



Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΔΠΜΣ - Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

ΦΡΑΓΜΑΤΑ



Γιβραλτάρ



ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΥΨΟΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

- freeboard -

Κατακόρυφη απόσταση μεταξύ ΑΣΠ & στέψης του φράγματος

- ανύψωση στάθμης ταμιευτήρα λόγω ανέμου: S_u ,
- αναρρίχηση κύματος, στο ανάντη πρανές φράγματος: R_u ,
- πιθανή κάθιση στέψης φράγματος λόγω σεισμού: S_e ,
- περιθώριο ασφαλείας λόγω αβεβαιοτήτων της υδρολογικής μελέτης: S_h .

$$F_b = S_u + R_u + S_e + S_h$$



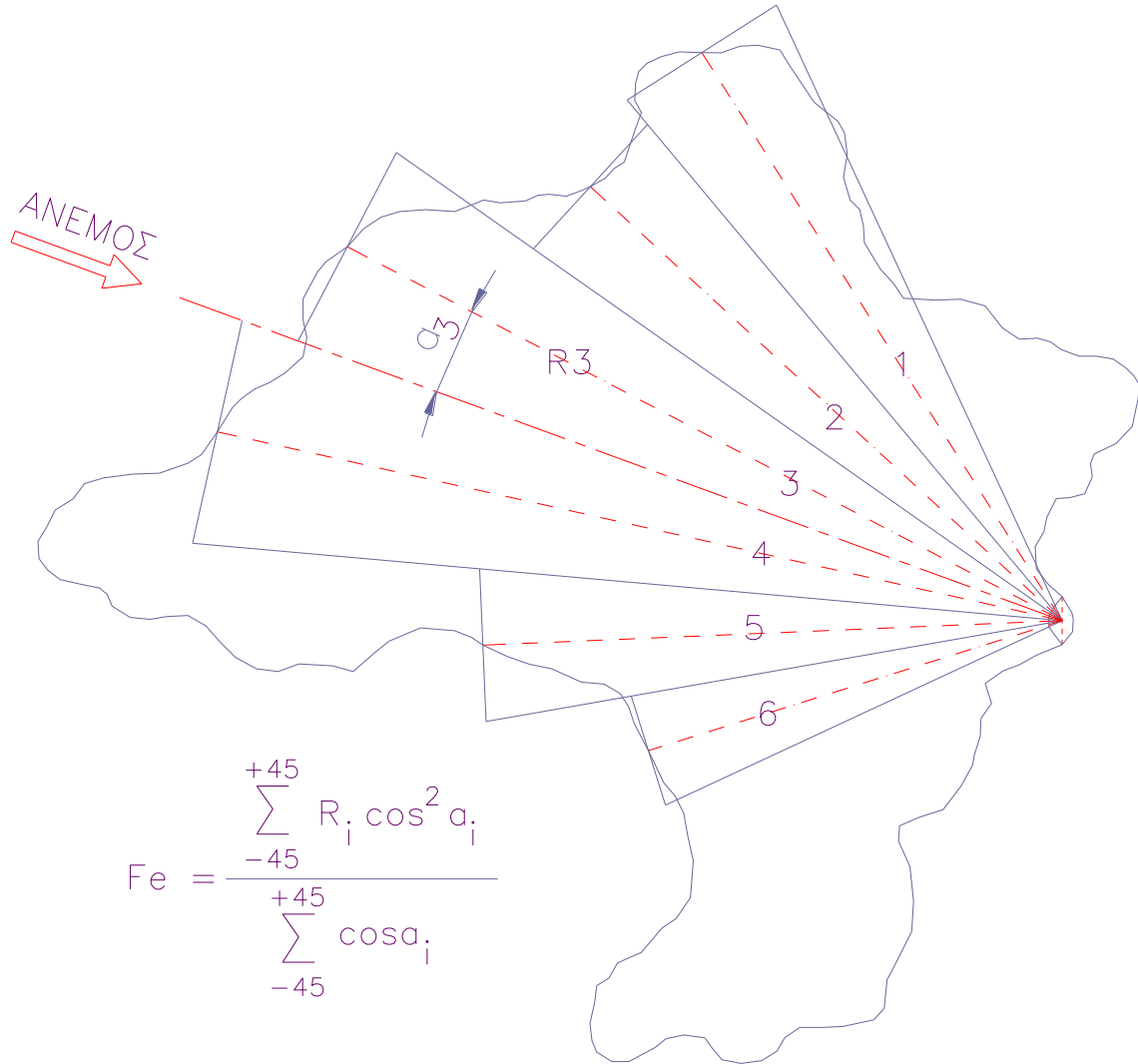
Ανύψωση Στάθμης Ταμιευτήρα λόγω Ανέμου

$$S_u = v^2 * F_e / (4800 * D) \text{ σε m}$$

- F_e : το ενεργό ανάπτυγμα του ταμιευτήρα (km)
- v : η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου (m/s) στην κατεύθυνση του F_e
- D : μέσο βάθος ταμιευτήρα κατά μήκος F_e (m).



Ενεργό Ανάπτυγμα Ταμιευτήρα



α/α	R	a	cosa	$R\cos^2\alpha$
1	560	37,5	0,79335	352,47
2	534	22,5	0,92387	455,79
3	672	7,5	0,99144	660,55
4	722	7,5	0,99144	709,69
5	483	22,5	0,92387	412,26
6	361	37,5	0,79335	227,21

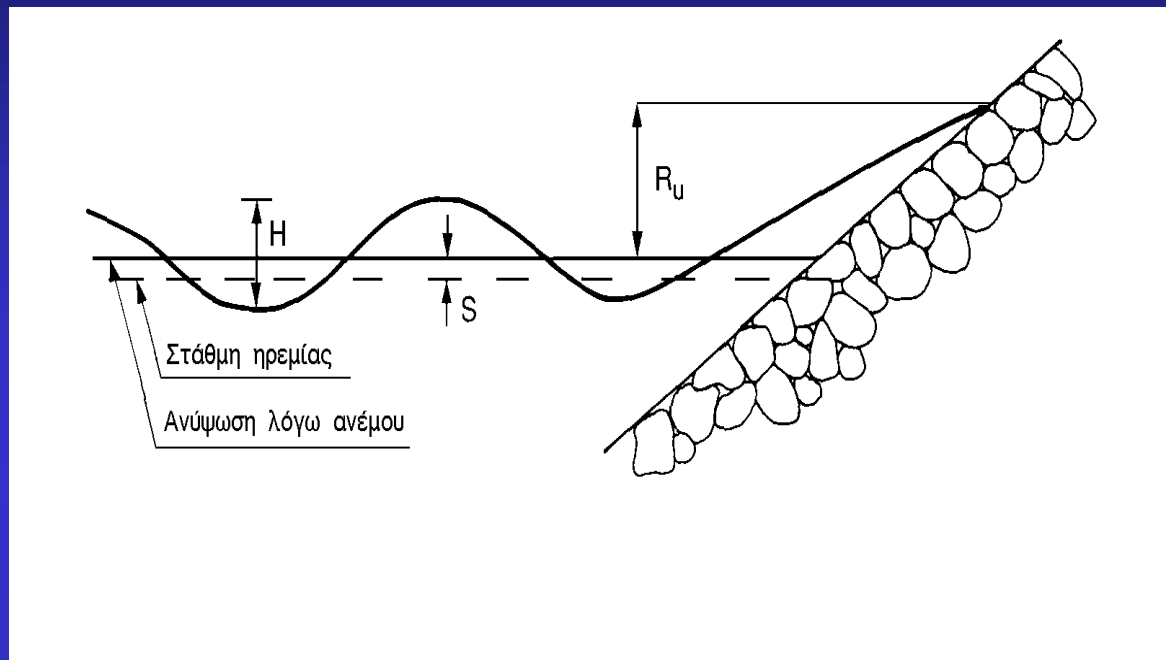
$$\sum \quad 5,4173 \quad 2818$$

$$F_e = 520$$

$$F_e = \frac{\sum_{-45}^{+45} R_i \cos^2 \alpha_i}{\sum_{-45}^{+45} \cos \alpha_i}$$



Αναρρίχηση κύματος σε πρανές αναχώματος φράγματος



Αναρρίχηση :
συνάρτηση χαρακτηριστικού ύψους κύματος (H_s)
και χαρακτηριστικών του πρανούς

$$R_u = r * H_s$$



H_s : “Χαρακτηριστικό” (significant) ύψος κύματος

H_s : το μέσο ύψος του 1/3 των υψηλότερων
μιας σειράς κυμάτων

$$H_s = (0,0506 * u_*^2 / g) * \sqrt{(g * F_e / u_*^2)}$$

Όπου :

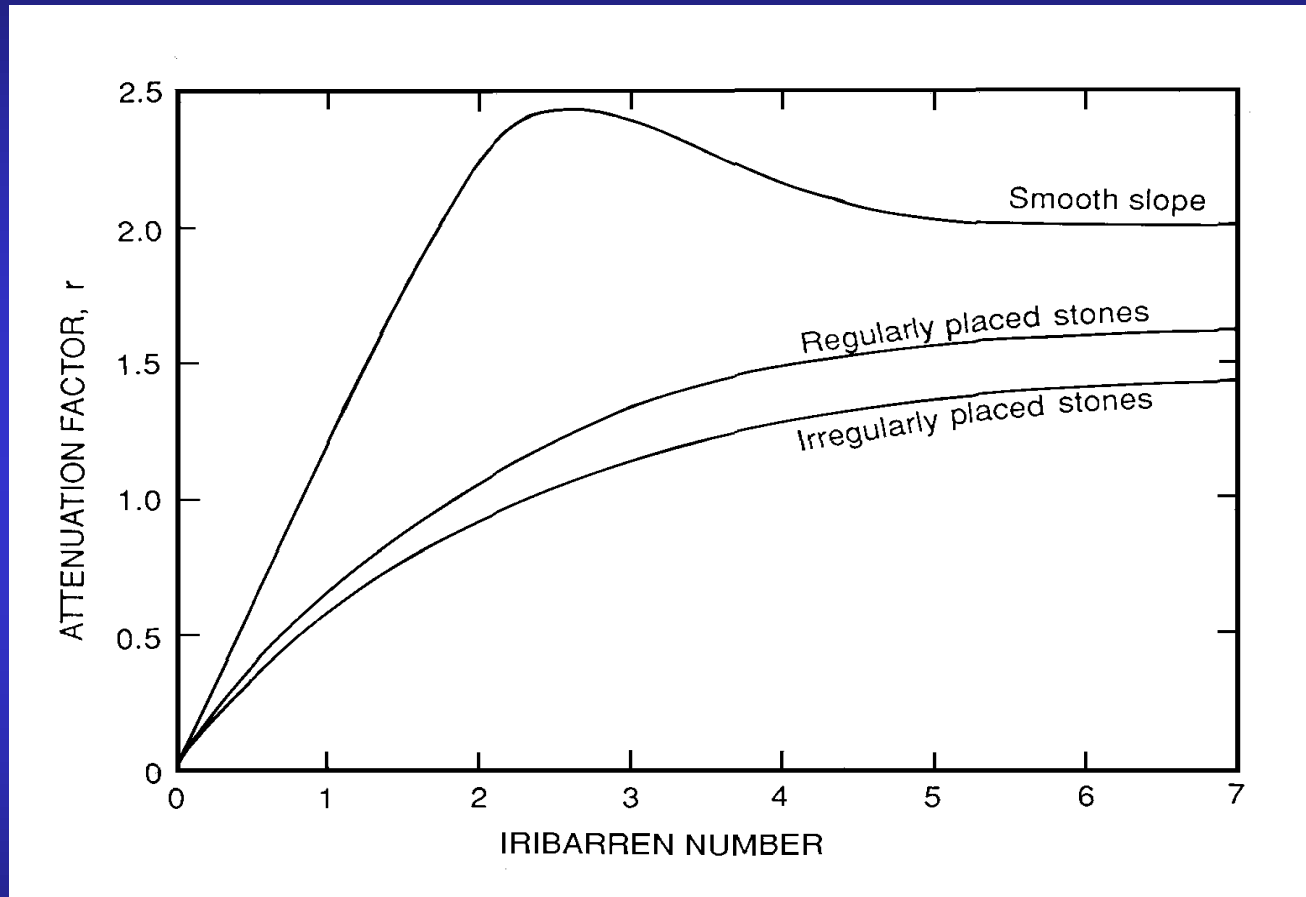
- F_e : το ενεργό ανάπτυγμα του ταμιευτήρα σε m,
- g : επιτάχυνση βαρύτητας, 9,81 m/s²,
- u_* : ταχύτητα τριβής σε m/s

$$u_*^2 = (0,0008 + 0,000065 * U_{10}) * U_{10}^2$$

- U_{10} ταχύτητα ανέμου (m/s), 10 m πάνω από επιφάνεια νερού.
(συντηρητική τιμή $U_{10} = 30$ m/s $\Rightarrow u_*^2 = 2,475$)



Συνάρτηση συντελεστή μείωσης και αριθμού Iribarren για διάφορες τραχύτητες πρανούς. (Από Ν.Γ.Ι. - 1992).



(Αριθμός Iribarren : για γεωφράγματα μεταξύ 0,5 και 2)



Μετακίνηση Στέψης λόγω Σεισμού

- δυναμική ανάλυση του αναχώματος του φράγματος
- φαινόμενα μετακίνησης

Κάθιση αναχώματος
ως ποσοστό του ύψους του φράγματος



συνάρτηση του δείκτη ESI
(Earthquake Severity Index)

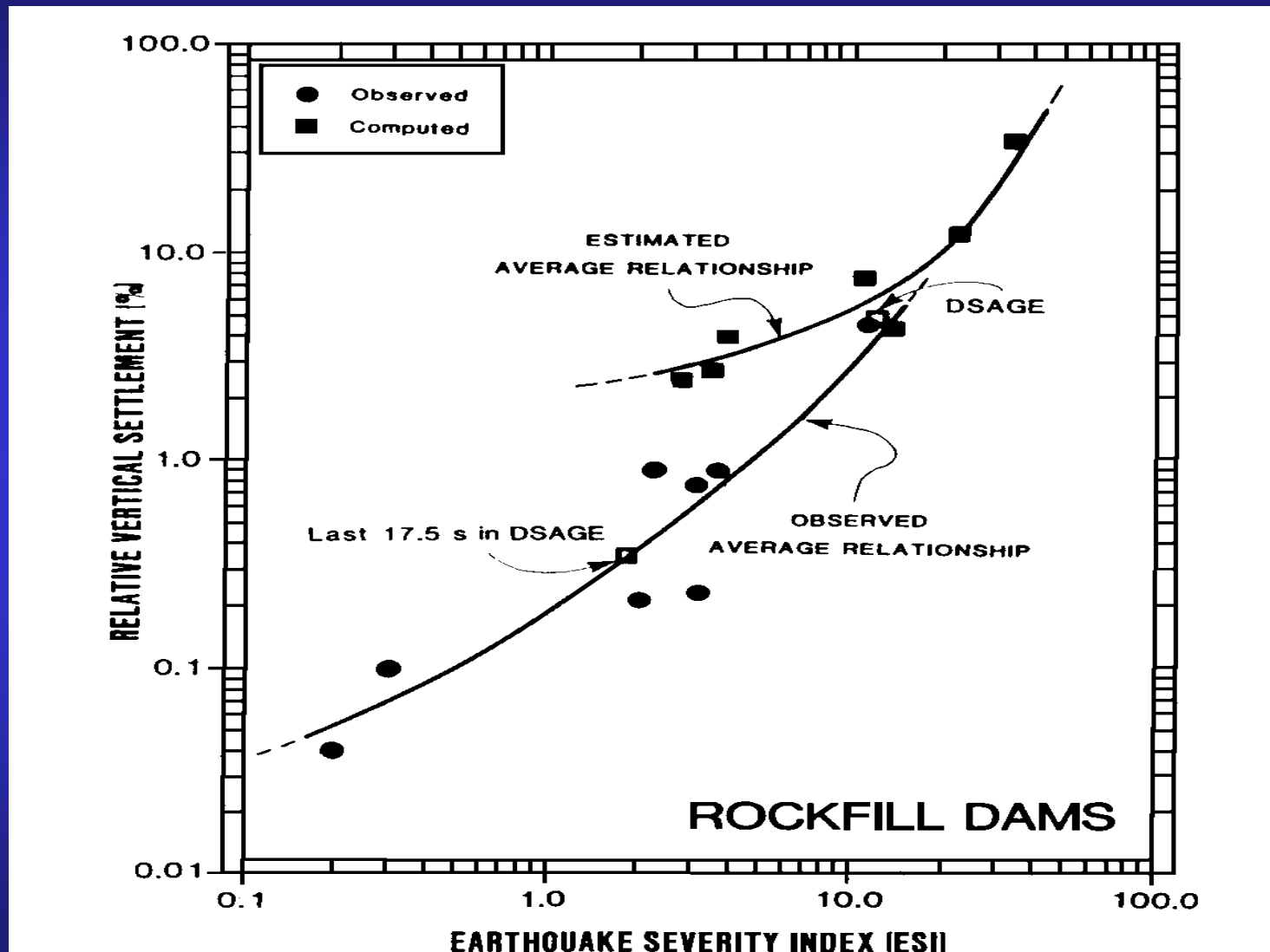
$$ESI = A * (R - 4.5)^3$$

A : μέγιστη επιτάχυνση εδάφους σε g,

R : μέγεθος σεισμού (Richter).



Συνάρτηση του δείκτη ESI και της σχετικής μετακίνησης





Περιθώριο ασφαλείας λόγω αβεβαιοτήτων

Υδρολογικής Μελέτης

Πρόσθετο περιθώριο ασφαλείας,
λαμβάνοντας υπόψη τη βαρύτητα των συνεπειών
σε περίπτωση αστοχίας

⇒

εκτίμηση : 0,25 m
(στρογγυλοποίηση Fb)



Έλεγχος Fb για

Ανάσχεση Πιθανής Μέγιστης Πλημμύρας (PMF)

- Ανάσχεση PMF χωρίς υπερπήδηση του φράγματος
- Λειτουργία υπερχειλιστή με παροχές μεγαλύτερες της παροχής σχεδιασμού
- Ζημιές αποδεκτές στα επιμέρους τεχνικά έργα



Πλημμυρικά Γεγονότα

- Στοιχεία λαμβάνονται από υδρολογική μελέτη
- Στοιχεία πλημμυρικών παροχών για διάφορες περιόδους επαναφοράς
- Χρονική κατανομή πλημμυρικού γεγονότος
- Μέγιστη παροχή ποταμού στη θέση του έργου (παροχή εισροής σε ταμιευτήρα)
- Όγκος πλημμύρας
- Ανάσχεση πλημμύρας στον ταμιευτήρα
- Παροχή εκροής μετά την ανάσχεση (παροχή σχεδιασμού υπερχειλιστή, εκτροπής)



Επιλογή πλημμύρας σχεδιασμού έργου

- Διακινδύνευση :

$$J = 1 - (1 - 1/T)^n$$

T : Περίοδος επαναφοράς

n : Χρόνια λειτουργίας (ζωής) έργου

Υπερχειλιστές

Συχνότητα	50 χρόνια	100 χρόνια
1:1.000	4,9%	9,5%
1:5.000	1%	1,9%
1:10.000	0,5%	1%

Διακινδύνευση έργων υπερχείλισης $\leq 1\%$.



Εκτροπή ποταμού

Συχνότητα	Διάρκεια		
	2 χρόνια	3 χρόνια	5 χρόνια
1:2	75%	86%	97%
1:10	19%	27%	41%
1:50	3,9%	5,9%	9,6%

Διακινδύνευση έργων εκτροπής $\leq 25\%$.



Σχεδιασμός έργων υπερχείλισης ή εκτροπής

- Επιλογή πλημμυρικής παροχής εισροής
- Χρονική κατανομή πλημμυρικού γεγονότος
- Ανάσχεση πλημμύρας στον ταμιευτήρα (υπερχειλιστή) ή στο πρόφραγμα (εκτροπή)
- Επαναλαμβανόμενοι κύκλοι διερεύνησης : πλάτος έργου υπερχείλισης, ύψος νάματος
- Προσδιορισμός Ανώτατης Στάθμης Πλημμύρας (ΑΣΠ)



Τύποι φραγμάτων

- Υλικό κατασκευής :
 - Σκυρόδεμα
 - Γεω-υλικά
- Λειτουργία
 - Αποθήκευση νερού
 - Αντιπλημμυρικά
 - Συγκράτηση φερτών
 - Υδραυλικής απόθεσης



Φράγματα από Σκυρόδεμα

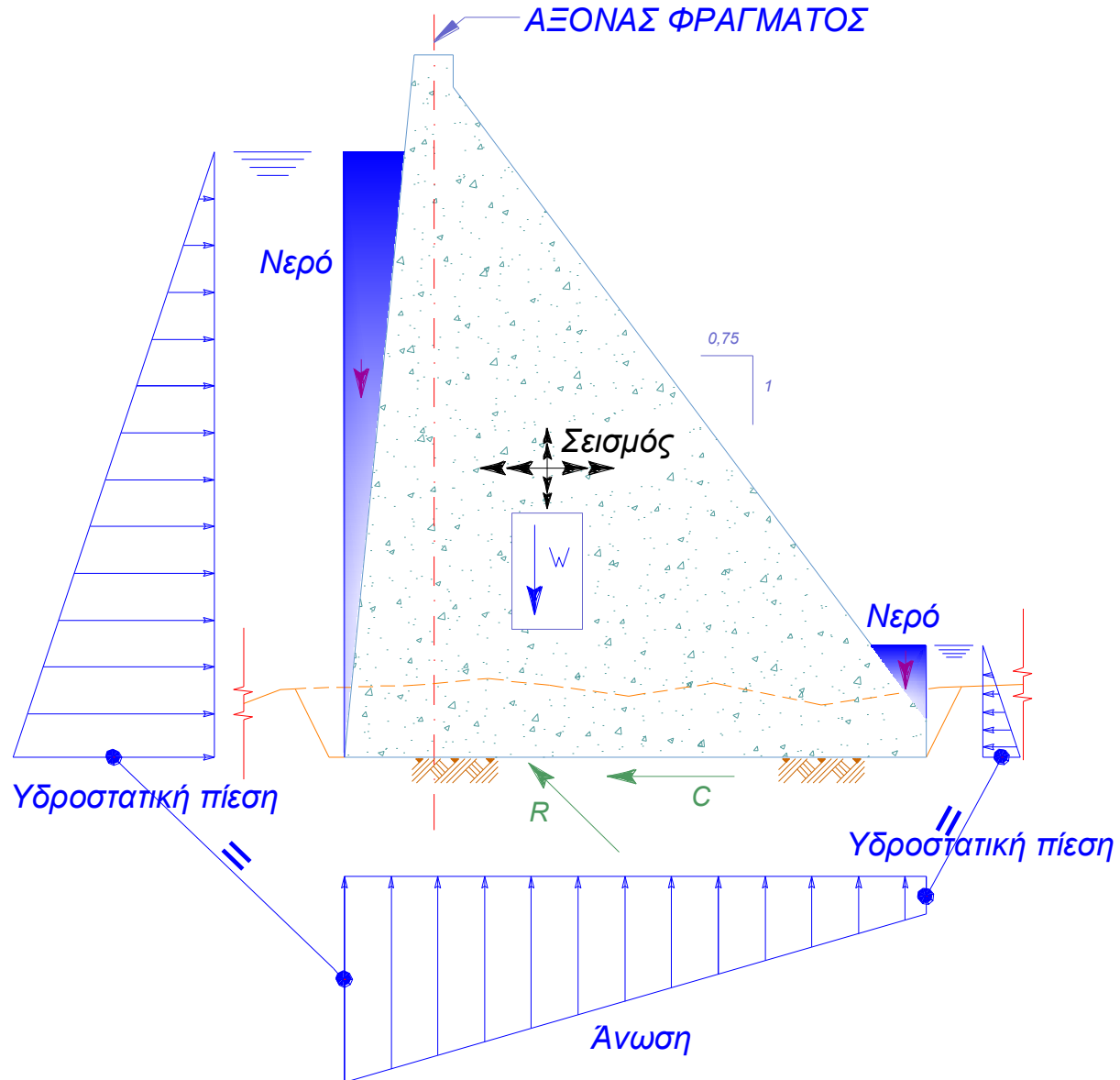
Ταξινόμηση

ως προς τον τρόπο ανάληψης των φορτίων

- Βαρύτητας
- Αντηριδωτό
- Τοξωτό
- Σύνθετο αντηριδωτό – τοξωτό



Βαρύτητας





Φράγμα Βαρύτητας – Λιθόκτιστο Φράγμα Καμαρών Σίφνου





Φράγμα Βαρύτητας – Κυκλώπειο σκυρόδεμα Μαραθώνα





Φράγμα Βαρύτητας – Σκυρόδεμα Φράγμα Λούρου





Φράγμα Βαρύτητας – RCC Φράγμα Πλατανόβρυσης





Φράγμα Βαρύτητας - Σκληρού Επιχώματος Φράγμα Βαλσαμιώτη



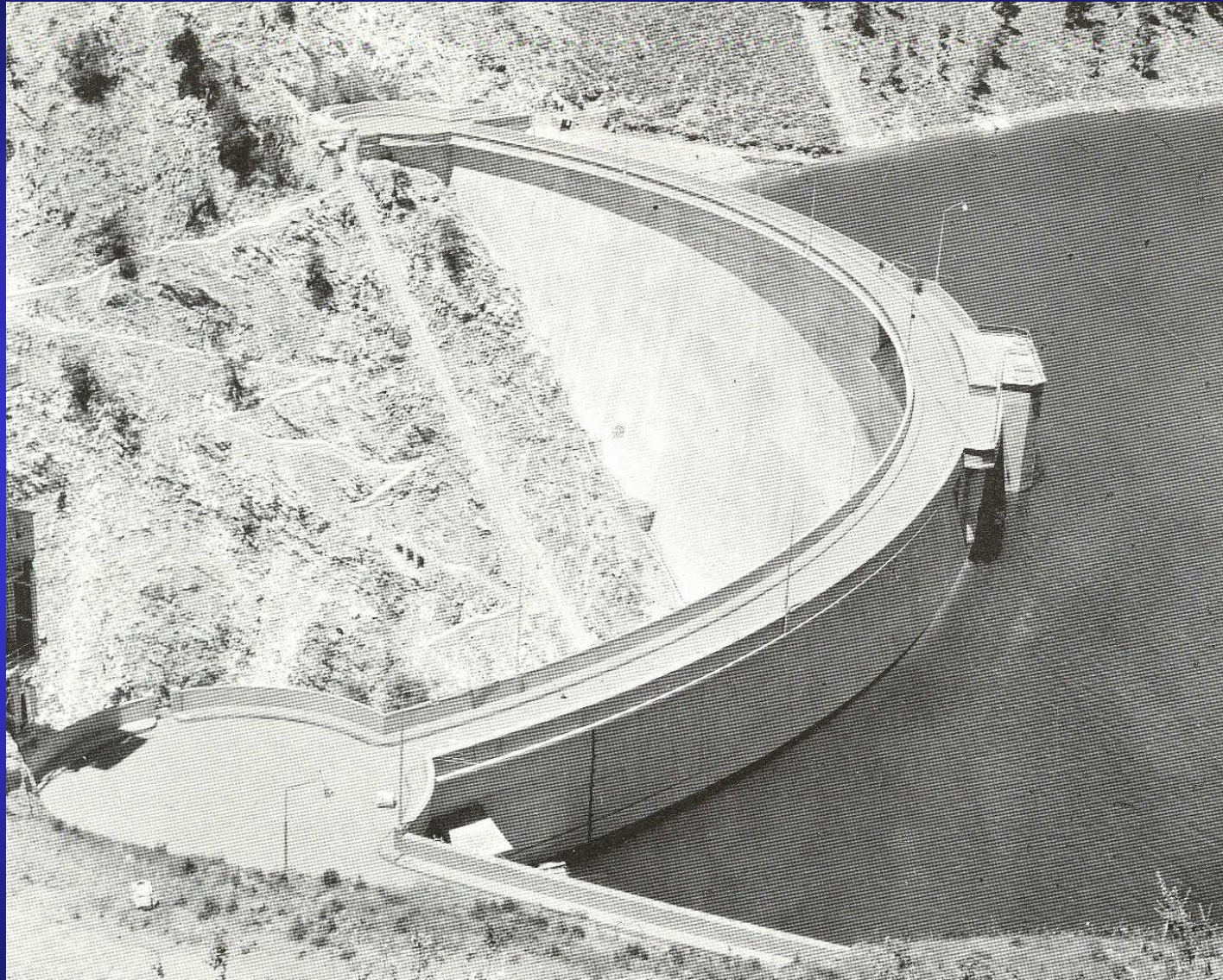


Αντηριδωτό – Φράγμα Elmali TR





Τοξωτό – Φράγμα Ταυρωπού





Κοιλάδα τύπου V

Βραχομάζα υψηλής
αντοχής

Απότομα πρανή





Γεωφράγματα

Ταξινόμηση

ως προς τα υλικά κατασκευής

- Χωμάτινο με αδιαπέρατο πυρήνα
- Λιθόρριπτο με αδιαπέρατο πυρήνα
- Λιθόρριπτο με Ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος
ΛΑΠΣ
- Λιθόρριπτο με ανάντη ασφαλικό τάπητα
- Λιθόρριπτο με κεντρικό ασφαλικό διάφραγμα



Χωμάτινα & Λιθόρριπτα φράγματα με πυρήνα

Κύριο υλικό κατασκευής :

- Χωμάτινα (embankment dams) : εδαφικά υλικά, αμμοχάλικα ποταμών, πλευρικά κορήματα
- Λιθόρριπτα (rockfill dams) : Προϊόντα εκσκαφής λατομείου, προϊόντα εκσκαφών βράχου.



Αμμοχάλικα ποταμού





Αμμοχάλικα ποταμού & πλευρικά κορήματα





Πλευρικά κορήματα



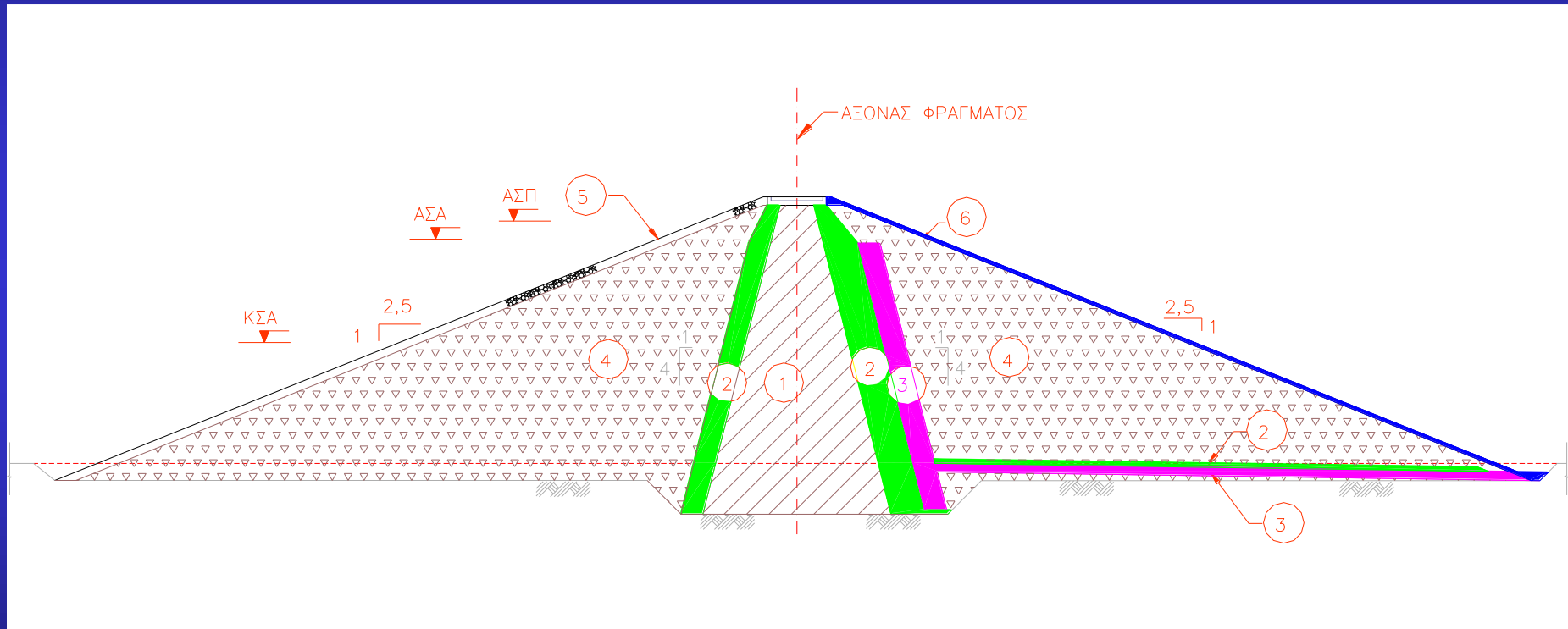


Φράγμα χωμάτινο – Φρ. Πουρναρίου





Τυπική διατομή χωμάτινου φράγματος





Φράγμα χωμάτινο – Φρ. Ιλαρίωνα





Φράγμα χωμάτινο – Φρ. Φανερωμένης Κρήτης





Λιθορριπή – Φράγμα Ραπεντώσας



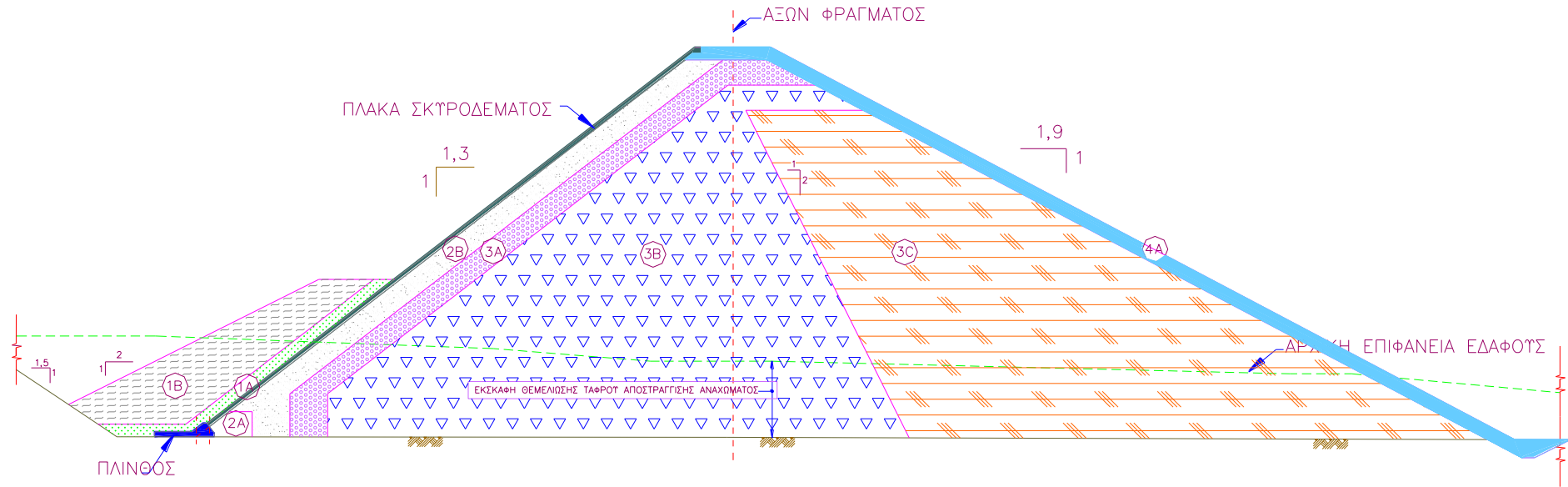


Λιθορριπή - Φρ. Φανερωμένης Κρήτης





Φράγμα ΛΑΠΣ – Τυπική διατομή





Φράγμα ΛΑΠΣ - Παναγιώτικο





Φράγμα ΛΑΠΣ – Φρ. Μεσοχώρας





Σχεδιασμός γεωφραγμάτων

Βασικός στόχος :

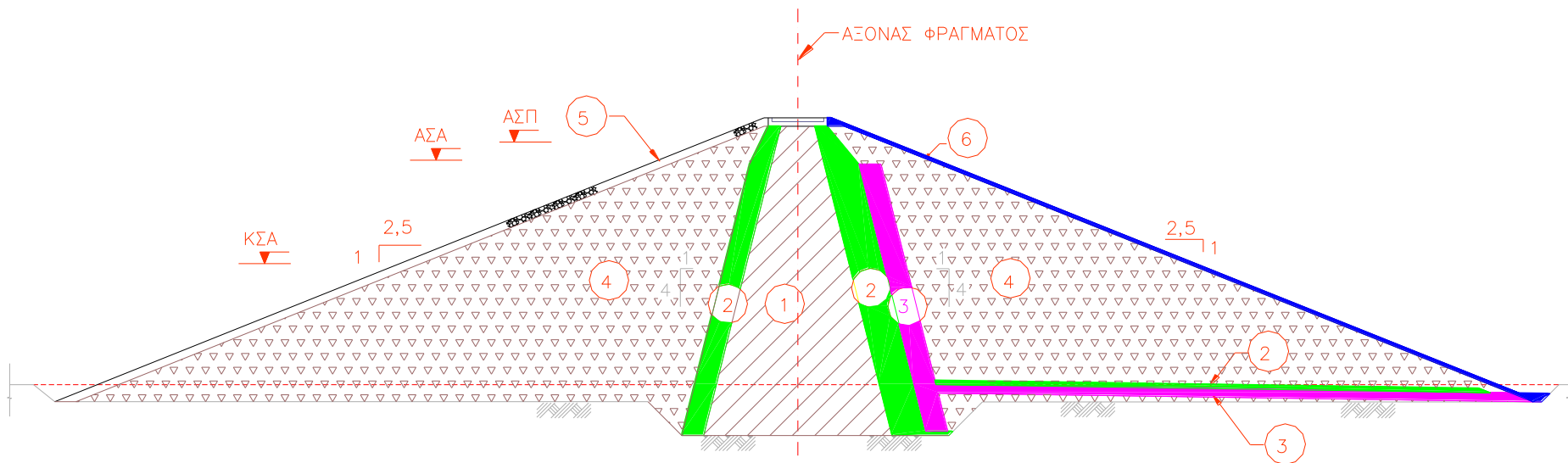
Να χρησιμοποιηθούν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα πλησίον του έργου ευρισκόμενα υλικά

Διαζώνηση γεωφραγμάτων :

- Χρήση διαφόρων διαθέσιμων υλικών
- Βελτιστοποίηση των ιδιοτήτων τους
- Κάλυψη των αδυναμιών τους



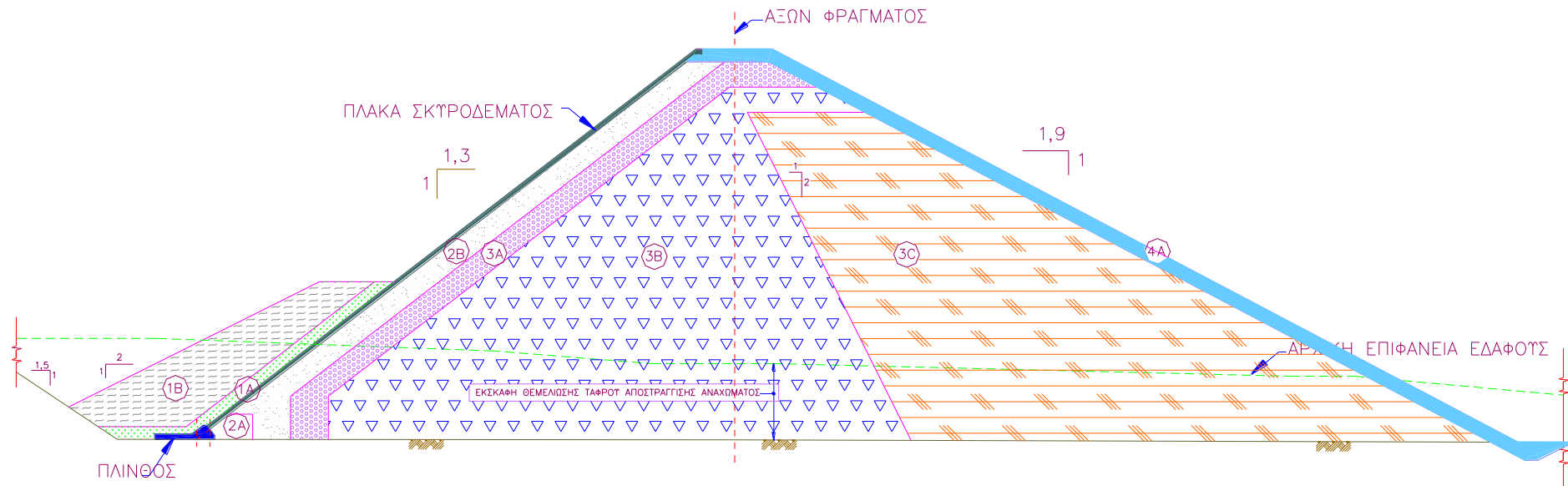
Διαζώνηση χωμάτινου φράγματος



Ζώνη 1 – Πυρήνας	Αδιαπέρατα υλικά
Ζώνη 2 – Φίλτρο	Διαβαθμισμένο αμμώδες υλικό
Ζώνη 3 – Στραγγιστήριο	Διαβαθμισμένο χαλικώδες υλικό
Ζώνη 4 – Κελύφη	Αμμοχάλικα, κορήματα, κερματισμένο βράχος
Ζώνη 5 – Κυματοπροστασία	Ογκόλιθοι - Τρόχμαλοι
Ζώνη 6 – Κατάντη ζώνη προστασίας	Λίθοι - κροκάλες



Φράγμα ΛΑΠΣ – Τυπική διατομή



Ζώνη 1A – Ιλυώδες υλικό	Ζώνη 3A – Μεταβατική ζώνη λιθορριπής
Ζώνη 1B – Οτιδήποτε υλικό	Ζώνη 3B – Λιθορριπή (υψηλή συμπίκνωση)
Ζώνη 2A – Λεπτόκοκκο φίλτρο	Ζώνη 3C – Λιθορριπή (μέτρια συμπίκνωση)
Ζώνη 2B – Φίλτρο	Ζώνη 6 – Κατάντη ζώνη προστασίας
Διαβαθμισμένο υλικό	Λίθοι ή κροκάλες