

-αντλίες - υδροστροβίλοι

-ασκήσεις –υδραυλικά έργα με
υδροστροβίλους

Τα τρία βασικά προβλήματα της Υδραυλικής

2.6.1 Κατηγορίες των Βασικών Προβλημάτων της Υδραυλικής για Κλειστούς Αγωγούς υπό Πίεση

Στα συνήθη υδραυλικά έργα με κλειστούς αγωγούς υπό πίεση τα βασικά προβλήματα που παρουσιάζονται θα μπορούσαν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες:

1° Βασικό πρόβλημα. Προσδιορισμός της πιεζομετρικής γραμμής με γνωστά τα γεωμετρικά στοιχεία και το υλικό των αγωγών και της παροχής σχεδιασμού.

2° Βασικό πρόβλημα. Προσδιορισμός της παροχής με γνωστά τα γεωμετρικά στοιχεία και το υλικό των αγωγών και των υψών της πιεζομετρικής γραμμής.

3° Βασικό πρόβλημα. Προσδιορισμός της διαμέτρου των αγωγών με γνωστά τα (ελάχιστα) ύψη της πιεζομετρικής γραμμής, την (επιδιωκόμενη) παροχή και το υλικό των αγωγών.

Αντλίες: Βασικές αρχές αντλιοστασίου, προσεγγιστικός υπολογισμός ισχύος

Αντλίες ονομάζονται τα μηχανικά μέσα με τα οποία επιταχύνεται η διακίνηση ενός υγρού σε μικρή ή μεγάλη απόσταση από ένα χώρο χαμηλής πίεσης σε ένα άλλο χώρο υψηλότερης πίεσης ή από μία υψομετρική στάθμη σε άλλη που βρίσκεται υψηλότερα.

Υπάρχουν δύο βασικοί είδη αντλιών: Δυναμικές αντλίες και αντλίες θετικής εκτόπισης. Στις αντλίες θετικής εκτόπισης το νερό υφίσταται μεταβολή της κινητικής του κατάστασης λόγω πρόσδοσης ορμής σε αυτό από το κινούμενο στοιχείο της αντλίας (Παπαϊωάννου, 1996). Στις αντλίες θετικής εκτόπισης το αντλητικό στοιχείο της αντλίας παραλαμβάνει μία ποσότητα υγρού η οποία παγιδεύεται εντός θαλάμου και τη μετατοπίζει στο χώρο αυξάνοντας τη στατική του πίεση χωρίς όμως να μεταβάλλεται η κινητική του ενέργεια.

Στην πράξη για τα συνήθη υδραυλικά έργα χρησιμοποιούνται δυναμικές αντλίες και συγκεκριμένα φυγόκεντρες αντλίες. Στις αντλίες αυτού του τύπου το σχήμα των πτερυγίων και η διάταξή τους είναι τέτοια ώστε το υγρό να εισέρχεται στο κέλυφος αξονικώς ενώ να κινείται και να εξέρχεται κάθετα προς τον άξονα της αντλίας δηλαδή ακτινικώς (Παπαϊωάννου, 1996).

Τα κυριότερα μέρη μιας αντλητικής διάταξης είναι τα παρακάτω:

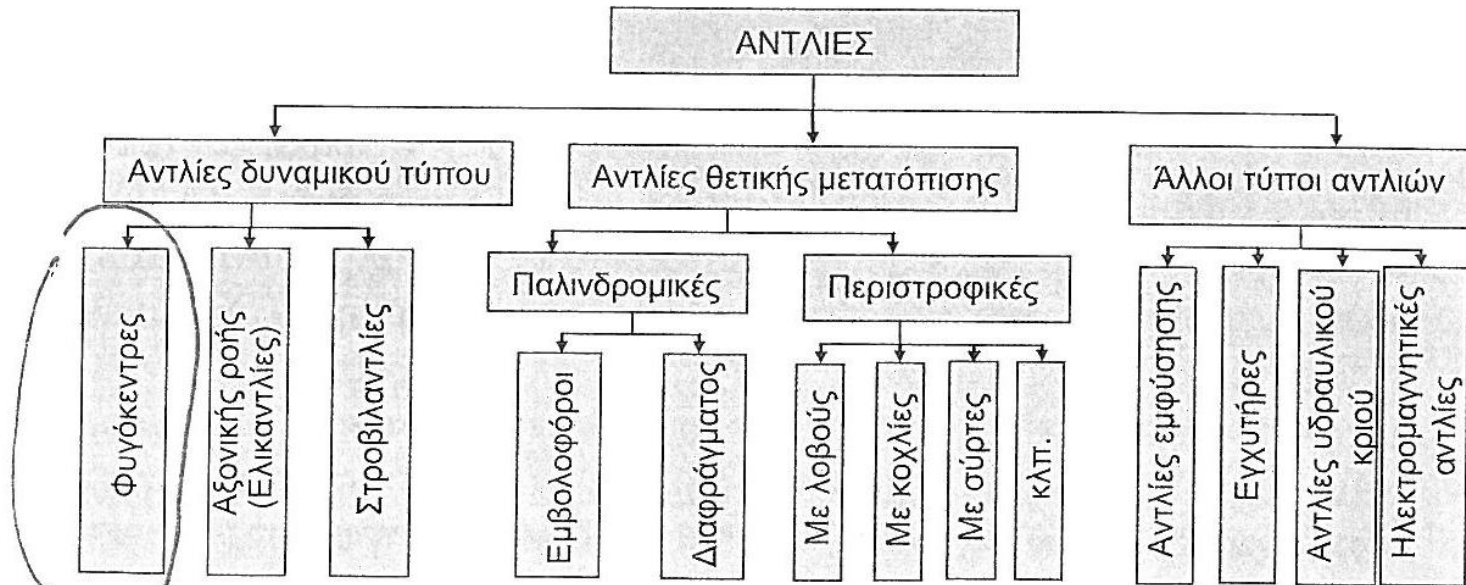
Αντλητικό συγκρότημα: ονομάζεται η αντλία μαζί με τον κινητήρα

Αγωγός αναρρόφησης: ο αγωγός όπου άρχεται από το αντλούμενο νερό και καταλήγει στην αντλία

Καταθλιπτικός αγωγός: ο αγωγός όπου άρχεται από την αντλία μέχρι τη κατάντη δεξαμενή όπου καταλήγει το νερό

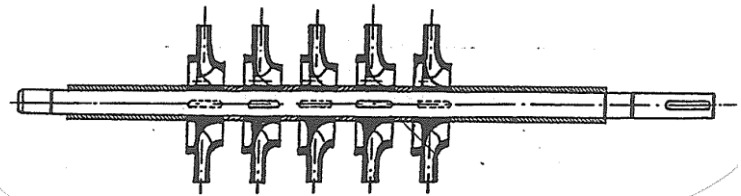
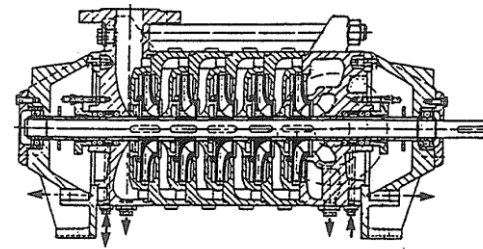
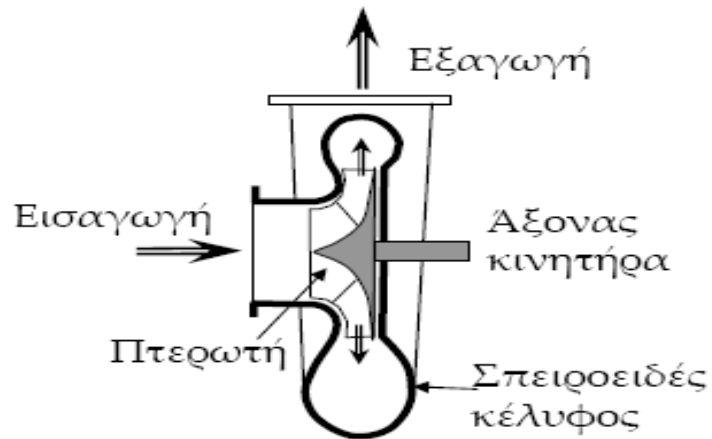
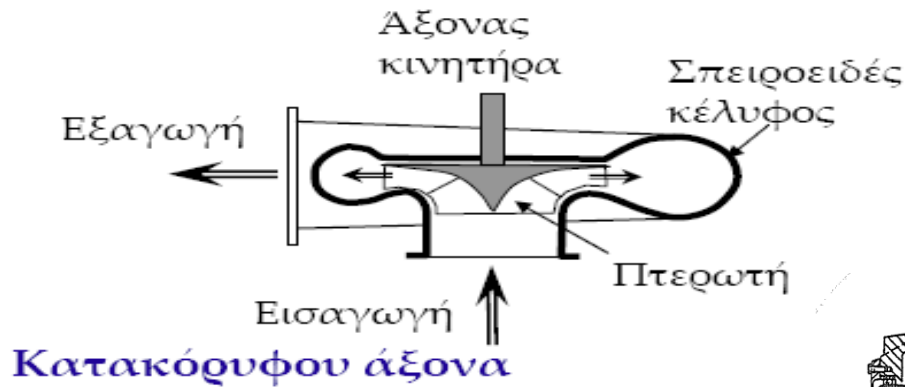
Γεωμετρικό ύψος: Υψομετρική διαφορά από την επιφάνεια του αντλούμενου νερού μέχρι τη στάθμη της κατάντη δεξαμενής

Είδη αντλιών



Σχήμα 6.3 Τυποι αντλιών, γενική ταξινόμηση.

Φυγόκεντρες αντλίες

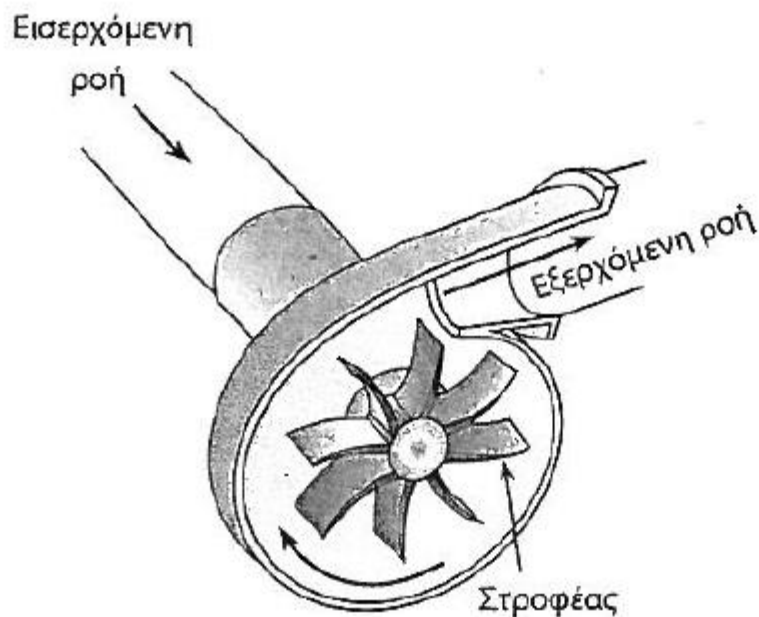


Πολύβαθμες αντλίες

Οριζόντιου άξονα

(Ευστρατιάδης και Κουτσογιάννης, 2007)

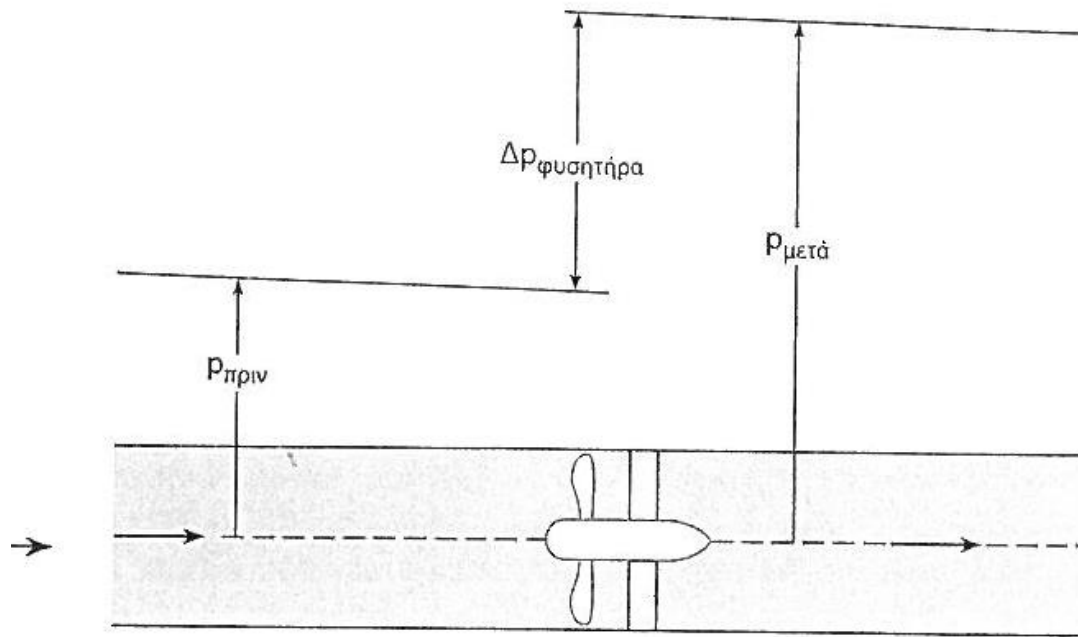
Φυγόκεντρη αντλία (συνήθης χρήση) κλασσική περίπτωση ακτινικής αντλίας



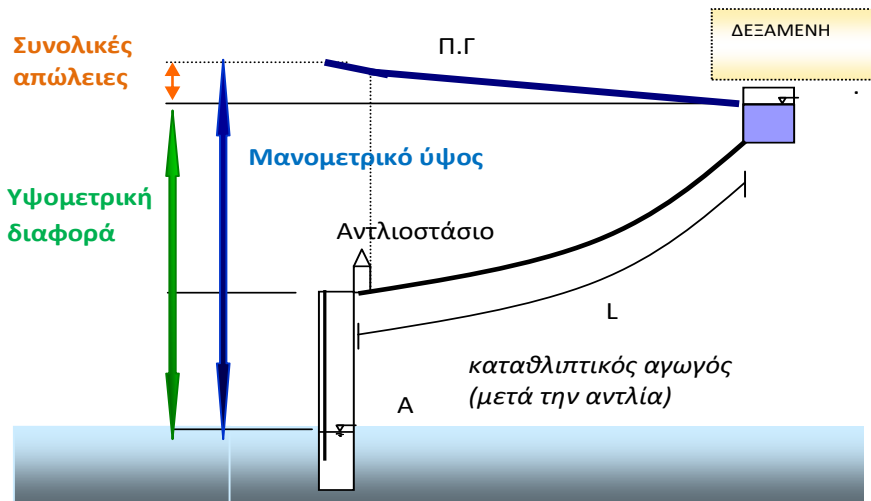
Elger F. Donald - Williams C. Barbara - Crowe T. Clayton - Roberson A. John, Μηχανική Ρευστών, 10η Έκδοση, Επιστημονική επιμέλεια έκδοσης: Μ.Σπηλιώτης. Εκδόσεις Τζιόλα (2014).

ΣΧΗΜΑ 10.19 Μία φυγόκεντρη αντλία καθοδηγεί τη ροή με ένα περιστρεφόμενο στροφέιο.

Παράδειγμα αξονικής αντλίας



- ΣΧΗΜΑ 14.6 Φουσητήρας αξονικής ροής σε έναν αγωγό.



Σχήμα 2.34: Αντλιοστάσιο με καταθλιπτικό αγωγό και αγωγό αναρρόφησης

Είναι αναμφισβήτητη υπέρ της ασφαλείας να συνυπολογισθεί η διακύμανση της στάθμης στη δεξαμενή ρύθμισης θεωρώντας την ανώτατη στάθμη λειτουργίας ως τη στάθμη του πυθμένα.

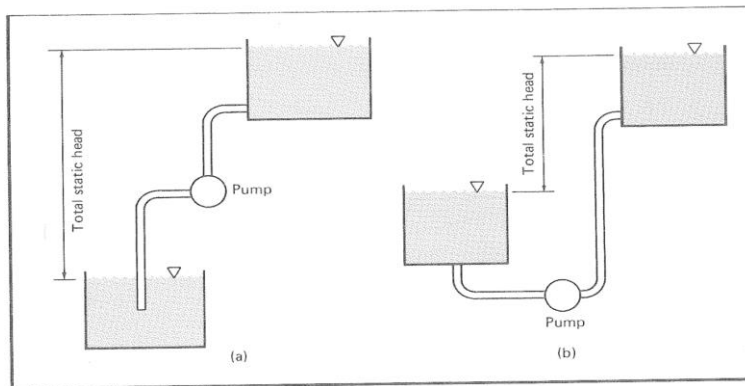


Figure 9-17 Total static head: (a) intake below pump centerline; (b) intake above pump centerline.

Σχήμα : Ολικό στατικό ύψος (α) αντλία υπεράνω της ανάντη δεξαμενής (β) αντλία κάτω από τη στάθμη της ανάντη δεξαμενής

Ο βαθμός απόδοσης η σχετίζεται με τη χρησιμοποιούμενη αντλία, ή αντλίες, και τα χαρακτηριστικά του αντλητικού συγκροτήματος.

Ύψος αντλίας και υδροστροβίλου

$$\begin{aligned}\text{Ύψος αντλίας} = h_p &= \frac{\dot{W}_p}{\dot{m}g} = \frac{\text{έργο/χρόνος από την αντλία στη ροή}}{\text{βάρος/χρόνος του ρέοντος ρευστού}} \\ \text{Ύψος στροβίλου} = h_t &= \frac{\dot{W}_t}{\dot{m}g} = \frac{\text{έργο/χρόνος από τη ροή στο στροβίλο}}{\text{βάρος/χρόνος του ρέοντος ρευστού}}\end{aligned}$$

Πρακτικά: ενέργεια σε μονάδες μήκους.

Ύψος αντλίας προστίθεται ισχύς στο ρευστό (μοναδική απότομη περίπου σημειακή άνοδος της Γ.Ε. κλειστών αγωγών)

Ύψος στροβίλου: απότομη πτώση της Γ.Ε (ενεργειακά ισοδύναμη με τοπική απώλεια) , λαμβάνουμε ισχύς από το ρευστό

Ύψος αντλίας

Το Ύψος αντλίας προκύπτει από την εφαρμογή της εξίσωσης του Bernoulli μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης:

$$H_A + H_M = H_B + \sum_{A \rightarrow B} h_f + \sum_{A \rightarrow B} h_f'$$

$$H_M = H_B + \sum_{A \rightarrow B} h_f + \sum_{A \rightarrow B} h_f' - H_A$$

Όπου:

H_A το ύψος ενεργείας στην ανάντη θέση

H_B το ύψος ενεργείας στην κατόντη θέση

$\sum_{A \rightarrow B} h_f$ το σύνολο των γραμμικών απωλειών

$\sum_{A \rightarrow B} h_f'$ το σύνολο των τοπικών απωλειών

Για το παρακάτω σχήμα ισχύει:

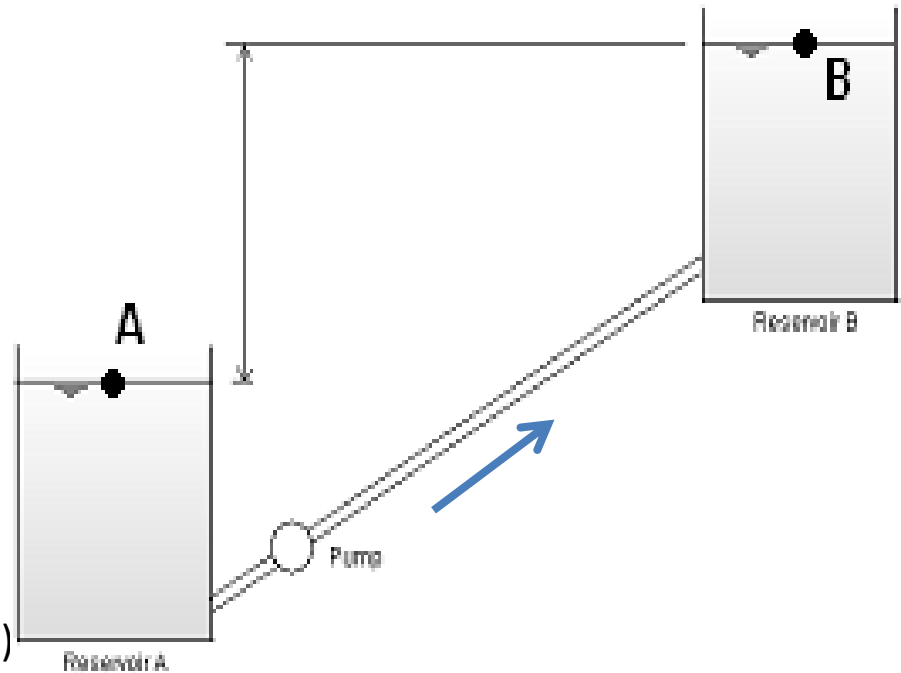
$$H_A = z_A + \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g}$$

$$H_B = z_B + \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g}$$

$$H_B - H_A = z_B - z_A$$

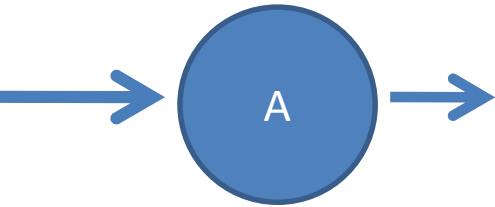
Οπότε:

$$H_M = (z_B - z_A) + \sum_{A \rightarrow B} h_f + \sum_{A \rightarrow B} h_f' \quad (2.105)$$



Η υψομετρική διαφορά των στάθμεων των δύο δεξαμενών συμπεριλαμβανομένης της ανώτατης στάθμης λειτουργίας καθορίζει το ολικό στατικό ύψος το οποίο εξαρτάται αποκλειστικά από αυτήν την υψομετρική διαφορά και όχι από τις ενδιάμεσες διαδρομές των αγωγών

Ύψος αντλίας και μανομετρικό ύψος αντλίας



1 (πριν, έλεγχος υποπίεσης) 2 Αμέσως μετά

⁷Σ.τ.ε.: Το ύψος (ενέργειας) στροβίλου και αντλίας στην ελληνική βιβλιογραφία, ιδιαίτερα σε Σχολές Πολιτικών Μηχανικών, ονομάζεται και μανομετρικό ύψος (αντλίας και υδροστροβίλου αντίστοιχα) (Χριστοδούλου και Νουτζόπουλος). Ωστόσο, το μανομετρικό ύψος σύμφωνα με το Λιακόπουλο (2014), δεν ταυτίζεται ακριβώς με το ύψος αντλίας.

Έστω θέση (1) ακριβώς ανάντη και θέση (2) ακριβώς κατάντη της αντλίας. Θα είναι τότε

$$H_{\text{ύψος αντλίας}} = \left[\frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) \right]$$

ενώ

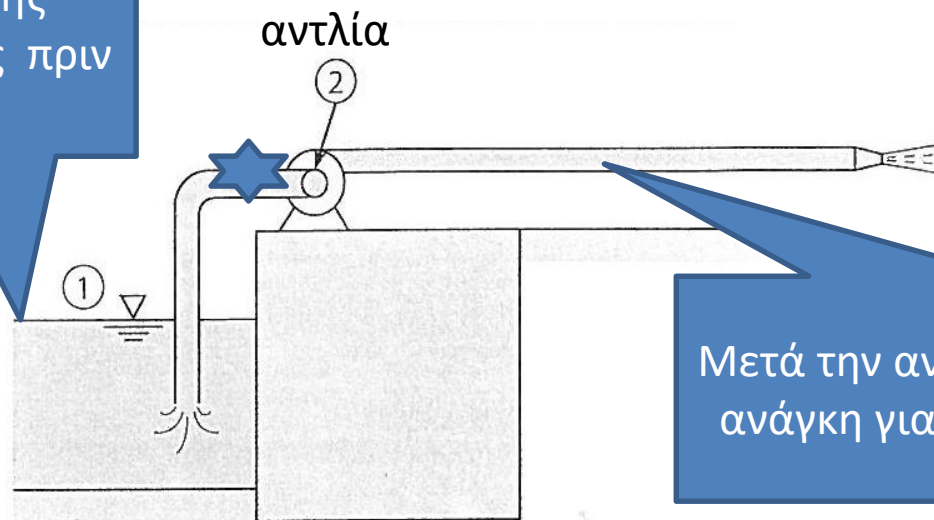
$$H_{\text{μανομετρικό}} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + (z_2 - z_1) \quad (\text{κατά Λιακόπουλο, 2014})$$

Για συνήθεις κλειστούς αγωγούς υπό πίεση είναι

$$H_{\text{ύψος αντλίας}} \approx H_{\text{μανομετρικό}}$$

Η ορολογία των Elger et. al, 2014 είναι περισσότερο δόκιμη. Μαλιστα, συνήθως, ο πρώτος όρος του ύψους αντλίας είναι μεγαλύτερος, οπότε $H_{\text{ύψος αντλίας}} \approx H_{\text{μανομετρικό}} \approx (p_2 - p_1)/\gamma$.

Πριν την αντλία:
αγωγός αναρρόφησης
(ως καλαμάκι) έλεγχο
για υποπίεση ώστε να
αποφευχθεί η
σηηλαίωση της
αντλίας, έλεγχος πριν
την αντλία

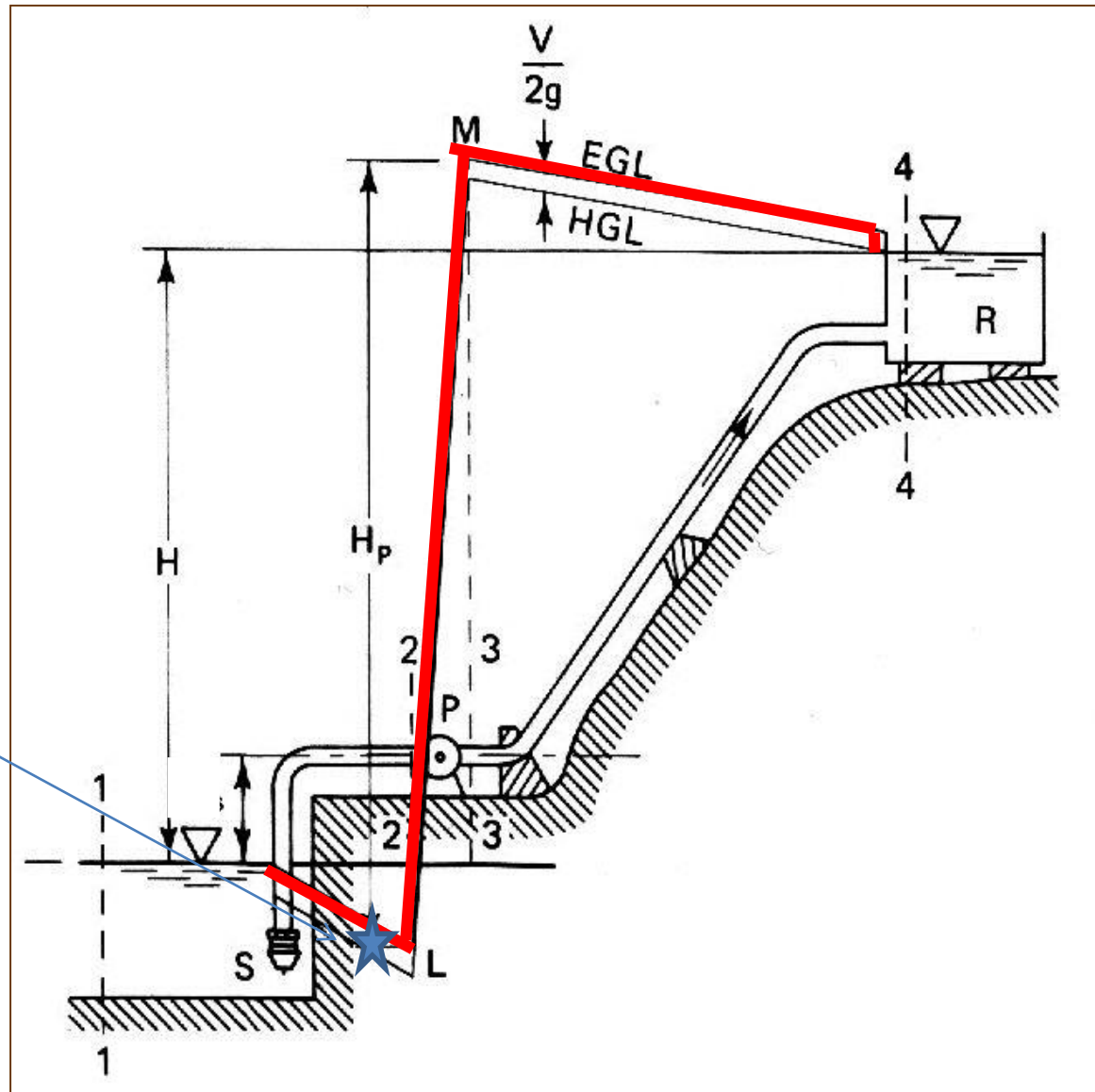


Μετά την αντλία, αγωγός κατάθλιψης,
ανάγκη για μεγάλης αντοχής σωλήνα

ΣΧΗΜΑ 14.14 Θέσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της τιμής του NPSH για μία αντλία.

$$H_P = H_R - H_S + h_L$$

Προβλήματα
υποπιέσεων σε
αντλητικές διατάξεις
(αγωγός
αναρρόφησης)



Έλεγχος υποπίεσης για σπηλαίωση

- Υδροστρόβιλοι: Μετά το δρομέα
- Αντλίες: πριν την πτερωτή

Αντλίες

Στη γενική περίπτωση για την αποφυγή του φαινομένου της σπηλαίωσης θα πρέπει να ισχύει σε κάθε σημείο:

$$\frac{P_{a,s}}{\gamma} > \frac{P_v}{\gamma}$$

$$\frac{P_{z \max}}{\gamma} = z_A - z_{\max} - \sum h_{f,A \rightarrow z \max} \geq \frac{P_v - P_{atm}}{\gamma}$$

$$z_{\max} - z_A \leq \frac{P_{atm} - P_v}{\gamma} - \sum h_{f,A \rightarrow z \max}$$

Προφανώς στον αγωγό αναρρόφησης δυσμενέστερο σημείο είναι το σημείο του αγωγού αναρρόφησης πριν την αντλία. Σε αντλητικές διατάξεις λαμβάνεται υπ' όψη το ύψος κινητικής ενέργειας οπότε ορίζεται το διαθέσιμο μανομετρικό ύψος αναρρόφησης $NPSH_\alpha$:

$$NPSH_\alpha = \left(\frac{P_{a,s}}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} \right) - \frac{P_v}{\gamma} > 0, (*)$$

Ο όρος μπορεί να προσδιορισθεί με βάση την εξίσωση Bernoulli:

$$\left(\frac{P_{atm}}{\gamma} \right) = \left(\frac{P_{a,s}}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + z \right) + \sum h_{f,\alpha}, \text{ επομένως:}$$

$$\left(\frac{P_{atm}}{\gamma} - z - \sum h_{f,\alpha} \right) = \left(\frac{P_{a,s}}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} \right), \text{ οπότε}$$

$$NPSH_\alpha = \left(\frac{P_{atm}}{\gamma} - z - \sum h_{f,\alpha} \right) - \frac{P_v}{\gamma} \text{ (Gupta, 1989)}$$

Ο Trifunovic, 2006 προτείνει την παρακάτω εξίσωση για τον προσδιορισμό του διαθέσιμου μανομετρικού ύψους αναρρόφησης λαμβάνοντας υπόψη τις συνήθεις τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης και της τάσης υδρατμών:

$$NPSH_{\alpha} = 10 \pm \Delta z - \sum h_{f,\alpha} \quad (2.110)$$

(*) Ωστόσο το διαθέσιμο μανομετρικό ύψος αναρρόφησης θα πρέπει να είναι όχι μόνο θετικός αριθμός αλλά μεγαλύτερος αριθμός από το απαιτούμενο μανομετρικό ύψος αναρρόφησης $NPSH_r$ το οποίο προσδιορίζεται από κατασκευαστές.

Θα πρέπει όχι μόνο να είναι θετικό αλλά επιπλέον να ισχύει:

$$NPSH_{\alpha} = \left(\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} \right) - \frac{e_{w,a}}{\gamma} > NPSH_r \quad (2.110)$$

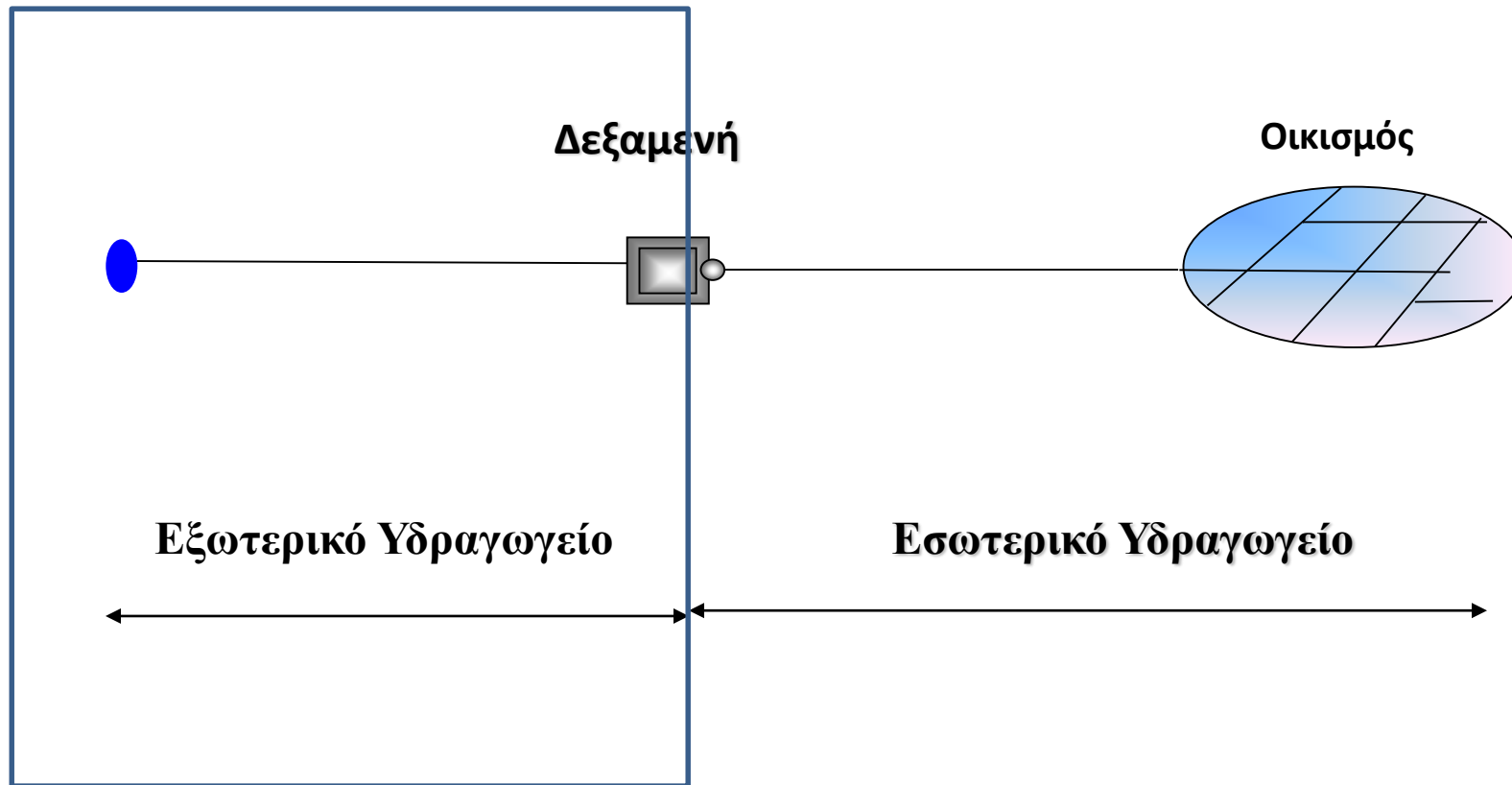
το απαιτούμενο μανομετρικό ύψος αναρρόφησης $NPSH_r$ μπορεί να προσδιοριστεί από το μανομετρικό συναρτήσει της παραμέτρου σπηλαίωσης (σ) η οποία δίνεται από τον κατασκευαστή.

$$\sigma = \frac{NPSH_r}{H_M} \quad (2.111)$$

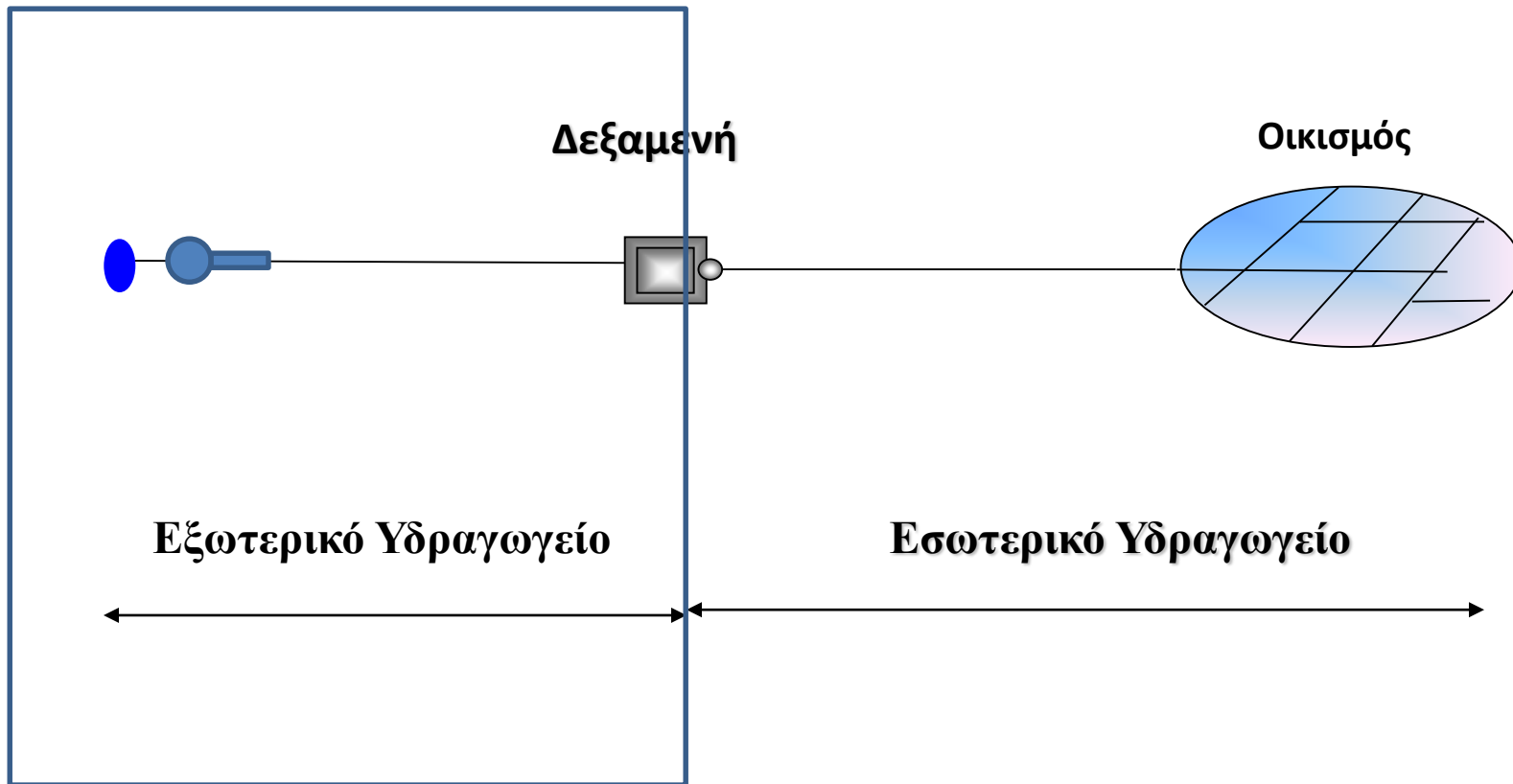
Η τιμή της σ εξαρτάται από την ειδική ταχύτητα και τον υδραυλικό βαθμό απόδοσης της αντλίας.

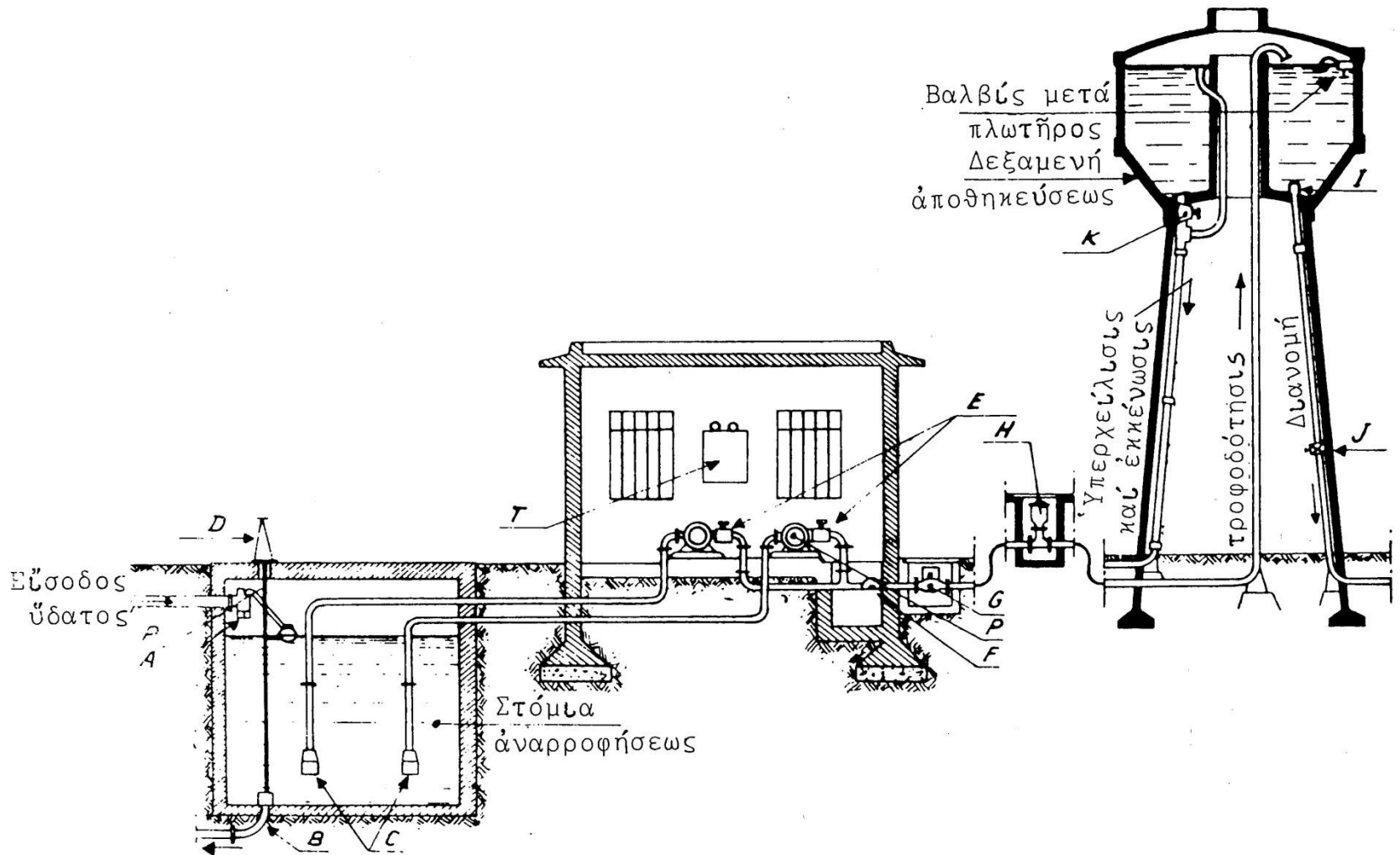
ΔΕΝ ΈΓΙΝΑΝ αναλυτικά

Υδραγωγείο



Υδραγωγείο





Σχήμα 5.3.21α. Χαρακτηριστικόν διάγραμμα άντλιοστασίου μετ' άντλιών επί τής επιφανείας του εδάφους. Α=Βαλβίς και πλωτήρ, Β=άγωγός εκκένωσης, C=στόμια άναρροφήσεως μετá πλέγματος, D=Ύποστήλωμα μετá στελέχους και τιμονίου χειρισμού. E=Δικλείδες, F=Βαλβίς συγκρατήσεως, G=σύστημα προστασίας εναντι υδραυλικού πλήγματος, H=Αυτόματος άερεξαγωγός, I= Στόμιον ύδροληψίας, J=Δικλείς διανομής, K=Άγωγός εκκένωσης, P=Φυγοκεντρικά άντλία, T=Πίναξ ήλεκτρικων έγκαταστάσεων.

(Παρθενιάδης, 1981)

Απαιτούμενο μανομετρικό αντλίας

Ύψος ενεργείας στις θέσεις A και B

$$H_A = z_A$$

$$H_B = z_B$$

$$H_B - H_A = \Delta z$$

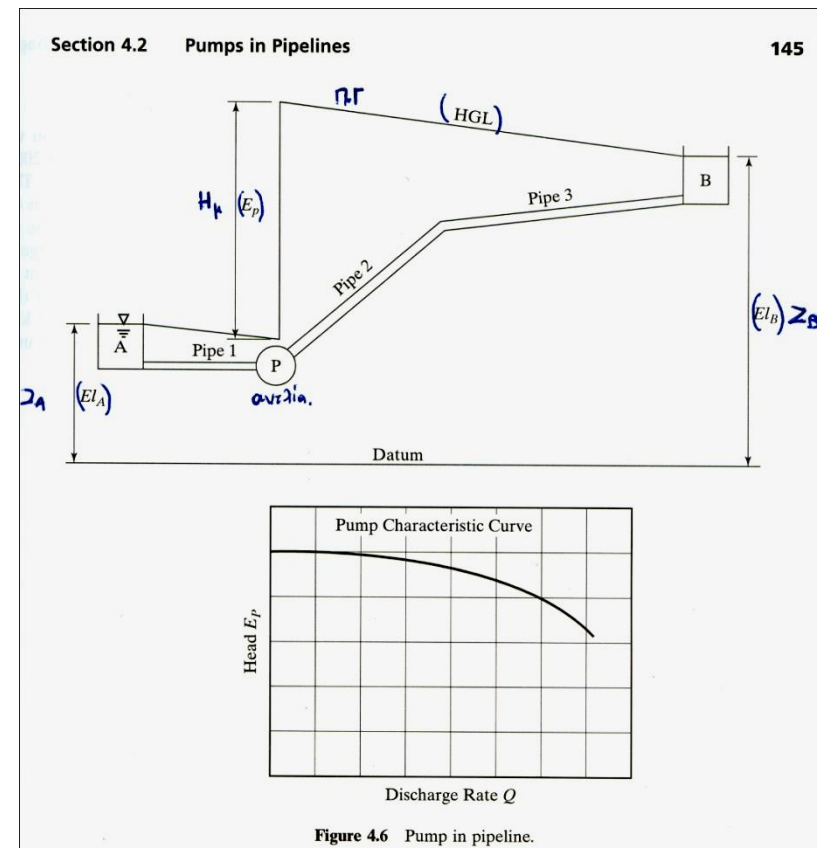
Εξ. Ενέργειας μεταξύ A και B

$$H_A + H_M = H_B + \sum_{A \rightarrow B} h_f + \sum_{A \rightarrow B} h_f'$$

$$H_M = H_B + \sum_{A \rightarrow B} h_f + \sum_{A \rightarrow B} h_f' - H_A$$

Γενικά: Απαιτούμενο μανομετρικό

$$H_M = \Delta z + (\text{Α.Σ.Λ}) + \sum_{A \rightarrow B} h_f + \sum_{A \rightarrow B} h_f'$$



Ισχύς αντλίας (που καταναλώνουμε)

Η ισχύς που καταναλίσκεται από το ρευστό είναι:

$$N_{(\text{ρευστό})} = \gamma \cdot Q \cdot H_M$$

Η γενική εξίσωση για οποιαδήποτε ρευστό στις διεθνής μονάδες για τον προσδιορισμό της ισχύος της αντλίας είναι:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_M}{n},$$

όπου

N

η ισχύς της αντλίας (W),

$\gamma = \rho \cdot g$

Το ειδικό βάρος του υγρού (N/m^3). Για το νερό μπορεί να θεωρεί πυκνότητα ίση με $1000 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$

Q

η παροχή σχεδιασμού για τον καταθλιπτικό αγωγό (m^3/s),

H_M .

το μανομετρικό ύψος (m),

n

ο βαθμός απόδοσης του αντλητικού συγκροτήματος

Ισχύς που λαμβάνει το ρευστό την αντλία

- Ισχύς που λαμβάνει το ρευστό: $\rho g Q H_M$
- προφανώς, ισχύει:

$$\rho g Q H_M \text{ (ρευστό)} < \rho g Q H_M / \eta \text{ (αντλίας)}$$

Ισχύς που χάνει το ρευστό από το στρόβιλο

- Ισχύς που χάνει το ρευστό: $\rho g Q H$
- Υδροστρόβιλος, θα λάβουμε ενέργεια:
 $\rho g Q H_M * \eta$
- προφανώς, ισχύει:

$$\rho g Q H_{M(\text{ρευστό})} > \rho g Q H_M * \eta (\text{υδροστόβιλος})$$

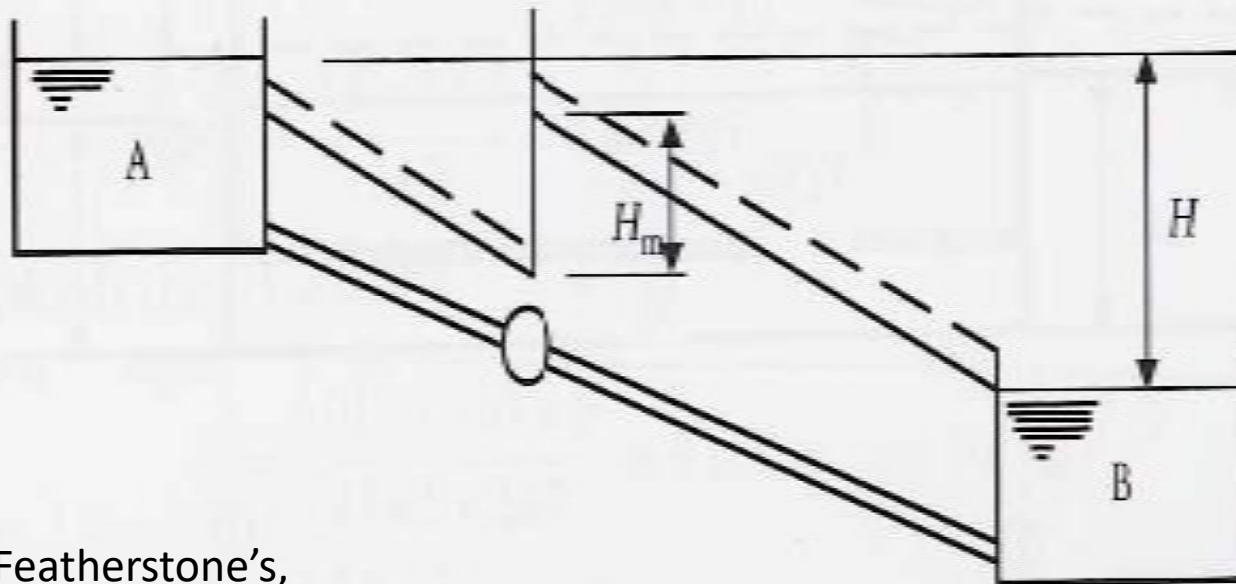
Άσκηση με αντλία

υπάρχει υψομετρική διαφορά, αλλά όχι τόση
ώστε να έχουμε την παροχή που θέλουμε

$$L = 5000 \text{ m}; \quad D = 200 \text{ mm}; \quad k = 0.03 \text{ mm};$$

$$H = 40 \text{ m}; \quad Q = 50 \text{ L/s}$$

H_m = manometric head to be delivered by the pump



Μικρή Παγίδα άσκησης:

Υπάρχει υψομετρική διαφορά για παροχή νερού (ευεργετική) αλλά όχι αρκετή για την παροχή που θέλουμε.

Στο απαιτούμενο μανομετρικό, η υψομετρική διαφορά στην άσκηση δρα ευεργετικά γιατί η δεξαμενή B είναι χαμηλότερα της (ανάντη) A δεξαμενής (σύγκρινες τις επόμενες δύο διαφάνειες)

Οπότε:

Για το παρακάτω σχήμα ισχύει:

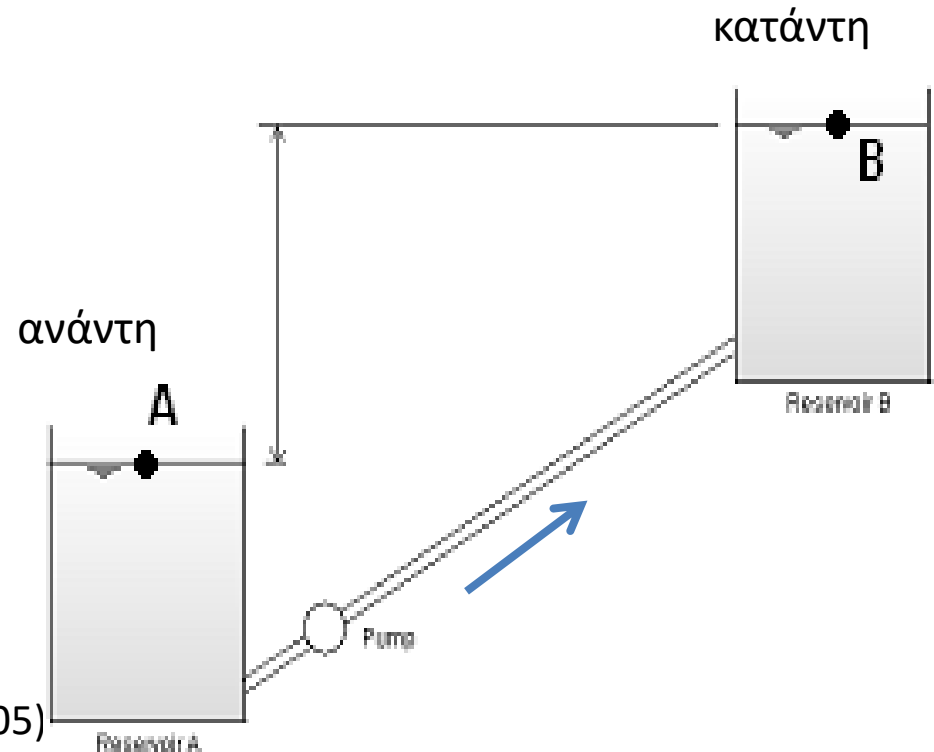
$$H_A = z_A + \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g}$$

$$H_B = z_B + \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g}$$

$$H_B - H_A = z_B - z_A$$

Οπότε:

$$H_M = (z_B - z_A) + \sum_{A \rightarrow B} h_f + \sum_{A \rightarrow B} h_f' \quad (2.105)$$



Η υψομετρική διαφορά των στάθμεων των δύο δεξαμενών συμπεριλαμβανομένης της ανώτατης στάθμης λειτουργίας καθορίζει το ολικό στατικό ύψος το οποίο εξαρτάται αποκλειστικά από αυτήν την υψομετρική διαφορά και όχι από τις ενδιάμεσες διαδρομές των αγωγών

$$\text{εδώ} \quad (z_B - z_A) \geq 0 \quad (\text{μη ευεργετικό})$$

$$z_B - z_A \gg 0$$

Μεγάλο μανομετρικό

Μεγάλη ισχύς

Άσκηση με αντλία

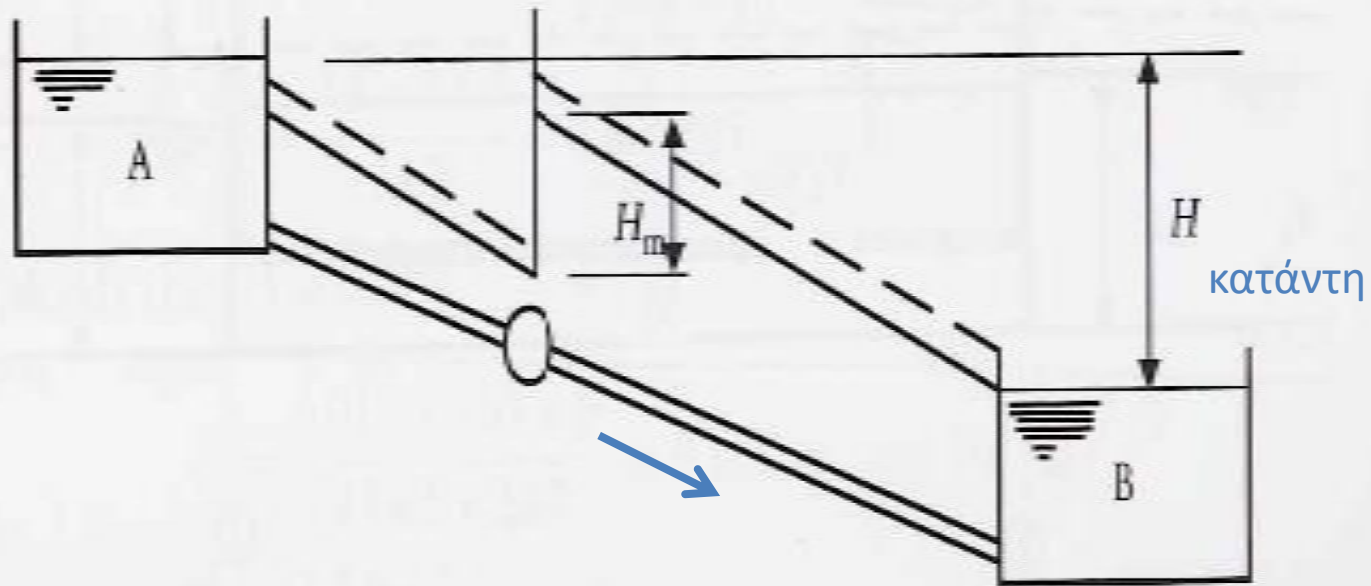
υπάρχει υψομετρική διαφορά, αλλά όχι τόση
ώστε να έχουμε την παροχή που θέλουμε

$$L = 5000 \text{ m}; \quad D = 200 \text{ mm}; \quad k = 0.03 \text{ mm};$$

$$H = 40 \text{ m}; \quad Q = 50 \text{ L/s}$$

H_m = manometric head to be delivered by the pump

ανάπτυξη



εδώ $(z_B - z_A) \leq 0$ (ευεργετικό)

Διατήρηση ενέργειας

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_{atm}}{\rho g} + z_A + H_M = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_{atm}}{\rho g} + z_B + \Sigma h_f$$

Για τις δεξαμενές ισχύει:

$$V_A = V_B = 0 \quad \text{and} \quad p_A = p_B = [\text{ατμοσφαιρική πίεση}]$$

$$H_M = \Sigma h_f + (z_B - z_A)$$

Μεταξύ δύο δεξαμενών: το μανομετρικό είναι το άθροισμα της υψομετρικής διαφοράς (κατάντη-ανάντη)+ σύνολο απωλειών ενέργειας
Στρογγυλοποιώ προς τα επάνω

Διατήρηση ενέργειας

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{p_{atm}}{\rho g} + z_A + H_M = \frac{V_B^2}{2g} + \frac{p_{atm}}{\rho g} + z_B + \Sigma h_f$$

Για τις δεξαμενές ισχύει:

$$V_A = V_B = 0 \quad \text{and} \quad p_A = p_B = [\text{ατμοσφαιρική πίεση}]$$

$$H_M = \Sigma h_f + (z_B - z_A)$$

Μεταξύ δύο δεξαμενών: το μανομετρικό είναι το άθροισμα της υψομετρικής διαφοράς (κατάντη-ανάντη)+ σύνολο απωλειών ενέργειας
Στρογγυλοποιώ προς τα επάνω

Διατήρηση μάζας

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \leftrightarrow V = \frac{4Q}{\pi D^2} = 1.59 \text{ m/s}$$

Moody, f

$$V = 1.59 \text{ m/s}; \quad Re = 2.83 \times 10^5; \quad \frac{k}{D} = 0.00015$$

whence $\lambda = 0.0162$ from the Moody chart.

Απώλειες ενέργειας-μανομετρικό

$$H_M = \Sigma h_f + (z_B - z_A) = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + 0.5 \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} \approx 13.0m$$

-40

Ισχύς στο ρευστό

$$N_{(\text{ρευστό})} = \gamma \cdot Q \cdot H_M = 9810 \cdot 0.05 \cdot 13 \approx 6,300W = 6.3KW$$

Ισχύς που απαιτείται -αντλίες

$$N' = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_M}{n} > N$$

☺

Σωληνωτοί αγωγοί με αντλία ή υδροτροβίλο

- Αντλία : Πρόσθεση εξωτερικής μηχανικής ενέργειας σ' ένα σύστημα ροής, απότομη αύξηση του ύψους πίεσης
- Υδροτροβίλος : Αφαίρεση μηχανικής ενέργειας από το σύστημα ροής, απότομη πτώση του ύψους πίεσης
- Ισχύς αντλίας P_w : (που μεταδίδεται στην παροχή Q)

$$P_w = \gamma Q H_m \quad [W] \text{ ή } [Nm/s]$$

γ : ειδικό βάρος νερού $[N/m^3]$

Q : παροχή δια μέσου της αντλίας $[m^3/s]$

H_m : αύξηση του ύψους πίεσης $[m]$
(από την είσοδο μέχρι την έξοδο της αντλίας)

- Ολική ισχύς που προσφέρεται στην αντλία από την κινητήρια μηχανή :

$$P = \frac{\gamma Q H_m}{\eta} \quad [W] \text{ ή } [Nm/s]$$

η : απόδοση της αντλίας

$$P = \frac{\gamma Q H_m}{736 \eta} \quad [HP]$$

$$1 \text{ HP} = 736 \text{ W} = 736 \text{ Nm/s} = 75 \text{ kgm/s}$$

Χρυσάνθου, 2013

- Ισχύς που αφαιρεί ένας υδροστρόβιλος από το σύστημα ροής:

$$P_w = \gamma Q H_m \quad [W] \text{ ή } [Nm/s]$$

$$\gamma: [N/m^3], \quad Q: [m^3/s]$$

H_m : ύψος πιέσεως που καταναλώνει ο υδροστρόβιλος [m]

- Πραγματική ισχύς υδροστρόβιλου:

$$P = \eta \gamma Q H_m \quad [W] \text{ ή } [Nm/s]$$

$$P = \frac{\eta \gamma Q H_m}{736} \quad [HP]$$

η : απόδοση υδροστρόβιλου

- Εξίσωση ενέργειας:

$$\frac{p_A}{\gamma} + z_A + \frac{V_A^2}{2g} \pm H_m = \frac{p_B}{\gamma} + z_B + \frac{V_B^2}{2g} + \sum h_{fA-B} + \sum h_{LA-B}$$

H_m : φορτίο μηχανής, μανομετρικό ύψος ή φορτίο

+ \Rightarrow αντλία

- \Rightarrow υδροστρόβιλος

Υδροστρόβιλος:
Ενεργειακό ισοδύναμο
είναι η τοπική απώλεια
ενέργειας (πτώση)

-Αντλία: Μοναδική
περίπτωση ανόδου της Γ.Ε
ακολουθώντας την κίνηση
του ρευστού

Χρυσάνθου, 2013

Υδροστρόβιλοι

- Κατηγορίες υδροτροβίλων :

α. Υδροστρόβιλοι δράσεως (Pelton)

- Μια ελεύθερη δέσμη νερού εκτοξεύεται από ένα ακροφύσιο και προσπίπτει ταυτόχρονα σε δύο ή τρία πτερύγια του δρομέα.
- Ο δρομέας ευρίσκεται υπό ατμοσφαιρική πίεση.

β. Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως

- Ροή του νερού συνεχώς υπό πίεση

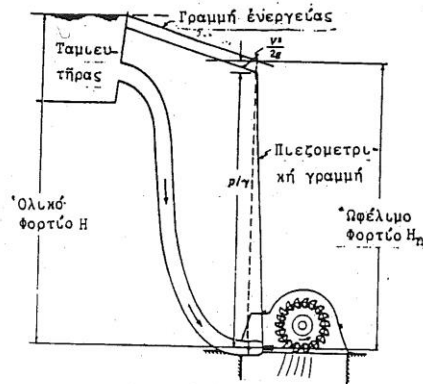
Χρυσάνθου, 2013

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ ΔΡΑΣΕΩΣ

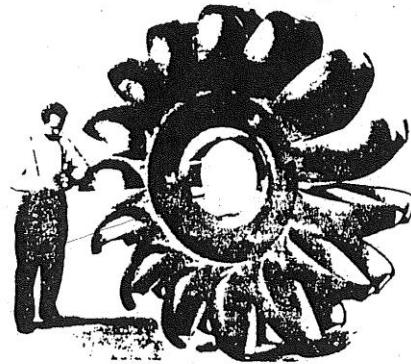
Είναι υδροστρόβιλοι μερικής προσβολής. Δημιουργείται ελεύθερη δέσμη νερού που προσπίπτει στο σύστημα των πτερυγίων. Ο υδροστρόβιλος δράσεως μετατρέπει όλη τη διαθέσιμη ενέργεια σε κινητική πριν το νερό προσπέσει στα σκαφίδια του δρομέα, και προσπίπτει μόνο επί του τμήματος της περιφέρειας του δρομέα.



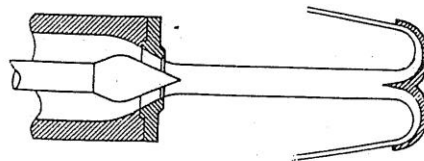
Τύπου Pelton με 2 ακροφύσια



Σχ. 2-1. Σχηματική παράσταση εγκατάστασης Ύδροτροβίλου Pelton.

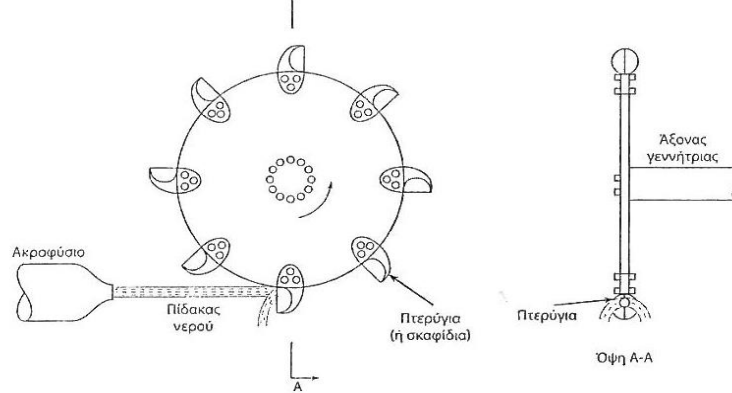


Σχ. 2-2. Όλκιμος τροχός Pelton.

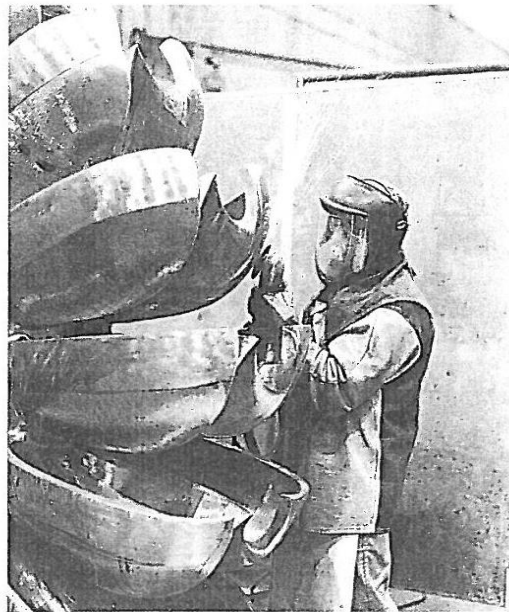


Σχ. 2-4. Τυπική διάταξη άκροφυσίου ύδροτροβίλου Pelton

Χρυσάνθου, 2013



ΣΧΗΜΑ 14.19 Στρόβιλος δράσης.

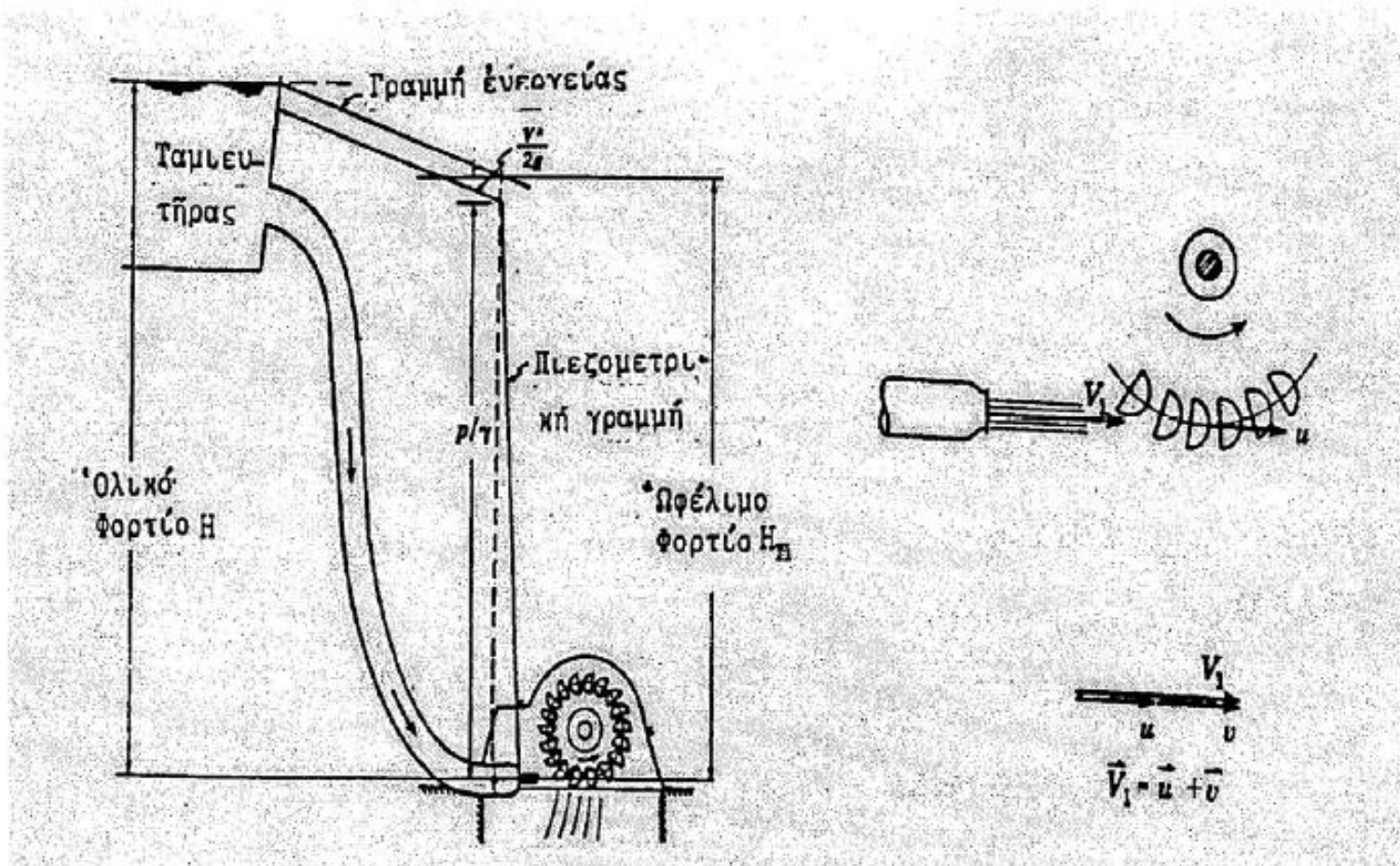


ΣΧΗΜΑ 14.20 Ακόνισμα πτερυγίων (ή σκαφιδίων) σε ένα στρόβιλο που χρησιμοποιεί τροχό Pelton - αυτός ο στρόβιλος είναι εγκατεστημένος στο εργοστάσιο του Voith Hydro στο Sao Paolo [η φωτογραφία δημοσιεύεται με την ευγενική άδεια του Voith Hydro].

όπου Q είναι η παροχή του εισερχόμενου πίδακα, γ είναι το ειδικό βάρος του ρευστού του πίδακα και $h_t = V_j^2/2g$ είναι η ταχύτητα του υγρού του πίδακα. Κατά συνέπεια, η Εξίσωση (14.21) απλοποιείται στην

$$P = \rho Q \frac{V_j^2}{\gamma} \quad (14.22)$$

Ωφέλιμο φορτίο, υδρ. δράσεως



ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΑΟΙ ΑΝΤΙΑΔΡΑΣΕΩΣ

Στηρίζονται σε ένα διαφορετικό σχεδιασμό, όπου το νερό περνάει συνεχώς μέσα από ολόκληρη την περιφέρεια του υδροστροβίλου, και εξέρχεται αξονικά.

Η ροή γίνεται δια μέσω της πτερωτής με παράλληλη μεταβολή της στατικής πίεσης και γι' αυτό οι πτερωτές τους είναι ολικής προσβολής, δηλαδή λειτουργούν ομοιόμορφα κατά την περιφερειακή διεύθυνση.

Με τον τρόπο αυτό το ρευστό παρέχει μια σταθερή ώθηση στον δρομέα, αντίθετα με τους υδροστροβίλους δράσεως όπου υπάρχει μια σειρά από διαδοχικές κρούσεις επάνω στα σκαφίδια.

Τύπου Francis



Τύπου Kaplan



Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως (reaction turbines)

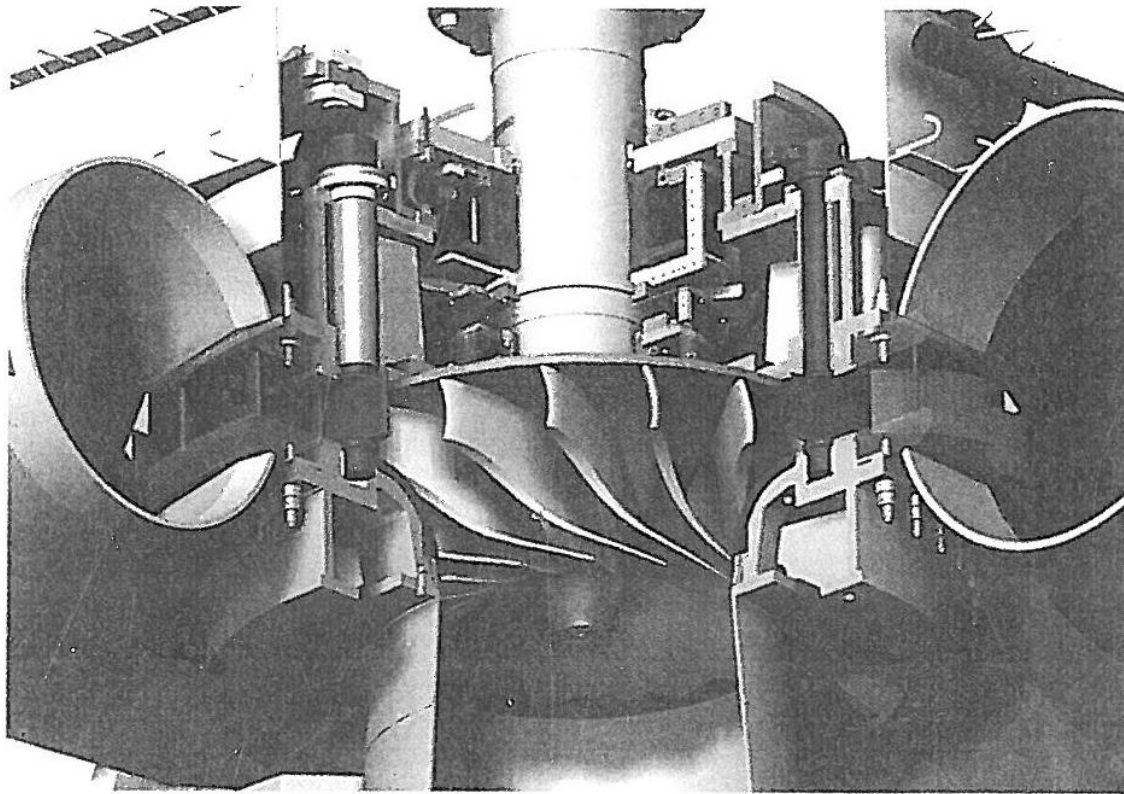
Η κατάταξη σχετίζεται με τη διαθέσιμη υδραυλική πτώση:

Ακτινικής και μικτής ροής
τύπου Francis, κατάλληλοι
για μεσαίες τιμές υδραυλικής
πτώσης ($H=15-150\text{m}$ περίπου)



Αξονικής ροής τύπου Kaplan,
κατάλληλοι για την αξιοποίηση
μικρών υδραυλικών πτώσεων
($H<15\text{m}$ περίπου)



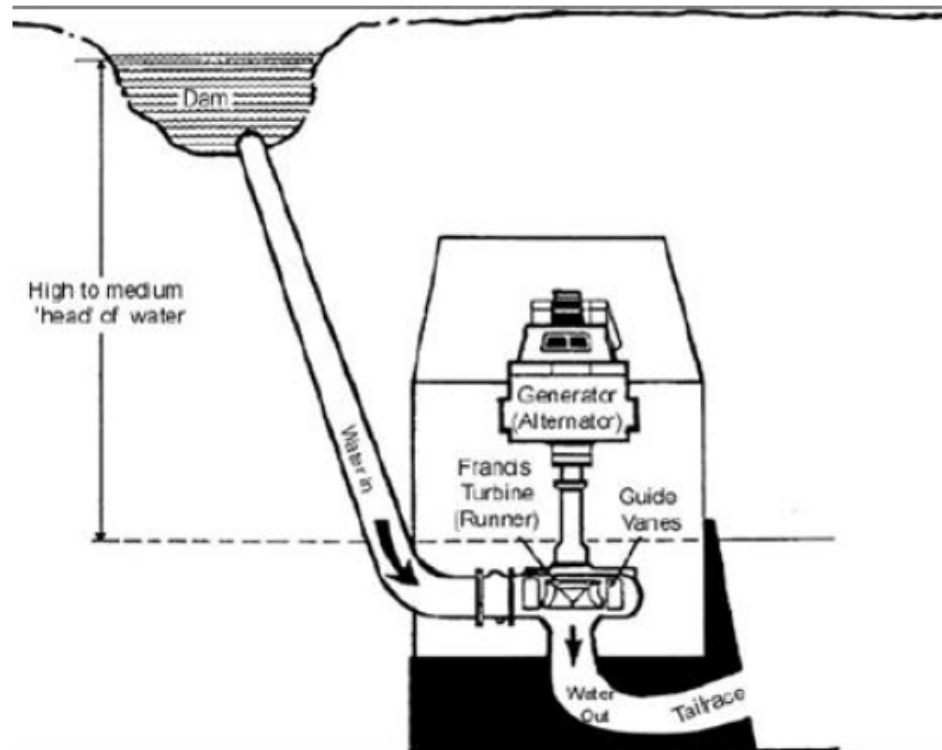


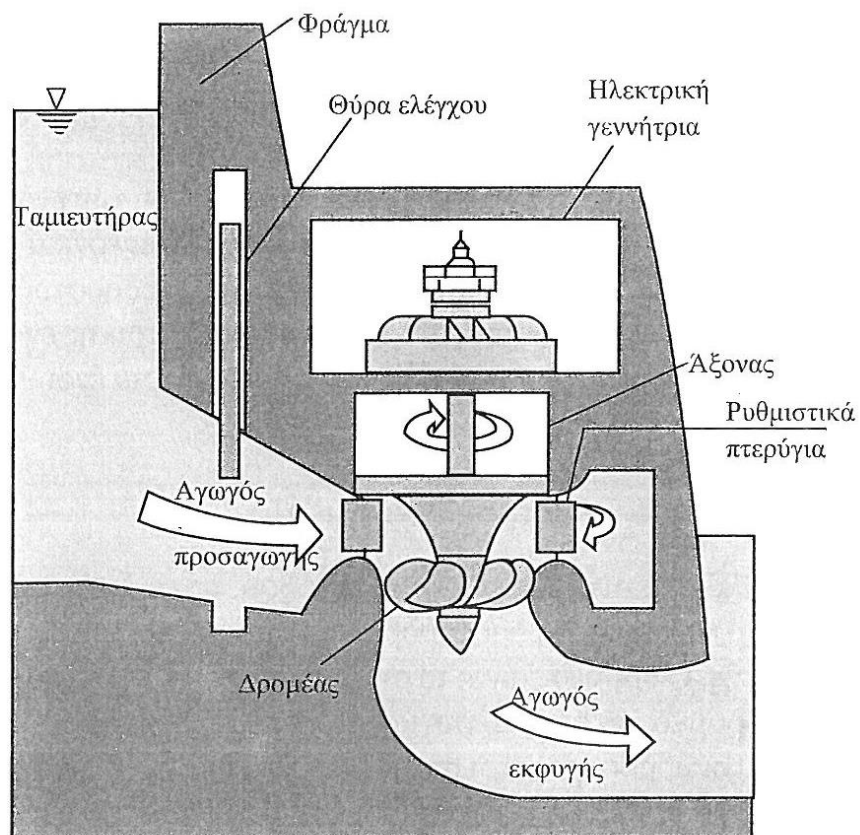
Σχήμα 7.14 Μερική τομή (cutaway view) υδροτροβίλου τύπου Francis (Voith).
Λικακόπουλος, Υδραυλική

ΥΔΡΟΣΤΟΒΙΑΟΙ ΜΙΚΤΗΣ ΡΟΗΣ (FRANCIS)

Τα κύρια μέρη ενός υδροστρόβιλου Francis είναι:

Αγωγός φυγής. Το νερό βγαίνει μέσα από τον δρομέα κατα την αξονική κατεύθυνση και αποχωρεί από τον υδροστρόβιλο διαμέσου του αγωγού φυγής. Στην πράξη η πλειοψηφία των υδροστροβίλων Francis έχουν την άτρακτο σε κατακόρυφη θέση.

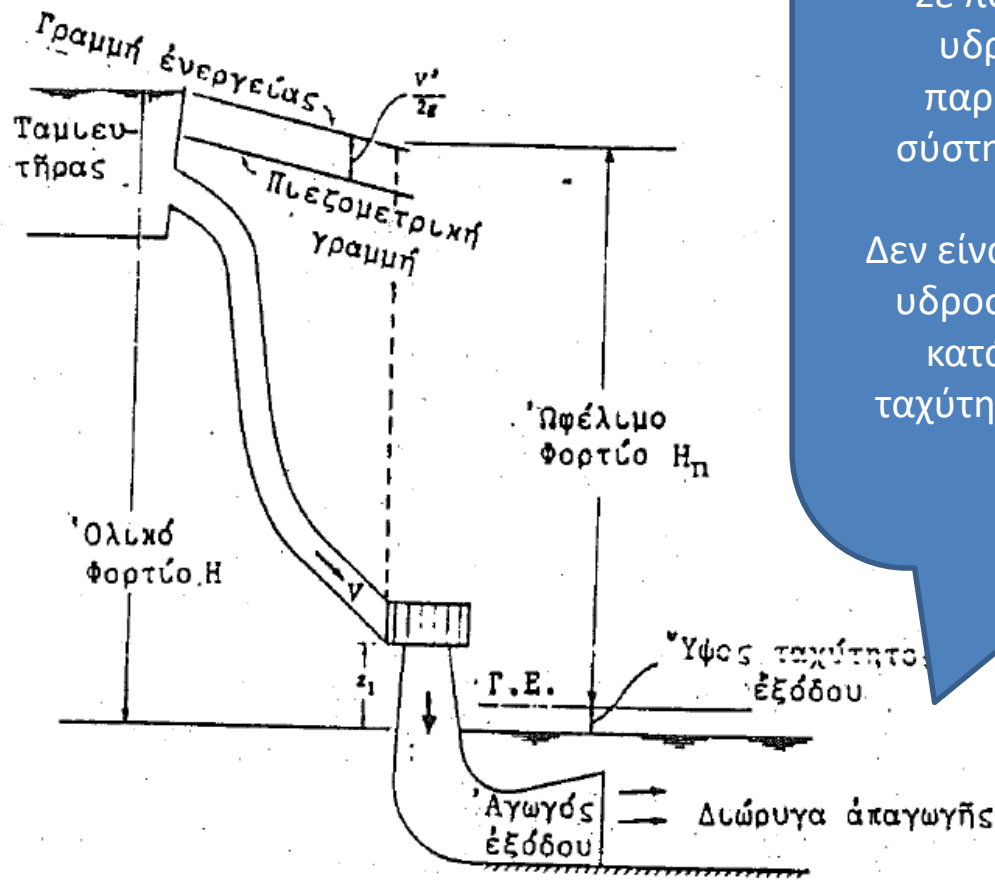




Σχήμα 7.1 Απλοποιημένο σκαρίφημα τυπικής εγκατάστασης υδροστροβίλου αντίδρασης (Harleman).

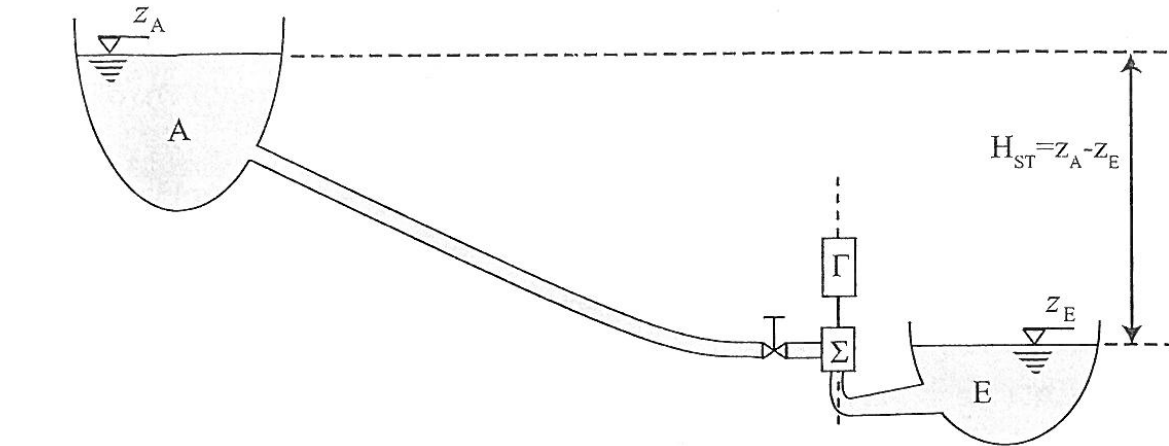
Λικακόπουλος, Υδραυλική

Ωφέλιμο φορτίο, υδρ. αντιδράσεως



Σε πολλά εισαγωγικά βιβλία υδραυλικής το πρόβλημα παρουσιάζεται θεωρώντας σύστημα σωληνώσεων με δύο δεξαμενές.

Δεν είναι απόλυτα σωστό γιατί σε υδροστρόβιλους αντιδράσεως κατάντη υπάρχει ένα ύψος ταχύτητας που πρέπει να ληφτεί υπόψη



Σχήμα 7.49 Σκαρίφημα υδροηλεκτρικής εγκατάστασης υδροστροβίλου αντίδρασης

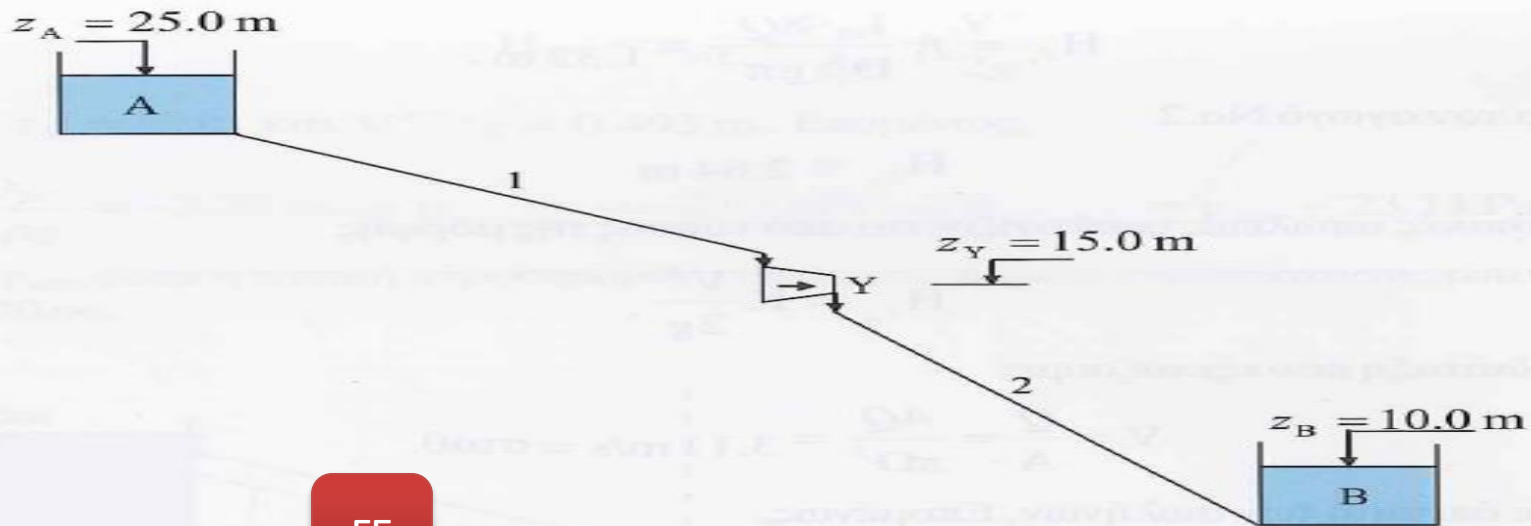
Εάν θεωρήσουμε ότι η ταχύτητα του νερού στα A και E είναι αμελητέα, τότε από την εξίσωση ενέργειας του όλου συστήματος λαμβάνουμε ότι

$$H_{\text{υδροστ.}} = H_{ST} - H_{\text{απώλειες}}, \quad (7.44)$$

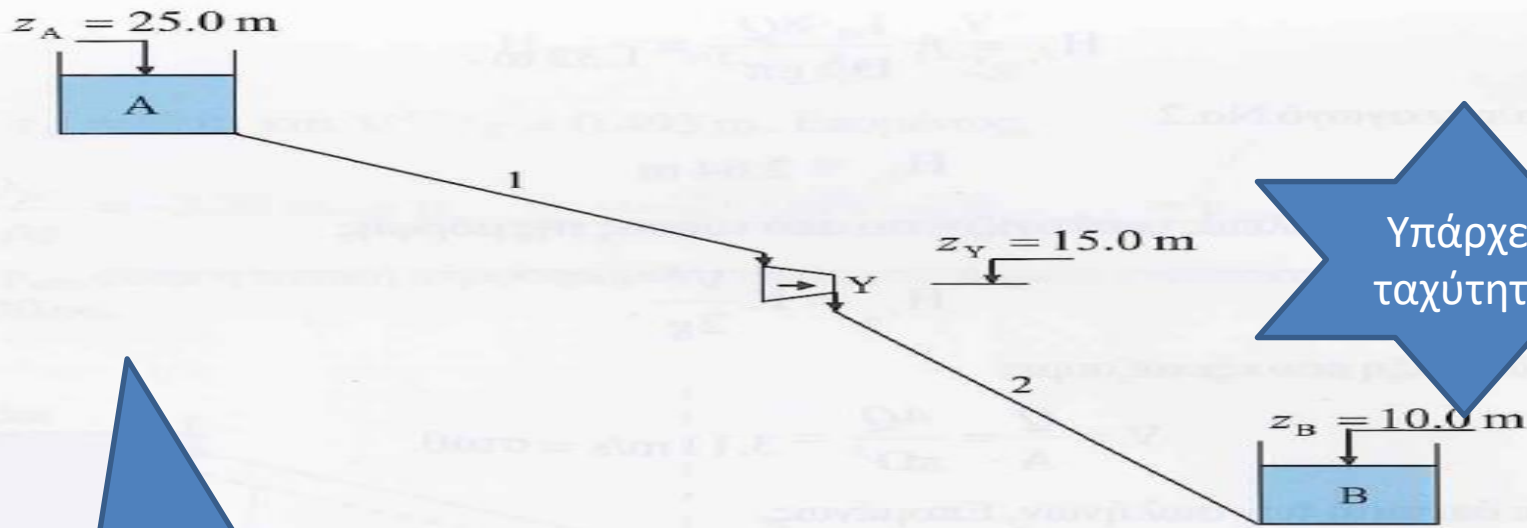
όπου $H_{ST} = z_A - z_E$ είναι η υδατόπτωση και $H_{\text{απώλειες}}$ είναι το άθροισμα των γραμμικών και τοπικών απωλειών σε όλους τους αγωγούς. Η εξίσωση ενέργειας μπορεί

Υδρ. σε μοντέλο δύο δεξαμενών

Λιακόπουλος, Υδραυλική



Υδρ. σε μοντέλο δύο δεξαμενών vs πραγματικότητα



Υπάρχει
ταχύτητα

Για ΥΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ

Ολικό θεωρητικό δυναμικό

$$I_{\theta} = 9810 \times Q (\text{m}^3/\text{s}) \times H (\text{m}) \quad [\text{W}]$$

- Δε λαμβάνονται οι απώλειες λόγω εξάτμισης
- Το ωφέλιμο φορτίο, H υπολογίζετε με άξονα αναφοράς τον τελικό αποδέκτη (π.χ θάλασσα)
- Συνεχής λειτουργία με απόδοση 100%

Τεχνητά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό

$$I_T \approx (0.2 \div 0.80) I_\theta$$

[W]

- Αφαιρούνται οι απώλειες στη λεκάνη απορροής και στην υδροδυναμική εγκατάσταση

Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό

$$I_0 \approx (0.2 \div 0.80) I_T \approx (0.1 \div 0.65) I_\theta$$

[W]

- Είναι το τεχνητώς εκμεταλλεύσιμο δυναμικό το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί από τα τεχνικά έργα και να είναι οικονομικά συμφέρον

Βελτιστοποίηση αγωγού

- Μικρό κόστος για μικρή διάμετρο αλλά μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας
- Μικρότερο διαθέσιμο φορτίο για παραγωγή ενέργειας
- Βέλτιστη διάμετρος
- Προσοχή στη διαχρονική αξία του χρήματος σύγκριση με τα ποσά ανηγμένα στην ίδια βάση
- Κριτήριο: $\max(B-C)$

ΜΕΓΑΛΑ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΕΡΓΑ

$P > 15\text{MW}$, $H > 20\text{M}$

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

Μεγαλα υδροδυναμικα εργα

- Οφέλη ως έργα πολλαπλού σκοπού: [?]
 - Αποθήκευση και παραγωγή Υ/Η ενέργειας - μη καταναλωτική χρήση
 - Απολήψεις νερού για άλλες χρήσεις
 - Αντιπλημμυρική προστασία
 - Έμμεσα οφέλη από τουριστική αξιοποίηση
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
 - ✓ Σημαντική διαφοροποίηση της φυσικής υδρολογικής διαίτας του ποταμού
 - ✓ Συγκράτηση φερτών (μη αναστρέψιμη επίπτωση)
 - ✓ Παρεμπόδιση κυκλοφορίας ψαριών
 - ✓ Αλλαγή οικοσυστήματος από ποτάμιο σε λιμναίο
 - ✓ Αισθητική όχληση σε περίπτωση έντονων διακυμάνσεων της στάθμης

(Ευστρατιάδης, Μαμάσης και Κουτσιγιάννης, 2017)

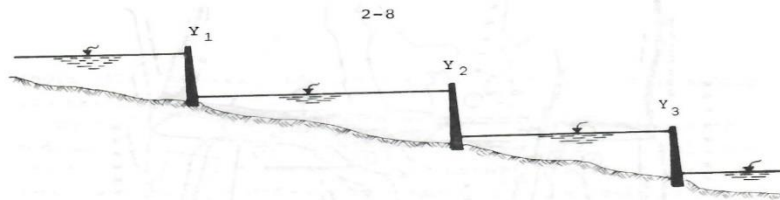
Παράδειγμα: Υδροηλεκτρικό έργο Καστρακίου



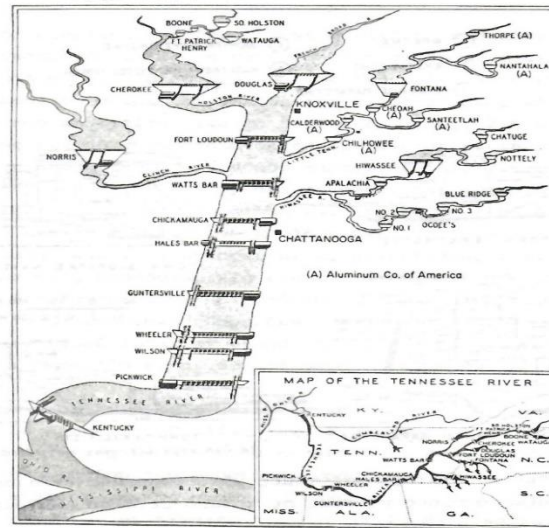
Παράδειγμα: Υδροηλεκτρικό έργο Καστρακίου



Πιο σύνθετες διατάξεις → βελτιστοποίηση



Σχ. 2.2 Υδροδυναμικές εγκαταστάσεις έν σειρά σ' ένα ποταμό μικρής κλίσης (Y = Υδροδυναμική εγκατάσταση).



Σχ. 2.3 Εγκαταστάσεις αξιοποιήσεως του ποταμού Tennessee στις ΗΠΑ από την TVA.

Σακκάς. 1999

Υδρολογική διάσταση

Παράδειγμα: Σύστημα Υ/Η έργων Αχελώου



	Πλαστήρας	Κρεμαστά	Καστράκι	Στράτος	Μεσοχώρα
Έκταση λεκάνης απορροής (km ²)	161	3570	4118	4320	633
Μέση ετήσια απορροή (hm ³)	167	3600	3950	4110	730
Υψος φράγματος (m)	83	160	96	26	135
Ωφέλιμη χωρητικότητα (hm ³)	286	2800	90	10	225
Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας (m)	776.0	227.0	142.0	67.0	731.0
Μέγιστη στάθμη λειτουργίας (m)	792.0	282.0	144.2	68.6	770.0
Μέγιστο ύψος πτώσης (m)	577.0	136.0	76.0	37.0	220.0
Σταθμός παραγωγής	Εκτός λεκάνης	Κοντά στο φράγμα	Κοντά στο φράγμα	Υπόγειος	7.5 km κατάντη
Τύπος στροβίλων	Pelton	Francis	Francis	Francis	Francis
Εγκατεστημένη ισχύς (MW)	3×43=129	4×109=436	4×80=420	2×75=150 2×3=6	2×81=162
Λοιπές χρήσεις νερού	Άρδευση, ύδρευση, αναψυχή		Υδρευση	Άρδευση, αναψυχή	

Αγωγοί προσαγωγής

Παραδείγματα αγωγών προσαγωγής-πτώσης

Αγωγός ΥΗΣ Πλαστήρα ($H = 577$ m)



Κλειστοί
αγωγοί

Αγωγοί ΥΗΣ Καστρακίου ($H = 76$ m)



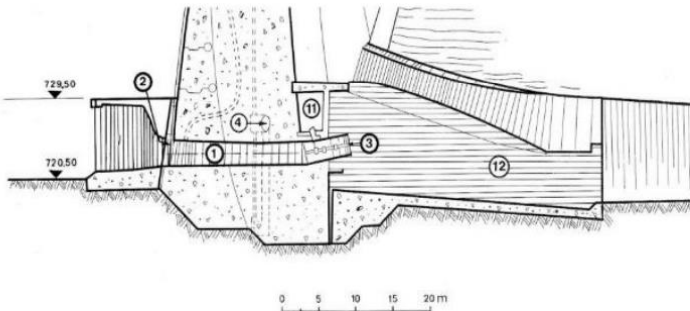
Αγωγοί προσαγωγής

- **Τυπική ταχύτητα 4-6 m/s** (νερό με σημαντική συγκέντρωση φερτών)
- Τυπική τιμή κλίσης ενέργειας 2-5% (εμπειρικό όριο για αρχική επιλογή διαμέτρου)
- Η διαστασιολόγηση είναι πρόβλημα οικονομικής βελτιστοποίησης.
- $H_M = (z_A - z_B) - \sum h_f$

Μικρές διάμετροι, οικονομία στη διάμετρο αλλά μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας μικρότερο μανομετρικό--→ **πρόβλημα βελτιστοποίησης**

Οικολογική παροχή

- Η οικολογική παροχή είναι βασική συνιστώσα των περιβαλλοντικών μέτρων που λαμβάνονται σε ιδιαιτέρως τροποποιημένα ποτάμια (π.χ. φράγμα).
- Κατά κανόνα αναφέρεται στη διατήρηση μιας ελάχιστης ροής κατάντη φραγμάτων (σταθερής ή εποχιακά μεταβαλλόμενης), με σκοπό την προστασία των κατάντη οικοσυστημάτων (Κουτσογιάννης).
- Η οικολογική παροχή έχει ως σκοπό να συντηρήσει, να προστατέψει και να αποκαταστήσει τις βιολογικές, γεωμορφολογικές, φυσικές και χημικές διαδικασίες που συντελούνται σε ένα ποτάμιο σύστημα, οι οποίες διατηρούν και διαμορφώνουν τα υδατικά συστήματα (ψιλοβίκος, 2021)
- (Ευστρατιάδης, Μαμάσης και Κουτσιγιάννης, 2017)



1.Εκκενωτής πυθμένα, 2.Ανάτη θυρόφραγμα, 3.Βαλβίδα κοίλης φλέβας,
4. Στοά πρόσβασης, 11. Δωμάτιο χειρισμού, 12. Διώρυγα από σκυρόδεμα.



Έξοδος εκκενωτή φράγματος Ταυρωπού

Οικολογική παροχή (2)

Εκτίμηση

- *Κατηγοριοποίηση κατά IWMI*
- α) Υδρολογικές Μέθοδοι
- β) Υδραυλικές Μέθοδοι
- γ) Μεθοδοι προσομοίωσης ενδιαιτημάτων
- δ) Μέθοδοι ολιστικής προσέγγισης

Ελλάδα---Υδρολογικές μέθοδοι

- Στην Ελλάδα έχει θεσπιστεί από το 2008 νομοθετικό πλαίσιο για τον καθορισμό της οικολογικής παροχής, καθώς η χώρα εναρμονίζεται με τις επιταγές της Οδηγίας 2000/60 για τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων. Σύμφωνα με τον Ν. 49828/2008 (ΦΕΚ 2464 Β΄/2008), μέχρι να γίνει καθορισμός των κριτηρίων της ελάχιστης απαιτούμενης οικολογικής παροχής, ως ελάχιστη απαιτούμενη οικολογική παροχή νερού που παραμένει στη φυσική κοίτη υδατορεύματος, πρέπει να εκλαμβάνεται το μεγαλύτερο εκ των παρακάτω μεγεθών:
 - 30% της μέσης παροχής των θερινών μηνών Ιουνίου-Ιουλίου-Αυγούστου ή**
 - 50% της μέσης παροχής του μηνός Σεπτεμβρίου ή**
 - 30 lt/sec**
- Ο νόμος εντούτοις αφήνει περιθώριο για περαιτέρω αύξηση της τιμής της ελάχιστης οικολογικής παροχής, εφόσον αυτή απαιτείται τεκμηριωμένα λόγω των αναγκών του κατάντη οικοσυστήματος (ύπαρξη σημαντικού οικοσυστήματος)

Ραφαηλίδης και Κουτσοκέρα, 2020
https://helapco.gr/pdf/ex_res_fek_b2464_031208.pdf

Φράγμα	Μέση Ετήσια Παρογή (m ³ /s)	Ελάχιστη Διατηρητέα Παρογή (m ³ /s)
Αγ. Δημητρίου (Εύηνος)	8,9	1 (όλο το έτος)
Σμοκόβου (Σοφαδίτης)	5,3	0,7-1,1 (Απρ. έως Σεπτ.)
Μεσοχώρας (Αχελώος)	23,5	1,5 (όλο το έτος)
Συκιάς (Αχελώος)	46,6	5 (όλο το έτος)
Αποσελέμη	0,365	0,015 (όλο το έτος)

Η μέθοδος Tennant (2/2)

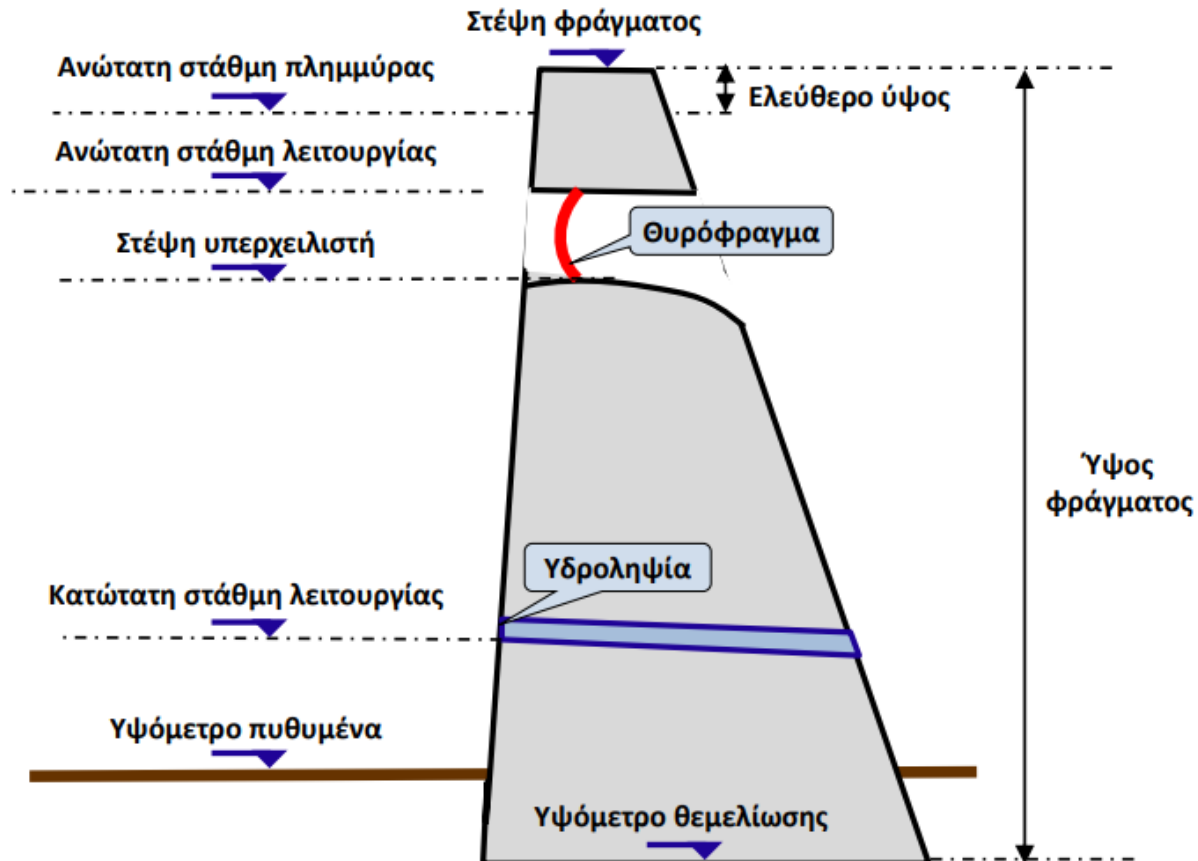
Πίνακας: Κρίσιμες τιμές παροχής (ως ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής) και συσχέτισή τους με την κατάσταση των ενδιαιτημάτων, κατά Tennant (1976).

Περιγραφή συνθηκών	Ξηρή περίοδος	Υγρή περίοδος
Εξαιρετικές (outstanding)	40%	60%
Πολύ καλές (excellent)	30%	50%
Καλές (good)	20%	40%
Μέτριες, προς υποβάθμιση (fair or degrading)	10%	30%
Φτωχές ή οριακά αποδεκτές (poor or minimum)	10%	10%
Σοβαρή υποβάθμιση (severe degradation)	< 10%	< 10%



Ταμιευτήρα

Χαρακτηριστικά υψομετρικά μεγέθη ταμιευτήρα



Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα

Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ

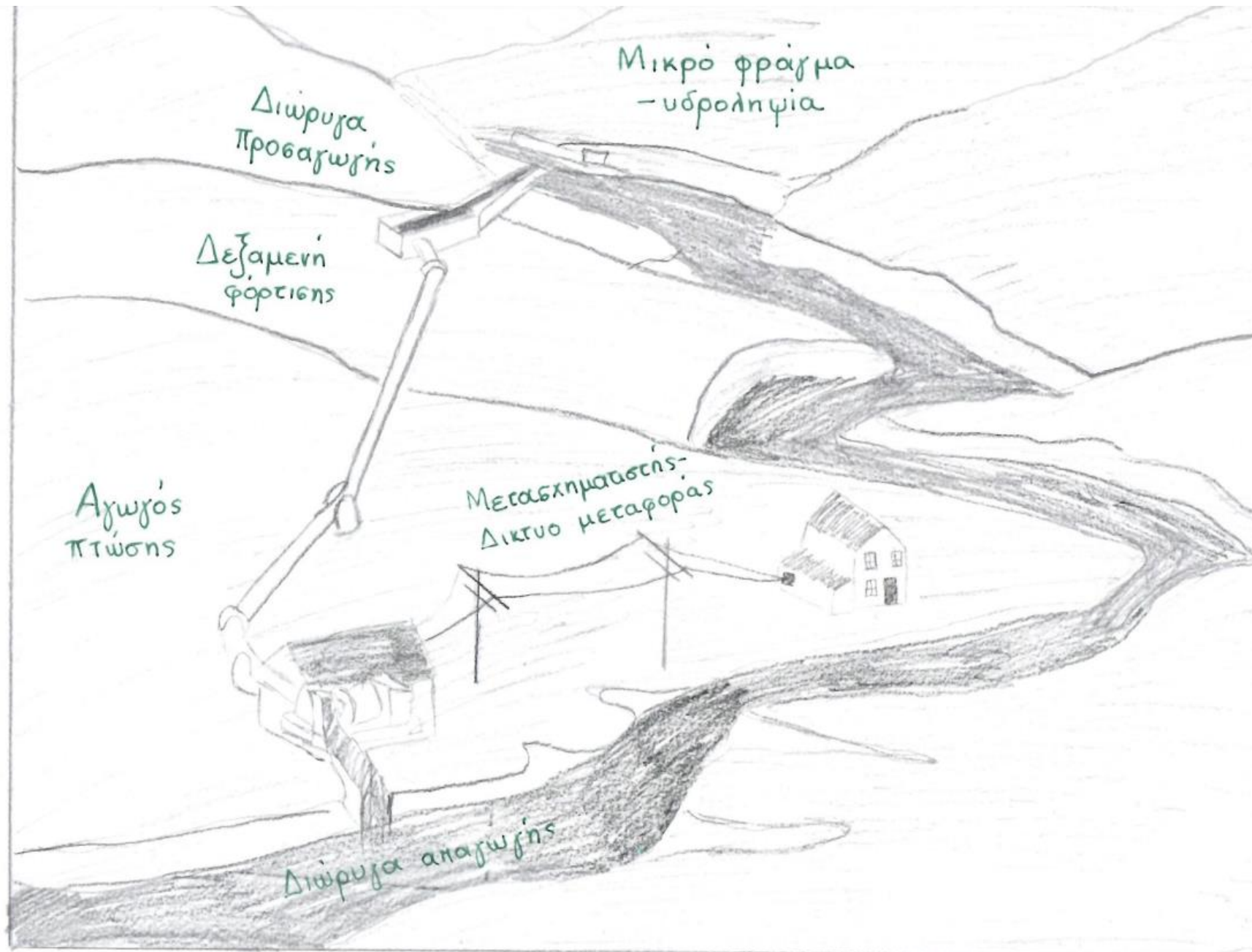


- Στη Δυτική και Βόρεια Ελλάδα υπάρχει ιδιαίτερα πλούσιο δυναμικό υδατοπτώσεων, λόγω της διαμόρφωσης λεκανών απορροής με έντονες κλίσεις και των σημαντικών βροχοπτώσεων.
- Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 3060 MW.
- Η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι 4000-5000 GWh.
- Η μέση συνεισφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 8-10%.
- Η ενέργεια που προέρχεται από ΥΗΣ καλύπτει ηλεκτρικά φορτία αιχμής.
- Τα τρία μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα είναι στα Κρεμαστά (437 MW), στο Θησαυρό (384 MW) και στο Πολύφυτο (375 MW).
- Υπάρχει μεγάλη δυναμότητα προσεχώς

- https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/1843/3/documents/HW_REN18_SmallHydro.pdf

ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΜΙΚΡΟ ΕΙΝΑΙ ΈΝΑ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΈΡΓΟ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΈΧΡΙ 15 ΜWΡ.



Μικρό φράγμα
- υδροληψία

Διώρυγα
Προβαρικής

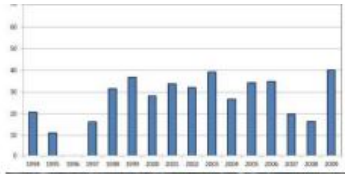
Δεξαμενή
φόρτισης

Αγωγός
πτώσης

Μεταβληπαστής-
Δίκτυο μεταφοράς

Διώρυγα αναρτικής

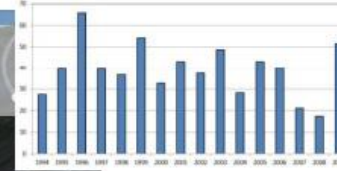
Τυπικό ΜΥΗΕ Γλαύκος



Μέση ετήσια εκτρεπόμενη παροχή (1998-2009)
31.1 hm³ (0.99 m³/s)

Υδροληψία

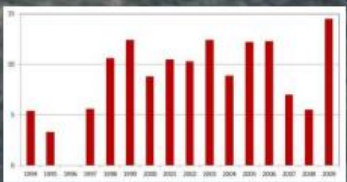
Μέση ετήσια παροχή (1994-2009)
39.1 hm³ (1.24 m³/s)



Αγωγός πτώσης
Ύψος πτώσης: 150 m

Άνευ ταμιευτήρα

Μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια (1998-2009)
10.4 GWh



Μέσος ετήσιος συντελεστής απόδοσης του συστήματος (1998-2009)
0.82

Μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου (1998-2009)
0.31

Υδρευση Πάτρας

ΥΗΣ: εγκατεστημένη ισχύς 3.8 MW
2.2 MW Francis, 1.6 MW Pelton

(Ευστρατιάδης, Μαμάσης και Κουτσιγιάννης, 2017)

ΜΥΗΕ - Διαχείριση φερτών

Αιωρούμενα - συρόμενα - επιπλέοντα

Το θυρόφραγμα δεν είναι απαραίτητο σε υδροληψίες ορεινού τύπου όπου τα κούδροκοκκα περνάνε από πάνω

Διαδρομή νερού 5
Το νερό από τους στροβίλους καταλήγει πάλι στο ποτάμι με αγωγούς.

Κιτήριο αποβλήτων



Παραγωγή μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

Διαδρομή νερού 4
Το νερό μεταφέρεται υπό πίεση μέσω του αγωγού πίεσης στους στροβίλους

Διαδρομή νερού 3
Το καθαρό νερό υπερχειλίζει στη δεξαμενή φόρτισης

Διαδρομή φερτών 3
Στον εξαμμητή καθίζανουν τα λεπτοκοκκα φερτά. Τα επιπλέοντα εμποδίζονται από εσχάρες για να μη φτάσουν στην δεξαμενή φόρτισης.

Διαδρομή φερτών 2α
Μόνο τα λεπτοκοκκα φερτά (<12 mm) περνάνε από την εσχάρα υδροληψίας

Διαδρομή νερού 2α
Το νερό μέσω της εσχάρας υδροληψίας και του αγωγού προσαγωγής μεταφέρεται στον εξαμμητή

Διαδρομή φερτών 4
Περιοδικά ανοίγει το θυρόφραγμα και τα φερτά μεταφέρονται στο ποτάμι με αγωγό

Θυρόφραγμα Εξαμμητή

Εξαμμητής

Αγωγός Προσαγωγής

Φράγμα-εσχάρα υδροληψίας

Διαδρομή νερού 2β
Ποσότητα νερού υπερχειλίζει ή/και διατίθεται ως οριοδοτική παροχή

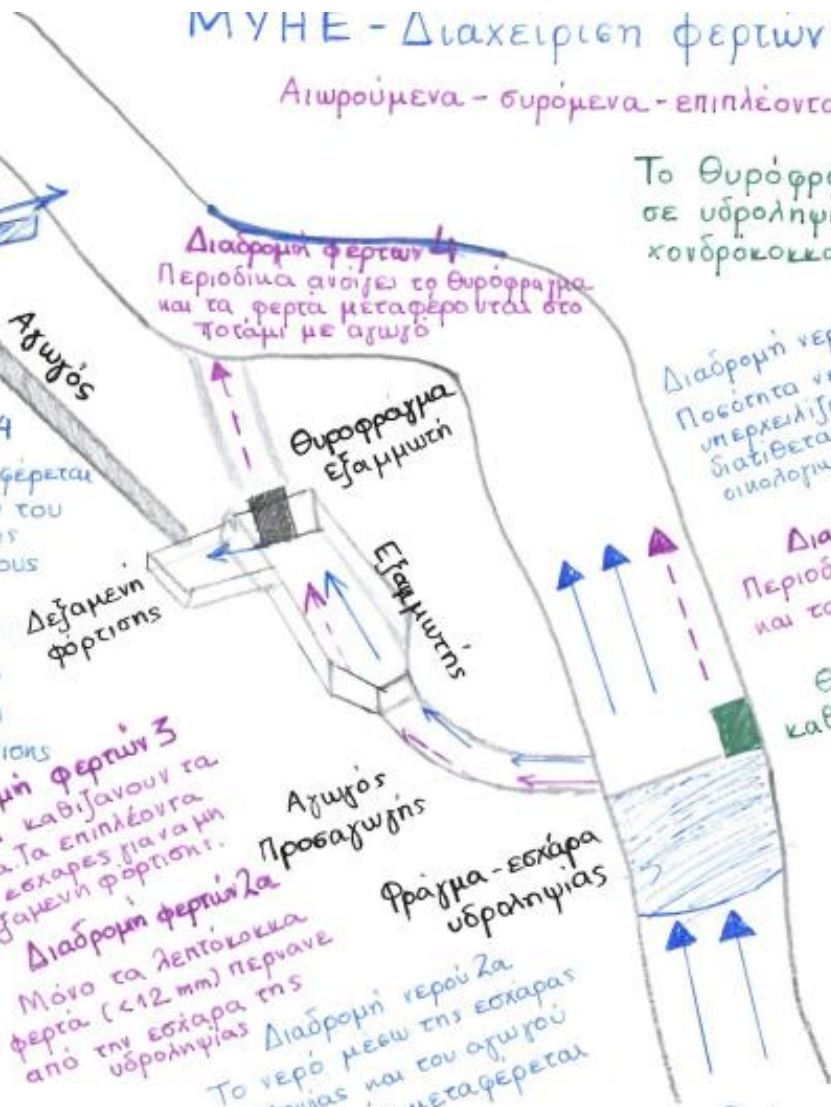
Διαδρομή φερτών 2β
Περιοδικά ανοίγει το θυρόφραγμα και τα φερτά μεταφέρονται κατόπιν του φράγματος

Θυρόφραγμα καθαρισμού φερτών

Διαδρομή φερτών 1
Τα φερτά (κυρίως κούδροκοκκα) συσσωρεύονται ανάντη του φράγματος

Διαδρομή νερού 1
Το νερό συλλέγεται ανάντη του φράγματος

Ροή ποταμού



Θεοδώριανα



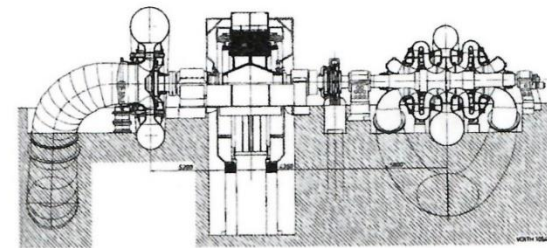
(Ευστρατιάδης, Μαμάσης και
Κουτσιγιάννης, 2017)

- Η ΕΥΔΑΠ έχει αξιοποιήσει τα εξωτερικά υδραγωγεία, κατασκευάζοντας Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα κατά μήκος τους. Συγκεκριμένα, το νερό των υδραγωγείων εκτρέπεται σε παράπλευρο κανάλι, όπου με τη λειτουργία υδροστροβίλου και γεννήτριας παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια, το νερό διοχετεύεται ξανά στο κεντρικό υδραγωγείο, συνεχίζοντας τη ροή του.

ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΟ



Σκαρίφημα τυπικού αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου.



<u>Υδροστρόβιλος τύπου Francis</u>	<u>Φυγόκεντρη διβάθμια αντλία διπλής αναρρόφησης</u>	<u>Βοηθητικός υδροστρόβιλος τύπου Pelton εκκίνησης αντλίας</u>
H = 265–290m, Q = 37.2–39.5m ³ /s, P = 90–100MW, n = 428.6rpm	H = 268–292m, Q = 23.0–20.7m ³ /s, P=69–67MW, n=428.6rpm	H = 288m, Q = 1.31m ³ /s, P = 3MW, n = 428.6rpm

† 7.55 Αναστρέψιμη μονάδα υδροηλεκτρικής εγκατάστασης Vianden, Λουξεμβούργο (Voith).

Λιακόπουλος, 2021

ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ-ΔΥΠ

Διαγραμματική Παρουσίαση Υδατικού Συστήματος

Διαθεσιμότητα των
Υδατικών Πόρων

Ζήτηση των
Υδατικών Πόρων

Περιβάλλον

W_{in}

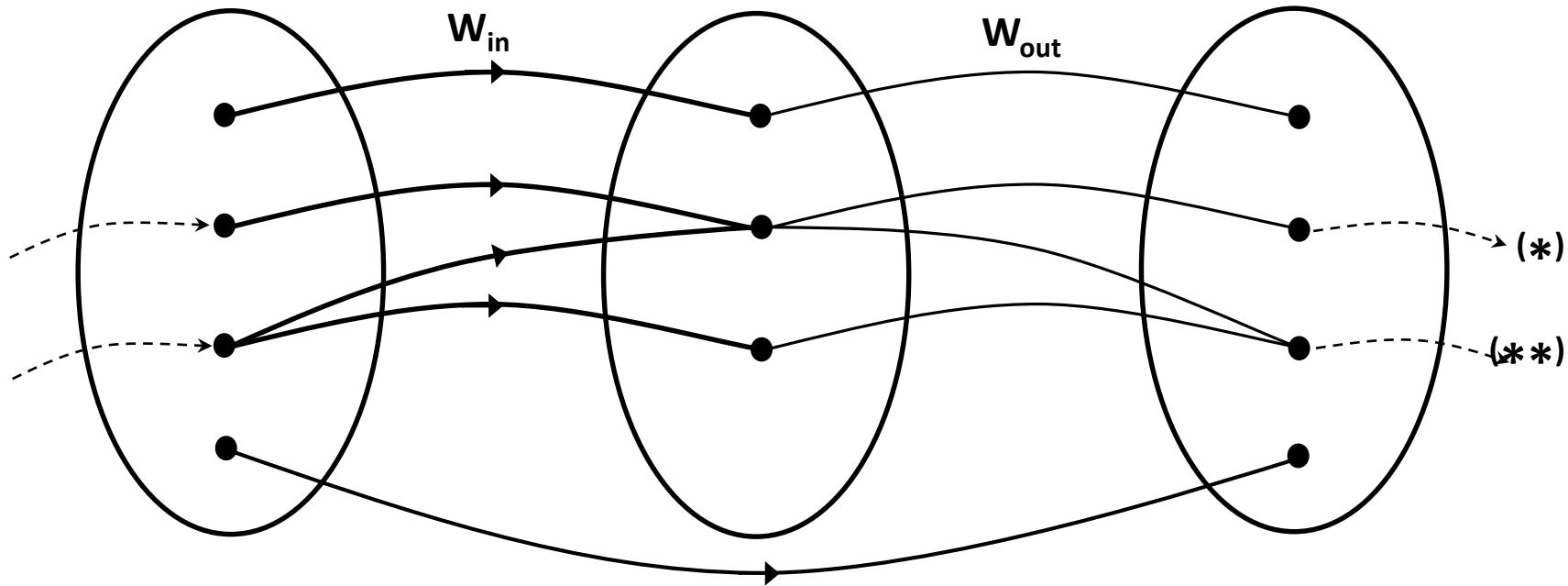
W_{out}

(*)

(*)

(**)

(**)



ΔΥΠ

Σήμερα ως Διαχείριση Υδατικών Πόρων θεωρείται η διαδικασία που περιλαμβάνει το σύνολο των συντονισμένων αποδοτικών αποφάσεων (coordinated cost-effective decisions), των μέτρων και των δράσεων (συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων, της νομοθεσίας, του προγραμματισμού, του συστήματος καταγραφής και της οργάνωσης), που λαμβάνονται δημοκρατικά, και που έχουν ως στόχο την επίτευξη μιας αρμονικής σχέσης μεταξύ όλων των αλληλοσχετιζόμενων στοιχείων του υδατικού συστήματος τώρα, και με διατηρήσιμο τρόπο σε μελλοντικούς χρονικούς ορίζοντες (Tsakiris 2015). Με τον όρο "αλληλοσχετιζόμενα στοιχεία" εννοούμε κυρίως τους τρεις πόλους του υδατικού συστήματος: πηγές διαθεσιμότητας νερού, κέντρα κατανάλωσης και περιβάλλον (κατάσταση υδατικών σωμάτων).

Τσακίρης, 2015

Το κείμενό σας

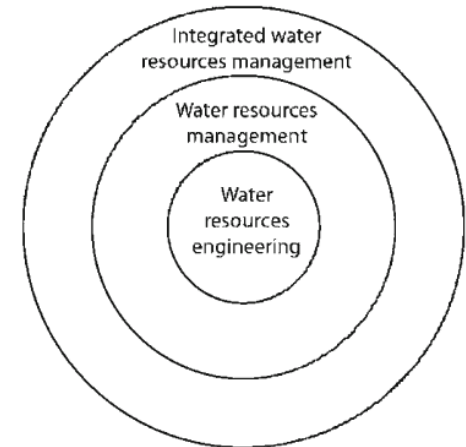
Νεότερες αντιλήψεις

Προβληματική (ιστορική εξέλιξη)

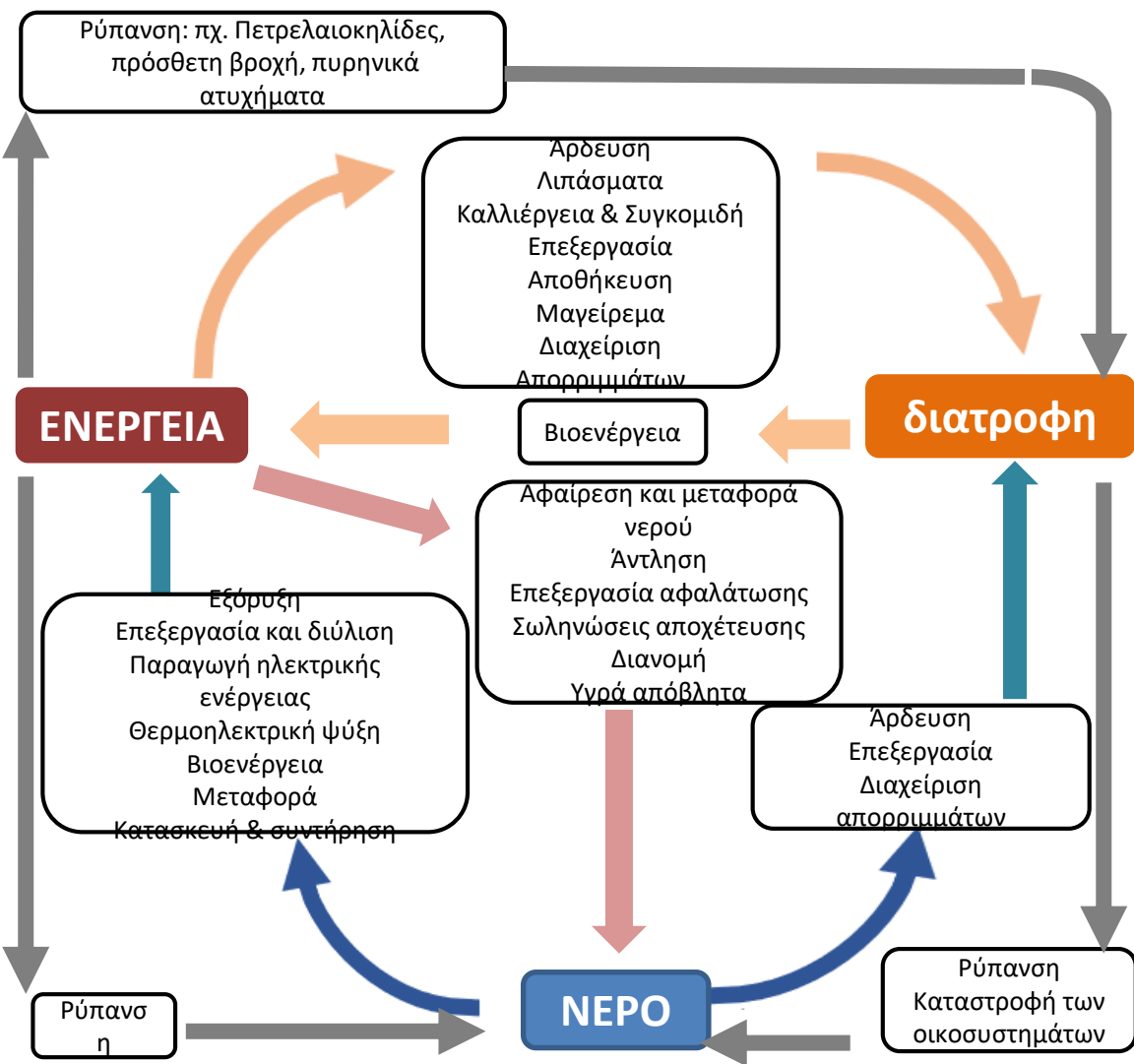
- Αγωγοί, αντλίες, φράγματα, υποδομές: *water resources engineering* (κυρίως από την σκοπιά του μηχανικού, υδραυλική μηχανική)
- Διαχείριση υδατικών πόρων, ίσως στη χώρα μας έως και πρόσφατα **επικεντρωμένη στη λήψη απόφασης στην κάλυψη της ζήτησης και τη βέλτιστη λειτουργία των υδραυλικών υποδομών**
- Σήμερα: (ολοκληρωμένη) διαχείριση υδατικών πόρων επίπεδο που περιλαμβάνει ένα ευρύ δράσεων για τη σύνδεση των αποφάσεων για το νερό με δράσεις σε τομείς που εξαρτώνται από το νερό, όπως η υγεία, το περιβάλλον, και η τροφή.

4 N.S. Grigg

Fig. 1.1 Levels of water management from technical to integrative



- **Ολιστική διαχείριση ?**
- **Περιβάλλον**
- **Ενέργεια ?**
- **Διατροφή?**



NEXUS
 Νεότερες αντιλήψεις

ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ



ΠΑΡΕ

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕ

ΑΠΟΘΕΣΕ



ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΕΣ ΠΗΓΕΣ

ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ



ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΑΝΑΝΑΙΩΣΗΜΕΣ ΠΗΓΕΣ

ΔΥΝΑΜΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ 1821

Μπαρουτόμυλοι Δημητσάνας

-κίνηση με τη δύναμη του νερού



Μύλοι Δαβιάς και επάρκεια τροφών σε Τρίπολη 1825 – με επικεφαλή τον «Γενικό Αργυρό» Θ. Κολοκορώνη



Δύναμη νερού

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ΄.

Μέχρι ἐν Νταβιάς και Πιάνα — Επάνοδος Ἰμβραήμ εἰς Τρίπο-
λιν. — Ἐκστρατεία αὐτοῦ εἰς Λακωνίαν.

Ὁ Σουλεϊμάν μπέης λοιπὸν μείνας εἰς Τριπολιτσᾶν διήρπασε τὴν φρουρὰν εἰς δύο μέρη, ἀφῆκε ἕως χιλίους πεντακασίους στρατιώτας εἰς τὴν πόλιν, τοὺς δὲ λοιπούς, ὡς καὶ τοὺς δούλους τοὺς αἰχμαλώτους καὶ τὰ φορητὰ ζῶα, ἀδήγησεν ὁ ἴδιος εἰς τῆς Νταβιαῖς καὶ εἰς τὴν Πιάνα, ἔπου, ὡς ἀνωτέρω εἶπαμεν, ἔβαλε τοὺς νερομύλους εἰς ἐνέργειαν νὰ ἀλέθουν τὰ γεννήματα, καὶ τοὺς δούλους καὶ αἰχμαλώτους νὰ ἐτοιμάζουν τὰς τροφάς, καὶ νὰ κουβαλοῦν εἰς τὴν πόλιν ξύλα καὶ χόρτον καὶ τὰ λοιπὰ χρειώδη εἰς τὸν στρατόν. Προσέτι δὲ ἔκαμε καὶ γραμμὴν στρατιωτικὴν πρὸς ἀσφάλειαν, τοποθετήσας ἀποσπάσματα στρατιωτῶν εἰς τὰ ὑψηλότερα καὶ ὀχυρὰ μέρη, ἣ ὅποια ἐκτείνεται ἀπὸ τῆς πόλεως διὰ τῆς Πιάνας καὶ Νταβιάς μέχρι τῆς Σιλήμνας καὶ τοῦ Χρυσοβιτισίου. Αὐτὸς δὲ ὁ Σουλεϊμάν εὐρίσκετο πάντοτε εἰς τὸ κέντρον τῆς τοιαύτης γραμμῆς.

Ὅταν δὲ εἶμεθα ἀκόμη εἰς Ἅγιον Πέτρον ἐλάβαμεν καὶ τὰς ἐξῆς δύο ἐπιστολάς, τὴν μὲν μίαν ἀπὸ τὸν Ὑπουργὸν τοῦ πολέμου Ἄ. Μεταξᾶν, τὴν δὲ ἄλλην ἀπὸ τὸν Χατζῆ Μιχαῆλην ἀρχηγὸν τοῦ ἰππικοῦ¹.

¹ Ἐξοχώτατε παιριώτα καὶ εὐλικρινέστατε ἀδελφέ!

Ἐλάβον τὰ διάφορα γράμματά σου, καὶ τὰς πρὸς τὴν Διοίκησιν ἀναφοράς σου καὶ ἔγνων τὰ ἐν αὐτοῖς. Τὸ νὰ μὴ γράφω πρὸς τὴν ἐξοχώτητά σου τὰ περι τοῦ ὑποκειμένου σου φρονήματα τῶν καλοῦν πατριωτῶν, εἶν' ἔλλογον βίβαια

ληνες άφροσ κατέστρεψαν έως τó έδαφος τούς εκεί μύ-
λους, και τής Πιάνας, όκτώ όντας, έπολιόρκησαν έπειτα
τούς κλεισθέντας Τούρκους εις τó Παληόκαστρον. Έπειδή

(φωττάκος, Απομνημονευματα)

Έτσι η Οθωμανοί στην Τρίπολη δεν μπορούσαν να αλέσουν το δικό της
στάρι σε αλεύρι (οι δούλοι αιχμάλωτοι πελλοπονήσιοι δεν
επαρκούσαν)

Και έπρεπε ο Ιμπραήμ να εφοδιάζει αλεύρι και παξιμάδια από τα
Μεσσηνιακά φρούρια.

