

Ενέργεια και Περιβάλλον

Υδροηλεκτρική ενέργεια



Νίκος Μαμάσης και Νίκος Κατσουλάκος
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Αθήνα 2019

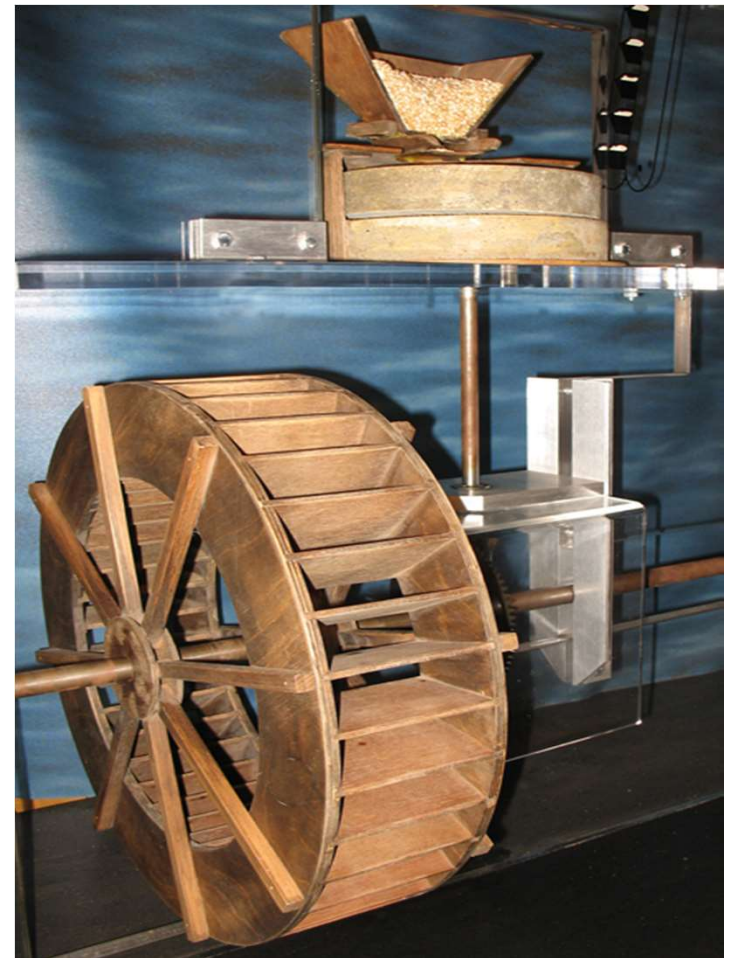
Διάρθρωση παρουσίασης: *Υδροηλεκτρική ενέργεια*

- Εισαγωγή
- Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων
- Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα
- Μικρά Υδροηλεκτρικά έργα
- Συστήματα άντλησης-ταμίευσης
- Υβριδικά συστήματα

Εισαγωγή

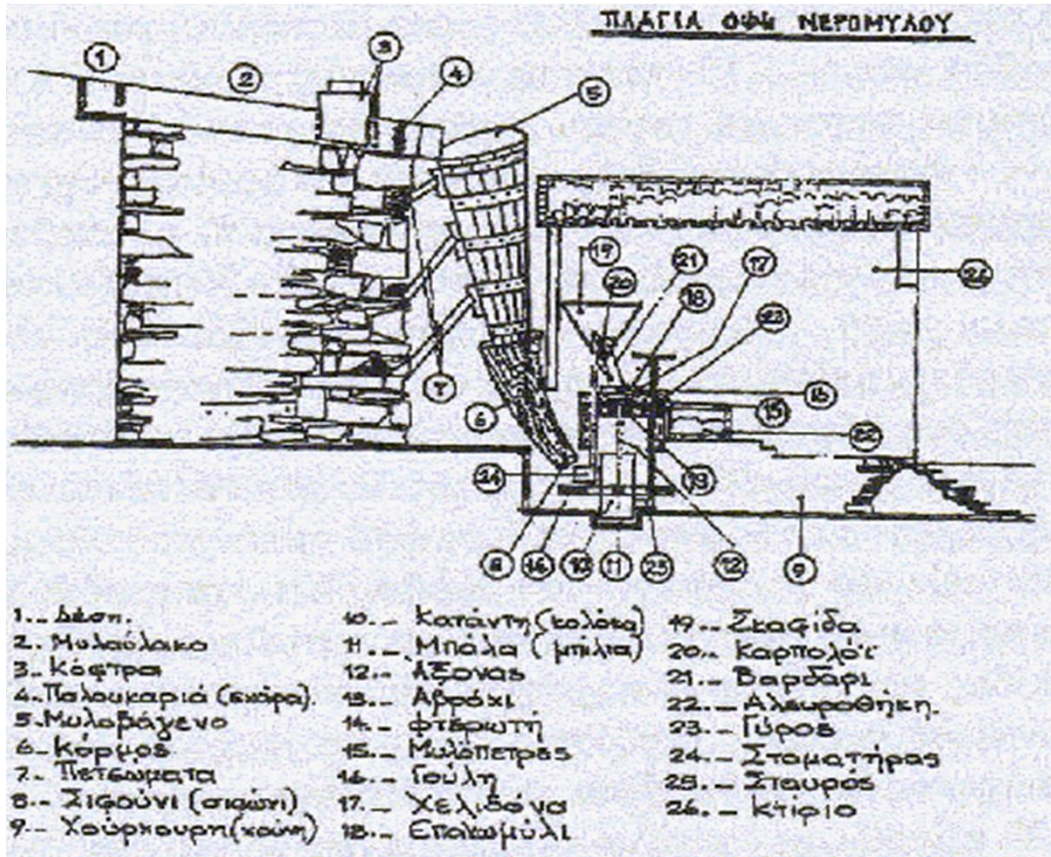
Υδροηλεκτρική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια του νερού το οποίο, μέσω υδατοπτώσεων κινεί υδροστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας πραγματοποιούνταν από την αρχαιότητα μέσω των υδρόμυλων για το άλεσμα των δημητριακών και την κοπή ξυλείας (υδροπρίονα)



Εισαγωγή

Υδροτροχοί



<http://egaleo.freesevers.com/merh.htm>

Ανύψωση του νερού

Μία από τις πρώτες ανάγκες των οργανωμένων κοινωνιών ήταν η ανύψωση του νερού

*Αρχικά
επινοήθηκαν
μηχανισμοί όπου η
ανύψωση γινόταν
με παροχή
ενέργειας από
ανθρώπους ή ζώα*

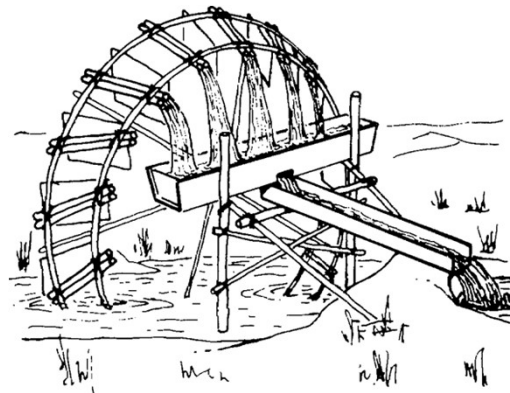
Shaduf (Κηλώνιο)

Εφευρέθηκε στη Μεσοποταμία την 4^η χιλιετία π.Χ. Ενας μέσος ρυθμός ανύψωσης είναι $2.5 \text{ m}^3/\text{d}$. Χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα σε πολλές περιοχές .



Noria (υδροτροχός)

*Στη συνέχεια
επινοήθηκαν
μηχανισμοί όπου η
ανύψωση γινόταν
με παροχή
υδραυλικής
ενέργειας*

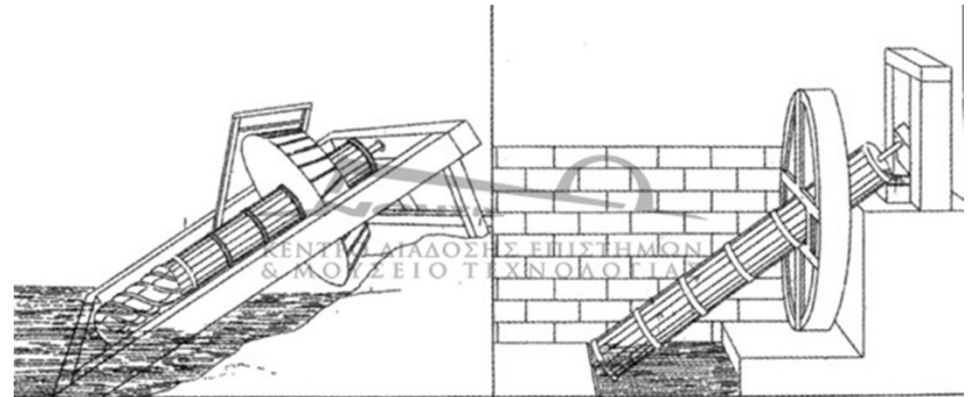
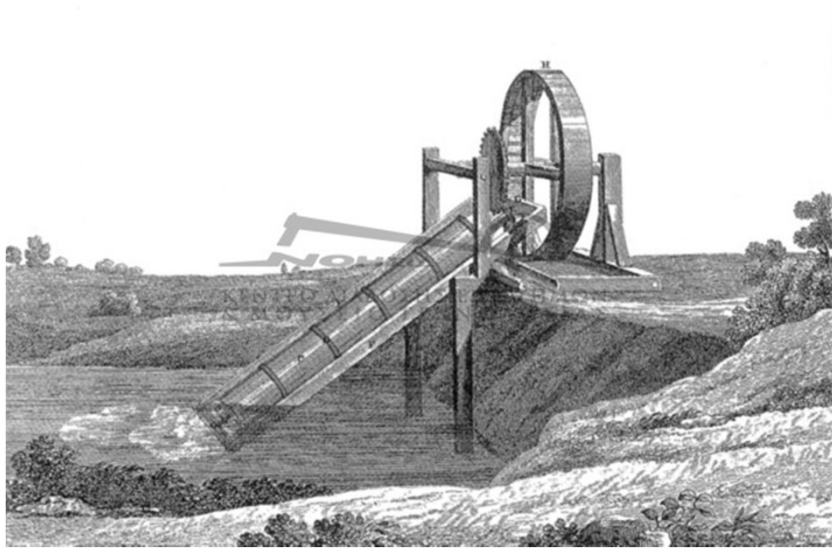


Εφευρέθηκε από τους Ρωμαίους τον 4^ο αιώνα π.Χ.



Ανύψωση του νερού

Σύγχρονες χρήσεις της σπείρας του Αρχιμήδη (287-212 π.Χ.)



Ολλανδία



Ελλάδα



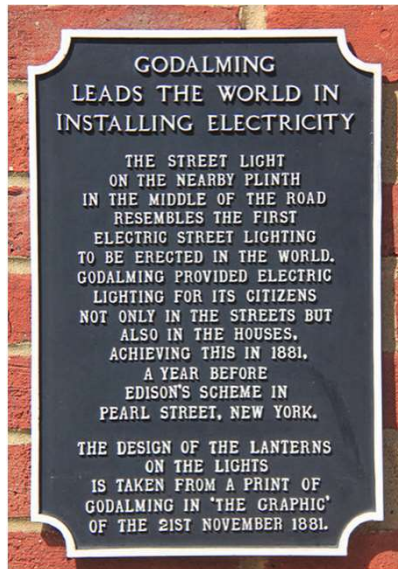
ΗΠΑ



Ιστορικό της υδροηλεκτρικής ενέργειας

Το πρώτο δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο έγινε το Σεπτέμβριο του 1881 στο Godalming, Surrey, U.K.

Τροφοδοτούσε 10 νοικοκυριά και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γινόταν από υδροτροχό στον ποταμό Wey



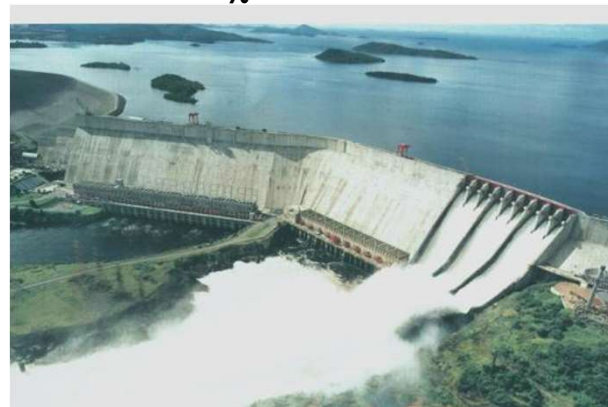
Η υδροηλεκτρική ενέργεια αναπτύχθηκε σημαντικά δεδομένων των πλεονεκτημάτων που έχει σε σχέση με τις άλλες μορφές ηλεκτροπαραγωγής

- Γρήγορη παραλαβή και απόρριψη φορτίου και κάλυψη των αιχμών της ζήτησης
- Νερό και για άλλες χρήσεις (άρδευση, ύδρευση, αντιπλημμυρική προστασία, αναψυχή)
- Ανανεώσιμη πηγή με δυνατότητα αποθήκευσης χωρίς υποβάθμιση του φυσικού πόρου
- Δυνατότητα αποθήκευσης άλλων μορφών ενέργειας

Το πρώτο υδροηλεκτρικό έργο στον κόσμο (Vulcan Street) λειτούργησε το **1882** στο Appleton, Wisconsin των ΗΠΑ, με εγκατεστημένη ισχύ **12.5 kW**



Σχεδόν 100 έτη αργότερα (**1986**) λειτούργησε το έργο Guri (Simón Bolívar) στη Βενεζουέλα με εγκατεστημένη ισχύ **10.2 GW**

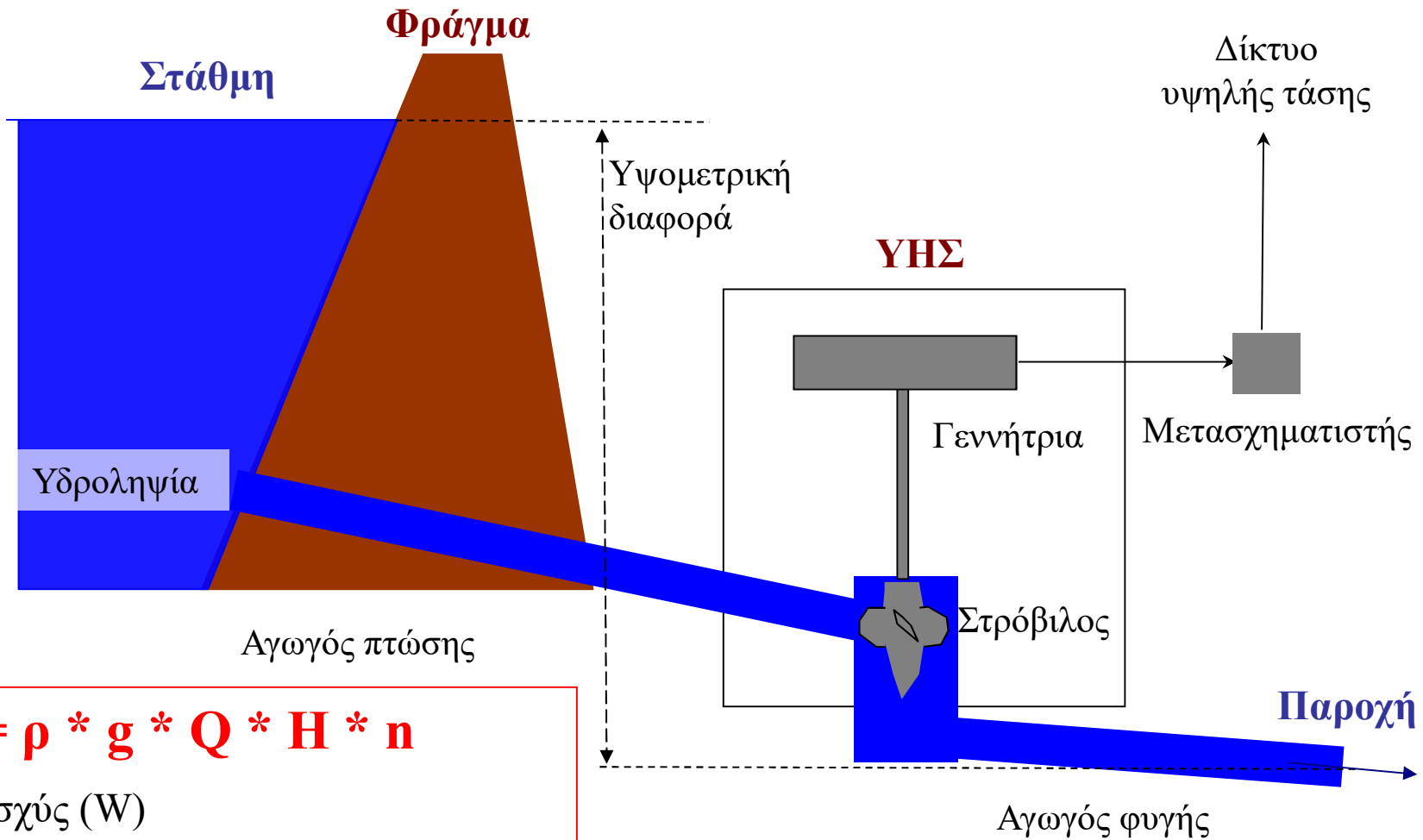


Το **2011** λειτούργησε το μεγαλύτερο υδροηλεκτρικό έργο στον κόσμο, στη θέση Three Gorges της Κίνας με εγκατεστημένη ισχύ **22.5 GW**



Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων

Συνιστώσες υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)



$$I = \rho * g * Q * H * \eta$$

I: ισχύς (W)

ρ : πυκνότητα νερού 1000 kg/m³

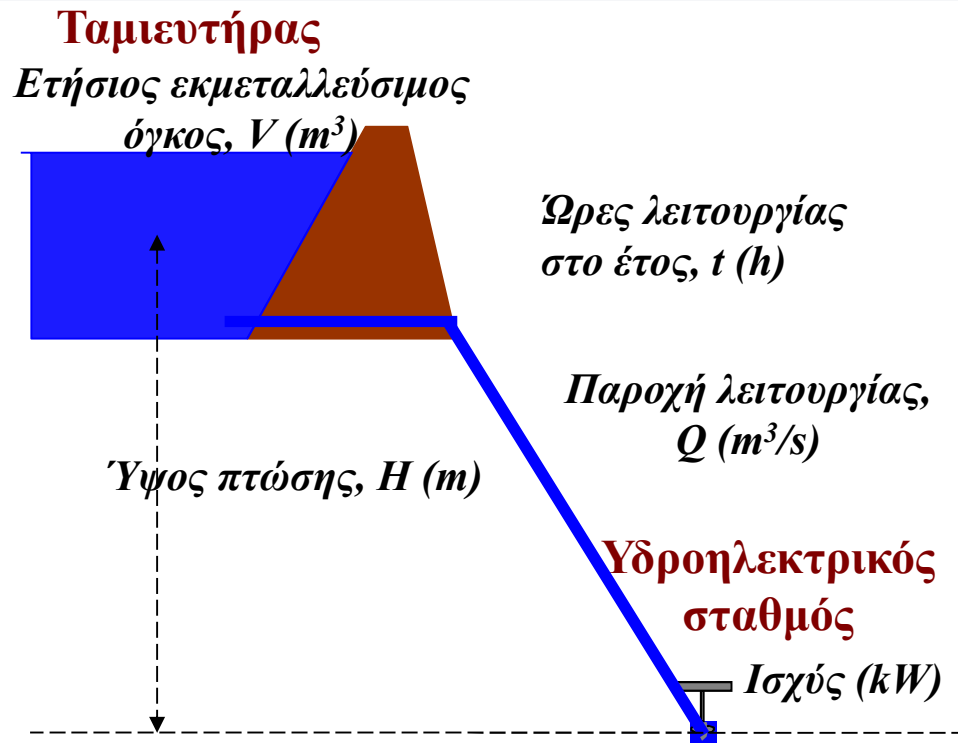
g: επιτάχυνση βαρύτητας 9.81 m/s²

Q: παροχή m³/s

H: υψομετρική διαφορά m

η : συνολικός βαθμός απόδοσης 85 %

$$I \text{ (kW)} = 9.81 * Q \text{ (m}^3\text{/s)} * H \text{ (m)} * \eta$$



Μέση ετήσια παροχή λειτουργίας

$$Q (m^3/h) = V(m^3)/t(h)$$

$$Q (m^3/h) = Q(m^3/s) * 3600$$

$$Q (m^3/s) * t(h) = V(m^3)/3600$$

Υπολογισμός ετήσιας ενέργειας

$$E (kWh) = g * n * H (m) * Q (m^3/s) * t(h)$$

$$E (kWh) = \frac{g * n * H (m) * V(m^3)}{3600}$$

$$E (kWh) \approx \frac{n * H (m) * V(m^3)}{367}$$

Ισχύς (I) και Ενέργεια (E)

$$I = \rho * g * n * H * Q$$

I: ισχύς (W)

ρ : πυκνότητα νερού 1000 kg/m^3

g: επιτάχυνση βαρύτητας 9.81 m/s^2

n: συνολικός βαθμός απόδοσης %

$$I (kW) = g * n * H (m) * Q (m^3/s)$$

$$E (kWh) = I (kW) * t (hr)$$

Παράδειγμα (με βάση τα δεδομένα ΥΗΣ Πλαστήρα)

Ετήσιος διατιθέμενος όγκος : 150 hm^3

Υψος πτώσης: 580 m

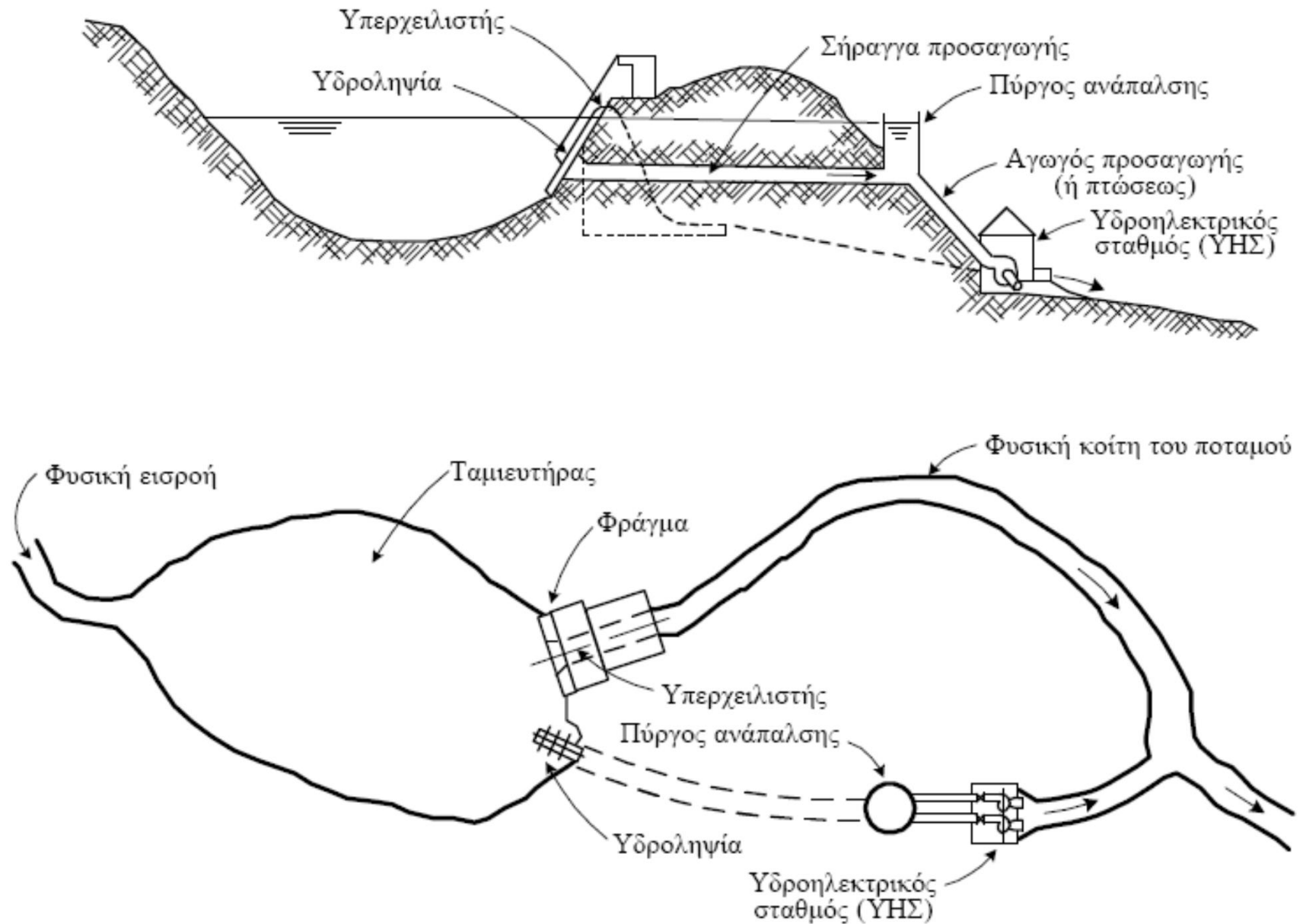
Συνολικός βαθμός απόδοσης: 0.85

Δυνητική ετήσια ενέργεια: 201.5 GWh

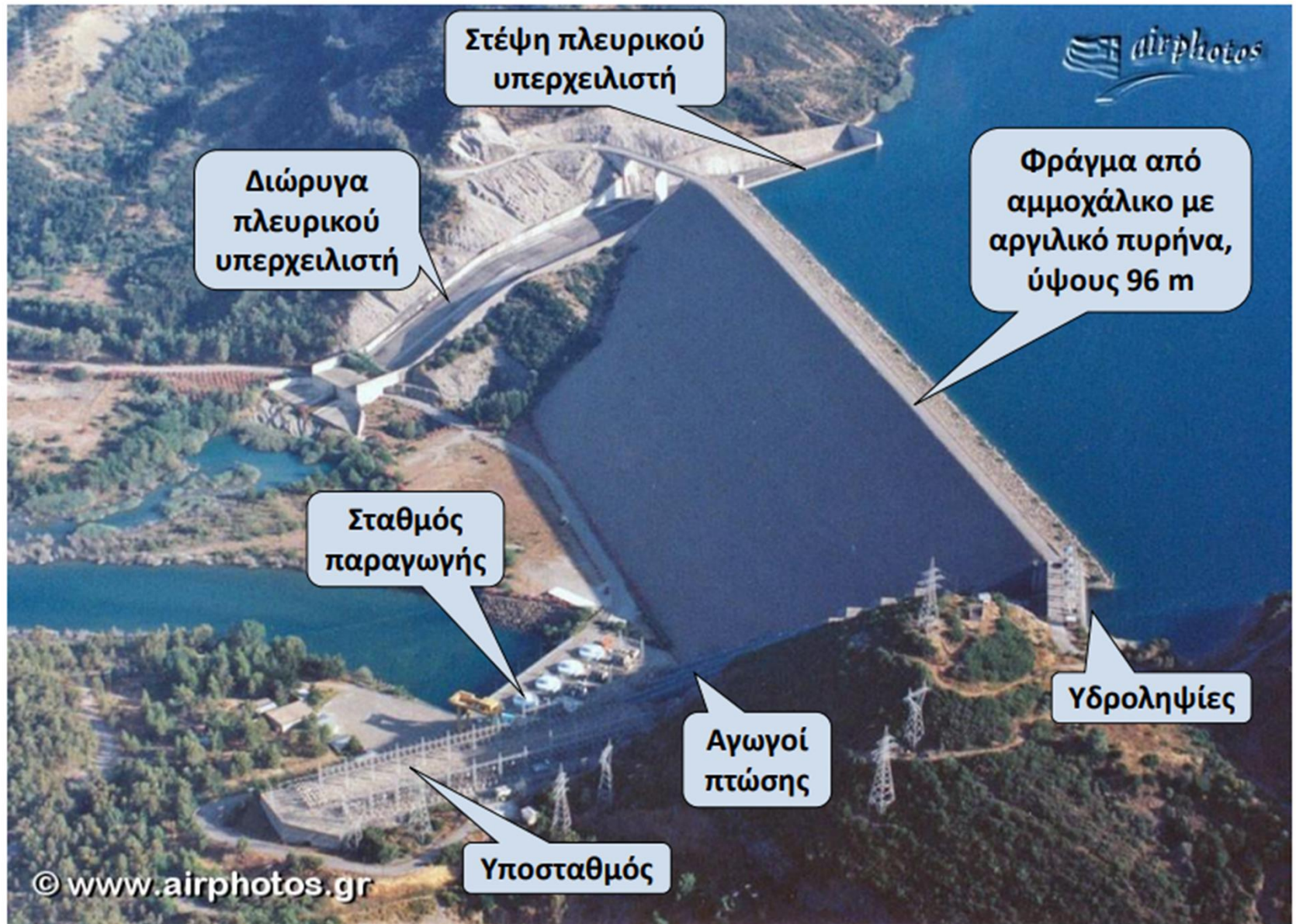
Ώρες λειτουργίας	Ποσοστό χρόνου λειτουργίας	Παροχή λειτουργίας (m^3/s)	Απαιτούμενη εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
1500	0,17	27,8	134,3
3000	0,34	13,9	67,2
4500	0,51	9,3	44,8
8760	1,00	4,8	23,0

Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων

Σχηματική Διάταξη Συστήματος Παραγωγής



Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων Συνιστώσες φράγματος Καστρακίου



Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων

Φράγμα Καστρακίου

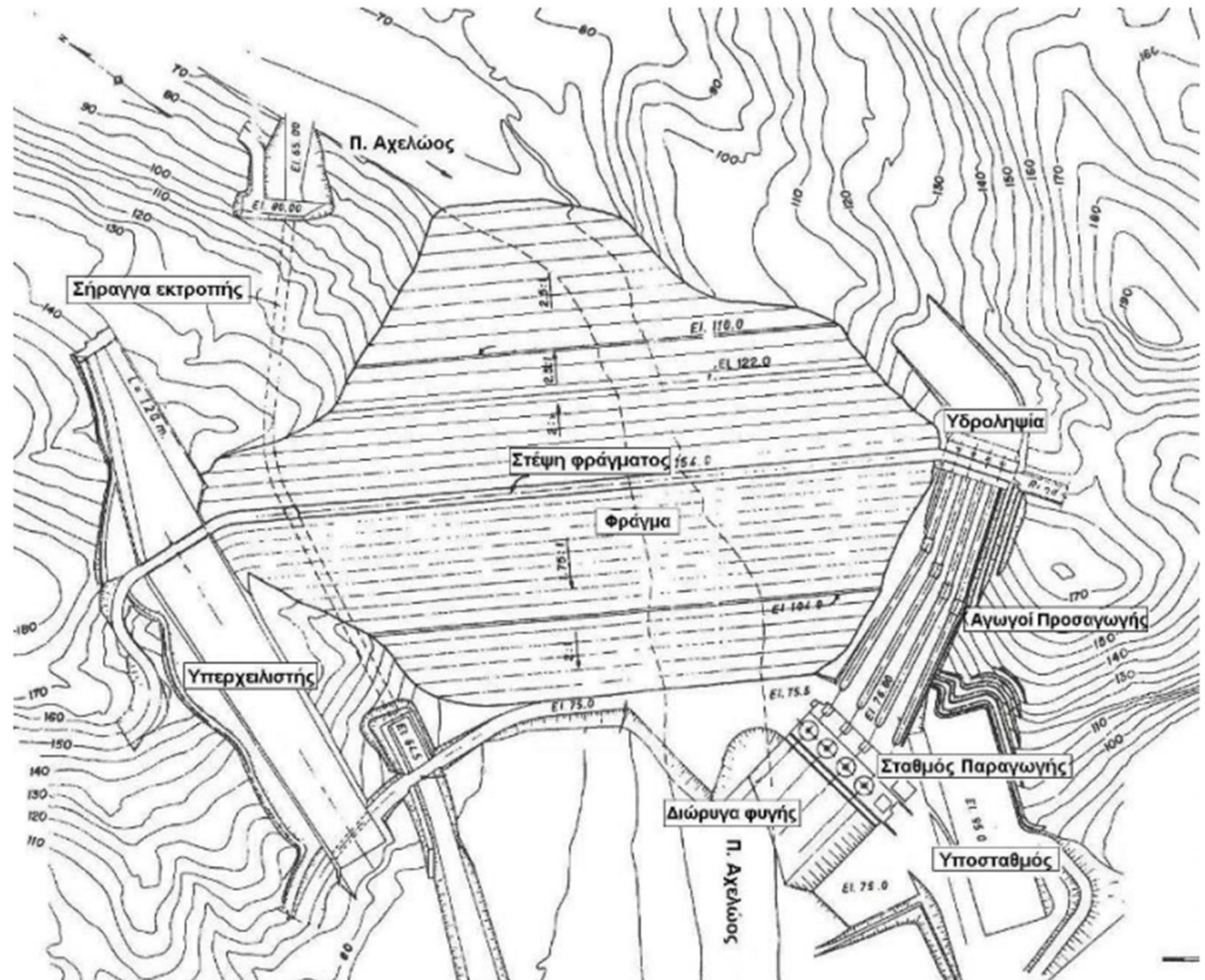
Σήραγγα ή αγωγός εκτροπής (προσωρινό έργο ασφαλείας, κατά την κατασκευή)

Εκκενωτής πυθμένα (έργο ασφαλείας)

Υπερχειλιστής και κατάντη διατάξεις καταστροφής ενέργειας (έργα ασφαλείας)

Υδροληψία και αγωγός προσαγωγής (έργα συνεχούς λειτουργίας)

Σταθμός παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας



Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων

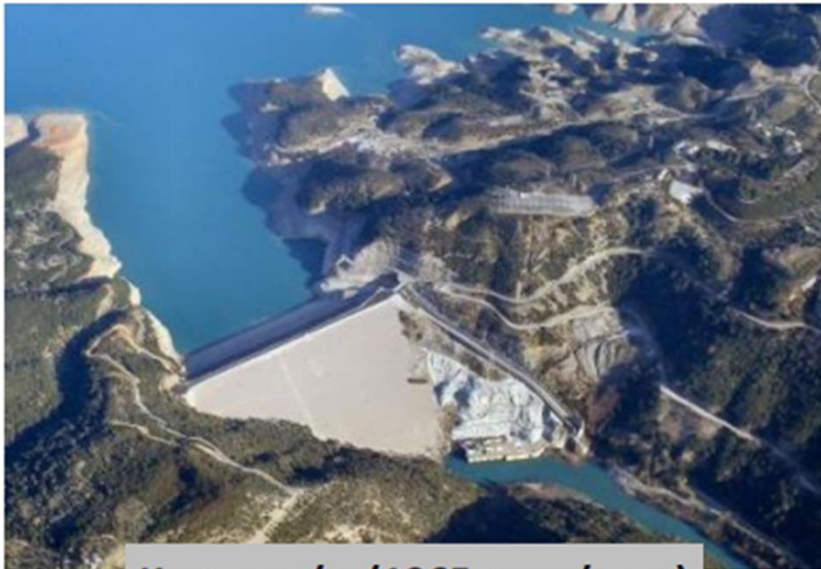
Παραδείγματα φραγμάτων



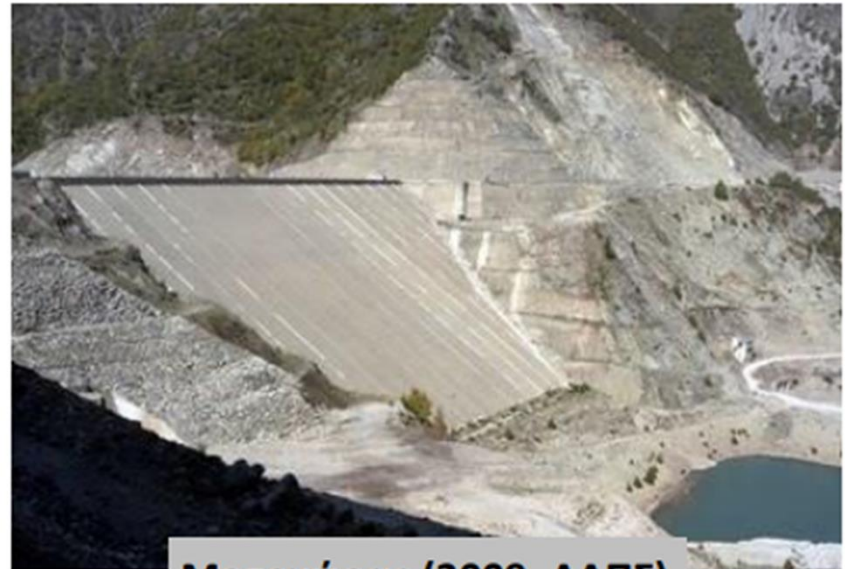
Λάδωνα (1955, αντιρρηδωτό)



Ταυρωπού (1959, τοξωτό)



Κρεμαστών (1965, χωμάτινο)



Μεσοχώρας (2009, ΛΑΠΣ)

Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων

Οφέλη-Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οφέλη ως έργα πολλαπλού σκοπού:

- Αποθήκευση και παραγωγή Υ/Η ενέργειας
- Απολήψεις νερού για υδρευτικές, αρδευτικές και βιομηχανικές χρήσεις (δυνατότητα επιπρόσθετης αξιοποίησης νερού που διέρχεται από τους στροβίλους)
- Αντιπλημμυρική προστασία
- Τουριστική αξιοποίηση λιμνών

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

- Σημαντική διαφοροποίηση της φυσικής υδρολογικής δίαιτας του ποταμού (εξομάλυνση ροής, σημαντικά μειωμένη συχνότητα και μέγεθος πλημμυρικών αιχμών, διακοπή ροής στο τμήμα μεταξύ του φράγματος και του ΥΗΣ)
- Συγκράτηση φερτών (μη αναστρέψιμη επίπτωση)
- Παρεμπόδιση κυκλοφορίας ψαριών
- Αλλαγή οικοσυστήματος από ποτάμιο σε λιμναίο
- Αισθητική όχληση σε περίπτωση έντονων διακυμάνσεων της στάθμης

Τα 4 μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα

Tucuruí

Βραζιλία/1984/8.5 GW



Guri (Simón Bolívar)

Βενεζουέλα/1986/10.2 GW



Itaipu

Βραζιλία-Παραγουάη/2003/14 GW

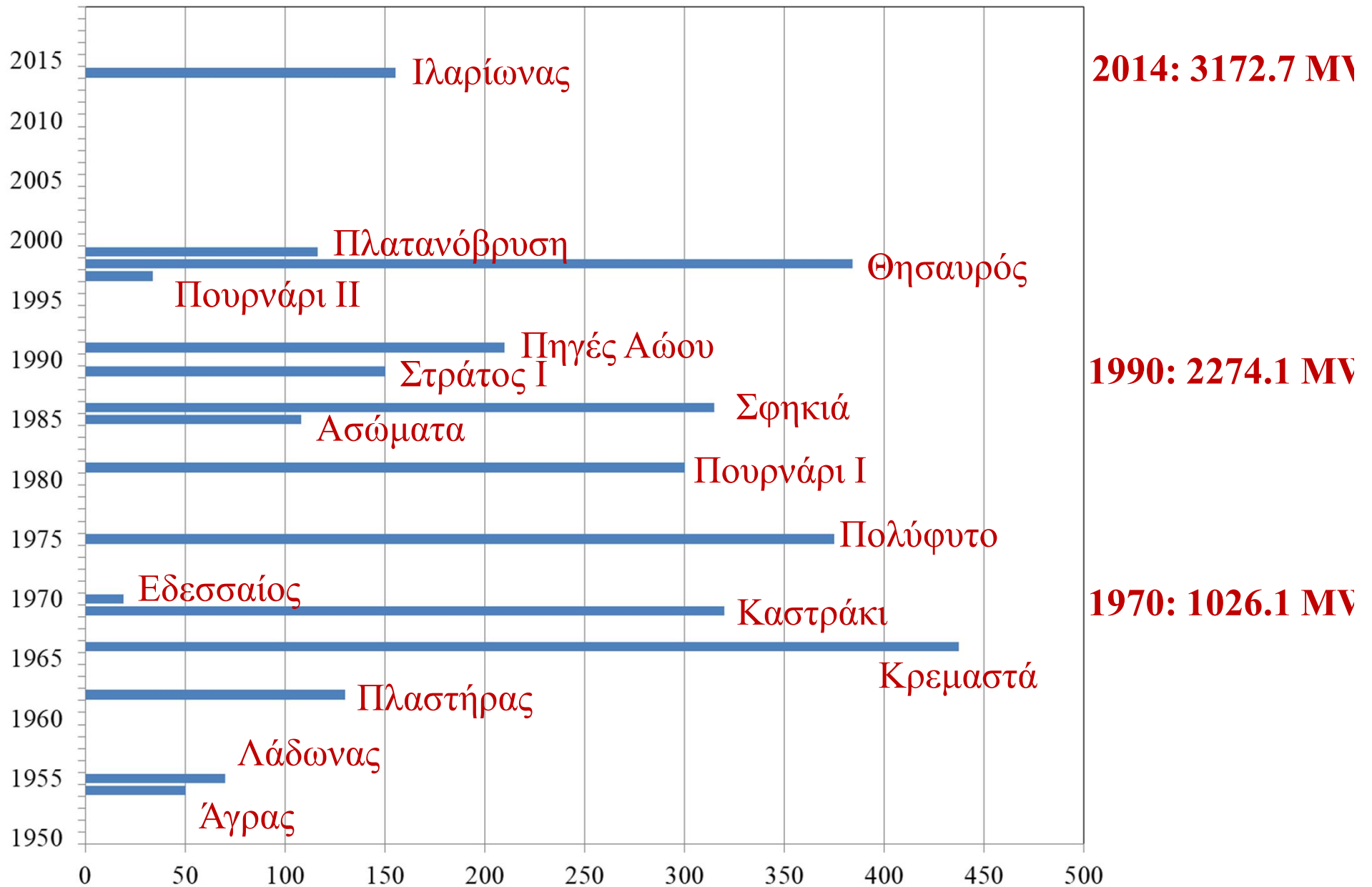


Three Gorges

Κίνα/2011/18-22 GW



Χρονική εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος (MW) μεγάλων ΥΗΣ



Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα

Η υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα

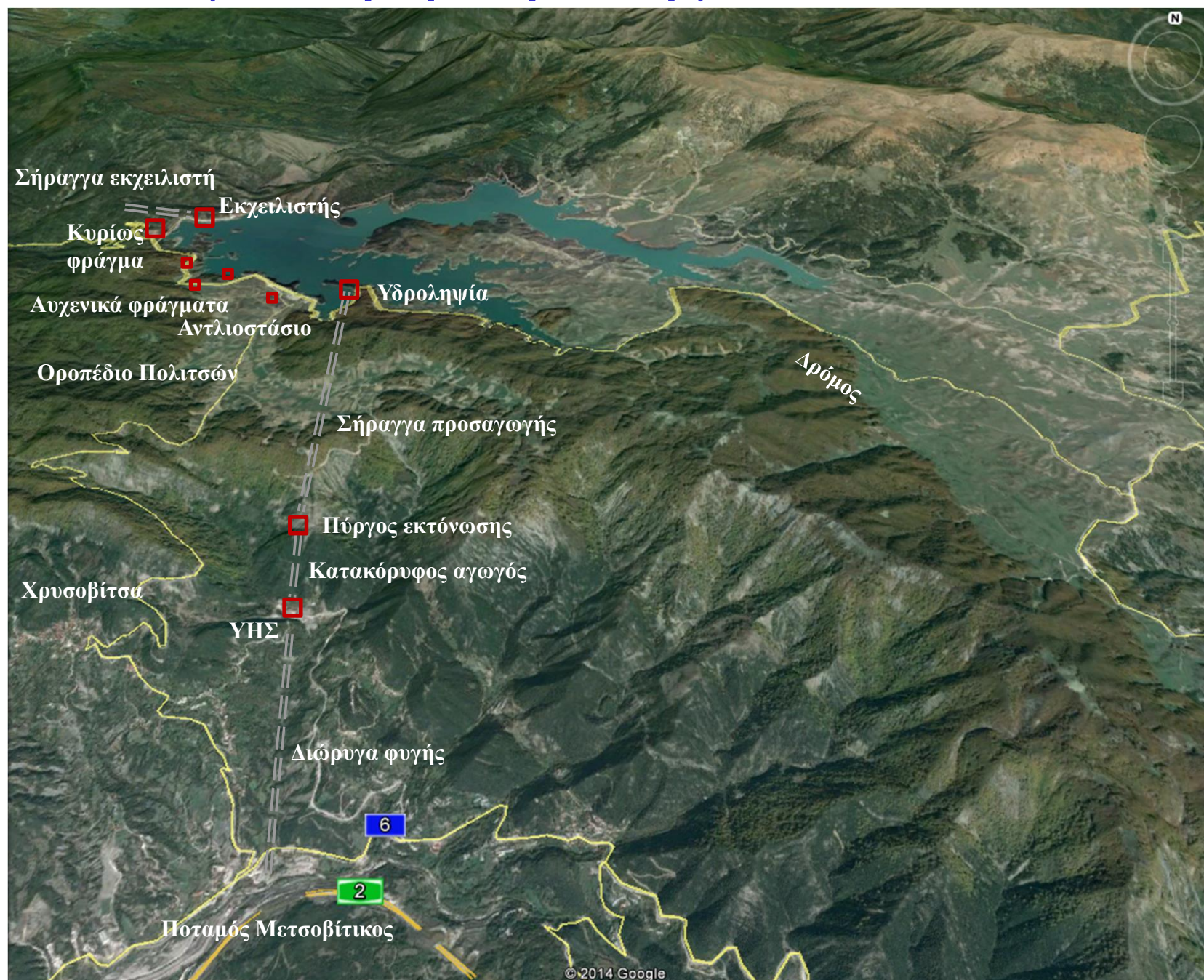
Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ



- Στη δυτική και βόρεια Ελλάδα υπάρχει ιδιαίτερα πλούσιο δυναμικό υδατοπτώσεων λόγω της διαμόρφωσης λεκανών απορροής και των σημαντικών βροχοπτώσεων
- Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 3.060 MW
- Η Μέση Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας είναι 4.000-5.000 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 δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης υδροηλεκτρικών σταθμών.

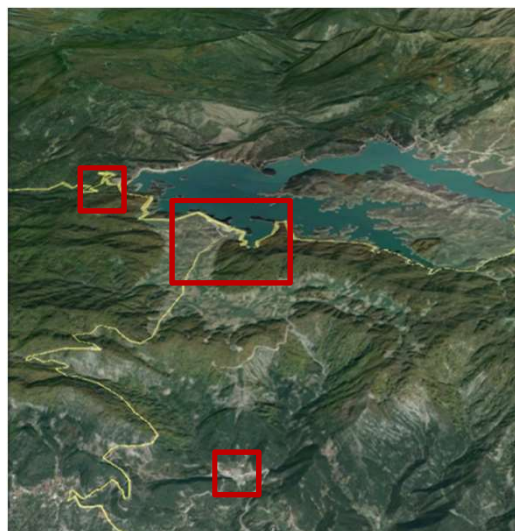
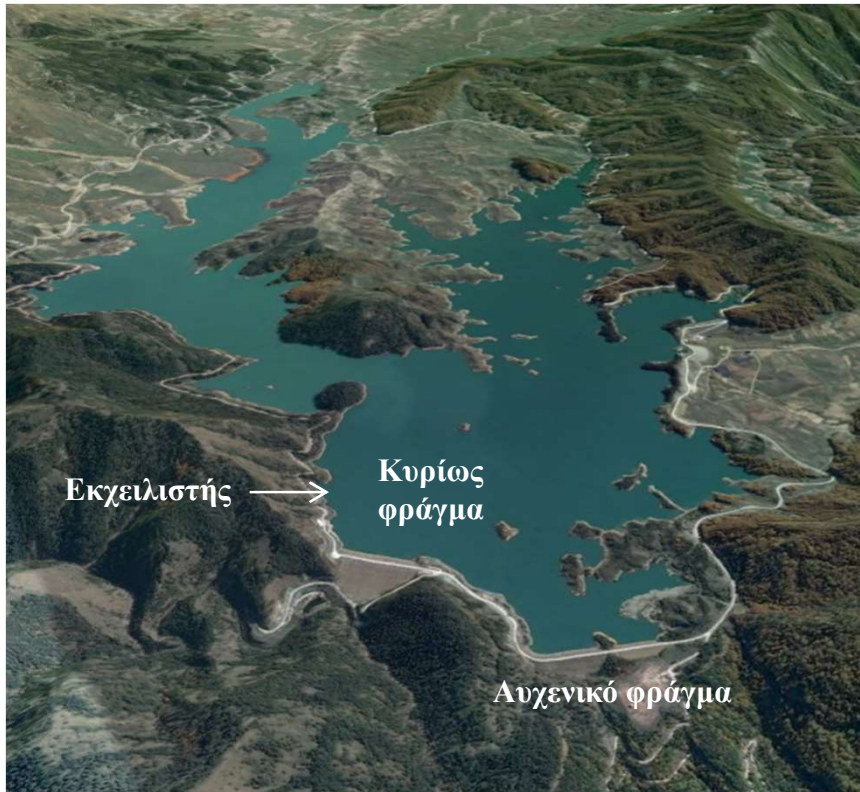
Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα

Υδροσύστημα Αώου



Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα

Συνιστώσες υδροσυστήματος Αώου



Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα

ΥΗΕ Πηγών Αώου (με εκτροπή των νερών από τον Αώο στον Άραχθο)

ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ

Κύριο φράγμα

Όγκος: 3.200.000 m³
Υψόμετρο στέψης: 1.349 m
Μήκος στέψης: 300 m
Πλάτος στέψης: 10 m
Ύψος πάνω από τη θεμελίωση: 77 m

Αυχενικά φράγματα

Όγκος: 900.000 m³
Υψόμετρο στέψης: 1.349 m
Μήκος στέψης: 130 m έως 280 m
Πλάτος στέψης: 10 m
Ύψος πάνω από τη θεμελίωση: 12 m έως 30 m

Βοηθητικό φράγμα Πολιτών

Όγκος: 500.000 m³
Υψόμετρο στέψης: 1.349 m
Μήκος στέψης: 235 m
Πλάτος στέψης: 10 m
Ύψος πάνω από την θεμελίωση: 40 m

Εκχειλιστής

Θέση: Δεξιό αντέρεισμα του κύριου φράγματος
Τύπος: Κεκλιμένη σήραγγα διαμέτρου 4m και μήκους 60 m που ενώνεται με το καπάντη τμήμα του πώματος της σήραγγας εκτροπής.
Τεχνικά εισόδου: άνω τοξωτά θυροφραγματα 8,5m x 3,8m
Υψόμετρο στέψης: 1.303, 60 m
Παροχή: 160 m³/sec

Εκκενωτής

Θέση: Δεξιό αντέρεισμα του κυρίως φράγματος
Τύπος: Μεταλλικός αγωγός, διαμέτρου 2,5 m, σκυροδετημένος και εγκυβωτισμένος στο σώμα του φράγματος
Υψόμετρο πυθμένα εισόδου: 1.305 m
Υψόμετρο πυθμένα εξόδου: 1.275,5 m
Παροχή: 80 m³/sec
Ρύθμιση Λειτουργίας: Ένα θυρόφραγμα υψηλής πίεσης και μια βαλβίδα διασποράς στο έργο εξόδου.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Υδροληψία

Τύπος: Κατακόρυφη με σχάρες
Μέσα εμφράξεως: ασκοί εμφράξεως
Υψόμετρο πυθμένα: 1.306, 5 m

Φρέαρ Θυροφράγματος

Θέση: 100 m καπάντη της υδροληψίας
Διάμετρος (εσωτ): 3,5 με 5,40 m
Ύψος: 40 m
Μέσα εμφραξης: θυρόφραγμα και ασκοί εμφραξης

Αγωγός Προσαγωγής

Σήραγγα Προσαγωγής

Διάμετρος εσωτ: 3,5 m
Μήκος: 2.990 m
Επένδυση: Σκυρόδεμα μέχρι τον πύργο ανάπασης (εκτόνωσης)
Παροχή: 44,5 m³/sec

Άνω βαλβίδα

Διάμετρος: 3m
Τύπος: Πεταλούδα

Πύργος Εκτόνωσης

Διάμετρος εσωτ: 7 m
Ύψος: 90 m
Επένδυση: Σκυρόδεμα

Κεκλιμένος αγωγός

Διάμετρος εσωτ: 3 m
Μήκος: 650 m
Επένδυση: Μεταλλική επένδυση σκυροδετημένη περιφερειακά

Κατακόρυφος αγωγός

Θέση: 1.700 m ΒΑ της Χρυσοβίτσας
Διάμετρος εσωτ: 2,8 m
Ύψος: 440 m
Επένδυση: Μεταλλική επένδυση σκυροδετημένη περιφερειακά

Σταθμός Παραγωγής

Σταθμός Παραγωγής

Θέση: 1.700 m ΒΑ Χρυσοβίτσας
Τύπος: Υπόγειος
Αριθμός μονάδων: 2

Στρόβιλοι

Τύπος: PELTON κατακόρυφου τύπου μιας ταχύτητας
Ονομαστική ισχύς: 120 MW
Εγκαταστημένη ισχύς: 105 MW
Αριθμός στροφών: 428 στρ/μίν
Ύψος πτώσης: 685 m

Γεννήτριες

Τύπου κατακόρυφου άξονα
Ονομαστική Ισχύς: 122 MW & συντελεστής ισχύος 0,9
Τάση - Συχνότητα: 15,75 KV - 50 Hz

Μετασχηματιστές

Δύο τριφασικοί
Ονομαστική ισχύς: 122 MW
Τάσεις (υψηλή - χαμηλή): 161/17, 5 KW
Συχνότητα: 50 Hz

Υποσταθμός 150/20 KV

Θέση: Τοποθετημένος σε επίχωμα περίπου 200 m από την είσοδο της σήραγγας προσπέλασης
Εισερχόμενες γραμμές: 2 των 150 KV
Εξερχόμενες γραμμές: 3 των 50 KV

Σήραγγα φυγής

Θέση: Ανατολικά της Χρυσοβίτσας, με έργα εξόδου στην κοίτη του ποταμού Μετσοβίτικου
Διάμετρος (εσωτ) πεταλοειδούς διατομής: 4,7 m
Μήκος μέχρι το έργο εξόδου: 2.900m
Παροχή: 46,5 m³/sec

Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα

Εκτίμηση βασικών μεγεθών

Σε θέση ποταμού με μέση ετήσια εισροή $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$, προγραμματίζεται η κατασκευή φράγματος για την δημιουργία ταμιευτήρα. Το μέσο καθαρό ύψος πτώσης για την παραγωγή ενέργειας είναι 100 m και η μέση ετήσια λειτουργία ΥΗΣ είναι 3000 hr

$$I = \rho * g * Q * H * \eta$$

I: ισχύς (W)

ρ : πυκνότητα νερού 1000 kg/m^3

g : επιτάχυνση βαρύτητας 9.81 m/s^2

Q: παροχή m^3/s

H: υψομετρική διαφορά m ,

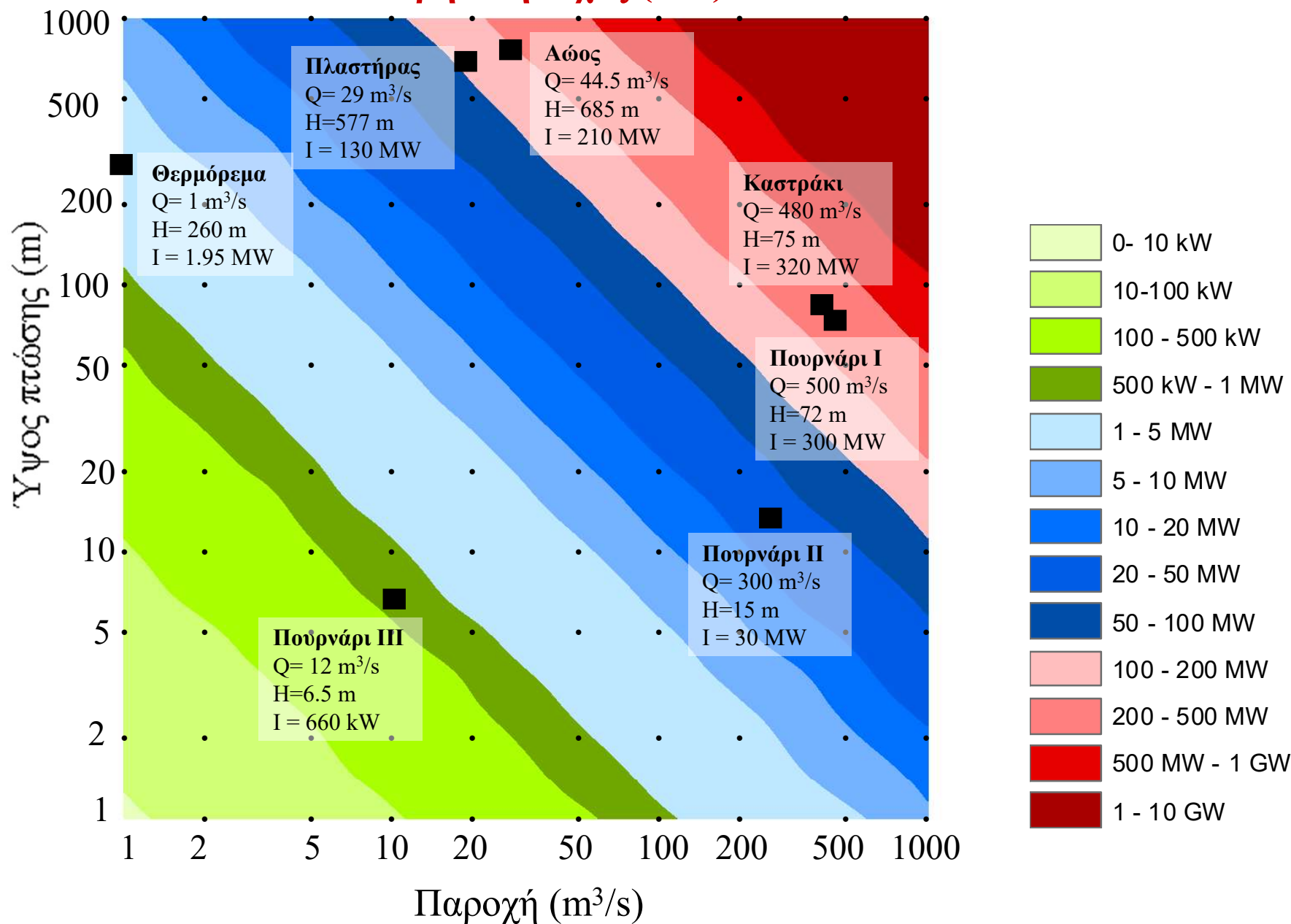
η : συνολικός βαθμός απόδοσης 90%

$$I = 1000 * 9.81 * 50 * 100 * 0.9 = 44.145.000 \text{ W} = 44.1 \text{ MW}$$

$$E = 44.145.000 \text{ W} * 3.000 \text{ hr} = 132.4 \text{ GWh}$$

Μεγάλα και Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα

Θεωρητική ισχύς (kW)



Υδροστρόβιλοι

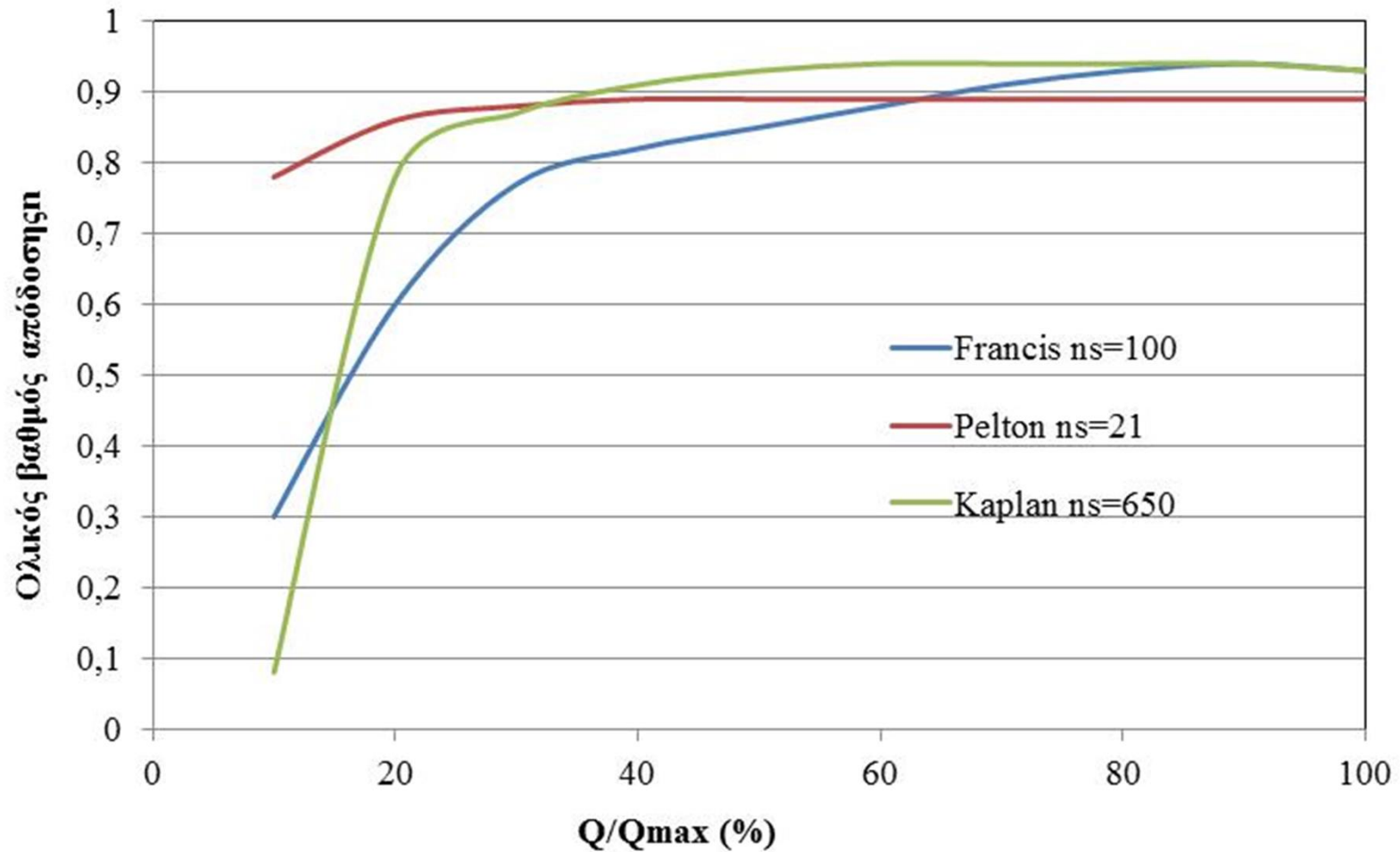
Η κύρια συνιστώσα ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι ο υδροστρόβιλος. Η επιλογή του γίνεται με βάση το ύψος και την παροχή της υδατόπτωσης και τον υπολογιζόμενο αριθμό στροφών. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι υδροστροβίλων:

- **Δράσης.** Το υδατόρευμα προσπίπτει μέσω ακροφυσίου με μορφή τζετ στην εσωτερική στεφάνη. Επιλέγεται όταν υπάρχει μεγάλο ύψος υδατόπτωσης (Pelton)
- **Ανάδρασης** (Francis και Kaplan). Όλος ο δρομέας είναι βυθισμένος στο νερό και υπάρχει εισροή από όλη την περιφέρεια. Ο *Francis* χρησιμοποιείται για μεσαίες τιμές υδραυλικού φορτίου (10-150 m) και αποδίδει καλύτερα όταν η ταχύτητα του νερού είναι παραπλήσια με αυτήν των πτερυγίων του. Ο *Kaplan* χρησιμοποιείται όταν το ύψος της υδατόπτωσης είναι χαμηλό αλλά η παροχή μεγάλη.



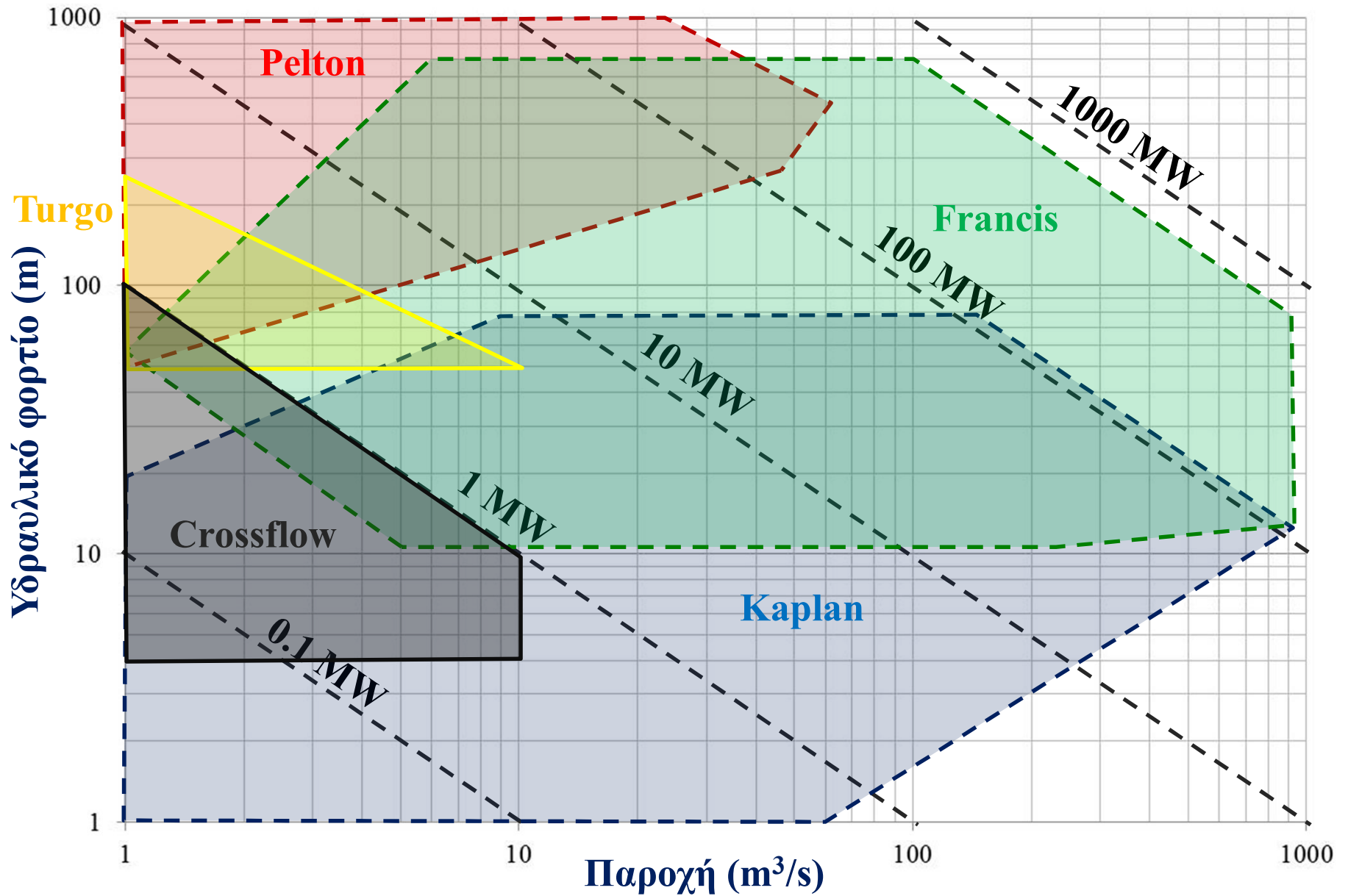
Μεγάλα και Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα

Καμπύλες στροβίλων



Μεγάλα και Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα

Επιλογή στροβίλων



Ορισμός-Κατηγορίες Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (ΜΥΗΕ)

Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία Μικρό είναι ένα Υδροηλεκτρικό Έργο εγκατεστημένης ισχύος μέχρι 15 MWp. Ένας τυπικός Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (ΜΥΗΣ), εκμεταλλεύεται τη δυναμική ενέργεια του νερού με μετατροπή της αρχικά σε κινητική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Η εγκατάσταση ενός ΜΥΗΣ, αξιοποιεί την υψομετρική διαφορά της φυσικής πτώσης των νερών και μέσω ενός υπό πίεση υδραυλικού συστήματος, διοχετεύει το νερό σε ένα στρόβιλο. Ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο, συνήθως διαθέτει απλά μία ορεινή υδροληψία, ή και ένα μικρό ταμιευτήρα, για περιορισμένη ρύθμιση της ροής.

Ως προς την ονομαστική ισχύ

- micro (< 0.1 MW)
- mini (0.1-1 MW)
- μικρό (1-10 MW)

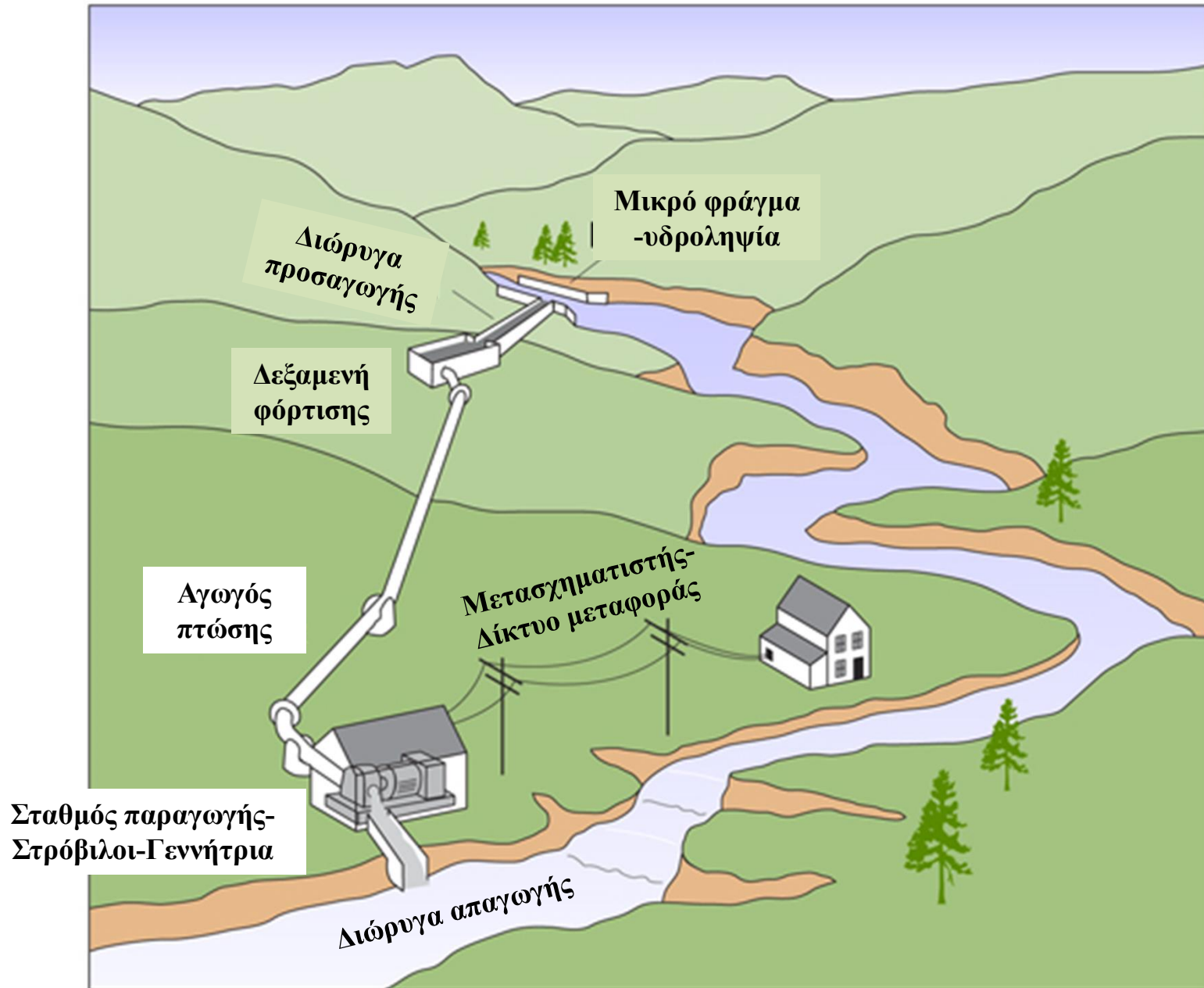
Ως προς το ύψος πτώσης

- μικρού ύψους (< 20 m)
- μέσου ύψους (20 - 150 m)
- μεγάλου ύψους (> 150 m)

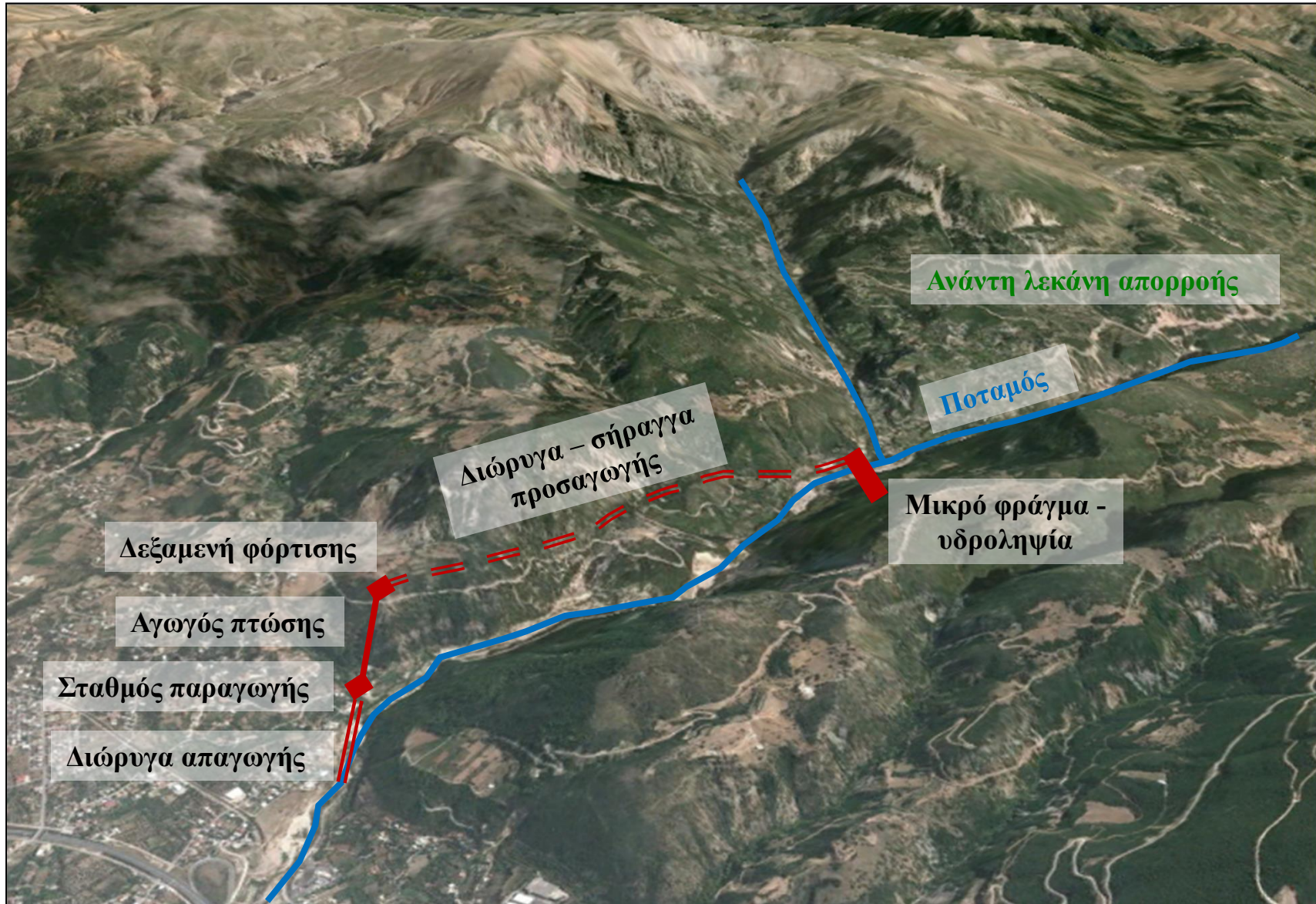
Ποιοι οι βασικοί νόμοι που διέπουν την ανάπτυξη των ΜΥΗΕ:

- ν. 1739/1987 περί διαχείρισης των υδατικών πόρων
- ν. 3199/2003 περί διαχείρισης των υδατικών πόρων
- ν. 3468/2006 περί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ
- ν. 3614/2007 Αναπτυξιακός-Ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ

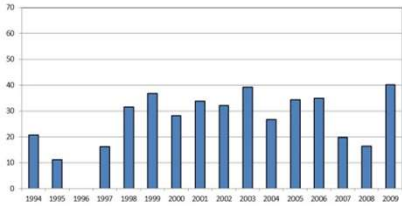
Συνιστώσες ενός τυπικού ΜΥΗΕ



ΜΥΗΕ Γλαύκου

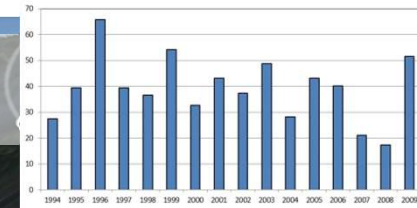


ΜΥΗΕ Γλαύκου



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

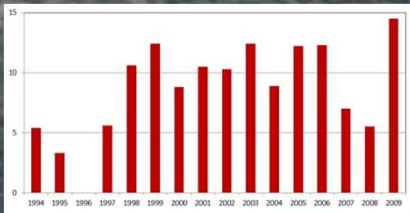
Μέση ετήσια παροχή (1994-2009)
39.1 hm³ (1.24 m³/s)



Υδροληψία

Αγωγός πτώσης
Ύψος πτώσης: 150 m

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

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

Υδρευση Πάτρας

Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα

ΜΥΗΕ Αγ. Βαρβάρας (0.9 MW)



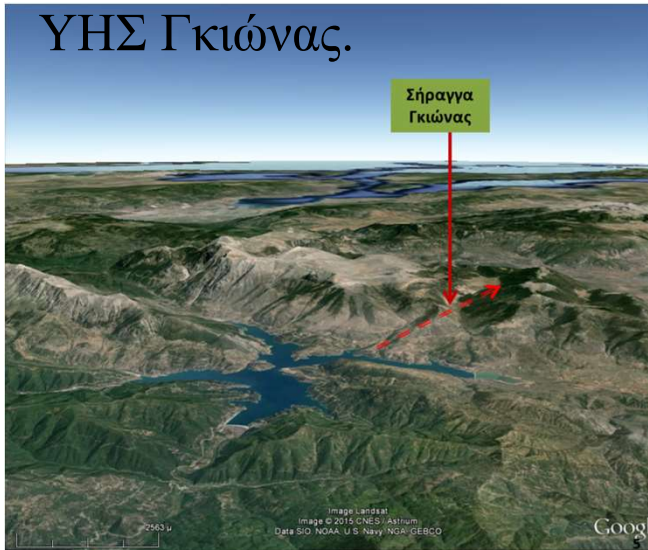
Έχει κατασκευαστεί στον πόδα του αναρρυθμιστικού φράγματος Αγίας Βαρβάρας της ΔΕΗ και αξιοποιεί την οικολογική παροχή του ποταμού Αλιάκμονα. Περιλαμβάνει μία μονάδα Kaplan S-type οριζοντίου άξονα. Είναι σε λειτουργία από το Μάρτιο του 2008 και έχει μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 4 GWh.

Πηγή: ΔΕΗ ανανεώσιμες

ΜΥΗΕ ως προσθήκη ΜΥΗΕ στο υδραγωγείο Μόρνου (ΥΗΣ Γκιώνας)

Σε πολλές περιπτώσεις μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την υδραυλική ενέργεια που προέρχεται από άλλες χρήσεις. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το υδραγωγείο που μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα Μόρνου για την ύδρευση της Αθήνας. Σε συγκεκριμένα σημεία υπάρχουν μικρά υδροηλεκτρικά έργα με σημαντικότερο τον

ΥΗΣ Γκιώνας.



Ο ΥΗΣ Γκιώνας (ανήκει στη ΔΕΗ) βρίσκεται κοντά στην πόλη της Άμφισσας και αξιοποιεί μέρος της διερχόμενης παροχής νερού ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ.

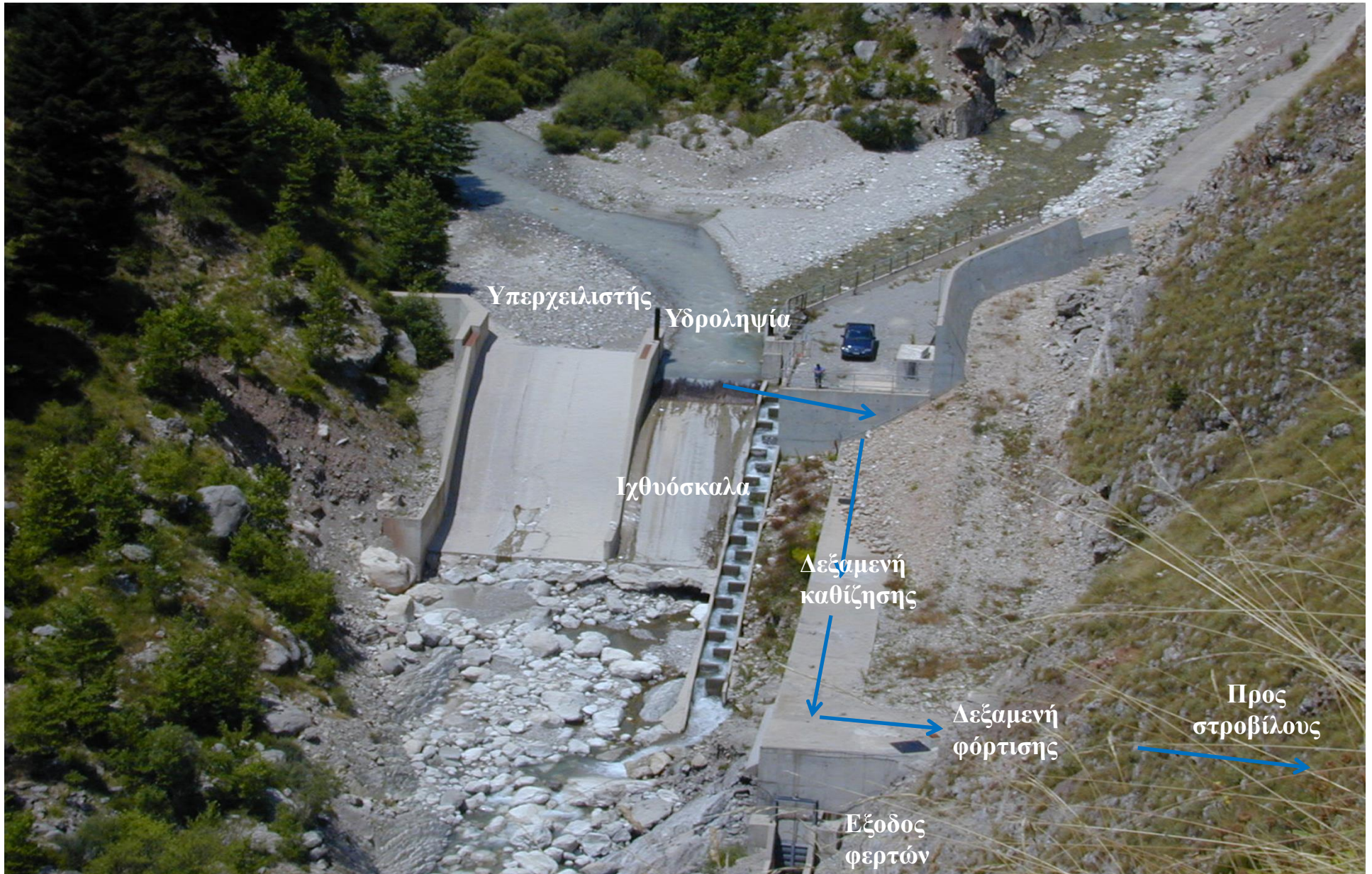
Η παροχή λειτουργίας του κυμαίνεται από 7.8 ως 14.5 m³/s, και το ύψος πτώσης του από 30.0 ως 66.1 m.

Το έργο έχει ονομαστική ισχύ 8.67 MW, είναι σε λειτουργία από το 1987 και έχει μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 34 GWh



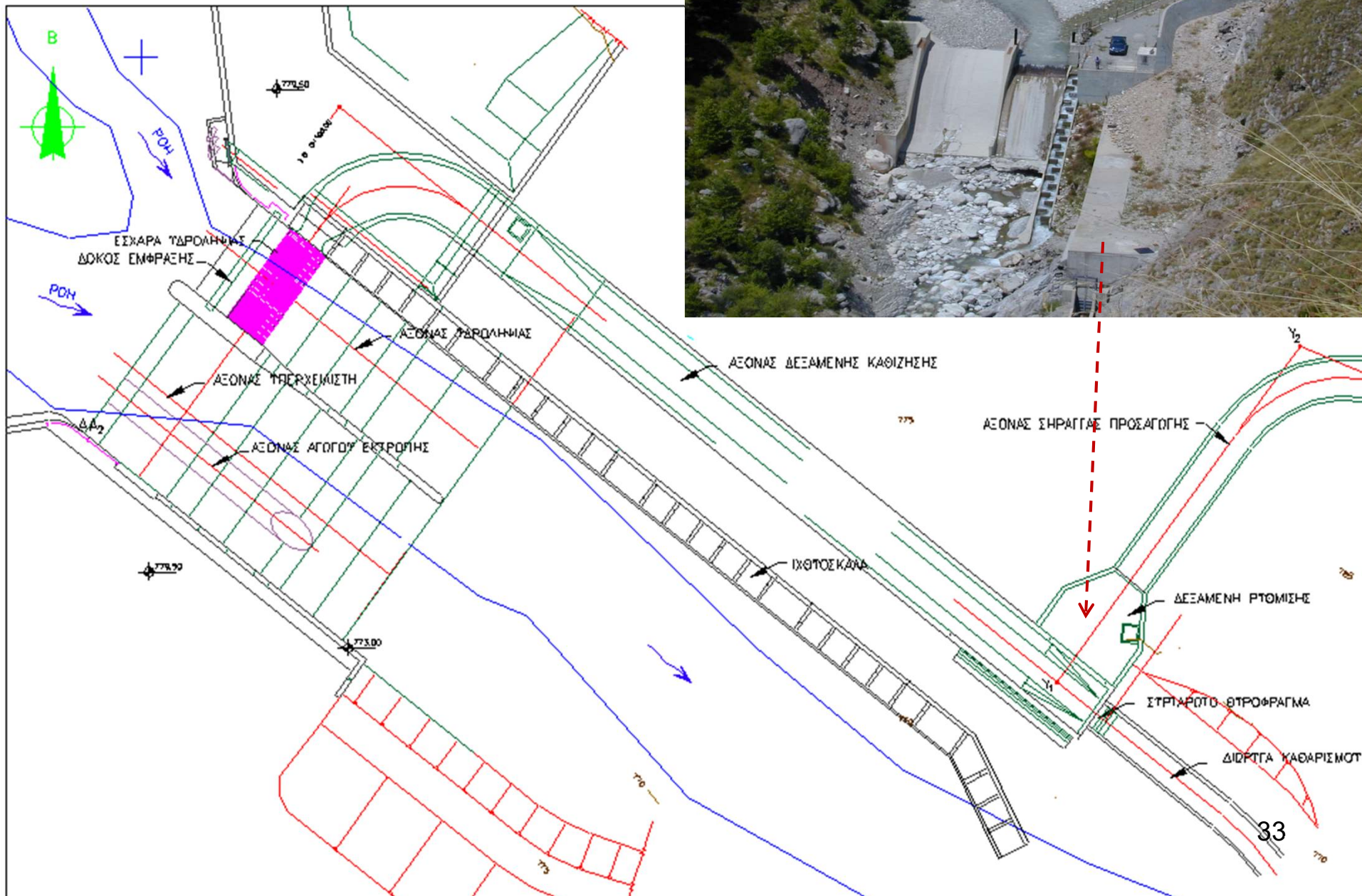
Συνιστώσες ΜΥΗΕ

Θεοδώριανα



Συνιστώσες ΜΥΗΕ

Θεοδώριανα



ΜΥΗΣ Θεοδώριανων



ΜΥΗΣ Θεοδώριανων



Οικολογική παροχή

Οι βασικές μεθοδολογίες εκτίμησης της Οικολογικής Παροχής λαμβάνουν υπόψη:

- τις ιστορικές παροχές του ποταμού
- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών
- την διατήρηση του ποταμού ως ενδιαίτημα για συγκεκριμένα είδη, υγροβιότοπο και φυσικό τοπίο

Έτσι η οικολογική παροχή μπορεί να εκτιμηθεί με βάση

- τα στατιστικά χαρακτηριστικά της χρονοσειράς παροχών (ως ποσοστό της ετήσιας ή θερινής απορροής ή με βάση την καμπύλη διάρκειας)
- την υγρή περίμετρο σε συγκεκριμένες διατομές
- τους όγκους νερού που απαιτούνται για τη διατήρηση συγκεκριμένων ειδών και υγροβιοτόπων

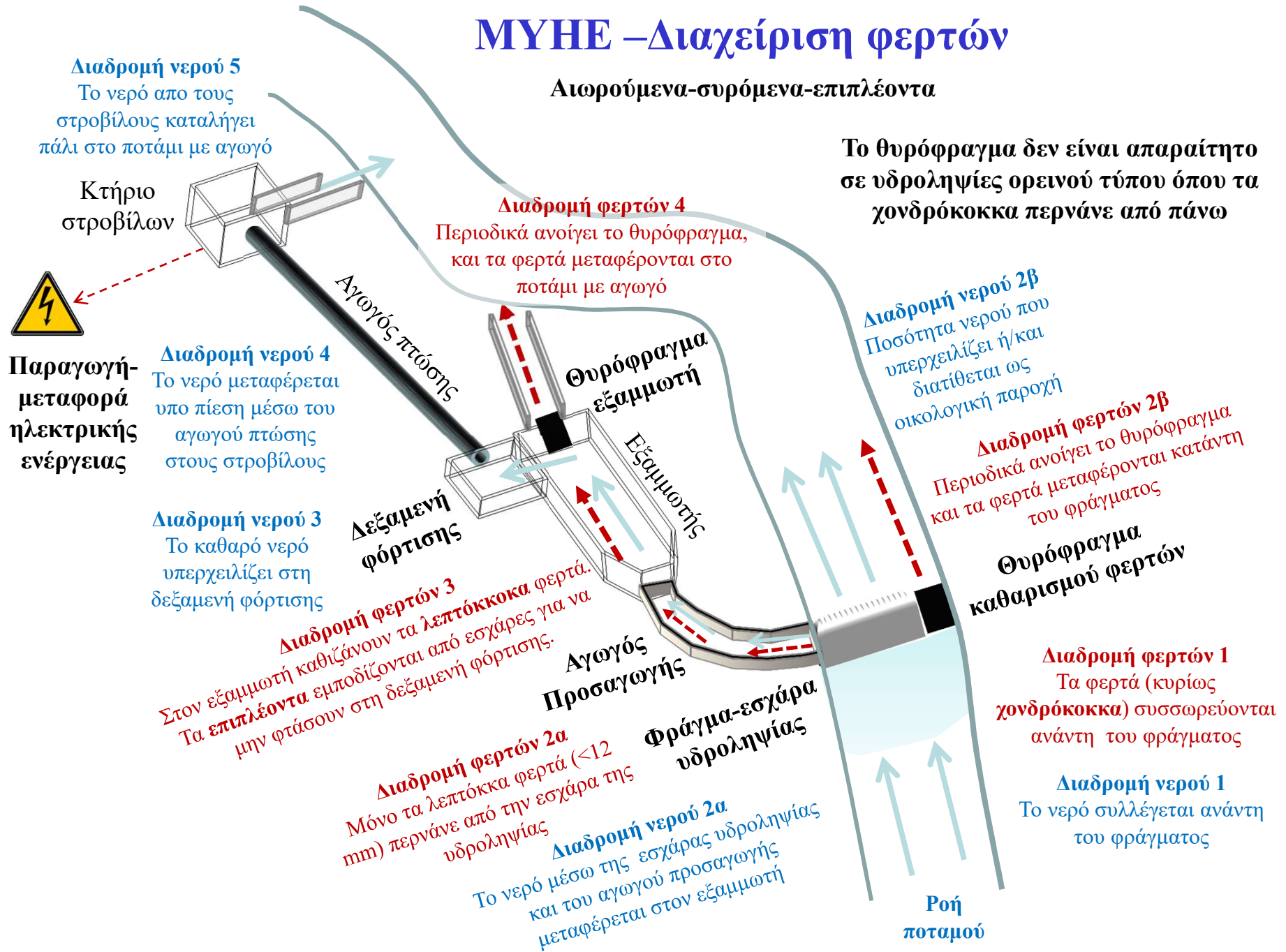
....ως ελάχιστη απαιτούμενη οικολογική παροχή νερού που παραμένει στη φυσική κοίτη υδατορεύματος, αμέσως κατόπιν του έργου υδροληψίας του υπό χωροθέτηση Μ.ΥΗ.Ε., πρέπει να εκλαμβάνεται το μεγαλύτερο από τα πιο κάτω μεγέθη, εκτός αν απαιτείται τεκμηριωμένα η αύξησή της, λόγω των απαιτήσεων του κατόπιν οικοσυστήματος (ύπαρξη σημαντικού οικοσυστήματος):

- 30% της μέσης παροχής των θερινών μηνών Ιουνίου-Ιουλίου-Αυγούστου ή
- 50% της μέσης παροχής του μηνός Σεπτεμβρίου ή
- 30 lt/sec σε κάθε περίπτωση.

Ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού, ΥΠΕΧΩΔΕ 2008

ΜΥΗΕ – Διαχείριση φερτών

Αιωρούμενα-συρόμενα-επιπλέοντα



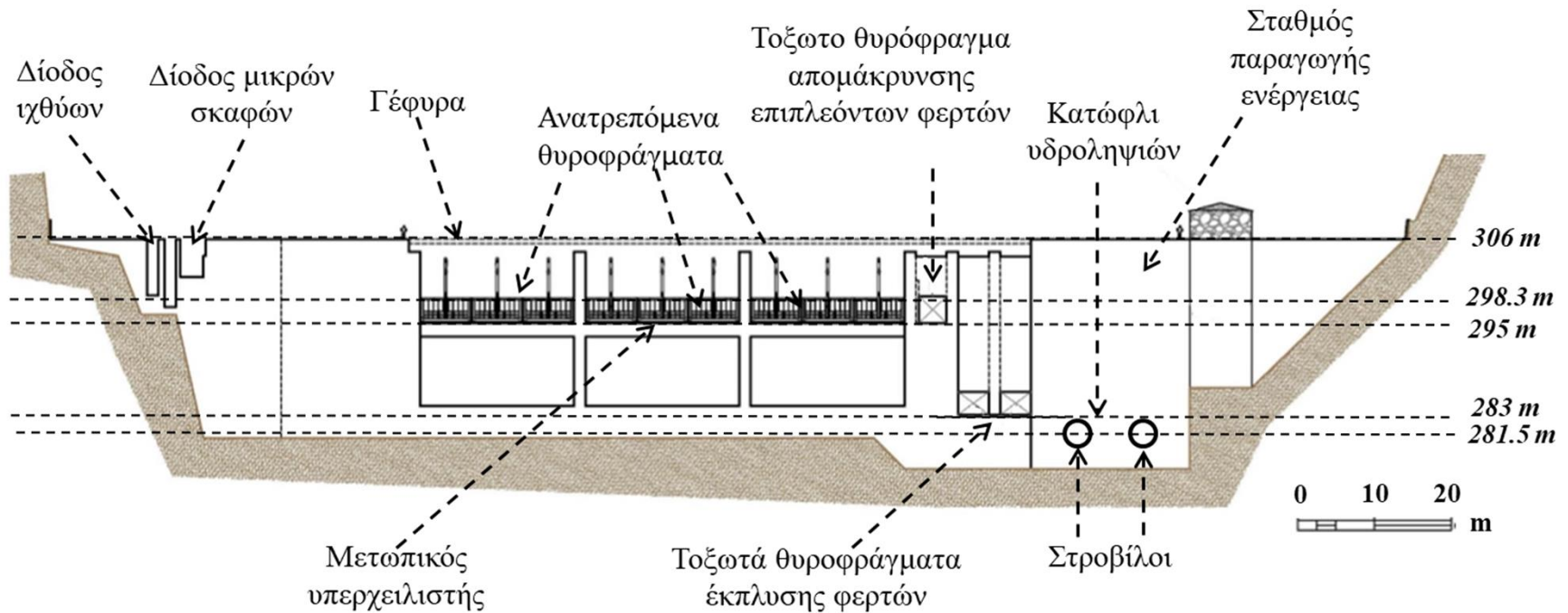
ΜΥΗΕ – Διαχείριση φερτών

Δαφνοζωνάρα

2 στροβίλοι Kaplan S-Type, ισχύος 5.93 MW (5-40 m³/sec). Μέση ετήσια παραγωγή 40 GWh.

Υπερχειλιστής και ανατρεπόμενα θυροφράγματα

Δίοδοι ιχθύων και μικρών σκαφών

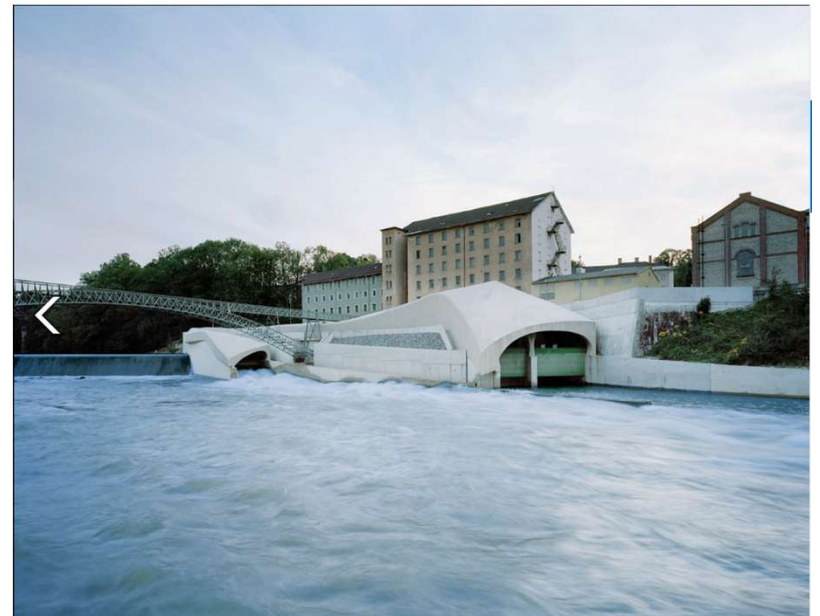


Τα ΜΥΗ ως έργα τέχνης

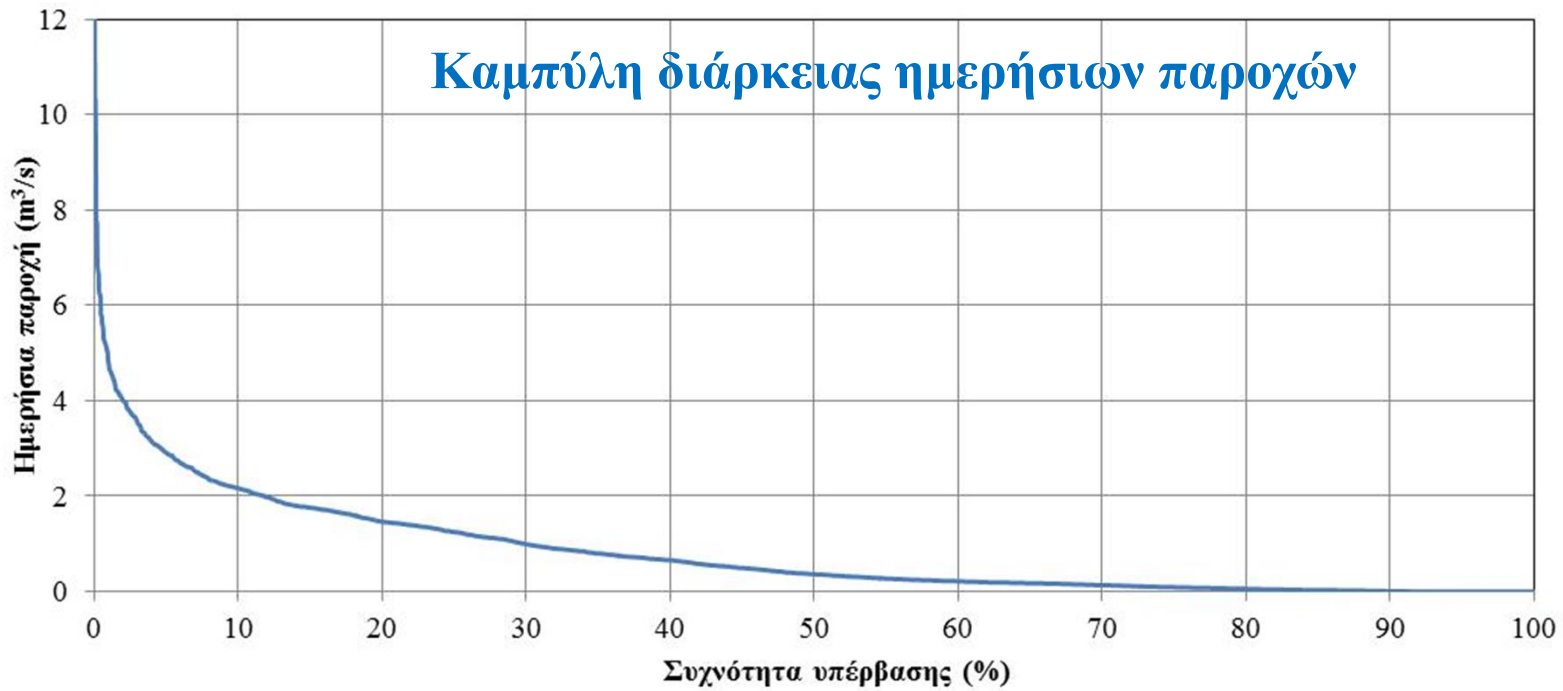
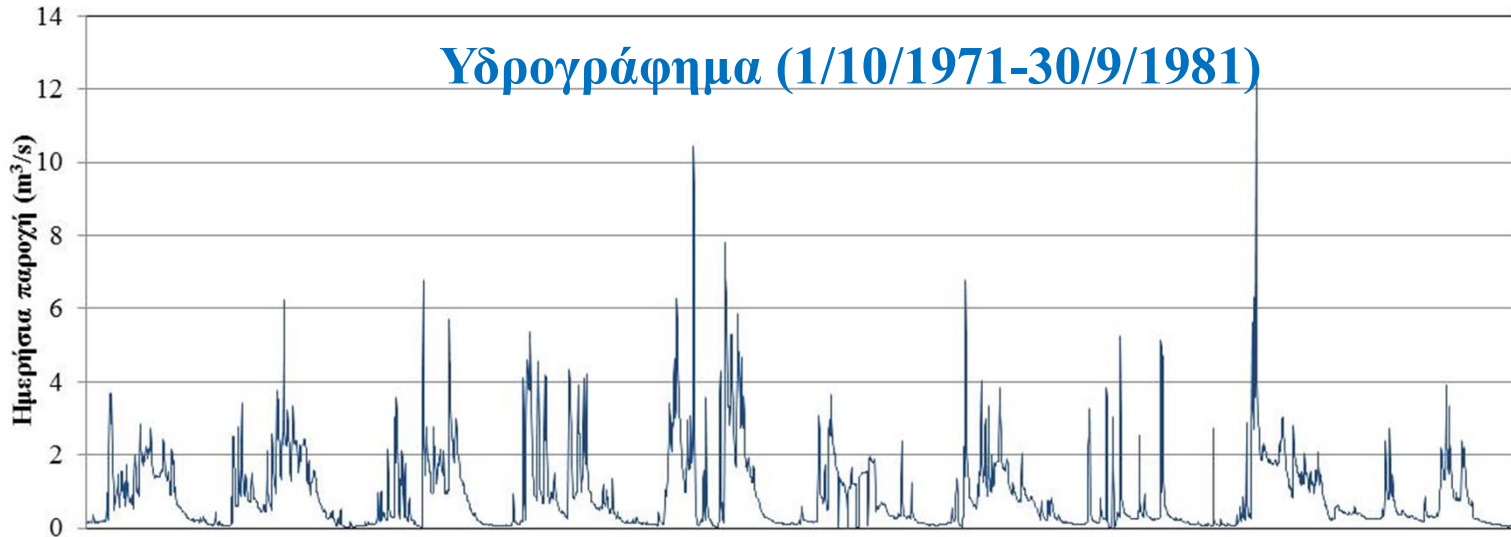
Ovre Forsland, Νορβηγία



Kempten, Γερμανία

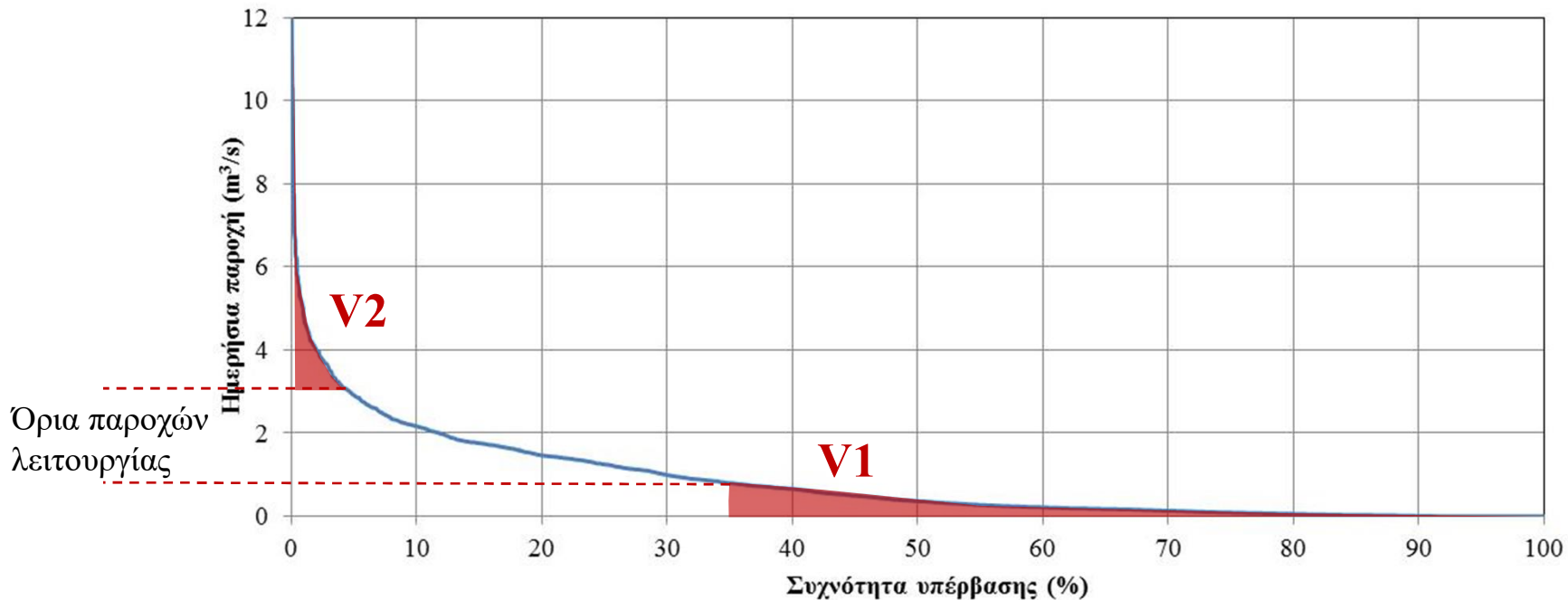


Υδατικό δυναμικό θέσης



Κανόνες σχεδιασμού

- Συνήθως οι στρόβιλοι εκμεταλλεύονται παροχές κατ' ελάχιστο μέχρι 10% έως 40% της παροχής που αντιστοιχεί στην ονομαστική παροχή σχεδιασμού τους, ανάλογα με τον τύπο τους (Pelton - Francis αντίστοιχα)
- Οι όγκοι V1 και V2 δεν αξιοποιούνται ενεργειακά. Ο όγκος V1 εξαρτάται από το ελάχιστο της λειτουργίας του μικρότερου στρόβιλου και ο V2 από το μέγιστο της λειτουργίας του μεγαλύτερου στρόβιλου
- Επιδιώκεται ελαχιστοποίηση των όγκων V1 και V2 επιλέγοντας στρόβιλους διαφορετικού μεγέθους.
- Απαιτείται η εκμετάλλευση, για την παραγωγή ενέργειας, τουλάχιστον του 75% του καθαρού διαθέσιμου υδάτινου δυναμικού της θέσης
- Ο σταθμός παραγωγής απαιτείται να έχει συντελεστή φορτίου (load factor) όχι μικρότερο του 30%, δηλαδή να λειτουργεί τουλάχιστον περί τις 2600 ώρες το χρόνο

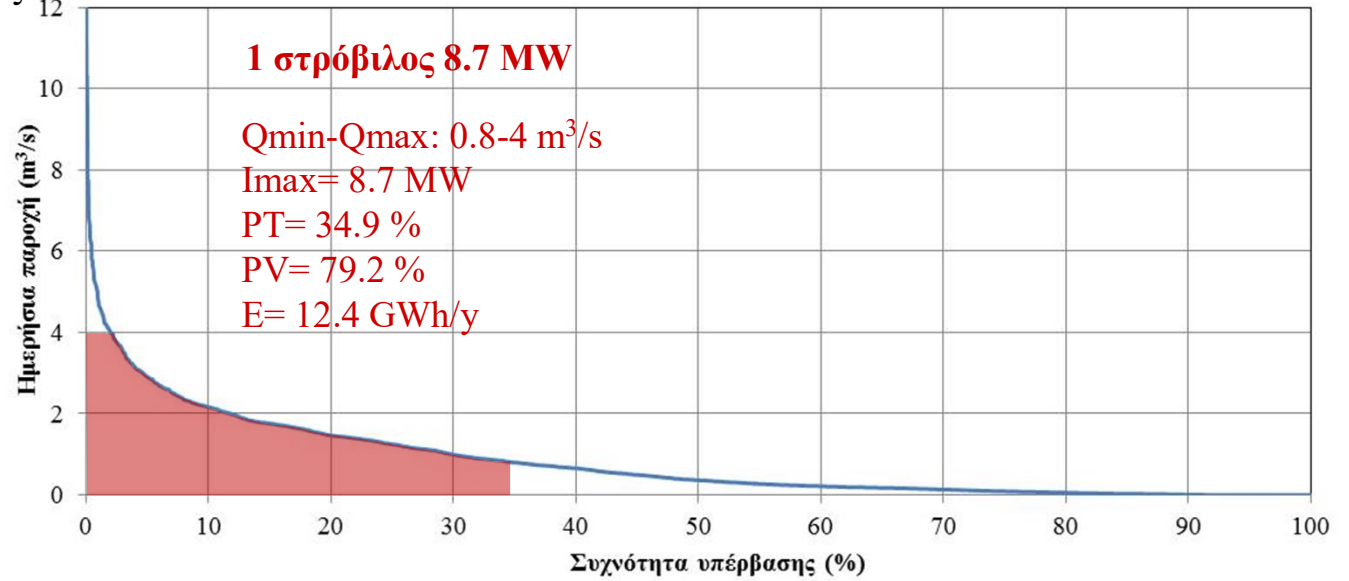


Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

Επιλογή στροβίλων

ΔΕΔΟΜΕΝΑ Θεωρητική ισχύς για
 διάφορες παροχές

	Q (m ³ /s)	I (MW)
H=260 m	0.5	1.1
ρ=1000 kg/m ³	1	2.2
g=9.81 m/s ²	1.5	3.3
n=0.85	2	4.3
	2.5	5.4
	3	6.5
	4	8.7
	5	10.8
	10	21.7



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Q_{min}, Q_{max}:

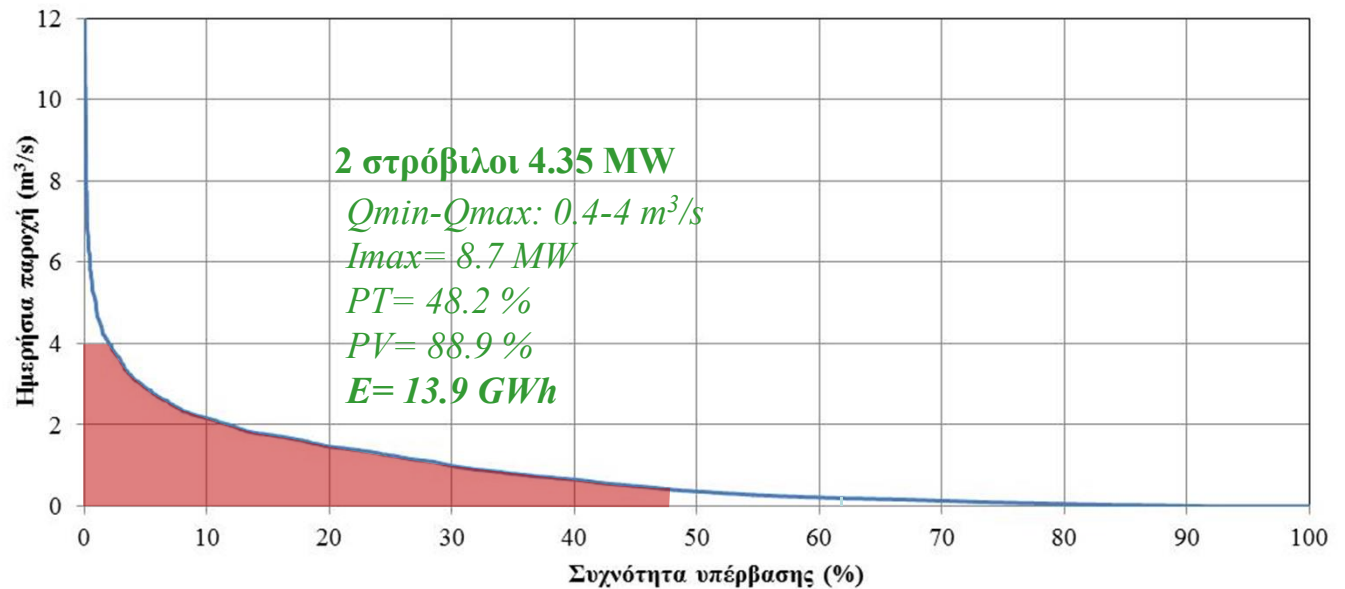
Ελάχιστη, μέγιστη παροχή εκμετάλλευσης (m³/s)

I_{max}: Ισχύς στη μέγιστη παροχή εκμετάλλευσης (MW)

PT: Ποσοστό χρόνου λειτουργίας στο έτος (%)

PV: Ποσοστό όγκου νερού που χρησιμοποιείται (%)

E: Συνολική ετήσια ενέργεια (GWh/y)



Άντληση-ταμίευση

Περίπτωση 1. Έλλειψη ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Ανάγκη ηλεκτροπαραγωγής.

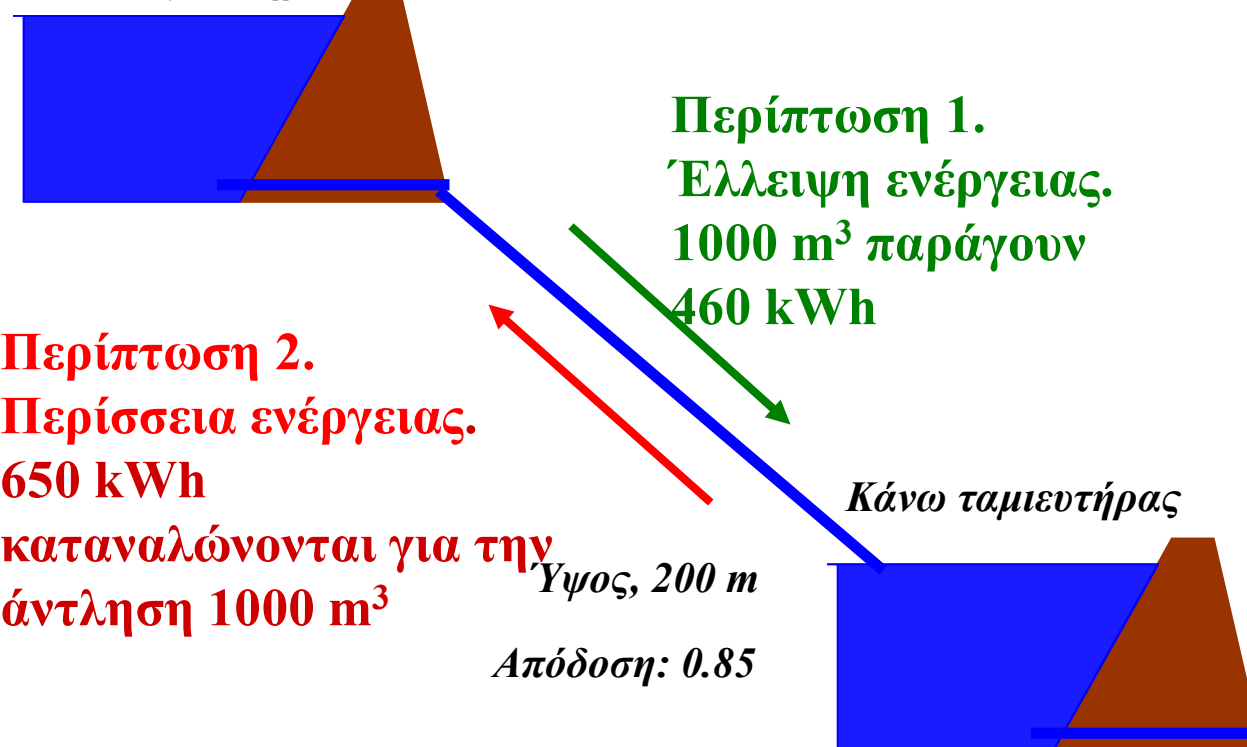
1000 m³ μεταφέρονται από τον πάνω ταμιευτήρα στον κάτω και παράγουν περίπου 460 kWh

Περίπτωση 2. Περίσσεια ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας.

1000 m³ αντλούνται από τον κάτω ταμιευτήρα στον πάνω και καταναλώνονται περίπου 650 kWh

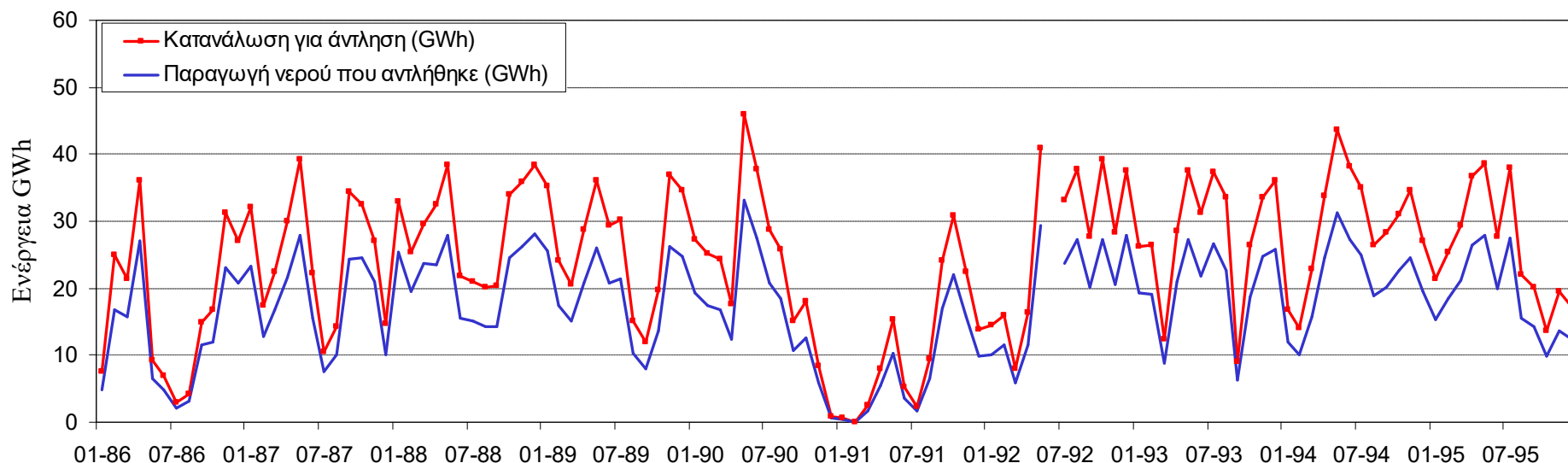
Πάνω ταμιευτήρας



Τα συστήματα αντλησοταμίευσης αποθηκεύουν την περίσσεια ενέργειας χάνοντας ένα 30%. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή της ενέργειας είναι μισή στις περιόδους περίσσεια, υπάρχει οικονομικό όφελος από την όλη διαδικασία ⁴³

Συστήματα άντλησης ταμίευσης στην Ελλάδα

Λειτουργία Σφηκιάς 315 MW (1986-1995)



Μέση κατανάλωση άντλησης: 0.193 kW/m^3

Μέση παραγωγή αντλούμενου νερού: 0.138 kW/m^3

Επανάκτηση του 71.5% της ενέργειας άντλησης

Μέση ετήσια παραγωγή: 358 GWh

Μέση ετήσια παραγωγή χωρίς άντληση: 151 GWh

Μέση ετήσια κατανάλωση για άντληση: 288 GWh

Θησαυρός-Πλατανόβρυση (384 MW)

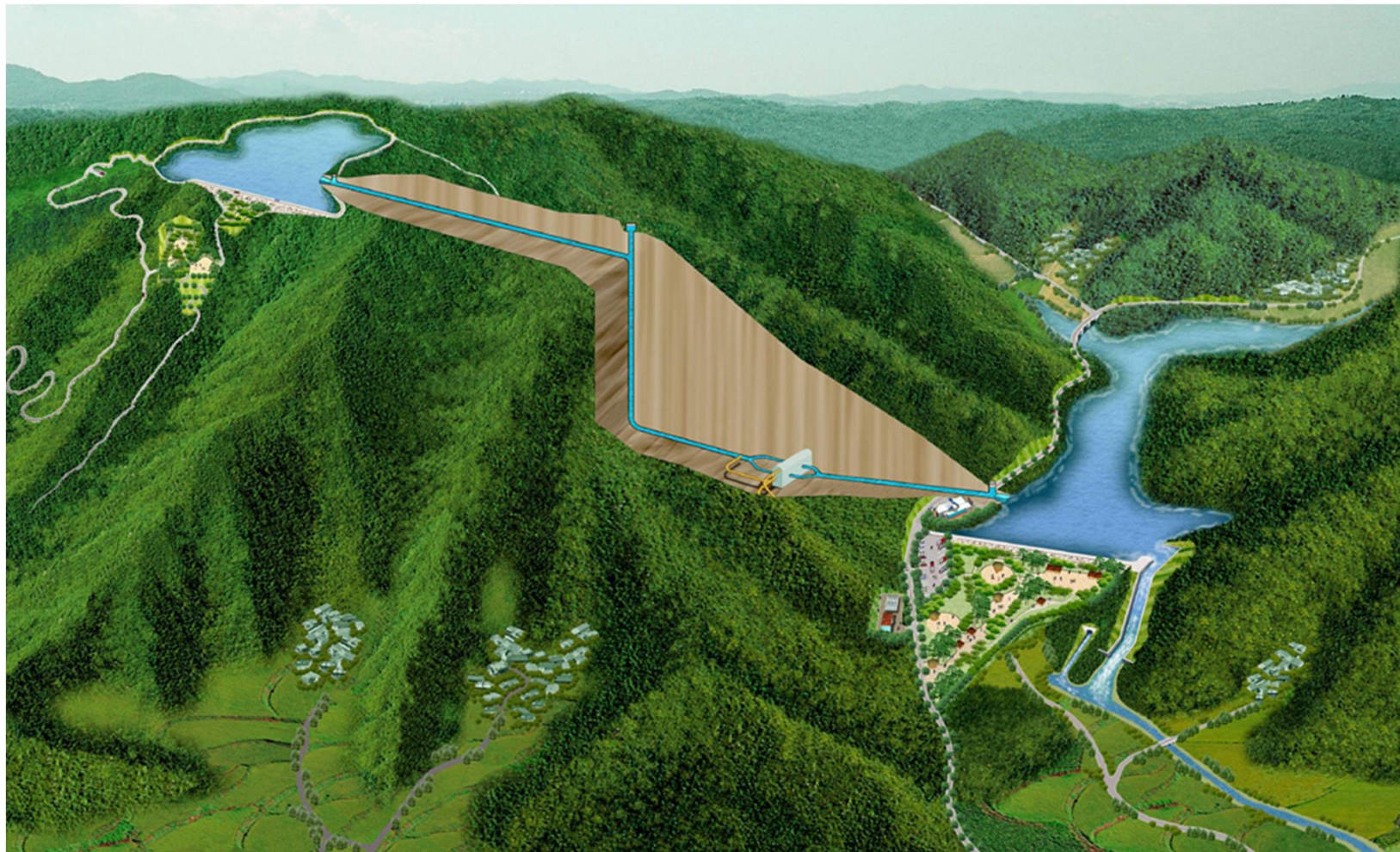
Συμβατική Παραγωγή (από τα νερά του ποταμού) 440 GWh

Παραγωγή από την αναστρέψιμη λειτουργία 615 GWh

Συστήματα άντλησης ταμίευσης

Kazunogawa

Ολοκληρώθηκε το 2001 στην περιοχή Yamnashi-Ken της Ιαπωνίας, ισχύος 1600 MW. Αποτελείται από 2 ταμιευτήρες χωρητικότητας 19.2 και 18.4 hm³ που έχουν υψομετρική διαφορά 685 m. Ο σταθμός παραγωγής ενέργειας βρίσκεται 500 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και συνδέεται με τον άνω και κάτω ταμιευτήρα με σήραγγες μήκους 5 και 3 km.

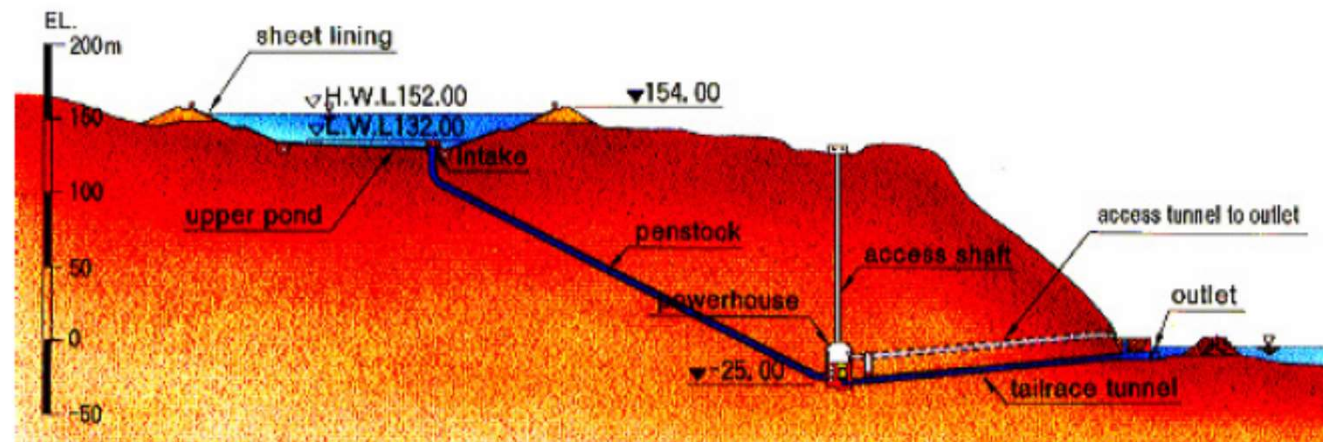


Συστήματα άντλησης ταμίευσης Okinawa

Λειτουργήσε το 1999 στο νησί Okinawa της Ιαπωνίας. Το πρώτο έργο άντλησης-ταμίευσης στον κόσμο που χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό. Έχει ισχύ 30 MW μέγιστο ύψος πτώσης 140 m και μέγιστη παροχή 26 m³/s

Τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν κατά τη λειτουργία:

- Η διήθηση του θαλασσινού νερού από τη δεξαμενή στο έδαφος
- Η προσκόλληση των θαλάσσιων οργανισμών στο εσωτερικό των αγωγών
- Η διάβρωση των στροβίλων και των άλλων μεταλλικών στοιχείων

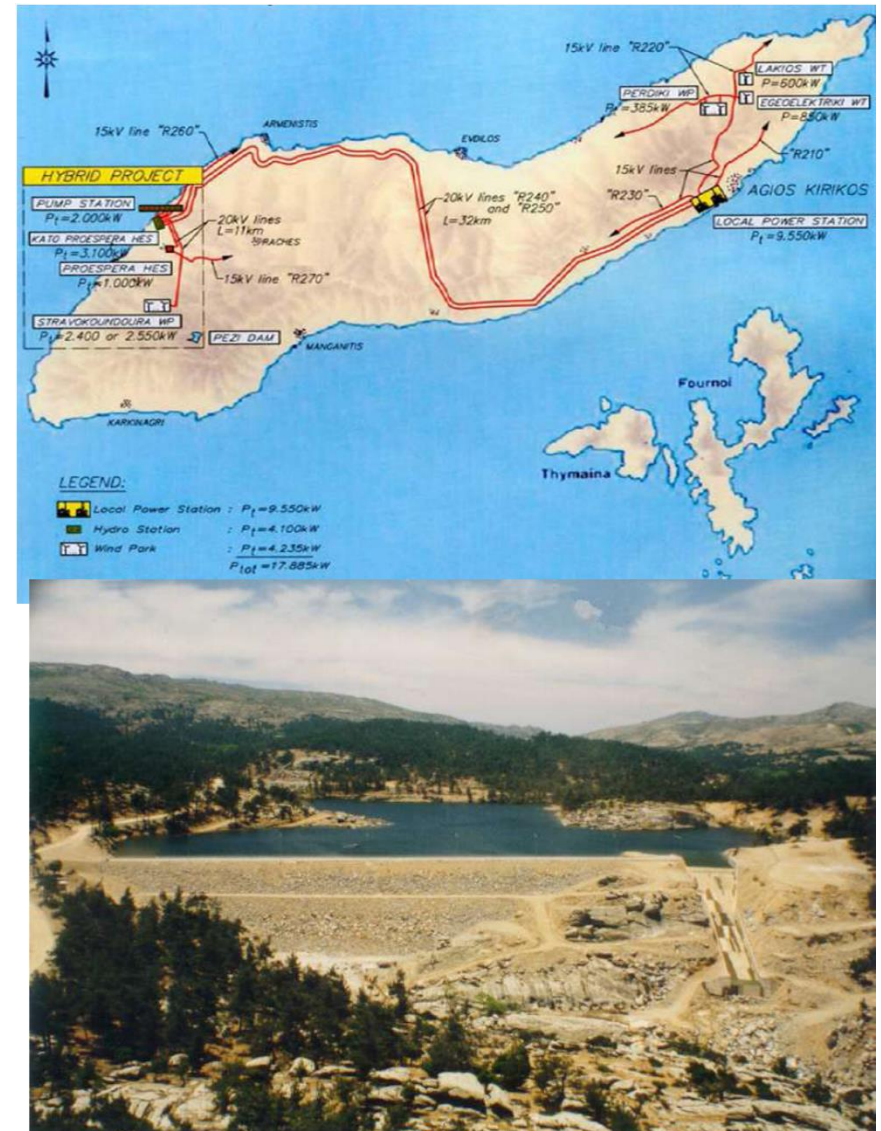


Υβριδικά Συστήματα

Υβριδικό Ενεργειακό Έργο Ικαρίας

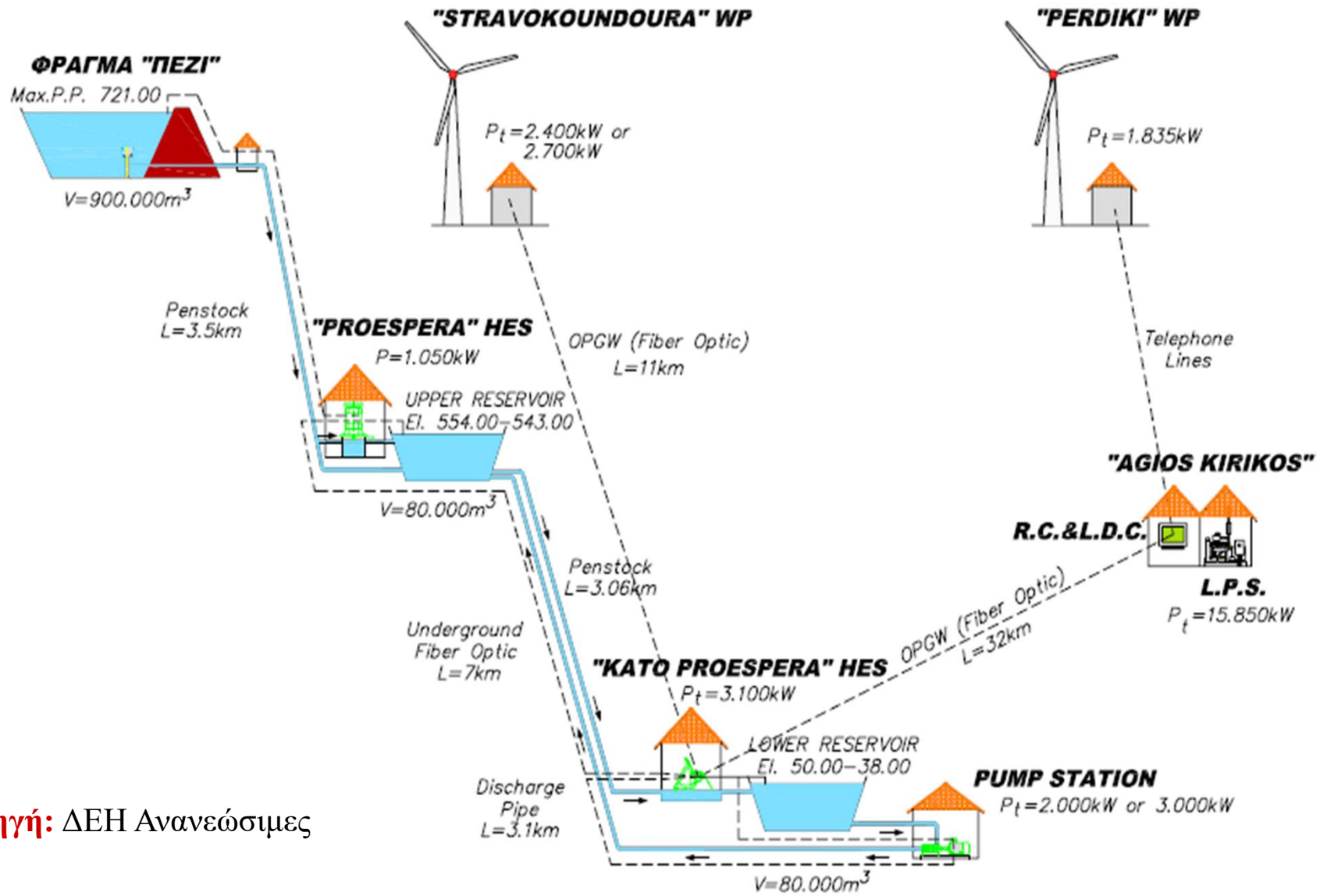
Στην περιοχή Πέζι του Δήμου Ραχών Ικαρία κατασκευάζεται από τη ΔΕΗ υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Το έργο αποτελείται από:

- το υπάρχον φράγμα στο Πέζι χωρητικότητας 1 hm³ νερού
- 2 δεξαμενές νερού (με μικρά φράγματα) στις θέσεις Άνω Προεσπέρα και Κάτω Προεσπέρα, χωρητικότητας (0.08 hm³)
- 2 μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς στις παραπάνω θέσεις, ισχύος 1050 και 3100 kW αντίστοιχα
- 4 ανεμογεννήτριες συνολική ισχύος 2400 kW στη θέση Στραβοκουντούρα με μελλοντική τοποθέτηση άλλων 4 στη θέση Περδίκι συνολικής ισχύος 1835 kW
- ένα αντλιοστάσιο στην Κάτω Προεσπέρα ισχύος 2000 kW
- τον υπάρχοντα θερμικό σταθμό παραγωγής Αγίου Κήρυκου
- το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου Αγίου Κήρυκου



Υβριδικά Συστήματα

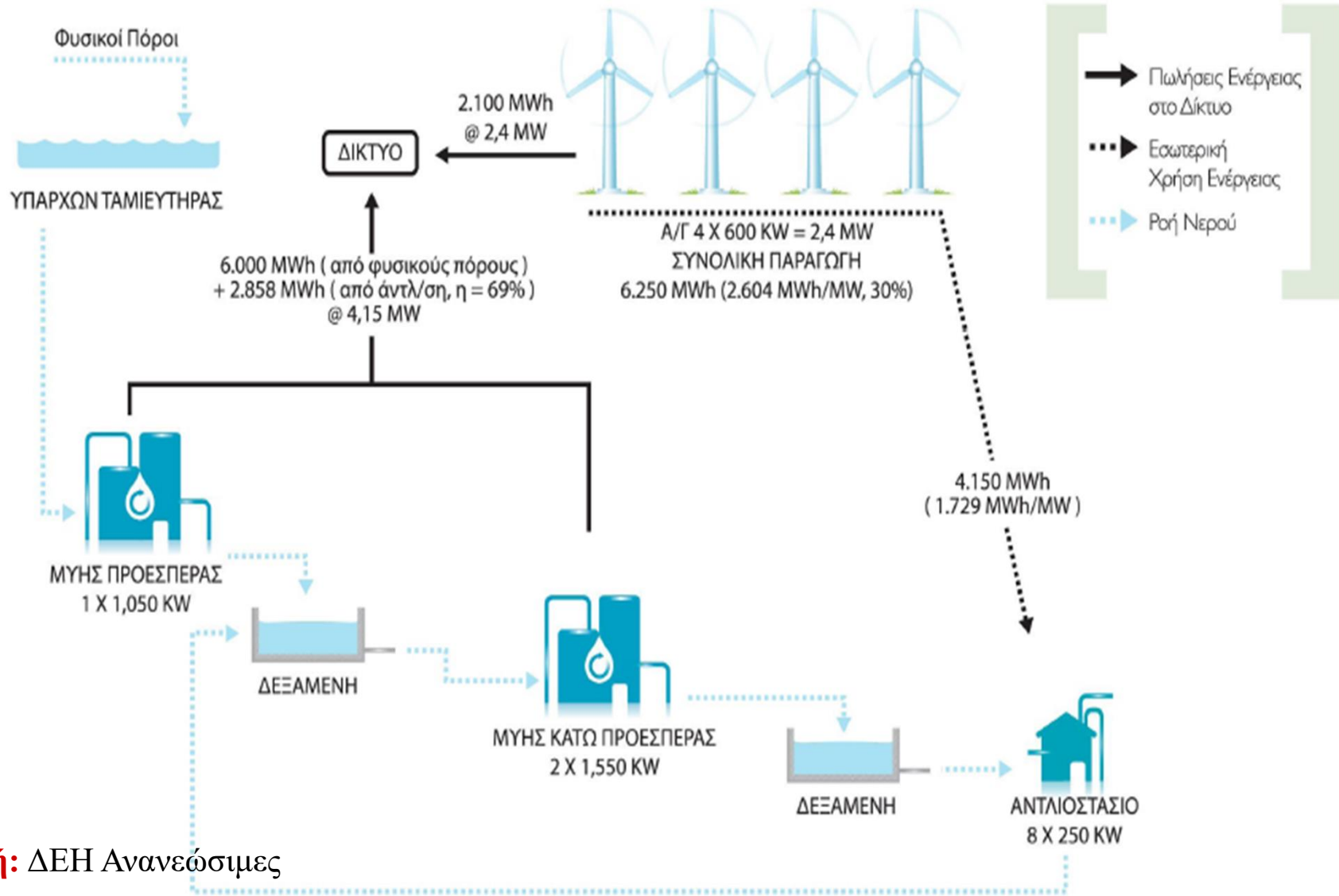
Υβριδικό Ενεργειακό Έργο Ικαρίας



Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες

Υβριδικά Συστήματα

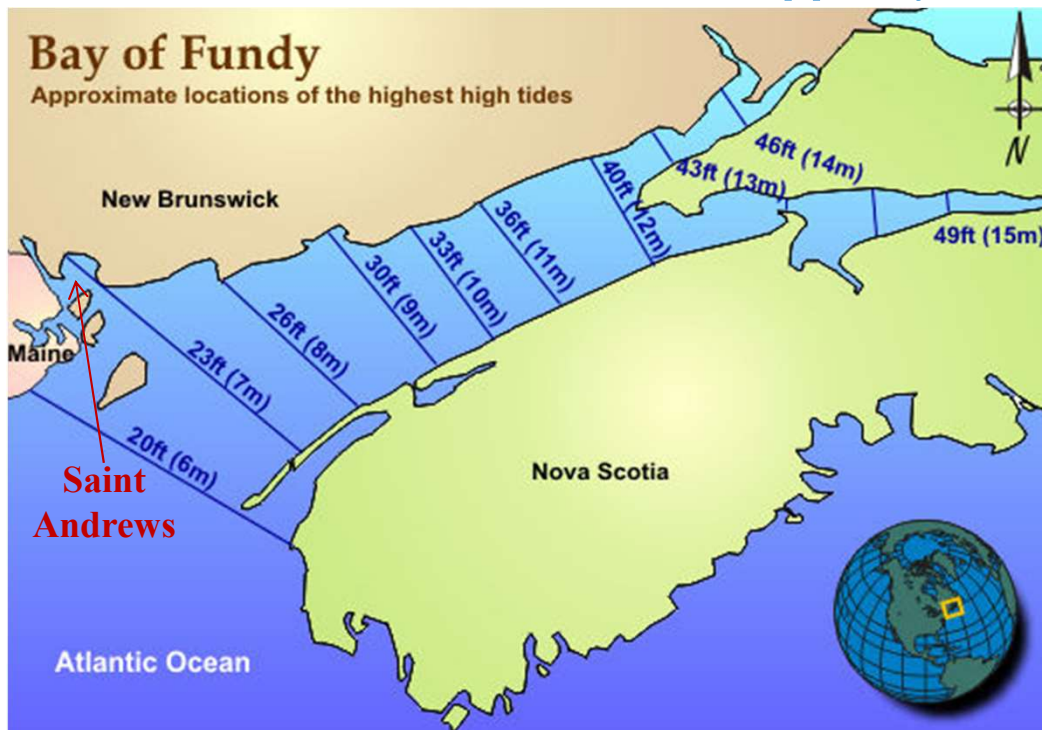
Υβριδικό Ενεργειακό Έργο Ικαρίας



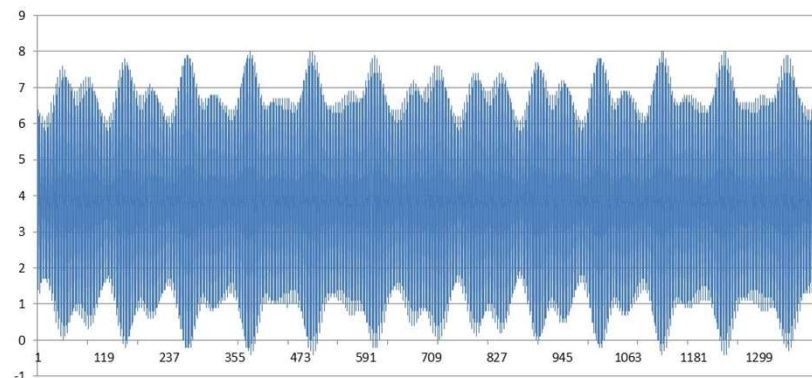
Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες

Παλιρροιακός σταθμός Annapolis

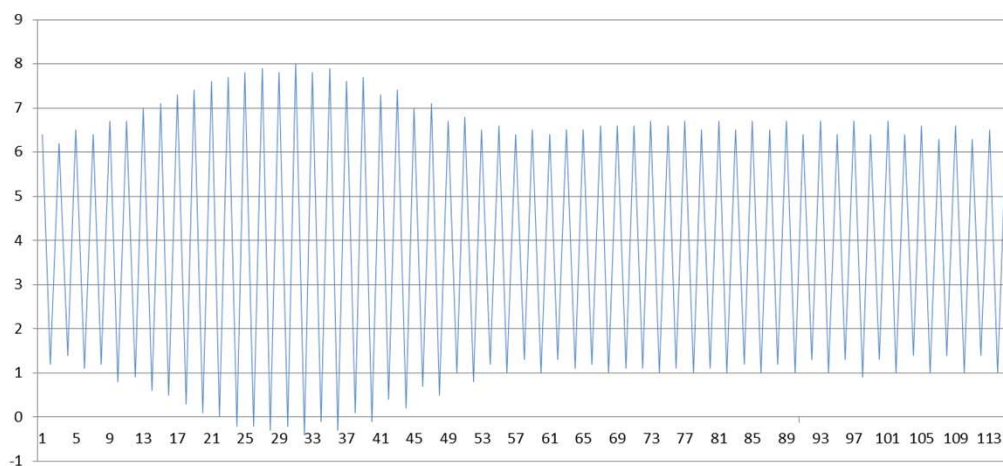
Παλίρροιες στον κόλπο Fundy



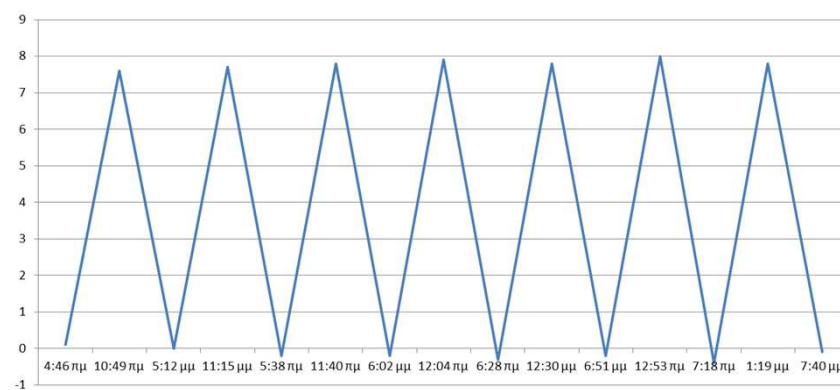
Saint Andrews (2016)



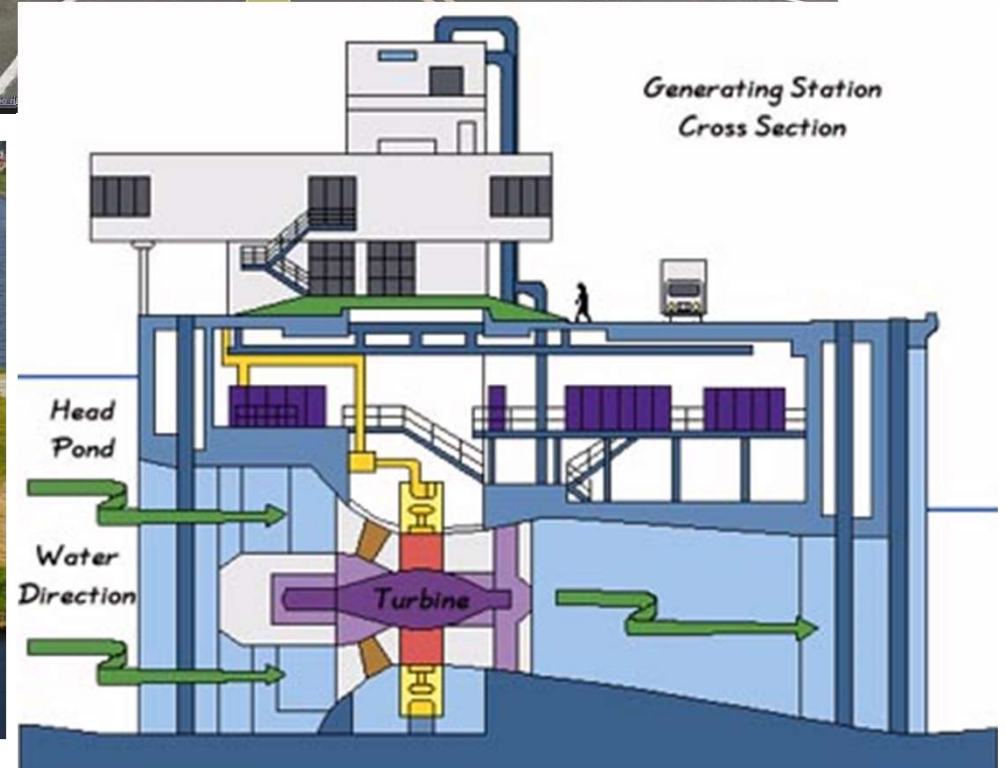
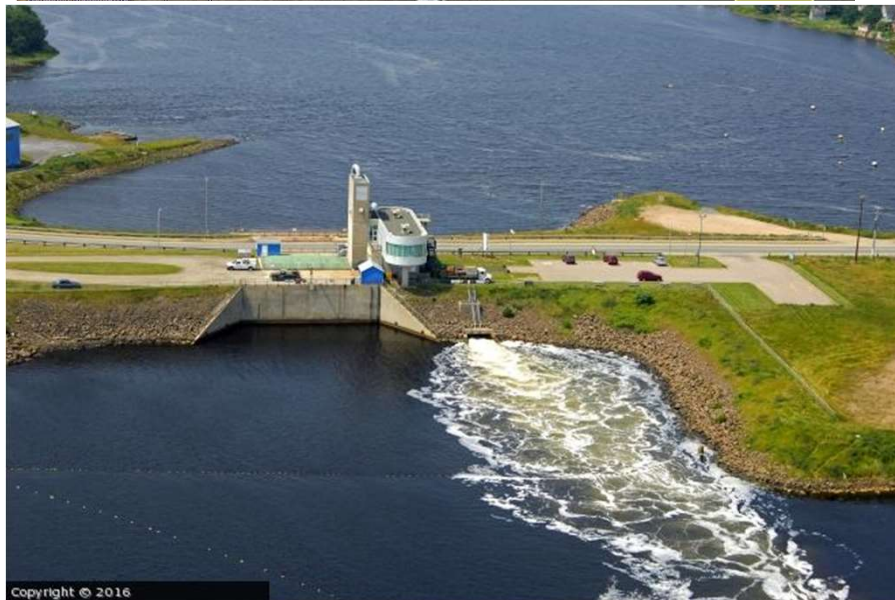
Απρίλιος 2016



6-9 Απριλίου 2016



Παλιρροιακός σταθμός Annapolis



Παλιρροιακός σταθμός Annapolis

Χαρακτηριστικά έργου

Θέση: Νέα Σκοτία, Καναδάς

Ιδιοκτήτης: Nova Scotia Power

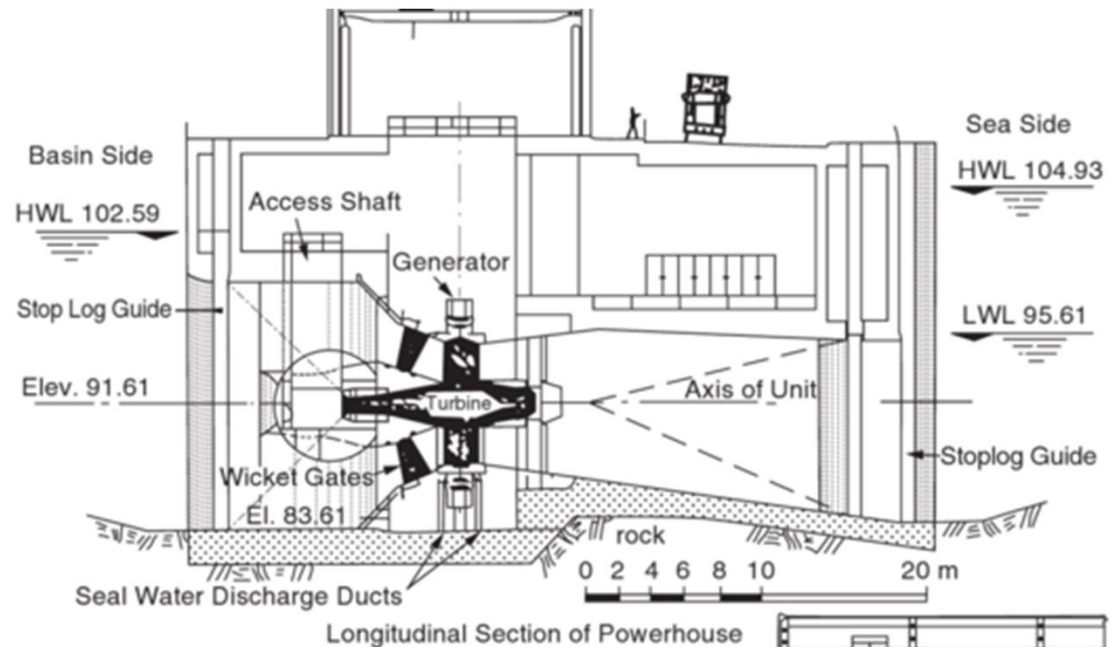
Έναρξη λειτουργίας: 1983

Φράγμα στο οποίο λειτουργούν θυροφράγματα και σταθμός παραγωγής ενέργειας ενώ περνάει και αυτοκινητόδρομος.

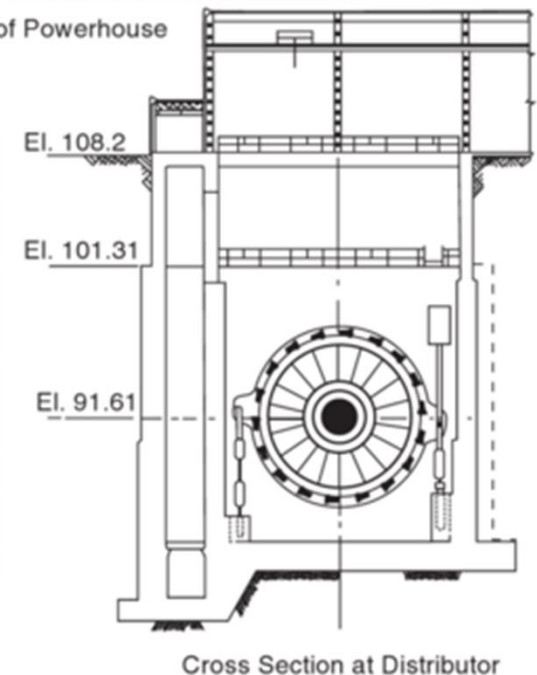
Στρόβιλος: 20 MW Straflow

Εκμεταλλεύεται πτώση 6 m και παροχή 400 m³/s

Παράγει περίπου 30 Gwh/y



MAIN PARAMETERS OF ANNAPOLIS TURBINE	
Throat diameter	7.6 m
Speed	50 rpm
Runaway speed	98 rpm
Fixed propeller blades	4
Wicket gates	18
Rated head	5.5 m
Maximum output at rated head	19.6 MW
Maximum flow at rated head	407.5 m ³ /s
Maximum output at 6-m head	19.6 MW
Maximum flow at 6-m head	383.6 m ³ /s
Rim seals	Hydrostatic
Sealing water requirement	0.33 liters/m.s



Παλιρροιακός σταθμός Annapolis Πρόγραμμα λειτουργίας



Το έργο είχε σχεδιαστεί για την παραγωγή 50 Gwh/y αλλά παράγει λιγότερο δεδομένου ότι η στάθμη της λεκάνης κρατείται πιο χαμηλά για περιβαλλοντικούς λόγους

Η υδροηλεκτρική ενέργεια ως θύμα της παραπληροφόρησης

Αυτή είναι η υπάρχουσα εκτροπή του Αχελώου

Με την κατασκευή του φράγματος Πλαστήρα το 1960 εκτρέπονται σε ετήσια βάση περίπου 150 hm^3 νερού από την λεκάνη του Αχελώου στη Θεσσαλία.

Ο αρχικός σκοπός της εκτροπής ήταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά στη συνέχεια προστέθηκαν και άλλες χρήσεις όπως:

(α) η άρδευση του θεσσαλικού κάμπου,

(β) η ύδρευση της Καρδίτσας και

(γ) η τουριστική αξιοποίηση της λίμνης Πλαστήρα



Η υδροηλεκτρική ενέργεια ως θύμα της παραπληροφόρησης

Η Οδύσσεια του φράγματος Μεσοχώρας

- Ο ΥΗΣ Μεσοχώρας έχει εγκατεστημένη ισχύ 161.6 MW (2 μονάδες των 80 MW και μία μονάδα των 1.6 MW) και η εκτιμώμενη μέση συνολική ετήσια παραγωγή ενέργειας εκτιμάται σε 384 GWh.
- Το έργο άρχισε να κατασκευάζεται το 1986 και μετά από πολλές καθυστερήσεις, περατώθηκε το 2001.
- Έχουν επενδυθεί μέχρι σήμερα περίπου 410 Μ€ σε σημερινές τιμές, τα οποία παραμένουν πλήρως ανενεργά για ήδη 18 έτη.
- Η ετήσια απώλεια από την μη παραγωγή της ενέργειας των **384 GWh** φτάνει τα **27 Μ€** (70 κ€ /GWh) ενώ άλλα τουλάχιστον **22 Μ€** είναι το ετήσιο κόστος για την εξυπηρέτηση των ανενεργών κεφαλαίων που έχουν επενδυθεί στο έργο.
- Η μη λειτουργία του έργου εγκυμονεί κινδύνους ειδικά σε περίπτωση πλημμύρας, ενώ χρειάζονται εργασίες συντήρησης



Αξιοποίηση υδραυλικής ενέργειας



Πηγή εικόνας: <http://www.lifo.gr/guests/viral/56837>