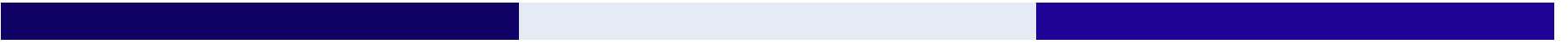


Υδροηλεκτρικά έργα

8ο εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ



Υδροληψίες και αγωγοί πτώσης

Σπύρος Μίχας, Ανδρέας Ευστρατιάδης, Ν.Μαμάσης, Δ.Κουτσογιάννης

Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ακαδημαϊκό έτος 2016-17

Κύρια στοιχεία της διάλεξης

- Διατάξεις υδροληψίας και συναφή έργα
- Έργα μεταφοράς και συναφή έργα
 - Αγωγοί μεταφοράς από σωλήνες
 - Σήραγγες ως αγωγοί πτώσης
- Βασικοί έλεγχοι και σχεδιασμός έργων μεταφοράς
 - Δυνάμεις αγκύρωσης
 - Υδραυλικό πλήγμα
 - Στηρίξεις αγωγών
 - Σπηλαίωση
 - Δυνάμεις διακλαδώσεων
- Παραδείγματα έργων

Γενικά για τα έργα υδροληψίας

- ❑ **Έργα υδροληψίας:** Είναι το σύνολο των έργων που χρησιμοποιείται για την απόληψη του νερού του ταμιευτήρα ή ποταμού κατά ελεγχόμενο τρόπο.
- ❑ Είδη έργων υδροληψίας
 - Υδροληψίες ποταμών ή επιφανειακές
 - ❑ Πλευρική
 - ❑ Εντός της κοίτης
 - Υδροληψίες ταμιευτήρων ή βυθισμένες
- ❑ Τα έργα υδροληψίας κατασκευάζονται σε κατάλληλη θέση και με διάταξη που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό:
 - Από το είδος (ποτάμια ή ταμιευτήρας).
 - Από τη συνδυαστική ή όχι χρήση του ύδατος.
 - Από τη μορφολογία της θέσης υδροληψίας και της θέσης χρήσης.
 - Από τα χαρακτηριστικά της σχεδιαζόμενης υδροηλεκτρικής παραγωγής.
 - Από άλλους παράγοντες (φερτές ύλες, υδρολογικά δεδομένα, κλπ).

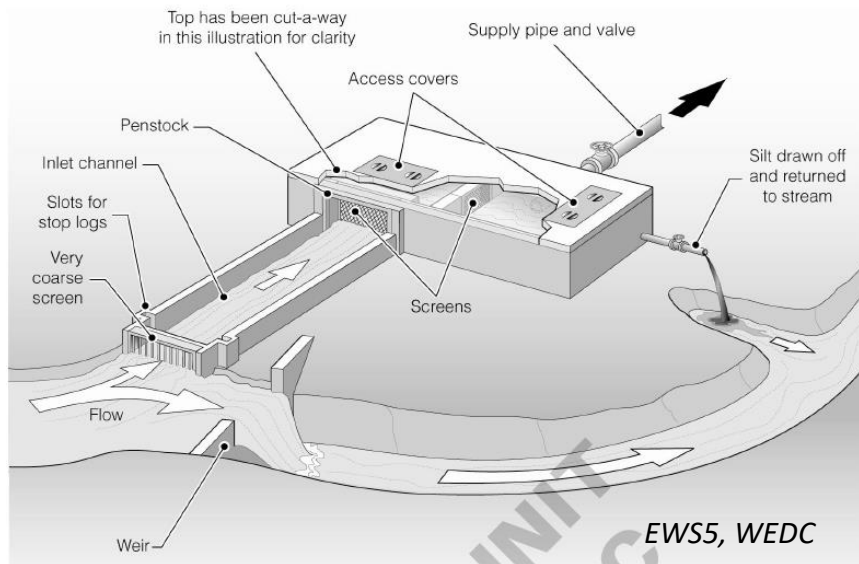
Βασικά στοιχεία έργων υδροληψίας

- ❑ Στόμιο υδροληψίας:
 - Κατασκευή στο άκρο για την υποδοχή του νερού, που μπορεί να είναι έργο τεχνικό από σκυρόδεμα ή αγωγός.
 - Κατάλληλα διαμορφωμένο ώστε να αποτρέπει την είσοδο ανεπιθύμητων στοιχείων (συνήθως με σχάρα).
 - Υδραυλικός σχεδιασμός τέτοιος που να ελαχιστοποιεί ανεπιθύμητα φαινόμενα (απώλειες, προσρόφηση αέρα).
- ❑ Αγωγός απόληψης ή υδροληψίας ή μεταφοράς:
 - Για τη μεταφορά του νερού κατάντη.
 - Σχεδιασμός που να ελαχιστοποιεί ή να ελέγχει τοπικές απώλειες, σπηλαίωση, πλήγμα.
- ❑ Συσκευές ελέγχου: υπερχειλιστές, θυροφράγματα, δικλείδες και έργα καταστροφής ενέργειας ή ανάπαλσης.
- ❑ Γενικά, όλα τα έργα δια μέσου των οποίων εξασφαλίζεται:
 - η δυνατότητα κατασκευής (ενδέχεται να ενσωματώνει προσωρινά έργα),
 - ο έλεγχος της απόληψης για λειτουργία υπό τις επιθυμητές συνθήκες,
 - η δυνατότητα προσπέλασης για συντήρηση και επισκευή.

Υδροληψίες σε ποταμούς

- ❑ Προβλέπεται συνήθως ένα στοιχείο υδραυλικού ελέγχου, που έχει σκοπό να περιορίσει ή να ελέγξει τη διακύμανση της στάθμης, ώστε να είναι δυνατός ο σχεδιασμός του ΥΗΕ με ασφάλεια.
- ❑ Τα συνηθισμένα στοιχεία ελέγχου είναι:
 - Υπερχελιστής (σταθερή στάθμη)
 - Συσκευές ελέγχου (πχ θυροφράγματα, μεταβλητή στάθμη)
- ❑ Ο σχεδιασμός πρέπει να προβλέπει την ασφαλή λειτουργία της υδροληψίας υπό όλες τις συνθήκες ροής του ποταμού και της στερεομεταφοράς.
 - Έργα ασφαλείας (έναντι πλημμυρών)
 - Σχάρες υδροληψίας
 - Λεκάνες συγκράτησης φερτών
- ❑ Πλευρικές υδροληψίες: όταν η απόληψη γίνεται σε μια όχθη
 - Μικρότερη ικανότητα απόληψης
 - Ευκολότερη αντιμετώπιση των φερτών
- ❑ Υδροληψίες στην κοίτη: όταν η απόληψη γίνεται εντός του κύριου πεδίου ροής του ποταμού
 - Ευχέρεια στην επιλογή της ποσότητας απόληψης
 - Δυσχέρεια στην πλημμυρική λειτουργία και την προστασία από φερτές ύλες

Υδροληψία ποταμών (1)



□ Παραδείγματα πλευρικών υδροληψιών

- Στοιχείο ελέγχου της στάθμης
- Κατασκευή υδροληψίας, σχάρες

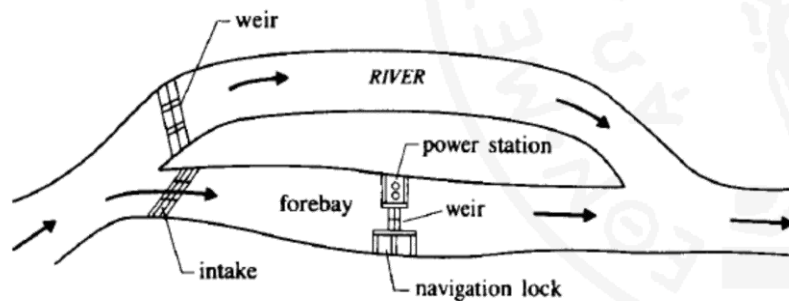
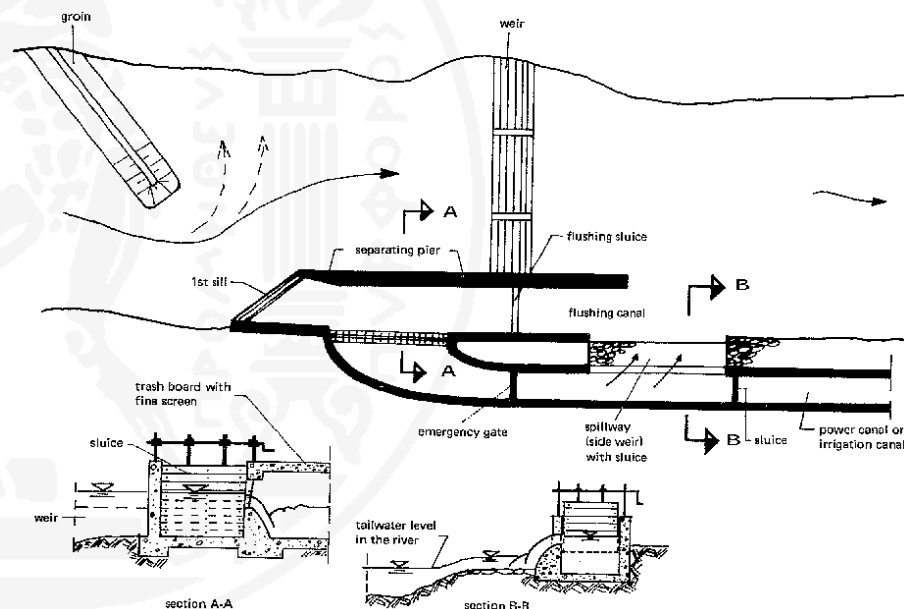


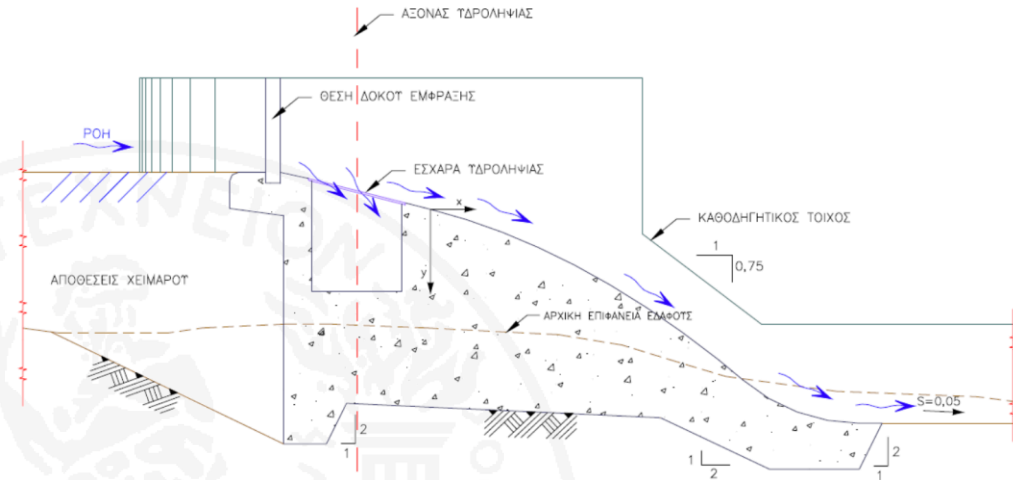
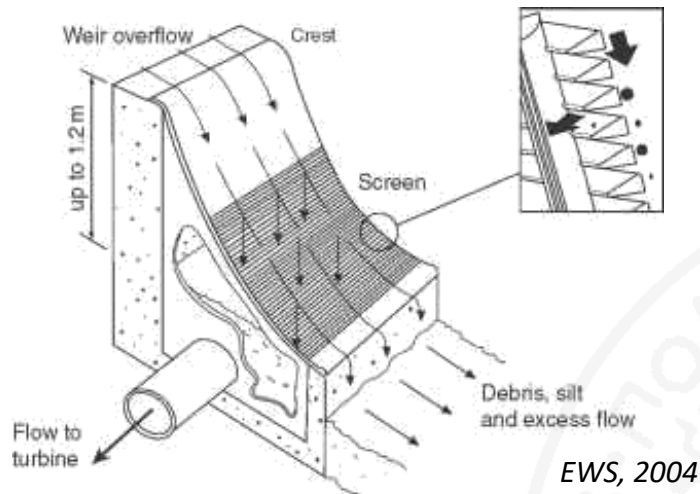
Fig. 12.3 Diversion canal plant

Hydraulic structures 4th ed., Novak et al, 2004



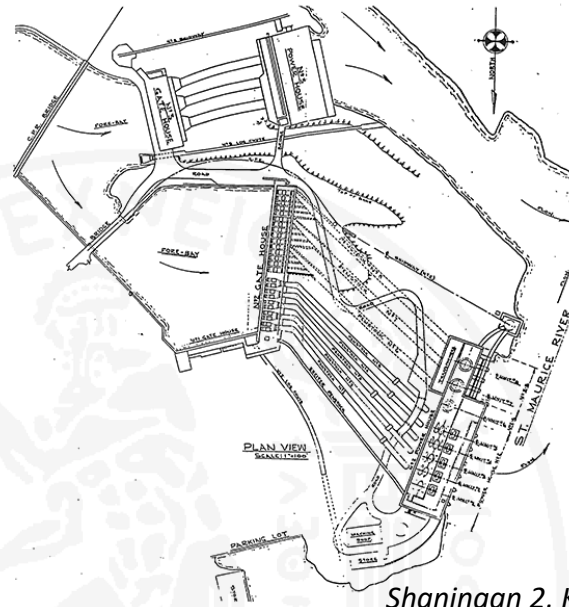
Planning of Water intake structures for irrigation or hydropower, Helmut Lauterjung, 1989

Υδροληψία ποταμών (2)

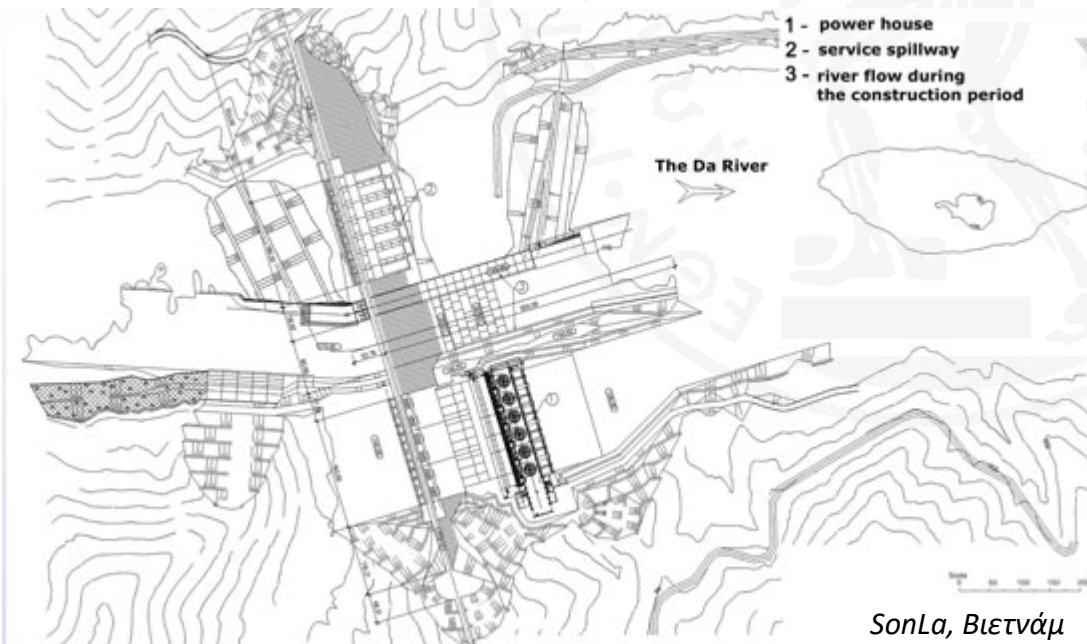


- Υδροληψία πάνω στην κοίτη με σχάρα επί υπερχειλιστή

Υδροληψία ποταμών (3)



Shaningang 2, Καναδάς



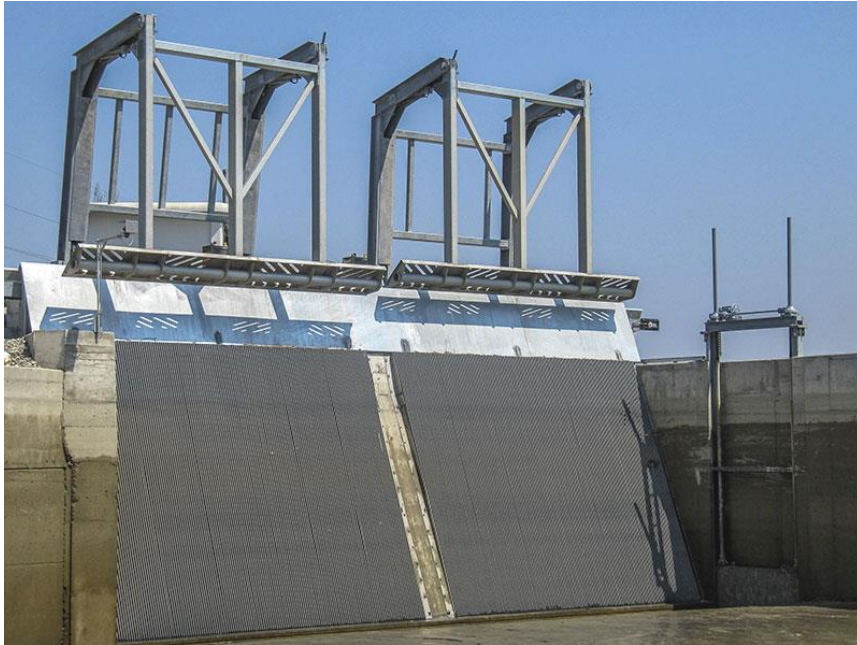
SonLa, Βιετνάμ

- ❑ Υδροληψίες πάνω στην κοίτη του ποταμού
 - Προσαρμογή στη μορφολογία
 - Στοιχεία ελέγχου της ροής
 - Θέσεις εκτροπής κατά την κατασκευή

Φερτές ύλες ποταμών και σχάρες υδροληψιών

- ❑ Συνήθης μορφή σχαρών είναι παράλληλες μεταλλικές ράβδοι ορθογωνικής ή κυκλικής διατομής.
- ❑ Κατάλληλο διάκενο: εξαρτάται από τα εκάστοτε δεδομένα αναμενόμενης στερεομεταφοράς, συνήθως έχει ένα μέγεθος 2 έως 5cm.
- ❑ Τα φερτά ή και άλλα στοιχεία που συγκρατούνται, απομακρύνονται με κατάλληλο μηχανισμό ή διαδικασία καθαρισμού.
- ❑ Στερεές ή αιωρούμενες φερτές ύλες ή ακαθαρσίες μικρότερων διαστάσεων απομακρύνονται με άλλες μεθόδους, όπως με δεξαμενή καθίζησης κατάλληλων διαστάσεων.
- ❑ Λαμβάνονται υπ' όψη οι υδραυλικές απώλειες που προκαλούν οι σχάρες.

Παραδείγματα σχαρών



Σύστημα υδροληψίας σε ποταμό

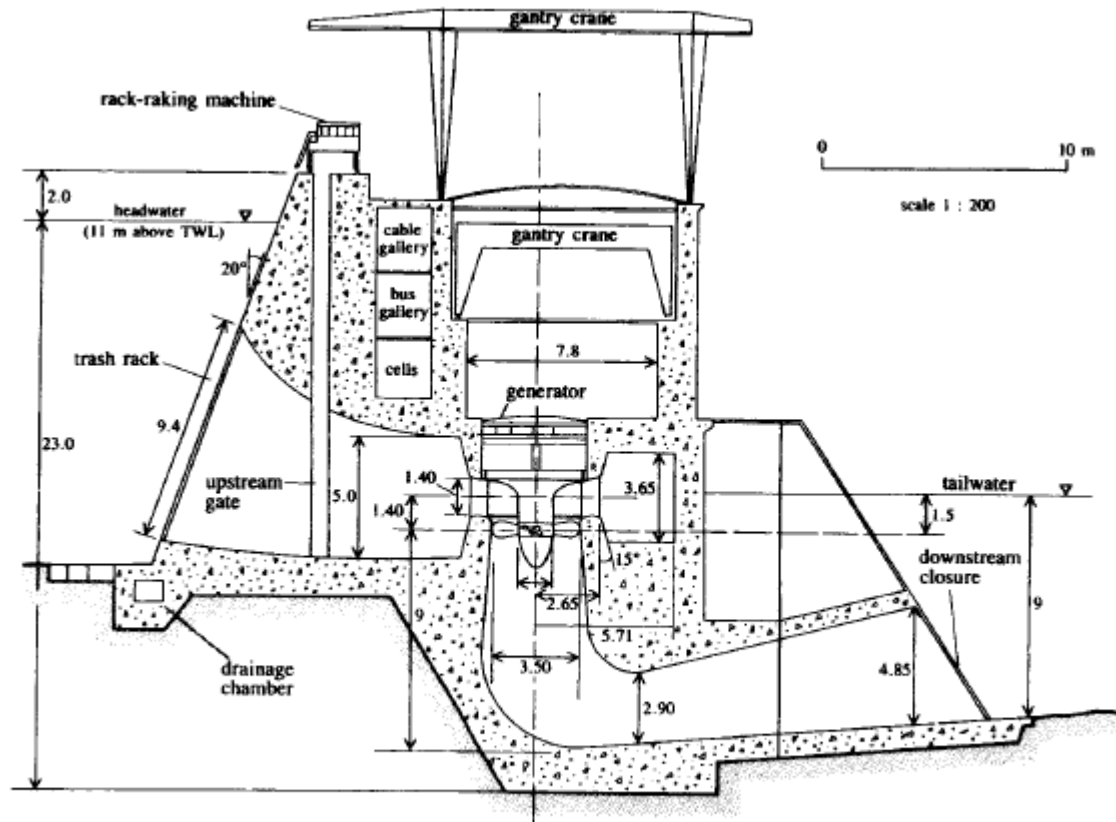


Fig. 12.26 Section through power station; dimensions in metres

Hydraulic structures 4th ed., Novak et al, 2004

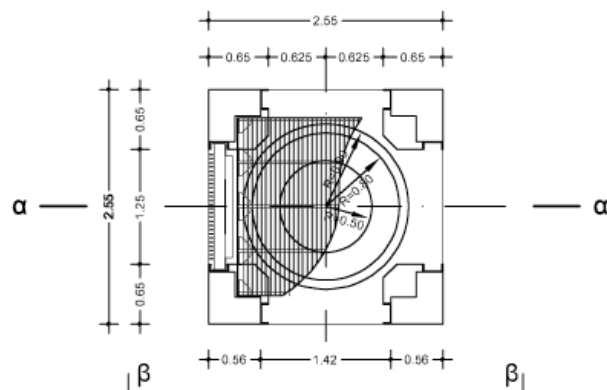
- ❑ Χαμηλό φορτίο
- ❑ Αγωγός μεταφοράς μικρού μήκους
- ❑ Λοιπά στοιχεία όπως απαιτείται σε τέτοιου είδους έργα

Υδροληψία ταμιευτήρων

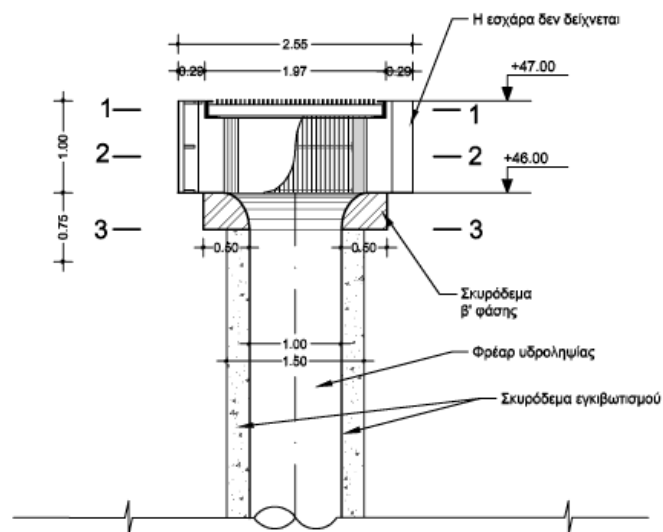
- ❑ Στις υδροληψίες των ταμιευτήρων, η υδροληψία γίνεται σε ένα μεγαλύτερο εύρος στάθμης.
- ❑ Στα ΥΗΕ, το εύρος διακύμανσης μεταξύ της στάθμης της υδροληψίας και της ανωτάτης στάθμης λειτουργίας συνδυάζεται με τα χαρακτηριστικά του στροβίλου και τα δεδομένα της αναμενόμενης παραγωγής.
- ❑ Το βέλτιστο φορτίο υπό το οποίο λειτουργεί η μονάδα ΥΗΕ λαμβάνεται υπ'όψιν στην απόφαση σχεδιασμού της στάθμης υδροληψίας.
- ❑ Η εξασφάλιση επαρκούς ύψους νερού πάνω από την υδροληψία εξασφαλίζει την προστασία του ΥΗΕ από την προσρόφηση αέρα, η οποία είναι μη επιθυμητή.
- ❑ Ο έλεγχος της υδροληψίας γίνεται είτε με τα θυροφράγματα είτε με τα ρυθμιστικά στοιχεία του στροβίλου
- ❑ Τύπος του φράγματος
 - Φράγματα βαρύτητας: κατασκευές πάνω στο σώμα ή θεμελιωμένες στο σώμα
 - Γεωφράγματα: κατασκευές συνήθως εκτός του αναχώματος ή τμηματικά εντός (όπως αγωγός από οπλισμένο σκυρόδεμα).

Λεπτομέρειες χόανης υδροληψίας

ΚΑΤΟΨΗ

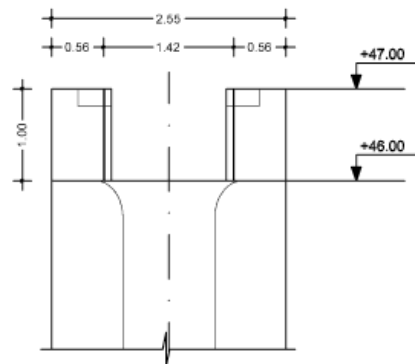


TOMH α-α

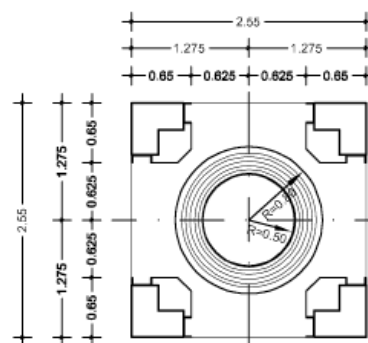


ΟΨΗ β-β

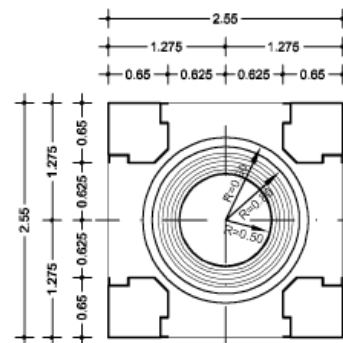
(Οι εσχάρες δεν δείχνονται)



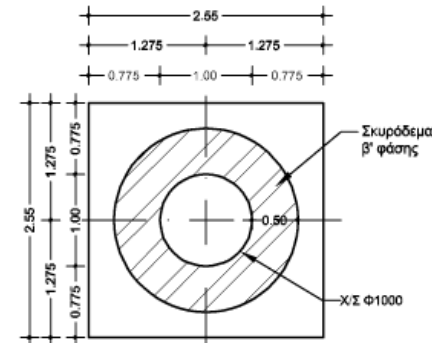
TOMH 1-1



TOMH 2-2



TOMH 3-3



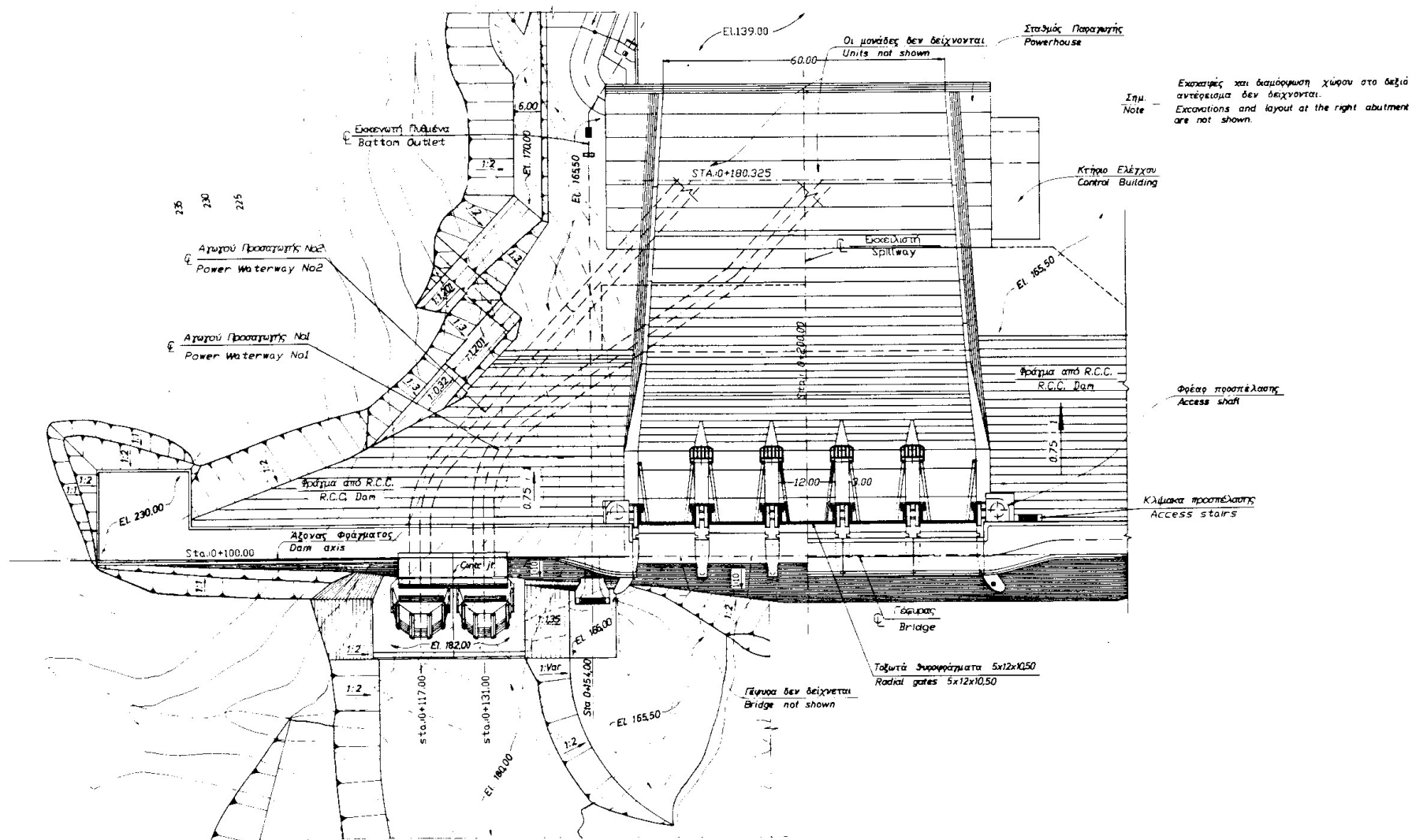
Λεπτομέρεια στομίου υδροληψίας



□ Κεκλιμένη υδροληψία (με σήραγγα)

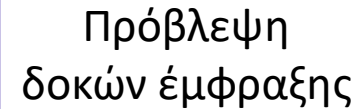
Σπύρος Μίχας, Ανδρέας Ευστρατιάδης, Ν.Μαμάσης, Δ.Κουτσογιάννης - Υδροηλεκτρικά έργα - Υδροληψίες και αγωγοί πτώσης

Φράγμα Πλατανόβρυσης



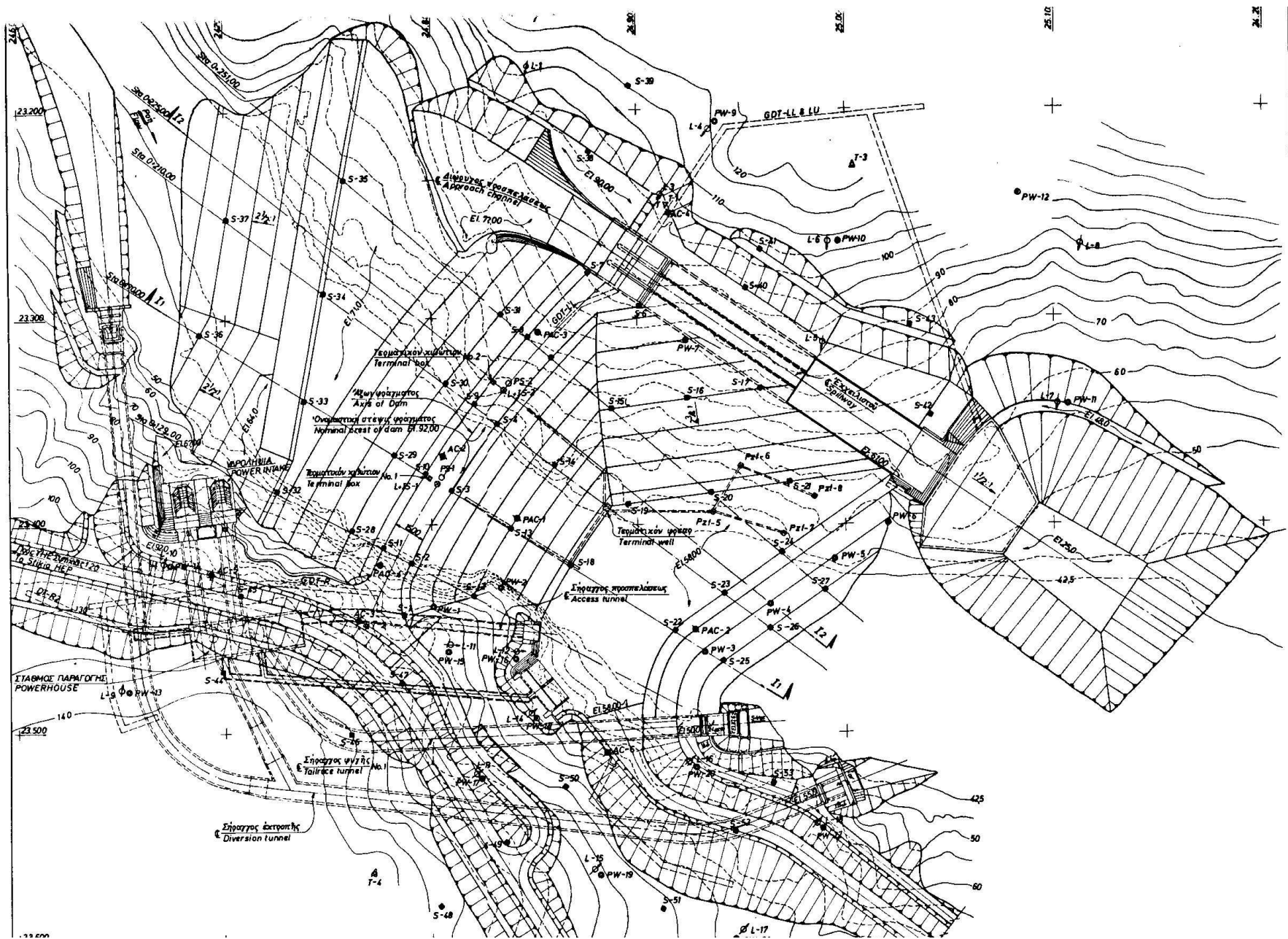
□ Διπλά στόμια υδροληψίας ΥΗΕ

Θυρόφραγμα και προσπέλαση

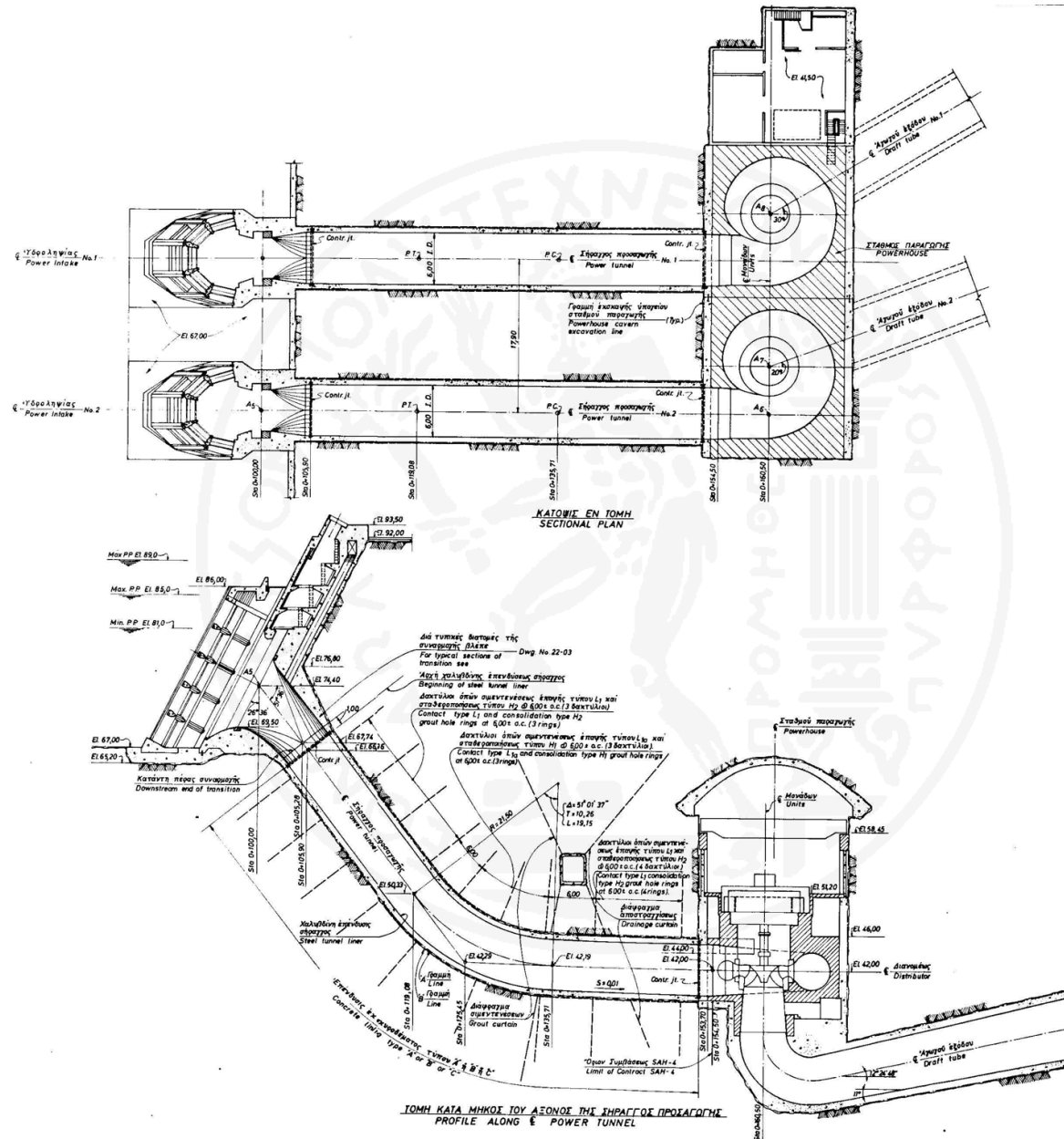


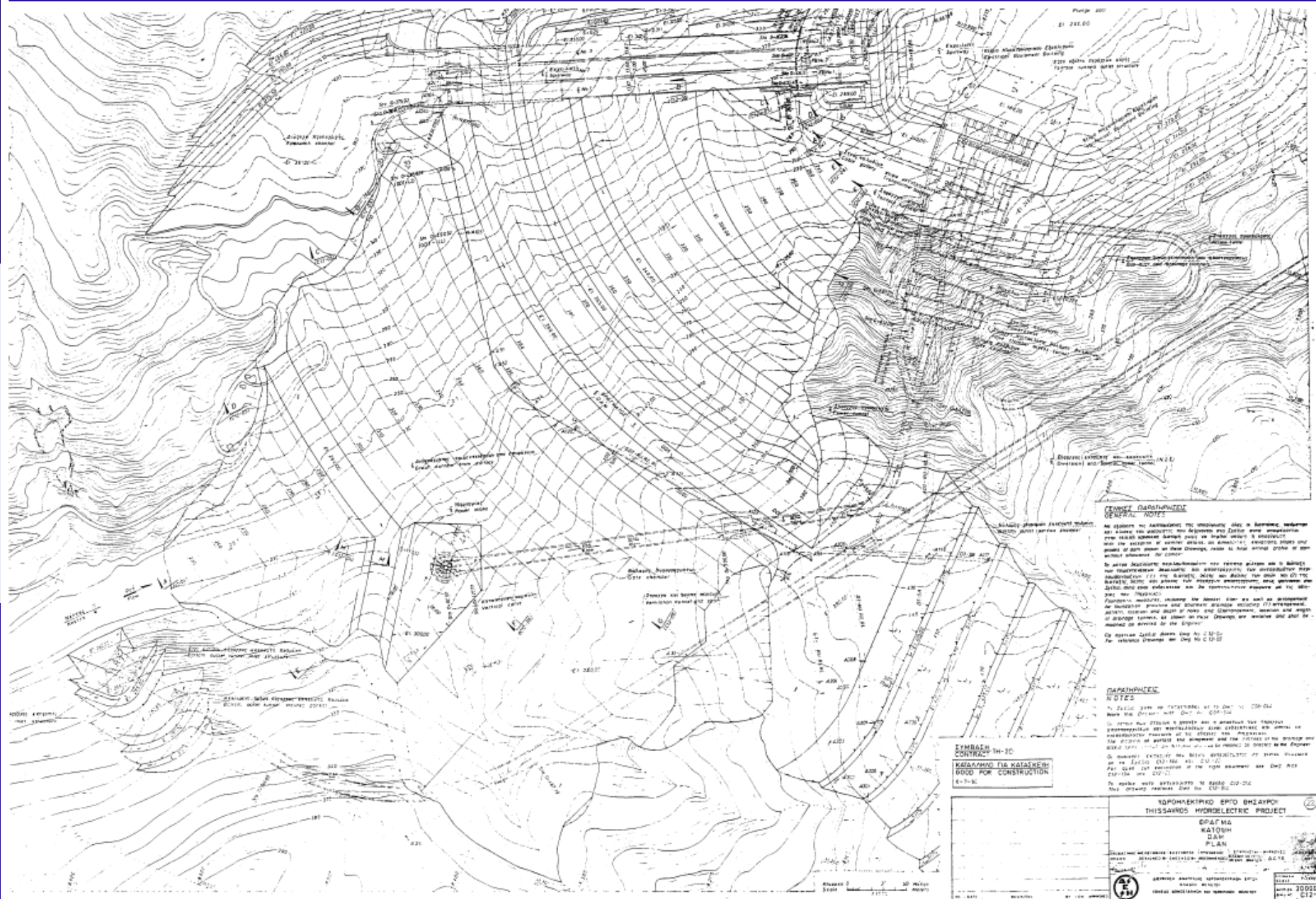
- 16

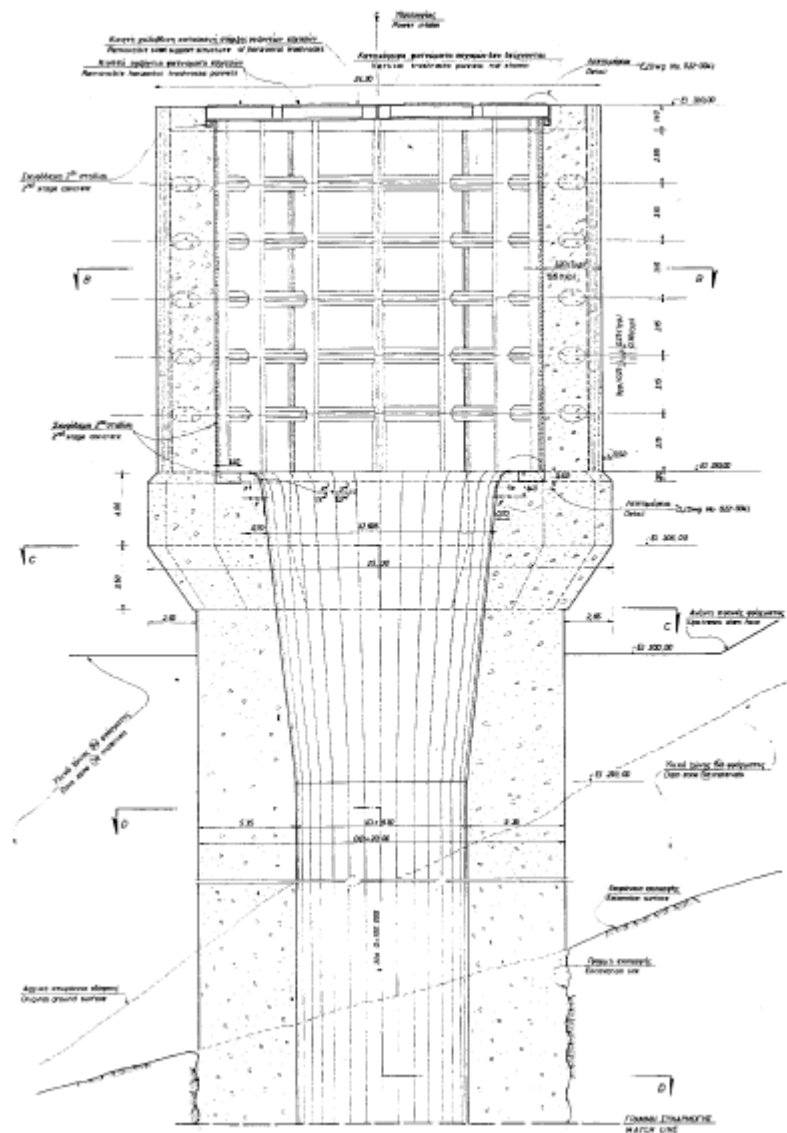
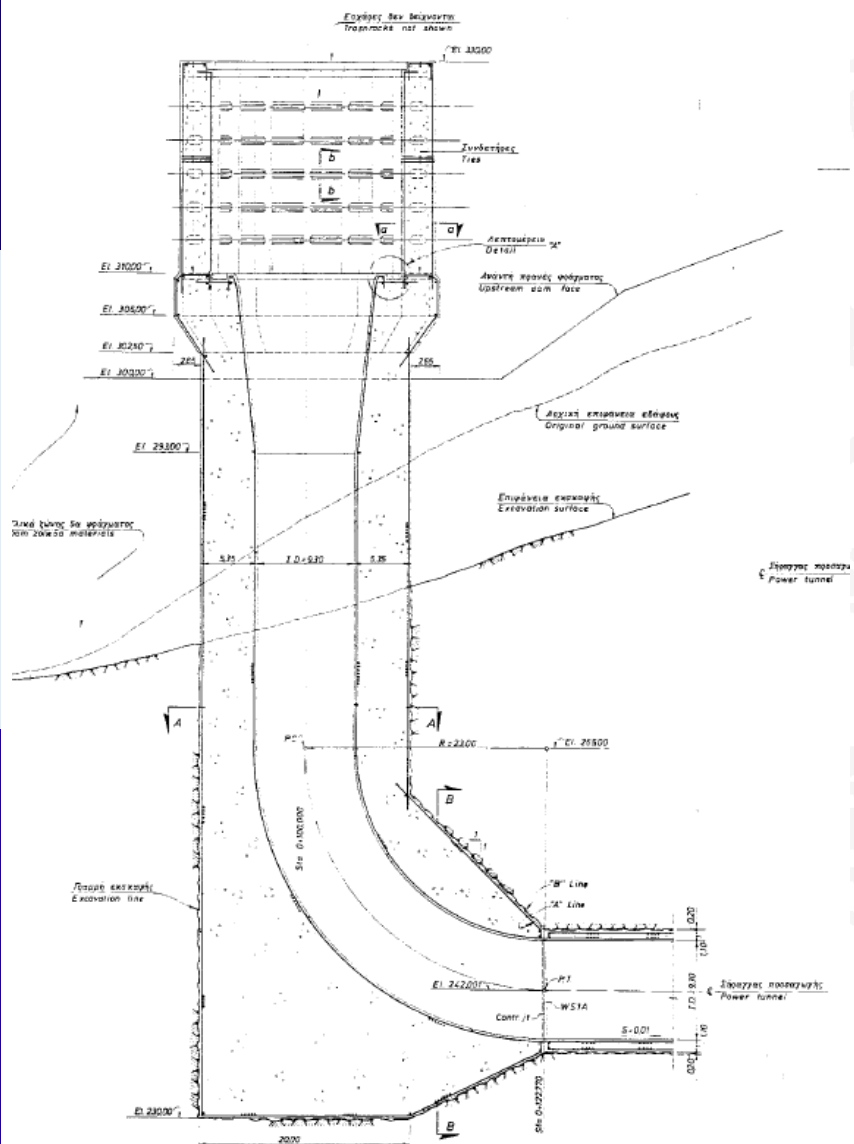
Φράγμα Ασωμάτων



Φράγμα Ασωμάτων







Αγωγοί μεταφοράς

- ❑ Οι αγωγοί μεταφοράς συνδέουν τη θέση της υδροληψίας με τον ΥΗ σταθμό. Γενικά μεταφέρουν το νερό υπό πίεση, ιδιαίτερα στα ΥΗΕ.
- ❑ Αγωγοί μεταφοράς μπορούν να κατασκευαστούν:
 - Με ένα υπόγειο έργο-σήραγγα που λειτουργεί η ίδια ως αγωγός (αναφερόμενη συχνά και ως υδραυλική σήραγγα)
 - Με έναν αγωγό τοποθετημένο υπόγεια ή υπέργεια:
 - ❑ Επιφανειακό σε σκάμμα
 - ❑ Επιφανειακό επί του εδάφους
 - ❑ Εντός προσπελάσιμης σήραγγας
 - Με συνδυασμό των ανωτέρω
- ❑ Η επιλογή της μορφής του έργου εξαρτάται κυρίως:
 - Από το μέγεθος της παροχής
 - ❑ Πολύ μεγάλες παροχές απαιτούν υπόγεια έργα μεγάλου μεγέθους
 - ❑ Μικρότερες παροχές μπορούν να γίνουν με ποικίλους τρόπους
 - Από διάφορα τεχνικοοικονομικά κριτήρια
 - ❑ Φορτία του αγωγού
 - ❑ Μορφολογία και γεωλογικά/γεωτεχνικά δεδομένα της περιοχής κατασκευής
 - ❑ Χρήσεις
 - ❑ Άλλα κριτήρια

Αγωγός μεταφοράς

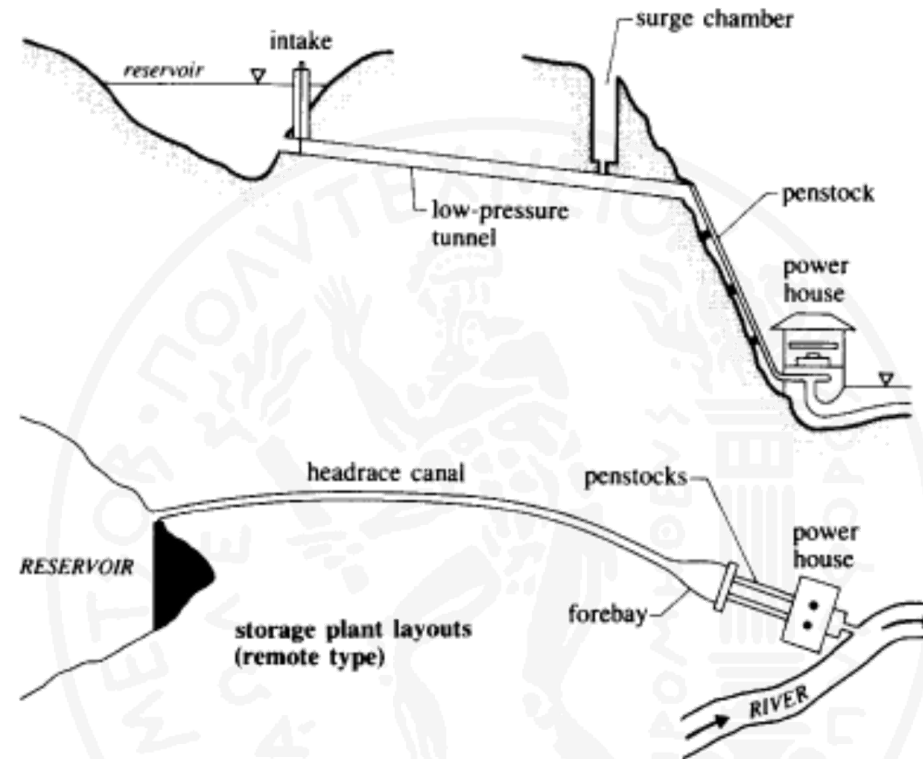


Fig. 12.4 Storage plant layouts (remote type)

Hydraulic structures 4th ed.

- ❑ Οι αγωγοί μεταφοράς μπορεί να περιλαμβάνουν:
 - Αγωγός προσαγωγής ή υδροληψίας ή μεταφοράς: τμήμα υπό χαμηλό πιεζομετρικό φορτίο (μικρή πτώση)
 - Αγωγός πτώσης: τμήμα υπό υψηλό πιεζομετρικό φορτίο (μεγάλη πτώση)

Υδραυλικές σήραγγες

- ❑ Απαιτούν όλο το σχεδιασμό που προβλέπεται σε ένα υπόγειο έργο (ανεξάρτητα από τη χρήση):
 - Διαδικασία διάνοιξης
 - Προσωρινές υποστηρίξεις
 - Μόνιμες επενδύσεις
- ❑ Σημαντικά θέματα σχεδιασμού και κατασκευής:
 - Επένδυση και εξασφάλιση στεγανότητας
 - ❑ Με μεταλλική επένδυση μετά την μόνιμη επένδυση της σήραγγας όταν απαιτούνται μηδενικές απώλειες ή αυξημένη αντοχή
 - ❑ Σκυρόδεμα/Προεντεταμένο σκυρόδεμα
 - ❑ Χωρίς επένδυση υπό ιδανικές συνθήκες βραχώμαζας (πχ Σκανδιναβία)
 - Φέρουσα ικανότητα εδάφους. Συχνά η υδροστατική πίεση προκαλεί φορτία που είναι μεγαλύτερη από την αντοχή του εδάφους.
 - Κλίση κατασκευής. Οι σήραγγες με μεγάλες κλίσεις (συχνές σε αγωγούς πτώσης ΥΗΕ) είναι δυσκολότερες στην κατασκευή.
- ❑ Πλεονεκτήματα:
 - Έλλειψη εξωτερικών φορτίων και ευκολία στην ανάληψη υδροστατικών φορτίων.
 - Μεγάλη παροχετευτικότητα.

Παραδείγματα υδραυλικών σηράγγων



- ❑ Εισαγωγή έτοιμης επένδυσης σε σήραγγα
- ❑ Σήραγγα σκυροδέματος μεγάλης διαμέτρου
- ❑ Επένδυση σκυροδέματος ενισχυμένου με χαλύβδινες ίνες



Επιφανειακοί αγωγοί

- ❑ Κατάλληλοι για μικρότερες παροχές (συνήθεις διάμετροι από 1 έως 2m)
- ❑ Συνήθη υλικά:
 - Χάλυβας (συντά σε ποιότητες υψηλής αντοχής)
 - GRP (glass fiber reinforced plastic) Πλαστικό ενισχυμένο με ίνες υάλου.
 - Ελατός χυτοσίδηρος (σε μικρότερες πτώσεις)
 - Σκυρόδεμα (προεντεταμένο, παλαιότερα)
- ❑ Τοποθέτηση:
 - Σε σκάμμα, με κατάλληλα υλικά επίχωσης και πολύ συχνά εγκιβωτισμό
 - Επί του εδάφους, με πρόβλεψη κατάλληλων στηρίξεων και σωμάτων αγκύρωσης
 - Εντός σηράγγων (με αντίστοιχο σχεδιασμό τοποθέτησης)
- ❑ Φορτία:
 - Ίδιο βάρος (αξονικά και καμπτικά φορτία)
 - Εξωτερικά βάρη και φορτία (αξονικά και καμπτικά φορτία)
 - Εσωτερική πίεση
 - ❑ Τάση στο έλασμα
 - ❑ Υδροστατικά φορτία
 - ❑ Υπερπιέσεις και υποπιέσεις λόγω πλήγματος
 - Συστολή-διαστολή λόγω θερμοκρασίας (αξονικά φορτία)
 - Δυνάμεις σεισμού

Επιφανειακοί αγωγοί - χαλυβδοσωλήνες

- Χαλυβδοσωλήνες:
 - Συχνά με χάλυβα αυξημένης αντοχής (St37, St52, X70, X80)
 - Διάμετροι έως 2,0 ή μεγαλύτερες κατά περίπτωση, ελικοειδούς ραφής ή τμημάτων
 - Πάχη ελασμάτων συχνά μεγαλύτερα από τα συνήθη διαθέσιμα, φτάνουν και ξεπερνούν τα 20mm.
- Πλεονεκτήματα
 - Πολύ γνωστό υλικό με μεγάλη γκάμα μηχανουργικών και μεταλλουργικών επιλογών
 - Υψηλή αντοχή
- Μειονεκτήματα:
 - Διάβρωση
 - Διαστολές ή συστολές



Επιφανειακοί αγωγοί - GRP

❑ Σωλήνες GRP:

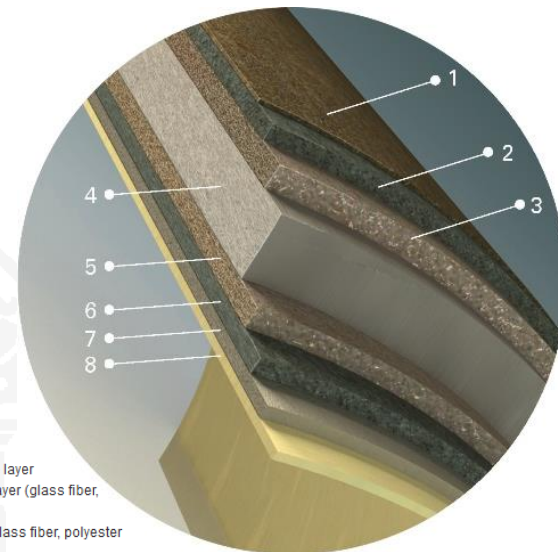
- Διάμετροι 2,0 αλλά και μεγαλύτερες κατά περίπτωση

❑ Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό βάρος
- Μεγάλη γκάμα πάχους τοιχωμάτων και επιθυμητής ακαμψίας
- Γενικά απρόσβλητο από χημική διάβρωση
- Ελαστικότητα

❑ Μειονεκτήματα:

- Ευαίσθητα σε τοπικές καταπονήσεις
- Ευπρόσβλητα σε ορισμένα περιβάλλοντα



1. External protective layer
2. Outer reinforced layer (glass fiber, polyester resin)
3. Transition layer (glass fiber, polyester resin, sand)
4. Reinforcing layer (sand, polyester resin, glass fiber)
5. Transition layer
6. Inner reinforced layer
7. Barrier layer
8. Inner pure resin layer



Επιφανειακοί αγωγοί – ελατού χυτοσιδήρου

- Ελατού χυτοσιδήρου:
 - Γενικά συγκεκριμένα πάχη και αντοχές.
 - Υψηλές αντοχές
- Πλεονεκτήματα
 - Αποδεδειγμένα διαχρονικά ανθεκτικό υλικό
 - Ανθεκτικότητα υπό συνθήκες κατασκευής
 - Ευκολία σύνδεσης
- Μειονεκτήματα:
 - Αυστηρή γεωμετρία κατασκευής και ειδικά τεμάχια
 - Αγκυρώσεις



Φορτία σχεδιασμού αγωγού και συνδυασμοί

□ Φορτία

■ Εσωτερικά:

- Υδροστατική πίεση (από το νερό του αγωγού)
- Υδραυλικό πλήγμα

■ Εξωτερικά:

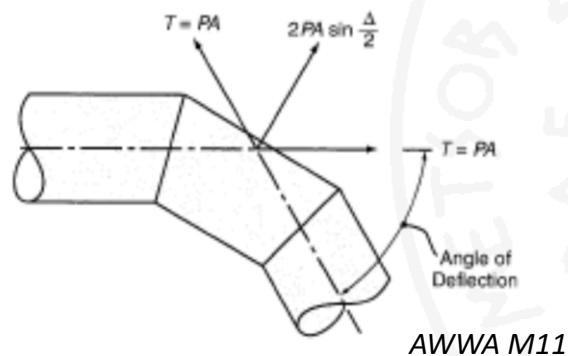
- Ίδιο βάρος
- Υδροστατική πίεση (από το νερό στο περιβάλλον)
- Πρόσκρουση
- Επίχωση
- Κινητά φορτία
- Θερμοκρασιακή μεταβολή
- Χιόνι, άνεμος
- Σεισμός

□ Συνδυασμοί (λειτουργίας):

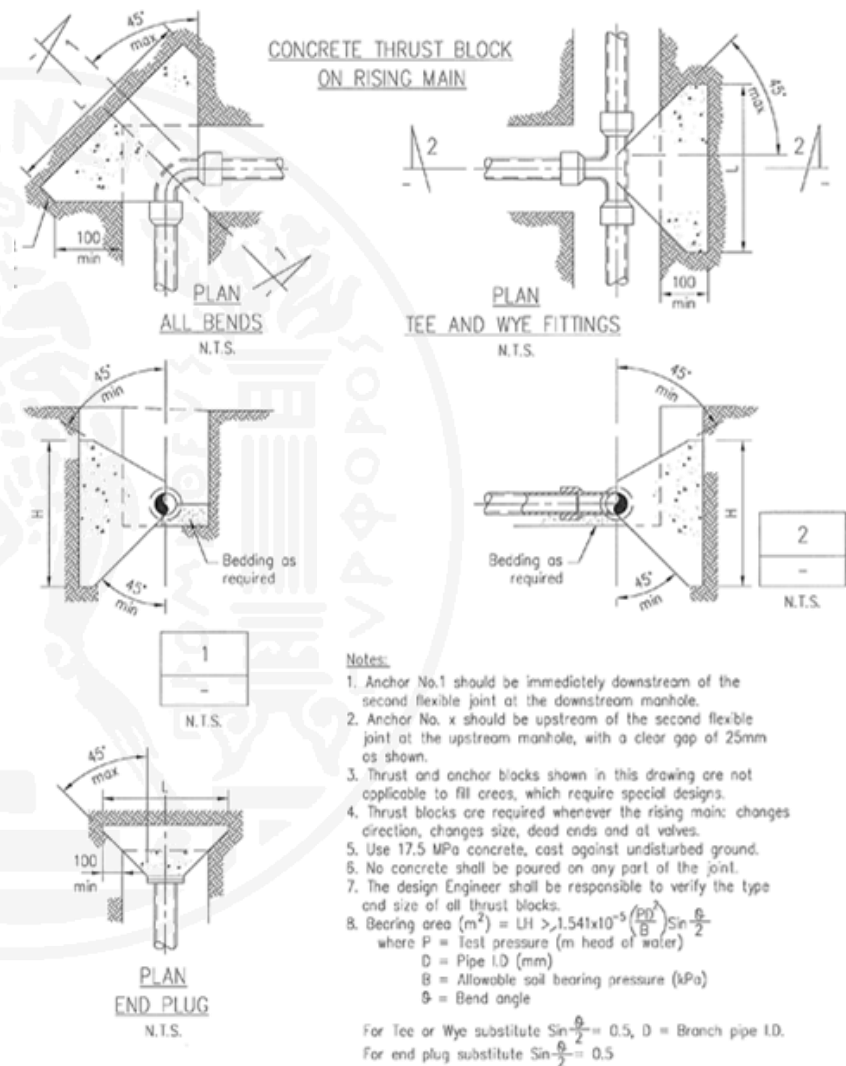
- Κενός ή πλήρης αγωγός (υδροστατική πίεση από το νερό του αγωγού)
- Ύπαρξη ή μη εξωτερικών υδροστατικών φορτίων (από το νερό στο περιβάλλον)

Δυνάμεις αγκύρωσης

- Η αλλαγή κατεύθυνσης ή διαμέτρου του αγωγού, οδηγεί στην ανάπτυξη δυνάμεων ώθησης, λόγω ανισοροπίας των υδροστατικών δυνάμεων.
- Οι δυνάμεις αυτές σε μια αλλαγή κατεύθυνσης υπολογίζονται:

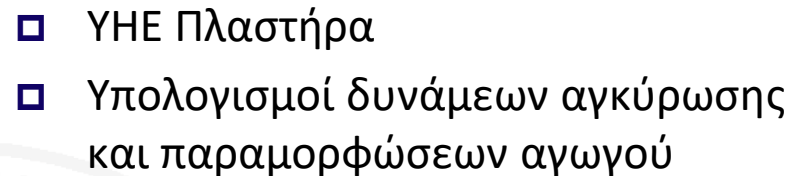


- Για την προστασία των αγωγών, κατασκευάζονται σώματα αγκύρωσης, συνήθως από σκυρόδεμα

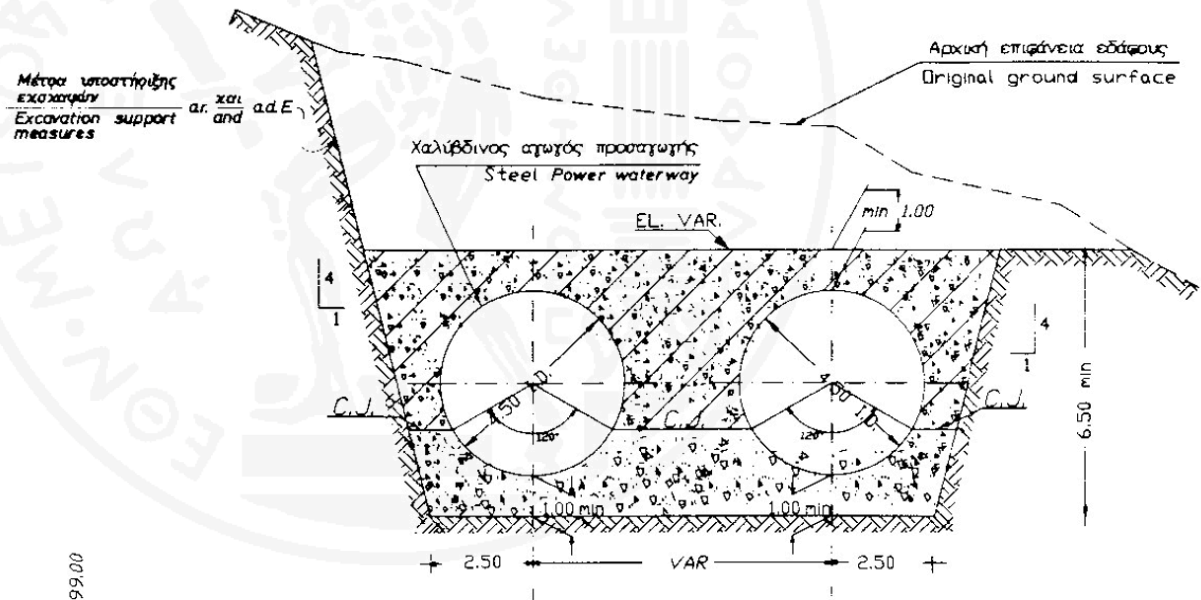
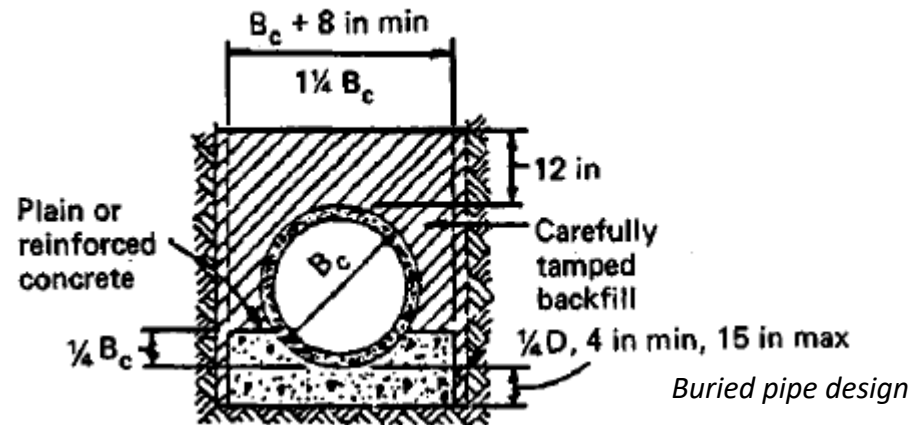


NSCC Standards, NZ

Σπύρος Μίχας, Ανδρέας Ευστρατιάδης, Ν.Μαμάσης, Δ.Κουτσογιάννης - Υδροηλεκτρικά έργα - Υδροληψίες και αγωγοί πτώσης

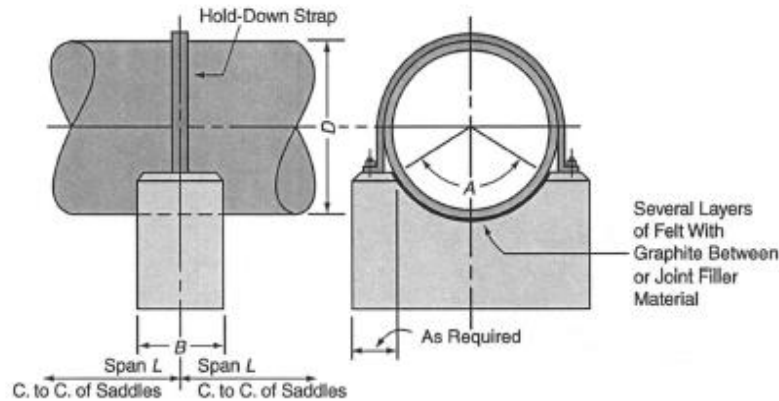


Τοποθέτηση αγωγού εντός σκάμματος



- ❑ Σχεδιασμός των υλικών έτσι ώστε να παραλαμβάνονται οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις
- ❑ Σε έργα πτώσης, συνήθης πρακτική ο εγκιβωτισμός με οπλισμένο ή άοπλο σκυρόδεμα

Στηρίξεις αγωγών



Pipe acting as a self-supporting bridge may rest on suitably padded concrete saddles

Source: Barnard, R.E., *Design Standards for Steel Water Pipe*, Jour. AWWA, 40:1:24 (Jan. 1948).

Figure 7-1 Details of concrete saddle



Figure 7-2 Saddle supports for 78-in. pipe

□ Στηρίξεις αγωγών επί του εδάφους

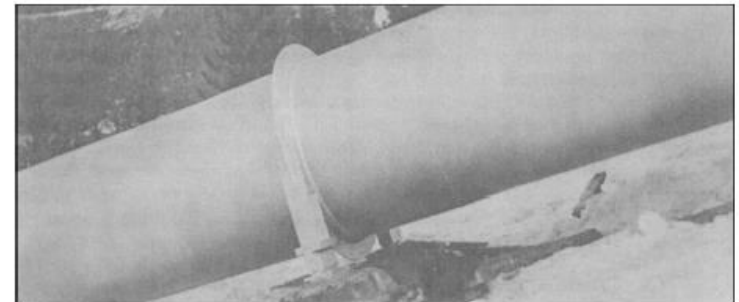


Figure 7-3 Ring girders provide support for 54-in. diameter pipe

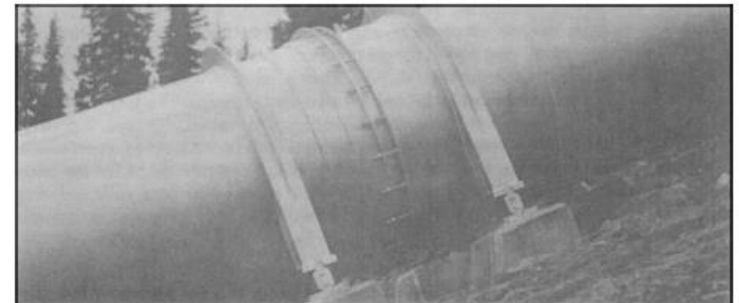


Figure 7-4 Expansion joints between stiffener rings

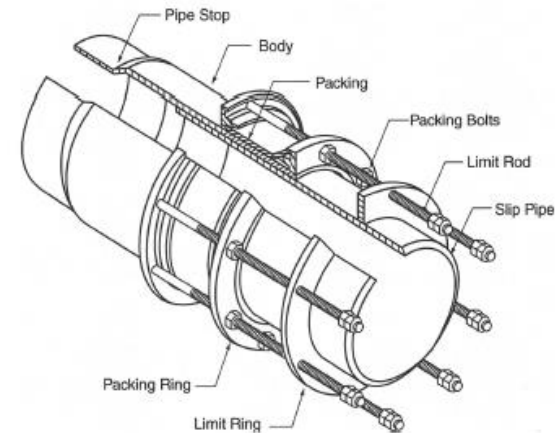


This block anchors a 66-in. diameter pipe against longitudinal movement.

Figure 7-5 Anchor block

AWWA M11

Στηρίξεις αγωγών στο έδαφος



AWWA M11

Ν.Μουτάφης

Στηρίξεις αγωγού πτώσης ΥΗΕ Πλαστήρα



- ❑ Αρθρωτή στήριξη
- ❑ Κολλάρα σε κάθε στήριξη
- ❑ (Αγωγός σε κομμάτια)

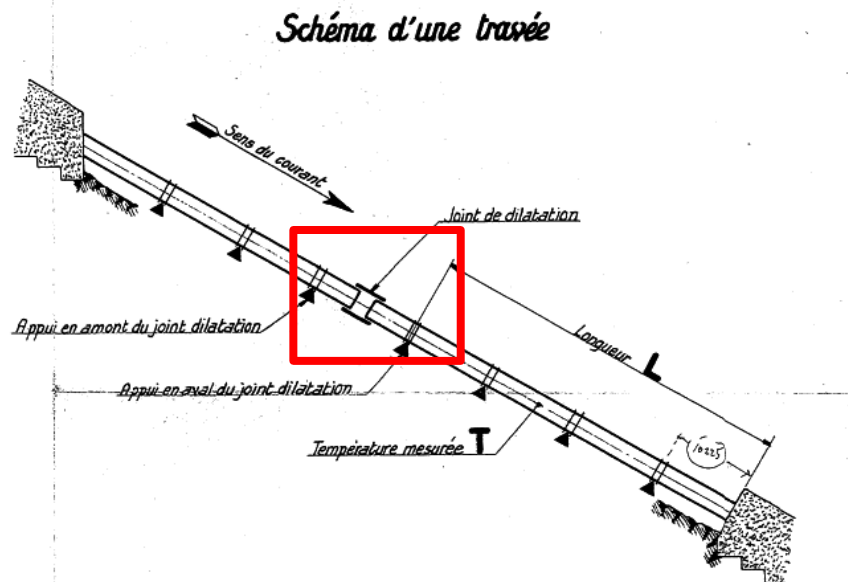
Στηρίξεις αγωγού πτώσης ΥΗΕ Πλαστήρα



- ❑ Αρθρωτή στήριξη
- ❑ Βάθρο αγκύρωσης
- ❑ Προστασία από όμβρια ύδατα

ΥΗΕ Πλαστήρα – σχεδιασμός στηρίξεων

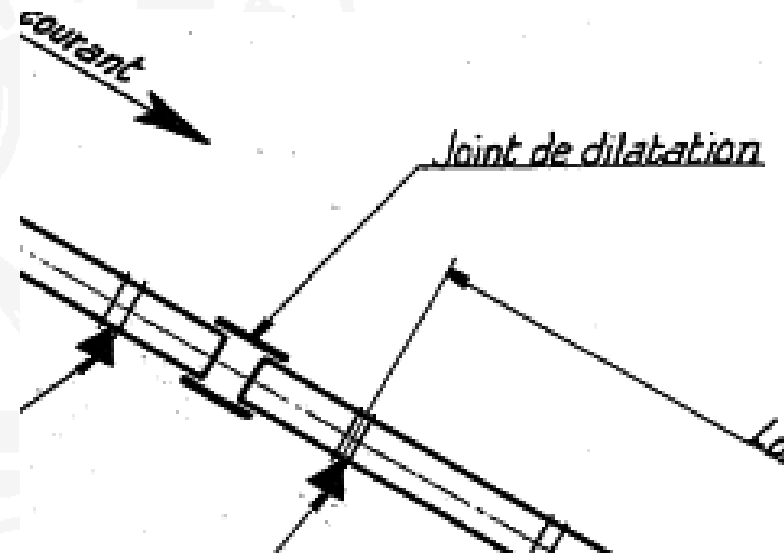
- ΥΗΕ Πλαστήρα
- Τυπικό σχέδιο που δείχνει τη στήριξη του αγωγού, αλλά και την πρόβλεψη αρμού συστολής-διαστολής



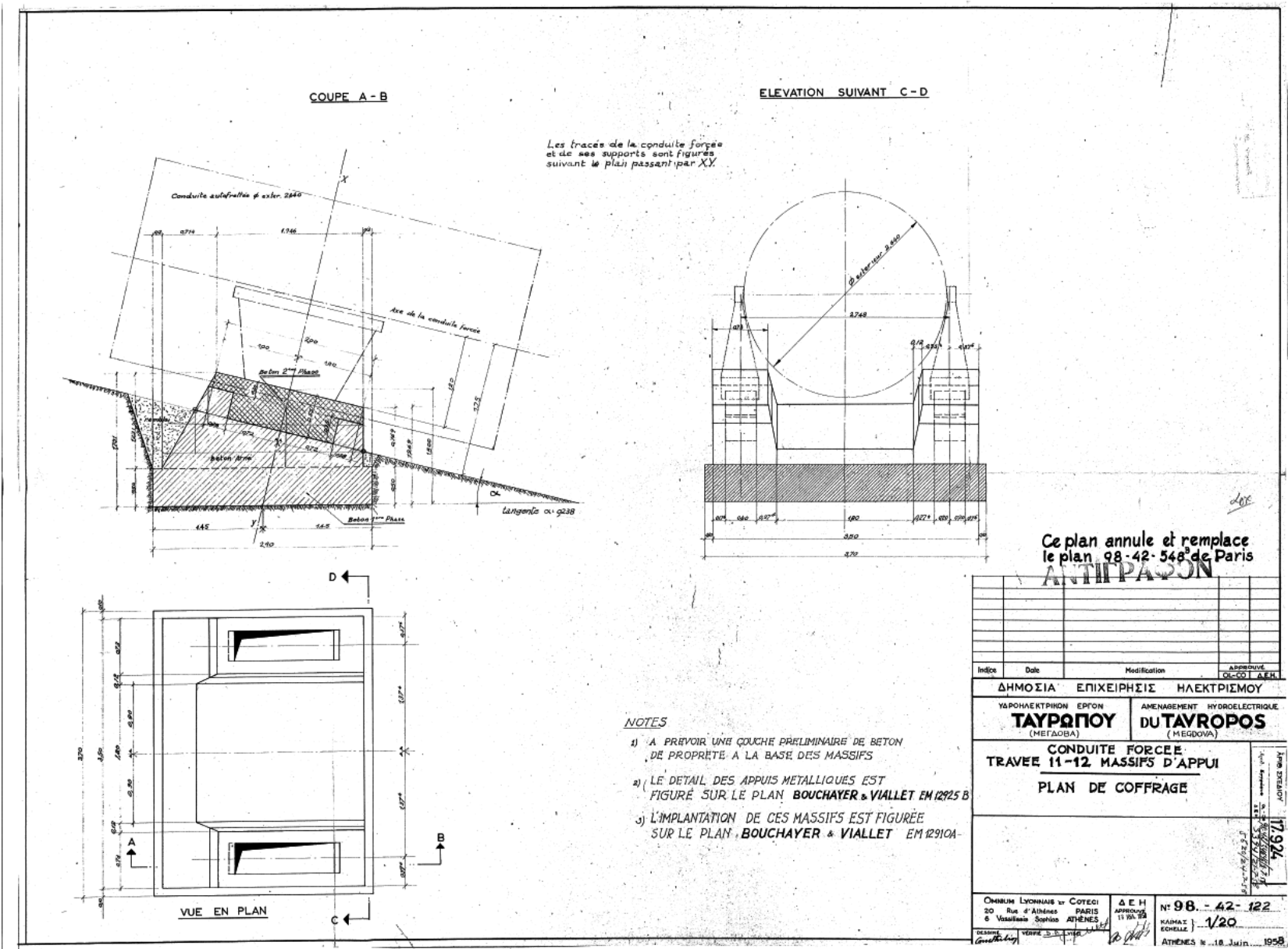
Valeurs des longueurs L

n° appui	L	n° appui	L	n° appui	L	n° appui	L	n° appui	L	n° appui	L	n° appui	L	n° appui	L
1	15.000	9	12.000	17	18.000	25	43.680	33	14.000	41	18.000	49	28.840	57	31.840
2	21.672	10	25.200	18	33.840	26	59.520	34	29.840	42	51.840	50	44.680	58	41.680
3	40.344	11	41.040	19	49.680	27	15.360	35	45.680	43	49.680	51	60.520	59	59.520
4	55.016	12	36.880	20	65.520	28	75.360	36	61.520	44	64.020	52	60.520	60	43.680
5	51.590	13	60.880	21	63.020	29	59.520	37	59.520	45	48.180	53	44.680	61	27.840
6	38.720	14	45.040	22	47.180	30	43.680	38	43.680	46	32.340	54	28.840	62	12.000
7	24.860	15	29.200	23	32.000	31	27.840	39	27.840	47	16.500	55	13.000	63	31.340
8	11.000	16	16.000	24	27.840	32	12.000	40	12.000	48	13.000	56	16.000	64	15.500

Sur fond clair : appuis en aval du joint de dilatation
Sur fond sombre : appuis en amont du joint de dilatation



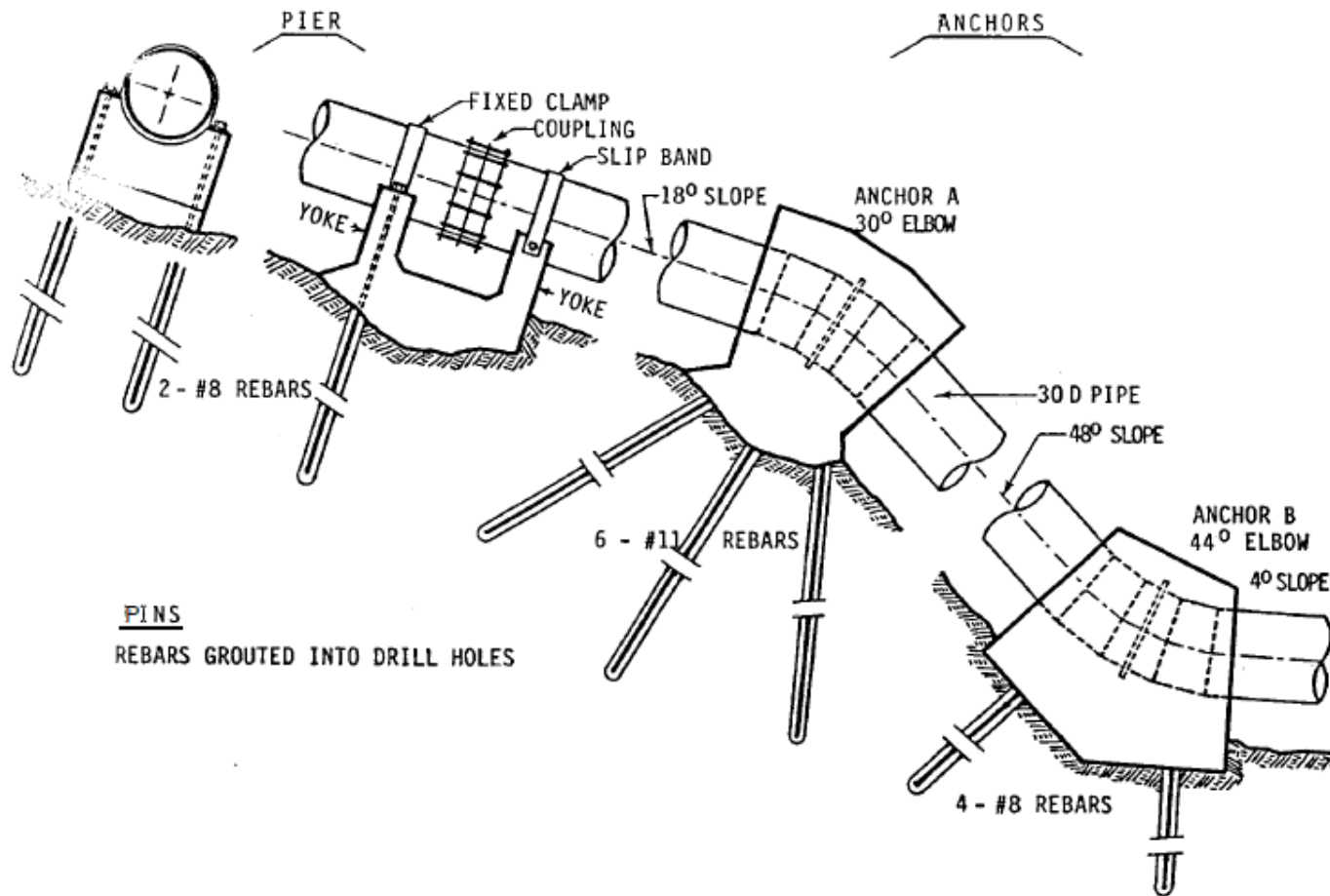
ΥΗΕ Πλαστήρα – βάθρο στήριξης



Σπύρος Μίχας, Ανδρέας Ευστρατιάδης, Ν.Μαμάσης, Δ.Κουτσογιάννης - Υδροηλεκτρικά έργα - Υδροληψίες και αγωγοί πτώσης



Χαρακτηριστικές στηρίξεις αγωγών επό του εδάφους

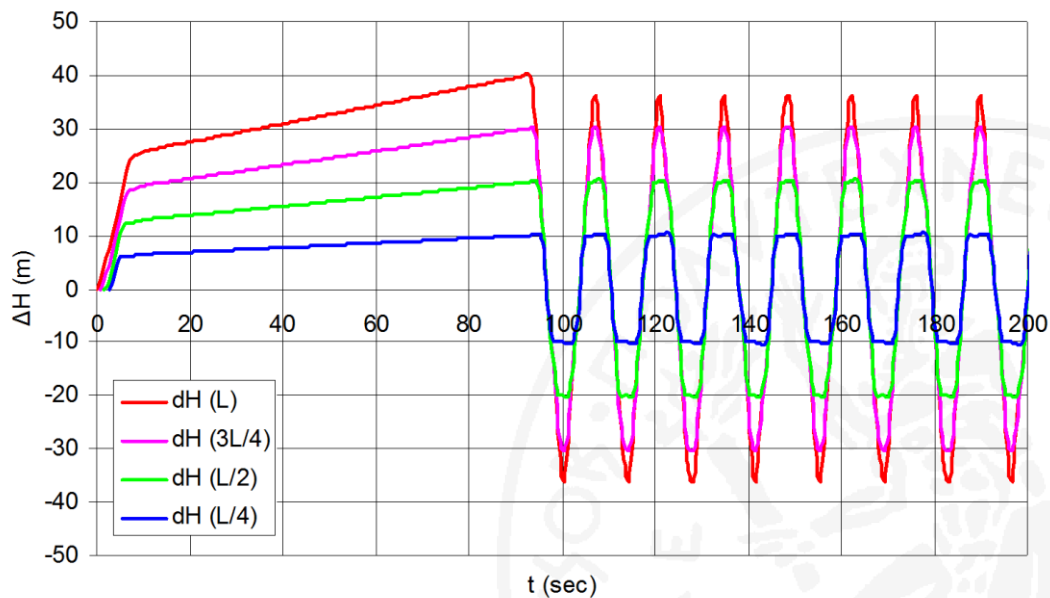


Structural mechanics of buried pipes

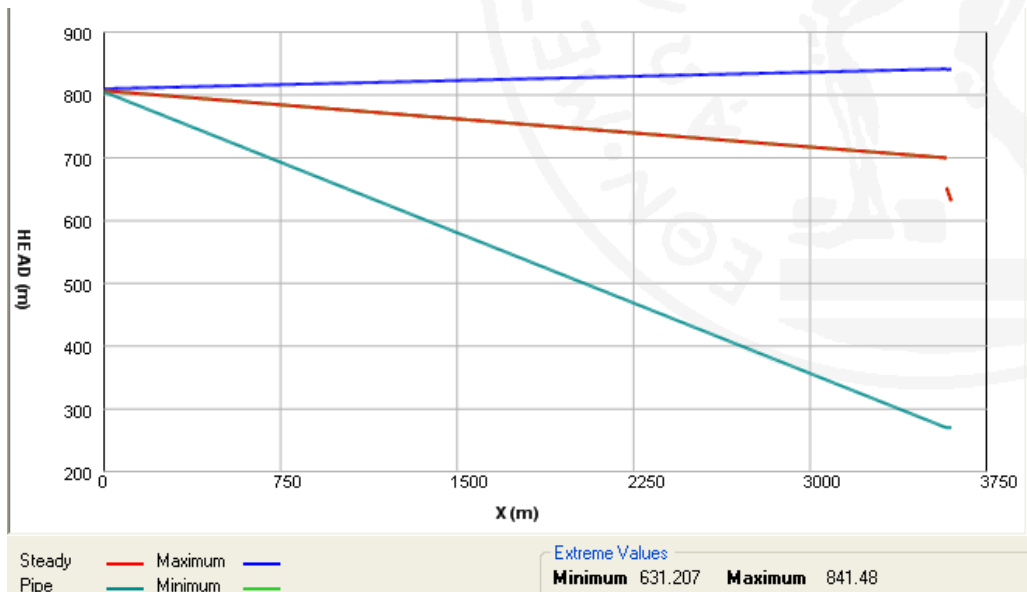
Υδραυλικό πλήγμα

- ❑ Πρόκειται για το φαινόμενο δημιουργίας υπερπιέσεων και υποπιέσεων, λόγω απότομης μεταβολής της ταχύτητας εντός αγωγού υπό πίεση.
- ❑ Η μεταβολή αυτή προκαλείται λόγω κάποιας απότομης μεταβολής της υδραυλικής λειτουργίας του αγωγού, όπως το κλείσιμο μιας δικλείδας ή η απότομη παύση λειτουργίας ενός στροβίλου.
- ❑ Οι υπερπιέσεις αυτές μεταδίδονται ως ελαστικά κύματα μέσω του ρευστού προκαλούν σημαντικά προβλήματα στα πιο ευαίσθητα σημεία του αγωγού.
- ❑ Τα χαρακτηριστικά του πλήγματος εξαρτώνται από το ρυθμό μεταβολής των υδραυλικών μεγεθών και από τα χαρακτηριστικά των υλικών του αγωγού.
- ❑ Λύσεις:
 - Τρόπος χειρισμού συσκευών και δικλείδων
 - Προσεκτικός σχεδιασμός δικτύου
 - Πρόβλεψη κατάλληλων διατάξεων αντιπληγματικού ελέγχου
 - ❑ Φρεάτια ανάπαλσης (για μεγάλες διατάξεις)
 - ❑ Αντιπληγματικές βαλβίδες (για μικρότερους αγωγούς)
 - ❑ Αεροφυλάκια (συνήθως σε αντλιοστάσια)

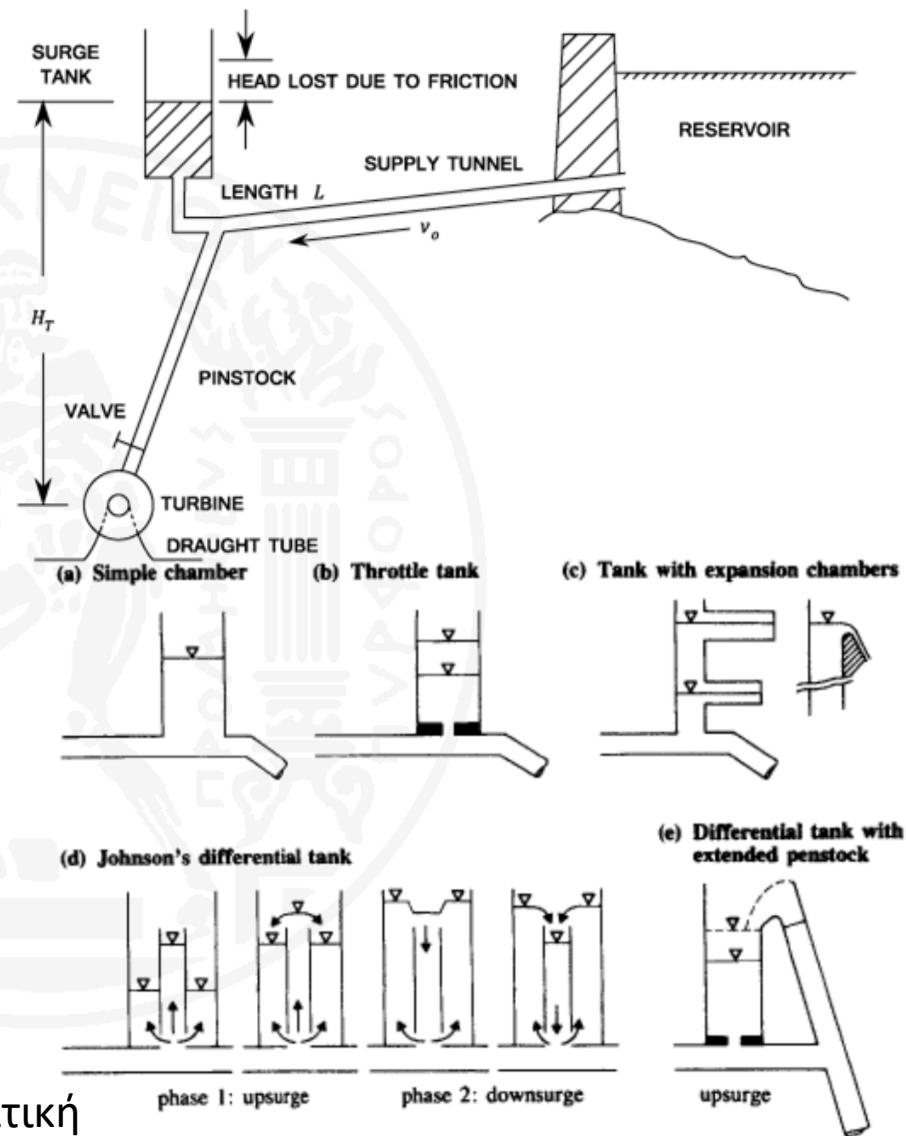
Υπολογισμοί πλήγματος



- Το υδραυλικό πλήγμα είναι ένα σύνθετο φαινόμενο
- Ο υπολογισμός του πλήγματος είναι απαιτητικός, αλλά υπάρχουν:
 - Λογισμικό επίλυσης οποιουδήποτε σχετικού προβλήματος
 - Εμπειρικοί τύποι για γρήγορες εκτιμήσεις



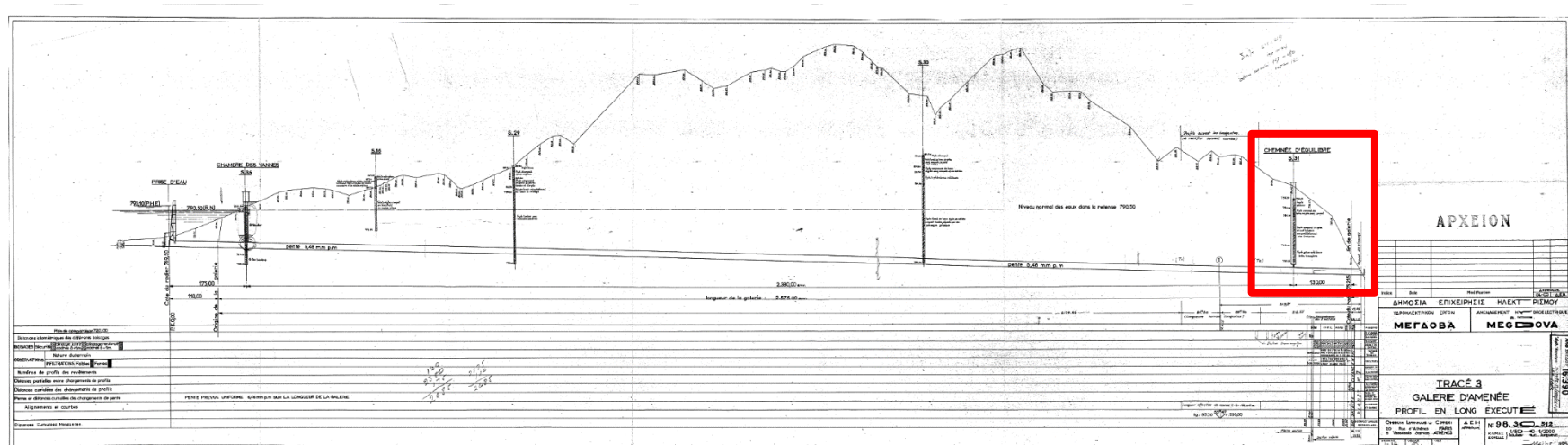
Φρεάτια ή πύργοι ανάπαλσης



- Σχεδιάζονται με ύψος ίσο με την υδροστατική πίεση, σύν τα περιθώρια των υπερπίεσεων του πλήγματος.

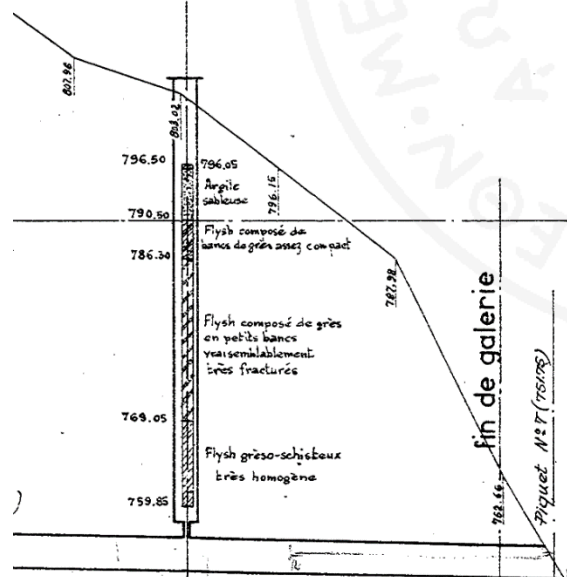
Hydraulic structures 4th ed.

Πύργος ανάπαλσης στο ΥΗΕ Πλαστήρα



CHEMINÉE D'ÉQUILIBRE

S.31



- ΥΗΕ Πλαστήρα
- Φρεάτιο ανάπαλσης

- ❑ Φαινόμενο κατά το οποίο δημιουργούνται μέσα στο νερό φυσαλίδες λόγω μεταβολής της πίεσης στο ρευστό (υπό συνθήκες σταθερής θερμοκρασίας).
- ❑ Η κατάρρευση των φυσαλίδων δημιουργεί δυνάμεις (και θόρυβο) που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές φθορές στο υλικό των αγωγών και των συναφών του εξαρτημάτων (δικλείδων, θυροφραγμάτων, κλπ).
- ❑ Οι φυσαλίδες αυτές δημιουργούνται συνήθως σε περιοχές σταθερών ορίων εντός του αγωγού, λόγω των τυρβωδών χαρακτηριστικών της ροής, που με τη σειρά τους προκαλούνται από τις ανωμαλίες στα τοιχώματα των αγωγών ή άλλων σωμάτων εντός της ροής.

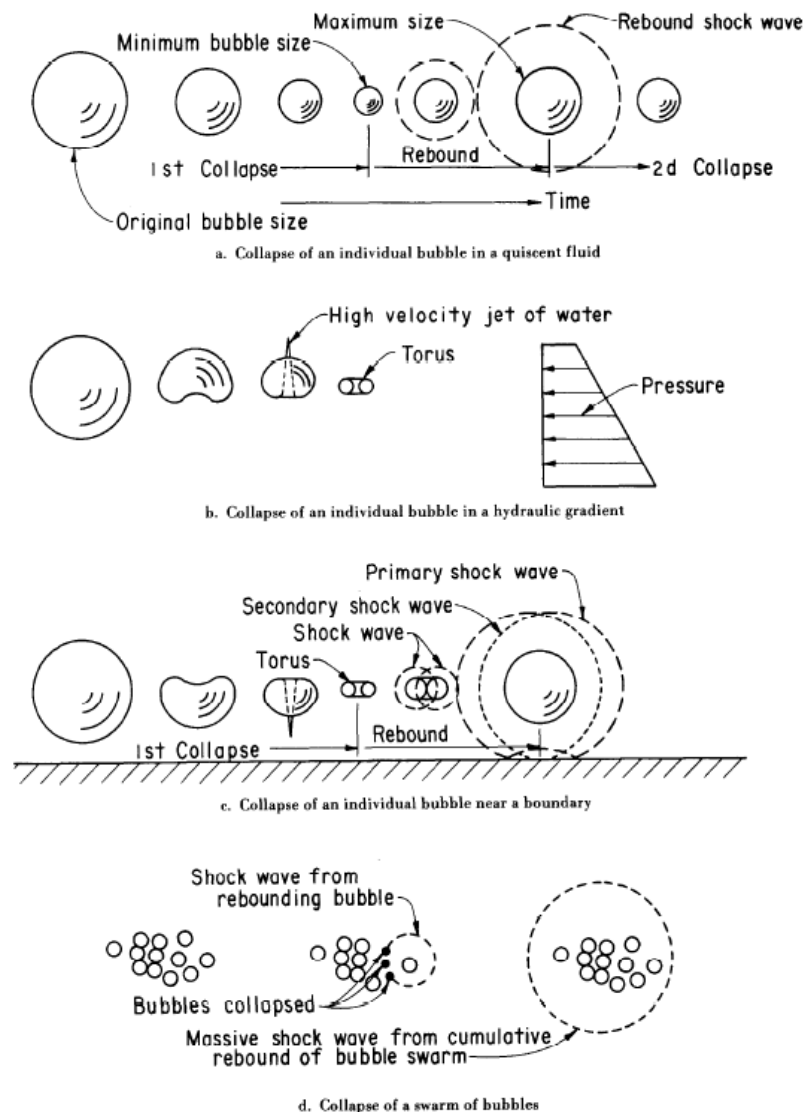


FIGURE 1-11.—Collapse mechanisms of bubbles.

Φθορές λόγω σπηλαίωσης



FRONTISPIECE.—Glen Canyon Dam. Left Spillway Tunnel Sept. 1983. The "big hole" in the spillway invert was 11 meters deep. Photo C557-400-690NA

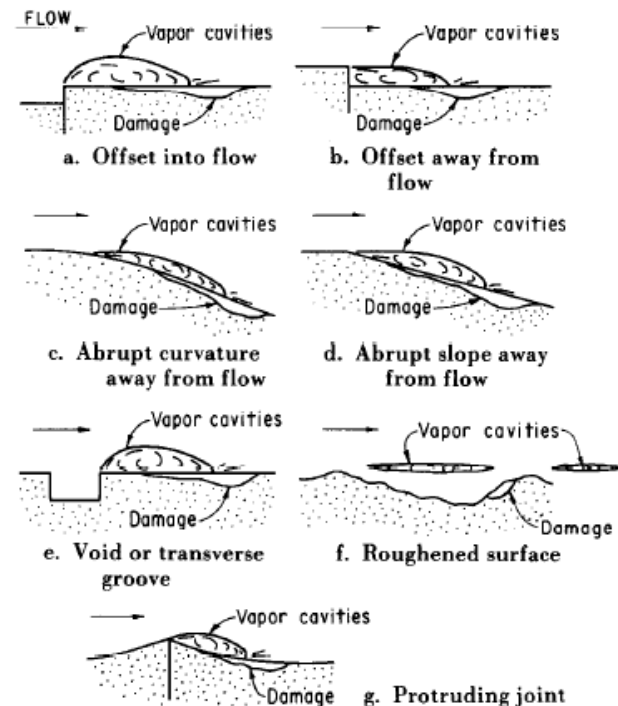


FIGURE 2-1.—Typical isolated roughness elements found in hydraulic structures.

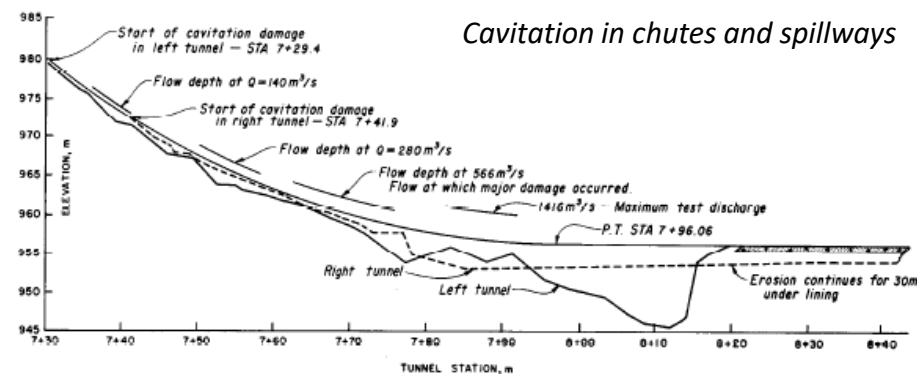
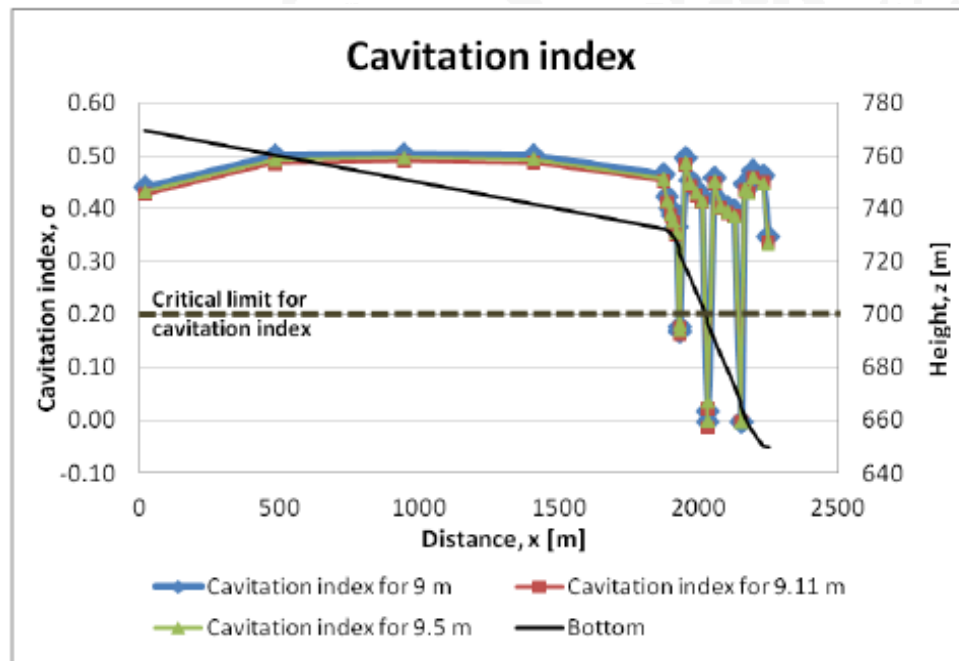


FIGURE 7-5.—Glen Canyon Dam, tunnel spillways — damage profiles.

Αντιμετώπιση της σπηλαίωσης

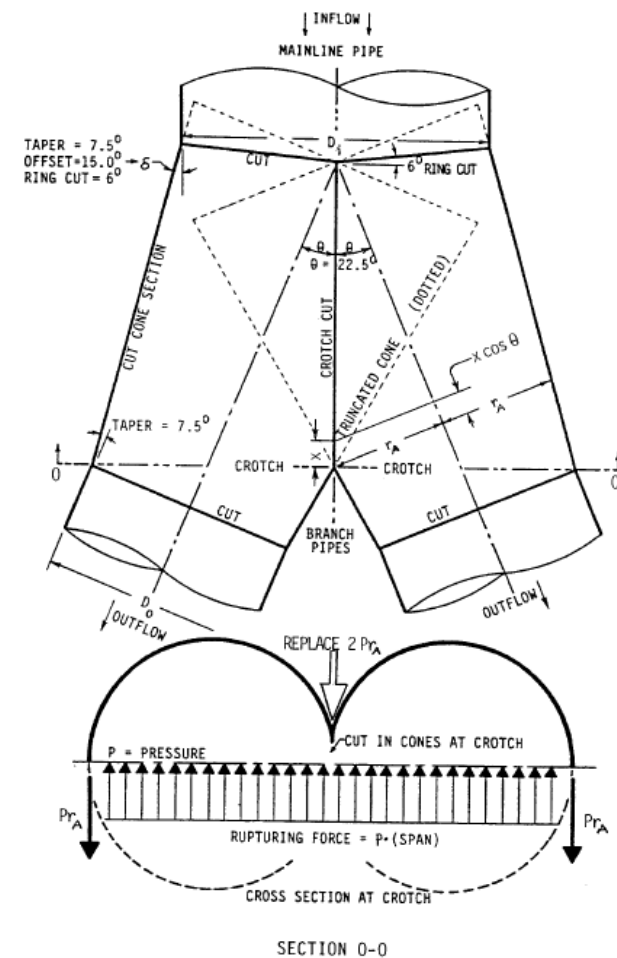
- ❑ Πρόβλεψη συνθηκών ανάπτυξης σπηλαίωσης, σε συνθήκες μεγάλων ταχυτήτων
- ❑ Κατάλληλος γεωμετρικός σχεδιασμός (χείλη, προσαρμογές, καμπύλες συναρμογής)
- ❑ Αυστηρές προδιαγραφές κατασκευής επιφανειών ροής
- ❑ Εμπειρικά: Εφαρμογή μεθοδολογίας με υπολογισμό του δείκτη σπηλαίωσης (EM42 Bureau of Reclamation)
- ❑ Αναλυτικά: Υπολογισμός σπηλαίωσης με CFD (απαιτητικό και υπό έρευνα)



CAVITATION ASSESSMENT OF THE
BAIHETAN DISCHARGE TUNNEL - USING
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

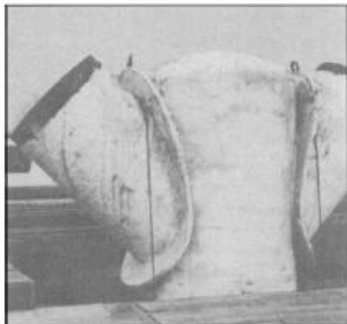
Δυνάμεις διακλαδώσεων

- Στις θέσεις διακλάδωσης αγωγών μεγάλων διαμέτρων, τα υδροστατικά φορτία οδηγούν στην ανάπτυξη σημαντικών δυνάμεων.
- Αυτό γίνεται λόγω τοπικών μεταβολών της εγκάρσιας γεωμετρίας, καθώς και της ανισοροπίας των υδροστατικών φορτίων που αυτές δημιουργούν
- Οι δυνάμεις αυτές μπορούν να παραληφθούν με πρόβλεψη εγκάρσιων ενισχυτικών στοιχείων:
 - Κολλάρα
 - Περιβλήματα
 - Εγκάρσια ελάσματα (αναφερόμενα και ως «φτερά»)
- Ο σχεδιασμός των ενισχύσεων αυτών γίνεται:
 - Εμπειρικά, με βάση νομογραφήματα (AWWA M11)
 - Αναλυτικά, με πεπερασμένα στοιχεία



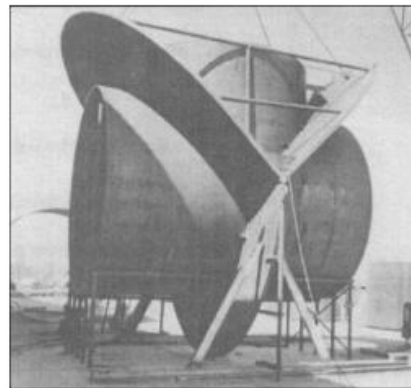
Structural mechanics of buried pipes

Μορφή ελασμάτων ενίσχυσης



A single curved plate serves as reinforcement for each branch of this 96-in. $\times$ 66-in., 90° included angle wye.

Figure 13-4 One-plate wye



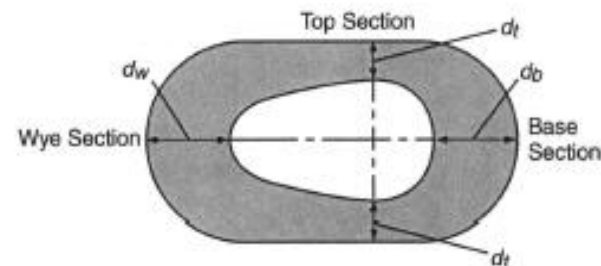
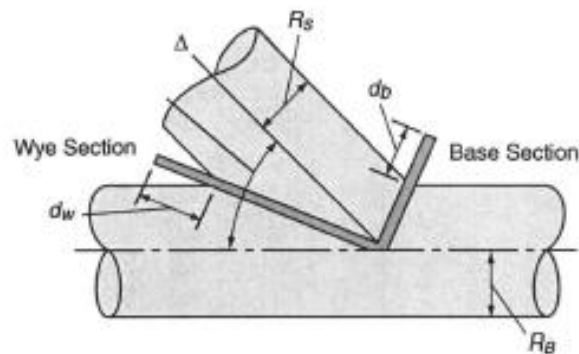
This 15-ft $\times$ 15-ft $\times$ 15-ft, 90° wye has two crotch plates and one back plate.

Figure 13-5 Three-plate wye



This 126-in. $\times$ 126-in., 45° wye section has two plates.

Figure 13-6 Two-plate wye



Source: Swanson, H.S., et al. *Design of Wye Branches for Steel Pipe*. Jour. AWWA, 47:6:581 (June 1955).

Figure 13-11 Wye branch plan and layout

Παραδείγματα κατασκευών με ενισχύσεις διακλαδώσεων

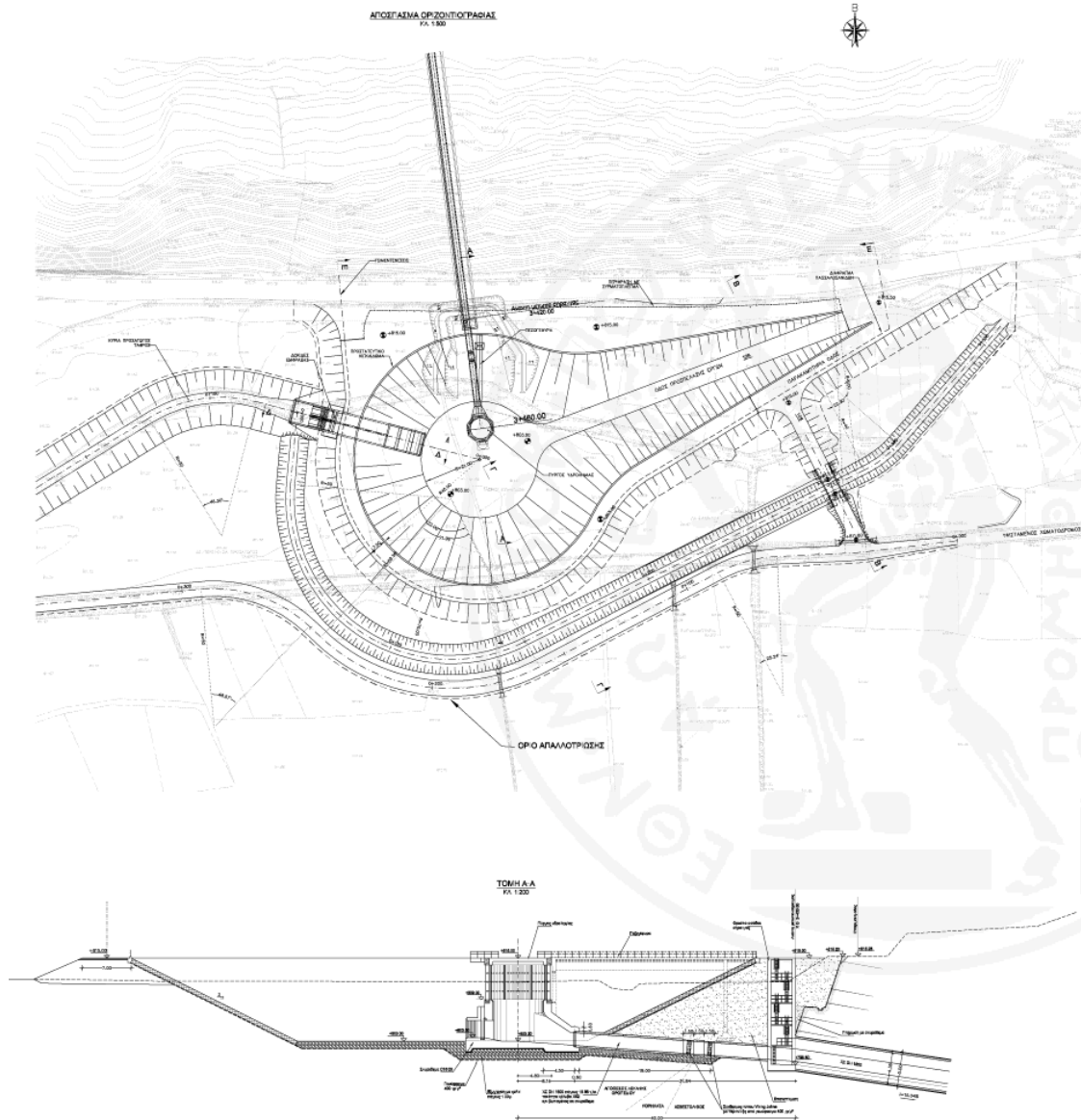


Έργο αγωγού οροπεδίου Αποσελέμη Κρήτης

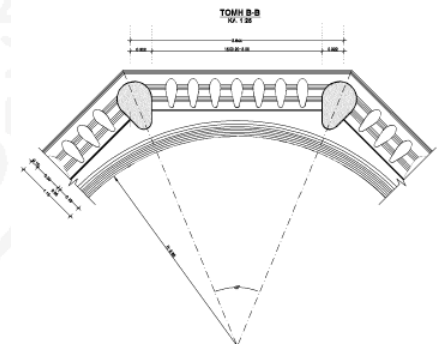




Έργο αγωγού οροπεδίου Αποσελέμη Κρήτης



- Έργο υδροληψίας
 - Πύργος υδροληψίας
 - Σχάρες
 - Είσοδος στη σήραγγα
 - Εκβολή εκτροπής

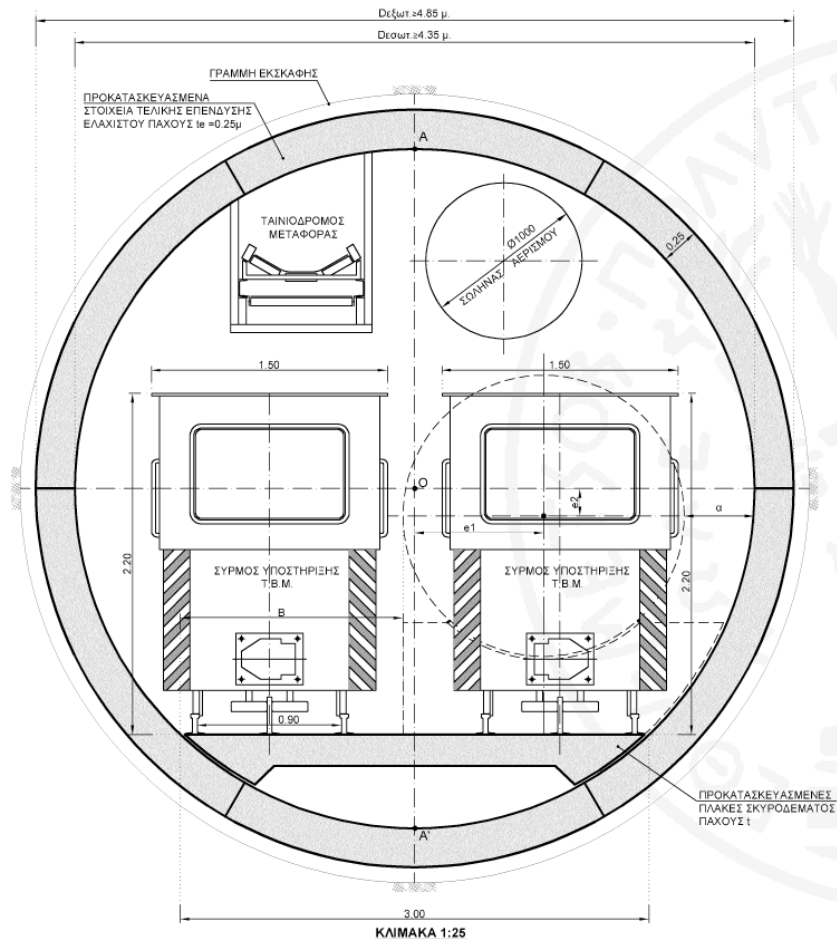


(Από ΚΞ Αποσελέμη)

Έργο αγωγού οροπεδίου Αποσελέμη Κρήτης

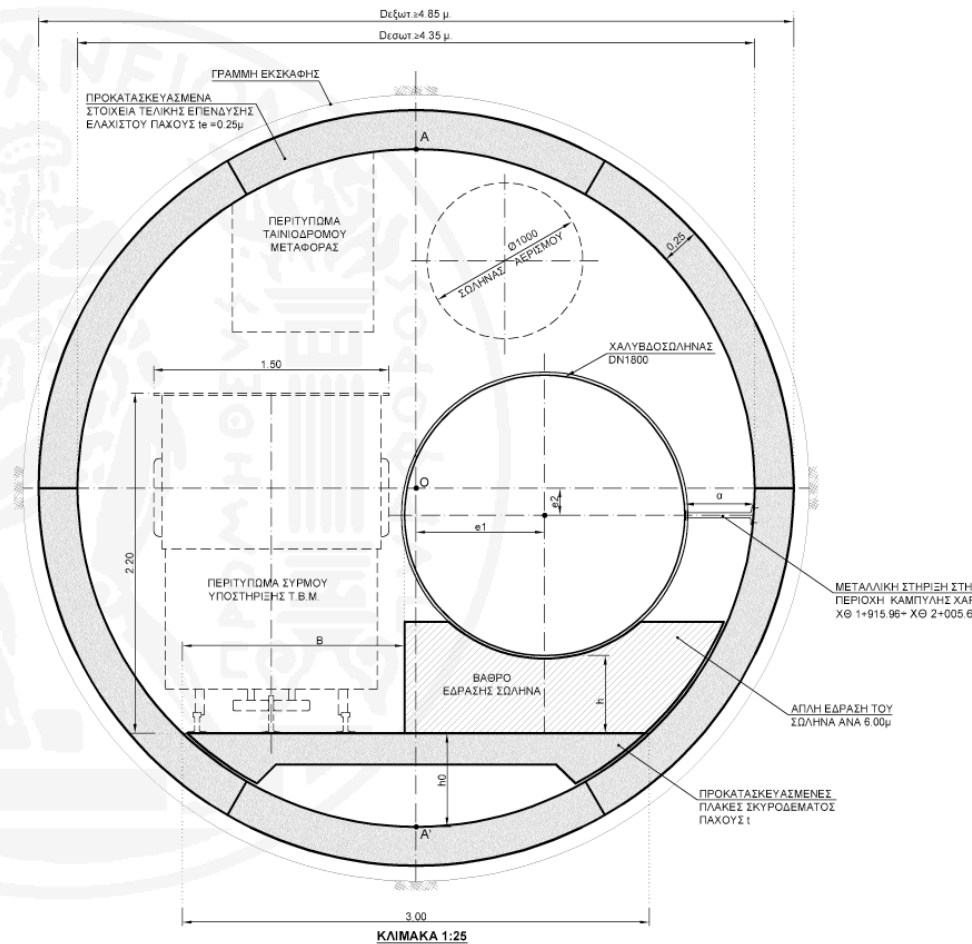
ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ
ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΝΕΡΩΝ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ

Γ. ΠΡΟ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ



ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ
ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΝΕΡΩΝ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ

Β. ΣΕ ΘΕΣΗ ΕΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ



- Διατομή σήραγγας κατά την κατασκευή
- Διατομή κατά τη λειτουργία

(Από ΚΞ Αποσελέμη)

Έργο αγωγού οροπεδίου Αποσελέμη Κρήτης



Πηγές - Βιβλιογραφία

- ❑ “Hydraulic Structures”, P.Novak, 4th ed. 2006
- ❑ "Open-Channel Hydraulics", V.T. Chow, 1959 (πολλαπλές εκδόσεις).
- ❑ “Planning of Water intake structures for irrigation or hydropower”, Lauterjung etc, 1989
- ❑ “Emergency water sources”, WEDC, Loughborough University, 3rd ed., 2004
- ❑ “M11 Steel Pipe -- A Guide for Design and Installation, Fourth Edition”, AWWA, 2004
- ❑ “Cavitation in chutes and spillways (EM42)”, USBR/Falvey, 1990
- ❑ Σημειώσεις μαθήματος ΕΜΠ, Ν.Μουτάφης, περιόδου έως 2015
- ❑ Φωτογραφίες έργων στην Ελλάδα και το εξωτερικό: από το διαδίκτυο, προσωπικό αρχείο, αρχείο συναδέλφων
- ❑ Στοιχεία από μελέτες φραγμάτων:
 - Έργα ΔΕΗ
 - Μελέτες κεντρικών υπηρεσιών (ΥΠΑΑΤ, ΥΠΥΜΕΔΙ)