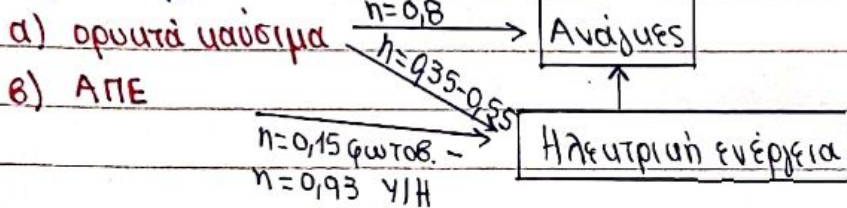


Υδροηλεκτρικά Έργα και ΑΠΕ

Εισαγωγή:

- Υδροηλεκτρικά έργα**
- Μικρά Υ/Η Έργα (ΜΥΗΕ):**
 - 1) Όριο των 15 MW για εμμετροποιημένα έργα.
 - 2) Έργα χωρίς ταμίευση νερού
 - 3) Άμεση μετατροπή υδραυλικής σε ηλεκτρική ενέργεια.
 - Μεγάλα Υ/Η Έργα ή ταμιευτήρες:**
 - 1) Έργα ταμίευσης νερού
 - 2) Αναρρόδμιση των εισρών
 - 3) Αλλαγή λειτουργιατότητας => Πολύπληθη ευελιξία.
 - 4) Λειτουργούν με σταθερή Q. => μικρές διακυμάνσεις του β.α. => Μεγάλο ποσοστό του διαθέσιμου υδροδυναμικού.

Πηγές Ενέργειας (10):



Βασικοί περιορισμοί διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας:

- 1) Η παραγωγή ενέργειας πρέπει να μεταβάλλεται σωχνώς και να προσαρμόζεται στη ζήτηση.
- 2) Ο χρόνος ενεργοποίησης και μεταβολής του φορτίου των σταθμών παραγωγής είναι διαφορετικός.

Μονάδες αιχμής:

Οι αιχμής ζήτησης φορτίου καθορίζουν την δωολική ισχύ που πρέπει να υπάρχει εμμετροποιημένη.

πχ (υδροστρόβιλος, μεγάλα Υ/Η)

μικρό ποσοστό του χρόνου (χρησιμοποιούμε ταχεία απόκριση)
μικρο εμμετροποιημένη διαγωμωτότητα

Μονάδες βάσης:

Το κατώφλι ζήτησης φορτίου καθορίζει την τιμή της ισχύος που αδιάλειπτα πρέπει να παρέχεται.

↓
λειτουργεί πολλές ώρες

Ανταγωνιστικά κριτήρια σχεδίασμού ΑΠΕ:

- 1) Ελαχιστοποίηση κόστους (min)
- 2) Μεγιστοποίηση ενεργειακής παραγωγής (max)
- 3) Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (min)

-> Οι ΑΠΕ έχουν μη προβλέψιμη ηλεκτροπαραγωγή, σε όλες τις χρονικές κλίμακες

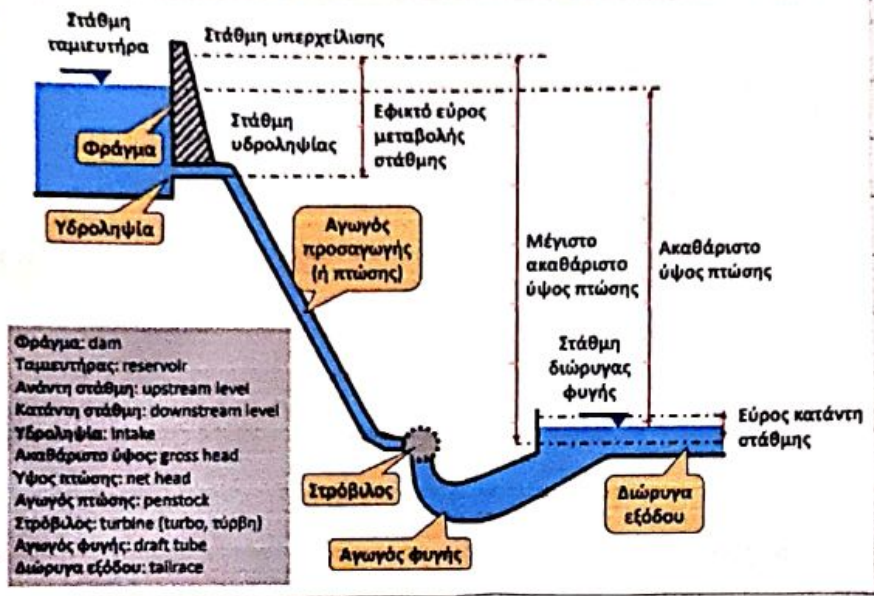
-> Αδυναμία συγχρονισμού παραγωγής ζήτησης **Μειονεκτήματα των ΑΠΕ**

Βαθμοί απόδοσης (β.α.):

- 1) Υ/Η έργα (90-96%)
- 2) Ανεμογεννήτριες (10-30%) => όριο 59% Beltz
- 3) Φωτοβολταϊκά (14-19%)
- 4) Μη ανανεώσιμη (65% ή 30-55%)

Γενικές διατάξεις υδροενεργειακών έργων:

ΥΠΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ = σύστημα διαδοχικών ενεργειακών μετασχηματισμών



- Φράγμα: dam
- Ταμιευτήρας: reservoir
- Ανάτη στάθμη: upstream level
- Κατόντη στάθμη: downstream level
- Υδροληψία: intake
- Ακαθάριστο ύψος: gross head
- Υψος πτώσης: net head
- Αγωγός πτώσης: penstock
- Στρόβιλος: turbine (turbo, τύρβη)
- Αγωγός φυγής: draft tube
- Διώρυγα εξόδου: tailrace

Θεωρητική ισχύς: Υποθέτουμε πλήρη μεταλλήση της διαθέσιμης δυναμικής ενέργειας του νερού, χωρίς απώλειες:

$$P_0 = \gamma \cdot Q \cdot H$$

$\gamma, \delta 1$ \rightarrow υψομετρική διαφορά ανάτη - ατάτη.
 Q \rightarrow παροχή που περνάει από τους στρόβιλους
 H \rightarrow

Πραγματική ισχύς:

$$P = \eta \cdot \gamma \cdot Q \cdot H_n$$

η \rightarrow β.α.
 H_n \rightarrow καθαρό ύψος πτώσης.

$$H_n = H - h_L$$

\rightarrow υδραυλικές απώλειες (γραμμικές)

Παραγόμενη ενέργεια:

$$E = \eta \cdot \gamma \cdot V \cdot H_n$$

\rightarrow όγκος που περνάει από τους στρόβιλους.

Θλιτό ύψος πτώσης \approx Ακαθάριστο $\Rightarrow H = h_n - h_k$

Καθαρό ύψος πτώσης $\Rightarrow H_n = H - h_L$

\rightarrow εξαρτάται από τον τύπο των στρόβιλων

\rightarrow στρόβιλοι δράσης = πραγματοποιείται ροή νερού στην ατμόσφαιρα μέσω αεροφυσίας. Το ενεργειακό υγόμετρο είναι σταθερό. (αξιοποιείται η κινητική ενέργεια του νερού)

\rightarrow στρόβιλοι αντίδρασης = το ενεργειακό υγόμετρο εξαρτάται από την στάθμη του νερού στην έξοδο του συστήματος (πχ διώρυγα φυγής) \Rightarrow ροή βυθισμένη (υπό πίεση)

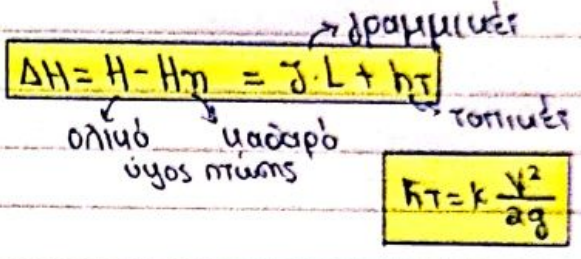
Ονομαστική παροχή = η μέγιστη παροχή που μπορεί να διοχετευτεί από τον αγωγό προςαγωγής στους στροβίλους.

↓ Οι στροβίλοι λειτουργούν σε εύρος παροχών και ο β.α. μεγιστοποιείται στην ονομαστική παροχή.

Επιπλέον απαιτούμενη ισχύς = συνολικά απαιτούμενη ισχύς των στροβίλων.

Από τι εξαρτώνται οι υδραυλικές απώλειες; $\Delta H = H - H_{\eta} = \delta \cdot L + h_T$

- 1) Q αγωγού πτώσης
- 2) Τραχύτητα (υλίου και ηλίου αγωγού)
- 3) Μήκος και Διάμετρο
- 4) Αλλαγές γεωμετρίας (τοπιές απώλειες)



(*) Μπορούμε να πούμε $\Delta H = 5\% \cdot H$

→ Οι ηλεκτρομαγνητικές απώλειες εμφανίζονται μέσω του β.α των στροβίλων. → ύψος πτώσης.

- χρόνος λειτουργίας στροβίλων → έργο βάσης / έργο αιχμής
- βαθμός απόδοσης στροβίλων (0,85 - 0,93)

Παροχή λειτουργίας στροβίλων: $Q = \frac{V}{T} \Rightarrow Q (m^3/sec) = V (hm^3) \cdot 10^6 / (3600 \cdot T (h))$

$Q_{\text{ποταμού}} = \frac{V}{8760 (hr)}$

Μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια: $E = \eta \cdot \gamma \cdot V \cdot H_{\eta} \Rightarrow E (GWh) = \frac{\eta \cdot \gamma (kN/m^3) \cdot V (hm^3) \cdot 10^6 \cdot H_{\eta} (m)}{3600 \cdot 10^6}$

Απαιτούμενη ισχύς στροβίλων: $P = \frac{E}{T} \text{ ή } P = \delta \cdot \eta \cdot Q \cdot H_{\eta} \Rightarrow P (MW) = \frac{E (GWh) \cdot 10^3}{T (hr)}$

$P (MW) = \eta \cdot \gamma (kN/m^3) \cdot Q (m^3/sec) \cdot H_{\eta} (m) \cdot 10^3$

Συντελεστής δυναμιότητας:

→ Για σταθερές τιμές των Q και η ο συντελεστής δυναμιότητας (CF), ενώ V/H έργο ισούται με το ποσοστό του χρόνου λειτουργίας του: $CF = \frac{T}{8760}$ ή $CF = \frac{E}{P_{\text{max}} \cdot T}$

Λειτουργία πολλών ύψους ⇒ Q ↓, ↓ ισχύ στροβίλων, CF ↑

- Χαλύβδινος αγωγός αντέχει πίεση (εφελυστική) + ροή υπό πίεση
- Για Q ↑ φόβαμα το υδραυλικό ητήμα.

Δτρόβιλοι δράσις: Το νερό τυτοφύεται με μεγάλη ταχύτητα.

Pelton => 1) μεγάλη ύψη πτώσης, 2) μικρή διατομή => αύξηση ταχύτητας => σπάζει στα $\sqrt{2}$ για βέλτιστη απόδοση.

Cross-flow => Για μικρά ΥΗ έρχο (αυτοαθαρισμός + σταθερός β.α.), περνάει 2 φορές Δτρόβιλοι αντιδράσις: Το νερό θβάνει με μεγάλη ταχύτητα και κάνω ενέργεια.

Francis => 1) μέτρια ύψη πτώσης (60-150m) 2) αρκετά μεγάλο εύρος παροχών.

Karban => 1) μικρά ύψη πτώσης (max 10m) 2) μεγάλες παροχές 3) χαμηλά φράγματα -> σε σταθμοί παλίρροιας

Πλεονεκτήματα ΥΗ έρχων:

Ως προς τα ενεργειακά χαρακτηριστικά:

- Αποθήκευση «καυσίμου» (απορροή ποταμού)
- Ελεγχόμενες εκρόές, σε αντίθεση με κάθε άλλη ΑΠΕ
- Βέλτιστη επιλογή για την κάλυψη των αιχμών της ζήτησης
- Παραγωγή ενέργειας χωρίς διακυμάνσεις
- Ταχύτατη παραλαβή και απόρριψη φορτίου
- Πολύ υψηλός βαθμός απόδοσης (υπερτερεί έναντι όλων των συμβατικών πηγών και ΑΠΕ)
- Μεγάλη αξιοπιστία υδροστροβίλων
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (συμβατικός ωφέλιμος χρόνος ζωής 100 έτη)
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Μεγάλα ΥΗΕ (ταμιευτήρες)

Λοιπά πλεονεκτήματα:

- Αντιπλημμυρική προστασία (ολική ή μερική ανάσχεση πλημμυρικών παροχών)
- Χρήση νερού και για άλλες ανάγκες (άρδευση, ύδρευση, περιβαλλοντική)
- Διαμόρφωση νέου φυσικού περιβάλλοντος (δημιουργία λίμνης και υδροβιότοπου)
- Μηδενική υποβάθμιση της ποιότητας του νερού
- Μηδενικές εκπομπές ρύπων
- Έργα υποδομής που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της περιοχής

Αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων:

- 1) Διατήρηση συνεχούς ροής (περιβαλλοντική παροχή) κατάντη του φράγματος ή του έργου υδροληγίας
- 2) Τεχνητές πλημμύρες
- 3) Μέτρα υποβοήθησις της διέλευσης των γαριών (μόνο για μικρά ΥΗΕ)

Αγωγοί πτώσης και υδροστρόβιλοι:

Τύποι αγωγών πτώσης:

- 1) Δήραγγες (από φυτοστρεφόμενο ευρυρόδεμα)
- 2) Επιφανειακοί αγωγοί (οι υονομιούς τρόπος, μεγάλες διαμέτρους, γόβου διάθρωσης)
- 3) Υπόγειοι αγωγοί (αυριβό έργο, 1-1,5m βάθος, πιο αλδ περιβαλλοντιυά)

Ταχύτητα ροής:

→ Για δεδομένη Q και διάμετρο D => $V = \frac{4Q}{\pi D^2}$

- υλίουθ θρίσουουε από την Darcy-Weisbach
- ο σωτελεστής τυρβής f υποδοίγεται από την Colebrook-White ή Moody.
- ε = ισοδύναμη τραχύτητα
- έουουε και την βεουιυεμένη Manning (με τωσ σωτελεστής)
- είσοδος από σωλήνα σε δεξαμενή $k_T = 1$
- στις υδροληνγίες $k_T = 0,04$
- η υαταπόνηση και γόδρα του στρόβιλου εφάρτταται από τα γερτά. (μειώνου τον θ.α.)

Βαθμίοσ απόδοσης:

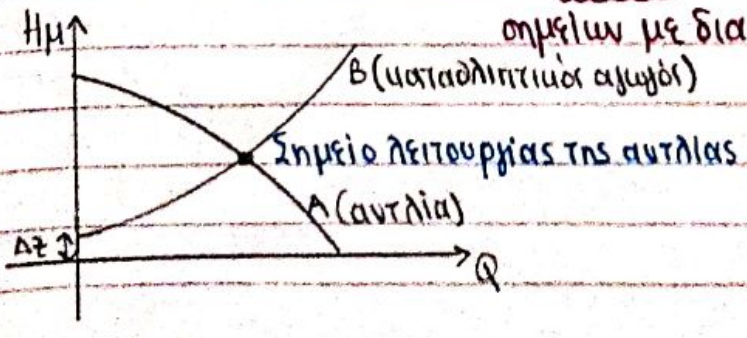
$\eta = \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_{TR} \cdot \eta_E$ Ολίουθ βαθμίοσ απόδοσης.

→ έργω μεταφοράσ
↑ ↑
στρόβιλου μετασχηματιστή
(ταυρπίνουσ) ηλεκτροβενηπρίας

θεωρούμε ότι $\eta = 0,96$ ή $0,98 = \text{σιαδέρó}$

- Την αυτλία την λειτουργώ σε 1 σημείο (λειτουργίας)
- Τοσ στρόβιλο τον λειτουργώ σε έναν γεωμετριυό τόπο σημείων με διαφορετιυοί θ.α.

Καμπύλη λειτουργίας αυτλίας:



Καμπύλες απόδοσης:

- > πρόκειται για νομογραφήματα κυκλικής μορφής.
 - > οι άξονες είναι παροχή και καθαρό ύψος πτώσης.
 - > ο στρόβιλος ελέγχεται στο εργαστήριο με ομοίωμα (αναλογίες ή νόμοι ομοιότητας)
 - > η παροχή εισροή είναι δεδομένη, δίνεται από κάποια αυτλία.
- ↓
Ανάλογα με την ρύθμιση των πτερυγίων αλλάζει η παροχή Q.

(*) Πράσινες καμπύλες = το αντίστοιχο άνοιγμα των πτερυγίων.

(*) Κόκκινες καμπύλες = βαθμοί απόδοσης (ισοτιμιμές καμπύλες)

Υπάρχει ένα σημείο όπου ο στρόβιλος μας επιτυγχάνει τον μέγιστο βαθμό απόδοσης. Όσα απομακρυνόμαστε από το optimum βέλτιστο μειώνουμε τον β.α.

(*) Μηλε καμπύλη = ευθεί λειτουργεί ο στρόβιλος

-> Από μια παροχή και υάτω δεν μπορού να λειτουργήσουν οι στρόβιλοι.

-> Ο β.α. αυξάνεται, όταν αυξάνεται και το μέγεθος του στροβίλου.

Οι στρόβιλοι Pelton και καρλν υρατάνε υψηλό β.α. για μεγάλο εύρος παροχών, σε αντίθεση με τους Francis

-> κρατάμε ψηλά τον β.α. με τον τρόπο λειτουργίας των μηχανημάτων.

Η παροχή του στροβίλου είναι πάντα μεγαλύτερη από του ποταμού, γιατί λειτουργεί μέρος του χρόνου.

Μικρά Υ/Η Έργα (ΜΥΗΕ):

-> όριο των 15MW εξυπατεστημένη ισχύς. (υψίμαχα του σταθμού παραγωγής)

↓
Σύστημα αποθήκευσης
(ελεγχόμενη ευροή νερού)

↓
Έργα ευτροπής
Με αυτό ασχολούμαστε

↓
Στρόβιλος βυθισμένος στο νερό
(κυρίως σε θαλάσσια ρεύματα)

-> Σε ορεινό ανάγλυφο ευτρέπω μέρος της παροχής και το ρίχνω.

-> Άδεια (νομικά) για 20 χρόνια που παίρνει ανανέωση. στα 6-7 χρόνια έχω κάνει απόθεση και μετά έχω κέρδος. (σχεδιάζουμε για 40-50 χρόνια)

Τρόποι μεταφοράς νερού:

- 1) με κανάλι και μετά υπό πίεση => μικρό μήκος αγωγού πτώσης = μικρότερες απώλειες ενέργειας.
- 2) όλο υπό πίεση

→ όπου βρούμε βουά με νερά βάζουμε ΜΥΠΕ.

→ στρόβιλοι διαφορετικής ισχύος ή και τύπου λόγω ανάμξης βελτιστοποίησης.

Κατηγορίες φερτών:

1) Χονδρόουμα (χαλίγια, βότσαλα - οβυώδη υλικά). Μεταφέρονται με ταχύτητες μικρότερες της ροής. Οι μηχανισμοί κίνησης τους είναι η ολίσθηση, η κύλιση και η αναπήδηση. Τα βλέπουμε κυρίως σε περιόδους πλημμύρας.

2) Λεπτόουμα (άρβυλος, ιλύς και άμμος). Μεταφέρονται με την ροή του νερού και με ίδια ταχύτητα της ροής του ποταμού.

3) Υλινό που μεταφέρεται από την ροή (φύλλα, ιλαδιά, θραύσματα)

→ Όλα αυτά ρίχνουν πολύ χυλόρατον β.α. (χρειαζόμαστε δεξαμενή πρεμίας)

→ Εσκάρες για να μην βουλώσει από τα χονδρόουμα.

→ Ο Αχελώως είναι το μεγαλύτερο Ελληνικό ποτάμι σε όρους παροχής (ισοδύναμο Ελληνική επιμεράτσια)

→ Με ανατρεπόμενα θυροφράγματα κερδίζουμε λίγο ύψος πτώσης (1,5-2m) => ενεργειακό ύψος.

→ Ανάλογα με τα γάρια που υπολοφορώ διαλέγω τον αντίστοιχο ιχθυοδιάδρομο.

Περιορισμοί:

1) Το έργο υδροληψίας πρέπει να απέχει 1km από τον σταθμό παραγωγής ενός άλλου έργου (τουλάχιστον)

2) Η ευτροφία μπορεί να είναι μέχρι 250m.

3) Υπάρχει σχέση που δείχνει πόσο μακριά μπορεί να πάει ο σταθμός από την υδροληψία.

→ Στο όριο των P=15MW έχω max ευτροφία 6,5km

να χάσω παροχή και να

4) Δεν πρέπει να ξεράνω το ποτάμι

κερδίσω ύψος πτώσης.

5) Κάνουμε πάντα περιβαλλοντική μελέτη για λεπτομερή αποτύπωση των επιπτώσεων.

Υδρολογική ανάλυση:

→ Το ελάχιστο 10 χρόνια δεδομένα (αν υπάρχουν)

(*) Χρονική υλίμαα = ημερήσια ή και ωριαία (γιατί δεν έχω αποθήκευση)

(↓ όσο μικραίνει μεγαλώνει η διασπορά)

(*) Αντίθετα στον ταμιευτήρα = μηνιαίες τιμές εισροών

Καμπύλη διάρκειας παροχής:

→ Βάζω τα δεδομένα μου σε μια διατεταγμένη σειρά (φθίνουσα).

→ βρούμε προτιμώμενη την προσομοίωση.

↳ Αν είχα αποθήκευση θα με ένοιαζε η σειρά, για να φέρω πως μεταβάλλεται εποχιακά το μέγεθός μου.

→ Φτιάχνω διάγραμμα των δεδομένων με τις προτιμώτερες

↓ ποσοστό του χρόνου

Πιθανότητα υπέρβασης:

$$P = \frac{i}{n+1}$$

, με $i = \text{θέση}$ και $n = \text{δείγμα τιμών}$

(*) Με το εμβαδόν (υαίω από την ιαμμήλη) βρίσκω όμο => με γραμμοτόπο

Οιολογική παροχή: Το max των παραυάτω → Ελάχιστη παροχή που χρειάζεται ένα ποτάμι για να διατηρήσουμε την επιβίωση του οικοσυστήματος

1) 30% του μέσου όρου των μαλουαρινών εισρών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος)

2) 50% του μέσου όρου των εισρών του Σεπτεμβρίου

3) 30 L/sec

μένει το διάθεσιμο για παραγωγή ενέργειας.

→ συνήδως την αφαιρούμε από τον ιαυοδιαδρόμο. (και την αφαιρώ από την εισρή)

Εύρος παροχών: Η παροχή έχει Q_{max} και Q_{min}

• Εξαρτάται από την εμμεσσημένη ισχύ των τουρμπίνων

• Εξαρτάται από τον τύπο της τουρμπίνας

• της min ροής της μικρότερης τουρμπίνας

Όμο V_2 που φεύγει από τον υπερχειλιστή στο ποτάμι

ονομαστική παροχή
• της max ροής από όλες τις τουρμπίνες
• υπολογίζεται για n_{max}

Όμο V_1 που δεν παράγει ενέργεια οι στρόβιλοι.

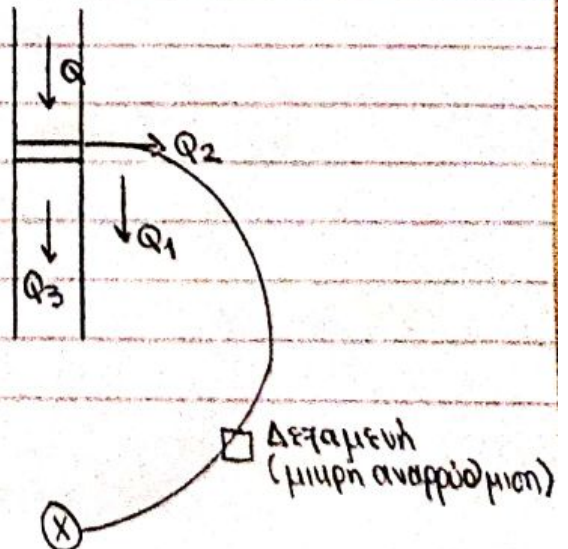
→ προσπαθώ να μειώσω στα V_1 και V_2 . (γιατί δεν μπορώ να τους αξιοποιήσω)

→ Η Q_{min} είναι ένα ποσοστό της Q_{max} => $Q_{min} = (0,1-0,3)Q_{max}$

→ Πρέπει να αξιοποιήσουμε το 75% του Όμου και το 30% του χρόνου, για να είναι το εργοποπαραγωγικό και να υατεωδύνει προς την βελτιστοποίηση.

Χωρισμός παροχής:

- ① οιολογική
- ② υπολαπόμενη παροχή (με όρια)
- ③ υπερχειλίση



→ Στο μοντέλο προσομοίωσης χρησιμοποιούμε η/σταθερό (= μεγαλύτερη ολοκληρωτική παραδοχή, γιατί αλλάζει ανάλογα με το είδος του στρόβιλου). Μετά $\eta = \eta \cdot 0,95$ (για το $\eta = \tau \cdot \omega$)

→ θεωρούμε έναν πρωτεύον (τον μεγάλο) και έναν δευτερεύον στρόβιλο. Οι στρόβιλοι μπαίνουν παράλληλα (ποτέ σε σειρά)

Παράδειγμα ποιοτικής κατανομής:

A' στρόβιλος: $Q_{A\text{MAX}} = 4 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{A\text{MIN}} = 0,8 \text{ m}^3/\text{sec}$
B' στρόβιλος: $Q_{B\text{MAX}} = 1 \text{ m}^3/\text{sec}$, $Q_{B\text{MIN}} = 0,2 \text{ m}^3/\text{sec}$
} $Q_{\text{MAX}}(\text{total}) = 5 \text{ m}^3/\text{sec}$
} $Q_{\text{MIN}}(\text{total}) = 0,2 \text{ m}^3/\text{sec}$

→ Η συνολική ενέργεια που παράγει το σύστημα είναι $E = E_1 + E_2$.

Capacity factor = Σ.Δ:

$CF = \frac{E_a}{(P_1 + P_2) T_a}$

→ παραγωγή ενέργειας (έσοδα), μέση ετήσια
 , μας λέει αν το έργο αξίζει σαν ΜΥΗΕ => αποδοτικό έργο.
 → ισχύς στρόβιλων χωρίς λειτουργίας (έξοδα)

↓
Για τα μεγάλα ΥΠΗ δηλώνει αν είναι έργο αιχμής ή βάσης (δεν προέβιτου για ακοριστικό παράγοντα σχεδιασμού)

Προσομοίωση και βελτιστοποίηση:

- ανάγκη αποθήκευσης των ταμιευτήρων
- δεν μπορούμε να εξαλείψουμε την διακυβάνευση κατασκευάζοντας κάτι λογικό.
- Αξιοπιστία = 1 - Πιθανότητα αστοχίας
- στον οριστικό σχεδιασμό χρησιμοποιούμε και συνθετική χρονοσειρά Hurst - κολμογορον.
 ↓
 Αύξηση της χρονοσειράτων δεδομένων μας.

Υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες:

- οφελιμή χωρητικότητα = ΑΣΛ - ΚΣΛ (αυσιαστικά - νερό όμιου)
- Η σχέση στάθμη - όμιου μπορεί να περιγραφεί από μια σχέση δύναμης

Φράγματα: → 1) Χωματίνα
υλικά ευστατών

2) Βαρύτητας
CVC ή RCC

- Τα έργα ευτροφής έχουν περίοδο επαναφοράς 20-50 χρόνια.
- Για το υλείσιμο χρησιμοποιούμε θυρόφραγμα και πώμα συμροδέματος μέσα στο τάνεζ.

Ευμενωτής πυρόμενα:

- Μπορούμε να αδειάσουμε τον ταμιευτήρα σε περίπτωση ανάγκης.
- Με τις νέες τεχνολογίες → πέρναμε οριστική παροχή
 - εμποή φερτών για να αυτήσουμε την οικονομική ζωή του έργου.

Αχαιοί πτώσης:

- οι αχαιοί πτώσης = με τις τουρμίνες.
- η ταχύτητα να μην ξεπερνάει τα 6m/sec

Υπερχείλιστές:

- Ασφαλής απόθεση του νερού στην πλημμύρα.

Ελεγχόμενες υπερχειλίσεις

- έλεγχος με θυροφράγματα
- Διατότητα μεγαλύτερης αποθήκευσης νερού (ύψος πτώσης)

Ελεύθερες υπερχειλίσεις

- μόλις φτάσει στην στέγη υπερχειλίσης το νερό φεύγει προς τα ματόντη.

→ Όταν πάμε για υπερχείλιση βάζουμε τις τουρμίνες να λειτουργήσουν με την μέγιστη παρεχόμενη ισχύ τους παράγοντας δευτερεύουσα ενέργεια.

Ενέργεια:

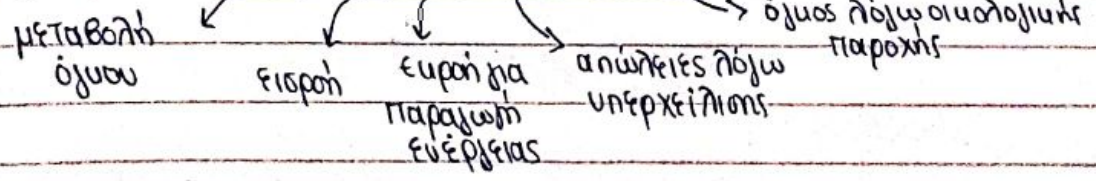
$$E = \psi \cdot V \cdot (z - z_2) \Rightarrow E(GWh) = \psi \cdot (GWh/hm^3) \cdot V(hm^3) \cdot (z(m) - z_2(m)) / 100$$

↳ στόχος η παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας.

- οι υπολογισμοί μας είναι ανεξάρτητοι του αρχικού αποθέματος

Ισοζύγιο όγκων:

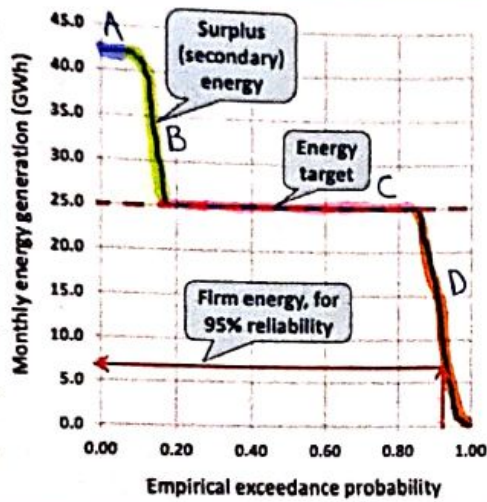
$$\Delta S = I - r - W - V_{αυτολ}$$



- η δευτερεύουσα ενέργεια πωλείται στην μισή τιμή της ενέργειας του στόχου.

Πιθανοτική ιαμπίλη: Ταυτότητα λειτουργίας του έργου.

- Βάζουμε σε φάιντασα στρά τις τιμές της προσομοιωμένης παραγωγής ενέργειας
- Η ιαμπίλη έχει 4 περιοχές:



- A:** Υπερχειλίση (μαχδωνητική ενέργεια)
- B:** Παραγωγή ενέργειας από το στόχο μέχρι την μαχδωνητική ενέργεια. Δευτερεύουσα ενέργεια.
- C:** Παραγωγή στο οίχο. Πρωτεύουσα ενέργεια.
- D:** Δεν μπορούμε να παράγουμε τον στόχο, έχουμε ελλείμματα που αμείλονται σε μικρό ύψος πτώσης ή έλλειψη νερά.

Αιολική ενέργεια:

→ παράγεται από την κινητική ενέργεια του ανέμου.

Άνεμος: προαλείται από την διαφορά θερμοκρασίας και από την περιστροφή της γης.

Αιολική ενέργεια: μη γραμμικός μετασχηματισμός της ταχύτητας του ανέμου

→ έχουμε αδυναμία πρόγνωσης (επίπεδο στατιστική)

Όριο Betz: Ο βαθμός απόδοσης μιας ανεμογεννήτριας έχει ένα θεωρητικό άνω όριο που είναι το $16/27 = 59,3\%$ και $P_{max} = 0,296 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$ και $V_a = V_1/3$

→ λειτουργούμε σε ένα εύρος ταχυτήτων $3,5 - 25 \text{ m/s}$

Δημιουργία ανέμου:

1) Λόγω διαφοράς πιέσεων (διαφορά θερμοκρασίας ισημερινού και πόλων)

2) Λόγω περιστροφής της γης

→ παίζει ρόλο η υψίματα που θα δούμε το έργο.

Tunnel effect:

Όταν ο άνεμος βρει στενό άνοιγμα αυτάνει την ταχύτητα του έως και 50 φορές.

όπως συμβαίνει με την παροχή

Hill effect:

Η ταχύτητα του ανέμου αυτάνεται στις κορυφές των λόφων. (μακριά από εμπόδια)

Θαλάσσια αέρα:

→ λόγω διαφορής θερμοκρασίας έχουμε αναστροφή ανέμου.

στη θάλασσα (το καλοκαίρι)

- μέρα: ζεστή ξηρά και υγρή η θάλασσα
 - νύχτα: υγρή ξηρά και ζεστή η θάλασσα
- οφείλεται στη διαφορετική θερμοκρασιότητα του εδάφους σε σχέση με την θάλασσα.

σε ορεινό τοπίο

- μέρα: ανεβαίνει αέρας από την κοιλάδα (ζεστός)
- νύχτα: κατεβαίνει αέρας προς την κοιλάδα (κρύος)

Beaufort:

$$V(m/s) = 0,836 \cdot B^{3/2}$$

→ μέτρηση ανά 10 λεπτό

→ αναζήτηση δεδομένων σχετικά χρονικής υψίματας, από μετεωρολογικούς σταθμούς κοντά στην περιοχή μας.
 οι πτερωτές πρέπει να βλέπουν την κυρίαρχη διεύθυνση του ανέμου βέλτιστη αξιοποίηση

→ ανάλογα με την διεύθυνση του ανέμου μπορούμε να διατάξουμε τις ανεμογεννήτριες

→ ανάλογα με την ροπή του ανέμου μπορούμε να κάνουμε στατικό σχεδιασμό για την ανεμογεννήτρια
 ↓
 μέγιστη ταχύτητα μετρημένη στο 10 λεπτό.

Σχέσεις αναγωγής:

→ γράφουμε στην πτερωτής, που βρίσκεται σε ύψος z_2 , την u_2 ταχύτητα ανέμου.

→ το ανεμόμετρο βρίσκεται σε ύψος z_1 και καταγράφει ταχύτητα u_1 .

→ z_0 = τραχύτητα του εδάφους (ισοδύναμη με το ύψος (πολύφαισθητη παράμετρο) => πίνακας.

$$\frac{u_2}{u_1} = \ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right) \Bigg| \ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)$$

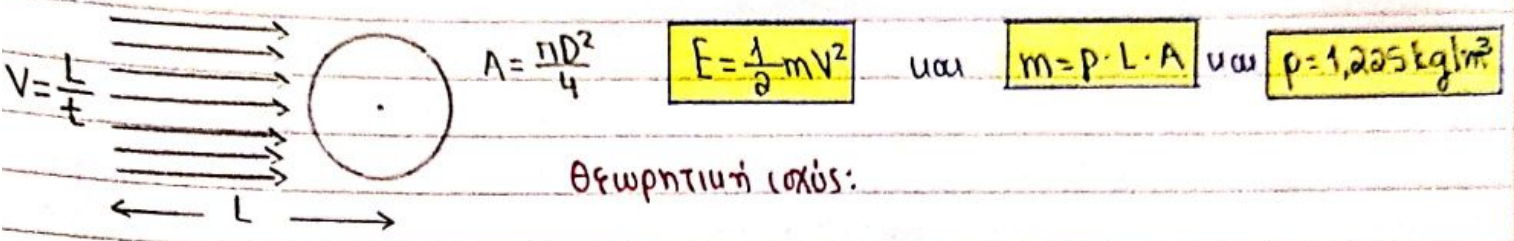
σχέση για θάλασσα ($z > 100m$): $u_2 = u_1 \cdot (z_2 - z_1)^a$, με $a = 0,11$

→ σε ημερήσια υψίμαα οι διακυμάνσεις εξομαλύνονται, μπορεί να χάσουμε πληροφορία.

→ έχουμε και χωρική μεταβλητότητα, λόγω τροφερής ποιιλομορφίας αναγλύφου στην Ελλάδα

↓
 Διπλή περιοδιότητα

Αιολιτική ενέργεια:



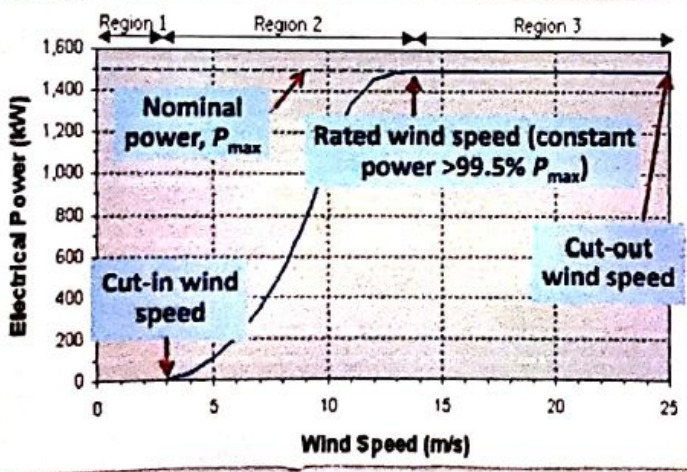
Θεωρητική ισχύς:

$$P_0 = \frac{1}{2} \rho A V^3 = \frac{1}{8} \rho \pi D^2 V^3 \rightarrow \text{βγαίνει σε W}$$

Βαθμός απόδοσης: (η)

$$\eta = \frac{P_e}{P_0} = \frac{8 P_e(V)}{\rho \pi D^2 V^3}$$

Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας:



- μέχρι τα 3,5 m/s η ανεμογεννήτρια δεν λειτουργεί.
- η ταχύτητα φανόδα είναι πιο πριν από τα 25 m/s, αφού σταθεροποιστεί ο άνεμος.
- πρόκειται για νομογράφημα που μας δίνει ο σταθεροποιητής

→ Ο βαθμός απόδοσης \Rightarrow μεγιστοποιείται κοντά στην χαμηλότερη τιμή της ταχύτητας του ανέμου που έχει ονομαστική ισχύ. (ή η απόσταση της θεωρητικής και της

βαθμός απόδοσης (η) = Power coefficient

δυναμική δυναμικότητα (CF) = capacity factor (πόσο παράγει, σε σχέση με το πόσο θα παράγανε αν δούλευε όλο το χρόνο όλες τις ώρες της μέρας)

$$\eta = \frac{P_{\text{παραγ.}}}{P_{\text{θεωρ.}}} = \frac{\text{χρόνος λειτουργίας}}{\text{χρόνος αναφοράς}}$$

$$CF = \frac{\text{Παραγ. Ενέργ.}}{P_{\text{εξμ. 8760}}} = \frac{\text{Επαραγ.}}{P_{\text{max. 8760}}}$$

(*) Αν $Q = \text{σταθ}$ και $\eta = \text{σταθ}$ $\Rightarrow CF = \frac{T}{8760}$

→ Στο V/H όταν $Q > Q_{max}$ λειτουργεί με Q_{max} και άρα P_{max} και υπερκρίνεται. Στην ανεμογεννήτρια όταν $V > V_{max}$ σταματάει να λειτουργεί για να μην καταστραφεί.

→ Με τις ανεμογεννήτριες έχουμε πολύ χαμηλή αξιοπιστία, ακόμα και αν βάλουμε πολλές ανεμογεννήτριες. (πχ για 1000 ανεμ. μειώνω το έλλειμμα μου από 60% σε 30%)

Πλεονεκτήματα:

- 1) Τεχνολογικά ώριμο, οικονομικά ανταγωνιστικό, γρήγορη και τυποποιημένη εγκατάσταση.
- 2) Χαμηλό κόστος λειτουργίας
- 3) Καθαρή ενέργεια, με αμελητέο αντίτυπο στην χλωρίδα και πανίδα.
- 4) Αύξηση της ενεργειακής αυτονομίας και ασφάλεια
- 5) Συνεισφέρει στην αποέντρωση του ενεργειακού συστήματος, μειώνει τις απώλειες ενέργειας λόγω μεταφοράς.

Μειονεκτήματα:

- 1) Αβεβαιότητα και μεγάλη διακύμανση της ενεργειακής παραγωγής, λόγω της φύσης του έργου.
- 2) Θόρυβος από τα μηχανικά (περιστρεφόμενα) μέρη του έργου.
- 3) Οπτική παρεμπόδιση (υποεμφύλιό)
- 4) Πρόσβαση πουλιών και νυχτερίδων
- 5) Κατασκευή δρόμων σε ορεινά τοπία.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις:

- 1) η οπτική αλλοίωση του τοπίου
- 2) το οδικό δίκτυο που πρέπει να χαραχθεί για να υπάρχει προσπέλαση.

Ηλιακή ενέργεια:

Ήλιος:

Είναι μια πυραυτωρήνη αερίωδης μάζα που αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και ήλιο. (τυπικό αστέρι του Γαλαξία μας).

→ ορατή είναι το 39% της ηλιακής ακτινοβολίας

→ ακτίνα της φωτόσφαιρας = $R_{\phi} = 0,7 \cdot 10^6 \text{ km}$

Από τον ήλιο φεύγει: $6,2 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$

στην ατμόσφαιρα φτάνει: $1367 \text{ W/m}^2 =$ ηλιακή σταθερά G_{sc}

στην Γη πέφτει: 1000 W/m^2 (ανώτατο όριο που έχουμε στη διαύτη μας)

↓ δηλαδή το 1/4 του 1367 W/m^2 .

→ Εξωτερική ηλιακή ακτινοβολία = $R_a \text{ (W/m}^2)$

→ η Γη είναι κεκλιμένη κατά 23° Γωνία πρόσπτωσης:

(*) Θερινό ηλιοστάσιο \Rightarrow υάδατο στον τροπικό του καρκίνου ($\alpha = 72^\circ$)

(*) Χειμερινό ηλιοστάσιο \Rightarrow υάδατο στον τροπικό του αψιδωπου ($\alpha = 26,5^\circ$)

Ηλιακή ακτινοβολία: (R_s) ή υοσμητή ακτινοβολία

Διάχυτη Άμεση

$R_s = R_a \cdot (a_s + b_s \cdot n/N)$

Θεωρητικές ώρες ηλιοφάνειας
 (σύμφωνα με το χρόνο και το
 γεωγραφικό πλάτος)

πραγματικές
 ώρες ηλιοφάνειας

Εξωτερική ηλιακή ακτινοβολία

0,25 0,5

→ Η άμεση και διάχυτη ακτινοβολία επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας πχ ομίχλη, σύννεφα, υγρασία.

→ Η ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ δύσκολη στην μέτρηση, χρειάζονται ακριβή και ευαίσθητα όργανα \Rightarrow μετράμε τις ώρες που έχουμε ηλιοφάνεια.

Συμφασμένος καιρός: $n=0 \Rightarrow R_s = R_a \cdot (0,25+0) = 0,25 R_a$

Πεντακάθαρος καιρός: $n=N \Rightarrow R_s = R_a (0,25+0,5 \frac{N}{N}) = 0,75 R_a$

} Άρα καθημερινά μπορούμε να βρούμε τιμές $0,25 R_a - 0,75 R_a$.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος:

- 1) ευεκμηρόμενη ηλιακή ακτινοβολία
- 2) ηλιακό υψόμετρο
- 3) απόσταση ήλιου-Γης
- 4) ηλιοφάνεια
- 5) τοπογραφία
- 6) λευκότητα της επιφάνειας

Θερμουργεία του => χρειάζεται υαλοαερισμός.
panes

Standard Test Conditions (STC): 25°C και 1000 W/m² ένταση ηλιακής ακτινοβολίας

μετρείται ο β.α. του φωτοβολταϊκού και t = 2,74 hr

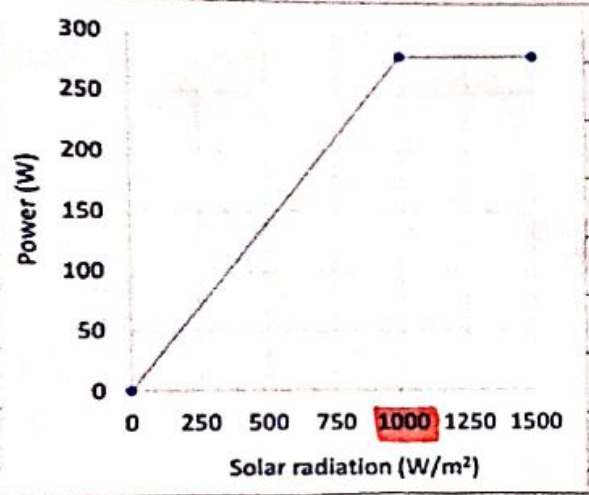
(*) Αν θ < 25°C => ↑ του η

Αν θ > 25°C => ↓ του η

-> ο β.α. πέφτει πολύ γρήγορα με τον χρόνο. (μικρός χρόνος ζωής = 15 χρόνια)

σε απόλυτα ιδανικές συνθήκες η = 29% μέγιστος.

Καμπύλη ισχύος:



-> Γραμμική μέχρι τα 1000 W/m² και μετά σταθερή.

↓
ευθεί φτάνουν και στην εμβατεστημένη ισχύ τους.

-> Όλες οι χώρες έχουν ετήσια ίσο αριθμό ημέρας και νύχτας, αλλά διαφορετικά υατα-νεμημένες.

Άρση = ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γης, χωρίς να σκεδαστεί στην ατμόσφαιρα.

Διάχυτη = ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γης, αφού έχει αλλάξει η διεύθυνσή της από ανάκλιση ή σκέδαση στην ατμόσφαιρα.

Αποθήκευση ενέργειας:

-> μας νοιάζει η αποθήκευση σε μεγάλη χρονική κλίμακα, για εξασφάλιση της ποιότητας του ρεύματος που παρέχεται (δεν μπορεί να παίξει πτάση)

-> μηχανισμός αποθήκευσης = ανώλετες ενέργειες

-> το χρονικό διάστημα είναι μικρό (ηχ ή ατι ώρες)

Συνοψή της αποθήκευσης ενέργειας:

- 1) Εξομάλυνση διακυμάνσεων ζήτησης και παραγωγής
- 2) μειώνεται το υψος ηλεκτρικού αποθέματος αποθηκεύοντας στις μη ώρες αιχμής.
- 3) βελτιώνω την αξιοπιστία σε απρόβλεπτες ατοχίες ή καταστροφές
- 4) ενισχύω και βελτιώνω την ποιότητα της ενέργειας στο δίκτυο.

→ σωδένω 2 δεξαμενές

Αντλησοταμίευση: → 1 ταμιευτήρα και 1 λιμνοδεξαμενή (ή λίμνη ή ποτάμι)

↑ ανεβάζουμε νερό στην περίσσεια

↓ κατεβάζουμε νερό στα ελλείμματα

→ το υδατικό ισοζύγιο είναι ουδέτερο => ούτε θεωρείται έργο απόληξης, ούτε ευτροπής.

Αντληση: $E_A = \frac{\gamma \cdot V \cdot (\Delta z + h_L)}{\eta_A}$, με $\Delta z + h_L = H_{\mu}$ (μανομετρικό ύψος)

Παραγωγή: $E_P = \gamma \cdot \eta_2 \cdot V \cdot (\Delta z - h_L)$, με $\Delta z - h_L = H_{\eta}$ (υδαρό ύψος πτώσης)

→ V = η ποσότητα του νερού που διακινούμε

→ θέλουμε μεγάλη υψομετρική διαφορά σε μικρή οριζόντια απόσταση. (λίγες απώλειες)

Ερώτηση: Αν αγοράσεις ενέργεια 9λ και σου λένε να την πουλήσεις 10λ συμφέρει;

Όχι! Γιατί θα έχεις απώλειες ≈ 30%. Άρα η τιμή πρέπει να 'ναι διπλάσια.

→ για μεγάλης κλίμακας έργα μουώνει μόνο η αντλησοταμίευση.