



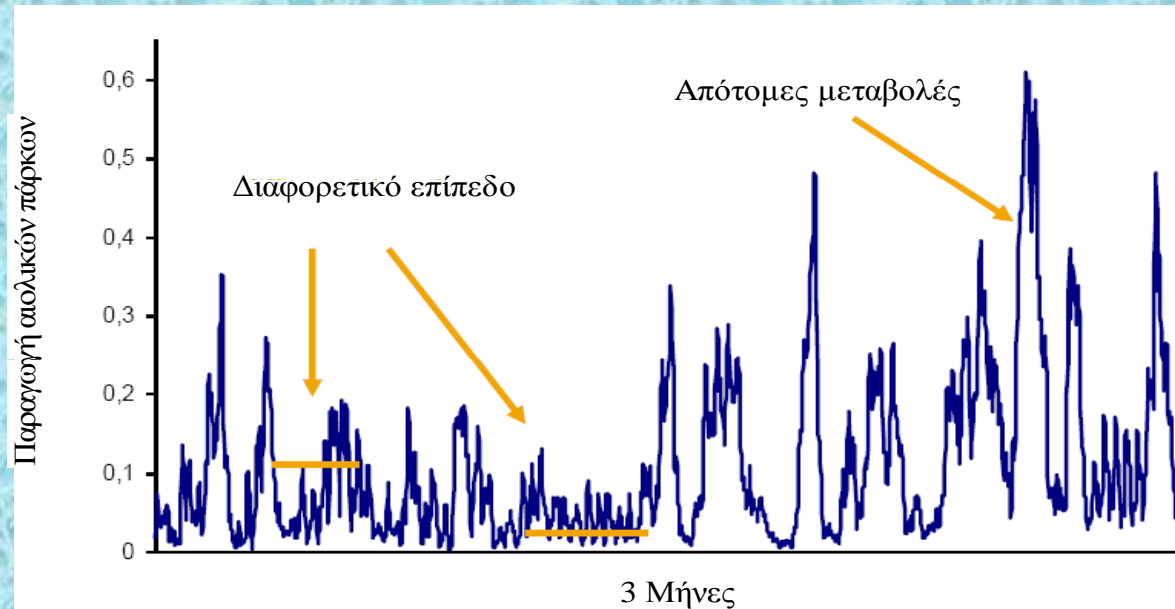
1 Η ανάγκη της αποθήκευσης ενέργειας

Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, είτε αυτό είναι ένα ισχυρό διασυνδεδεμένο δίκτυο (όπως αυτό της ηπειρωτικής χώρας) είτε είναι αυτόνομο (μεγάλης ή μικρότερης ισχύος, όπως τα νησιά ανάλογα με το μέγεθός τους) σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο της ισχύος, δηλ. η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές, το φορτίο, πρέπει να είναι ίση, με μικρές αποκλίσεις, προς αυτή που παράγουν οι σταθμοί παραγωγής (θερμικοί, υδροηλεκτρικοί κλπ).

Η χρονική διακύμανση του φορτίου είναι σχετικά προβλέψιμη ώστε να προσαρμόζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Για τεχνικούς λόγους και σε περιόδους χαμηλού φορτίου, οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί δεν μπορούν να μειώσουν την παραγωγή τους κάτω από ένα τεχνικό ελάχιστο όριο οπότε τις χρονικές αυτές περιόδους φαίνεται να περισσεύει ισχύς στο δίκτυο.



- Η αύξηση της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την αιολική ενέργεια προκαλεί νέα τεχνικά προβλήματα στην διαχείριση ενός ηλεκτρικού δικτύου, τα οποία οφείλονται στην έντονη χρονική διακύμανση που παρουσιάζει η παραγωγή των αιολικών πάρκων και στην αδυναμία πρόλεξης της παραγωγής από τα αιολικά πάρκα.





- Άρα στην ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που υπήρχε παραδοσιακά λόγω των τεχνικών ελαχίστων των μεγάλων θερμικών σταθμών παραγωγής και την κάλυψη των αιχμών ενός δικτύου προστίθεται μία καινούργια που προέρχεται την αύξηση της συμμετοχής των αιολικών πάρκων στο σύστημα παραγωγής.
- Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που προέρχεται από την παραγωγή αιολικών πάρκων γίνεται απαραίτητη, ακόμη και σε ισχυρά διασυνδεδεμένα δίκτυα, όταν η συμμετοχή της αιολικής ενέργειας αρχίζει να πλησιάζει κάποια όρια πέρα από τα οποία η διεύθυνση της αιολικής ενέργειας προκαλεί αστάθεια στο ηλεκτρικό δίκτυο. Ήδη κάποιες χώρες έχουν φθάσει στο όριο αυτό οπότε η περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας μπορεί να γίνει μόνο μέσω αποθήκευσης.



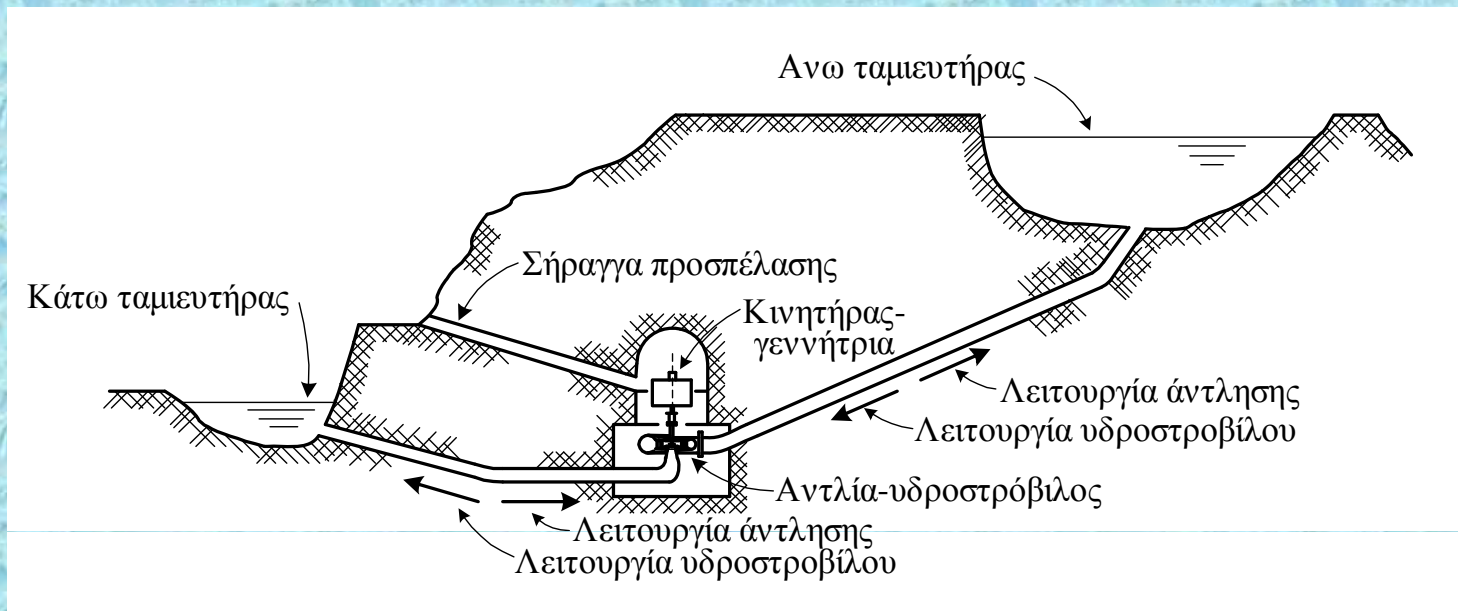
- Η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος των αιολικών πάρκων που αποτελεί ένα στόχο-υποχρέωση και για την Ελλάδα δημιουργεί παρενέργειας στην διαχείριση του διασυνδεδεμένου συστήματος λόγω της έντονης ανομοιομορφίας που παρουσιάζει η αιολική παραγωγή. Το πρόβλημα αυτό το αντιμετωπίζουν ήδη Ευρωπαϊκές χώρες όπως στη
 - Γερμανία με τον νέο αναστρέψιμο ΥΗΕ Goldisthal ισχύος $4 \times 265 \text{ MW} = 1.060,0 \text{ MW}$ και η
 - Πορτογαλία με νέα αναστρέψιμα ισχύος $2.000,0 \text{ MW}$

Στα επόμενα χρόνια θα πρέπει να το αντιμετωπίσουμε και στην Ελλάδα. Για τον λόγο αυτό υπάρχει μία σχετική κινητικότητα σε επίπεδο μελετών για την έγκαιρη προετοιμασία.



Αρχή της αποθήκευσης σε υδραυλικό ταμιευτήρα

Ο πλήρης κύκλος περιλαμβάνει άντληση νερού από ένα κάτω ταμιευτήρα σε ένα άνω ταμιευτήρα των οποίων η υψομετρική διαφορά είναι ίση προς h για την φάση της αποθήκευσης ενέργειας (μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια σε υδραυλική) και για την φάση της παραγωγής διακίνηση του νερού από τον πάνω ταμιευτήρα στον κάτω μέσω υδροστροβίλων οπότε η υδραυλική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική. Πρόκειται για τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα.





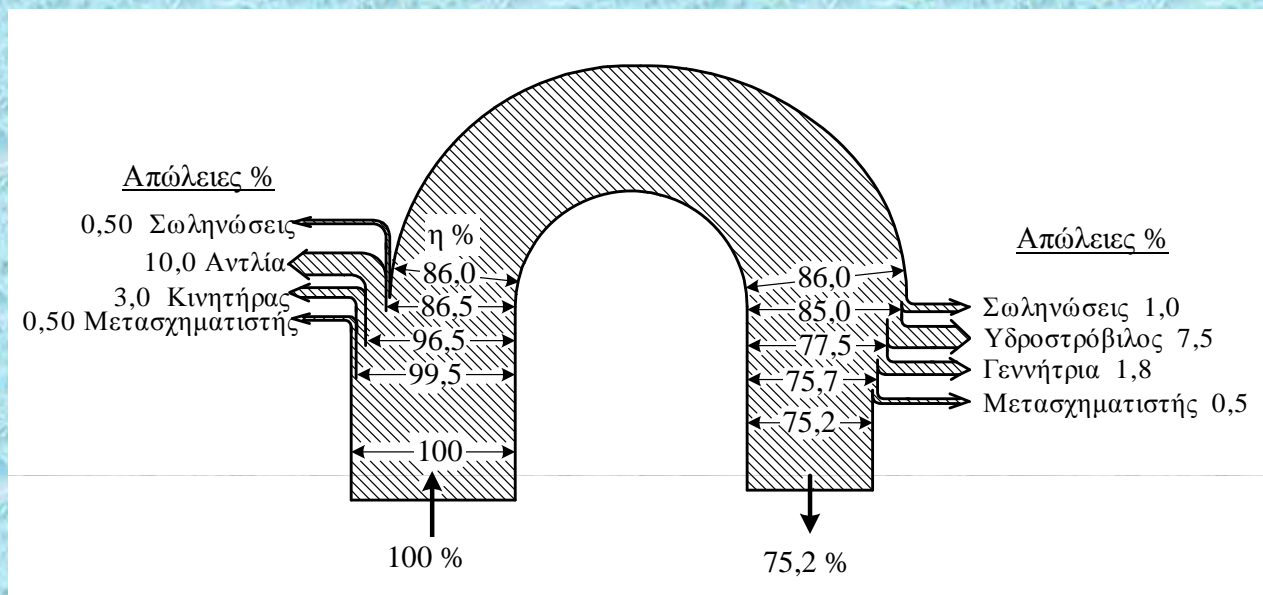
Ενεργειακές απώλειες σε ένα κύκλο

Συνολικά σε ένα πλήρη κύκλο, και ανάλογα με τον εξοπλισμό (αντλίες, υδροστρόβιλοι κλπ)

ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι της τάξεως του

65-80% (το υπόλοιπο 35-20% της ενέργειας χάνεται σε απώλειες)

ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, την επιλογή του εξοπλισμού της κα.





Τα συμβατικά αναστρέψιμα ΥΗΕ (1)

- Τα συμβατικά αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα μεγάλης σχετικά ισχύος λειτουργούν από το 1922 περίπου καλύπτοντας την ανάγκη απορρόφησης της ισχύος των μεγάλων θερμικών σταθμών κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης επειδή ακριβώς οι σταθμοί αυτοί δεν μπορούν να λειτουργήσουν παράγοντας ισχύ μικρότερη από τα τεχνικά τους ελάχιστα.
- Η λειτουργία απορρόφησης της ενέργειας αποτελεί μία μέθοδο αποταμίευσης της ενέργειας και μετατροπής της σε υδραυλική ενέργεια και συνδυάζεται με την λειτουργία μετατροπής της και πάλι σε ηλεκτρική τροφοδοτώντας το δίκτυο τις ώρες ή τις περιόδους αιχμής.
- Ο κύκλος αυτός λειτουργίας, αν και παρουσιάζει απώλειες (ηλεκτρικές, υδραυλικές κα) είναι οικονομοτεχνικά πολύ αποδοτικός λόγω της δυνατότητας που έχει για εναλλαγή μεγάλων ποσοτήτων ισχύος και ενέργειας αλλά κυρίως για την δυνατότητα πολύ γρήγορης απόκρισης που έχουν τα υδροηλεκτρικά έργα και της δυνατότητας παροχής δευτερευουσών υπηρεσιών στο δίκτυο.

Ενδεικτικό της δυνατότητας αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας είναι το ότι η μεταβολή της στάθμης του ταμιευτήρα του Καστρακίου κατά: $\Delta h = 0,20$ m με υψομετρική διαφορά $h = 112$ m αντιστοιχεί σε ενέργεια: $E = 1040$ MWh, δηλ. λειτουργία αντλησης ον. ισχύος 150 MW επί 7 ώρες



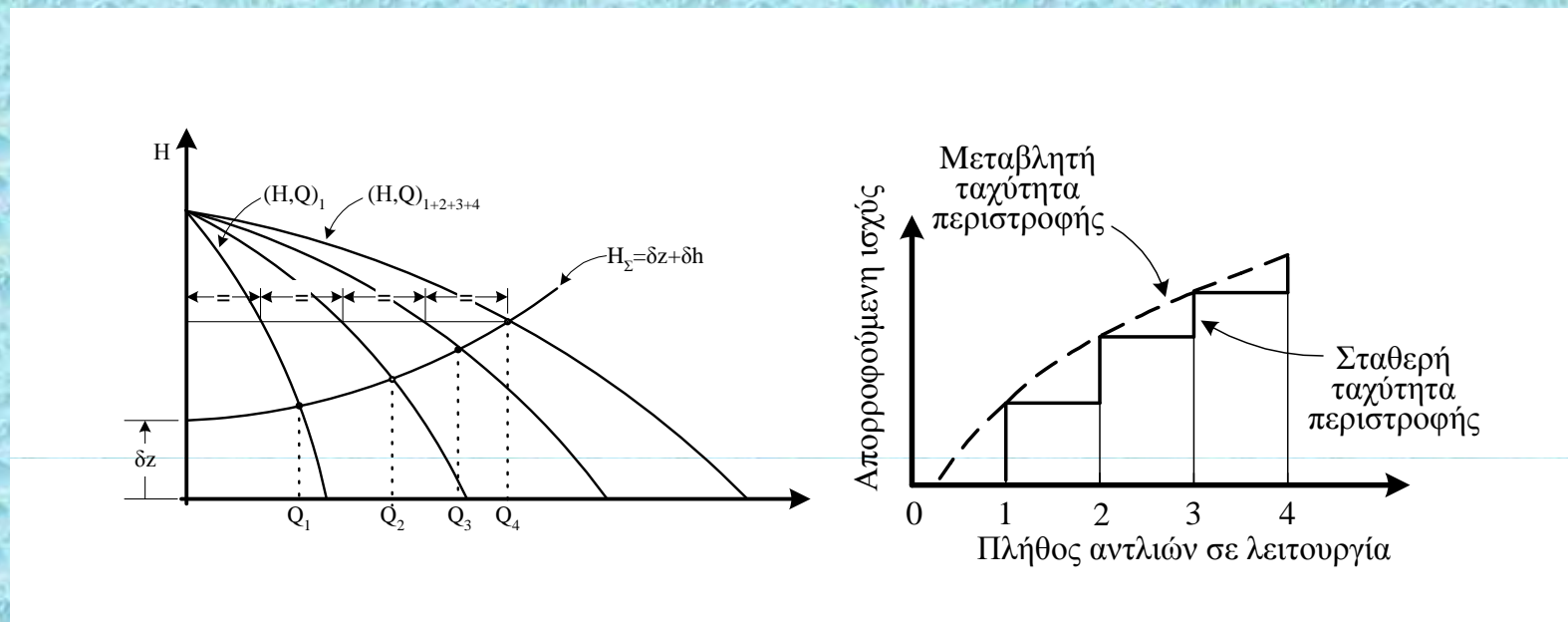
Τα συμβατικά αναστρέψιμα ΥΗΕ (2)

- Χάρη στα αναμφισβήτητα αυτά πλεονεκτήματα τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα είναι απαραίτητα στα ηλεκτρικά δίκτυα, εξελίχθηκαν τεχνολογικά, αναπτύχθηκαν σημαντικά και ήδη στην Ελλάδα λειτουργούν δύο (της Σφηκιάς και του Θησαυρού).
- Η λειτουργία των έργων αυτών είναι προγραμματισμένη καθώς είναι γνωστές (με μικρές αποκλίσεις) οι αναμενόμενες αιχμές στην ζήτηση και η προς απορρόφηση ισχύς των θερμικών σταθμών. Για τον λόγο αυτό σε όλες τις συμβατικές περιπτώσεις αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων η αντλία λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα περιστροφής απορροφώντας-αποταμιεύοντας συγκεκριμένη ποσότητα ισχύος.
- Σημειώνεται εδώ ότι οι υδροστρόβιλοι όλων των τύπων έχουν την δυνατότητα εύκολης και γρήγορης μεταβολής της ισχύος που απορροφούν μέσω του οργάνου ρύθμισης (στεφάνη ρυθμιστικών πτερυγίων ή μετακίνηση της βελόνης σε υδροστρόβιλο Pelton).



Τα συμβατικά αναστρέψιμα ΥΗΕ (3)

- Οι αντλίες, και εάν ακόμη πρόκειται για αναστρέψιμη μηχανή που φέρει στεφάνη ρυθμιστικών περυγίων δεν μπορεί να μεταβάλει την ισχύ που απορροφά επειδή (κατά την ροή ως αντλίας) η στεφάνη βρίσκεται κατάντι του δρομέα και δεν μπορεί να μεταβάλει την δράση του δρομέα.
- Άρα ένα αναστρέψιμο έργο που είναι εξοπλισμένο με ένα, μικρό κατά κανόνα πλήθος μηχανών, θα έχει την δυνατότητα βηματικής μόνο μεταβολής της ισχύος που απορροφά.

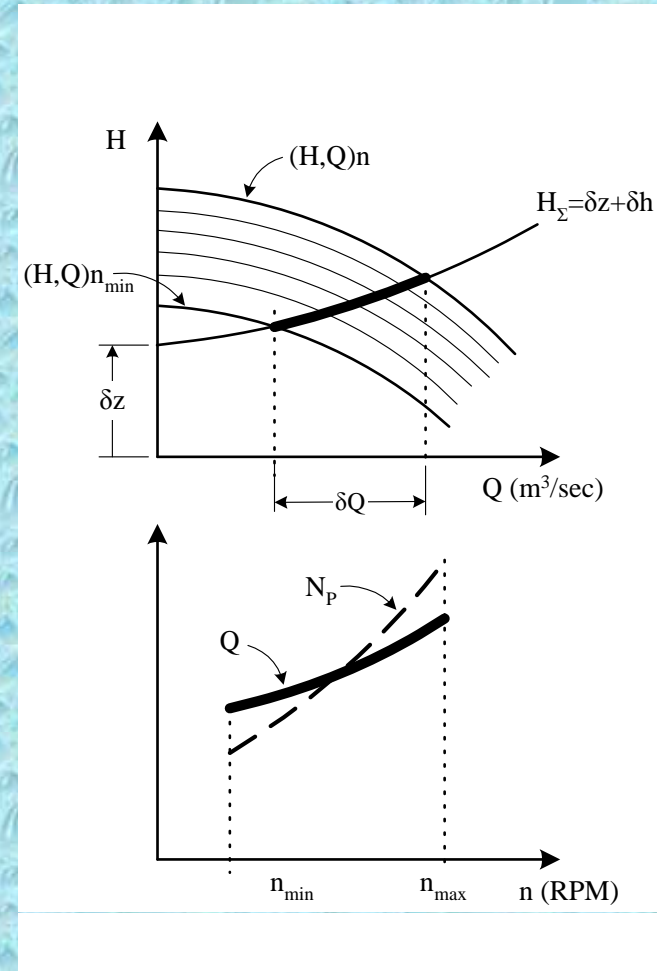




Ιδιαιτερότητες αναστρέψιμων για την απορρόφηση αιολικής ενέργειας (1)

Με την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, δηλ. ενέργειας που χαρακτηρίζεται από έντονη αστάθεια προκύπτει η ανάγκη 'εξομάλυνσης' μέσω αποταμίευσης με μορφή υδραυλικής ενέργειας, δηλ. με άντληση, οπότε τα νέα αναστρέψιμα υδραυλικά έργα που θα κληθούν να απορροφήσουν την έντονα κυμαινόμενη παραγωγή από τα αιολικά πάρκα θα έχουν σημαντικό πλεονέκτημα εάν είναι δυνατή η συνεχής ρύθμιση της ισχύος που απορροφούν.

Η μόνη μέθοδος συνεχούς μεταβολής του σημείου λειτουργίας αντλίας και άρα της απορροφούμενης ισχύος και μάλιστα με καλό βαθμό απόδοσης είναι η συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής, λύση που έγινε τεχνικά και οικονομικά εφικτή για μηχανές μεγάλης ισχύος τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη του απαραίτητου εξοπλισμού, όπως είναι οι cycloconverters ισχύος της τάξεως των 250-350 MW.





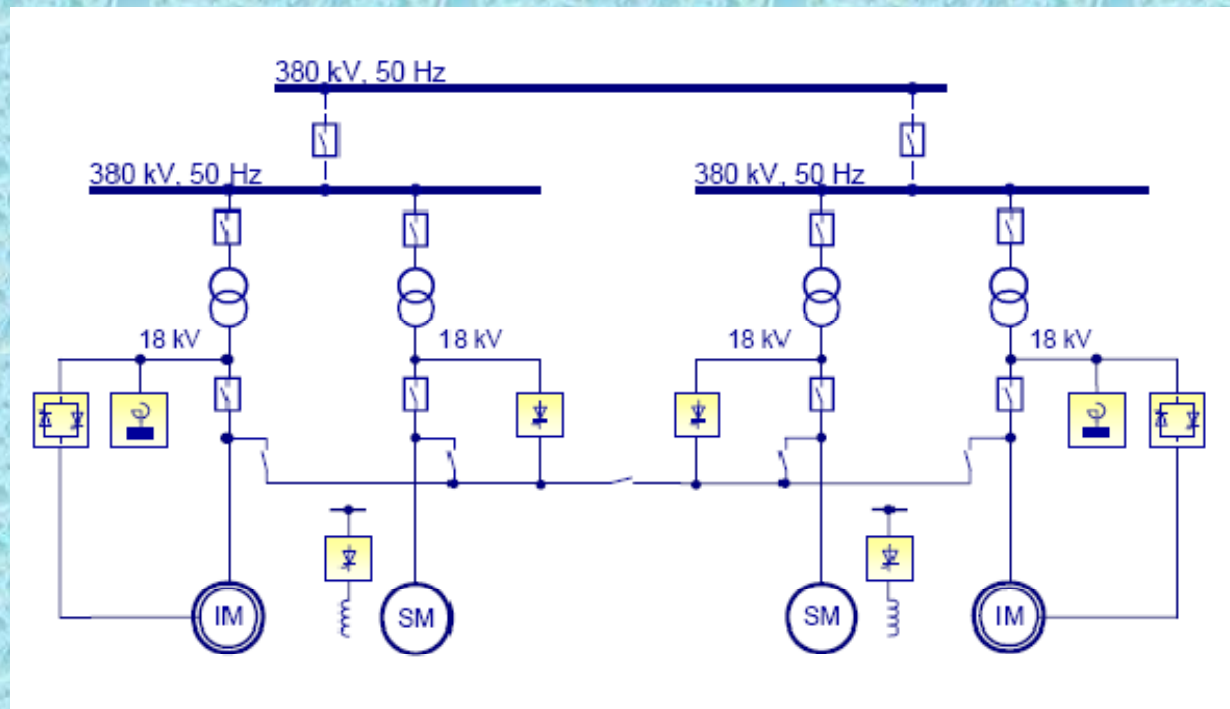
Ιδιαιτερότητες αναστρέψιμων για την απορρόφηση αιολικής ενέργειας (2)

Μέσω της δυνατότητας μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής είναι δυνατή η συνεχής ρύθμιση της απορροφούμενης ισχύος από το 50% έως το 100% της ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, επιτυγχάνοντας με το τρόπο αυτό την καλύτερη παρακολούθηση των διακυμάνσεων της ισχύος των αιολικών πάρκων με πολύ γρήγορη απόκριση και λειτουργώντας με καλό βαθμό απόδοσης.

- Γρήγορη απόκριση
- Υψηλότερο κόστος λόγω του επιπλέον κόστους του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού μεταβολής στροφών (Inverters)
- Διεύρυνση του εύρους λειτουργίας της αντλίας με μεταβαλλόμενη την υψομετρική διαφορά από (100-125%) με σταθερές στροφές σε (100-145%) περίπου για μεταβαλλόμενες



Στον αναστρέψιμο ΥΗΣ Goldisthal (Γερμανία, 2003),
συνολικής ισχύος 1060 MW
οι 2 από τις 4 αναστρέψιμες μηχανές
(ισχύος 265 MW κάθε μία) είναι μεταβλητών στροφών





Ιδιαιτερότητες αναστρέψιμων για την απορρόφηση αιολικής ενέργειας (3)

Μία άλλη ιδιαιτερότητα που προκύπτει για την σχεδίαση των αναστρέψιμων υδραυλικών έργων που θα κατασκευασθούν για την απορρόφηση ισχύος που προέρχεται από αιολικά πάρκα είναι η ανάγκη για ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής ποιότητας και άμεσα ελέγξιμης που προέρχεται από την λειτουργία υδροτροβίλων για την κάλυψη αιχμών του δικτύου και απορρόφησης ενέργειας από τα αιολικά πάρκα.

Η ανάγκη αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι κατά κανόνα όταν υπάρχει μεγάλη παραγωγή από τα αιολικά πάρκα αυτό συμβαίνει τις πρωινές μέχρι τις πρώτες απογευματινές ώρες που είναι και οι ώρες αιχμής της ζήτησης. Για την κάλυψη αυτής της δυνατότητας ταυτόχρονης λειτουργίας άντλησης και παραγωγής ενέργειας θα πρέπει το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό έργο να είναι εφοδιασμένο με ζυγό αριθμό μονάδων (2 ή 4) και να έχουν η κάθε μία τον δικό της αγωγό.

Για να είναι οικονομικά βιώσιμη η διαμόρφωση του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου στο οποίο η κάθε υδραυλική μηχανή έχει τον δικό της αγωγό θα πρέπει το μήκος του αγωγού να είναι μικρό, δηλ. η απόσταση μεταξύ άνω και κάτω ταμιευτήρα να είναι κατά το δυνατό μικρή γεγονός που προϋποθέτει την κατάλληλη επιλογή της θέσης ή συνήθως την διαμόρφωση τεχνητής δεξαμενής.



Στο πλαίσιο της αναμενόμενης ζήτησης για ενημέρωση και τεχνική υποστήριξη των μελετών για την βέλτιστη διαστασιολόγηση των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων για την απορρόφηση της αιολικής ενέργειας τεχνικής ενημέρωσης στο Εργαστήριο Υδροδυναμικών Μηχανών της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ αναπτύσσουμε δραστηριότητα στους ακόλουθους άξονες:

- α) Την επεξεργασία αλγορίθμων με σκοπό την διαμόρφωση συσχετίσεων για την διαστασιολόγηση των μονάδων αποταμίευσης ενέργειας και το καθορισμό των κύριων λειτουργικών χαρακτηριστικών των υδραυλικών μηχανών αποταμίευσης, δηλ. αντλιών μεγάλου μεγέθους και αναστρέψιμων αντλιών-υδροστροβίλων.
- β) Την διαμόρφωση κωδίκων ηλεκτρονικού υπολογιστού για την ρεαλιστική προσομοίωση της λειτουργίας ενός συστήματος αποταμίευσης ενέργειας οι οποίοι συνδυαζόμενοι με εξελικτικούς κώδικες βελτιστοποίησης θα οδηγήσουν στην βέλτιστη οικονομοτεχνικά επιλογή



Εκτίμηση κύριων διαστάσεων Η/Μ εξοπλισμού και επιλογή βασικών χαρακτηριστικών (1)

Με τον όρο κύρια χαρακτηριστικά μίας μηχανής, όπως ενός αναστρέψιμου υδροστροβίλου Francis για συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας (Q και H) εννοούνται:

- Η ταχύτητα περιστροφής n (RPM)
- Η παράμετρος σπηλαίωσης σ από την οποία προκύπτει το βάθος εγκατάστασης
- Η μέγιστη τιμή του βαθμού απόδοσης η
- Οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ως αντλίας και η καμπύλη του βαθμού απόδοσης και της απορροφούμενης ισχύος

Ενώ με τον όρο κύριες διαστάσεις εννοούνται:

- Η διάμετρος και το πλάτος της πτερωτής (δρομέα)
- Οι διαστάσεις του σπειροειδούς κελύφους
- Οι διαστάσεις του αγωγού απαγωγής
- Το ολικό ύψος της μονάδας

Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για την σωστή διαστασιολόγηση του εξοπλισμού και του ΥΗΣ και άρα την εκτίμηση της έκτασης και του κόστους των αντίστοιχων έργων και εξοπλισμού

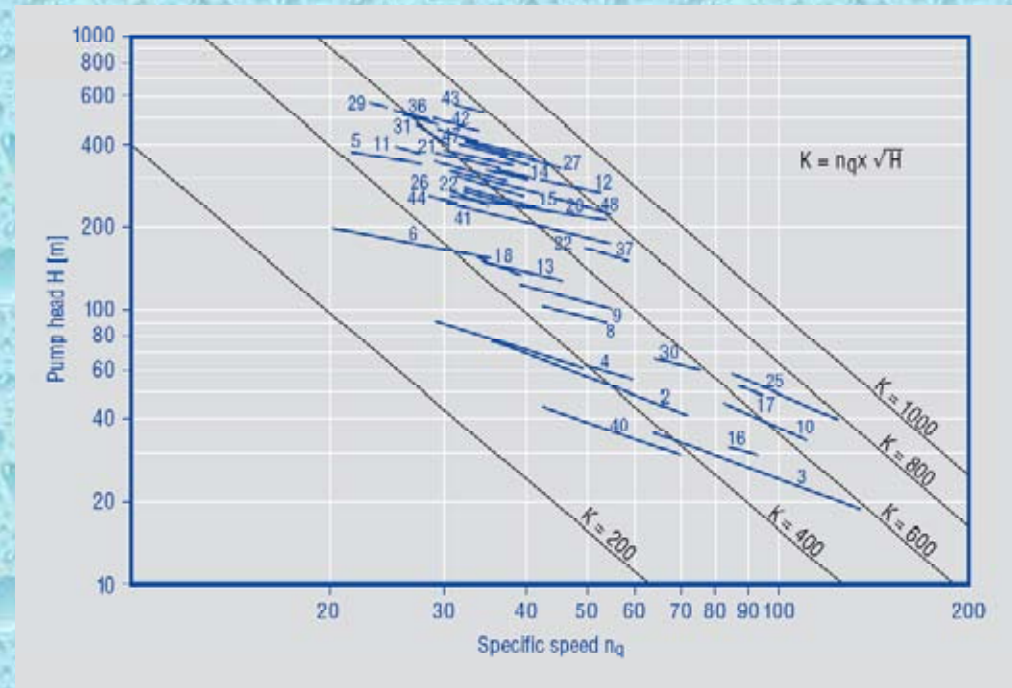
Η επιλογή των κύριων χαρακτηριστικών επηρεάζει τις διαστάσεις της μονάδας με τρόπο πεπλεγμένο καθώς αύξηση της ταχύτητας περιστροφής αντιστοιχεί σε μείωση των κύριων διαστάσεων (άρα μείωση του κόστους του εξοπλισμού και του όγκου του ΥΗΣ) όμως αντιστοιχεί σε αύξηση του βάθους τοποθέτησης, άρα των εκσκαφών και του κόστους κατασκευής του ΥΗΣ.



Εκτίμηση κύριων διαστάσεων Η/Μ εξοπλισμού και επιλογή βασικών χαρακτηριστικών (2)

Το βασικό εργαλείο για την επιλογή της ταχύτητας περιστροφής n (RPM) είναι η επιλογή της τιμής του ειδικού αριθμού στροφών συναρτήσει του ολικού ύψους H (για την λειτουργία ως αντλία). Τα διαγράμματα αυτά έχουν προκύψει από ήδη σχεδιασμένα και εν λειτουργία έργα στα οποία έχει ληφθεί υπόψη η ισορροπία μεταξύ μεγέθους του εξοπλισμού και του βάθους τοποθέτησης.

Χάρη στην βελτίωση της σχεδίασης των μηχανών και των μέσων για τις εκσκαφές παρατηρείται μία συνεχής τάση αύξησης της ταχύτητας περιστροφής.



Διάγραμμα της εταιρείας VOITH

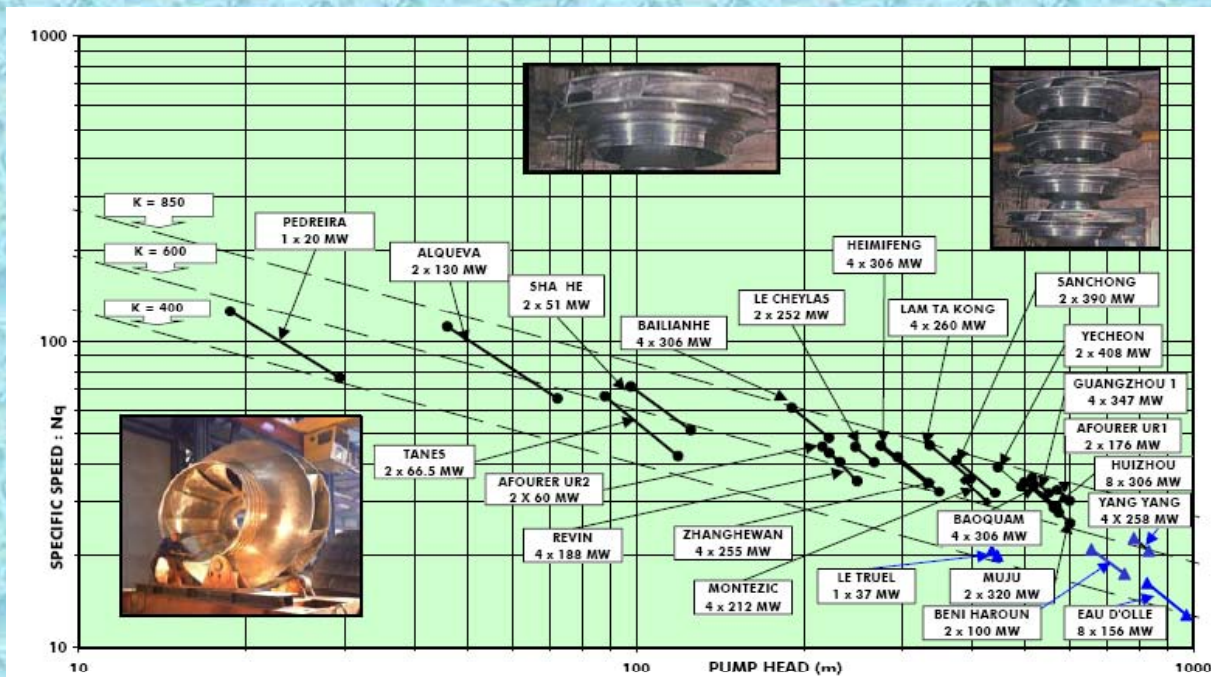
Η διασπορά οφείλεται στην 'τρογγυλοποίηση της ταχύτητας περιστροφής ώστε αυτή να είναι σύγχρονη και στα διαφορετικά κριτήρια όσον αφορά το βάθος τοποθέτησης. Χάρη στην βελτίωση της σχεδίασης των μηχανών και των μέσων για τις εκσκαφές παρατηρείται μία συνεχής τάση αύξησης της ταχύτητας περιστροφής.



NTUA, Laboratory of Hydraulic Turbomachines

Προσομοίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας Η/Μ εξοπλισμού για την αποθήκευση αιολικής ενέργειας σε μορφή υδραυλικής ενέργειας

Δημήτριος Παπαντώνης, ΤΕΕ Αθήνα 2010



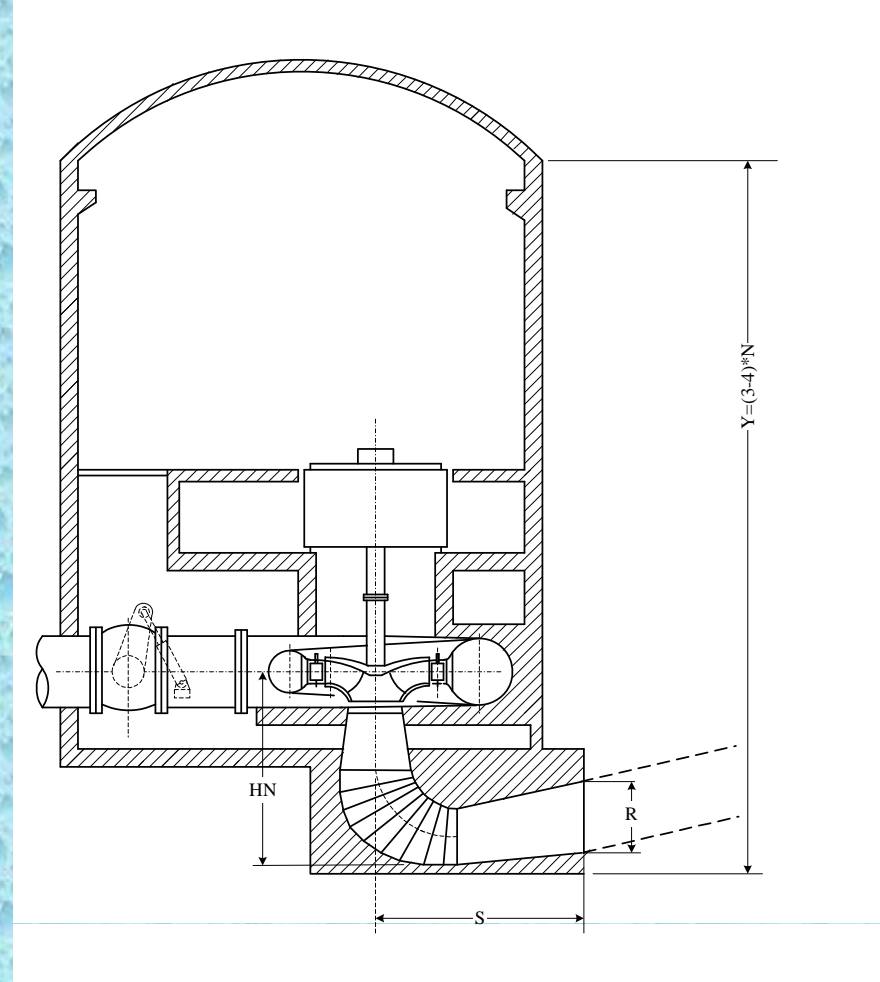
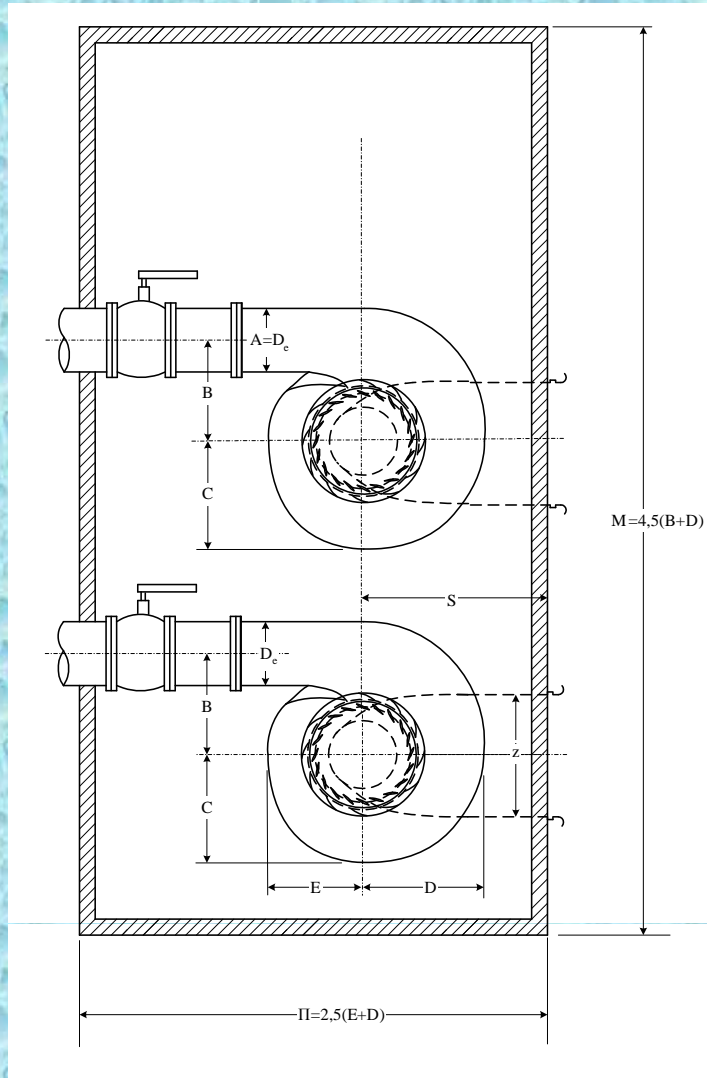
Διάγραμμα της εταιρείας ALSTOM

Η επιλογή του ειδικού αριθμού στροφών γίνεται έτσι ώστε το απαιτούμενο βάθος βύθισης (διαφορά από την στάθμη αναρρόφησης μέχρι την στάθμη της πτερωτής) να μην ξεπερνά τα 20 m. Από εδώ προκύπτει ότι σημαντικό κριτήριο για την επιλογή του ταμιευτήρα αναρρόφησης (κάτω ταμιευτήρας) είναι η σταθερότητα της στάθμης του νερού σε αυτόν

Παρατηρείται επίσης μία συγκέντρωση στην κύρια περιοχή εφαρμογής που αντιστοιχεί σε υδραυλικό ύψος της τάξεως των 200-400 mΣΥ



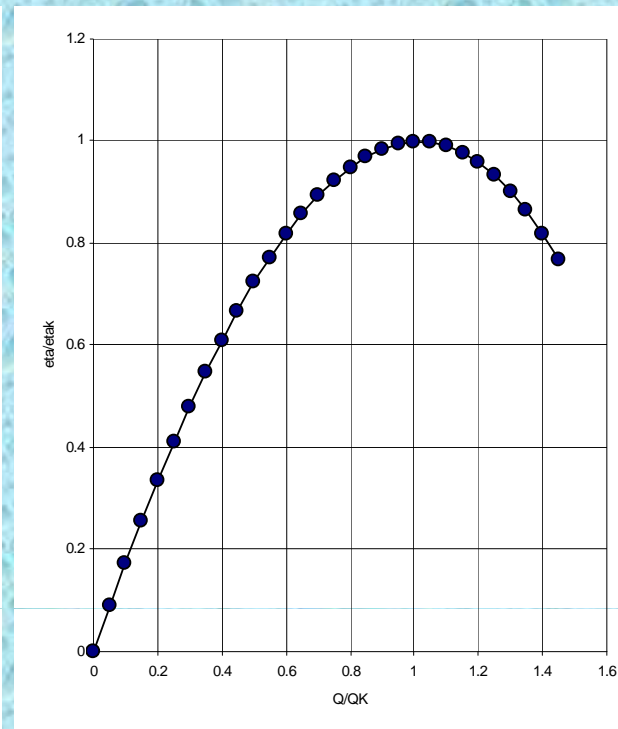
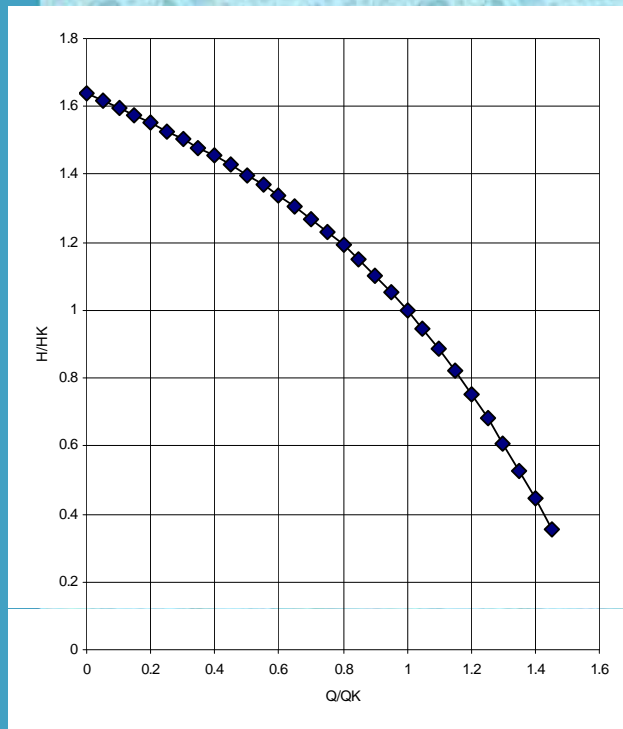
Εκτίμηση κύριων διαστάσεων Η/Μ εξοπλισμού και επιλογή βασικών χαρακτηριστικών (3)





Εκτίμηση κύριων διαστάσεων Η/Μ εξοπλισμού και επιλογή βασικών χαρακτηριστικών (4)

Το επόμενο βήμα είναι η εκτίμηση των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας ως αντλίας δηλ. της καμπύλης παροχής-ύψους και της καμπύλης παροχής-βαθμού απόδοσης από τις οποίες προκύπτει και η καμπύλη παροχής-απορροφούμενης ισχύος για σταθερή ταχύτητα περιστροφή. Οι καμπύλες αυτές προκύπτουν συναρτήσει της τιμής του ειδικού αριθμού στροφών σε αδιάστατη αρχικά μορφή



Η κλίση της καμπύλης παροχής-ύψους έχει σημαντικό ρόλο στο εύρος λειτουργίας σε συνδυασμό με την μεταβολή της στάθμης του άνω ταμιευτήρα (η στάθμη του κάτω ταμιευτήρα καλό είναι να είναι πολύ περιορισμένη για λόγους σπηλαίωσης).



Προσομοίωση της λειτουργίας αναστρέψιμων ΥΗΕ (1)

Αφού έχουν εκτιμηθεί οι κύριες διαστάσεις και τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά των αναστρέψιμων μηχανών και κυρίως οι καμπύλες λειτουργίας (καμπύλες παροχής-ολικού ύψους και βαθμού απόδοσης) με γνωστές τις καμπύλες στάθμης-χωρητικότητας και στάθμης επιφάνειας των ταμιευτήρων (άνω και κάτω) είναι δυνατή η προσομοίωση της λειτουργίας τους με σκοπό την ρεαλιστική αποτύπωση της λειτουργίας τους σε ετήσια βάση και τον υπολογισμό των ισοζυγίων ενέργειας και ποσότητας νερού που διακινείται λαμβάνοντας υπόψη όλους τους σχετικούς περιορισμούς (ανώτατη και κατώτατη στάθμη, μέγιστη και ελάχιστη ισχύς κλπ).

Τα παραπάνω αποτελέσματα εξαρτώνται από τις βασικές παραμέτρους (πλήθος μηχανών, χωρητικότητα του ταμιευτήρα κα). Γίνεται έτσι δυνατή η εφαρμογή μεθοδολογιών βελτιστοποίησης ώστε να προσδιορισθεί ο συνδυασμός με τον οποίο θα επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα.



Προσομοίωση της λειτουργίας αναστρέψιμων ΥΗΕ (2)

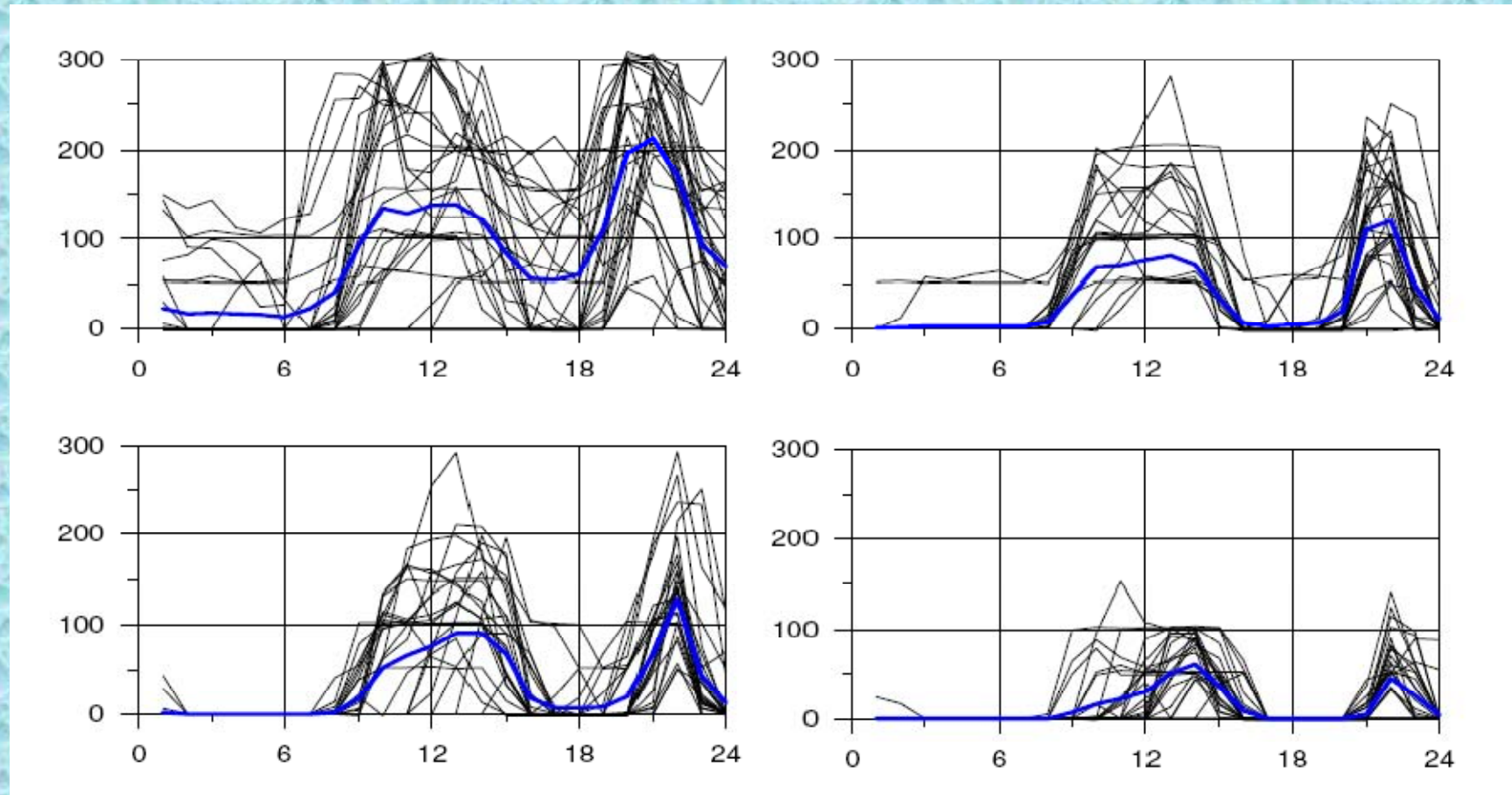
Δεδομένα για ένα ή περισσότερα έτη

- Χρονοσειρές ωριαίας παραγωγής υδροτροβίλων
- Χρονοσειρά ημερήσιας διακύμανσης στάθμης άνω ταμιευτήρα
- Καμπύλη στάθμης – όγκου ταμιευτήρα άνω ταμιευτήρα
- Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας υδροτροβίλων και αντλιών (αδιάστατες)
- Περιορισμοί ισχύος του ΥΗΣ (ημερήσιοι, εποχιακοί, συντηρήσεις κλπ.)
- Περιορισμοί ισχύος άντλησης (συντήρηση, χρονοσειρά διαθέσιμης ισχύος ΑΠΕ κλπ.)
- Τυχόν δυνατότητες τροποποίησης των μέγιστων-ελάχιστων ορίων στάθμης ταμιευτήρων, καθώς και αύξησης εγκατεστημένης ισχύος του ΥΗΣ.
- Τιμολόγηση ηλ. ενέργειας (παραγωγή – άντληση) και κοστολόγηση αντλιοστασίου.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν δίνονται αποτελέσματα από την προσομοίωση της λειτουργίας του ΥΗΣ Πουρναρίου ως αναστρέψιμου με την προσθήκη αντλητικών συγκροτημάτων που θα αντλούν νερό από τον κάτω στο επάνω ταμιευτήρα



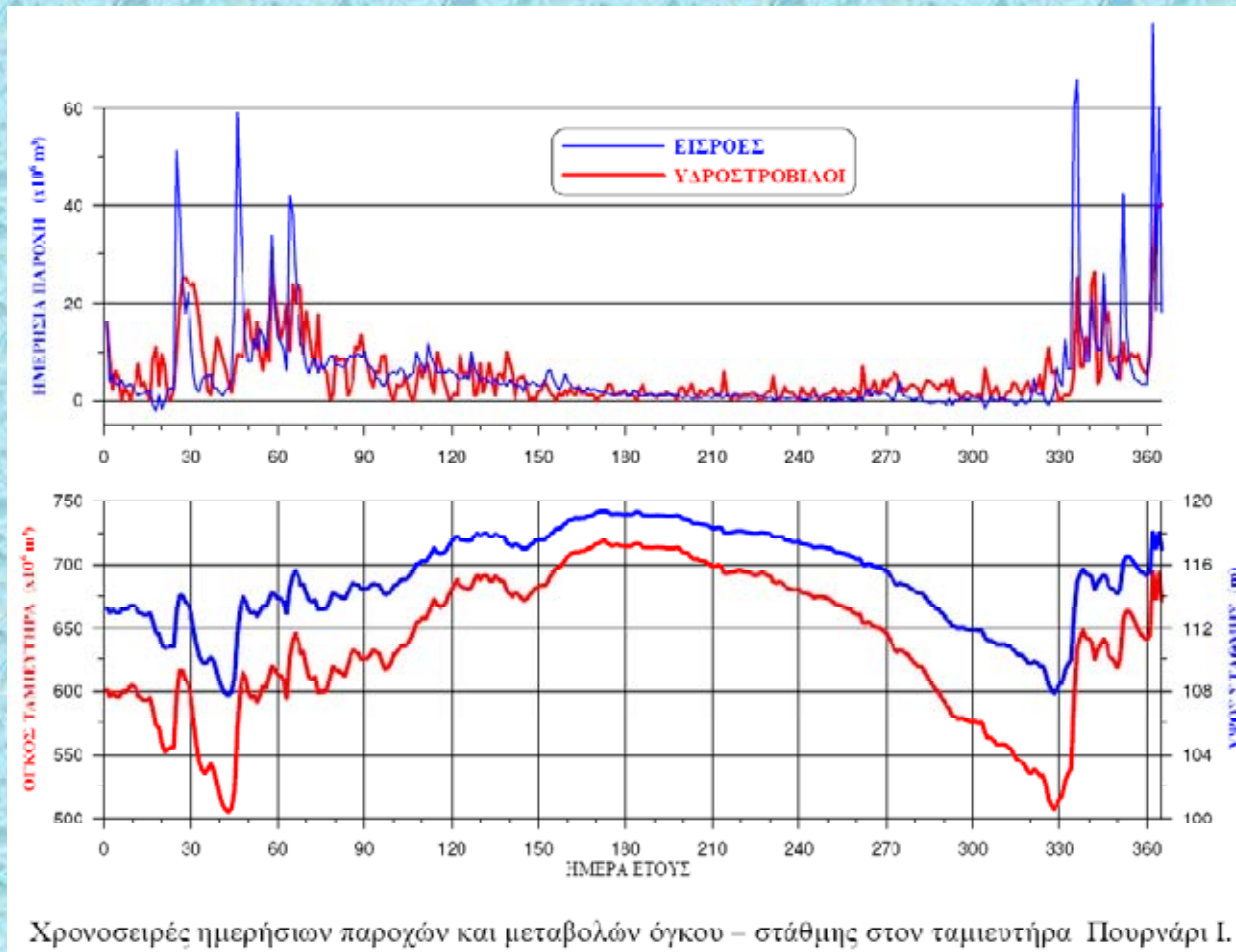
Προσομοίωση της λειτουργίας αναστρέψιμων ΥΗΕ (3)



Ημερήσιες χρονοσειρές παραγωγής υδροστροβίλων Πουρνάρι Ι (ανά μήνα)

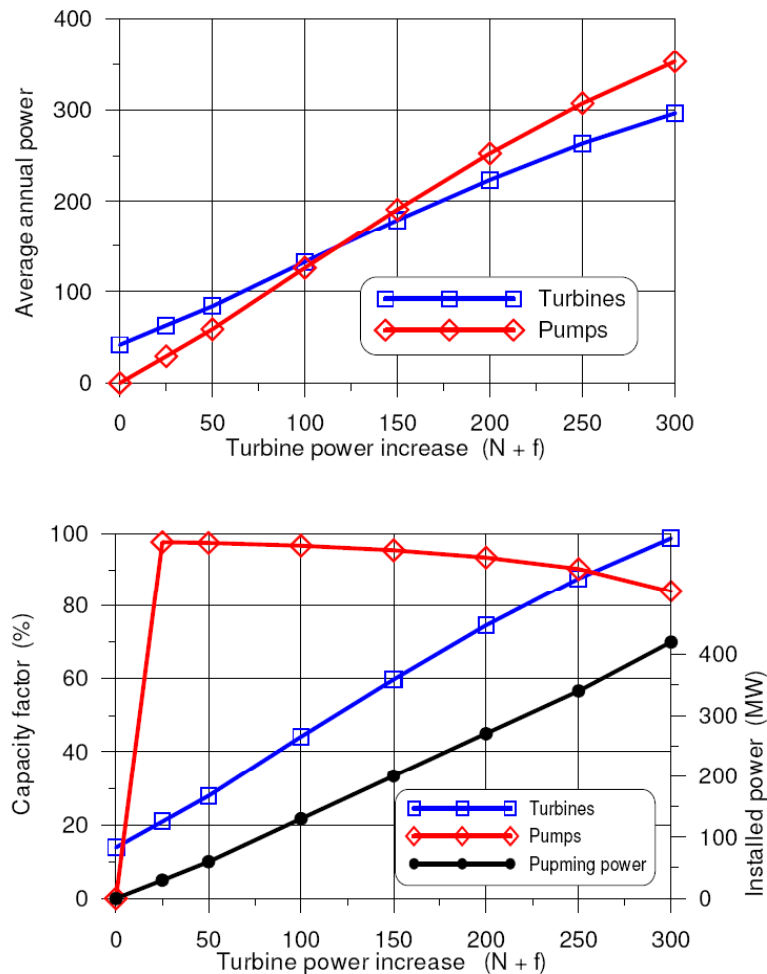


Προσομοίωση της λειτουργίας αναστρέψιμων ΥΗΕ (3)





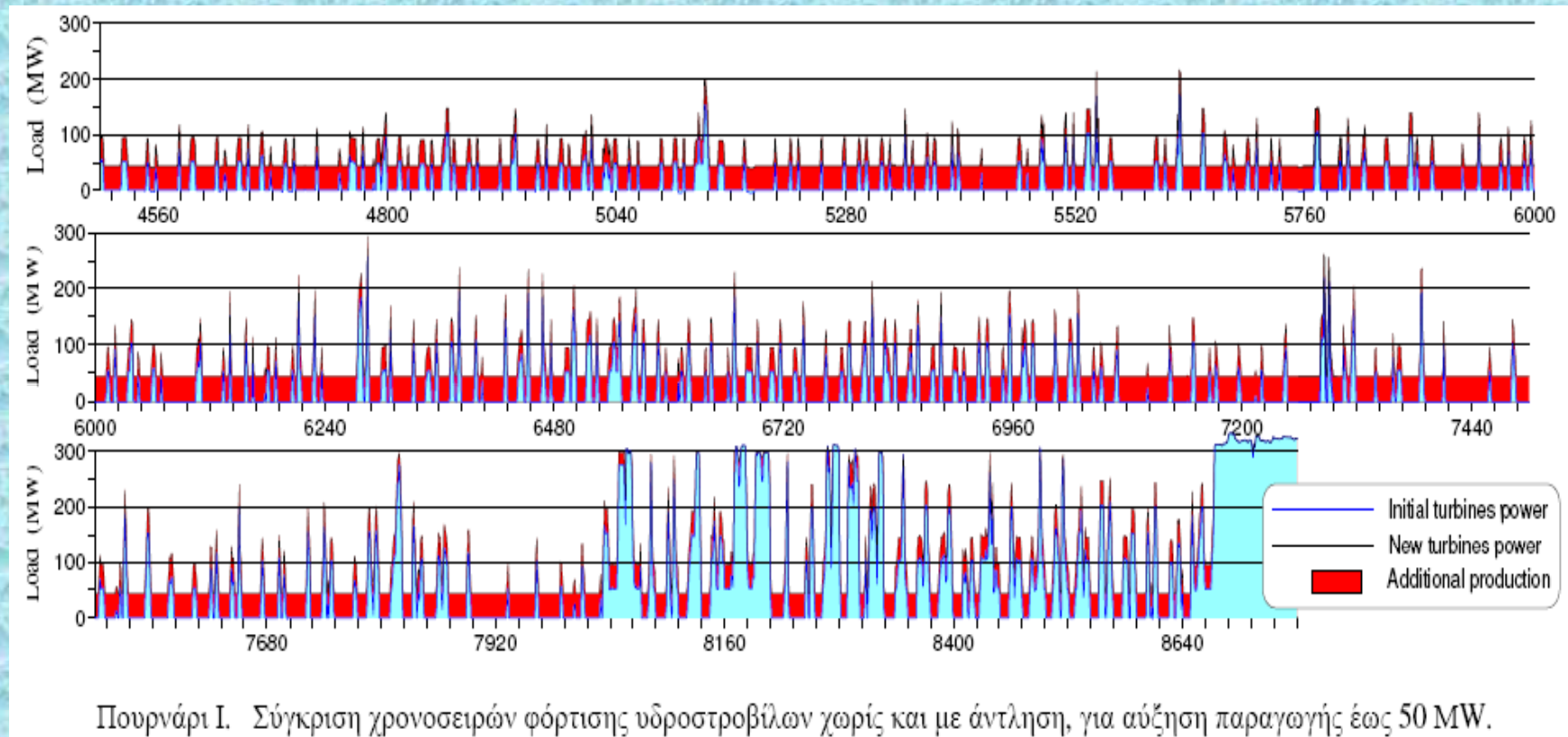
Προσομοίωση της λειτουργίας αναστρέψιμων ΥΗΕ (4)



Πουρνάρι Ι. Μέση ετήσια ισχύς και capacity factor υδροστροβίλων και αντλιών, ως συνάρτηση της αύξησης της παραγωγής: $\min(N+f, 300 \text{ MW})$
Αντλίες των 10 MW.



Προσομοίωση της λειτουργίας αναστρέψιμων ΥΗΕ (5)



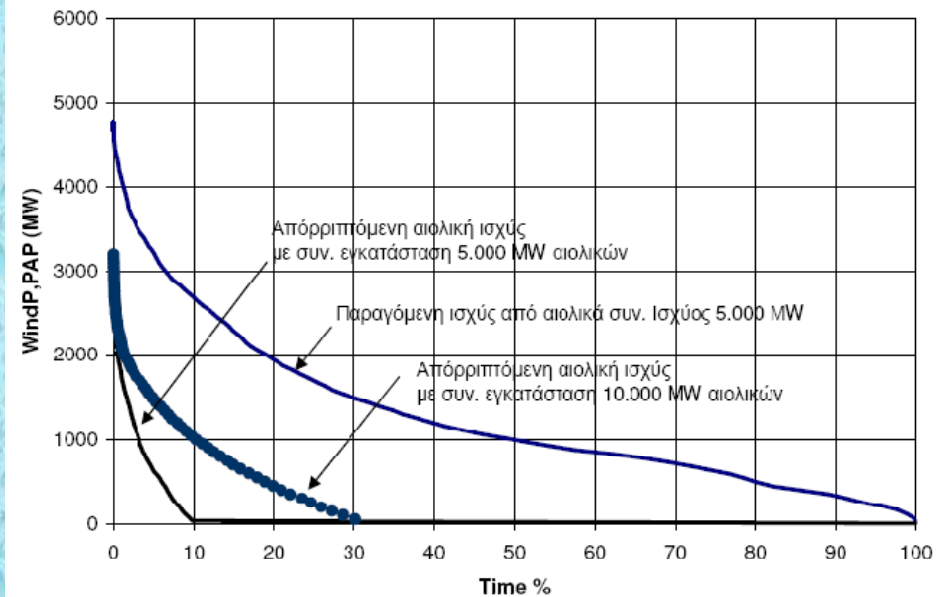
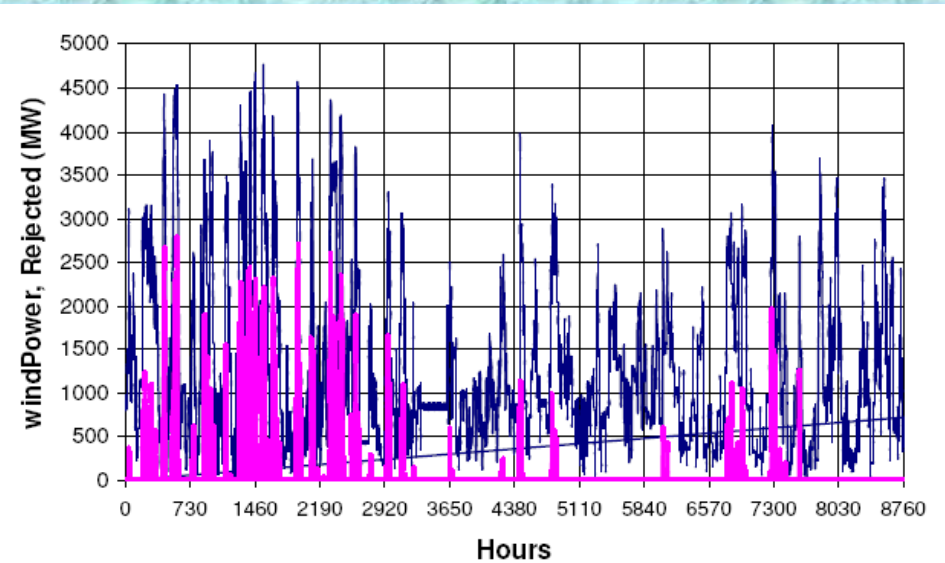


NTUA, Laboratory of Hydraulic Turbomachines

Προσομοίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας Η/Μ εξοπλισμού για την αποθήκευση αιολικής ενέργειας σε μορφή υδραυλικής ενέργειας

Δημήτριος Παπαντώνης, ΤΕΕ Αθήνα 2010

Προσομοίωση της λειτουργίας για την απορρόφηση της απορριπτόμενης ενέργειας των αιολικών πάρκων





Προσομοίωση της λειτουργίας αναστρέψιμων ΥΗΕ (6)

Τα κύρια αποτελέσματα που προκύπτουν μέχρι τώρα από την προσομοίωση της λειτουργίας αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων που θα απορροφούν την περισσευούμενη ενέργεια των αιολικών πάρκων και θα εξομαλύνουν την παραγωγή ηλεκτρικής στο διασυνδεδεμένο δίκτυο με το φορτίο

για το έτος 2020 με εγκατεστημένη ισχύ αιολικών πάρκων της τάξεως των 10.000 MW+2.000 MW φωτοβολταϊκών

είναι ότι τα έργα αυτά θα έχουν πολύ χαμηλό συντελεστή φορτίου (της τάξεως του 15%)

και άρα θα πρόκειται για επένδυση μη βιώσιμη οικονομικά εκτός και εάν χρηματοδοτούνται για τις δευτερεύουσες υπηρεσίες που θα παρέχουν στο δίκτυο (παροχή εγγυημένης ισχύος σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, διόρθωση ποιοτικών χαρακτηριστικών του ηλεκτρικού δικτύου κα)



NTUA, Laboratory of Hydraulic Turbomachines

Προσομοίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας Η/Μ εξοπλισμού για την αποθήκευση αιολικής ενέργειας σε μορφή υδραυλικής ενέργειας

Δημήτριος Παπαντώνης, ΤΕΕ Αθήνα 2010

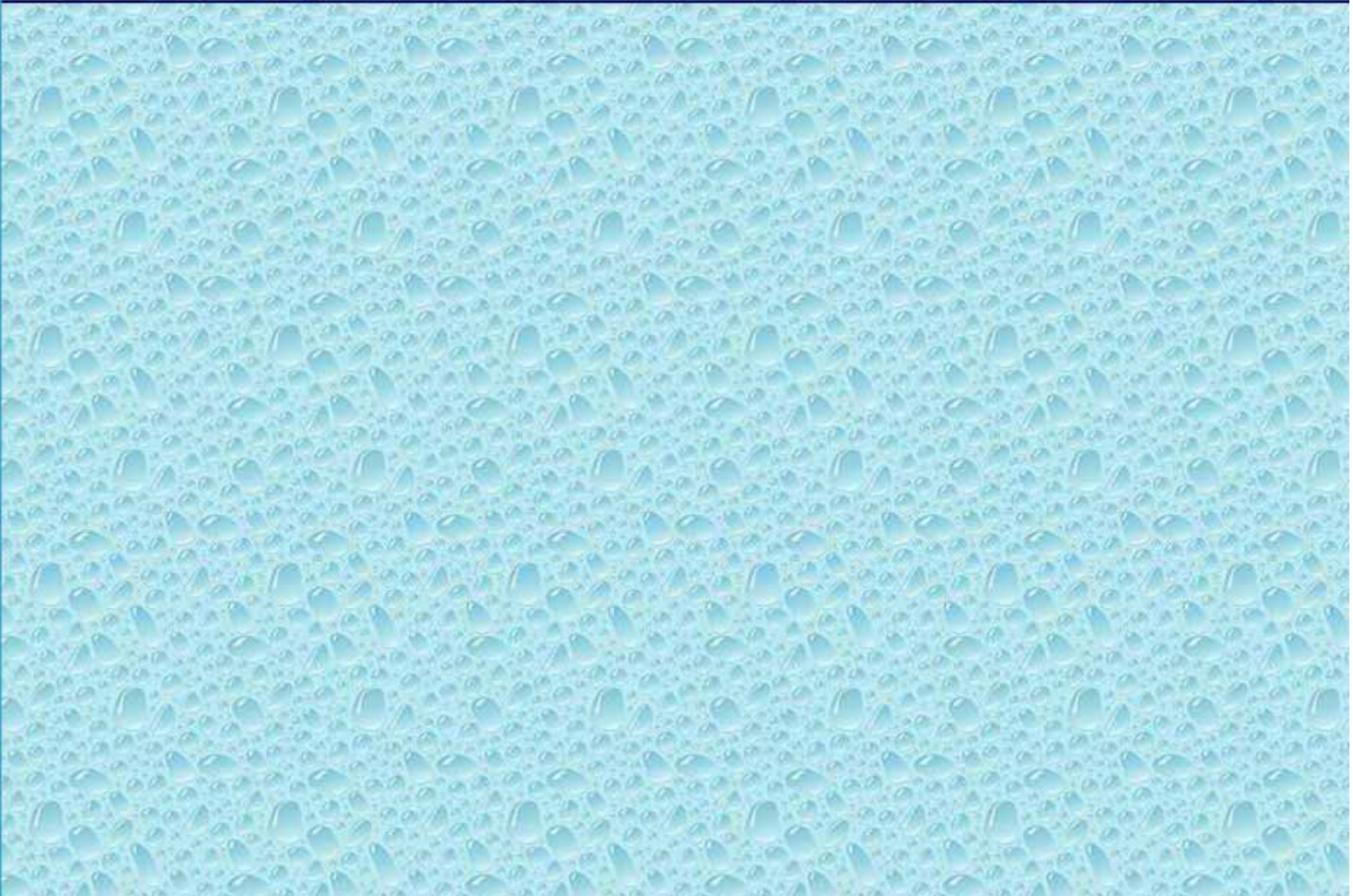
Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας



NTUA, Laboratory of Hydraulic Turbomachines

Προσομοίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας Η/Μ εξοπλισμού για την αποθήκευση αιολικής ενέργειας σε μορφή υδραυλικής ενέργειας

Δημήτριος Παπαντώνης, ΤΕΕ Αθήνα 2010





NTUA, Laboratory of Hydraulic Turbomachines

Προσομοίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας Η/Μ εξοπλισμού για την αποθήκευση αιολικής ενέργειας σε μορφή υδραυλικής ενέργειας

Δημήτριος Παπαντώνης, ΤΕΕ Αθήνα 2010

