



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΗΣ
ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ
ΕΡΓΩΝ

Ανδριάνα Σουλτάτου (cv18003)

Επιβλέπων Καθηγητής: Ανδρέας Ευστρατιάδης Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αθήνα, Ιούλιος 2023



ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι:

- Η κατανόηση του ρόλου και της λειτουργίας των ΜΥΗΕ
- Η ανάλυση του προβλήματος της επιλογής ισχύος σε ένα ΜΥΗΕ.
- Η αξιολόγηση και η σύγκριση τυπικών παραδειγμάτων ΜΥΗΕ με βάση τον σχεδιασμό τους.

Στόχος μας είναι η τυποποίηση και ευκολότερη επιλογή εγκατεστημένης ισχύος σε μικρά υδροηλεκτρικά έργα.



Ενέργεια και Α.Π.Ε

Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:

- Άνθρακας
- Πετρέλαιο
- Φυσικό Αέριο
- Πυρηνική Ενέργεια

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:

- Ηλιακή Ενέργεια
- Γεωθερμική Ενέργεια
- Αιολική Ενέργεια
- Βιομάζα
- Κυματική Ενέργεια
- Παλιρροϊκή Ενέργεια
- Υδροηλεκτρική Ενέργεια

**ΤΑ ΜΕΓΑΛΑ
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΔΕΝ
ΚΑΤΑΤΑΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ Α.Π.Ε**



ΓΙΑΤΙΤΙΣ Α.Π.Ι.

Oil left in the world:
1,399,536,679,901

Summary Table

<u>Oil Reserves</u>	1,650,585,140,000	barrels
<u>Oil Consumption</u>	35,442,913,090	barrels per year
	97,103,871	barrels per day
Reserves/Consumption	47	(years left)

(Data shown in the table is for 2016. Counter shows current estimate.)



ΓΙΑΤΙΤΑ Μ.Υ.Η.Ε.?

Γιατί επιλέγουμε τα Μ.Υ.Η.Ε. :

- Εμφανίζουν **μεγάλο συντελεστή δυναμικότητας** σε σχέση με άλλες Α.Π.Ε. (30% - 65%).
- **Δεν επηρεάζουν το περιβάλλον.** Το νερό δεν υποβαθμίζεται, δεν παρεμποδίζονται τα ψάρια καθώς συνήθως δεν απαιτείται ταμιευτήρας όπως στα Μεγάλα ΥΗΕ, και η κατασκευή του προσαρμόζεται στο εκάστοτε περιβάλλον.

ΜΕΡΗ Μ.Υ.Η.Ε.



ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ



National Museum of Science and Technology da Vinci Milano

FRANCIS



Πηγή: CHPE

TURGO



National Museum of Science and Technology da Vinci Milano

PELTON



Πηγή: <https://tinyurl.com/yx5y3fp6>

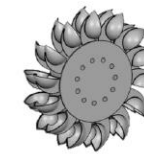
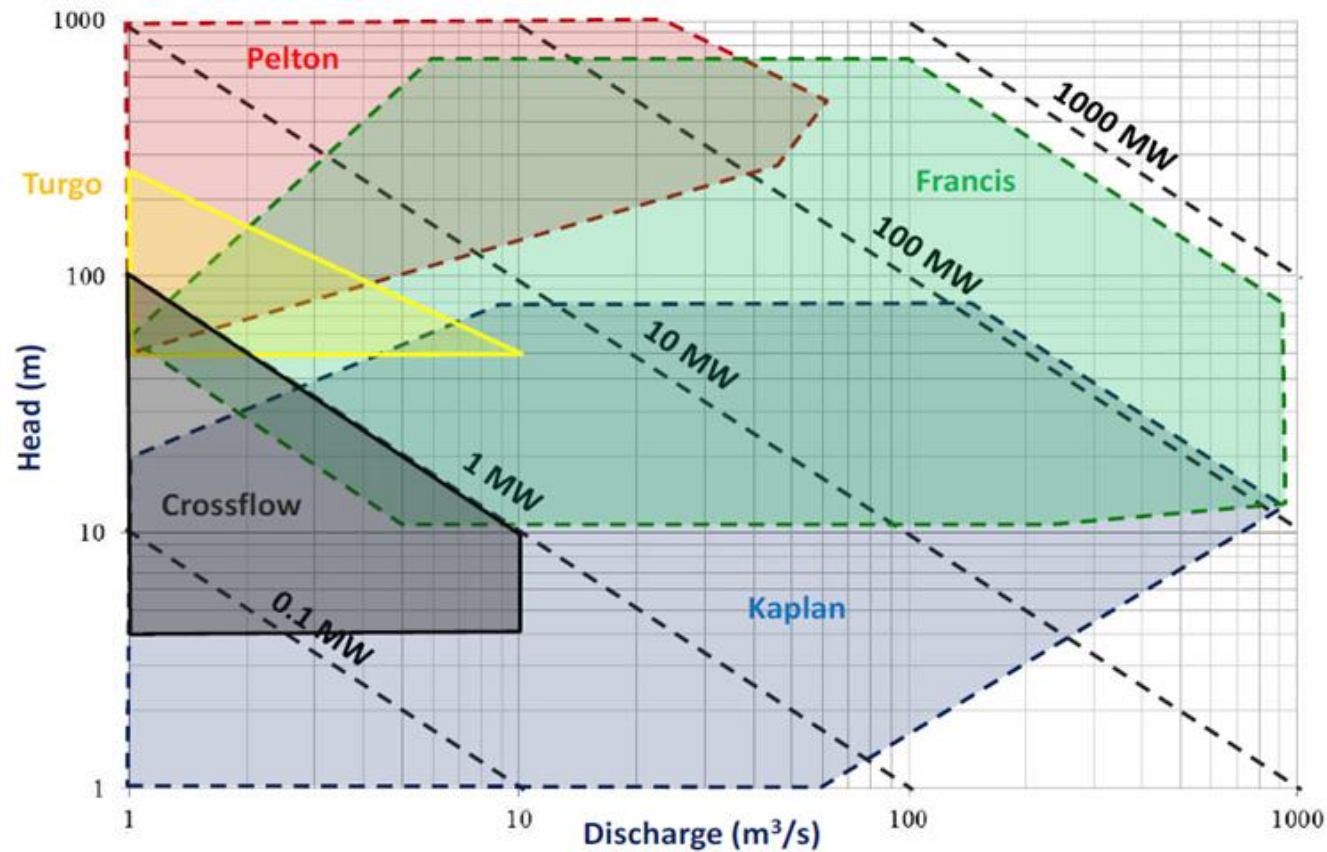
KAPLAN



Πηγή: www.fluid.mech.ntua.gr

CROSS-FLOW

ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ



Pelton



crossflow



turgo



Francis



Kaplan

Το νομογράφημα δείχνει τις «περιοχές» που είναι κατάλληλος ο κάθε υδροστρόβιλος ανάλογα με το ύψος πτώσης H και την μέση εκμεταλλευομένη παροχή Q .

ΔΕΝ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΟΛΟΙ ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΕ 'ΟΛΑ ΤΑ ΜΥΘΕ!



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Στα ΜΥΗΕ επιλέγεται συχνά μείγμα στροβίλων ώστε να εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος παροχής.

Η επιλογή των στροβίλων του μείγματος επιβάλλει την βελτιστοποίηση, η οποία είναι μία σύνθετη διαδικασία και εξαρτάται από τεχνοοικονομικούς παράγοντες.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι μελετώντας υφιστάμενα ΜΥΗΕ να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε ένα βέλτιστο μείγμα στροβίλων με μια εγκατεστημένη ισχύ που θα κάνει το έργο τελικά περισσότερο προσοδοφόρο.

Μ.Υ.Η.Ε.
στον
Ελλαδικό
Χώρο
που
Μελετήθηκαν





ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

1. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- Αρχικό και βασικό βήμα είναι η συλλογή των υδρολογικών δεδομένων της περιοχής του έργου.
- Η παροχή που διέρχεται από το ποτάμι αποτελεί βασικό παράγοντα του σχεδιασμού ΜΥΗΕ (επιλογή υδροστροβίλου).
- Προτιμώνται ημερήσιες παροχές ώστε να περιγράφεται καλύτερα η μεταβλητότητα της παροχής. Ωστόσο συνήθως στις μελέτες χρησιμοποιούνται μηνιαία δεδομένα, τα οποία θεωρούνται επαρκή.
- Από τα υδρολογικά δεδομένα – παροχές υπολογίζεται η περιβαλλοντική ή αλλιώς οικολογική παροχή.

$$Q_{\pi} = \max \left\{ \begin{array}{l} 50\% Q_{\text{μεση Σεπτεμβριου}} \\ 30\% Q_{\text{μεση Θερινων μηνων}} \\ 0.030 \text{ m}^3/\text{s} \end{array} \right\}$$

- Η Q_{π} αφαιρείται από την αρχική παροχή, καθώς βάση νόμου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους υδροστροβίλους. Ανήκει σε άλλες χρήσεις.



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

1. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΖΙΤΣΑΣ

Υδρ. Έτος	Παροχή (m ³ /s)											
	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ
1969-70	4.17	5.34	34.86	33.90	36.24	33.30	23.77	14.80	7.69	5.05	3.42	2.05
1970-71	10.11	7.51	8.02	29.39	23.26	37.92	25.66	14.16	7.59	4.53	2.85	3.22
1971-72	5.33	8.72	15.10	13.52	29.86	30.44	15.31	12.80	5.95	4.29	3.76	3.12
1972-73	22.12	14.26	10.07	15.91	27.11	32.77	20.67	11.94	6.06	4.10	2.75	2.86
1973-74	5.61	5.74	20.72	10.45	24.33	16.64	19.87	16.35	7.39	3.71	2.22	2.66
1974-75	10.17	20.22	15.26	8.05	10.47	11.50	9.16	6.37	2.40	1.67	1.40	0.91
1975-76	5.58	7.51	10.29	10.63	11.82	9.23	8.78	6.30	1.97	1.52	0.91	0.92
1976-77	3.70	10.67	26.64	20.04	17.92	11.99	8.23	5.95	1.90	1.26	0.91	2.03
1977-78	4.80	8.28	14.22	17.63	26.24	18.28	27.96	15.00	6.89	4.04	2.88	2.24
AVERAGE	7.95	9.80	17.24	17.72	23.02	22.45	17.71	11.51	5.31	3.35	2.34	2.22

50% ΜΕΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ (m ³ /s)	1.11
30% ΜΕΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΘΕΡΙΝΩΝ ΜΗΝΩΝ (m ³ /s)	1.10
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΒΑΣΗ ΝΟΜΟΥ (m ³ /s)	0.03
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ (m³/s)	1.11



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

2. Βασική Σχέση

ΒΑΣΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ:

$$P = \gamma * n * Q * H_n$$

Όπου,

P : Ισχύς (MW)

γ : Ειδικό Βάρος Νερού (g/cm³)

n : Βαθμός Απόδοσης

Q : Παροχή (m³/s)

H_n : Καθαρό Ύψος Πτώσης (m)

Ο ΤΥΠΟΣ ΕΜΠΕΡΙΕΧΕΙ ΠΟΛΛΕΣ ΜΗ
ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΕΣ!



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

3. ΤΙΜΕΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ

Συντελεστής Απόδοσης η

Κάθε τύπος υδροστροβίλου χαρακτηρίζεται από κάποιες σταθερές που χρησιμεύουν στην εύρεση του συντελεστή απόδοσης η και της μέγιστης και της ελάχιστης παροχής που μπορεί να διέλθει από τον εκάστοτε υδροστρόβιλο.

	η_{\min}	η_{\max}	a	b	θ (Q_{\min}/Q_{\max})
PELTON	0.780	0.89	1.00	8.00	0.10
FRANCIS	0.330	0.93	0.78	3.11	0.15
KAPLAN	0.086	0.91	0.70	8.00	0.20

$$\eta = \eta_{\min} + \left(\left(1 - \left(1 - \frac{Q}{Q_{\max}} - \theta \right)^a \right)^b \right) (\eta_{\max} - \eta_{\min})$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

4. ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΟ ΥΨΟΣ ΠΤΩΣΗΣ

Καθαρό Ύψος Πτώσης: $H_n = \Delta H - hf - h_L$

ΔH : Γεωδαιτική διαφορά υψομέτρων υδροληψίας και σταθμού παραγωγής

Γραμμικές απώλειες:

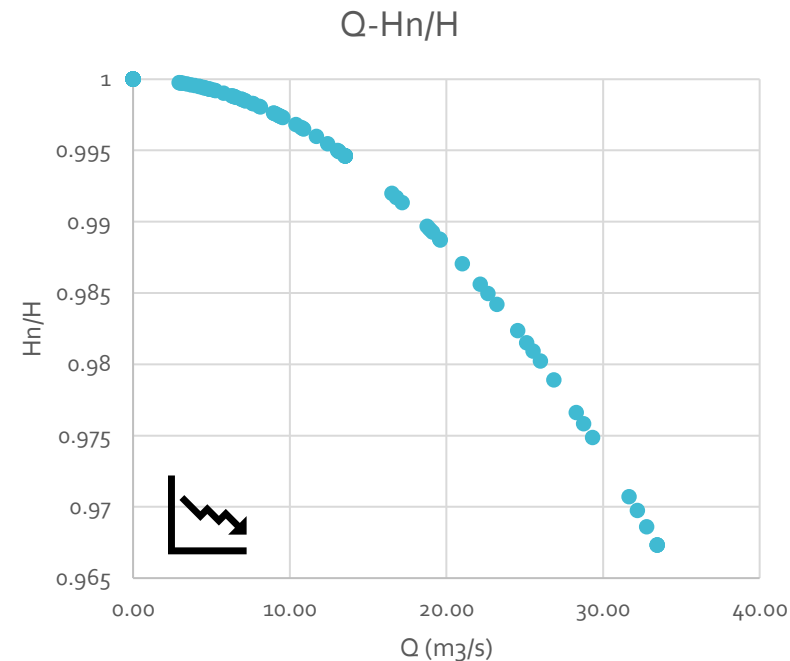
$$hf = JL$$

$$J = \left(\frac{4(3 + \beta)N^2Q^2}{\pi^2 D(5 + \beta)} \right)^{\frac{1}{1+\gamma}} \leftarrow \begin{array}{|c|} \hline \text{Γενικευμένη} \\ \text{Manning} \\ \hline \end{array}$$

Τοπικές απώλειες:

$$h_L = \frac{kV^2}{2g}$$

Οι απώλειες
συνήθως
αγνοούνται ->
ΛΑΘΟΣ



Αυξάνεται η παροχή -> Αυξάνονται οι απώλειες -> Μειώνεται το καθαρό ύψος πτώσης!

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

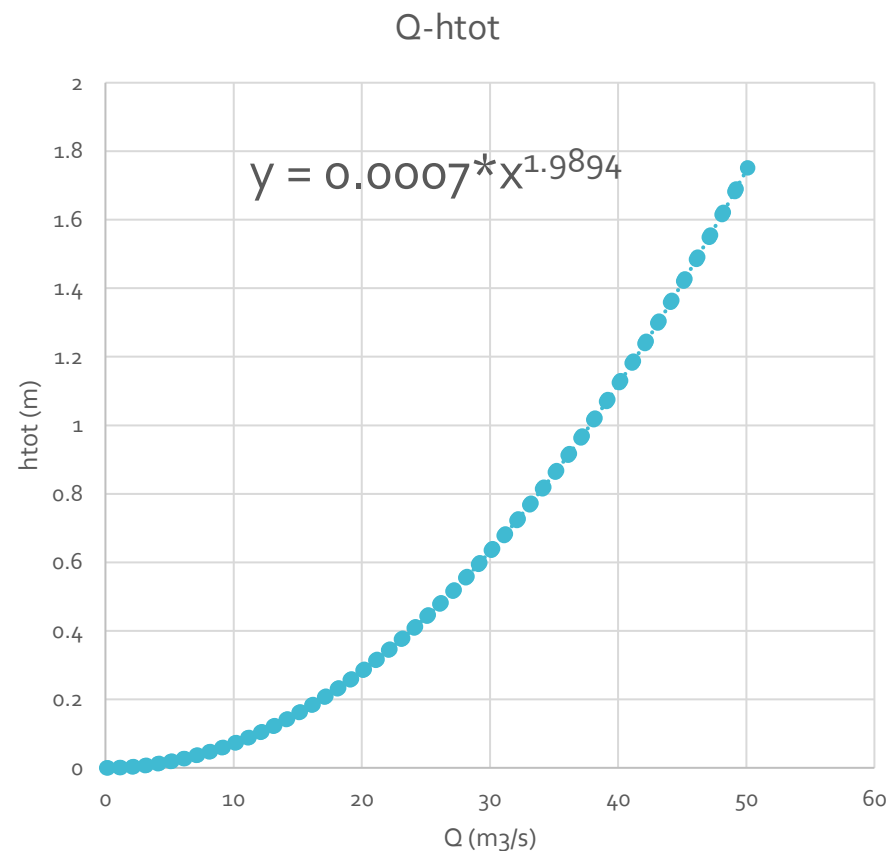
5. ΤΙΜΕΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

$Q_{\max} - Q_{\min}$

Παραγωγή Σχέσης

Η εύρεση μέγιστη και ελάχιστης παροχής είναι αναγκαία ώστε να ξέρουμε σε τι εύρος μπορεί να λειτουργήσει ο εκάστοτε υδροστρόβιλος.

- Μπαίνουν σε διάγραμμα παροχές (εύρους 0.1-50 (m^3/s), ανά 0.1 m^3/s) με τις συνολικές απώλειες του εκάστοτε έργου.
- Παράγεται μια σχέση τύπου δύναμη : $h_{\text{tot}}(Q) = aQ^b$





ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

5. ΤΙΜΕΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ

$Q_{max} - Q_{min}$

Επαναληπτική μέθοδος:

$$Q_0 = P / (\gamma * n_{max} * H) \rightarrow h_{tot}(Q) = aQ^b \text{ (σχέση που βρέθηκε)} \rightarrow$$

$$Q_1 = P / \gamma * n_{max} * (H - h_{tot}) \rightarrow h_{tot}(Q)' \rightarrow Q_2 \dots \dots \dots \text{ Έως η } Q \text{ να συγκλίνει!}$$

Η Q_{max} είναι η τελική παροχή που προκύπτει!

ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 1			ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 2		
H	24		H	24	
n _{max}	0.91		n _{max}	0.93	
P	2.88	hL(Q)	P	4.22	hL(Q)
Q ₀	13.460	0.123	Q ₀	19.273	0.252
Q ₁	13.529	0.125	Q ₁	19.906	0.269
Q₂	13.530	0.125	Q₂	19.920	0.269
Q ₃	13.530	0.125	Q ₃	19.920	0.269
Q ₄	13.530	0.125	Q ₄	19.920	0.269
Q ₅	13.530	0.125	Q ₅	19.920	0.269

- Η ισχύς P είναι συνδεδεμένη να αλλάζει αυτόματα με την βελτιστοποίηση που θα γίνει.
- Η Q_{min} ισούται με : $Q_{min} = \theta Q_{max}$ ανάλογα τον υδροστρόβιλο.



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

6. Διατύπωση του Προβλήματος
Προσομοίωσης

(ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ)

- Βήμα 1 :

Q_{\min}	Q_{\max}	n_{\min}	n_{\max}	a	b	θ
2.71	13.53	0.086	0.91	0.7	8	0.2
2.99	19.92	0.33	0.93	0.78	3.11	0.15

- Βήμα 2 : Τοποθετούνται σε στήλη οι παροχές από τα υδρολογικά δεδομένα.

- Βήμα 3 : Αφαιρείται από τις ολικές παροχές η οικολογική παροχή. (Υπολογίζεται η εκμεταλλεύομενη παροχή που έχει το μικρό υδροηλεκτρικό έργο στη διάθεσή του για παραγωγή ενέργειας.)

- Βήμα 4 : Υπολογίζεται η παροχή που θα εκμεταλλευτεί ο πρώτος στρόβιλος Q_1 .

ΑΝ $Q > Q_{\min}$:

$$Q_1 = \min(Q, Q_{\max})$$

ΑΛΛΙΩΣ:

$$Q_1 = 0$$



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

6. Διατύπωση του Προβλήματος Προσομοίωσης

(ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ)

- Βήμα 5: Όση παροχή δεν έχει εκμεταλλευτεί ο πρώτος εν σειρά στρόβιλος θα την εκμεταλλευτεί ο δεύτερος.

$$DQ = Q - Q_1$$

- Βήμα 6: Η παροχή για τον δεύτερο στρόβιλο Q_2 υπολογίζεται αντίστοιχα όπως την Q_1 με μοναδική διαφορά την παροχή προς εκμετάλλευση που τώρα είναι το DQ .
- Βήμα 7: Υπολογίζονται οι λόγοι $Q_1/Q_{\max 1}$ και $Q_2/Q_{\max 2}$
- Βήμα 8: Υπολογίζεται ο βαθμός απόδοσης του κάθε στροβίλου (η_1, η_2).
- Βήμα 9: Υπολογίζεται το άθροισμα των παροχών $Q_{\text{ολ}} = Q_1 + Q_2 \rightarrow H\eta$



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

6. Διατύπωση του Προβλήματος
Προσομοίωσης

(ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ)

- Βήμα 10: Υπολογίζεται η ισχύς που παράγει κάθε στρόβιλος.

$$P_1 = \gamma * n_1 * Q_1 * H_n, \text{ (MW)}$$

$$P_2 = \gamma * n_2 * Q_2 * H_n, \text{ (MW)}$$

- Βήμα 11: Υπολογίζεται η παραγόμενη ενέργεια $E = E_1 + E_2$.

$$E = P * 24, \text{ (MWh)}$$



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

6. Διατύπωση του Προβλήματος
Προσομοίωσης

(ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ)

- Υπολογίζεται το ποσοστό χρόνου λειτουργίας **OT**:

$$OT = \text{COUNTIF}(Q_i > 0) / \text{πλήθος παροχών}$$

- Υπολογίζεται το ποσοστό του όγκου του παρεχόμενου νερού **OV**:

$$OV = \text{AVERAGE}(Q_i) / \text{AVERAGE}(Q)$$

- Η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας **E**:

$$E = \text{AVERAGE}(E_i) * 365 / 1000, \text{ (GWh)}$$

- Ο συντελεστής δυναμικότητας **CF** :

$$CF = E / (P_{\text{tot}} * 8760)$$

Συνολικά για το μείγμα: όπου Q_i και E_i είναι η Q_{tot} και E_{tot}



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

7. Βελτιστοποίηση μείγματος
στροβίλων ως προς την Ενέργεια

(ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ)

Η βελτιστοποίηση μείγματος στροβίλων ως προς την Ενέργεια :

ΣΥΝΘΗΚΗ : **Μεγιστοποίηση** Μέσης Ετήσιας Παραγόμενης Ενέργειας **E**.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ :

- **CF \geq 30%** (αποδεκτός εμπειρικά)
ΚΑΙ
- **P₁, P₂ < 15 MW** (ΜΥΗΕ)

Δοκιμάζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί στροβίλων, που επιτρέπονται και επιλέγεται το μείγμα με τον μεγαλύτερο CF (αν είναι δυνατόν μικρή εγκατεστημένη ισχύ και μεγάλη παραγωγή ενέργειας). ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΑΡΟΝ ΑΓΝΟΟΥΜΕ ΤΟΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ!

$CF = E_{ΣΟΔΑ} / E_{ΞΟΔΑ}$
-> ΔΕΙΚΤΗΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΕΡΓΟΥ



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

ΧΩΡΙΣ ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

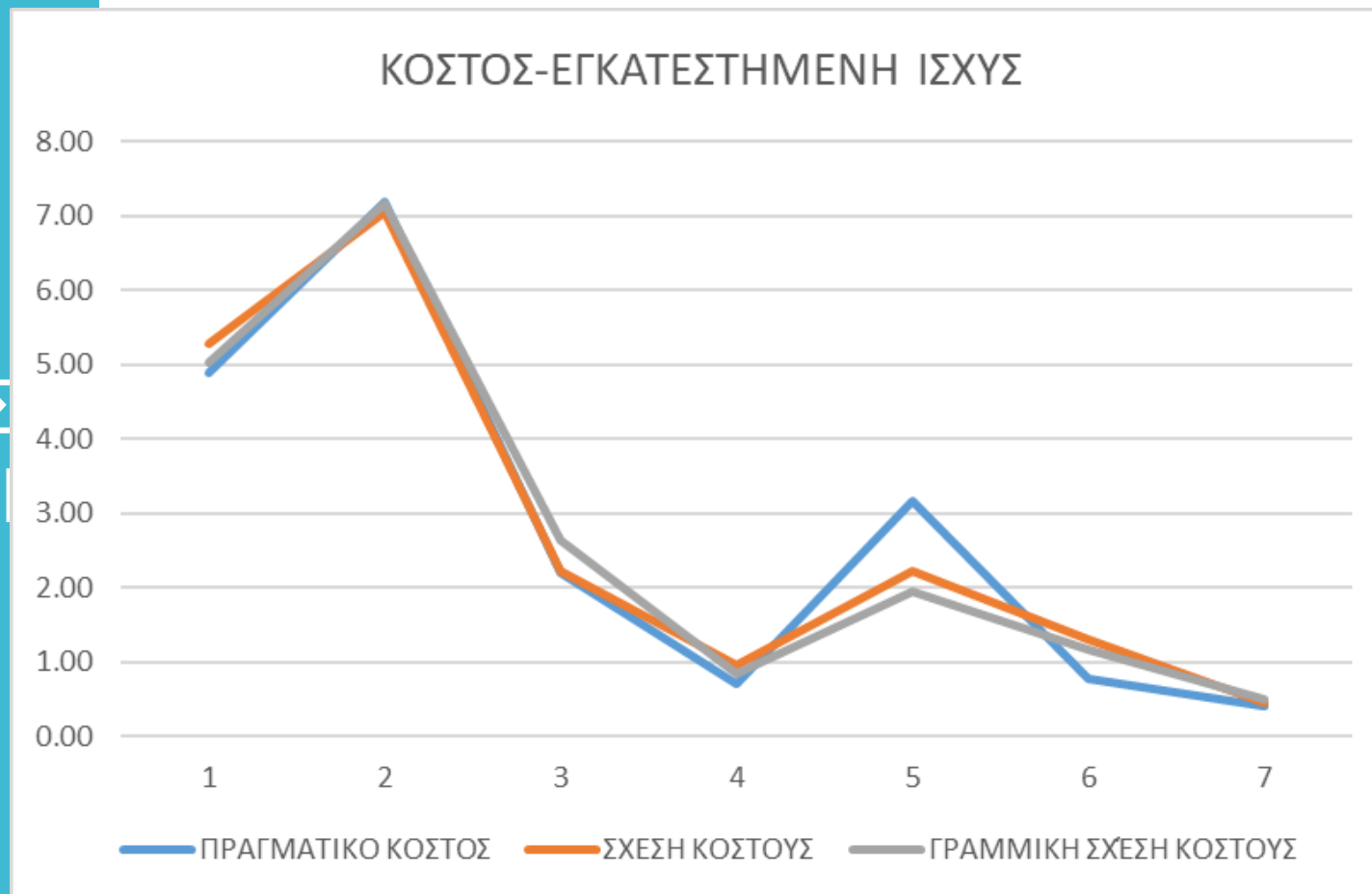
ΜΕΙΓΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΜΕ
ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΑΠΟ ΔΥΟ
ΣΤΡΟΒΙΛΟΥΣ

Σε ένα ΜΥΗΕ χωρίς μείγμα στροβίλων η διαδικασία είναι ίδια χωρίς να υπάρχει ο 2^{ος} στρόβιλος.

Σε ένα ΜΥΗΕ με παραπάνω από δύο στροβίλους η διαδικασία εξακολουθεί να είναι ίδια. Προστίθενται μερικές μόνο στήλες στις πράξεις με DQ , Q_3 , P_3 , E_3 .

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΧΕΣΗΣ
ΚΟΣΤΟΥΣ Μ.Υ.Η.Π.

Βασικό κριτήριο σχεδιασμού ενός ΜΥΗΕ είναι το κόστος και το κέρδος του.



L : Μήκος αγωγού προσαγωγής, m

...άφουν το κόστος
...αναπτύχθηκε εξ
...περιλαμβάνει και

...περιβαλλοντικές
...άλμα (πραγματικό

...ση της ισχύος
...επιφέρει στην σχέση
...του κόστους!



ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Ετήσια Δόση A_1 :

$$A_1 = K \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

K : Κόστος Έργου, €

n : Ορίζοντας Ανάλυσης (10 ή 20 έτη)

i : Επιτόκιο (4%)

Ετήσιο όφελος (πώληση ενέργειας) E_s :

$E_s = 85 \text{ € / MWh}$

Καθαρό Κέρδος = $A_1 - E_s$

**ΑΥΤΟ
ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΩ**



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ Μ.Υ.Η.Ε. ΖΙΤΣΑΣ

ΕΡΓΟ	ΖΙΤΣΑ
H (m)	24
L (m)	944
n (ορίζοντας ανάλυσης)	10 ή 20
i (επιτόκιο)	4%

	ΑΡΧΙΚΟ 2 ΚΑΡΛΑΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΜΕ ΑΠΩΛΕΙΕΣ
P (MW)	4.80	4.80
n	0.91	0.91
Q_{max}	25.01	22.48
Q_{min}	2.50	2.25
% Χρονου Λειτουργίας	78.70	79.63
% Όγκου Χρησιμ.	91.12	88.57
Μέση Ετήσια Ενέργεια (GWh)	16.04	17.37
CF	0.38	0.41
ΌΦΕΛΟΣ n=10	478,193 €	591,576 €
ΟΦΕΛΟΣ n=20	835,047 €	948,430 €



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
Μ.Υ.Η.Ε.
ΖΙΤΣΑΣ

11/7/2023

	ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ 1 - Ε		
	2 ΚΑΡΛΑΝ	1 FRANCIS + 1 ΚΑΡΛΑΝ	2 FRANCIS
P (MW)	7.11	7.15	7.16
n	0.91	0.93	0.93
Q _{max}	33.46	32.92	32.98
Q _{min}	2.82	1.97	2.01
% Χρονου Λειτουργίας	97.22	81.48	81.48
% Όγκου Χρησιμ.	95.80	96.42	97.21
Μέση Ετήσια Ενέργεια (GWh)	18.68	18.78	18.81
CF	0.30	0.30	0.30
ΌΦΕΛΟΣ n=10	395,510 €	399,176 €	400,390 €
ΌΦΕΛΟΣ n=20	876,276 €	881,899 €	883,761 €

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΜΥΗΕ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
Μ.Υ.Η.Ε.
ΖΙΤΣΑΣ

	ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ 2 - n=10		
	2 ΚΑΡΛΑΝ	2 ΦΡΑΝΚΙΣ	1 ΚΑΡΛΑΝ + 1 ΦΡΑΝΚΙΣ
P (MW)	3.59	3.39	3.59
n	0.91	0.93	0.91
Q _{max}	16.80	15.51	16.81
Q _{min}	1.05	0.56	0.92
% Χρονου Λειτουργίας	92.59	92.59	90.74
% Όγκου Χρησιμ.	80.67	78.22	80.91
Μέση Ετήσια Ενέργεια (GWh)	15.85	15.38	15.90
CF	0.50	0.52	0.51
ΌΦΕΛΟΣ	637,497 €	628,305 €	640,833 €



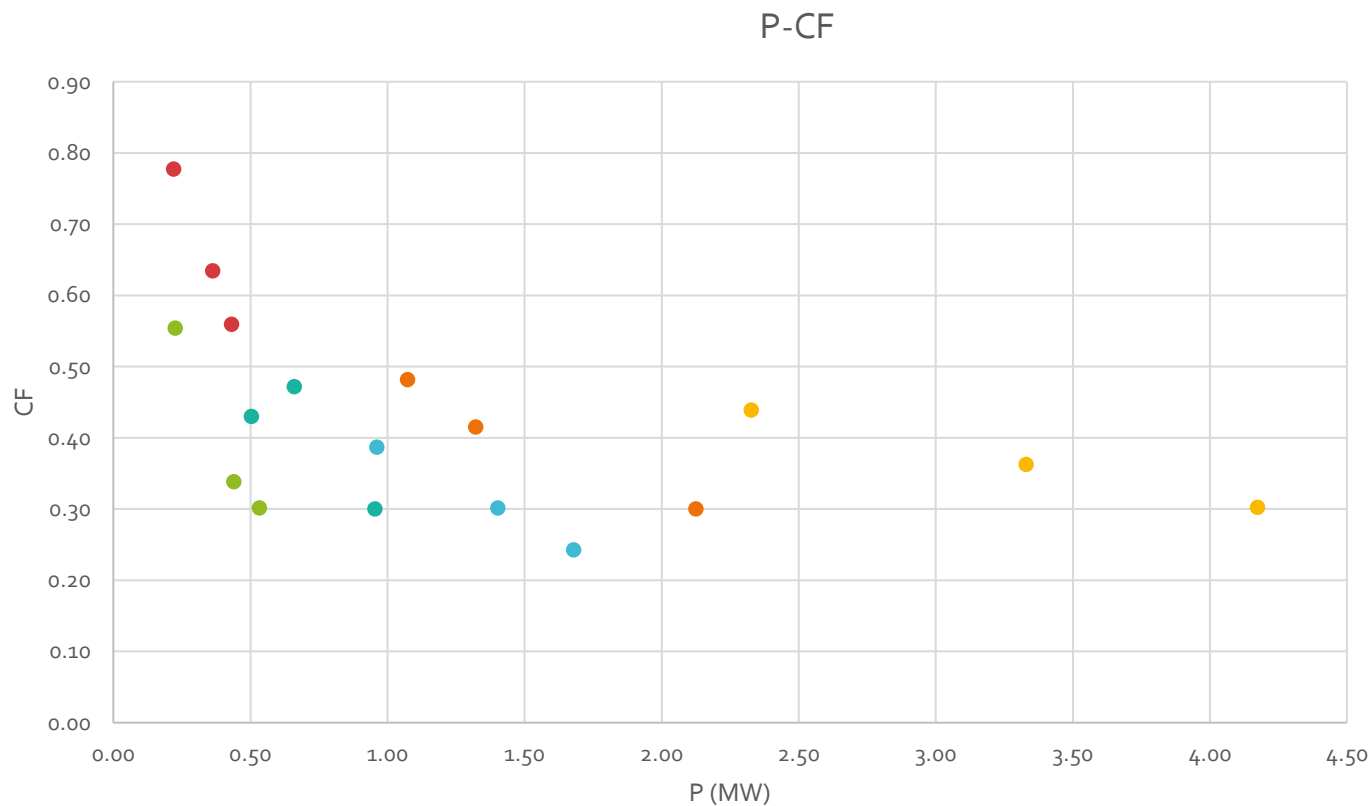
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
Μ.Υ.Η.Ε.
ΖΙΤΣΑΣ

	ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ 2 - n=20		
	2 ΚΑΡΛΑΝ	1 FRANCIS + 1 ΚΑΡΛΑΝ	2 FRANCIS
P (MW)	4.80	5.06	5.06
n	0.91	0.93	0.93
Q _{max}	22.56	23.22	23.22
Q _{min}	1.09	1.40	1.43
% Χρονου Λειτουργίας	86.11	86.11	86.11
% Όγκου Χρησιμ.	90.70	90.57	90.86
Μέση Ετήσια Ενέργεια (GWh)	17.69	17.85	17.86
CF	0.42	0.40	0.40
ΌΦΕΛΟΣ	974,980 €	967,134 €	968,266 €



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
Μ.Υ.Η.Ε.

	ΑΡΧΙΚΟ CF	CF ₁	CF ₂
ΔΡΑΚΟΤΡΥΠΑ	0.24	0.30	0.39



- ΔΡΑΚΟΤΡΥΠΑ
- ΠΑΛΛΙΟΦΥΤΕΙΑ
- ΤΖΟΥΜΕΡΚΑ
- ΠΕΙΡΟΣ
- ΧΟΥΤΙΑΝΑ
- ΔΡΟΣΑΤΟ

	P ₁	P ₂
	1.40	0.96
	4.17	2.33
	0.53	0.23
	2.13	1.07
	0.95	0.50
	0.43	0.36

ΑΓ. ΜΗΝΑΣ	15.50	15.00	14.64
ΠΗΝΕΙΟΣ	6.30	6.78	7.10



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

1. Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψε ένα πιο αποδοτικό έργο σε όρους κόστους-οφέλους. -> Τα ΜΥΗΕ που μελετήθηκαν έχουν περιθώριο για ένα καλύτερο μείγμα στροβίλων.
2. Με μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ, θυσιάζοντας λίγο από την παραγόμενη ενέργεια το έργο γίνεται πιο αποδοτικό και προσοδοφόρο.
3. Η προσεγγιστική διαδικασία βελτιστοποίησης της παραγόμενης ενέργειας είναι ικανοποιητική, όμως με CF 40% κατ' ελάχιστο έναντι του 30% που συστήνεται συνήθως.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

4. Η εισαγωγή των υδραυλικών απωλειών και της μεταβλητότητας του βαθμού απόδοσης των υδροστροβίλων επιφέρουν σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα, παρόλο που συνήθως παραλείπεται.
5. Η Μαθηματική Εμπειρική Σχέση Κόστους που παράχθηκε αποτυπώνει καθολικά ένα ΜΥΗΕ (P, H, L).
6. Σε επόμενο στάδιο κρίνεται αναγκαίο η συνέχεια της ανάλυσης με ημερήσια δεδομένα μεγαλύτερου μήκους. -> Καλύτερη Περιγραφή Μεταβλητότητας της Παροχής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

4. Η εισαγωγή των h_{tot} και της μεταβολής των υδρ. h_{tot} στα
5. **ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ και ΕΠΑΝΕΞΕΤΑΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΜΥΗΘΥΜΗΘΕΙΤΕ:**
1. Q ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ
 2. CF 40%
 3. h_{tot} και n
6. Σε επόμενη εργασία η συνέχεια της ανάλυσης με την ίδια διαδικασία για μεγαλύτερου μήκους. -> Καλύτερη Περιγραφή Μεταβλητότητας της Παροχής.



**ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!
ΕΙΜΑΙ ΣΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΑΣ ΓΙΑ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ
ΚΑΛΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ ΚΥΡΙΟΙ-ΕΣ ΣΥΝΑΔΕΛΦΟΙ!**

