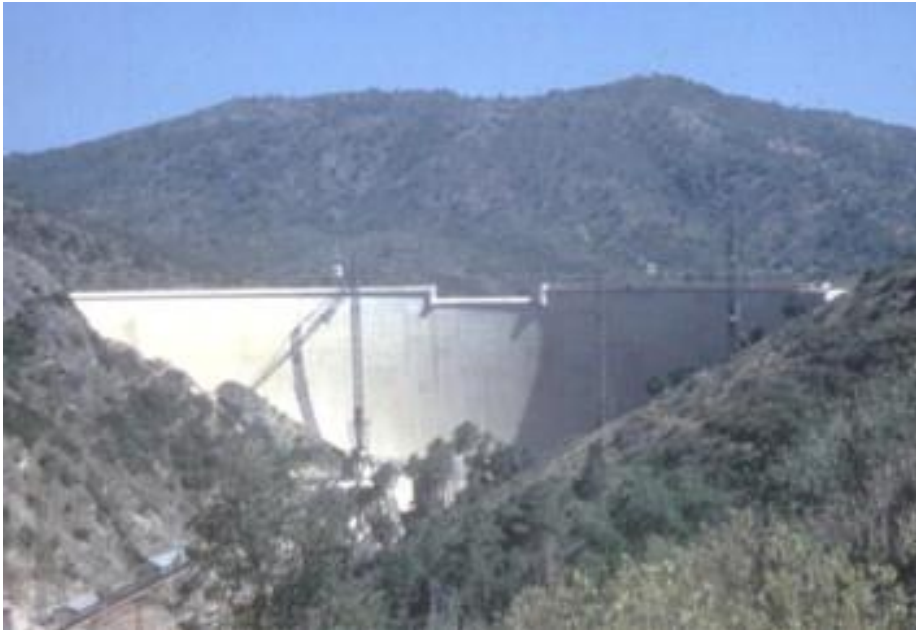
Διήθηση νερού → διασωλήνωση (ripping)
Διάβρωση στη θεμελίωση ή το επίχωμα
Στην περίπτωση του φράγματος Teton
υπήρξε διάβρωση του επιχώματος.



Αστοχίες Φραγμάτων - Malpasset Dam, Γαλλία

December 1959, 423 νεκροί

Νερό σε μικρό βραχώδες ρήγμα. Λόγο της πίεσης εκτοξεύθηκε κωνικό κομμάτι πετρώματος μαζί με το μέρος του φράγματος.



Αστοχίες Φραγμάτων - Vajont Dam, Italy

December 1963, 2200 νεκροί. Κατολίσθηση πρανούς ταμιευτήρα.



Φράγματα - Τέλος Μέρους Β'

Τέλος Μέρους Β'

Ιστορικό υλικό – Σχέδια Υ/Η φραγμάτων

<http://users.ntua.gr/dkoutso/courses/ape/edumater.html>

Tour inside the Hoover Dam on the Colorado River, USA

<https://youtu.be/CRxlMPDaWFc>

Φράγματα - Ορολογία

Ελεύθερο ύψος φράγματος (Freeboard): Το ελάχιστο ελεύθερο ύψος φράγματος (Fb) ορίζεται ως η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της ανώτατης στάθμης πλημμύρας (ΑΣΠ) του ταμιευτήρα (που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της πλημμύρας σχεδιασμού του έργου) και της στέψης του φράγματος

Το ελεύθερο ύψος του φράγματος προκύπτει από το άθροισμα:

- * της ανύψωσης της στάθμης του ταμιευτήρα λόγω ανέμου S_u ,
- * της αναρρίχησης του κύματος R_u , στο ανάντη πρανές του φράγματος,
- * της πιθανής κάθισης της στέψης του φράγματος λόγω σεισμού S_e ,
- * του περιθωρίου ασφαλείας λόγω αβεβαιοτήτων της υδρολογικής μελέτης S_h .

$$\therefore Fb = S_u + R_u + S_e + S_h$$