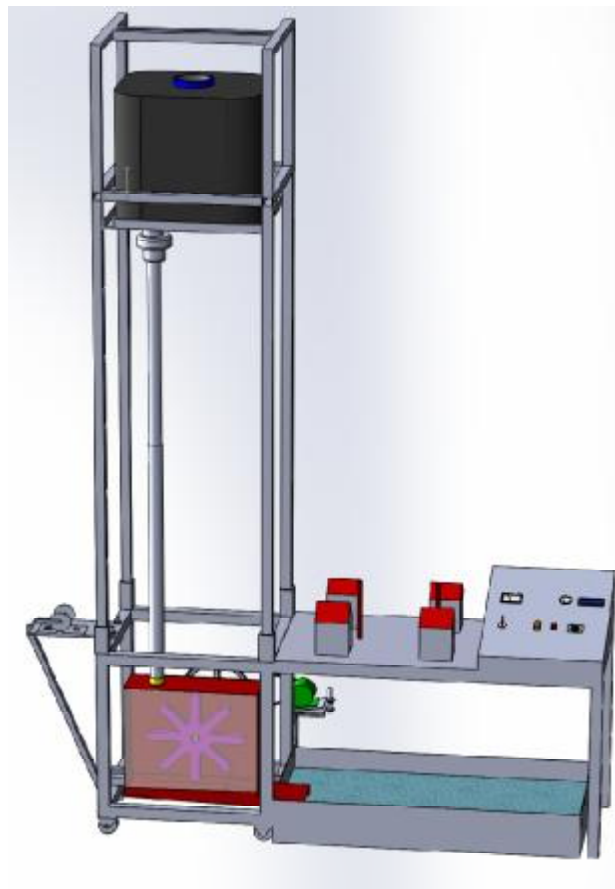


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΔΑΔΗ ΙΣΜΑΗΛ ΣΕΡΤΖΑΝ
ΧΑΤΖΗ ΙΣΜΑΗΛ ΜΟΥΧΤΕΡΕΜ ΟΝΟΥΡ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΚΟΥΡΑΣ ΕΥΓΕΝΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία κατασκευάστηκε και γράφθηκε για την σχολή

Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας (τεχνικό εκπαιδευτικό ίδρυμα) Πάτρας Τμήμα μηχανολόγων μηχανικών Τ.Ε. από τους Σπουδαστές :

Δαλή Ισμαήλ Σερτζάν

και

Χατζή Ισμαήλ Μουχτερέμ Ονούρ

Αριθμός Μητρώου: 5815

Αριθμός Μητρώου: 5995

Η σημασία της εργασίας είναι η έννοια των **Υδροηλεκτρικών εργοστασίων** όπου είναι οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας του νερού (π.χ. ενός ποταμού, μιας λίμνης κτλ.). Δεδομένου ότι παράγουν ενέργεια χωρίς να καταναλώνουν φυσικούς πόρους, θεωρούνται ως τρόποι παραγωγής ενέργειας από ανακυκλώσιμες πηγές.

Η πτυχιακή μας εργασία απευθύνεται σε σπουδαστές του τμήματος Μηχανολόγων μηχανικών Τ.Ε. και σε οποιοδήποτε θελήσει να κατανοήσει την Μηχανική των Ρευστών με σκοπό την ένδειξη της λειτουργίας των υδροηλεκτρικών εργοστασίων φραγμάτων, αγωγοί πτώσεως, υδροστροβίλοι Pelton και ηλεκτρογεννήτριες όπου όλα αυτά έχουν σχεδιαστή και έχουν κατασκευαστή σε μικρά κλίμακα για την καλύτερη, ευκολότερη και απλούστερη κατανόηση τους.

Αναφέρουμε γενικά κάποια θεωρητικά μέρη επάνω στην Ρευστοδυναμική – Μηχανική των Ρευστών, τα τμήματα πώς κατασκευάστηκαν στην μηχανή, κάποια κατασκευαστικά στοιχεία των τμημάτων της μηχανής, καθώς και τα είδη των αντλιών που χρησιμοποιήθηκαν με την λειτουργικότητά τους και τέλος τα κύρια όργανα μέτρησης της τα οποία είναι αυτά στροφόμετρο, αμπερόμετρο, βολτόμετρο και μανόμετρο.

Υπεύθυνη Δήλωση : Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΔΑΛΗ ΙΣΜΑΗΛ ΣΕΡΤΖΑΝ

και

ΧΑΤΖΗ ΙΣΜΑΗΛ ΜΟΥΧΤΕΡΕΜ ΟΝΟΥΡ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία κατασκευάστηκε για το Τεχνικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας και για το τμήμα των Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. Το θέμα της εργασίας αφορά την σχεδίαση και κατασκευή ενός μηχανήματος το οποίο παρομοιάζει με τη λειτουργία του ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο (δηλαδή σε μικρά κλίμακα).

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση και κατασκευή μιας απλούστερης μηχανής για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια από την υδροδυναμική. Επίσης ο σκοπός της εργασίας είναι η ένδειξη στους σπουδαστές την σημασία του ύψους του νερού, την ελεύθερη πτώση του νερού μέσα από σωληνώσεις, την λειτουργία του τροχού **Pelton** σε αυτές τις εγκαταστάσεις, την σχέση ύψους παράλληλα με την δύναμη του νερού, μετρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αναλόγως του ύψους του νερού, την σημασία της σχέσης μετάδοσης της εγκατάστασης και επίσης η παρακολούθηση της διαδικασίας ηλεκτροδότησης μιας Πόλης η χωριού σε επίπεδο μακέτα.

Η εργασία διαιρείται σε έξι κεφάλαια. Αρχικά πραγματοποιείται μια συνοπτική ιστορική αναδρομή που περιγράφει την ιστορία της και την χρησιμότητα του υδροηλεκτρικού εργοστασίου και την ηλεκτρική ενέργεια. Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνουμε μέρος για της γενικές πληροφορίες για τα φράγματα και υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ενώ στη συνέχεια εξηγούμε τα μέρη όπου αποτελούνται αυτά. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρουμε της βασικές έννοιες τα μέρη των υδροηλεκτρικών εργοστασίων, υδροστροβίλων τους τύπους και τα μέρη όπου αποτελούνται αυτά επίσης την επιλογή τους. Στη συνέχεια στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρουμε τους Γεννήτριες και τους τύπους γεννητριών.

Το πέμπτο κεφάλαιο που ακολουθεί έχουμε τους σχεδιασμούς και της απεικονίσεις τους μέσου του προγράμματος **SOLID WORKS**, ο βηματισμός της κατασκευής όπου πώς έγινε η μελέτη του και για την καλύτερη μεταφορά του και για την απλούστερη μορφή του για την επεξήγηση και κατανόηση του από τους σπουδαστές.

Στη συνέχεια της εργασίας θα ακολουθήσουν η αναλύσεις, οι υπολογισμοί, οι απώλειες και η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Προς το τέλος της εργασίας θα έχουμε τα συμπεράσματα και τα αποτελέσματα από την εργασία μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	i
Περίληψη.....	ii
Περιεχόμενα.....	iii-v

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια.....	1
Υδατοπτώσεις.....	2

ΚΕΦΑΛΑΙΑ:

Κεφάλαιο 1 : Η ροή ύδατος (3)

1.1 Η ροή ύδατος σε αγωγούς.....	4
1.1.1 Μέθοδος ελάττωσης τριβών.....	4
1.1.2 Ύψος υδατόπτωσης.....	6
1.1.3 Απώλειες ύψος υδατόπτωσης.....	7
1.1.4 Απώλειες ύψος κλειστών αγωγών.....	7
1.1.5 Απώλειες τριβής κλειστών αγωγών.....	8
1.1.6 Απώλειες τυρβώδης κλειστών αγωγών.....	9
1.1.7 Απώλειες εισόδου.....	9
1.2 Η αναγκαιότητα της υδροηλεκτρικής ενεργείας.....	9
1.3 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υδροηλεκτρικών εργοστασίων.....	10
1.4 Υδροηλεκτρικά εργοστάσια στην Ελλάδα.....	11
1.5 Πολλαπλή χρήση υδροηλεκτρικών σταθμών.....	13
1.6 Συμμετοχή των ΥΗΣ στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο σύστημα.....	14

Κεφάλαιο 2 : ΥΗΣ μικρής και μεγάλης κλίμακας είδη φραγμάτων (19)

2.1..Υδροηλεκτρική σταθμοί μικρής κλίμακας.....	20
2.2..Υδροηλεκτρική σταθμοί μεγάλης κλίμακας.....	20
2.3 Συμπλέγματα Υδροηλεκτρικών Σταθμών.....	21
2.4..Φράγματα της ΔΕΗ.....	21
2.5 Τύποιφραγμάτων.....	22

Κεφάλαιο 3 : Υδροστρόβιλοι (23)

3.1 Τα μέρη ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου.....	24
3.2 Εισαγωγή.....	25
3.2.1 Ταξινόμηση Υδροστρόβιλων.....	26
3.2.2 Τύποι υδροστροβίλων	26
3.3 Υδροστρόβιλοι Δράσεως (PELTON)	27
3.4 Τα κυρία μέρη ενός υδροστροβίλου (PELTON).....	28
3.5 Υδροστρόβιλοι δράσεως (TURGO)	31
3.6 Υδροστρόβιλοι δράσεως (CROSS-FLOW ή BANKI)	32
3.7 Υδροστρόβιλοι Αντιδράσεως	33
3.7.1Υδροστρόβιλοι μικτής ροής (FRANCIS)	34
3.7.2 Υδροστρόβιλοι αξονικής ροής (KAPLAN).....	35
3.8 Βαθμός απόδοσης υδροστροβίλων	37
3.9 Επιλογή τύπου υδροστροβίλου.....	38

Κεφάλαιο 4 : Γεννήτριες(40)

4.1 Ηλεκτρισμός.....	41
4.2 Ιστορία.....	41
4.3 Επιμέρους θέματα του ηλεκτρισμού.....	44
4.4 Ηλεκτρικό φορτίο.....	45

4.5 Ηλεκτρικό ρεύμα.....	45
4.6 Ηλεκτρικό πεδίο.....	46
4.7 Ηλεκτρικό δυναμικό	46
4.8 Ηλεκτρομαγνητισμός.....	47
4.9 Γεννήτριες (Γενικά - Ορισμός).....	47
4.10 Τύποι γεννητριών	47
4.10.1 Σύγχρονες Γεννήτριες.....	48
4.10.2 Ασύγχρονες Γεννήτριες.....	48
4.11 Επιλογή γεννήτριας	49

Κεφάλαιο 5 : Κατασκευή (51)

5.1 Γενικά σκοπός.....	52
5.2 Τα Βασικά μέρη της μηχανής.....	52
5.3 Κινητό τραπέζι.....	52
5.3.1 Ρόδες.....	54
5.3.2 Ρουλεμάν.....	55
5.3.3 Άξονας	56
5.3.4 Pelton.....	57
5.3.5 Τροχαλία μεγάλη	59
5.3.6 Τροχαλία μικρή.....	60
5.3.7 Γεννήτρια	60
5.3.8 Κάλυμμα του τροχού Pelton.....	62
5.4 Κινούμενη βάση δεξαμενής με τέσσερις οδηγούς.....	64
5.4.1 Δεξαμενή νερού	66
5.4.2 Σωλήνας.....	66
5.4.3 Εργάτης.....	67
5.4.4 Ειδικό γάντζο γερανού.....	68
5.5 Βάση οδηγών Καπέλο.....	68
5.6 Τραπέζι οργανων μέτρησης (πίνακας) και μακέτα.....	69

5.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας.....	72
---	----

Κεφάλαιο 6 : θεωρία (73)

6.1 θεωρητική ανάλυση.....	74
6.2 Πίνακας μετρήσεων.....	77
6.3 Υπολογισμοί.....	77
6.4 Διαγράμματα.....	79
6.5 Πίνακας Δεδομένων.....	80

Κεφάλαιο 7 : Συμπεράσματα (81)

7.1 Συμπεράσματα.....	82
-----------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83
-------------------	----

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ.....	83
------------------	----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια έχει αποτελέσει απαραίτητο στοιχείο για την επιβίωση και ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού. Από τους αρχαίους χρόνους ο άνθρωπος παρατήρησε και προσπάθησε να αξιοποιήσει την άφθονη ενέργεια που παρέχει η φύση. Πηγές όπως ο ήλιος, ο αέρας, το νερό και άλλες τις οποίες ονομάζουμε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), συνέβαλαν αποφασιστικά στην βελτίωση του τρόπου ζωής του ανθρώπου. Η παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού και η ανάγκη βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου οδήγησαν στην αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Μεγάλο ποσοστό αυτής καλύφθηκε από τη χρήση του πετρελαίου και των παραγώγων του.

Ο σύγχρονος κόσμος βιώνει τις συνέπειες της ενεργειακής κρίσης η οποία αναδιτάξε, και αναμένεται να συνεχίσει, την αντίληψη σχετικά με τις ενεργειακές υποδομές από τις οποίες κατέληξε να εξαρτάται. Οι διαρκώς αυξανόμενες τιμές των πετρελαϊκών προϊόντων, οι προβλέψεις για την εξάντληση των πετρελαϊκών πηγών σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα και η χρήση των φυσικών καυσίμων για πολιτικούς σκοπούς επηρεάζουν δυσμενώς την παγκόσμια οικονομία και την κοινωνική ανάπτυξη. Ο αντίκτυπος από την ενεργειακή κρίση γίνεται περισσότερο αντιληπτός στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες όπου ένα διαρκώς αυξανόμενο ποσοστό του εθνικού προϋπολογισμού που προορίζεται για ανάπτυξη καθίσταται αναγκαίο να χρησιμοποιηθεί για την αγορά πετρελαϊκών προϊόντων. Προκειμένου να περιορισθεί η συγκεκριμένη εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα με μεγάλη μεταβλητότητα τιμών, οι περισσότερες χώρες έχουν εγκαινιάσει προγράμματα τα οποία στοχεύουν στην ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών ενέργειας που βασίζονται σε τοπικές ανανεώσιμες πηγές. Μεταξύ των συγκεκριμένων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) διακρίνεται η εκμετάλλευση της υδροδυναμικής ενέργειας η οποία συναντά ιδιαίτερα αυξανόμενο ενδιαφέρον σε βαθμό τέτοιο που το σύνολο των χωρών με υδραυλικές πηγές εξετάζουν πλέον σοβαρά την ανάπτυξη αντίστοιχων ενεργειακών έργων. Οι βιομηχανοποιημένες χώρες επανέρχονται στην ανάπτυξη υδροηλεκτρικών σταθμών ύστερα από την επανεξέταση των εκτιμήσεων σχετικά με την οικονομική βιωσιμότητα των συγκεκριμένων έργων καθώς κυρίως κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, κρίθηκαν αντιοικονομικά συγκρινόμενα με τα φυσικά καύσιμα. Παράλληλα οι αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες έχουν κατά κύριο λόγο επηρεασθεί από τις αυξήσεις των τιμών του πετρελαίου και παρουσιάζουν ταυτόχρονα τεχνικά προβλήματα στην ανάπτυξη γεννητριών diesel, ενθαρρύνουν την ανάπτυξη υδροηλεκτρικών σταθμών μέσω της απόκτησης καλλίτερης τεχνογνωσίας σχετικά με τους διαθέσιμους υδάτινους πόρους. Η υδραυλική ενέργεια αποτελεί ανανεώσιμη και καθαρή σε σχέση με τη μόλυνση του περιβάλλοντος μορφή ενέργειας η οποία είναι δυνατό να μετατραπεί σε αντίστοιχη ηλεκτρική με απόδοση της τάξης του 70% [5]. Ωστόσο, προκαλεί και η συγκεκριμένη πηγή ενέργειας διαταραχές στη μορφολογία του περιβάλλοντος και η χρησιμοποίησή της κρίνεται αναγκαία και συνδυάζεται με παράλληλες δραστηριότητες εκμετάλλευσης όπως ύδρευση, ιχθυοκαλλιέργειες, τουρισμό κτλ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

« Η ΡΟΗ ΥΔΑΤΟΣ »

1.1 Η ροή ύδατος σε αγωγούς αποτελεί αντικείμενο της υδραυλικής μηχανικής, η οποία βασίζεται στις αρχές της μηχανικής των ρευστών, σε συνδυασμό με τη χρήση πλήθους εμπειρικών σχέσεων που οδηγούν στην επίτευξη πρακτικών λύσεων μηχανικής. Μέχρι τώρα δεν υπάρχει και πιθανώς ποτέ δεν θα υπάρξει, μια γενική μεθοδολογία για τη μαθηματική ανάλυση της μετακίνησης των ρευστών. Με βάση την εμπειρία που συσσωρεύτηκε, μετά από πολλά χρόνια μελέτης και πρακτικής εφαρμογής, υπάρχουν ιδιαίτερες λύσεις για συγκεκριμένα προβλήματα[6]. Προκειμένου να αναπτυχθεί επιτυχώς ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός μια λεπτομερής κατανόηση των αρχών της υδραυλικής είναι απαραίτητη.

1.1.1 Μέθοδοι ελάττωσης τριβών

Η δυναμική ενέργεια που περιέχουν τα ρέοντα ύδατα, από κάποια υψόμετρο προς την επιφάνεια της θάλασσας, καταναλώνεται στο να υπερνικά τις τριβές κατά τη ροή και να τροφοδοτεί με ενέργεια τους στροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ζητούμενο κατά την ανάπτυξη ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι η ελάττωση των τριβών και συνεπώς η εκμετάλλευση της μέγιστης δυναμικής ενέργειας. Η ενέργεια που χάνεται στις παραπάνω τριβές ονομάζεται αντίσταση κοίτης και μπορεί να ελαττωθεί με τις παρακάτω μεθόδους:

Αυξάνοντας το βάθος του νερού, είτε χτίζοντας φράγματα, είτε φράσσοντάς το με κινητά υδροφράγματα. Δημιουργείται έτσι μια διαφορά ύψους H , ανάμεσα στην στάθμη στάσιμων νερών και στη φυσική επιφάνεια του ποταμού, το οποίο μπορεί να προστεθεί στο ωφέλιμο ύψος της υδατόπτωσης. Ο βαθμός αξιοποίησης της δυναμικής ενέργειας, σε κάθε τμήμα του ποταμού L_0 , παίρνοντας ως ωφέλιμο ύψος το H και για δεδομένη παροχή Q είναι:

$$nm = \frac{H}{H_0}$$

Αυξάνοντας τον αριθμό των φραγμάτων ο βαθμός αξιοποίησης μπορεί να αυξηθεί, αλλά είναι αμφίβολο αν αυτή η λύση είναι οικονομική ή συμφέρει περιβαλλοντικά.

Με την εκτροπή ολόκληρης ή τμήματος της ροής, μέσα σε τεχνητό βοηθητικό αγωγό ο οποίος ονομάζεται κανάλι ισχύος. Έτσι δημιουργείται υψομετρική διαφορά ανάμεσα στο υψόμετρο της κοίτης του κανονικού ποταμού και στο υψόμετρο του καναλιού ισχύος, πάνω στο οποίο βρίσκεται ο σταθμός παραγωγής.

Με την εκτροπή του ποταμού, συντομεύοντας την πορεία του, μέσω μιας τεχνητής διώρυγας ή σήραγγας. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε ικανοποιητική υψομετρική διαφορά, ιδίως αν η κοιλάδα του ποταμού χαρακτηρίζεται από πολλές απότομες ή πεταλοειδείς στροφές.

Η ροή των πραγματικών ρευστών κρίνεται περισσότερο πολύπλοκη από την αντίστοιχη των ιδανικών ή τέλειων ρευστών, εξαιτίας των φαινομένων τα οποία προκύπτουν από την ύπαρξη του ιξώδους. Το ιξώδες προκαλεί διατμητικές τάσεις ή δυνάμεις τριβής μεταξύ των μορίων του ρευστού και μεταξύ αυτών και των τοιχωμάτων του αγωγών, μέσα στους οποίους κινείται το ρευστό, με τελικό αποτέλεσμα την ανάπτυξη αντίστασης προς την κίνηση. Οι επιδράσεις του

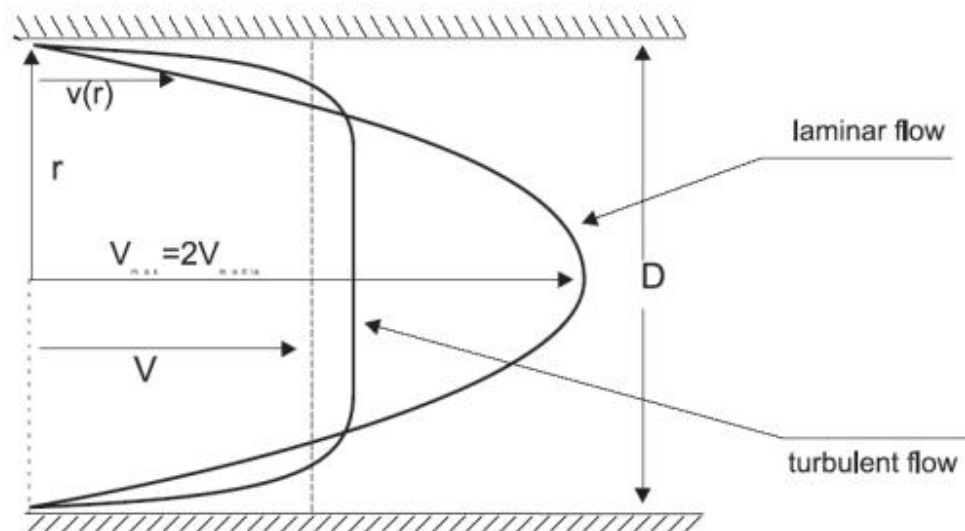
ιξώδους αναγκάζουν τα πραγματικά ρευστά να ρέουν υπό δύο διαφορετικές καταστάσεις οι οποίες είναι:

Η στρωτή ή παράλληλη ροή (laminar flow), όπου τα μόρια του ρευστού κινούνται σε παράλληλες γραμμές και

Η τυρβώδης ροή (turbulent flow), όπου τα μόρια του ρευστού κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις με τυχαίο και απρόβλεπτο τρόπο.

Η κατανομή ταχυτήτων του ρευστού έχει μορφή παραβολής και η μέση ταχύτητα αποτελεί το 50% της αντίστοιχης μέγιστης κεντρικής.

Οι συγκεκριμένες καταστάσεις ροής παρουσιάζονται στο Σχ. 1.1



[Κατανομή ταχυτήτων ρευστού για την στρωτή και για την τυρβώδη ροή]

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των παραπάνω καταστάσεων ροής πραγματικών ρευστών και ιδιαίτερα του ύδατος μελετήθηκαν από τον Osborne Reynolds κατά το έτος 1883 με τη βοήθεια της συσκευής. Η διάταξη αυτή αποτελείται από μια δεξαμενή που περιέχει καθαρό νερό. Εντός αυτής της δεξαμενής τοποθετείται γυάλινος αγωγός κυκλικής διατομής (σωλήνας) το ανάντη άκρο του οποίου έχει λάβει κωδωνοειδή μορφή προς ελαχιστοποίηση της διαταραχής του εισερχόμενου ρευστού. Ανάντη της εισόδου του γυάλινου σωλήνα υπάρχει ακροφύσιο συνδεδεμένο με μικρή δεξαμενή η οποία περιέχει ρευστό με δείκτη. Κατάντη της εισόδου υπάρχει βαλβίδα ελέγχου της παροχής.

Αν η ταχύτητα του ρευστού μέσω του σωλήνα είναι μικρή (στρωτή ροή) τότε δεν υπάρχει ανάμειξη μεταξύ ύδατος και δείκτη. Η ροή είναι αρκετά ομαλή ώστε να φαίνεται ότι είναι σταθερή. Καθώς η βαλβίδα ανοίγει, διοχετεύεται περισσότερη παροχή μέσω του σωλήνα και ως εκ τούτου αυξάνει η ταχύτητα. Κάποτε έρχεται η στιγμή κατά την οποία ο δείκτης αρχίζει να κυματίζει (μεταβατική ροή). Περαιτέρω αύξηση της ταχύτητας αυξάνει τους κυματισμούς. Ο δείκτης δεν έχει τώρα μορφή απλής ροϊκής γραμμής, ενός νήματος δηλαδή, αλλά εντελώς ξαφνικά αναμειγνύεται μερικώς ή ολικώς με το ύδωρ εντός του αγωγού (τυρβώδης ροή)

Ο Osborne Reynolds μετά από πειράματα που διεξήγαγε, βρήκε ότι η μετάβαση από την στρωτή ροή στην τυρβώδη εξαρτάται, όχι μόνο στην ταχύτητα, επίσης από την διάμετρο του αγωγού και στο ιξώδες του ρευστού, και είναι ο λόγος της δύναμης αδράνειας προς την δύναμη ιξώδους. Αυτός ο λόγος, είναι γνωστός ως αριθμός Reynolds και εκφράζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$Re = \frac{\rho u d}{\nu}$$

όπου u η μέση ταχύτητα ροής (m/sec), D η διάμετρος του αγωγού (m) και ν το κινηματικό ιξώδες του ρευστού (m²/sec). Στον πίνακα 1.1 δίνονται οι τιμές του κινηματικού ιξώδους ν του ύδατος για διάφορες θερμοκρασίες.

Θερμοκρασία ύδατος (oC)	Κινηματικό ιξώδες (m ² /sec)
0	0,179x10 ⁻⁵
10	0,131x10 ⁻⁵
15,6	0,112x10 ⁻⁵
21,1	0,0974x10 ⁻⁵
26,7	0,0862x10 ⁻⁵
32,2	0,0763x10 ⁻⁵

[ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Κινηματικό ιξώδες νερού]

1.1.2 Ύψος υδατόπτωσης μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών

Η υδραυλική ισχύς που λαμβάνεται από κάποιο ποτάμι, το οποίο έχει παροχή Q και βρίσκεται σε μια υψομετρική διαφορά H είναι:

$$P = \rho g H Q$$

όπου, g : είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/sec²), ρ : είναι η πυκνότητα του υγρού (1000 kg/m³ για το καθαρό νερό), Q : είναι η ροή ή η παροχή του νερού (m³/s) και H : είναι το ύψος υδατόπτωσης (m).

Από την παραπάνω εξίσωση είναι φανερή η σχέση της ισχύος με το ύψος υδατόπτωσης και συνεπώς με τις απώλειες κατά τη ροή των υδάτων, οι οποίες υπολογίζονται σαν μέτρα ύψους που αφαιρούνται από το ύψος υδατόπτωσης που αξιοποιείται στον υδροστρόβιλο.

Ολικό ύψος πτώσης (gross head) ονομάζεται η υψομετρική διαφορά μεταξύ της ελεύθερης στάθμης ύδατος του ταμιευτήρα και της ελεύθερης στάθμης της διώρυγας φυγής (έξοδος του σταθμού). Οι μετρήσεις του ολικού ύψους πτώσης πραγματοποιούνταν συνήθως χρησιμοποιώντας τοπογραφικές μεθόδους. Η ακρίβεια που απαιτείται στις μετρήσεις περιόρισε τις μεθόδους που μπορούν να υιοθετηθούν. Στο παρελθόν, ο καλύτερος τρόπος να μετρηθεί το ολικό ύψος πτώσης αποτελούσε η χρήση υψομετρικών ράβδων τοπογράφων μηχανικών, διαδικασία ωστόσο η οποία ήταν πολύ χρονοβόρα. Για ακριβέστερες μετρήσεις χρησιμοποιούνταν ταχύμετρα (tachometers) ή κλισιόμετρα με λιγότερη ακρίβεια (clinometer) ή αλφάδια Abney. Σήμερα με τους ψηφιακούς θεοδολίχους, τα ηλεκτρονικά ψηφιακά και αλφάδια λέιζερ και ειδικά με τους ηλεκτρονικούς σταθμούς η εργασία έχει απλοποιηθεί. Τα σύγχρονα ηλεκτρονικά ψηφιακά αλφάδια παρέχουν μια αυτόματη εμφάνιση του ύψους και της απόστασης περίπου μέσα σε 4 δευτερόλεπτα με ακρίβεια μέτρησης ύψους 0,4 mm, και εσωτερική μνήμη που μπορούν να αποθηκεύσουν περίπου 2.400 σημεία δεδομένων. Η τοπογραφική μελέτη με τα

συστήματα παγκόσμιας πλοήγησης (GSM) χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα και ένας φορητός δέκτης GPS είναι ιδανικός για τον προσδιορισμό τοποθεσιών, και για την χαρτογράφηση.

Το στατικό ύψος πτώσης (static head) προκύπτει από το ολικό ύψος με την αφαίρεση του συνόλου των απωλειών που πραγματοποιούνται στη διαδρομή του ύδατος πριν τον σπειροειδή σωλήνα του στροβίλου. Στην περίπτωση κατά την οποία η ανύψωση ύδατος αμέσως κάτω από τον αγωγό φυγής είναι δυνατόν να μετρηθεί ανακριβώς ή καθόλου, οι απώλειες μεταξύ της εξόδου της εγκατάστασης και του σημείου μέτρησης επιβάλλεται να προστεθούν στο σύνολο των αφαιρούμενων απωλειών. Διαφορετικά, στην περίπτωση κατά την οποία ο δρομέας του στροβίλου βρίσκεται βυθισμένος στον αγωγό φυγής, προστίθενται και οι απώλειες του αγωγού εκτόνωσης. Συνεπώς το στατικό ύψος υδατόπτωσης εκτιμάται με τη βοήθεια της εξίσωσης:

$$H_{sta} = H_{gross} - \Sigma \Delta h$$

όπου, **H_{sta}** :το στατικό ύψος πτώσης (m), **H_{gross}**: το ολικό ύψος υδατόπτωσης (m) και **ΣΔh**: οι απώλειες ύψους υδατόπτωσης πριν τον σπειροειδή σωλήνα σε m(σε ορισμένες περιπτώσεις συμπεριλαμβανομένων των αντίστοιχων στον αγωγό φυγής).

Καθαρό ή ωφέλιμο ύψος πτώσης (net or effective head) ορίζεται το ύψος που προκύπτει από τη διαφορά ύψους υδατόπτωσης μεταξύ της εισόδου του σπειροειδούς σωλήνα και της εξόδου του αγωγού φυγής. Συνεπώς το καθαρό ύψος πτώσης δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$H_{net} = H_{gross} + \frac{u_0^2}{2g} - \Sigma \Delta h - \frac{u^2}{2g}$$

όπου, **H_{net}** :είναι το καθαρό ή ωφέλιμο ύψος πτώσης (m), **H_{gross}** : είναι το ολικό ύψος πτώσης (m), **u₀**: είναι η ταχύτητα ύδατος πριν την υδροληψία (m/sec), **ΣΔh**: το σύνολο των απωλειών πριν τον σπειροειδή σωλήνα σε m (σε ορισμένες περιπτώσεις συμπεριλαμβανομένων των αντίστοιχων στον αγωγό φυγής),**u**: είναι η ταχύτητα ύδατος στην έξοδο του αγωγού φυγής (m/sec) και,**g**: η επιτάχυνση βαρύτητας (9,81 m/sec²).

1.1.3 Απώλειες ύψους υδατόπτωσης

Η προσαγωγή του νερού στον υδροστρόβιλο γίνεται με δύο τύπους αγωγών, με ανοιχτό κανάλι (open channel) ή με κλειστό αγωγό (pipe). Και στους δύο τύπους αγωγών παρουσιάζονται οι καταστάσεις ροής που εξετάστηκαν παραπάνω. Εξαιτίας της στρωτής ροής προκαλούνται απώλειες που ονομάζονται απώλειες τριβής και εξαιτίας της τυρβώδους ροής προκαλούνται απώλειες τυρβώδους ροής. Οι απώλειες δηλαδή, σχετίζονται με το είδος, το υλικό, το σχήμα και τα λοιπά χαρακτηριστικά των αγωγών υδατόπτωσης και η ύπαρξη τους μειώνει το ύψος υδατόπτωσης το οποίο αξιοποιείται από τον υδροστρόβιλο της εγκατάστασης. Συνεπώς η μελέτη, ο υπολογισμός και εν τέλει η μείωση τους κρίνεται απαραίτητη για το σχεδιασμό ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου.

1.1.4 Απώλειες ύψους υδατόπτωσης κλειστών αγωγών

Στο πλαίσιο των κλειστών αγωγών πτώσης ύδατος παρατηρούνται οι καταστάσεις ροής που εξετάστηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα, για τιμές του αριθμού Reynolds μικρότερες του 2.000 διαπιστώνεται ύπαρξη στρωτής ή παράλληλης ροής, τη στιγμή που η ενδιάμεση κατάσταση παρουσιάζει τιμές μεταξύ 2000 και 40000 και η τυρβώδης ροή στην περίπτωση τιμών του αριθμού Reynolds μεταξύ 40000 και 100000 οι συγκεκριμένες καταστάσεις ροής ύδατος στους κλειστούς αγωγούς σχετίζονται με τις εμφανιζόμενες απώλειες του ύψους υδατόπτωσης.

Για τον προσδιορισμό των απωλειών σε κλειστούς αγωγούς πρέπει να σημειωθεί η σπουδαιότητα του υλικού κατασκευής του. Η αντίσταση η οποία εμφανίζεται στα τοιχώματα του κλειστού αγωγού εξαρτάται από την τραχύτητα του υλικού κατασκευής του αγωγού και την ταχύτητα ύδατος κοντά στα τοιχώματα. Η ταχύτητα, παρουσιάζεται μεγαλύτερη στην περίπτωση της τυρβώδους ροής από την αντίστοιχη στρωτής ροής. Συνεπώς, δεδομένων των τιμών του αριθμού Reynolds για τις αντίστοιχες καταστάσεις ροής, διαπιστώνεται ότι η αύξηση του αριθμού Reynolds οδηγεί σε αύξηση της απώλειας τριβής. Ταυτόχρονα, σε περιπτώσεις υψηλής τυρβώδους ροής, εμφανίζεται μεγαλύτερη δραστηριότητα ανάμειξης σωματιδίων και συνεπώς υψηλότερη απώλεια τυρβώδους ροής. Επομένως, οι απώλειες ενέργειας των κλειστών αγωγών αυξάνουν με τον αριθμό Reynolds και την ταχύτητα των τοιχωμάτων του αγωγού.

1.1.5 Απώλειες τριβής κλειστών αγωγών

Οι Darcy και Weisbach εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης της μάζας σε ένα συγκεκριμένο όγκο ρευστού σε κλειστό αγωγό, μεταξύ δύο τμημάτων καθέτων στον άξονά του, εξήγαγαν την ακόλουθη σχέση η οποία ισχύει στην περίπτωση ασυμπίεστων και σταθερών ροών ύδατος σε κλειστούς αγωγούς:

$$H_f = f \left(\frac{L}{D} \right) \frac{u^2}{2g}$$

όπου, h_f : οι απώλειες τριβής (friction losses) του ύψους υδατόπτωσης (m), f : ο συντελεστής τριβής, αδιάστατος αριθμός, L : το μήκος του κλειστού αγωγού σε m, D : η διάμετρος του κλειστού αγωγού σε m, u : η μέση ταχύτητα ύδατος σε m/sec και g : η επιτάχυνση της βαρύτητας ($9,81 \text{ m/sec}^2$)

Στην στρωτή ή παράλληλη ροή ο συντελεστής τριβής f μπορεί να υπολογισθεί απευθείας από την εξίσωση:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Σύμφωνα με την εξίσωση ο συντελεστής τριβής f στην στρωτή ή παράλληλη ροή είναι ανεξάρτητος της τραχύτητας των τοιχωμάτων του αγωγού και αντιστρόφως ανάλογος του αριθμού Reynolds. Το γεγονός αυτό, ότι ο συντελεστής f μειώνεται όταν ο αριθμός Reynolds αυξάνεται, προφανώς δεν σημαίνει ότι αυξάνοντας την ταχύτητα ελαττώνονται οι απώλειες τριβής.

Αντικαθιστώντας τον συντελεστή f :

$$hf = \frac{64\nu}{Du} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{u^2}{2g} = \frac{32 \cdot \nu \cdot L \cdot u}{g \cdot D^2}$$

Αυτό δείχνει ότι η συγκεκριμένη απώλεια ύψους υδατόπτωσης, στην στρωτή ή παράλληλη ροή, είναι ανάλογη προς την ταχύτητα u και αντιστρόφως ανάλογη προς την D^2 .

Όταν η ροή είναι σχεδόν τυρβώδης ($Re > 2000$), ο συντελεστής τριβής f γίνεται λιγότερο εξαρτώμενος από τον αριθμό Reynolds και περισσότερο εξαρτώμενος από τη σχετική τραχύτητα k_s/D όπου k_s η ισοδύναμη τραχύτητα άμμου (equivalent sand roughness) των τοιχωμάτων του αγωγού και D η διάμετρος του τελευταίου.

Είναι πολύ γνωστό ότι, ακόμα και στις τυρβώδεις ροές, ακριβώς δίπλα από τα τοιχώματα του αγωγού διαπιστώνεται η ύπαρξη ενός ιδιαίτερα λεπτού στρώματος ροής, το οποίο καλείται υπόστρωμα στρωτής ροής. Όταν ο αριθμός Re αυξάνεται, το πάχος του υποστρώματος στρωτής ροής μειώνεται. Στις περιπτώσεις όπου η τιμή της ισοδύναμης τραχύτητας άμμου (k_s) είναι

ιδιαίτερα χαμηλότερη του πάχους του αντίστοιχου υποστρώματος, ο αγωγός θεωρείται υδραυλικά λείος.

Υλικό τοιχωμάτων αγωγού	Ισοδύναμη τραχύτητα άμμου(mm)
Γυαλί, πλαστικό	0
Χαλκός, ορείχαλκος	$1,5 \times 10^{-3}$
Επεξεργασμένος σίδηρος, ατσάλι	$4,6 \times 10^{-2}$
Ασφαλιωμένος σίδηρος	0,12
Γαλβανισμένος σίδηρος	0,15
Χυτοσίδηρος	0,26
τσιμέντο	0,3-3

[Ισοδύναμη τραχύτητα άμμου τοιχωμάτων κλειστών αγωγών]

1.1.6 Απώλειες τυρβώδους ροής κλειστών αγωγών

Εκτός από τις απώλειες τριβής, η ροή ύδατος μέσω ενός συστήματος κλειστών αγωγών, το οποίο περιλαμβάνει εισόδους, εσχάρες εισαγωγής, καμπυλώσεις, συστολές και διαστολές αγωγών, βαλβίδες και πύλες, οδηγεί σε απώλειες του ύψους υδατόπτωσης πέρα των αντίστοιχων τριβής και οι οποίες οφείλονται στο εσωτερικό ιξώδες. Οι συγκεκριμένες απώλειες βασίζονται στην ταχύτητα ύδατος και εκφράζονται συνήθως από ένα πειραματικό συντελεστή K πολλαπλασιαζόμενου με την κινητική ενέργεια $u^2/2g$.

1.1.7 Απώλειες εισόδου (entrance losses)

Οι απώλειες εισόδου των κλειστών αγωγών πτώσης ύδατος οφείλονται στην μεταβολή, συνήθως αύξηση, της ταχύτητας ροής ύδατος κατά την είσοδο του στον αντίστοιχο αγωγό και στην απότομη συστολή της διατομής στο σημείο της υδροληψίας. Οι απώλειες εισόδου δίνονται από την ακόλουθη σχέση:

$$h_e = K_1 \frac{u^2}{2g}$$

K_1 : ο συντελεστής απωλειών εισόδου οι τιμές του οποίου δίνονται στον Πίνακα

Τύπος εισόδου	K_1
Προεξέχουσα(protruding)	0,75
Απότομων άκρων(sharp-edged)	0,5
Στρογγυλεμένη (well rounded)	0,01

1.2 Η αναγκαιότητά της υδροηλεκτρικής ενέργειας

Η υδραυλική ενέργεια, η ενέργεια του νερού, είναι μια ανανεώσιμη και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στον δρόμο της ανάπτυξης.

Πολυάριθμοι υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, υδροτριβεία, πριονιστήρια, κλωστοϋφαντουργεία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνητης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών, με απολυτά φιλικό προς το περιβάλλον

1.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της υδραυλικής ενέργειας είναι :

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς (γαιανθράκων, πετρελαίου), που απαιτούν χρόνο προετοιμασίας

- Είναι μία "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά πλεονεκτήματα (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος)

- Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, αναψυχή, αθλητισμός.

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους,

- Είναι εγχώρια πηγή ενέργειας και συνεισφέρει στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο,

- Είναι διάσπαρτη γεωγραφικά και οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος αλλά και δίνει τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης τοπικών ενεργειακών πόρων,

- Μπορεί να αποτελέσει πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμιζόμενων περιοχών καθώς και να συμβάλλει στην τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση σχετικών επενδύσεων,

- Δεν παράγει ατμοσφαιρικούς ρύπους και θόρυβο (παρά μόνο μικρής έντασης και χρονικής διάρκειας στη φάση των κατασκευών),

- Ο ταμιευτήρας (όταν επιλέγεται η κατασκευή φράγματος) μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία υγροτόπου.

Τα μειονεκτήματα που συνήθως εμφανίζονται είναι:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής καθώς και η μεγάλη χρονική διάρκεια απαιτείται μέχρι την αποπεράτωση του έργου

- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα (ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, υποβάθμιση περιοχών, αλλαγή στη χρήση γης, στη χλωρίδα και πανίδα περιοχών αλλά και του τοπικού κλίματος, αύξηση σεισμικής επικινδυνότητας, κ.ά.). Η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή μικρών φραγμάτων.

1.4 Υδροηλεκτρική σταθμοί στην Ελλάδα

Ονομαστικά είναι :

- Ø Λάδωνας
- Ø Κρεμαστά
- Ø Λούρος
- Ø Πουρνάρι I και II
- Ø Σταύρος
- Ø Καστράκι
- Ø Γκιώνα
- Ø Άγρας
- Ø Εδεσσαίος
- Ø Θησαυρός
- Ø Πλατανοβρύση
- Ø Μακροχώρη
- Ø Ασώματα
- Ø Σφηκιά
- Ø Ν. Πλαστήρας
- Ø Πηγές Αώου
- Ø Πολύφυτος

- Ø Γρατηνής
- Ø Ιάσιου



[Εικόνα 1.4.(1) υδροηλεκτρικούς σταθμούς στην Ελλάδα]

Η Ελλάδα είναι ορεινή χώρα σε ποσοστό πάνω από 80%, με ανώμαλα, πετρώδη εδάφη και ποικιλία μικροκλιμάτων. Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί είναι εγκατεστημένοι κυρίως στο βορειοδυτικό τμήμα της χώρας, όπου βρίσκονται και οι περισσότερες οροσειρές.

1950-1975 Κατασκευάστηκαν 8 μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί, συνολικής ισχύος 1.410 MW, μεταξύ των οποίων και οι 3 μεγαλύτεροι : Άγρας, Λάδων, Λούρος, Ταυρωπός, Κρεμαστά, Καστράκι, Εδεσσαίος, Πολύφυτο. Από το 1976 μέχρι σήμερα Κατασκευάστηκαν 8 μεγάλοι & 4 μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί, συνολικής ισχύος 1.630 MW, μεταξύ των οποίων και 2 αντλητικοί: Πουρνάρι I & II, Σφηκιά, Ασώματα, Στράτος I, Στράτος II, Πηγές Αώου, Θησαυρός, Πλατανοβρύση, Γκιώνα, Μακροχώρη, Αγ. Βαρβάρα.

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ σήμερα

- Συγκρότημα Αχελώου (Κρεμαστά, Καστράκι, Στράτος I & II, Γκιώνα, Γλαύκος): **Σύνολο 925,6 MW**

- Συγκρότημα Αλιάκμονα (Πολύφυτο, Σφηκιά, Ασώματα, Αγ. Βαρβάρα, Μακροχώρη, Βέρμιο, Άγρας, Εδεσσαίος): **Σύνολο 880,2 MW**

- Συγκρότημα Αράχθου (Π. Αώου, Πουρνάρι I & II, Λούρος): **Σύνολο 553,9 MW**

- Συγκρότημα Νέστου (Θησαυρός, Πλατανοβρύση): **Σύνολο 500 MW**

- ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα: **129,9 MW**

- ΥΗΣ Λάδωνα: **70 MW**
- Λοιποί Μικροί ΥΗΣ: **1,3 MW**
- Σύνολο: 3,061 MW**

Μερικές εικόνες από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς από Συγκρότημα Αλιάκμονα :



Εικόνα 1.4.(2) Υδροηλεκτρικό Συγκρότημα Αλιάκμονα ΥΗΣ Πολυφύτου(9)

Υδροηλεκτρικό Συγκρότημα Αλιάκμονα ΥΗΣ Πολυφύτου Θέση: Δυτική Μακεδονία, Ν. Κοζάνης Σκοπός: υδροηλεκτρική παραγωγή, άρδευση, ύδρευση, αντιπλημμυρική προστασία Έναρξη εμπορ. λειτ.: 1974/75 εγκατ. ισχύς: 375 MW (3x125) Francis type turbines Μέση ετήσια παραγ.: 420 GWH Φράγμα: λιθόρριπτο, 112 m ύψος Ωφελ. χωρητ. ταμ.: 1220 m.c.m



Εικόνα 1.4.(3) ΥΗΣ Πουρναρίου ΙΙ(9)

ΥΗΣ Πουρναρίου ΙΙ Θέση: Ήπειρος, Ν. Άρτας Σκοπός: υδροηλεκτρική παραγωγή, άρδευση Έναρξη εμπορ. λειτ.: 1998/9 Εγκατ. ισχύς: 33,6 MW (2x16) bulb & (1x1,6) S type units Μέση ετήσια παραγ.: 45 GWH Φράγμα: χωμάτινο, 15 m ύψος Ωφελ. χωρητ. ταμ.: 4 m.c.m



[Εικόνα 1.4.(4) ΥΗΣ Πλατανόβρυσης](9)

Υδροηλεκτρικό Συγκρότημα Νέστου ΥΗΣ Πλατανόβρυσης Θέση: Ανατολική Μακεδονία, Ν. Δράμας Σκοπός: υδροηλεκτρική παραγωγή, άρδευση Έναρξη εμπορ. λειτ.: 1999 Εγκατ. ισχύς: 116 MW (2x58) Francis type pump turbines Μέση ετήσια παραγ.: 240 GWH Φράγμα: από Κυλινδρούμενο Σκυρόδεμα, 95 m ύψος Ωφελ. χωρητ. ταμ.: 57 m.c.m.



[Εικόνα 1.4.(5)Υδροηλεκτρικός Σταθμός Ν. Πλαστήρα(9)

Υδροηλεκτρικός Σταθμός Ν. Πλαστήρα (π. Ταυρωπός) Θέση: Θεσσαλία, Ν. Καρδίτσας Σκοπός: υδροηλεκτρική παραγωγή, άρδευση, ύδρευση Έναρξη εμπορ. λειτ.: 1962 Εγκατ. ισχύς: 129,9 MW (3x43,3) Pelton type turbines Μέση ετήσ. παραγ.: 198 GWH Φράγμα: τοξωτό από σκυρόδεμα, 83 m ύψος Ωφελ. χωρητ. ταμ.: 300 m.c.m

1.5 Πολλαπλή χρήση Υδροηλεκτρικών Σταθμών

- Παραγωγή «καθαρής» και ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, κάλυψη ενεργειακών απαιτήσεων στην αιχμή της ζήτησης, παροχή επικουρικών υπηρεσιών στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο
- Αντιπλημμυρική προστασία
- Ρύθμιση των εισροών μέσω των ταμιευτήρων και χρήση των νερών σε περιπτώσεις παρατεταμένης ανομβρίας
- Παροχή νερού για αρδεύσεις καλλιεργειών και ύδρευση πόλεων
- Παροχή νερού για ψύξη μονάδων Θερμοηλεκτρικών Σταθμών και άλλες βιομηχανικές χρήσεις
- Αλιεία, ναυταθλητισμός, αναψυχή, περιβαλλοντική εκπαίδευση, εναλλακτικός τουρισμός και άλλες δραστηριότητες στους ταμιευτήρες
- Κατασκευή δρόμων και δημιουργία σημαντικών υποδομών στις περιοχές όπου βρίσκονται
- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί προστατεύουν το περιβάλλον εξασφαλίζοντας οικολογική παροχή στις κοίτες των ποταμών. Οι ταμιευτήρες αποτελούν ιδανικό περιβάλλον επιβίωσης και ανάπτυξης πολλών ειδών χλωρίδας και πανίδας, αναβαθμίζουν αισθητικά το τοπίο και σε πολλές περιπτώσεις εξελίσσονται σε μοναδικής ομορφιάς υγροβιότοπους.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΗΣ

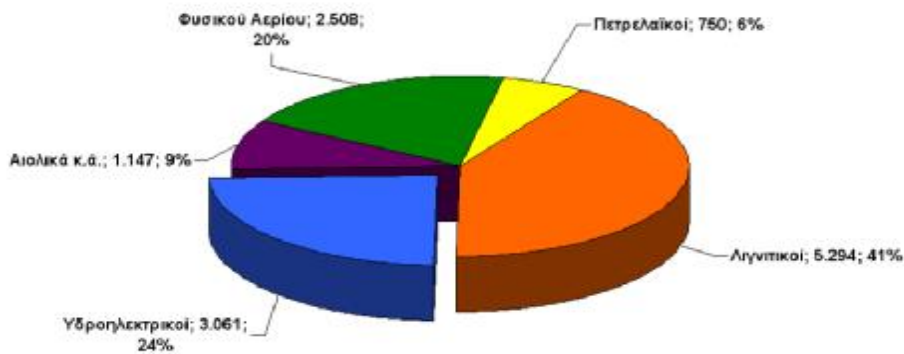
- Κάλυψη αναγκών κατά Μ.Ο. 9%.
- Μέση Ετήσια Παραγωγή περίπου 4500 MWh
- Ευελιξία -Ταχεία ένταξη: Φορτία Αιχμής, Επικουρικές Υπηρεσίες (ρύθμιση συχνότητας, τάσης κ.λ.π.)
- Πράσινη, οικολογική ενέργεια χωρίς ρύπους. • Αναστρέψιμοι ΥΗΣ -Άντληση

1.6 Συμμετοχή των ΥΗΣ στο Εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα

Η ΔΕΗ Α.Ε. ΣΤΟ Ε.Δ.Σ.

- Εγκατεστημένη ισχύς: 12,760 MW
- Πωλήσεις: 55,153 GWh
- Εργαζόμενοι: 24,602
- Πελάτες: 7,4 εκατ. Χαμηλής Τάσης, 9,056 Μέσης και 33 Υψηλής Τάσης

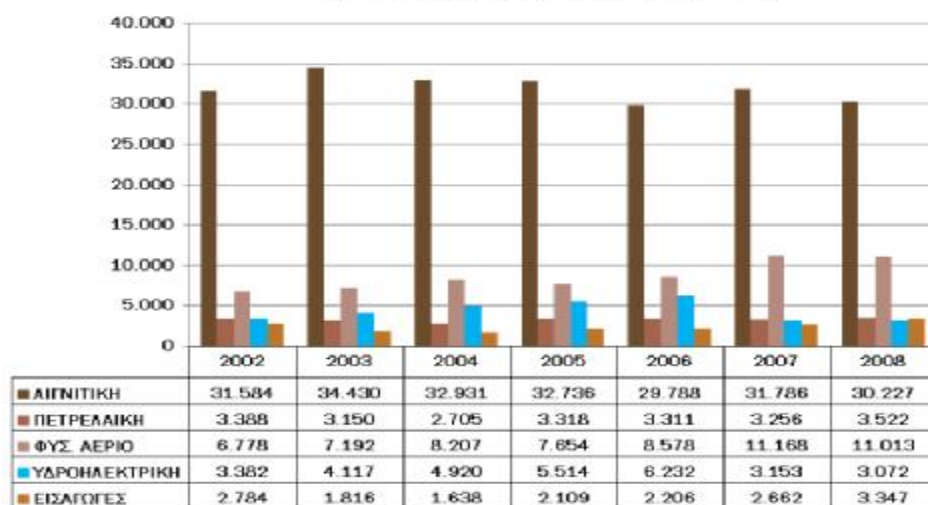
Εγκατ. ΙΣΧΥΣ σταθμών διασυνδ. συστ. ανά τύπο καυσίμου 2008: 12.760 MW



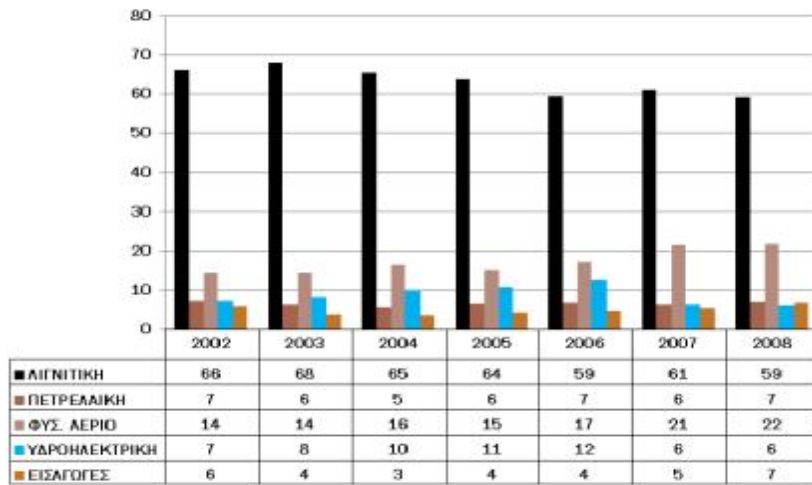
Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας 2008 ανά καύσιμο (GWH)



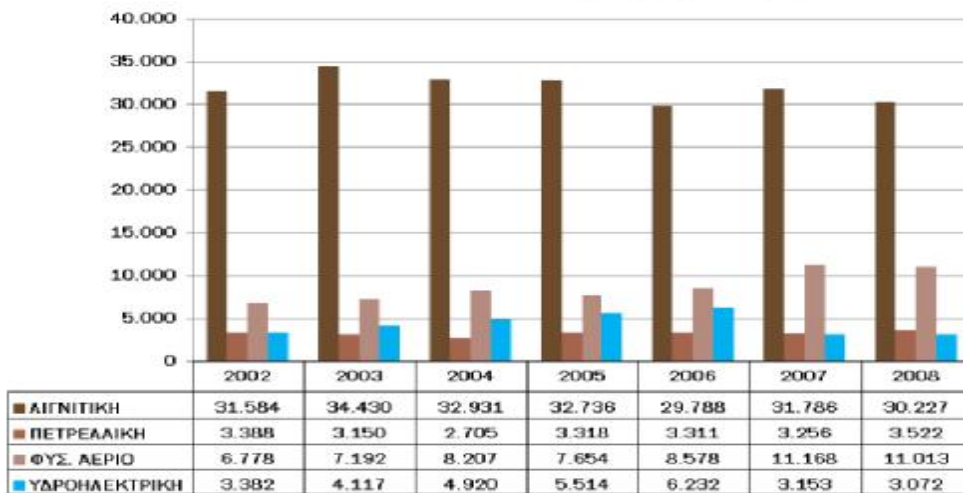
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ (GWH) με Εισαγωγές



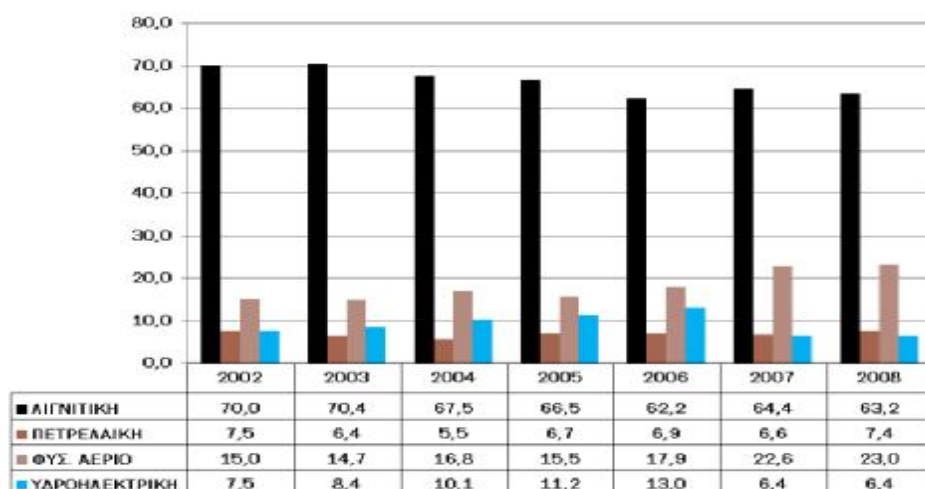
ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%) με εισαγωγές



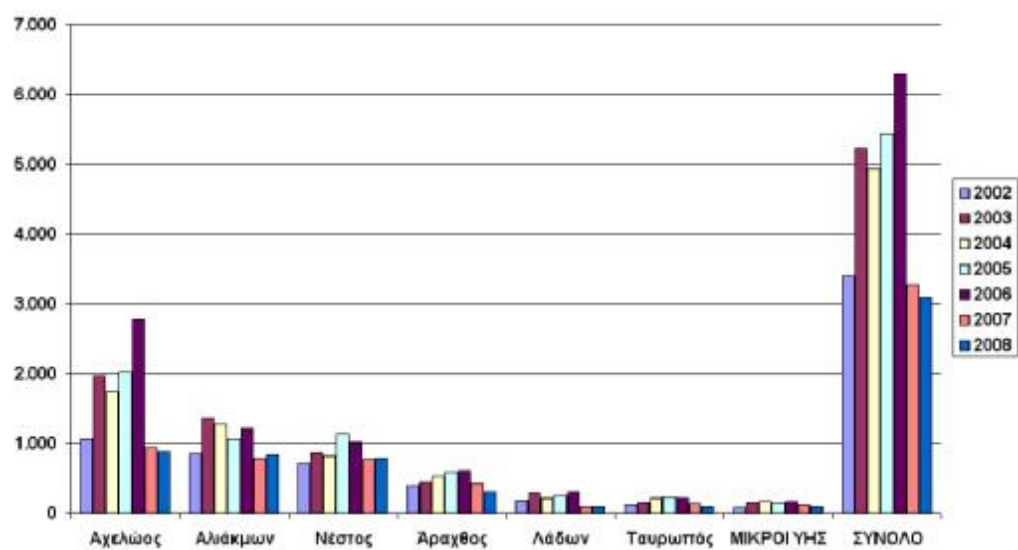
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ (GWH) χωρίς Εισαγωγές



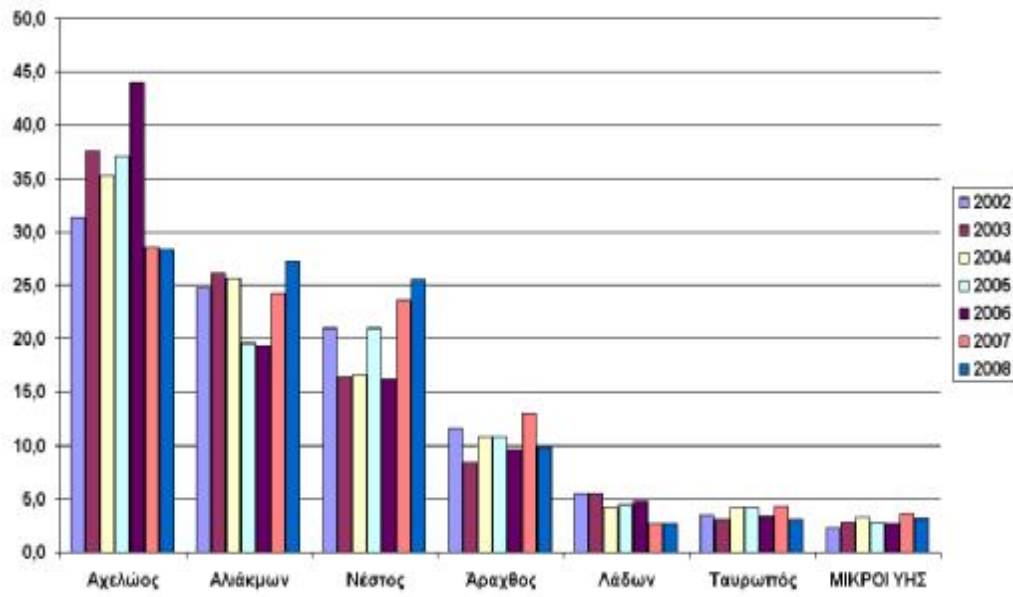
ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%) χωρίς εισαγωγές



Ετήσια υδροηλεκτρική παραγωγή ανά ποταμό (GWH)



Ποσοστό συμμετοχής ποταμού στο σύνολο της παραγωγής (%)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

« ΥΗΣ ΜΙΚΡΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ
ΚΑΙ ΤΑ ΕΙΔΗ ΓΡΑΓΜΑΤΩΝ »

2.1 Υδροηλεκτρική σταθμοί μικρής κλίμακας

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι διαθέσιμη από μερικές εκατοντάδες watt μέχρι και 10 GW.

Στο χαμηλό σημείο αυτού του φάσματος, η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις κατηγορίες. Οι ορισμοί των κατηγοριών ποικίλλουν, αλλά συνήθως διακρίνονται στους :

à Μικρο, με δυναμικό λιγότερο από 100 kw.

à Μίνι, με δυναμικό από 100 Kw έως 1 MW.

à Μικρό, με δυναμικό από 1 MW έως 5 MW.

Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα λειτουργούν με την καθοδήγηση μέρους της ροής κάποιου ποταμού στον ρυθμιστή ροής και στον υδροστρόβιλο, ο οποίος κινεί μια γεννήτρια και παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια. Το νερό ρέει έπειτα πίσω στον ποταμό. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα λειτουργούν συνήθως παράλληλα στη ροή του ποταμού, και έτσι δεν διακόπτεται η ροή του. Αυτό είναι προτιμότερο από περιβαλλοντική άποψη, καθώς οι εποχιακές αυξομειώσεις νερού δεν επηρεάζουν την ροή του ποταμού στην κατεύθυνση του ρεύματος, ενώ δεν πλημμυρίζουν κοιλάδες σε υψηλότερα από το σύστημα επίπεδα. Μια περαιτέρω επίπτωση είναι ότι η παραγωγή ενέργειας δεν καθορίζεται με κάποιο έλεγχο της ροής του ποταμού, αλλά αντίθετα ο στρόβιλος λειτουργεί όταν υπάρχει κάποια ροή και σε παραγωγή ενέργειας εξαρτάται αποκλειστικά από αυτή.

Αυτό σημαίνει ότι το μηχανικό σύστημα ρύθμισης της ροής του νερού δεν απαιτείται με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος και οι απαιτήσεις συντήρησης. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα είναι ιδιαίτερα κατάλληλα ως μακρινές παροχές ηλεκτρικού ρεύματος για τις αγροτικές και απομονωμένες κοινότητες, ως οικονομική εναλλακτική λύση στην επέκταση ή αναβάθμιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα παρέχουν μια πηγή φτηνής, ανεξάρτητης και συνεχούς ενέργειας, χωρίς υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

2.2 Υδροηλεκτρική σταθμοί μεγάλης κλίμακας

Τα συστήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας έχουν εγκατασταθεί σε όλο τον κόσμο, με το μεγαλύτερο να έχει δυναμικότητα 10.000 MW (10 GW). Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα μεγάλης κλίμακας απαιτεί ένα πολύ μεγάλο φράγμα, ή μια σειρά φραγμάτων, για να αποθηκεύσει τις τεράστιες ποσότητες νερού που απαιτούνται από το σύστημα. Το φράγμα 'Kariba' στη Ζάμπια της Αφρικής συγκρατεί 160 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερό, και παράγει 1.300 MW ηλεκτρικό ρεύμα. Ενώ η παραγωγή ενέργειας από το νερό έχει τα οφέλη της, από την άποψη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έχει επίσης σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας έχουν μια καταστρεπτική επίδραση στις ροές των ποταμών και στις παροχές νερού. Για την κατασκευή μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικών έργων χρειάζεται συνήθως να πλημμυρίσουν μεγάλες εκτάσεις εδάφους, οδηγώντας στη μετατόπιση των ανθρώπων που ζουν στην περιοχή, και στις αρνητικές επιδράσεις στην τοπική πανίδα και χλωρίδα. Τα προτεινόμενα σχέδια παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας αντιμετωπίζουν συχνά την έντονη αντίδραση από ομάδες ανθρώπων σχετικές με το περιβάλλον και τα ανθρώπινα δικαιώματα καθώς προβληματίζονται για τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις αυτών των αναπτυξιακών προγραμμάτων.



[Εικόνα 2.2(1) : Το φράγμα της Kariba στη Ζάμπια της Αφρικής]

2.3 Συμπλέγματα Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέραμε ονομαστικά όλους τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της ελληνικής επικράτειας, μικρής και μεγάλης κλίμακας. Όλοι αυτοί οι σταθμοί κατηγοριοποιούνται σαν συγκροτήματα ή συμπλέγματα, σύμφωνα με τον ποταμό στον οποίο εδρεύουν. Το μεγαλύτερο σύμπλεγμα, από θέμα ισχύος, εντοπίζεται στον ποταμό Αχελώο. Αποτελείται από τα φράγματα, των Κρεμαστών, του Καστρακίου, στο Στράτο I και II, της Γκιώνας και τελευταίο στον Γλαύκο Αχαΐας, με συνολική ισχύ 925,6 MW.

Το δεύτερο μεγαλύτερο εντοπίζεται στον ποταμό Αλιάκμονα με τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια του Πολυφύτου, της Σφηκιά, των Ασώματων, της Αγ. Βαρβάρας, του Μακροχωρίου, στο Βέρμιο, του Άγρα και του Εδεσσαίου. Η συνολική ισχύς αυτού του συγκροτήματος αγγίζει τα 880.2 MW. Το συγκρότημα του Αράχθου έχει ισχύ 553.9 MW και αποτελείται από των ΥΗΣ Π. Αώου, του Πουρναρίου I και II και του Λούρου. Το μικρότερο σύμπλεγμα της Ελλάδας βρίσκεται στον ποταμό Νέστο με δύο φράγματα, του Θησαυρού και της Πλατανόβρυσης με συνολική ισχύ 500 MW. Παράλληλα, με τα συγκροτήματα υπάρχει ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Ν. Πλαστήρα με ισχύ 129.9 MW και του Λάδωνα με ισχύ 70 MW. Σε όλο αυτό το σύστημα υδροηλεκτροπαραγωγής συνδέονται και κάποιοι μικροί ΥΗΣ, ισχύος 1,3 MW

2.4 Φράγματα της ΔΕΗ

Τα πρώτα φράγματα που κατασκευάστηκαν ήταν του Λούρου το 1954, του Λάδωνα το 1955 και του Ταυρωπού το 1959. Ήταν και τα τρία από σκυρόδεμα, βαρύτητας του Λούρου, τοξωτό του Ταυρωπού και βαρύτητας μετά διακένων στοιχείων ή αντηριδωτό του Λάδωνα. Αν εξαιρέσουμε το φράγμα του Λούρου, όπου συμμετείχε από ελληνικής πλευράς η ΕΤΕΡ. Α.Ε., αυτά τα φράγματα μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν από ξένες εταιρείες. Το 1965 και με αμερικάνικες

πιστώσεις, κατασκευάζεται το φράγμα Κρεμαστών στον ποταμό Αχελώο, το πρώτο χωμάτινο και ένα από τα μεγαλύτερα της Ευρώπης. Όπως αναφέραμε και στο πρώτο κεφάλαιο, ακολούθησε το φράγμα Καστρακίου το 1969.

Μετά το φράγμα Καστρακίου, οι Ελληνικές εταιρίες επικεντρώθηκαν στις μελέτες και κατασκευές χωμάτινων και λιθόρριπτων φραγμάτων. Έτσι, κατασκευάστηκαν τα φράγματα Πολυφύτου το 1974, Πουρναρίου το 1981, Σφηκιάς και Ασωμάτων το 1985, Στράτου το 1988, Πηγών Αώου το 1989. Στα τέλη του 1997 ολοκληρώθηκε η κατασκευή των φραγμάτων Θησαυρού και Πλατανόβρυσης στο Νέστο και του φράγματος της Μεσοχώρας στον Αχελώο. Τα φράγματα της ΔΕΗ, αν και έχουν υψηλό κόστος κατασκευής, δικαιολογούν την ύπαρξή τους, διότι η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας αποσβένει αυτό το κόστος και με το παραπάνω, όπως αποδεικνύει η μέχρι τώρα ιστορία των πρώτων φραγμάτων στον ελληνικό χώρο. Επιπλέον, τα φράγματα της ΔΕΗ εξυπηρετούν αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς.

Από τα φράγματα αυτά, καινοτομία παρουσιάζουν:

- Το λιθόρριπτων φράγμα Μεσοχώρας του οποίου το στεγανό στοιχείο αποτελεί ανάντη πλάκα σκυροδέματος, η κατασκευή της οποίας απαιτεί ειδική τεχνική και εξειδικευμένο επιστημονικό και εργοτεχνικό προσωπικό.
- Το φράγμα Πλατανόβρυσης από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα με χρήση ιπτάμενης τέφρας στη σύνθεση του σκυροδέματος. Η ιπτάμενη τέφρα προέρχεται από την καύση λιγνίτη στους θερμικούς σταθμούς της Κοζάνης και έχει ως αποτέλεσμα και μείωση του κόστους κατασκευής του έργου.

2.5 Τύποι φραγμάτων

Οι τρεις μεγάλες κατηγορίες φραγμάτων είναι:

→ Τα άκαμπτα

→ Τα εύκαμπτα

→ Τα μικτά ή σύνθετα

Τα άκαμπτα κατηγοριοποιούνται σε:

→ Βαρύτητας

→ Τοξωτά

→ Αντηριδωτά

Τα εύκαμπτα χωρίζονται σε:

→ Χωμάτινα

→ Λιθόριπτα

Ο τύπος μικτών φραγμάτων συνδέει την γεωτεχνική βαρύτητας, χωμάτινο και αντηριδωτά μαζί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

« ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ »

3.1 Τα μέρη ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου

Υδροηλεκτρικά εργοστάσια ονομάζονται οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας του νερού (π.χ ενός ποταμού, μιας λίμνης κτλ.). Δεδομένου ότι παράγουν ενέργεια χωρίς να καταναλώνουν φυσικούς πόρους, θεωρούνται ως τρόποι παραγωγής ενέργειας από ανακυκλώσιμες πηγές.

Το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο αποτελείται από τα εξής τμήματα:

Αρχικά κατασκευάζεται ένα φράγμα, το οποίο συγκρατεί το νερό σε μια τεχνητή λίμνη (ταμιευτήρα). Το νερό αυτό πρέπει να μπορεί να ρέει προς τα κάτω, γι' αυτό τα φράγματα κατασκευάζονται σε σημεία με σχετικά απότομες κλίσεις της κοίτης των ποταμών. Με τη ροή αυτή η δυναμική ενέργεια του νερού του ταμιευτήρα μετατρέπεται σε κινητική.

Στο κάτω μέρος του φράγματος τοποθετούνται υδατοφράκτες. Με τη βοήθειά τους ρυθμίζεται η ποσότητα ροής του νερού από τον ταμιευτήρα προς την τουρμπίνα μέσω του υδαταγωγού.

A: Γεννήτρια

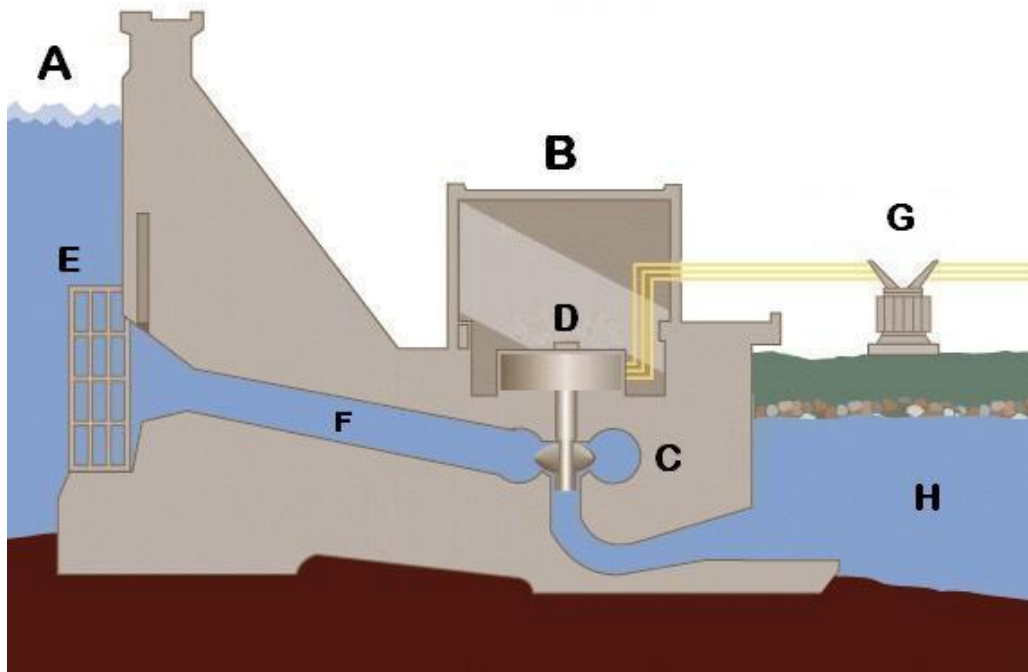
B: Τουρμπίνα

- (1) Στάτορας
- (2) Ρότορας
- (3) θυρίδα
- (4) πτερύγια
- (5) Είσοδος ρέοντος νερού
- (6) Άξονας σύνδεσης τουρμπίνας - γεννήτριας

Τουρμπίνα (ή τουρμπίνες, ανάλογα με το μέγεθος του εργοστασίου): Είναι συσκευές με ειδικά πτερύγια, χάρη στα οποία η κινητική ενέργεια του νερού που ρέει μετατρέπεται σε περιστροφική. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ στάθμης του ταμιευτήρα και της θέσης της τουρμπίνας προκαλεί την κίνηση του νερού, το οποίο με τη σειρά του θέτει σε κίνηση την τουρμπίνα.

Γεννήτρια (γεννήτριες, όπως πιο πάνω): Άμεσα συνδεδεμένη στον άξονα της τουρμπίνας βρίσκεται συνδεδεμένη μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, την οποία θέτει σε κίνηση η τουρμπίνα. Με τον τρόπο αυτό η κινητική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα.

Γραμμές μεταφοράς: Από την εγκατάσταση παραγωγής ισχύος εκκινούν γραμμές μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας προς τους τόπους κατανάλωσής της.



Εικόνα 3.1.1 Διάγραμμα υδροηλεκτρικού εργοστασίου (10)

A = Ταμιευτήρας

F = Υδαταγωγός

B = Εγκατάσταση παραγωγής ισχύος

G = Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

C = Τουρμπίνα

H = Συνέχεια ροής ποταμού

D = Γεννήτρια

E = Υδατοφράκτης

3.2 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της λειτουργίας των υδροηλεκτρικών σταθμών, η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας ύδατος σε μηχανική περιστροφική ενέργεια πραγματοποιείται με την βοήθεια των υδροστροβίλων. Ως υδροστροβίλος ορίζεται η μηχανή που μετατρέπει την ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια μέσω συνεχούς ροής του νερού και σταθερής περιστροφικής κίνησης. Οι θεμελιώδεις αρχές τις οποίες καλούνται να ικανοποιήσουν οι υδροστροβίλοι είναι η αποφυγή επαφής τους με νερό τυρβώδους ροής και η απώλεια αρχικής ταχύτητας ύδατος μετά την αξιοποίηση του από τον υδροστροβίλο. Οι συγκεκριμένες συνθήκες κρίνεται αναγκαίο να τηρούνται προκειμένου να μην υπάρξει απώλεια ενέργειας υπό τη μορφή τυρβώδους ροής και ανεκμετάλλευτης κινητικής ενέργειας αντίστοιχα. Η ανάπτυξη των υδροστροβίλων, όπως τους

γνωρίζουμε, είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική. Πολλά αναπτυξιακά έργα κατευθύνθηκαν στην σχεδίαση πολύ μεγάλων, αποδοτικών μονάδων. Δυστυχώς, η τεχνολογία των μικρών υδροστροβίλων δεν έχει ωφεληθεί σε ιδιαίτερο βαθμό από την έρευνα και την ανάπτυξη των μεγάλων μονάδων. Οι μικροί υδροστρόβιλοι, που είναι στην ουσία μεγάλοι υδροστρόβιλοι σε μικρότερη κλίμακα, δεν έχουν επιτύχει τον ίδιο βαθμό τελειοποίησης αντίστοιχα για καθαρά οικονομικούς λόγους. Οι μικροί υδροστρόβιλοι είναι ουσιαστικά δομημένοι όπως οι μεγάλες διατάξεις, αλλά το μικρότερο μέγεθος τους καθιστά λιγότερο αποδοτικούς. Η ραγδαία αύξηση του κόστους της ενέργειας έκανε πολλές μικρότερες περιοχές οικονομικά βιώσιμες και οδήγησε σε μεγάλη επέκταση της αγοράς των μικρών υδροστροβίλων. Σ' αυτό προστίθενται και η αλματώδης αυξανόμενη ανάπτυξη μικρών υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες όπου η υδροηλεκτρική ενέργεια καθίστανται ελκυστική πηγή ενέργειας αφού αναπτύσσεται πολύ εύκολα. Εξαιτίας αυτής της ταχείας ανάπτυξης προβλέπεται περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας των υδροστροβίλων, καθώς η αγορά δημιουργεί νέες ανταγωνιστικές πιέσεις για τους κατασκευαστές.

3.2.1 Ταξινόμηση Υδροστροβίλων

Οι υδροστρόβιλοι είναι δυνατό να ταξινομηθούν με κριτήριο την κίνηση του ύδατος σε σχέση με το δρομέα. Έτσι διακρίνουμε τους εξής τύπους:

Αξονικούς στροβίλους στους οποίους παρατηρείται κίνηση του ύδατος παράλληλα με τον άξονα τους.

Ακτινωτούς στροβίλους όπου το νερό κινείται κατά μήκος της ακτίνας τους. Μικτούς στροβίλους που αποτελούν συνδυασμό των αξονικών και των ακτινικών και,

Εφαπτομενικούς στροβίλους που χαρακτηρίζονται από εφαπτομενική κίνηση ύδατος.

3.2.2 Τύποι υδροστροβίλων

- Βαθμός αντιδράσεως στροβιλομηχανής: Βαθμός αντιδράσεων μιας βαθμίδας στροβιλομηχανής ορίζεται ο λόγος της μεταβολής της στατικής πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου της περωτής προς τη συνολική μεταβολή της στατικής πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου από τη βαθμίδα.

- Περωτές δράσεως και αντιδράσεως: Όταν η στατική πίεση μεταξύ εισόδου και εξόδου της περωτής μεταβάλλεται, τότε η περωτή ονομάζεται αντιδράσεως, ενώ στην αντίθετη περίπτωση, η περωτή ονομάζεται δράσεως.

Με κριτήριο το βαθμό αντιδράσεως της περωτής, οι υδροστρόβιλοι διακρίνονται σε δράσεως και αντιδράσεως.

- Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως: Είναι υδροστρόβιλοι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρη η περωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά. Η στατική πίεση μεταβάλλεται (μειώνεται) μεταξύ εισόδου και εξόδου της περωτής.

- Υδροστρόβιλοι δράσεως: Είναι υδροστρόβιλοι μερείκης προσβολής, δηλαδή κάθε χρονική στιγμή μόνο ένα τμήμα της περωτής συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή. Η στατική πίεση δεν μεταβάλλεται μεταξύ εισόδου και εξόδου της περωτής και ο βαθμός αντιδράσεως ισούται με μηδέν.

3.3 Υδροστροβίλοι δράσεως



Εικόνα 3.1.3(1) Τροχός PELTON(2)

PELTON

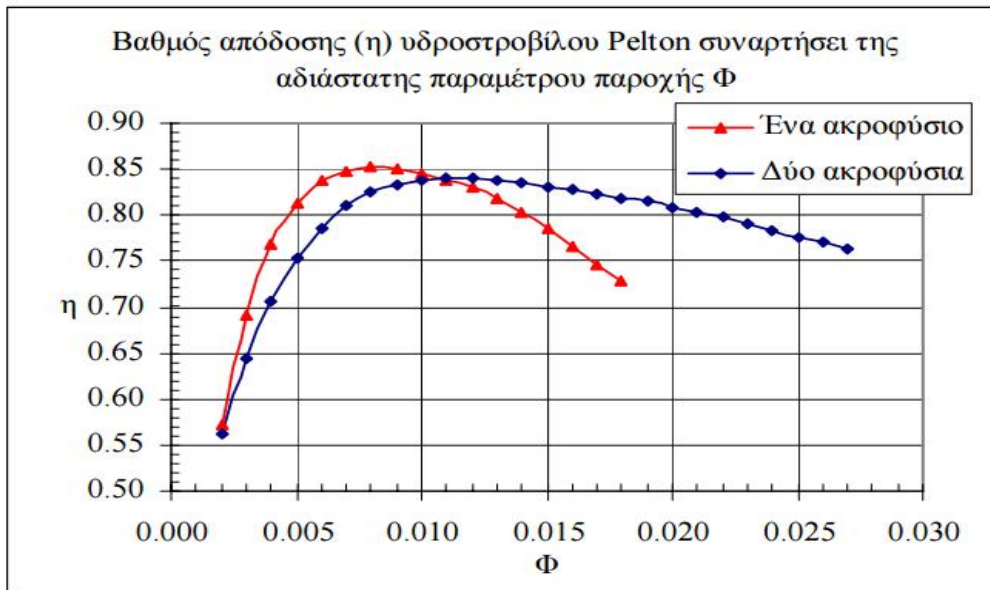
Από τους υδροστροβίλους δράσεως ο μόνος τύπος που έχει επικρατήσει είναι ο υδροστροβίλος Pelton. Οι υδροστροβίλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής και σε κάθε χρονική στιγμή, τμήμα μόνο της πτερωτής συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή.

Ο μόνος τύπος υδροστροβίλου δράσεως που έχει επικρατήσει είναι ο υδροστροβίλος τύπου Pelton, ο οποίος τον εφευρέ το 1889. Οι υδροστροβίλοι τύπου Pelton χρησιμοποιούνται κυρίως για μεγάλα ύψη πτώσεως. Η απόδοσή τους είναι της τάξης του 90%.

Οι υδροστροβίλοι Pelton ανήκουν στους υδροστροβίλους δράσης, είναι κατάλληλοι για μεγάλες τιμές του ύψους πτώσης έως και 1000m και κατασκευάζονται για πολύ μικρές, (της τάξεως των δεκάδων KW) έως πολύ μεγάλες ισχύεις (της τάξεως των εκατοντάδων MW).

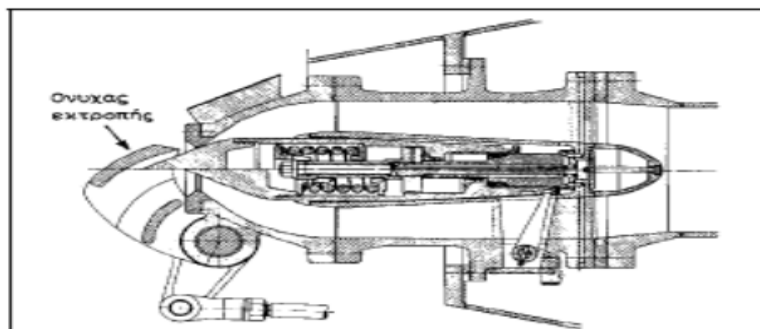
Ο άξονας του στροφείου μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Το στροφείο φέρει κατά την περιφέρεια σκαφίδια και κατασκευάζεται είτε ολόσωμο, είτε τα σκαφίδια είναι ανεξάρτητα. Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου Pelton αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας. Η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνης, η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφυσίου μέσω υδραυλικού συνήθως συστήματος. Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου υπάρχει όνυχας εκτροπής της δέσμης αμέσως μετά την διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Ο όνυχας εκτρέπει την δέσμη η οποία δεν προσπίπτει πλέον στο στροφείο και στην συνέχεια η παροχή μειώνεται (μέσω κλεισίματος της βελόνης) με ρυθμό που έχει υπολογισθεί έτσι ώστε η υπερπίεση λόγω του φαινομένου του υδραυλικού πλήγματος να μην ξεπερνά τις επιτρεπόμενες τιμές. Σημειώνεται ότι ο αγωγός προσαγωγής των υδροστροβίλων Pelton έχει συνήθως σημαντικό μήκος λόγω του σημαντικού ύψους πτώσης.

Το περίβλημά του υδροστροβίλου συνδέεται με το τμήμα εξόδου και οδηγεί το νερό που πέφτει από το στροφείο στην διάφυγα απαγωγής. Στις εικόνες παρατίθενται μηχανολογικό σχέδιο της όψης, το σώμα και το στροφείο κατά την συναρμολόγηση του υδροστροβίλου και ο βαθμός απόδοσης για λειτουργία ενός και δύο ακροφυσίων.



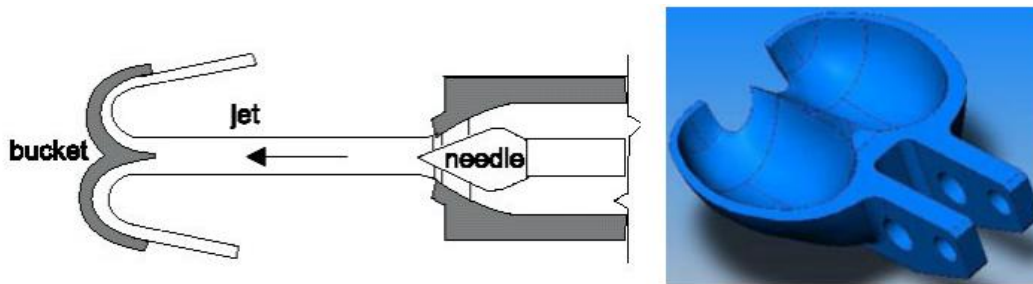
3.4 Τα κύρια μέρη ενός υδροστρόβιλου PELTON

Ο μηχανισμός ελέγχου παροχής. Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται από δύο επιμέρους μηχανισμούς. Σκοπός τους είναι ο έλεγχος της εισερχόμενης παροχής στον δρομέα. Ο πρώτος μηχανισμός αποτελείται από μια βελόνη η οποία βρίσκεται στο άκρο ενός μεταλλικού εμβόλου και μπορεί να ολισθαίνει εντός ενός ακροφυσίου. Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου Pelton αρχίζει από τη σφαιρική βάνα (Σχήμα 5), στο άκρο του αγωγού προσαγωγής, και καταλήγει στο ή στα ακροφύσια τροφοδοσίας. Στο παρακάτω Σχήμα 7 δίνεται τομή ακροφυσίου Pelton: η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνης η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφυσίου μέσω υδραυλικού, συνήθως, συστήματος.



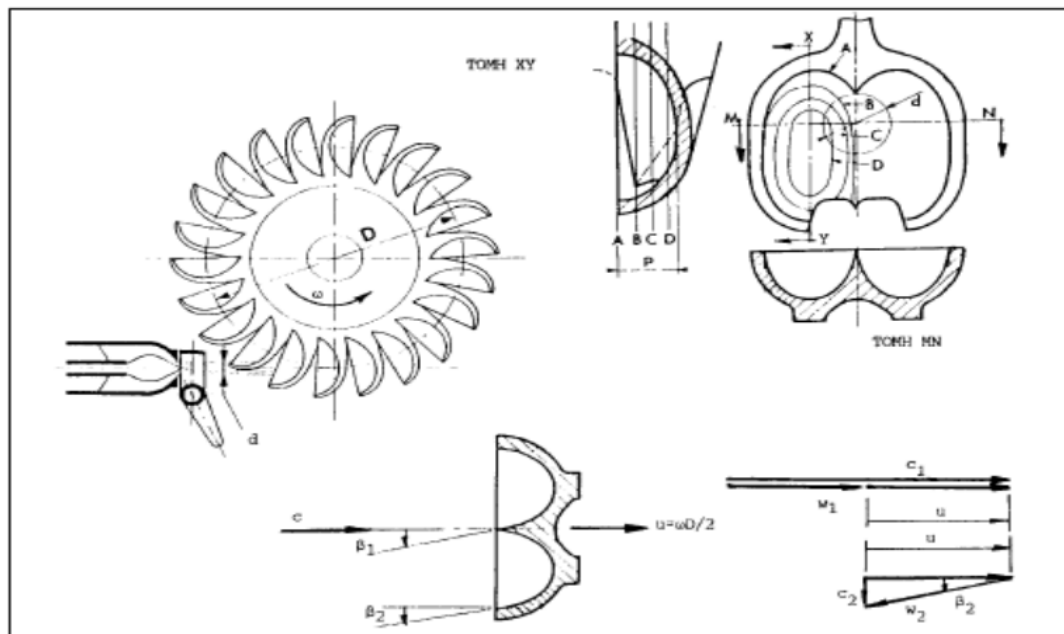
Εικόνα 3.1.4(1)τομή ακροφυσίου PELTON(2)

Με τη μετακίνηση της βελόνης μεταβάλλεται η διατομή διέλευσης της παροχής, η διάμετρος της δέσμης και άρα μεταβάλλεται αντίστοιχα η παροχή. Η όλη κατασκευή του ακροφυσίου είναι πολύ στιβαρή λόγω της μεγάλης τιμής της στατικής πίεσης και των μεγάλων ταχυτήτων στη διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου υπάρχει όνυχας εκτροπής της δέσμης (μεταλλική επιφάνεια), αμέσως μετά τη διατομή εξόδου του ακροφυσίου, αυτός είναι ο δεύτερος μηχανισμός ελέγχου παροχής. Ο όνυχας εκτρέπει τη δέσμη η οποία δεν προσπίπτει πλέον στον δρομέα και στη συνέχεια η παροχή της μειώνεται (μέσω κλεισίματος της βελόνης) με ρυθμό που έχει υπολογιστεί έτσι ώστε η υπερπίεση λόγω του φαινομένου του υδραυλικού πλήγματος να μην ξεπερνά τις επιτρεπόμενες τιμές. Ο δρομέας και τα σκαφίδια. Ο δρομέας Pelton αποτελείται από έναν κυκλικό δίσκο που στην περιφέρεια του φέρει σκαφίδια τοποθετημένα συμμετρικά, η διαμόρφωση των οποίων δίνεται στα παρακάτω σχήματα:



[Εικόνα 3.1.4(2) εκτροπή δέσμης στα κύπελλα]

[Εικόνα 3.1.4 (3) σκαφίδιο δρομέα]



Εικόνα 3.1.4 (4) Δρομέας και σκαφίδια υδροστροβίλου PELTON(2)

Ο δρομέας κατασκευάζεται είτε ολόσωμος, είτε τα σκαφίδια είναι ανεξάρτητα και προσαρμόζονται σε αυτόν μέσω κοχλίωσης και κωνικής ασφάλειας. Λόγω των πολύ ισχυρών δυνάμεων που δέχονται τα σκαφίδια και της διάβρωσης που υφίστανται από τη ροή, κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα. Στην περίπτωση φυσικά ολόσωμου δρομέα, ολόκληρος ο δρομέας κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα. Η διάμετρος του δρομέα είναι συνάρτηση του πλήθους και των διαστάσεων των σκαφιδιών, ενώ το πλήθος των σκαφιδιών κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 20-22. Η διατομή ενός σκαφιδίου παρουσιάζεται στο Σχήμα 8. Κάθε σκαφίδιο αποτελείται από δύο ημικυκλικά κύπελλα τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους με ένα μεταλλικό διαχωριστικό (splitter). Η δέσμη του νερού προσκρούει επί του διαχωριστικού και διαμοιράζεται στα δύο τμήματα. Τα κύπελλα είναι κατασκευασμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι δέσμες του νερού να εξέρχονται από τα σκαφίδια με τη μεγαλύτερη δυνατή μεταβολή της κατεύθυνσης τους, η οποία είναι της τάξης των 165° . Οι υπόλοιπες 15ο αποτρέπουν τις δέσμες που εξέρχονται να προσκρούσουν στην πίσω επιφάνεια του αμέσως εξερχόμενου σκαφιδίου. Η χρήση διπλών κυπέλλων γίνεται για λόγους εξισορροπήσεως των δυνάμεων που αναπτύσσονται στα κύπελλα. Για την ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων και συνεπώς και ισχύος είναι δυνατόν να υπάρχουν παραπάνω από μια δέσμες οι οποίες θα προσπίπτουν στον δρομέα.

Το περίβλημα του δρομέα δεν συμμετέχει στην υδραυλική μηχανική συμπεριφορά του νερού, αλλά αποτρέπει το νερό να χύνεται στον περιβάλλοντα χώρο, προστατεύει από τυχόν ατυχήματα και περιορίζει το νερό να κατευθυνθεί στην διώρυγα φυγής. Υδραυλικό φρένο. Στην περίπτωση που χρειαστεί να σταματήσει να παράγει ισχύ ο υδροστροβίλος Pelton η βαλβίδα εισόδου θα κλείσει και συνεπώς δεν θα υπάρχει δέσμη νερού. Επειδή ο δρομέας θα διατηρήσει για κάποιο χρονικό διάστημα την κεκτημένη ταχύτητα του, το υδραυλικό φρένο τον υποβοηθάει να σταματήσει να περιστρέφεται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το φρένο αυτό είναι μια δέσμη νερού η οποία εξέρχεται από ένα μικρό ακροφύσιο και προσκρούει στην πίσω επιφάνεια των σκαφιδίων επιβραδύνοντας έτσι την, περιστροφική τους κίνηση.

Ο αυτόματος έλεγχος υδροστροβίλου Pelton. Η λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού απαιτεί την έναρξη ή την παύση λειτουργίας της μονάδας, καθώς και την μεταβολή της ισχύος της σύμφωνα με το φορτίο, την παροχή ή το ύψος πτώσεως. Όλες αυτές οι λειτουργίες πραγματοποιούνται με τη βοήθεια ενός συστήματος ελέγχου, σκοπός του οποίου είναι η σωστή λειτουργία της μηχανής υπό οποιοδήποτε φορτίο. Ο παραπάνω έλεγχος επιτυγχάνεται με τη διατήρηση σταθερής περιστροφικής ταχύτητας του δρομέα της μηχανής και η τιμή της να είναι ίση με τη σχεδιαστική. Επίσης ο έλεγχος περιλαμβάνει την άριστη κατανομή του φορτίου στις περισσότερες μηχανές που λειτουργούν και επιτρέπει την ταχεία παύση της λειτουργίας της μηχανής σε περίπτωση υπερθέρμανσης των στροφείων ή ελαττωματικής λειτουργίας του συστήματος λυπάνσεως της μηχανής. Όταν πέφτει το φορτίο της γεννήτριας η ταχύτητα του δρομέα αυξάνει. Συνεπώς, η παρέμβαση του αυτόματου ελέγχου συνίσταται για τη μείωση της περιστροφικής ταχύτητας και αυτό επιτυγχάνεται με την μείωση της εισερχόμενης παροχής στη μονάδα.

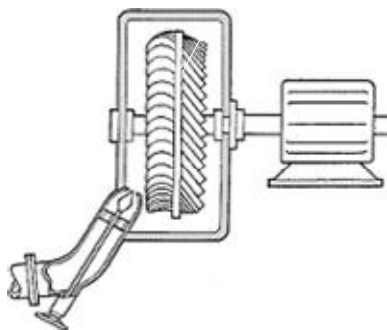
Αντίθετα όταν το φορτίο αυξάνει, η ταχύτητα του δρομέα μειώνεται και ο σκοπός του μηχανισμού είναι η αύξηση της εισερχόμενης παροχής στη μονάδα.

Υπάρχουν δύο σχηματισμοί υδροστροβίλου Pelton:

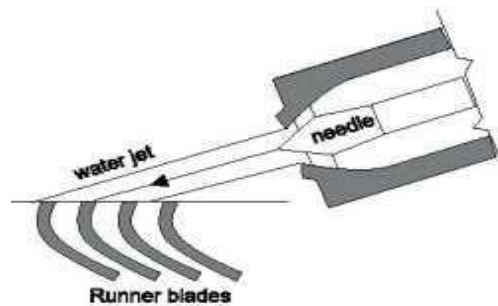
- Θ Υδροστρόβιλοι με οριζόντια άτρακτο: συνήθως έχουν δύο δρομείς οι οποίοι βρίσκονται στις δύο πλευρές της γεννήτριας. Ο μέγιστος αριθμός των δεσμών εκροής σε αυτή την διάταξη είναι 2 ανά δρομέα.
- Θ Υδροστρόβιλοι με κατακόρυφη άτρακτο: χρησιμοποιούνται για λόγους οικονομίας του χώρου και για μεγάλη ιχύ πτώσεως. Με αύξηση του αριθμού των δεσμών εκροής του νερού είναι δυνατόν να αυξηθεί η ταχύτητα του δρομέα. Ο αριθμός των δεσμών εκροής που έχουν χρησιμοποιηθεί σε αυτή την διάταξη είναι 6 ανά δρομέα
- Θ

3.5 υδροστρόβιλος Δράσεως Turgo

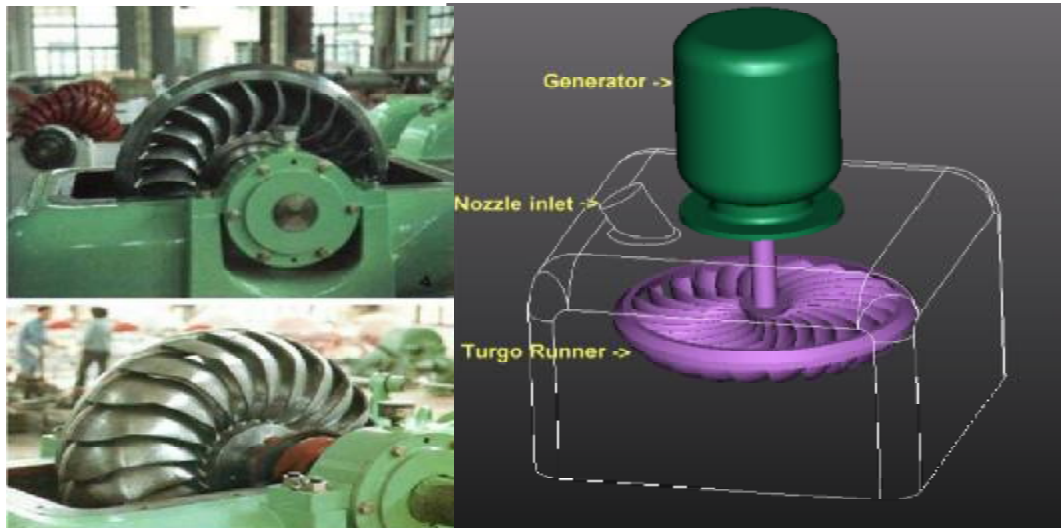
Ο υδροστρόβιλος Turgo αποτελεί παραλλαγή του υδροστροβίλου Pelton. Η εφαρμογή του έχει σχεδόν εκλείψει.



[Εικόνα 3.1.5(1) Turgo]



[Εικόνα 3.1.5(2) Turgo]



Εικόνα 3.1.5 (3) TURGO με γεννήτρια(2)

- Οι υδροστρόβιλοι Turgo παρουσιάζουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:
 - Είναι παραλλαγή του υδροστροβίλου Pelton.

–Λειτουργεί με υψηλότερες παροχές, σε χαμηλότερα μανομετρικά και παρουσιάζει ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση.

–Στην πραγματικότητα η περωτή Turgo είναι η περωτή Pelton κομμένη στη μέση.

–Συνεπώς, μία περωτή Turgo θα έχει διπλάσια διάμετρο από μία περωτή Pelton ίδιας ισχύος.

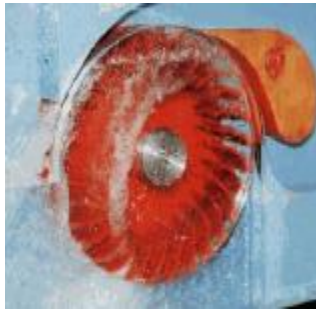
–Παρουσιάζει σταθερό υψηλό βαθμό απόδοσης σε όλο το πεδίο λειτουργίας.

–Αυξάνοντας τον αριθμό των ακροφυσίων (έως 2)

αυξάνεται η απόδοση του στροβίλου.

–Έχει υψηλή ταχύτητα περιστροφής, συνεπώς δεν χρειάζεται κιβώτιο ταχυτήτων για τη σύζευξη με τη γεννήτρια, σε αντίθεση με τον υδροστρόβιλο Pelton.

–Πεδίο λειτουργίας: Μανομετρικά: 30 – 400m Παροχή: 0,02 – 8m³/s



3.6 Υδροστρόβιλος Δράσεως Cross Flow ή Banki

•Ο υδροστρόβιλος Cross Flow ή Banki έχει σχεδόν μηδενικό βαθμό αντιδράσεως στο κανονικό σημείο λειτουργίας. Χρησιμοποιείται για μικρές υδραυλικές πτώσεις ($H < 100\text{m}$), παροχές 0,04 – 10m³/s και κατασκευάζεται για μικρές ισχύεις (<2MW).

•Είναι απλός στην κατασκευή και οικονομικός στην κτήση και στη λειτουργία.

•Σταθερή απόδοση σε όλο το εύρος λειτουργίας του.

•Χαμηλότερη μέγγιστη απόδοση από Francis, Pelton, Kaplan, Turgo.

Ένας στρόβιλος Cross-flow ή στρόβιλος Banki- Michell ή στρόβιλος Ossberger είναι ένας υδροστρόβιλος που δημιουργήθηκε από τον Αυστραλό Anthony Michell, τον Ούγγρο Donat Banki και τον γερμανό Fritz Ossberger. Αντίθετα από τους περισσότερους υδροστροβίλους οι οποίοι έχουν αξονικές ή ακτινωτές ροές, σε έναν στρόβιλο Cross-flow το νερό περνά εγκάρσια μέσω του δρομέα ή δια μέσου των λεπίδων του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο δρομέας αποτελείται από δυο ή περισσότερους παράλληλους δίσκους, οι οποίοι συνδέονται κοντά στο άκρο τους με πτερύγια καμπύλης κατασκευής. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διάταξης, το νερό εισέρχεται στον υδροστρόβιλο μέσω ενός ή περισσότερων οδηγητικών πτερυγίων, τοποθετημένων σε μεταβατικό τμήμα στο επάνω μέρος του δρομέα. Ακολούθως, πραγματοποιείται η πρόσκρουση του ύδατος με το πρώτο στάδιο του δρομέα, το οποίο περιστρέφεται προκαλώντας μικρό βαθμό αντίδρασης, και στη συνέχεια το νερό επιχειρεί να διασχίσει το κενό τμήμα του δρομέα, με αποτέλεσμα να συναντά το δεύτερο στάδιο του, όπου επιτυγχάνεται συμβιβαστική ροή. Το συγκεκριμένο φαινόμενο οδηγεί στην εμφάνιση σημαντικών απωλειών πρόσκρουσης.

Η μέγιστη απόδοση ενός στροβίλου Cross-flow είναι κάπως μικρότερη από έναν στρόβιλο Kaplan, Francis ή Pelton. Εντούτοις, ο στρόβιλος Cross-flow έχει επίπεδη καμπύλη απόδοσης υπό ποικίλο φορτίο. Δεδομένου ότι

η τιμή ενός στροβίλου Cross-flow είναι χαμηλή, και διαθέτει καλές ρυθμίσεις, χρησιμοποιούνται περισσότερο σε μίνι και μικρο υδροηλεκτρικούς σταθμούς λιγότερο των 2.000 kW και με ύψη υδατόπτωσης μικρότερα των 200 μέτρων. Η απλή κατασκευή τους καθιστά ευκολότερη την συντήρησή τους σε σχέση με άλλους τύπους στροβίλων· μόνο δυο ρουλεμάν πρέπει να συντηρούνται και υπάρχουν μόνο τρία περιστρεφόμενα στοιχεία. Τέλος, κατατάσσονται στους υδροστροβίλους ακτινωτής ροής μερικής έγχυσης και είναι δυνατόν να λειτουργούν με παροχές ύδατος από 0,02 ως 10 m

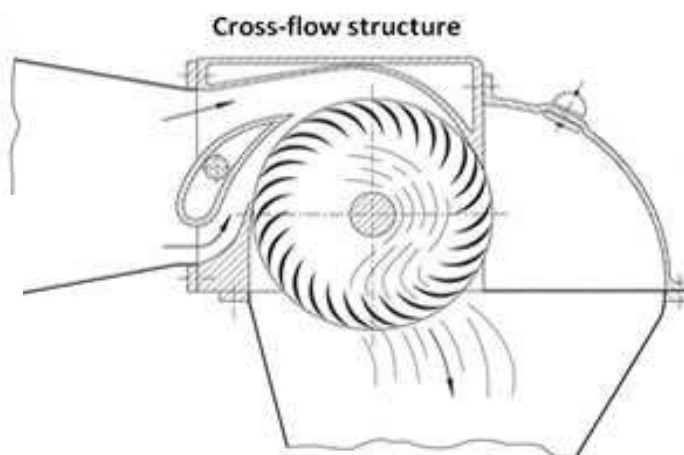
3.7 Υδροστρόβιλοι Αντιδράσεως

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ

Οι υδροστρόβιλοι αντίδρασης στηρίζονται σε ένα διαφορετικό σχεδιασμό, όπου το ρεύμα του νερού περνάει συνεχώς, μέσα από ολόκληρη την περιφέρεια του υδροστροβίλου, και εξέρχεται αξονικά. Η ροή γίνεται δια μέσω της περωτής με παράλληλη μεταβολή της στατικής πίεσης και γι' αυτό οι περωτές τους είναι ολικής προσβολής, δηλαδή λειτουργούν ομοιόμορφα κατά την περιφερειακή διεύθυνση. Με τον τρόπο αυτό το ρευστό παρέχει μία σταθερή ώθηση στον δρομέα, αντίθετα με τους υδροστροβίλους δράσεως όπου υπάρχει μία σειρά από διαδοχικές κρούσεις επάνω στους κάδους του τροχού. Οι κύριοι τύποι υδροστροβίλων αντίδρασεως είναι ο υδροστρόβιλος Francis ακτινικής και μικτής ροής και οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής όπως ο τύπος Kaplan (Εικόνα 3.1.4 β2) οι οποίοι εικονίζονται παρακάτω:



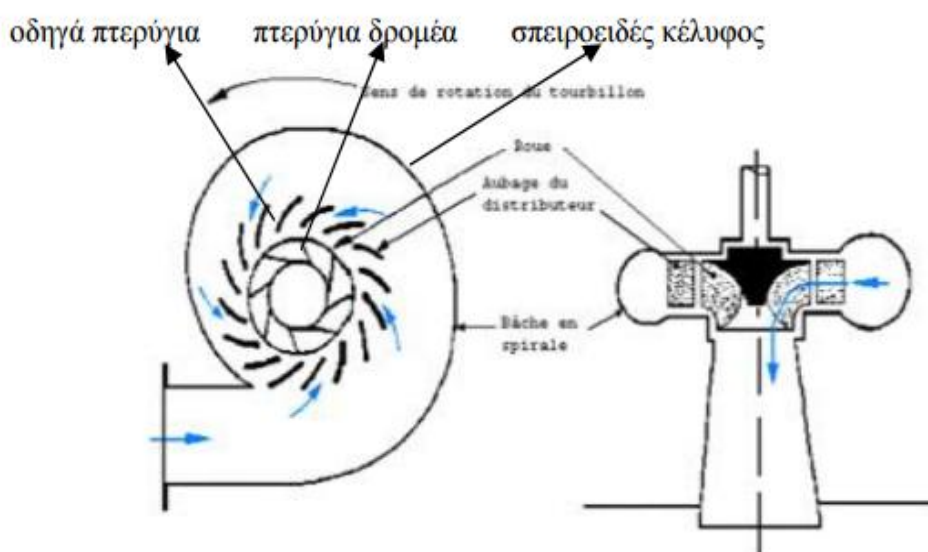
Εικόνα 3.1.7 (1) τύπου Francis (3)



Εικόνα 3.1.7 (2) KAPLAN(3)

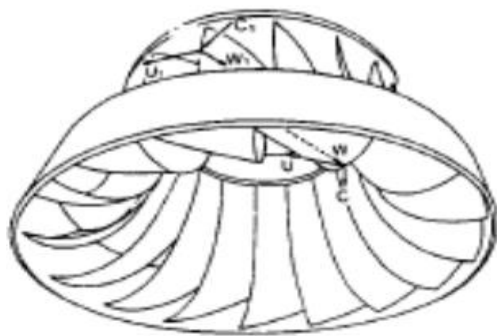
3.7.1 Υδροστροβίλοι μικτής ροής (FRANCIS)

Ο τύπος αυτός υδροστροβίλου αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από τον Αμερικανό μηχανικό J. B. Francis το 1849. Η απόδοση της λειτουργίας του μπορεί να φθάσει και το 90%. Τα κύρια μέρη ενός υδροστροβίλου Francis είναι: Σπειροειδές κέλυφος. Με σκοπό την επίτευξη της ομοιόμορφης τροφοδοσίας και λειτουργίας, το νερό καθώς εξέρχεται από τον αγωγό προσαγωγής εισέρχεται εντός του σπειροειδούς κελύφους το οποίο περιβάλλει πλήρως τον δρομέα. Η διατομή του σπειροειδούς κελύφου μειώνεται κατά μήκος της ροής έτσι ώστε να διατηρείται όσο το δυνατόν σταθερή η ταχύτητα του νερού όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



[Εικόνα 3.1.7 (3) Διατομή σπειροειδούς κελύφου του]

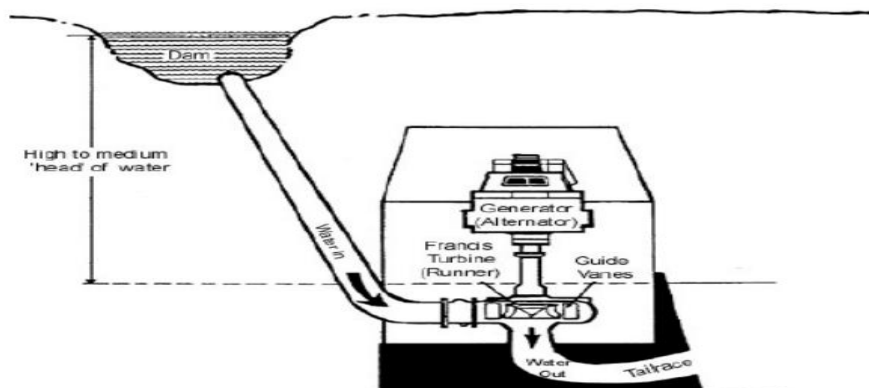
Οδηγά πτερύγια. Μέσα στο σπειροειδές κέλυφος το νερό είναι υποχρεούμενο να περάσει μέσα από τα ακίνητα (Οδηγά) πτερύγια τα οποία είναι προσαρμοσμένα στην περιφέρεια του δρομέα. Κάθε πτερύγιο μπορεί να περιστρέφεται περί του άξονά του. Σκοπός αυτής της περιστροφής είναι ο έλεγχος της εισερχόμενης παροχής εντός των πτερυγίων του δρομέα και συνεπώς ο έλεγχος της παρεχόμενης ισχύος. Δρομέας. Αποτελείται από μια σειρά καμπυλωμένων πτερυγίων, τα οποία είναι συμμετρικά κατανεμημένα και προσαρμοσμένα επί της περιφέρειας. Εκτείνονται μεταξύ της πλήμνης και της στεφάνης στην οποία είναι πακτωμένα. Αυξάνεται έτσι η μηχανική στιβαρότητα της κατασκευής και η αντοχή στις δυνάμεις που αναπτύσσονται στα πτερύγια από τη διερχόμενη ροή. Τα πτερύγια είναι διαμορφωμένα ούτως ώστε το νερό να εισέρχεται στο δρομέα ακτινικά και στο ύψος της εξωτερικής περιφέρειας και να εξέρχεται απ' αυτόν κατά την αξονική διεύθυνση και στο ύψος της εσωτερικής περιφέρειας. ο στρεφόμενος δρομέας αποτελεί το τμήμα του υδροστροβίλου που μετατρέπει την ενέργεια του υγρού σε μηχανική, δηλαδή το τμήμα στο οποίο αναπτύσσεται μηχανική κινητήρια ροπή.



Εικόνα 3.1.7 (4) Δρομέας τύπου Francis (3)

[Εικόνα 3.1.7 (5) Δρομέας τύπου Francis]

Αγωγός φυγής. Το νερό βγαίνει μέσα από τον δρομέα κατά την αξονική κατεύθυνση και αποχωρεί από τον υδροστρόβιλο διαμέσου του αγωγού φυγής. Ο αγωγός φυγής μπορεί να έχει δύο μορφές: α) σχήμα κόλουρου κώνου, β) σχήμα αγκώνα, ο οποίος ξεκινάει με κυκλική διατομή από τον δρομέα και καταλήγει σε ορθογωνική στην έξοδο.



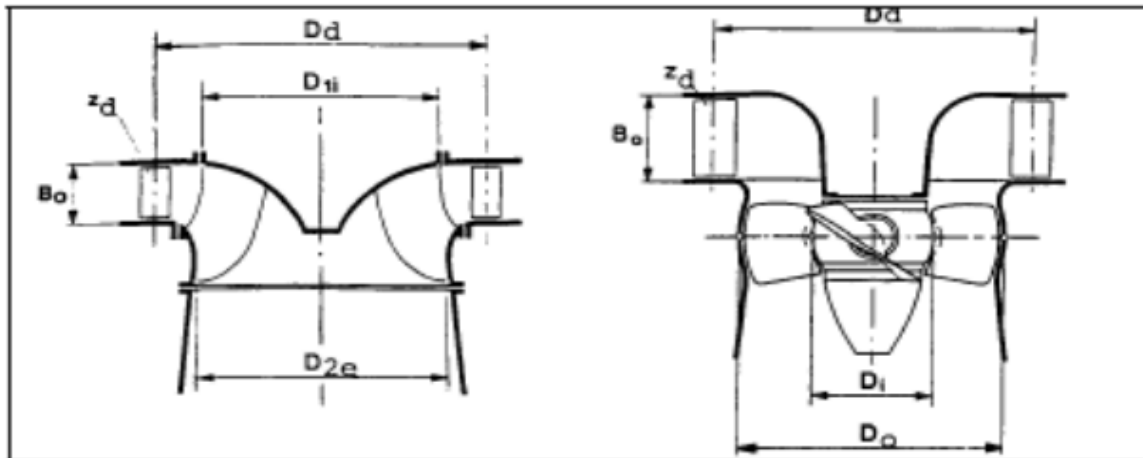
[Εικόνα 3.1.7 (6) Υδροηλεκτρικό έργο με υδροστρόβιλο τύπου Francis]

3.7.2 Υδροστρόβιλοι Αξονικής ροής (KAPLAN)

Ο εφευρέτης αυτού του υδροστρόβιλου θεωρείται ότι είναι ο Αυστρο-Ουγγαρός μηχανικός Viktor Kaplan (1876-1934). Η απόδοση της λειτουργίας του μπορεί να φθάσει και το 90%. Τα κύρια μέρη ενός υδροστρόβιλου Kaplan είναι:

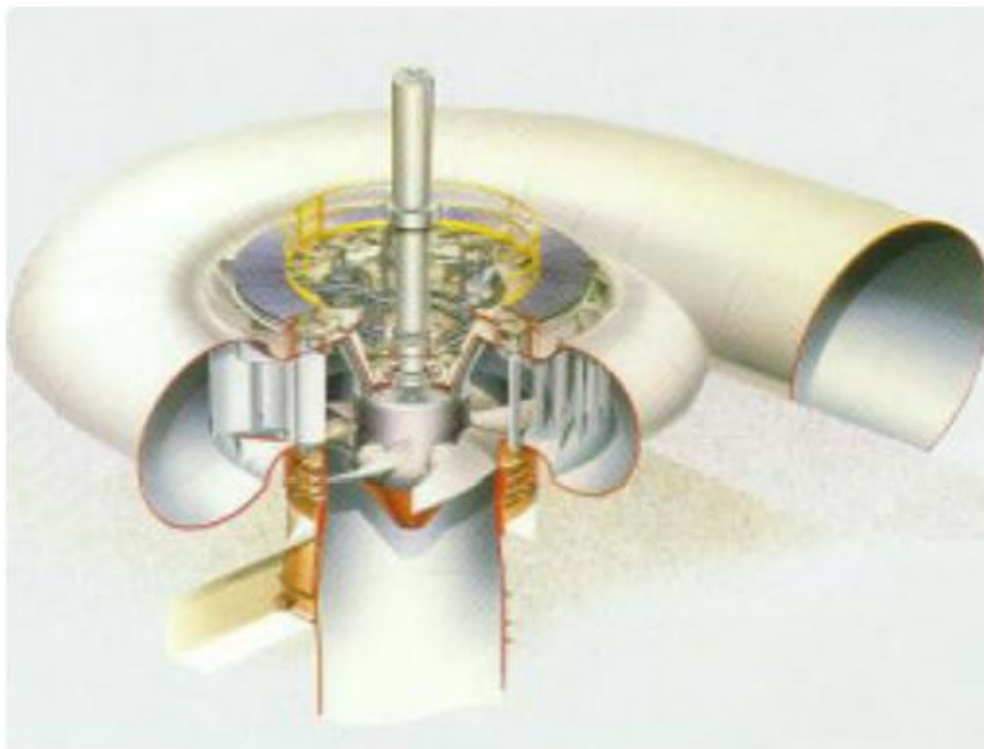
- + Σπειροειδές κέλυφος
- + Οδηγία πτερύγια
- + Δρομέας
- + Αγωγός φυγής

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται υδροστρόβιλος αξονικής ροής:



Εικόνα 3.1.7 (B 1) Διατομή υδροστροβίλου Karlan(11)

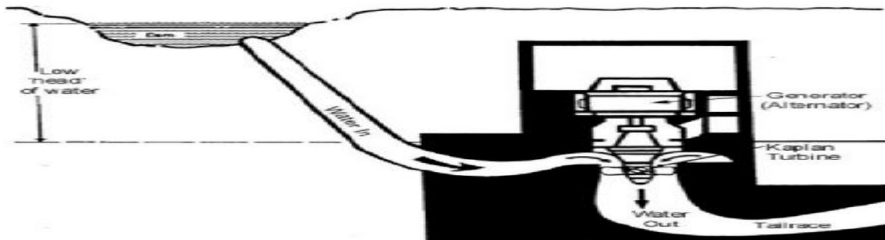
Όλα τα παραπάνω κύρια μέρη του υδροστροβίλου αυτού είναι ίδια με τα αντίστοιχα των υδροστροβίλων μικτής ροής που αναφέρθηκαν παραπάνω, εκτός από πτερυγίων και της διευθέτησής τους πάνω στον δρομέα.



[Εικόνα 3.1.7 (B2) Διατομή Υδροστροβίλου Karlan]

Οι διαφοροποιήσεις μεταξύ του δρομέα Karlan και του δρομέα Francis είναι: α) ο δρομέας Karlan αποτελείται από 4 έως 10 πτερύγια τα οποία τοποθετούνται συμμετρικά στην περιφέρεια

της ατράκτου, ενώ ο δρομέας Francis αποτελείται από 16 έως 24 πτερύγια. β) τα πτερύγια του δρομέα Kaplan μπορούν να μεταβάλλουν την σχετική τους γωνία ως προς την κύρια ροή για να ελέγχουν την διατομή του χώρου ροής (το ύψος και η παροχή κυμαίνονται), ενώ τα πτερύγια του δρομέα Francis παραμένουν ακίνητα.



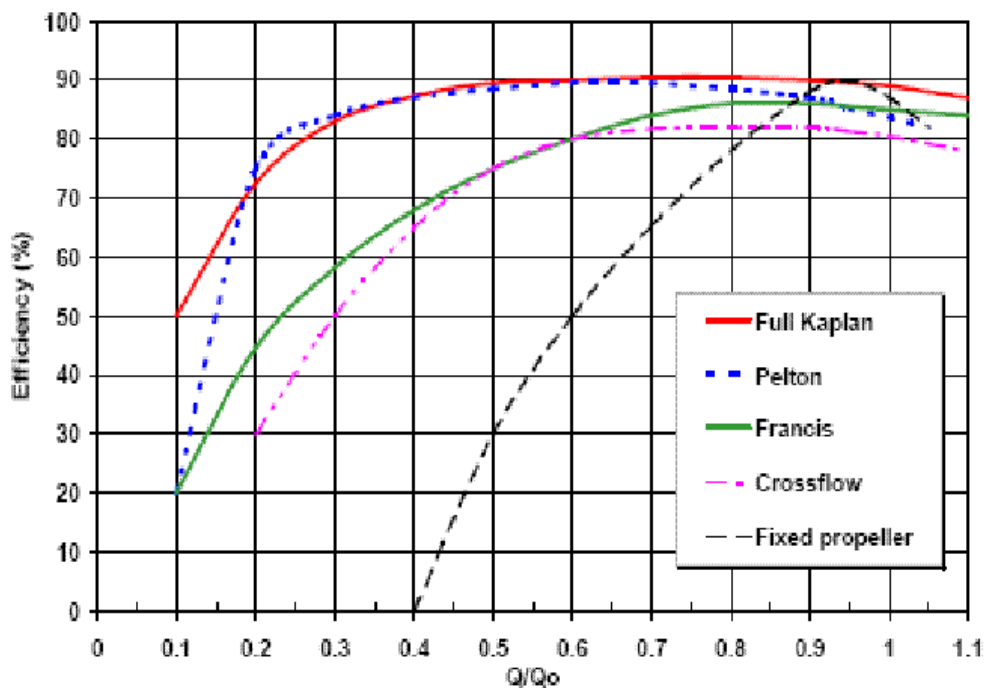
Εικόνα 3.1.7 (B3) υδροηλεκτρικό έργο με υδροστρόβιλο τύπου Kaplan(11)

Τέλος, το τμήμα εξόδου (ή αγωγός απαγωγής) έχει ως σκοπό την επιβράδυνση του υγρού και την οδήγησή του προς την έξοδο. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο αγωγός απαγωγής έχει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία και το βαθμό απόδοσης του υδροστροβίλου.

Τα τμήματα εισόδου, εξόδου και ο δρομέας είναι τα τμήματα της μηχανής που συμμετέχουν στην ενεργειακή μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική. Όμως, όπως και στις αντλίες, ένας πλήρης υδροστρόβιλος αποτελείται και από άλλα τμήματα τα οποία εξασφαλίζουν τη στεγανότητα με το περιβάλλον (εξωτερικό κέλυφος, στυπιοθλίπτες), τη μεταφορά της μηχανικής ισχύος (άτρακτος, συμπλέκτες, έδρανα), την παραλαβή των αναπτυσσόμενων δυνάμεων (ωστικό έδρανο) και άλλα.

3.8 Βαθμός απόδοσης υδροστροβίλων

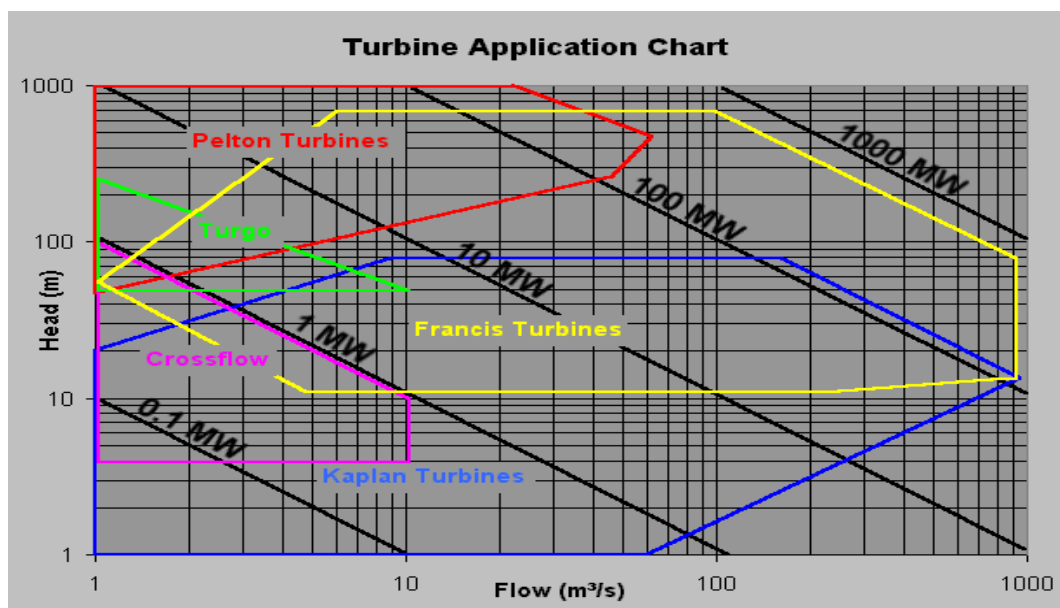
Ως βαθμός απόδοσης υδροστροβίλου ορίζεται το πηλίκο της μηχανικής ισχύος στον άξονα του



στροβίλου ως προς την προσδιδόμενη ισχύ από το νερό. Η τελευταία υπολογίζεται από την παροχή και το ύψος πτώσης του νερού. Πιο συγκεκριμένα οι στρόβιλοι Cross-flow ή Banki έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 80% και ο οποίος παραμένει σταθερός για κάτι παραπάνω από το μισό της περιοχής λειτουργίας. Ο στρόβιλος Francis έχει αρκετά υψηλό βαθμό απόδοσης της τάξης του 95% αλλά παρουσιάζει απότομες μεταβολές. Όσον αφορά τον στρόβιλο Kaplan παρουσιάζει έναν ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης μέχρι και 90%, ο οποίος μπορεί να μεταβληθεί εάν ρυθμίσουμε τα πτερύγια του συγκεκριμένου στροβίλου. Τέλος οι στρόβιλοι Pelton παρουσιάζουν έναν αρκετά υψηλό βαθμό απόδοσης της τάξης του 90% και για φορτία άνω του 25% του ονομαστικού τους. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα γράφημα με τους βαθμούς απόδοσης διάφορων υδροστροβίλων.

3.9 Επιλογή τύπου υδροστροβίλου

Για την επιλογή του πιο αποδοτικού και αξιόπιστου υδροστροβίλου, για μια δεδομένη παροχή και υδραυλικό ύψος, λαμβάνονται υπόψη οι περιοχές λειτουργίας του κάθε τύπου υδροστροβίλου. Όπως αυτές φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 3.9 Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου για δεδομένη παροχή και καθαρό υδραυλικό ύψος (Tamburrini Mark, 2004)(12)

Η περιοχή εντός της μπλε γραμμής αναπαριστά την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Kaplan ή ενός βολβοειδούς, η περιοχή εντός της κόκκινης γραμμής ενός υδροστροβίλου Francis, εντός της πράσινης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Pelton, εντός της μαύρης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Turgo και η περιοχή εντός της μαύρης γραμμής την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Cross-Flow. Αν οι συνθήκες παροχής και υδραυλικού ύψους οδηγούν σε κάποιο σημείο, στο παραπάνω διάγραμμα, που βρίσκεται σε περιοχή λειτουργίας που ανήκει όχι σε έναν, αλλά σε περισσότερους τύπους υδροστροβίλων, δηλαδή

όταν οι περιοχές λειτουργίας διαφορετικών τύπων υδροστροβίλων επικαλύπτονται, τότε η διαδικασία επιλογής του τύπου υδροστροβίλου βασίζεται στη σύγκριση του κόστους των υδροστροβίλων, αλλά και στην εκτίμηση των ακολούθων παραγόντων (U.S.Department of Energy, 1983):

☞ Αν το νερό που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση δεν είναι καθαρό, αλλά περιέχει άμμο ή λάσπη, τότε προτιμάται κάποιος υδροστροβίλος δράσεως, προκειμένου να αποφευχθούν οι απώλειες στις στεγνώσεις των υδροστροβίλων αντιδράσεως.

☞ Αν ο υδροστροβίλος πρέπει να τοποθετηθεί σε κάποιο ύψος πάνω από τη στάθμη του νερού του φράγματος, προτιμάται κάποιος υδροστροβίλος αντιδράσεως με σωλήνα εκροής στην έξοδο, έτσι ώστε να γίνει εκμετάλλευση του μέγιστου διαθέσιμου υδραυλικού ύψους

☞ Αν οι τιμές της παροχής και του υδραυλικού ύψους μπορούν να θεωρηθούν σχεδόν σταθερές, τότε θα πρέπει να εξεταστεί πολύ σοβαρά η περίπτωση χρησιμοποίησης φυγοκεντρικής αντλίας με αντεστραμμένη ροή ως υδροστροβίλο, λόγω του σημαντικού πλεονεκτήματος του χαμηλού αρχικού κόστους και της μεγάλης διαθεσιμότητας στην αγορά.

☞ Από τη χρησιμοποίηση ενός υδροστροβίλου Pelton προτιμάται η χρησιμοποίηση υδροστροβίλου CrossFlow ή ενός τύπου Turgo, αφού οι τελευταίοι προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα και χειρίζονται μεγαλύτερες παροχές.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι οι υδροστροβίλοι Francis και οι υδροστροβίλοι αξονικής ροής, επειδή χρησιμοποιούν κινητές πύλες που κατευθύνουν τη ροή στην είσοδό της ή δρομείς με ελεγχόμενη κλίση των πτερυγίων, δε συμφέρουν οικονομικά για ΜΥΕ και σπανίως χρησιμοποιούνται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

« ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ »

4.1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ο ηλεκτρισμός είναι ένας «γενικός» όρος. Περιλαμβάνει τα «ηλεκτρικά φαινόμενα», δηλαδή ένα σύνολο από φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με την παρουσία και τη ροή ηλεκτρικού φορτίου. Ο ηλεκτρισμός δίνει με μια ευρεία ποικιλία από πολύ γνωστά φαινόμενα, όπως οι αστραπές, ο στατικός ηλεκτρισμός, η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και το ηλεκτρικό ρεύμα. Επιπρόσθετα, ο ηλεκτρισμός μαζί με τον μαγνητισμό αποτελούν την ενιαία έκφραση του ηλεκτρομαγνητισμού, μιας από τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις, και μαζί επιτρέπουν τη δημιουργία και τη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως για παράδειγμα τα ραδιοκύματα. Τα ηλεκτρικά φορτία παράγουν ηλεκτρομαγνητικά πεδία, που αλληλεπιδρούν με άλλα ηλεκτρικά φορτία. Τα ηλεκτρικά φαινόμενα έχουν αρχίσει να μελετούνται από την Αρχαιότητα. Ιστορικά ως έννοια έχει τις ρίζες του στην παρατήρηση του Θαλή του Μιλήσιου (περίπου το 600 π.Χ.) ότι κομμάτι ήλεκτρου (κεχριμπάρι) που τρίβεται σε ξηρό ύφασμα έλκει μικρά κομμάτια άχυρου. Εξ ου και η ονομασία «ηλεκτρισμός», δηλαδή το φαινόμενο που παρατηρείται στο ήλεκτρο. Η ονομασία αυτή του συνόλου των σχετικών φαινομένων άρχισε να χρησιμοποιείται από το 1600 περίπου. Όμως τα ουσιαστικά βήματα της επιστήμης που οδήγησαν σταδιακά σε πρακτικές τεχνολογικές καινοτομίες άρχισαν ουσιαστικά από το 17ο αιώνα. Οι ίδιες οι πρακτικές εφαρμογές αυτού του κλάδου της επιστήμης άρχισαν να αναπτύσσονται στα τέλη του 19ου αιώνα. Η ταχύρυθμη ανάπτυξη της ηλεκτρικής τεχνολογίας, με εφαρμογές και στο βιομηχανικό και στον οικιακό τομέα, μετέβαλλε αρκετά τις ανθρώπινες κοινωνίες, χάρη στην εξαιρετική ευελιξία της ηλεκτρικής ενέργειας, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα σχεδόν απεριόριστο σύνολο εφαρμογών που περιλαμβάνουν τις μεταφορές, τη θέρμανση, το φωτισμό, τις επικοινωνίες, και τέλος τον υπολογισμό, την αποθήκευση και τη μετάδοση πληροφοριών. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η «ραχοκοκαλιά» της σύγχρονης βιομηχανικής κοινωνίας, αλλά και της ακόμη πιο σύγχρονης κοινωνίας της πληροφορίας.

4.2 ΙΣΤΟΡΙΑ

Αρχαιότητα

Πολύ πριν γίνει (τεκμηριωμένα) γνωστή στην ανθρωπότητα οποιαδήποτε γνώση περί ηλεκτρισμού, υπήρξαν στην αρχαιότητα άνθρωποι που ήταν ενήμεροι για το ηλεκτροσόκ που προκαλεί η επαφή με κάποιο ηλεκτροφόρο ψάρι. Βρέθηκαν αρχαία αιγυπτιακά κείμενα, χρονολογημένα από το 2750 π.Χ., που αναφέρουν την ύπαρξη ηλεκτροφόρων ψαριών στον ποταμό Νείλο. Τα ψάρια αυτά αναφέρθηκαν (στα προαναφερόμενα κείμενα) ως «κεραυνοί του Νείλου» και περιεγράφηκαν ως οι «προστάτες» όλων των άλλων ψαριών. Η παρουσία ηλεκτρικών ψαριών αναφέρθηκε ξανά, μερικές χιλιετηρίδες αργότερα, από αρχαίους Έλληνες, Ρωμαίους και Άραβες φυσιοδίφες και γιατρούς. Αρκετοί αρχαίοι συγγραφείς, όπως ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος και ο Σκριβόνιος Λάργκος (Scribonius Largus), ανέφεραν την πρόκληση αναισθησίας από γατόψαρο και ηλεκτροφόρο σαλάχι, καθώς επίσης και τη γνώση ότι τέτοια ηλεκτροσόκ μπορούσαν να μεταδοθούν μέσω διαφόρων αγωγίων αντικειμένων. Ασθενείς που έπασχαν από ασθένειες όπως αρθρίτιδα ή πονοκέφαλο έλαβαν την εντολή (από γιατρούς της εποχής) να αγγίζουν ηλεκτρικά ψάρια, με την ελπίδα ότι το ισχυρό τράνταγμα από το ηλεκτροσόκ θα μπορούσε να τους θεραπεύσει. Πιθανώς η παλαιότερη και πλησιέστερη

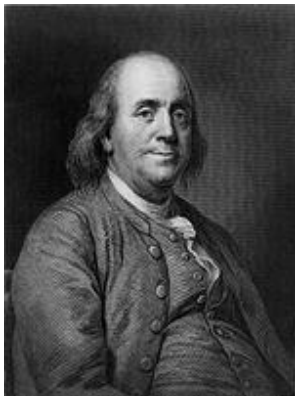
προσέγγιση στην ανακάλυψη της ταυτότητας της αστραπής, αλλά και του ηλεκτρισμού γενικά από κάθε άλλη πηγή, μπορεί να αποδοθεί στους Άραβες, οι οποίοι πριν από το 15ο αιώνα είχαν την αραβική λέξη *raad* για την αστραπή να χρησιμοποιείται (επίσης) για την ηλεκτρική εκκένωση.

Οι αρχαίοι πολιτισμοί γύρω από τη Μεσόγειο ήξεραν ότι κάποια αντικείμενα, όπως ράβδοι από κεχριμπάρι, όταν τριφτούν με κάποιο κατάλληλο υλικό όπως, για παράδειγμα, το τρίχωμα της γάτας, έλκουν ελαφρά αντικείμενα, όπως τα πούπουλα. Ο Θαλής ο Μιλήσιος έκανε μια σειρά από παρατηρήσεις πάνω στο στατικό ηλεκτρισμό, γύρω στο 600 π.Χ., από τις οποίες πίστευε ότι η τριβή μετατρέπει (προσωρινά) το κεχριμπάρι σε ένα είδος μαγνήτη, σε αντιδιαστολή με κάποια ορυκτά, όπως ο μαγνητίτης, που είναι μόνιμοι μαγνήτες, χωρίς να χρειάζονται τριβή. Ο Θαλής είχε άδικο όσον αφορά στο ότι η έλξη των πούπουλων από το κεχριμπάρι γινόταν χάρη σε ένα μαγνητικό φαινόμενο, αλλά αργότερα η επιστήμη απέδειξε ότι πράγματι υπάρχει σύνδεση μεταξύ του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού. Σύμφωνα με μια αμφισβητούμενη θεωρία, οι Πάρθοι μπορεί να είχαν γνώση της ηλεκτρόλυσης, με βάση την ανακάλυψη, το 1936, της μπαταρίας της Βαγδάτης, η οποία μοιάζει με ένα γαλβανικό στοιχείο, αν και είναι αβέβαιο ότι το τεχνούργημα αυτό ήταν ηλεκτρικό στη φύση του.

17ος αιώνας

Ο ηλεκτρισμός θα παρέμενε σαν κάτι περισσότερο από μια διανοητική περιέργεια για πολλούς αιώνες, μέχρι το 1600, οπότε ο Άγγλος επιστήμονας Γουίλιαμ Γκίλμπερτ (William Gilbert) έκανε μια προσεκτική μελέτη πάνω στον ηλεκτρισμό και στον μαγνητισμό, διακρίνοντας τον στατικό ηλεκτρισμό που παράγεται από το τρίψιμο κεχριμπαριού από τον μαγνητισμό. Αυτός επινόησε τη νεολατινική λέξη «*electricus*», από την ελληνική λέξη «*ἤλεκτρον*», που ήταν η αρχαία ελληνική λέξη για το κεχριμπάρι, για να αναφερθεί στην ιδιότητα έλξης μικρών ελαφρών αντικειμένων από άλλα, μετά από τριβή. Ο συσχετισμός αυτός «γέννησε» τις αγγλικές λέξεις «*electric*» και «*electricity*» [που μεταφέρθηκαν αργότερα, ως αντιδάνειο, και στην ελληνική με τις λέξεις «*ηλεκτρικός*» (επίθετο) και «*ηλεκτρισμός*» (ουσιαστικό)]. Αυτές οι (νέες τότε) αγγλικές λέξεις εμφανίστηκαν για πρώτη φορά σε έντυπη μορφή στο σύγγραμμα «*Pseudodoxia Epidemica*», του 1646, από τον Τόμας Μπράουν (Thomas Browne)

18ος & 19ος αιώνας



Περαιτέρω εργασία διενεργήθηκε από τον Ότο φον Γκέρικε, από τον Ρόμπερτ Μπόιλ, από τον Στήβεν Γκρένκαι τον Σαρλ Φρανσουά ντε Σίστερνυ ντε Φε (Charles François de Cisternay du Fay). Τον 18ο αιώνα, ο Βενιαμίν Φραγκλίνος έκανε εκτεταμένη έρευνα στον ηλεκτρισμό, πουλώντας τα υπάρχοντά του, για να χρηματοδοτήσει το έργο του. Τον Ιούνιο του 1752 πραγματοποίησε ένα πολύ φημισμένο πείραμα, δένοντας ένα μεταλλικό κλειδί στην ουρά ενός χαρταετού, που πέταξε σε ένα θυελλώδη ουρανό.

Η δημιουργία μιας αλληλουχίας σπινθήρων από το κλειδί ως το χέρι Βενιαμίν Φραγκλίνος του, που κρατούσε το σκοινί του χαρταετού, απέδειξε ότι η αστραπή



Είναι όντως φυσικός (στατικός) ηλεκτρισμός. Επίσης εξήγησε τη φαινομενικά παράδοξη συμπεριφορά του δοχείου Λέιντεν (Leyden jar), μιας συσκευής που αποθήκευε, σχετικά, μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικού φορτίου.

Το 1791, ο Λουίτζι Γκαλβάνι δημοσίευσε την ανακάλυψή του για τον βιοηλεκτρισμό, επιδεικνύοντας ότι διαμέσου των νευρώνων μεταδίδονται ηλεκτρικά σήματα προς τους μύες. Η μπαταρία ή ηλεκτρική στήλη (voltaic pile) του Αλεσάντρο Βόλτα, το 1800, που κατασκευάστηκε από εναλλασσόμενα ελάσματα γαλιανίου και χαλκού, προμήθευσε στους επιστήμονες μια πιο αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τις ηλεκτροστατικές γεννήτριες (electrostatic generator) που

Μάικλ Φάραντεϊ.

χρησιμοποιούνταν προηγουμένως. Η αναγνώριση του ηλεκτρομαγνητισμού ως μιας ενότητας των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων, άρχισε από τους Χανς Κρίστιαν Έρστεντ και Αντρέ Μαρί Αμπέρ το 1819-1820. Ο Μάικλ Φάραντεϊ εφηύρε τον ηλεκτρικό κινητήρα, το 1821, και ο Γκέοργκ Ωμ ανέλυσε μαθηματικά το ηλεκτρικό κύκλωμα το 1827. Ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός (και το φως συνδέθηκαν (πλέον) ανεπιφύλακτα από τον Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ, ιδίως με την εργασία του «Περί των φυσικών δυναμικών γραμμών» (On Physical Lines of Force) το 1862 και το 1862.

Ενώ στις αρχές του 19ου αιώνα παρατηρήθηκε ταχεία πρόοδος στην ηλεκτρική επιστήμη, στα τέλη του 19ου αιώνα παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη πρόοδος στην ηλεκτρική μηχανική. Άνθρωποι όπως ο Αλεξάντερ Γκράχαμ Μπελ, ο Οττό Μπλάθυ (Ottó Bláthy), ο Τόμας Έντισον, ο Γαλιλαίος Φερράρις (Galileo Ferraris), ο Όλιβερ Χέβισαϊντ (Oliver Heaviside), ο Άνυος Τζέντλαϊκ (Ányos Jedlik), ο Ουίλιαμ Τόμσον, ο Τσαρλς Αλγκερον Πάρσονς (Sir Charles Algernon Parsons), ο Βέρνερ φον Ζίμενς, ο Τζόζεφ Σουάν (Joseph Swan), ο Νικόλα Τέσλα και ο Τζωρτζ Γουέστινγκχαουζ (George Westinghouse), μετέτρεψαν τον ηλεκτρισμό από θέμα απλής επιστημονικής περιέργειας σε νευραλγικής σημασίας εργαλείο της σύγχρονης ζωής και την κινητήρια δύναμη της Δεύτερης Βιομηχανικής Επανάστασης.

Το 1887, ο Χάινριχ Χερτς ανακάλυψε ότι τα ηλεκτρόδια που φωτίζονται με υπεριώδες φως παράγουν ευκολότερα ηλεκτρικούς σπινθήρες.

20ός αιώνας

Το 1905, ο Άλμπερτ Αϊνστάιν δημοσίευσε ένα φυλλάδιο που εξηγούσε πειραματικά δεδομένα από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ως αποτέλεσμα της επίδρασης της ενέργειας του φωτός που μεταφέρεται σε διακριτά κβαντισμένα πακέτα, ενεργοποιώντας ηλεκτρόνια. Αυτή η ανακάλυψη οδήγησε την «κβαντική επανάσταση». Ο Αϊνστάιν βραβεύθηκε με το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής του 1921 για αυτήν την ανακάλυψη. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο επίσης εμπλέκεται στα

φωτοκύτταρα και σταφωτοβολταϊκά και με αυτές τις μορφές χρησιμοποιήθηκε συχνά σε εμπορικά αξιοποιήσιμες εφαρμογές.

Η πρώτη ηλεκτρονική συσκευή στερεάς κατάστασης ήταν ο «ανιχνευτής σύρμα γάτας», που χρησιμοποιήθηκε τη δεκαετία του 1900 σε δέκτες ραδιοσημάτων. Ένα μυστακοειδές σύρμα τοποθετούνταν σε ελαφρά επαφή με ένα στερεό κρύσταλλο (όπως ένας κρύσταλλος γερμανίου) με σκοπό να ανιχνευθεί ένα σήμα ραδιοκυμάτων με το φαινόμενο διασταύρωσης[19]. Σε συστατικά στερεής κατάστασης το φαινόμενο επιβεβαιώνεται τόσο στερεά χημικά στοιχεία και ενώσεις που διαμορφώνονται ειδικά στο να εφαρμόζουν και να διακόπτουν την παροχή του έτσι παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος. Το ηλεκτρικό ρεύμα διαδίδεται με δυο κατανοητές μορφές: α) Με αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια και β) με θετικά φορτισμένα ηλεκτρονιακά κενά, που ονομάζονται «τρύπες». Αυτά τα φορτία και οι τρύπες είναι κατανοητά σε όρους κβαντικής φυσικής. Το δομικό υλικό αυτών είναι συχνά ένας κρυσταλλικός ημιαγωγός[20][21].

Η ηλεκτρονική συσκευή στερεάς κατάστασης οδήγησε από μόνη της στην εφεύρεση της κρυσταλλοτριόδου το 1947. Οι συνηθισμένες ηλεκτρονικές συσκευές στερεάς κατάστασης συμπεριλαμβάνουν τις κρυσταλλοτριόδους, τους μικροεπεξεργαστές, και τις μονάδες μνήμης τυχαίας προσπέλασης. Ένας εξειδικευμένος τύπος μνήμης τυχαίας προσπέλασης περιλαμβάνει τις μνήμες φλας που χρησιμοποιούνται στις μνήμες USB και (πιο πρόσφατα) σε οδηγούς στερεής κατάστασης (solid state drives), που χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν τους μηχανικά περιστρεφόμενους μαγνητικούς σκληρούς δίσκους. Οι ηλεκτρονικές συσκευές στερεής κατάστασης επικράτησαν τις δεκαετίες του 1950 και του 1960, κατά τη διάρκεια της μετάβασης από τις ηλεκτρονικές λυχνίες στις ημιαγωγικές διόδους, στις κρυσταλλοτριόδους, στα ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC) και στις διόδους εκπομπής φωτός (LED).

4.3 Επιμέρους θέματα του Ηλεκτρισμού

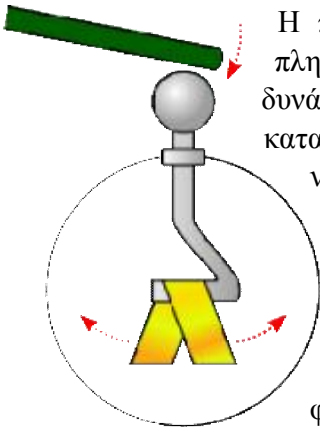
Ο όρος ηλεκτρισμός αναφέρεται σε πολλά επί μέρους θέματα, τα οποία εξηγούνται καλύτερα με πιο ακριβείς όρους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι ακόλουθοι :

- **Ηλεκτρικό φορτίο:** Είναι μια ιδιότητα κάποιων υποατομικών σωματιδίων, που καθορίζει τις ηλεκτρομαγνητικές τους αλληλεπιδράσεις. Η ηλεκτρικά φορτισμένη ύλη δημιουργεί και αλληλεπιδρά με ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Μετριέται σε κουλόμπ (C ή Cb).
- **Ηλεκτρικό ρεύμα:** Η κίνηση ή η ροή ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων. Μετριέται σε αμπέρ A).
- **Ηλεκτρικό πεδίο:** Ένας εξαιρετικά απλός τύπος ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, που παράγεται από ένα ηλεκτρικό φορτίο ακόμη κι αν είναι ακίνητο. Το ηλεκτρικό πεδίο παράγει ζεύγη δυνάμεων αλληλεπίδρασης με κάθε άλλο ηλεκτρικό φορτίο που βρίσκεται μέσα στην περιοχή του. Η κίνηση ενός ηλεκτρικού φορτίου παράγει επιπλέον ένα μαγνητικό πεδίο.
- **Ηλεκτρικό δυναμικό:** Είναι η δυνατότητα ενός ηλεκτρικού πεδίου να δημιουργήσει δυνάμεις αλληλεπίδρασης σε άλλα ηλεκτρικά φορτία. Μετριέται τυπικά σε Βολτ (V).
- **Ηλεκτρομαγνήτες:** Τα ηλεκτρικά ρεύματα παράγουν μαγνητικά πεδία και τα κινούμενα μαγνητικά πεδία παράγουν ηλεκτρικά ρεύματα.

Η ηλεκτρολογική μηχανική αναπτύσσει και μελετά τις πρακτικές εφαρμογές του ηλεκτρισμού και φυσικά μεγέθη, όπως για παράδειγμα :

- **Ηλεκτρική ισχύς:** Η ενέργεια που ένα ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιεί για να ενεργοποιήσει ένα μηχανισμό.
- **Ηλεκτρονική:** Ασχολείται με ηλεκτρικά κυκλώματα που ασχολούνται με ενεργά ηλεκτρικά εξαρτήματα, όπως σωλήνες κενού, κρυσταλλολυχνίες, διόδους, ολοκληρωμένα κυκλώματα, και σχετικές παθητικές τεχνολογίες διασύνδεσης.

4.4 Ηλεκτρικό φορτίο



Η παρουσία ηλεκτρικού φορτίου σε δυο τουλάχιστον σώματα (που έχουν πλησιάσει μεταξύ τους) προκαλεί την εμφάνιση ενός ζεύγους ηλεκτροστατικών δυνάμεων μεταξύ τους. Το φαινόμενο αυτό ήταν γνωστό, αν και όχι και κατανοητό, από την Αρχαιότητα[23]. Μια ελαφριά σφαίρα που κρέμεται από ένα νήμα μπορεί να φορτιστεί ηλεκτρικά με την επαφή της με μια γυάλινη ράβδο που έχει φορτιστεί με τη σειρά της με την τριβή της με ένα κομμάτι ύφασμα. Μια παρόμοια σφαίρα που φορτίζεται με παρόμοιο τρόπο απωθείται από την πρώτη (αν πλησιάσουν μεταξύ τους). Εμφανίζεται δηλαδή ένα ζεύγος ηλεκτροστατικών δυνάμεων που εφαρμόζεται στις δυο σφαίρες και τείνει να τις απομακρύνει. Το ίδιο συμβαίνει αν οι δυο σφαίρες φορτιστούν από μια όμοια φορτισμένη ράβδο από κεχριμπάρι. Αλλά αν η μια σφαίρα φορτιστεί από γυάλινη ράβδο και η άλλη από κεχριμπαρένια τότε οι δυο σφαίρες έλκονται μεταξύ τους αντί να απωθούνται. Αυτά τα φαινόμενα έχουν ερευνηθεί στα τέλη του 19ου αιώνα από το Σαρλ Ωγκυστέν ντε Κουλόμπ, που έδειξε ότι η ίδια δύναμη εμφανίζεται σε δυο αντίθετες κατευθύνσεις. Η ανακάλυψη αυτή οδήγησε στο πολύ γνωστό αξίωμα: «Τα ομώνυμα φορτία απωθούνται και τα ετερόνυμα φορτία έλκονται». Αυτό οφείλεται στη δύναμη που δημιουργείται μεταξύ τους, Το μέτρο της δύναμης που ασκείται δίνεται από το Νόμο του Κουλόμπ.

Το ηλεκτρικό φορτίο (γενικά) είναι μια ιδιότητα κάποιων υποατομικών σωματιδίων, όπως των ηλεκτρονίων και των πρωτονίων, τα οποία αλληλεπιδρούν μέσω ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και δημιουργούν ελκτικές ή απτικές δυνάμεις μεταξύ τους. Είναι υπεύθυνο για μια από τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις της φύσης, την ηλεκτρομαγνητική και είναι μια διατηρούμενη ποσότητα της ύλης, η οποία μπορεί να κβαντιστεί. Υπάρχουν δύο είδη φορτίων: το ένα ονομάζεται θετικό και το άλλο αρνητικό.

Εικ.4.4 Το ηλεκτρικό φορτίο σε ένα ηλεκτροσκόπιο χρυσού – μόλυβδου προκαλεί τα διαφορετικά μεταλλικά φύλλα φαινομενικά να απωθούνται μεταξύ τους.

4.5 Ηλεκτρικό ρεύμα

Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι μια ροή ηλεκτρικού φορτίου, και η έντασή του μετριέται σε Αμπέρ. Παραδείγματα ηλεκτρικού ρεύματος περιλαμβάνουν την αγωγιμότητα των μετάλλων, όπου τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσω ενός αγωγού, όπως για παράδειγμα μέσω ενός μεταλλικού καλωδίου, και την ηλεκτρόλυση, όπου τα ιόντα (φορτισμένα άτομα) ρέουν μέσω ενός υγρού. Τα ίδια τα σωματίδια κινούνται συχνά αρκετά αργά, ενώ το ηλεκτρικό πεδίο που ευθύνεται για την κίνησή

τους διαδίδεται με ταχύτητα κοντά σε αυτή του φωτός. Δείτε επίσης και ηλεκτρική αγωγιμότητα για περισσότερες πληροφορίες.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούν της αρχές της ροής ηλεκτρικού φορτίου σε υλικά, ονομάζονται ηλεκτρονικές συσκευές.

Το συνεχές ρεύμα (DC) έχει σταθερή κατεύθυνση ροής, ενώ το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) αλλάζει διαρκώς κατεύθυνση. Η μέση χρονική τιμή ενός εναλλασσόμενου ρεύματος είναι μηδενική, αλλά όχι και η ικανότητα να δώσει ενέργεια (τιμή RMS).

Ο Νόμος του Ωμ είναι μια σημαντική σχέση, η οποία περιγράφει την συμπεριφορά των ηλεκτρικών ρευμάτων σε σχέση με την πηγή.

Για ιστορικούς λόγους θεωρούμε πως το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει από το πιο θετικό μέρος ενός κυκλώματος στο πιο αρνητικό. Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος που ορίζεται έτσι ονομάζεται συμβατική φορά.

4.6 Ηλεκτρικό πεδίο

Η έννοια των ηλεκτρικών πεδίων εισάχθηκε από τον Μάικλ Φάραντεϊ. Η δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου δρα ανάμεσα σε δύο φορτία, με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο η βαρυτική δύναμη δρα ανάμεσα σε δύο μάζες. Το ηλεκτρικό πεδίο, όμως, είναι λίγο διαφορετικό. Η βαρυτική δύναμη εξαρτάται από τη μάζα δύο σωμάτων, ενώ η ηλεκτρική δύναμη από τα ηλεκτρικά φορτία αυτών. Ενώ η βαρύτητα μπορεί μόνο να έλξει δύο μάζες, η ηλεκτρική δύναμη μπορεί να είναι είτε ελκτική, είτε απωστική. Εάν και τα δύο φορτία είναι ίδιου προσήμου (π.χ. θετικά), τότε θα υπάρξει μια απωστική δύναμη μεταξύ τους. Εάν τα φορτία είναι αντίθετα, τότε η δύναμη θα είναι ελκτική ανάμεσα στα δύο αντικείμενα. Το μέτρο της δύναμης είναι αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης των δύο σωμάτων και ανάλογο του γινομένου των μέτρων των φορτίων τους.

4.7 Ηλεκτρικό δυναμικό

Η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ορίζεται ως το έργο προς τη μονάδα του φορτίου που χρειάζεται να καταναλωθεί (ενάντια στις ηλεκτρικές δυνάμεις), ώστε να μετακινηθεί ένα θετικό σημειακό φορτίο αργά ανάμεσα στα δύο σημεία. Εάν το ένα από τα σημεία θεωρείται ως σημείο αναφοράς με δυναμικό ίσο με το μηδέν, τότε το ηλεκτρικό δυναμικό σε οποιοδήποτε σημείο ορίζεται ως το έργο που χρειάζεται προς τη μονάδα φορτίου για να μετακινηθεί ένα θετικό σημειακό φορτίο από το σημείο αναφοράς στο σημείο προσδιορισμού του δυναμικού. Για απομονωμένα φορτία, το σημείο αναφοράς είναι συνήθως το άπειρο. Το δυναμικό μετριέται σε Βολτ (1 Βολτ = 1 Τζάουλ / Κουλόμπ) Το ηλεκτρικό δυναμικό είναι ανάλογο της θερμοκρασίας: υπάρχει διαφορετική θερμοκρασία για κάθε σημείο στο χώρο, και η κλίση της θερμοκρασίας δείχνει τη διεύθυνση και το μέτρο της δύναμης σε κάθε αλλαγή της θερμοκρασίας. Αντίστοιχα, υπάρχει ένα ηλεκτρικό δυναμικό σε κάθε σημείο στο χώρο, και η κλίση του δείχνει τη διεύθυνση και το μέτρο της δύναμης σε κάθε κίνηση φορτίου.

4.8 Ηλεκτρομαγνητισμός

Ο ηλεκτρομαγνητισμός, ή ηλεκτρομαγνητική δύναμη ή ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση είναι μία από τις τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις της φυσικής που περιγράφονται από το καθιερωμένο πρότυπο, και μελετά τα φαινόμενα που απορρέουν από το ηλεκτρικό φορτίο των σωματιδίων και από την αλληλεπίδραση των ηλεκτρικών με τα μαγνητικά πεδία. Η θεμελιώδης αυτή δύναμη επιτρέπει την κατανόηση πολλών φυσικών φαινομένων όπως ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός, και το φως, και αποτελεί το πρώτο δείγμα ενοποίησης δύο διαφορετικών δυνάμεων -του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού- στη φυσική.

Η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση εμφανίζεται μεταξύ των αντικειμένων που διαθέτουν ηλεκτρικό φορτίο, τα οποία με τη σειρά τους αποτελούν τις πηγές του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Το πεδίο αυτό διαδίδεται στο χώρο με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ένα κυματικό φαινόμενο για το οποίο δεν απαιτείται η μεσολάβηση κάποιου υλικού μέσου για την διασπορά του στο κενό, και το οποίο ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός.

Ο ηλεκτρομαγνητισμός αποτελεί την βάση σημαντικών τεχνολογικών τομέων όπως η θεωρία κυκλωμάτων, της ηλεκτρολογικής μηχανικής, και της ηλεκτρονικής.

Αρχικά πιστεύονταν ότι ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός είναι δύο διαφορετικά φαινόμενα μέχρι που ο Έρστεντ παρατήρησε ότι όταν πλησίαζε μία πυξίδα σε αγωγό ο οποίος διαρρέοταν από ηλεκτρικό ρεύμα, τότε η μαγνητική της βελόνα προσανατολιζόταν ασυμβάτως κάθετα στον αγωγό. Τότε έγινε κατανοητό ότι δεν επρόκειτο για δύο διαφορετικά φαινόμενα, αλλά για ένα: τον ηλεκτρομαγνητισμό. Η ενοποίηση των δύο αυτών φαινομένων έγινε από τον Μάξγουελ με τις τέσσερις περίφημες που έκτοτε φέρουν το όνομά του (εξισώσεις του Μάξγουελ)

4.9 Γεννήτριες

Γενικά-Ορισμός

Γεννήτρια ή ηλεκτρογεννήτρια είναι μια μηχανή η οποία βασίζεται πάνω στους νόμους της ηλεκτροφυσικής και ιδιαίτερα του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής που ανακάλυψε Άγγλος φυσικός Μιχαήλ Φάραντεϊ, το 1831 και που αφορά την ενέργεια και την μετατροπή της από μηχανική σε ηλεκτρική. Συγκεκριμένα η γεννήτρια μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική, σύμφωνα με το φαινόμενο της φυσικής κατά το οποίο εάν ένα πηνίο περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, τότε στις άκρες του πηνίου παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η γεννήτρια αποτελείται από δύο μέρη το ακίνητο μέρος της που λέγεται Στάτορας ή στατόν ή επαγωγέας ή πόλοι της μηχανής, στο οποίο υπάρχουν μαγνήτες (μόνιμοι μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες) και το κινητό μέρος της που λέγεται επαγωγίμο ή στρεπτόν ή ρότορας, στο οποίο υπάρχουν πηνία. Γυρίζοντας τον ρότορα μέσα στο Στάτορας παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η περιστροφή του ρότορα γίνεται με διάφορες μεθόδους, στην δική μας περίπτωση όμως ο Ρότορας κινείται με υδροστρόβιλο. Η πιο γνωστή και απλούστερη ηλεκτρογεννήτρια είναι το γνωστό δυναμό.

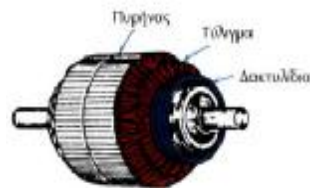
4.10 Τύποι γεννητριών

Οι γεννήτριες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

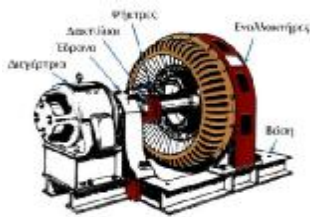
Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου δικτύου, ο παραγωγός έχει δύο επιλογές:

4.10.1 Σύγχρονες

Γεννήτριες Οι σύγχρονες γεννήτριες (εναλλακτήρες) μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα από το δίκτυο και να παράγουν ισχύ δεδομένου ότι η ισχύς διέγερσης δεν εξαρτάται από το δίκτυο. Για την λειτουργία των σύγχρονων γεννητριών είναι απαραίτητη προϋπόθεση η τροφοδοσία του δρομέα με συνεχές ρεύμα. Καθώς περιστρέφεται ο δρομέας του υδροστροβίλου περιστρέφεται μαζί του και το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο, επάγοντας τριφασική τάση στο τύλιγμα του στάτη. Ο δρομέας μπορεί να είναι είτε κυλινδρικός είτε εκτύπων πόλων και είναι κατασκευασμένος από δυναμοελάσματα. Οι κυλινδρικοί δρομείς φέρουν αυλακώματα όπου τοποθετούνται τα τυλίγματα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε γεννήτριες μέχρι τεσσάρων πόλων.



Αντίθετα σε γεννήτριες με περισσότερους πόλους επιλέγονται δρομείς εκτύπων πόλων.



Εικόνα

4.10.1 Σύγχρονη γεννήτρια με κυλινδρικό δρομέα(13)

4.10.2 Ασύγχρονες γεννήτριες

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των ασύγχρονων γεννητριών είναι ότι δεν μπορούν να παράγουν άεργη ισχύ. Αντίθετα καταναλώνουν άεργο ισχύ, για αυτό για την λειτουργία τους απαιτείται μια εξωτερική πηγή άεργης ισχύος μόνιμα συνδεδεμένης. Αυτή η εξωτερική πηγή είναι εκείνη που θα ρυθμίσει και την τάση στην έξοδο της γεννήτριας καθώς λόγω έλλειψης ρεύματος διέγερσης αυτό είναι αδύνατο να το καταφέρει από μόνη της η γεννήτρια. Συνεπώς οι εξωτερικοί πυκνωτές είναι αυτοί που θα παράγουν το ρεύμα μαγνήτισης που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη γεννήτρια.

Επίσης, ένα ιδιαίτερο πρόβλημα που παρατηρείται είναι ότι η τάση στα άκρα της έχει άμεση και μεγάλη εξάρτηση από το φορτίο και όταν αυτό έχει ισχυρό επαγωγικό χαρακτήρα μπορεί να έχουμε μεγάλη πτώση στην τάση της γεννήτριας. Αυτός είναι και ο λόγος δυσκολίας εκκίνησης επαγωγικού κινητήρα από ασύγχρονη γεννήτρια. Γενικά η ασύγχρονη γεννήτρια επιδεινώνει τον συντελεστή ισχύος του δικτύου και προκαλεί μεγάλες πτώσεις τάσης.

Παρόλα τα μειονεκτήματά της η ασύγχρονη γεννήτρια παρουσιάζει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Αυτό είναι η απλότητα της, η οποία έγκειται στο γεγονός ότι δεν απαιτείται ξεχωριστό κύκ

λωμα διέγερσης και ότι δεν χρειάζεται να κινείται συνεχώς με την ίδια ταχύτητα. Έτσι όσο μεγαλύτερη ροπή εφαρμόζεται στον άξονα (δρομέα) τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς στην έξοδο.



Εικόνα 4.10.2 Ασύγχρονη γεννήτρια

Οι σύγχρονες γεννήτριες ΕΡ είναι ακριβότερες από τις ασύγχρονες και χρησιμοποιούνται σε συστήματα ισχύος όπου η παραγωγή της γεννήτριας αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό του φορτίου του συστήματος ισχύος. Οι ασύγχρονες γεννήτριες χρησιμοποιούνται σε μεγάλα δίκτυα όπου η παραγωγή τους είναι ένα αμελητέο ποσοστό του φορτίου του συστήματος ισχύος.

4.11 Επιλογή τύπου γεννήτριας

Ένα από τα σημαντικότερα και πιο δαπανηρά τμήματα της κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ρεύματος είναι η επιλογή της γεννήτριας που θα τοποθετηθεί στην εγκατάσταση. Για την σωστή επιλογή θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν τα παρακάτω.

Το βασικό χαρακτηριστικό ενός επαγωγικού κινητήρα είναι ότι λειτουργεί ως γεννήτρια μόνο όταν είναι συνδεδεμένος με ένα εξωτερικό σύστημα ηλεκτρικής ισχύος. Σε αντίθεση με την σύγχρονη γεννήτρια η οποία λειτουργεί με ή χωρίς σύνδεση σε εξωτερικό κύκλωμα.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι όταν η εγκατάσταση υδροηλεκτρικής μονάδας χρειάζεται ανεξαρτησία από το εξωτερικό ηλεκτρικό δίκτυο ή όταν υπάρχει η έλλειψη του τελευταίου τότε επιλέγεται σύγχρονη γεννήτρια. Δύο λόγοι που μπορούν ακόμα να οδηγήσουν στην επιλογή της σύγχρονης

γεννήτριας είναι ότι επιτυγχάνει καλύτερο βαθμό απόδοσης και το ότι έχει μεγαλύτερη εκκίνηση, σε σχέση πάντα με τον κινητήρα επαγωγής.

Οι λόγοι τώρα που μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή ενός κινητήρα επαγωγής (εφόσον υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικό δίκτυο ηλεκτρικής ισχύος) είναι οι χαμηλές τιμές στις οποίες κυμαίνεται η ταχύτητα λειτουργίας τους, το ότι είναι ευρέως διαθέσιμοι στην αγορά και το ότι έχουν σαφώς χαμηλότερο κόστος από τις σύγχρονες γεννήτριες.

Επίσης σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι η απλή και στιβαρή τους κατασκευή, που τους καθιστά ιδιαίτερα ανθεκτικούς ακόμα και σε λειτουργίες πολύ ύψιλον ταχυτήτων.

Τέλος, όσον αφορά τις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (DC), αξίζει να αναφερθεί ότι είναι ακατάλληλες για την ηλεκτροδότηση περιοχών, αφού η ισχύς του συνεχούς ρεύματος (σε αντίθεση με αυτήν του εναλλασσόμενου) δε μπορεί να μεταβιβαστεί εύκολα σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιούνται πιο σπάνια σε μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και αυτό όταν γίνεται, γίνεται κυρίως λόγω του πολύ χαμηλού τους κόστους για παραγωγή πολύ μικρών τιμών ισχύος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

« ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ »

5.1 Γενικά

Ο Σκοπός της κατασκευής είναι η επεξήγηση της καλύτερης κατανόησής των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων παράλληλα απεικόνιση της σημασίας του ύψους και της δύναμης του νερού με την χρησιμοποίηση του τροχού Pelton σε αυτές τις εγκαταστάσεις.

5.2 Τα κυριότερά μέρη της κατασκευής

Η κατασκευή αποτελείται από 4 βασικά κομμάτια τα οποία αυτά είναι :

- Κινητό τραπέζι
- Κινούμενη βάση δοχείου με Τέσσερις οδηγούς
- Καπέλο βάση οδηγών
- Τραπέζι μετρήσεων με μακέτα και δοχείο ανακύκλωσης νερού

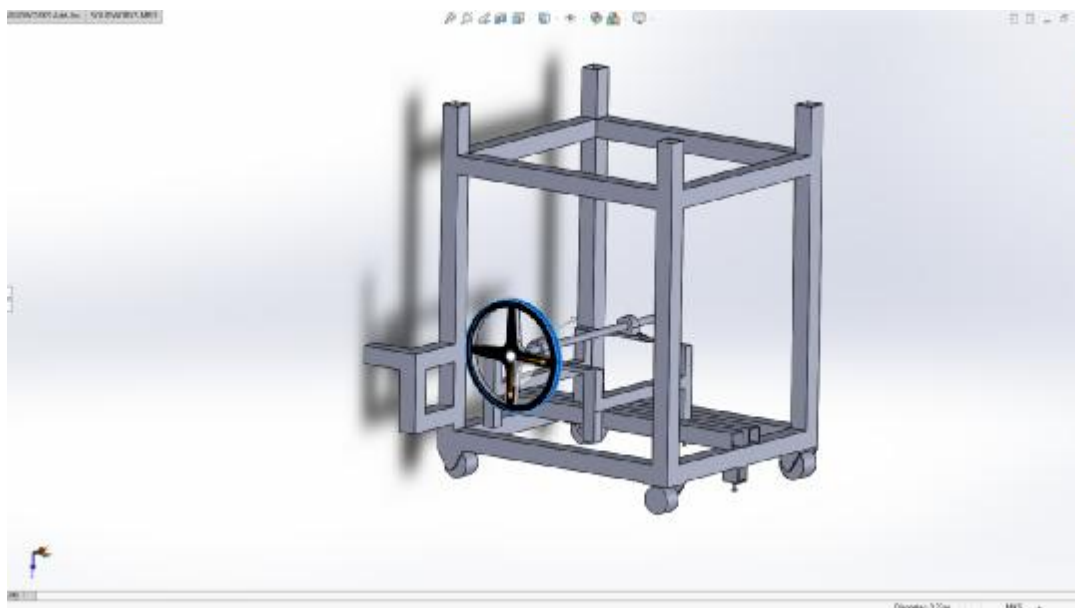
5.3 Κινητό τραπέζι



[Εικόνα 5.3α κινητό τραπέζι σχεδιασμένο στο πρόγραμμα *SOLID WORKS*]



[Εικόνα 5.3β Κινητό τραπέζι με την βάση εδράνων]



[Εικόνα 5.3γ κινητό τραπέζι με τη βάση εδράνων και η βάση της γεννήτριας]

Η κατασκευή αυτή μελετήθηκε και σχεδιάστηκε για την ευκολότερη χρήση και την μεταφορά του, γι' αυτό το λόγο η μηχανή αποτελείται από 4 βασικά μέρη.

Το πρώτο μέρος της μηχανής είναι το κινούμενο τραπέζι το οποίο είναι ένα από τα βασικότερα μέρη της κατασκευής διότι βρίσκονται τα κυριότερα κομμάτια της εγκατάστασης αυτής.

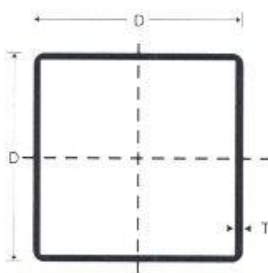
Το κινητό τραπέζι είναι κατασκευασμένο από 40mm x 40mm x 2mm (πάχος) κίλοδοκούς. Οι κίλοδοκοί αυτοί είναι επιλεγμένοι και για την καλύτερη αντοχή της κατασκευής σε βάρος και για την ελαφρότητα τους για την ευκολότερη μεταφορά.

Τετράγωνο κίλοδοκό θερμής και ψυχρής έλασης

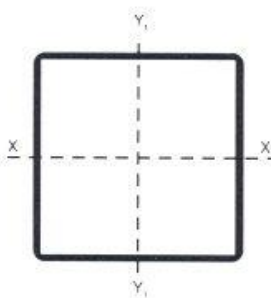
Για θερμή έλαση : [EN 10210](#)

Για ψυχρή έλαση : [EN 10219 – DIN 2395/59411](#)

Ποιότητα Χάλυβας : [DIN 17100 / EN 10025](#)



[Εικόνα 5.3δ κίλοδοκός]



D = 40 mm

T = 2 mm



[Εικόνα 5.3ε Σχέδιο κίλοδοκού]

5.3.1 Ρόδες

Για την μεταφορά της μηχανής αυτής χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις ρόδες βιομηχανικού ελεύθερου τύπου δηλαδή γυρίζουν 360° ελεύθερα, (απεικονίζονται στην κάτω εικόνα) από τα οποία η δυο ρόδες από αυτά είναι με φρένα για την σταθεροποίηση της μηχανής. Η ρόδες αυτές έχουν αντοχή σε βάρος εξήντα (60) κιλά η μια.



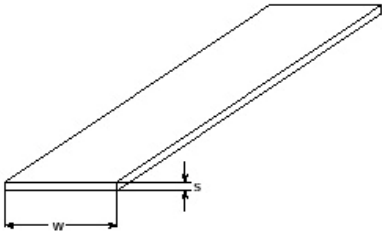
[Εικόνα 5.3.1α Ρόδα βιομηχανικού τύπου]

[Εικόνα 5.3.1β Ρόδα βιομηχανικού τύπου με φρένο]

Στο κινητό τραπέζι της μηχανής βρίσκετε η βάση στηρίξεων των ρουλεμάν το οποίο έχει τη δυνατότητα κίνησης αριστερά - δεξιά για την ρύθμιση Τοποθεσίας του αξόνου Pelton και τροχαλίας. Η βάση αυτή είναι κατασκευασμένο από 25mm x 25mm x 1.5mm (πάχος) και από Λάμα 25mm x 2 mm (παχος).

$w = 25 \text{ mm}$

$s = 2 \text{ mm}$



[Εικόνα 5.3.1γ σχέδιο λάμας]



[Εικόνα 5.3.1δ Λάμα]

Ποιότητα Χάλυβας : [DIN 17100 / EN 10025](#)

5.3.2 Ρουλεμάν

Επάνω στη λάμα αυτή είναι τοποθετημένοι τα δυο ρουλεμάν κουζινέτο (εδράσεις). Τα ρουλεμάν αυτά ανήκουν στη κατηγορία των σφαιρικών αυτό ρυθμιζόμενων (όπου θεωρητικά υπάρχει ένα σημείο επαφής αναμεσα στις σφαίρες και στο αυλάκι κυλήσεις.

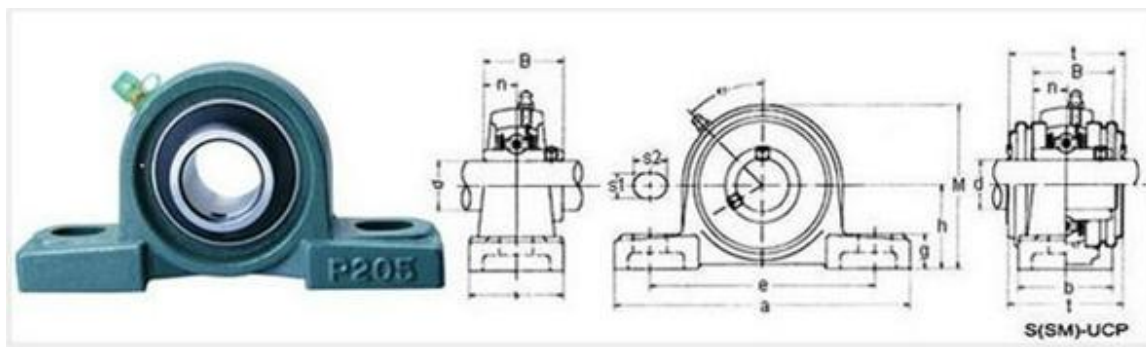
Τα ρουλεμάν αυτά έχουν ένα μεγάλο ρολό για την κατασκευή διότι η τριβές που αναπτύσσονται ανάμεσα στον άξονα και στην βάση για την περιστροφή του αξόνου από την ελεύθερη πτώση του νερού από χαμηλό υψόμετρο για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ήταν ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια της εγκατάστασης. Αυτό αποδείχτηκε από τα πειράματα μας στο οποίο καταλήξαμε στην υγρή λίπανση των ρουλεμάν λόγω της αύξησης των τριβών από τα στερεά λιπαντικά όπως το Γράσσω.

Σαν αποτέλεσμα της χρήσης του υγρού λιπαντικού είχαμε αρκετά ικανοποιητική διαφορά στη περιστροφή του άξονα όπου είχε μακρόχρονα περιστροφή με λιγότερη δύναμη.



Model	Inside D	Outside D	width
UCP 204	20 (mm)	30 (mm)	134 (mm)

[Εικόνα 5.3.2α Ρουλεμάν τύπου εδράνου]



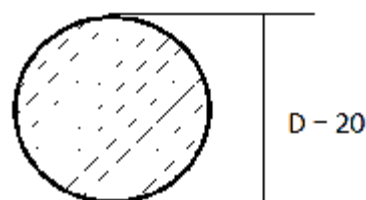
产品说明:

Unit No.	Dimensions mm											Bolt Size mm	Bearing No.	Housing No.	Weight (kg)	
	d	h	a	e	b	s1	s2	g	w	t	B					n
UCP201	12	30.2	127	95	38	13	19	14	62	44.5	31	12.7	M10	UC201	P203	0.69
UCP202	15	30.2	127	95	38	13	19	14	62	44.5	31	12.7	M10	UC202	P203	0.69
UCP203	17	30.2	127	95	38	13	19	14	62	44.5	31	12.7	M10	UC203	P203	0.68
UCP204	20	33.3	127	95	38	13	19	15	71	48	34.1	14.3	M10	UC204	P204	0.66
UCP205	25	36.5	140	105	38	13	19	15	71	48	34.1	14.3	M10	UC205	P205	0.81
UCP206	30	42.9	165	121	48	17	20	17	84	53	38.1	15.9	M14	UC206	P206	1.24
UCP207	35	47.6	167	127	48	17	20	18	93	59.5	42.9	17.5	M14	UC207	P207	1.58
UCP208	40	49.2	184	137	54	17	20	18	100	69	49.2	19	M14	UC208	P208	1.89
UCP209	45	54.0	190	146	54	17	20	20	106	69	49.2	19	M14	UC209	P209	2.14
UCP210	50	57.2	200	159	60	20	23	21	113	74.5	51.6	19	M16	UC210	P210	2.66
UCP211	55	63.5	219	171	60	20	23	23	125	76	55.6	22.2	M16	UC211	P211	3.31
UCP212	60	69.8	241	184	70	20	23	25	138	89	65.1	25.4	M16	UC212	P212	4.90
UCP213	65	76.2	265	203	70	25	28	27	150	89	65.1	25.4	M20	UC213	P213	5.15
UCP214	70	79.4	266	210	72	25	28	27	156		74.6	30.2	M20	UC214	P214	6.20
UCP215	75	82.6	275	217	74	25	28	28	162		77.8	33.3	M20	UC215	P215	7.16
UCP216	80	88.9	292	232	78	25	28	30	174		82.6	33.3	M20	UC216	P216	8.10
UCP217	85	95.2	310	247	83	25	28	32	185		85.7	34.1	M20	UC217	P217	9.81
UCP218	90	101.6	327	262	88	27	30	33	198		96	39.7	M22	UC218	P218	11.96

[Εικόνα 5.3.2 πίνακας διαστάσεων Ρουλεμάν]

5.3.3 Άξονας

Ο άξονας είναι από μαλακό χάλυβα φ 20 καλιμπρέ και 50 cm μήκος. Στις δυο άκρες του άξονά είναι τοποθετημένα ο τροχός Pelton από τη μια και από την άλλη η τροχαλία όπου δίνει κίνηση μέσω μάντας οring στην μικρή τροχαλία της γεννήτριας. Στις δυο πλευρές του άξονά έγινε καταργασία στον τόρνο για την κατασκευή θέσεων τροχαλίας και τροχού Pelton. Χρησιμοποιήθηκε σκληρό πλαστικό (Τεφλόν) για να σταθεροποιηθεί το τροχός Pelton.





[Εικόνα 5.3.3 σκληρό Πλαστικό ράβδος (Τεφλόν)]

5.3.4 Τροχός Pelton

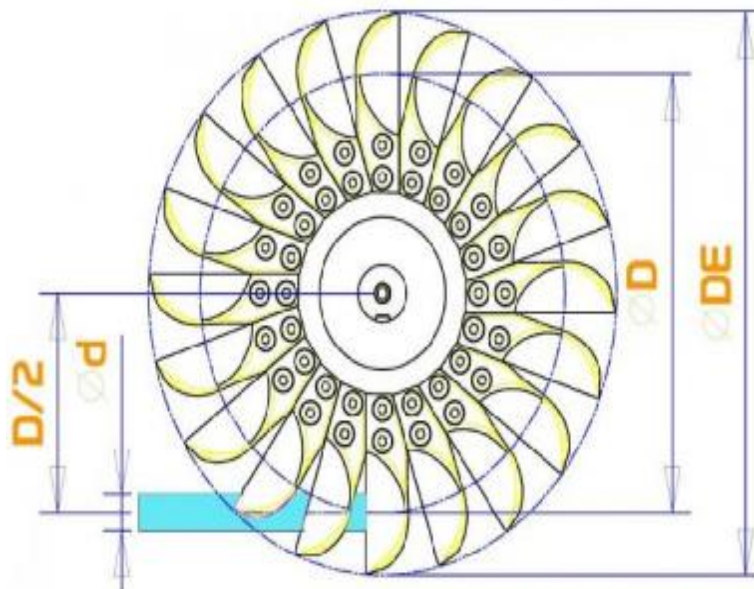


[Εικόνα 5.3.4α τροχός Pelton της κατασκευής]

Ο τροχός Pelton (η αλλιώς καρδιά) της κατασκευής είναι χυτό και κατασκευασμένος από υλικό αλουμίνιο για καλύτερες απόδοσης, Αποτελείτε από 15 σκαφίδια. Ο εξωτερικός διάμετρος του είναι 300 mm και πλάτος (σκαφιδίων) 70 mm. Είναι κατάλληλος για μέγιστο ύψος 70 μετρά σε κανονική εγκατάσταση. Τον τροχό Pelton αυτό έχουμε παραγγείλει από την Ιταλία διότι στις ζητούμενες διαστάσεις δεν υπήρχε στην Ελλάδα.

Ο τροχός Pelton είναι συνδεδεμένος στον άξονα με ένα πλαστικό Τεφλόν το οποίο αναφέρετε πιο πάνω. Είναι περαστό το πλαστικό επάνω στον άξονα όπου από μέσα μεριά της οπής έχει τη θέση της σφήνας για την καλύτερη σταθεροποίηση του και από την εξωτερική μεριά του αξόνου συγκρατείτε με ένα παξιμάδι και σφίγγετε πάνω στον άξονα

Επάνω στο σκληρό πλαστικό Τεφλόν τοποθετείτε ο τροχός Pelton ο οποίος έχει της οπές όπως και το πλαστικό Τεφλόν και συγκρατείτε με της μεταλλικές βίδες επάνω σ'αυτό. (εικόνα 5.3.4α)



[Εικόνα 5.3.4β Σχεδιο τροχου Pelton]

DE = 300 mm
 DE/2 = 150 mm
 D = 270 mm
 D/2 = 135 mm
 d = 20

5.3.5 Τροχαλία μεγάλη

Η τροχαλία της μηχανής ο οποίος δίνει την κίνηση από τον άξονα περιστροφής στην τροχαλία της γεννήτριας. Όμοιος και η τροχαλία αυτή είναι κατασκευασμένη από υλικό Αλουμίνιο με 5 ενισχύσεις στρόγγυλης ρόδας. Έχει την θέση για τραπεζοειδούς ιμάντες. Όπως αναφέραμε και στους επάνω παραγράφους η τριβή έχει ένα μεγάλο ρόλο στην εργασία αυτή. Επειδή ο ιμάντας έχει τραπεζοειδούς μορφή και αυτή η μορφή μετά από της πειραματικές μας εμπειρίες είδαμε ότι έχει πολλές και μεγάλες επιφάνειες οι οποίες αυτές οι επιφάνειες έρχονται σε επαφή και με τους δυο τροχαλίες σαν αποτέλεσμα την αύξηση των τριβών μεταξύ ιμάντας και των δύο τροχαλιών.

Γι' αυτό λοιπόν στην μηχανή μας για να μιώσουμε αυτές τις τριβές, αντί για τον τραπεζοειδούς ιμάντα χρησιμοποιούμε ένα άλλο είδος ιμάντας ο οποίος λέγεται ιμάντας Oring στρόγγυλου τύπου, δερμάτινος και συνήθως χρησιμοποιείται σε μικρά μηχανήματα όπως για παράδειγμα ραπτομηχανές.



[Εικόνα 5.3.5α τροχαλία]



[Εικόνα 5.3.5β ιμάντας Oring στρόγγυλος δερμάτινος]

Διαστάσεις μεγάλης τροχαλίας :



$$D = 300 \text{ mm}$$

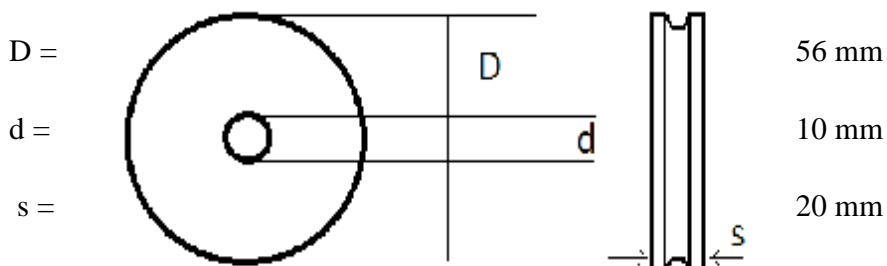
$$d = 17 \text{ mm}$$

5.3.6 Τροχαλία μικρή

Η μικρή τροχαλία βρίσκεται επάνω στον άξονα της γεννήτριας. Η τροχαλία αυτή είναι από πλαστικό Τεφλόν και έχει υποστεί κατεργασία στον τόρνο για το αυλάκι του τραπεζοειδούς μάντα.



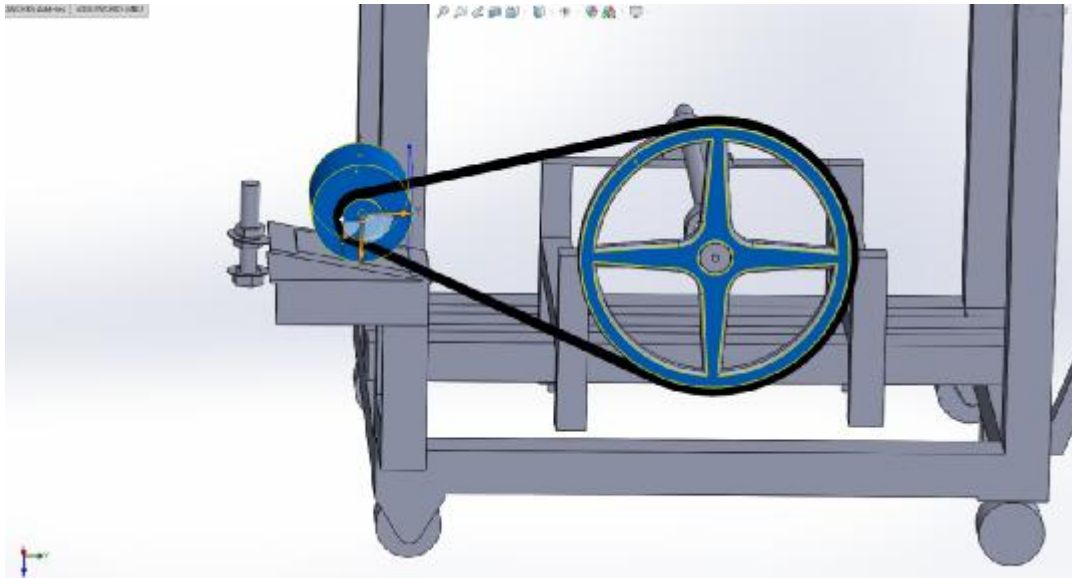
[Εικόνα 5.3.6 Μικρή τροχαλία γεννήτριας]



5.3.7 Γεννήτρια

Η γεννήτρια της υδροηλεκτρικής εγκατάστασης μικρής αυτής είναι επιλεγμένη από το ηλεκτροποδήλατο scooter. Η γεννήτρια αυτή είναι κολλημένη στην ίδια βάση των ρουλεμάν. Η βάση της γεννήτριας είναι κατασκευασμένη για κίνηση της επάνω-κάτω (ή αλλιώς

τεντοτήρας), ουτοσώστε να έχουμε τη δυνατότητα σύσφιξης η χαλάρωσης του μάντα και επίσης για την αλλαγή της σε περίπτωση κοπής η συντήρησης. [Εικόνες 5.3.7^α και 5.3.7^β]



[Εικόνα 5.3.7α Γεννήτρια σε συνεργασία με την μεγάλη τροχαλία και ο Τεντοτήρας]



[Εικόνα 5.3.7β Τύπος γεννήτριας]



[Εικόνα 5.3.7γ Τεντοτήρας μάντας]

Τεχνικά χαρακτηριστικά γεννήτριας :

Τάση = 24 V DC

Στροφές ανά λεπτό = 2700 rpm

Ισχύς = 110 W

Ρεύμα = 1.15 A

5.3.8 Κάλυμμά του τροχού Pelton

Το κάλυμμά του τροχού Pelton κατασκευαστή με σκοπό να οδηγήσει τα νερά στο δοχείο της ανακύκλωσης που πέφτουν από τον πάνω δοχείο (ταμιευτήρας). Ένας άλλος σκοπός κατασκευής του είναι βασικά για να μην έχουμε διαρροές στο κύκλωμα ανακύκλωσης του νερού. Είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 1 χιλιοστού. Η λαμαρίνα αυτή έχει βαφτεί σε κόκκινο χρώμα. Επίσης στο πίσω μέρος του έχει την οπή για να περάσει ο άξονας περιστροφής. Από την οπή αυτή για να μην έχουμε διαρροές έχουμε βάλει μια τσιμούχα λαστιχένια η οποία στεγανοποιεί και δεν επιτρέπει τις διαρροές (εικονίζετε στο 5.3.8β). Το κάλυμμα από μπροστά μέρος έχει κατασκευαστεί από διάφανο πλαστικό PVC 2 χιλιοστού για την παρακολούθηση της εν ώρα λειτουργίας όπως απεικονίζεται στην εικόνα [5.3.8α]



[Εικόνα 5.3.8α κάλυμμά τροχού Pelton]



[Εικόνα 5.3.8β τσιμούχα στεγάνωσης]

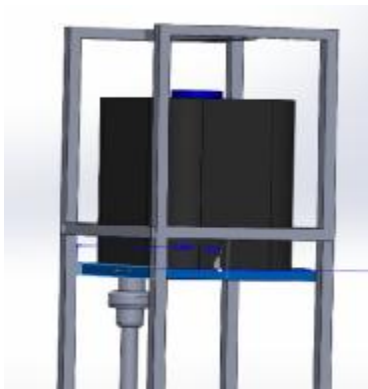
Στο κάλυμμα αυτό έχουμε την σύνδεση του ακροφυσίου της μηχανής. Ο οποίος βρίσκεται ακριβώς στην κατάλληλη θέση για να έχουμε την κρούση του νερού απευθείας στα σκαφίδια.

Αλλά για να αποδειχτεί σε σπουδαστές ότι έχει πολύ μεγάλο ρόλο η θέση του ακροφυσίου έχουμε κατασκευάσει το ακροφύσιο ουτοσώστε να μπορεί να έχει τη δυνατότητα μετακίνησης. Με την μετακίνηση του μπορούμε άμεσα να δούμε τις αυξομειώσεις των στροφών και στην παραγωγικότητα της γεννήτριας δηλαδή τις αυξομειώσεις πάλι στο βολτομέτρο. Επίσης έχουμε κατασκευάσει το ακροφύσιο ώστε να μπορούμε να αλλάξουμε την διάμετρο τις και να μελετήσουμε τα συμπεράσματα της αλλαγής.



[Εικόνα 5.3.8γ Ακροφύσια βιδωτά διάφορων μεγεθών]

5.4 Κινούμενη βάση δοχείου με Τέσσερις οδηγούς



[Εικόνα 5.4α κινούμενη βάση δοχείου με 4τεσσερεις οδηγούς και Εικόνα 5.4.β από την κατασκευή]

Η βάση δοχείου είναι κατασκευασμένη από μεταλλική γωνιά η οποία είναι μαλακός χάλυβας.

Οι γωνίες είναι τοποθετημένες ώστε να φτιάξουν μια θέση για το δοχείο νερού, έτσι ώστε να μην μπορεί να βγει είτε να κουνηθεί από τη θέση του. Το δοχείο νερού όμως πρέπει, για να μπορέσουμε να δούμε την σημασία του ύψους του νερού στις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει να έχει την κίνηση επάνω – κάτω. Για να πέτυχουμε λοιπόν αυτό έχουμε σκεφτεί να κολλήσουμε τέσσερις κλιδοκοκούς στις τέσσερις γωνίες της βάσης. Τα οποία είναι



μεγαλύτερων διαστάσεων από τους οδηγούς. Οι οδηγοί είναι οι τέσσερις κοιλοδοκοί οι οποίοι έχουν το σκοπό να κρατήσουν επάνω το καπέλο στο οποίο είναι κολλημένα τα ράουλα της ανύψωσης του δοχείου νερού. Παράλληλα όμως έχουν το σκοπό όταν γίνεται η μετακίνησή του δοχείου νερού κρατάνε σταθερά το δοχείο για τυχόν κουνήματα.

Στα πλάγια της βάσης αυτής έχουν κολληθεί κατακόρυφα προς τον έδαφος πάλι τέσσερις γωνίες με τις οπές τους. Οι οπές αυτές έχουν το σκοπό να αποδεχτούν τις βίδες συνδέσεις τους με τον ιδικά κατασκευασμένο γάντζο γερανού. Επίσης αυτές οι μεταλλικές γωνίες έχουν το σκοπό τις συγκράτησης και σύσφιξης του πλαστικού δοχείου νερού για τις καταπονήσεις που δέχεται όταν είναι γεμάτο.

[Εικόνα 5.4.β Στο κάτω μέρος βρίσκεται το κινητό τραπέζι, μετά από το κινητό τραπέζι έχουμε το δεύτερο κομμάτι της κατασκευής το οποίο ονομαστικέ βάση δοχείου και τέσσερις οδηγούς Στο πάνω μέρος φαίνεται πως λειτουργούν όλα αυτά που εξηγήσαμε στο πάνω παράγραφο.]



[Εικόνα 5.4 γ η βάση του δοχείου και η πλάγια κολλημένες γωνίες]

5.4.1 Δεξαμενή Νερού (Ταμειυτήρας)

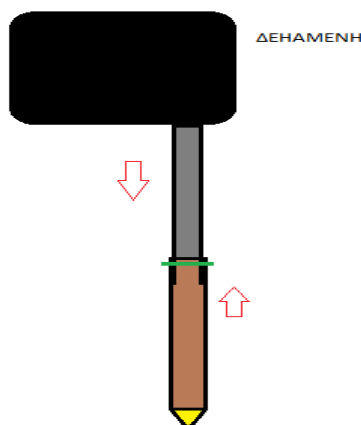
Το δοχείο νερού είναι κατασκευασμένο από πλαστικό το οποίο βρίσκετε ευκολά στην αγορά και εξυπηρετούν σε πολλές χωρικότητες και σε σχήματα. Η επιλογή μας ήταν η δεξαμενή με τα 100 λίτρα.Επιλογή της δεξαμενής αυτής έγινε πιστεύοντας πως θα είναι ικανοποιητική για την κατασκευή μας. Επίσης το βάρος που θα είχε η δεξαμενή ήταν ένας σοβαρός λόγος που δεν ξεπεράσαμε τα 100 λίτρα για σημαντικούς λόγους ασφάλειας. Διότι όσο ποιο πολλα κιλά τόσο αυξανόταν και ο κίνδυνος ατυχήματος. Γι' αυτό λοιπόν πιστεύουμε πως τα 100 λίτρα χωρικότητα δεξαμενής νερού είναι αρκετά ικανοποιητικό για την εργασία μας και για λόγους ασφαλείας αλλά και για μια καλή εμφανισιακά κατασκευή χωρίς χοντρά βαριά μέταλλα.



[Εικόνα 5.4.1 από το δοχείο]

5.4.2 Σωληνώσεις

Οι σωληνώσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα γνωστά PVC σε διάφορες διαστάσεις. Για τη μεταφορά του νερού στο οποίο η δεξαμενή μας έπρεπε να αλλάζει θέση όποτε θέλουμε, για να μην αλλάξουμε κάθε φορά μια άλλη σωλήνα διαφορετικού μήκους το οποίο δεν θα ήταν και βολεντικό για κανέναν και επίσης θα είχε πάντα της ίδιες τιμές (μέτρα) δηλαδή θα ήταν σταθερές κομμένες σωλήνες κατά μήκος, για να αποφύγουμε αυτό σκεφτήκαμε μια ευκολία στο οποίο χρησιμοποιήσαμε δυο σωλήνες διαφορετικών διαμέτρων και διαφορετικών υλικών όπου μπορεί να περάσει το ένα μέσα στο άλλο. (Όπως στην εικόνα 5.4.2) Η μια σωλήνα είναι από PVC σκληρό πλαστικό και το άλλο είναι λαστιγένιο το οποίο το PVC μπαίνει μέσα σε αυτό. Για τις διαρροές έχουμε τοποθετήσει μια σφιγκτήρα.



[Εικόνα 5.4.2 Η δύο σωληνώσεις πως μετακινούνται]

Στο κάτω μέρος της Σωλήνας εκεί που γίνεται η σύνδεση με το ακροφύσιο έχουμε ανοίξει μια οπή όπου από εκεί τοποθετήσαμε μια μικρή σωλήνα για το μανόμετρο.

5.4.3 Εργάτης (Χειροκίνητο γερανό)

Ο εργάτης ή ο χειροκίνητος γερανός είναι τοποθετημένος στο κάτω μέρος των τεσσάρων οδηγών όπου είναι βιδωμένο σε μια λάμα πάχους 5 mm. Επειδή ο εργάτης αυτός είναι πολύ σημαντικός για την ανύψωση της δεξαμενής και έχει να ανυψώσει το μεγαλύτερο βάρος έχουμε επιλέξει μια από τα ασφαλέστερα για καλύτερη αντοχή σε βάρος, όπως επίσης και το συρματόσχοινο που τυλίγεται σε αυτό.



Κωδικός	Μέγιστο βάρος Lbs / kg	Όριο θραύσης kg	Σχέση μηχανισμού
1611-10	1000 / 450	675	4.1 : 1
1611-14	1400 / 600	900	4 : 1
1611-25	2500 / 1100	1650	4 : 1/8 : 1

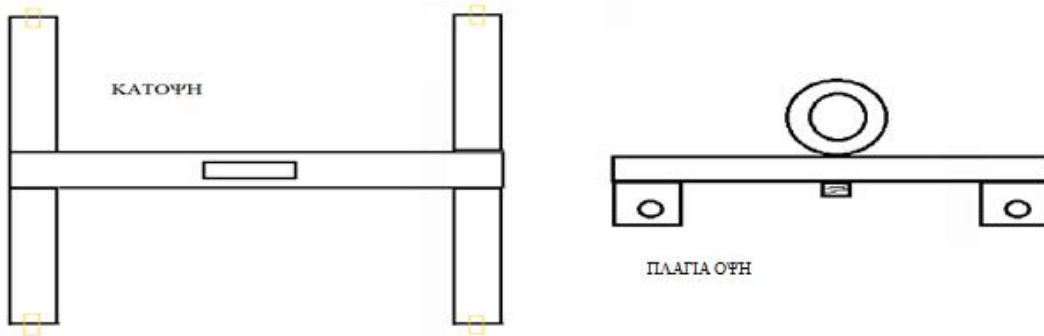
[Εικόνα 5.4.3α Χειροκίνητος εργάτης]



[Εικόνα 5.4.3β Συρματόσχοινο]

5.4.4 Ειδικό γάντζο γερανού

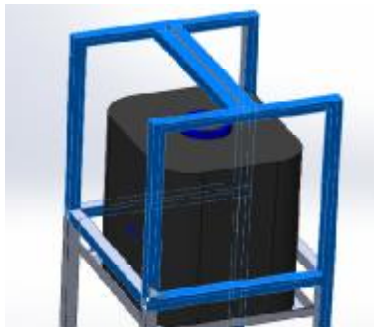
Ο ειδικός γάντζος αυτός βρίσκεται στην άκρη του συρματόσχοινου. Είναι ιδικά κατασκευασμένος για την καλύτερη ισορροπία της δεξαμενής όπου ευκολύνει την ανύψωση ισορροπώντας την. Για την ισορροπία έχει μετρηθεί το κέντρο βάρους της δεξαμενής και έχει γίνει η τοποθέτηση του συρματόσχοινου ακριβώς στην θέση αυτή. Ο γάντζος αυτός έχει τέσσερις οπές σε όλες τις πλευρές οι οποίες συνδέονται με τις οπές της βάσεις της δεξαμενής, το οποίο φέρεται στην πλάγια όψη τις εικόνας 5.4.4



[Εικόνα 5.4.4 Κάτοψη και πλάγια όψη του ειδικού γάντζου]

5.5 Καπέλο- βάση οδηγών

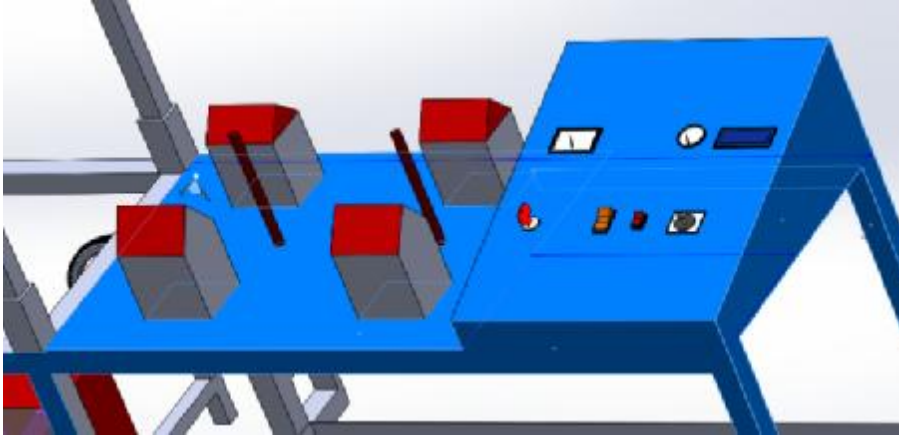
Το πάνω μέρος της κατασκευής το λεγόμενο καπέλο έχει σχεδιαστή μόνο για την στήριξη των 2 ράουλων τα οποία έχουν τον σκοπό να οδηγήσουν το συρματόσχοινο.



[Εικόνα 5.5α Ράουλο οδηγού συρματόσχοινου]

[Εικόνα 5.5 β Καπέλο Βάση οδηγών]

5.6 Τραπέζι μετρήσεων και μακέτα



[Εικόνα 5.6.1 Τραπέζι μετρήσεων και μακέτα]

Το τραπέζι αυτό είναι κατασκευασμένο από ξύλο κοντραπλακέ. Αποτελείτε από δυο βασικά μέρη.

→ Από το πάνω μέρος

→ από κάτω μέρος.

Το πάνω μέρος χωρίζετε σε δύο κομμάτια τα οποία είναι μακέτα και πίνακας οργάνων.

Η μακέτα είναι η ομοίωση μιας πόλης η χωριού για την καλύτερη και ευκολότερη κατανόηση της κατανάλωσης ενεργείας. Αποτελείτε από τα οικόπεδα και μέσα σε αυτά τα κτίρια, από τους δημοσίους δρόμους και επίσης από τις κολόνες της ΔΕΗ οι οποίοι μεταφέρουν τον ηλεκτρικό ρεύμα. Τα σπίτια, τα οποία αυτά είναι επάνω στο τραπέζι είναι χάρτινα. Μέσα έχουνε λαμπάκια LED τα οποία συμβολίζουν την κατανάλωση του κάθε σπιτιού.

Στο δεύτερο μέρος έχουμε τον πίνακα ενδείξεων των τιμών και διακοπών επεμβάσεως για τα όργανα αυτά. Τα όργανα μέτρησης είναι βολτόμετρο, αμπερόμετρο, στροφόμετρο και μανόμετρο. Υπάρχει και ο ρυθμιστής επιστροφής νερού (βάννα) για τη ρύθμιση της ροής, της επιστροφής του νερού στην πάνω δεξαμενή.

Έχουμε τέσσερις διακόπτες η οποίοι παρεμβαίνουν στα όργανα όπως διακόπτης γενικού που δίνει το ρεύμα (με κλειδί) σε όλο το κύκλωμα, διακόπτης ηλεκτρισής της πόλης, διακόπτης στροφόμετρου για λογούς ασφάλειας και διακόπτης για την αντλία νερού που το ανακυκλώνει.



[Εικόνα 5.6.2 μανόμετρο]



[Εικόνα 5.6.3 βολτόμετρο αναλογικό]



[Εικόνα 5.6.4 Στροφόμετρο ψηφιακό]



[Εικόνα 5.6.5 Λάμπες LED]



[Εικόνα 5.6.6 Καλώδια λεπτή (γραμμής)]



[Εικόνα 5.6.7 Κιακόπτης στροφόμετρου]



[Εικόνα 5.6.8 Διακόπτης αντλίας]



[Εικόνα 5.6.9 Διακόπτης πόλης]



[Εικόνα 5.6.10 Διακόπτης γενικού]



[Εικόνα 5.6.11 Βάνα ρύθμισης ροής]

Στο κάτω μέρος της κατασκευής έχουμε το δοχείο ανακύκλωσης. Λέγεται δοχείο ανακύκλωσης διότι το νερό μετά από την ελεύθερη πτώση από την επάνω δεξαμενή συγκεντρώνετε εκεί κάτω για να ξανά επιστρέψει και πάλι στη πάνω δεξαμενή.

Η δεξαμενή είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 1.5 mm. Μέσα στη δεξαμενή αυτοί έχουμε την αντλία η οποία στέλνει 18500 λ /ώρα νερό.



[Εικόνα 5.6.11 (KRAFT SPD 1100) Αντλία νερού]

Για την άντληση του νερού χρησιμοποιήσαμε ένα πλαστικό σωλήνα ο οποίος μεταφέρει το νερό στην πάνω δεξαμενή από την κάτω. Για τον έλεγχο της ροής του νερού έχουμε τοποθετήσει μια

βάνα η οποία ρυθμίζει τη ροή του νερού ώστε να μην υπερχειλίσει είτε η πάνω δεξαμενή είτε η κάτω.

5.7 τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας

Ονομαστική ισχύς	1100 Watt
Μέγιστη ικανότητα παροχής	18,5 m³/ h
Μέγιστη πίεση	0,8 bar
Μέγιστο ύψος παροχής	8 m
Τάση συχνότητα	220V, 50Hz

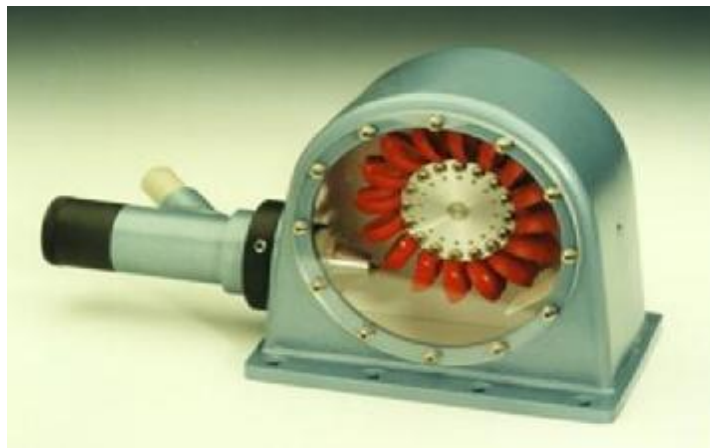
!! Σημείωση : Όλα τα σχέδια της κατασκευής έχουν γίνει με την χρήση του προγράμματος <<Solid works 2016 >>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

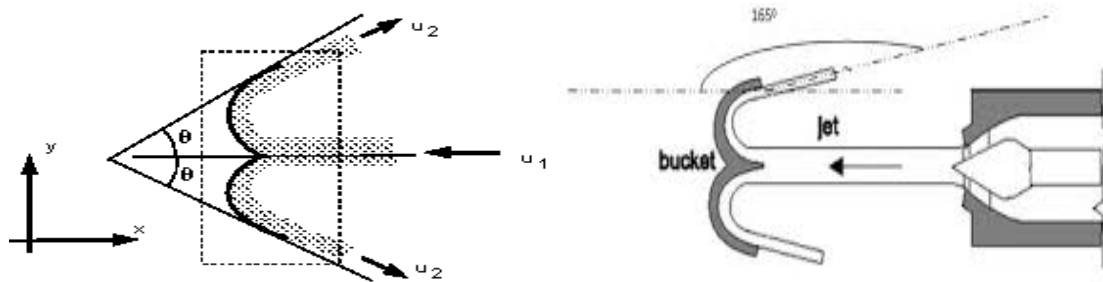
«ΘΕΩΡΙΑ- ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ»

6.1 Θεωρητική Ανάλυση

Η ενέργεια του νερού που εφοδιάζει τον Τροχό Pelton εξέρχεται όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2 από ένα ειδικό ακροφύσιο. Η δέσμη του νερού προσκρούει στα πτερύγια του τροχού Pelton και επιστρέφει με μια γωνία επιστροφής (συνήθως περί τις 165°). Κατά την πρόσκρουση του νερού στα πτερύγια (Σχήμα 3) ασκείται μια δύναμη στο κάθε πτερύγιο η οποία είναι υπεύθυνη για την δημιουργία ροπής στον άξονα (Σχήμα 4).



[Εικόνα 6.1 (1) Εκπαιδευτική μονάδα τροχού Pelton]



[Εικόνα 6.1 (2) Δέσμη νερού κατά την πρόσκρουση στα πτερύγια του Τροχού Pelton.]

Σύμφωνα με το τρίγωνο ταχυτήτων του πτερυγίου ακτίνας R (Σχήμα 5), το οποίο περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ω σε παροχή μάζας m του νερού, η **δύναμη** F στην διεύθυνση της γραμμικής ταχύτητας U του πτερυγίου θα είναι:

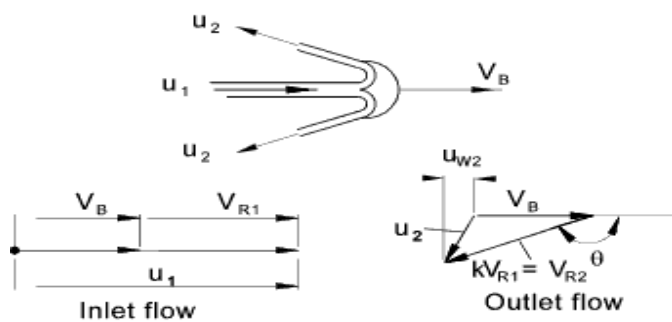
$$F = m \Delta U_{\theta \text{ apt}} \quad (1)$$

Όπου: U_0 : η απόλυτη ταχύτητα του νερού στην έξοδο του ακροφυσίου ή η απόλυτη ταχύτητα πρόσπτωσης στο περύγιο,
 U : η ταχύτητα περυγίου,
 U_1 : η ταχύτητα εισόδου στο περύγιο,
 U_2 : η ταχύτητα εξόδου από το περύγιο,
 K : ο συντελεστής ελάττωσης ταχύτητας.
 Ειδικότερα είναι:

$$\boxed{DU_{ej apt} = U_1 - U_{2X}} \quad (2)$$

Όπου $U_{2X} = U_2 \times \cos(180 - \varphi)$
 $\cos(180 - \varphi) = -\cos\varphi$ $\boxed{U_{2X} = -U_2 \times \cos\varphi}$ (3)

Είναι ακόμα: $U_1 = U_0 - U$
 $U_2 = kU_1$ $\boxed{U_2 = k(U_0 - U)}$ (4)



[Εικόνα 6.1(3) Σχηματική αναπαράσταση πρόσκρουσης δέσμης νερού επί των περυγίων του Τροχού Pelton]

Από τη σχέση (1) που περιγράφει τη δύναμη που ασκείται στο περύγιο από το νερό, και τις σχέσεις (2), (3), μπορεί να γραφτεί

$$\boxed{F = \rho \times DU_{ej apt} \quad (2) \quad F = \rho \times (U_1 - U_{2X}) \quad (3) \quad F = \rho \times (U_1 + U_2 \times \cos\varphi) \quad (3)}$$

$$\boxed{F = \rho \times (U_1 + kU_1 \times \cos\varphi) \quad F = \rho \times U_1 \times (1 + k \times \cos\varphi)}$$

$$\boxed{F = \rho \times (U_0 - U) \times (1 + k \times \cos\varphi)} \quad (5)$$

Η ροπή στρέψης M δίνεται ως : $\boxed{M = F \times R}$ (6)

Από τις σχέσεις (5), (6) η ροπή στρέψης μπορεί να γραφτεί:

$$\boxed{M = \rho \times R \times (U_0 - U) \times (1 + k \times \cos\varphi)} \quad (7)$$

Ακόμα είναι γνωστό από τη Φυσική ότι σε μια κυκλική κίνηση η σχέση που συνδέει τη γραμμική με τη γωνιακή ταχύτητα είναι:

$$U = w \times R \quad (8)$$

Άρα τελικά η ροπή στρέψης από τις σχέσεις (7), (8) μπορεί να εκφραστεί ως:

$$M = \cancel{R} \times (U_0 - wR) \times (1 + k \times \cos\alpha) \quad (9)$$

Η **διαθέσιμη Ισχύς** του Τροχού Pelton είναι:

$$P = M \times w \quad (10)$$

Επομένως αντικαθιστώντας την έκφραση της ροπής στρέψης (9) στη σχέση της διαθέσιμης Ισχύος (10) προκύπτει τελικά:

$$P = \cancel{R} w (U_0 - wR) \times (1 + k \times \cos\alpha) \quad (11)$$

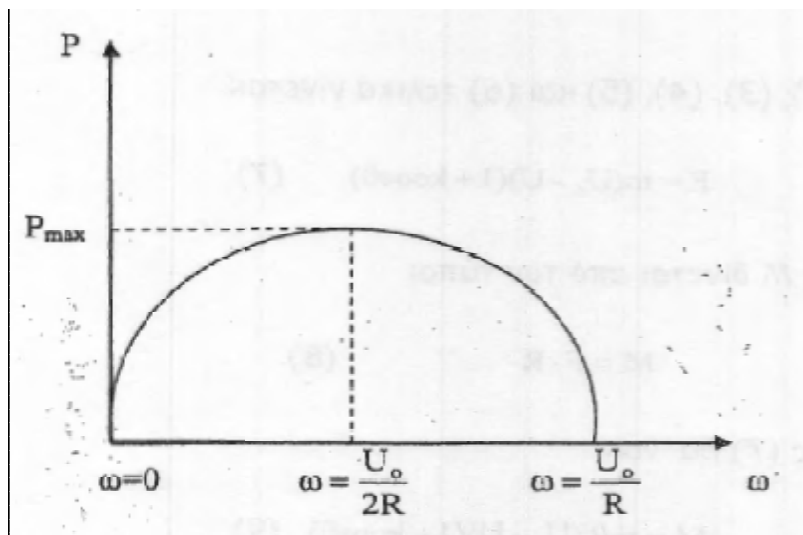
Η σχέση (11) μηδενίζεται για τιμές ω :

$$w_1 = 0 \quad \text{ή για} \quad w_2 = \frac{U_0}{R}$$

Τέλος για την εύρεση της μέγιστης ω αρκεί κανείς να παραγωγίσει οπότε την (11) οπότε προκύπτει:

$$\frac{dP}{dw} = 0 \Rightarrow w = \frac{U_0}{2R}$$

Η γραφική παράσταση ($P-\omega$) θα είναι της μορφής (Σχήμα 6).



[Εικόνα 6.1 Γραφική Παράσταση $P = f(\omega)$]

6.2 Πίνακας μετρήσεων

	χωριτικότητα. Δεξαμ (lit)	d ακροφύσιο (mm)	Υψος h (m)	t (αδιάζμ.) sec.	στρ γενν.(rpm)	τάση (V)	amper (A)	P (bar)
1η μέτρηση	100	20	2,45	53,77	2180	15	0,09	0,16
2η μέτρηση	100	20	2,26	60,77	2000	13,5	0,09	0,14
3η μέτρηση	100	20	2,15	63,12	1870	12	0,09	0,12

[πειραματικές μετρήσεις]

6.3 Υπολογισμοί

$$\text{Παροχή : } Q = \frac{\text{χωριτικότη. δεξαμ. (lit)}}{\text{χρόνος αδιάζμ. (sec)}} \Rightarrow Q = \frac{100}{53,77} = 1,859 \text{ lit/sec}$$

$$Q = 1,859 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{Ταχύτητα: } V_1 = Q/A \text{ m/s}$$

$$V_1 = \frac{1,859 \times (10^{-3})}{3,14 \times (10^{-4})} = 5,92 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,02^2)}{4} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Αρα στρ. Τροχού Pelton : } = 2180 \times (0,056/0,3) = 407 \text{ rpm}$$

Όπου: 0,056 m διάμετρο μικρης τροχ.(γενν.)

0,3 m διάμετρο μεγ. Τροχ. (άξονα)

$$\text{Γωνιακή ταχύτητα } \omega: \frac{2 \cdot \pi}{60} 407 = 42,6 \text{ rad/s}$$

Εφαρμογή του τύπου (11) για διαθέσιμη ισχύ στον υδροστρόβιλο:

$$P = \rho Q R \omega (U_0 - \omega R) (1 + k \cos \theta)$$

$$P = \rho Q R_{\text{pelton}} \omega (V_1 - \omega R_{\text{pelton}}) (1 + k \cos \theta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1000 \cdot 1,859 \times 10^{-3} \cdot 0,27 \cdot 42,6 (5,92 - 42,6 \cdot 0,27) (1 + 0,7 \cos(165)) = 38,65 \text{ watt}$$

$$\text{Απόδοση } \eta \% = P_{\text{γενν}} / P_{\text{pelton}}$$

Για δύναμη F νερού κατά την πρόσκρουση στα πτερύγια του Τροχού Pelton

$$F = \rho \times Q \times \Delta U_{\text{εφαπ}} \quad (1)$$

$$\Delta U_{\text{εφαπ}} = U_1 - U_{2x} \quad (2)$$

$$U_1 = U_0 - U \cdot \frac{\dot{\gamma}}{\rho} \quad U_2 = k U_1 \quad U_2 = k(U_0 - U) \quad (3)$$

$$U_{2x} = U_2 \times \cos(180 - \alpha) \quad \cos(180 - \alpha) = -\cos\alpha \quad U_{2x} = -U_2 \times \cos\alpha \quad (4)$$

$$U_2 = 0,7 \times 5,92 \text{ m/s} = 4,14 \text{ m/s}$$

$$U_{2x} = 4,14 \times \cos(165) = 4,00 \text{ m/s}$$

$$\Delta U_{\text{εφαπ}} = U_1 - U_{2x} = 5,92 - 4,00 = 1,92 \text{ m/s}$$

$$\text{Όπου μαζική παροχή} = 1,859 \text{ kg/sec}$$

$$F = 1,859 \times 1,92 = 3,57 \text{ N}$$

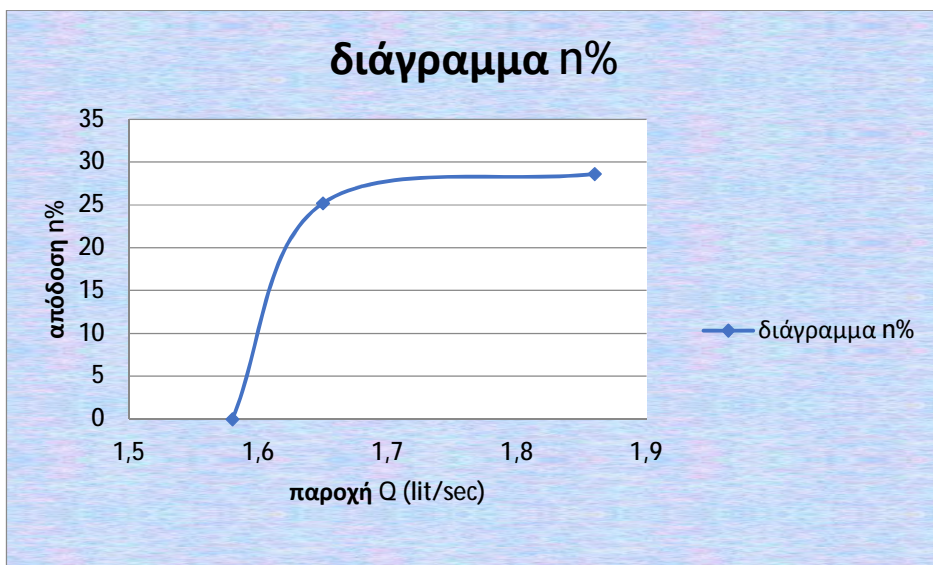
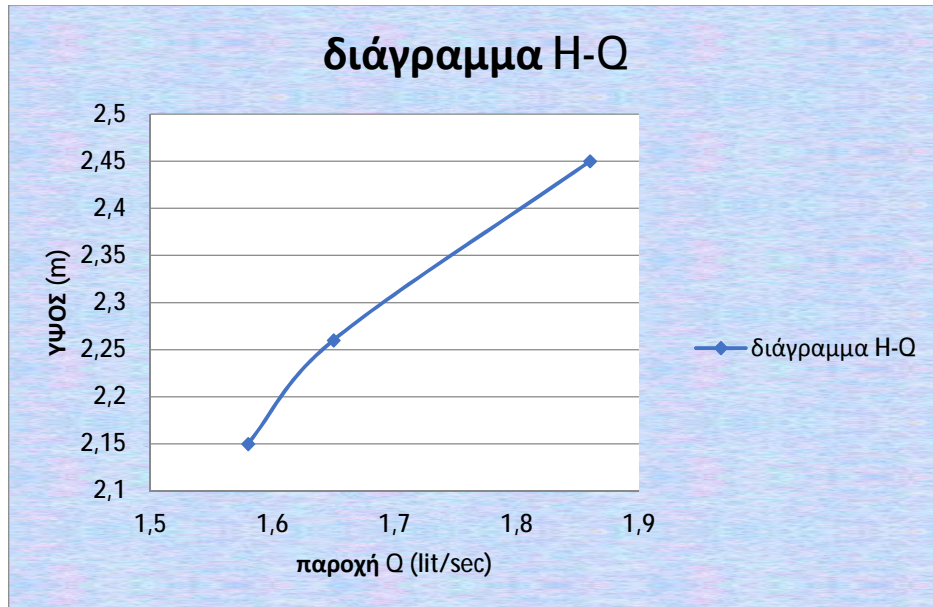
Πίνακας 2

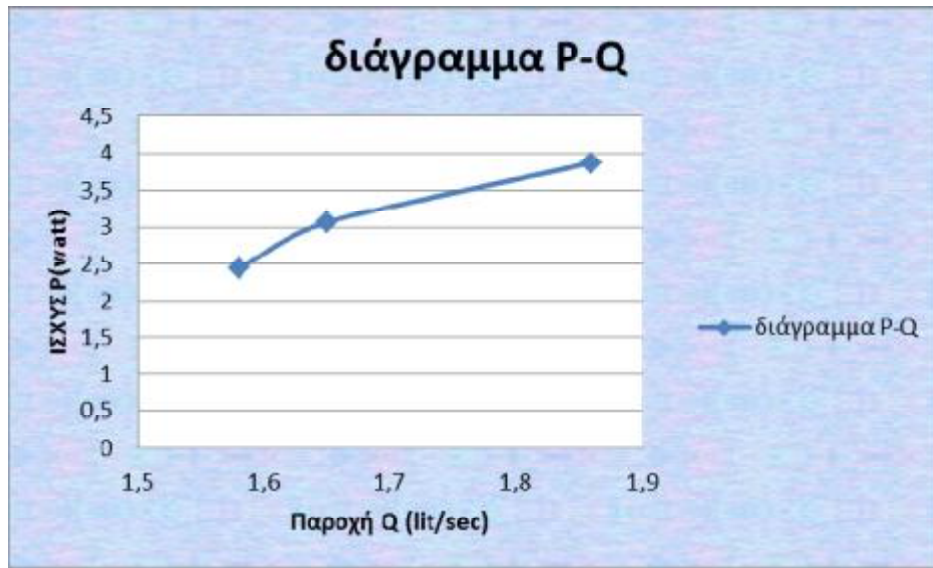
στρ. Pelton (rpm)	ταχύτητα VI (m/s)	Q Παροχή (m ³ /s)	γωνιακή ταχ. ω(rad/s)	P Διαθέσ. Ισχύς (W)	Απόδοση (n%)
407	5,92	1,86x10 ⁻³	42,6	38,65	28,63
373	5,25	1,65x10 ⁻³	39,4	30,63	25,21
349	5,03	1,58x10 ⁻³	36,5	24,33	22,52

Πίνακας 3

Δύναμη F (N)	Ροπή στρέψ. (Nm)	U ₂ (m/s)	U _{2x} (m/s)	ΔU _{εφαπ.} (m/s)
3,57	0,91	4,14	4,00	1,92
2,81	0,77	3,67	3,55	1,70
2,57	0,66	3,52	3,40	1,63

6.4 Διαγράμματα





6.5 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

F	Δύναμη (N)
\dot{m}	Μαζική παροχή (kg/s)
k	συντελεστής ελάττωσης ταχύτητας
U	Η ταχύτητα πτερυγίου (m/s)
U₁	Η ταχύτητα εισόδου στο πτερύγιο (m/s)
U₂	Η ταχύτητα εξόδου από το πτερύγιο (m/s)
U₀	Η απόλυτη ταχύτητα του νερού στην έξοδο του ακροφυσίου (m/s)
ΔU	Διαφορά ταχύτητας (m/s)
θ	165°
M	Ροπή στρέψης (Nm)
ω	Γωνιακή ταχύτητα (rad/sec)
R_{pelton}	Ακτίνα Pelton (m)
P	Διαθέσιμη ισχύς (Watt)
Q	Παροχή (m ³ /h)
A	Επιφάνεια (m ²)
ρ	Πυκνότητα (kg/m ³)
n%	Απόδοση (x100)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

« ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ »

7.1 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της εργασίας και της κατασκευής είναι η κατανόηση της Μηχανικής των Ρευστών με σκοπό την ένδειξη της λειτουργίας των υδροηλεκτρικών εργοστασίων φραγμάτων, αγωγοί πτώσεων, υδροστρόβιλοι Pelton και ηλεκτρογεννήτριες όπου όλα αυτά έχουν σχεδιαστεί και έχουν κατασκευαστεί σε μικρά κλίμακα για την καλύτερη, ευκολότερη και απλούστερη κατανόηση τους.

Σαν συμπέρασμα έχουμε την απεικόνιση της σημασίας του ύψους του νερού στους υδροηλεκτρικούς εγκαταστάσεις στο οποίο το πετηχένουμε ανεβοκατεβάζοντας το δοχείο μας το λεγόμενο ταμιευτήρα της κατασκευής όπου με την αυξομείωση του ύψους μπορούν να παρατηρήσουν και έχουν δυνατότητα η σπουδαστές να πάρουν μετρήσεις στις αλλαγές που γίνονται είτε στις στροφές τις εγκατάστασεις όπου είναι παράλληλες με την αυξομείωση της τάσης της γεννήτριας, είτε στο μανόμετρο όπου αλλάζουν οι πιέσεις του νερού.

Οι σπουδαστές έχουν την δυνατότητα μέλετης μιας μηχανολογικής κατασκευής στο οποίο μπορούν να μελετήσουν τα έδρανα ολίσθησης, ιμάντες, σχέσης μεταδόσης και γεννήτριες.

Μετά την διάρκεια της κατασκευής πραγματοποιήθηκαν οι εξής διαδικασίες για να παίρνουμε της μετρήσης :

- Ø ρύθμιση ύψος στο μέγιστο σημείο
- Ø επιλογή ακροφύσιο
- Ø ρύθμιση επιστρεφόμενο νερό από δοχείο αναρρόφησης σε κατάθλυψη
- Ø σταθεροποίηση του ακροφυσίου για μέγιστη απόδοση
- Ø ρύθμιση ιμάντας με την βοήθειά του ειδικού κατασκευασμένου τεντωτήρας ολοκληρώνοντας τα βήματα αυτά αρχίζουμε να παράγουμε ενέργεια.

Τα αποτελέσματα βρίσκονται στο κεφάλαιο 6 και Πίνακας 1

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Αεροδυναμικές Μηχανές,στοβιλομηχανές- υδροδυναμικές μηχανές** ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΠΟΛΥΖΑΚΗΣ,heat cool power
2. Ν.Δ. ΝΑΝΟΥΣΗ **ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Β ΤΟΜΟΣ ΕΚΔΩΣΕΙΣ ΙΩΝ**
3. STEPHEN J. CHAPMAN **ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ 4^η Έκδοση**
ΠΗΓΕΣ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΕΦ. 1,2,3,4 ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΓΝΩΣΤΗ
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ΤΗΣ GOOGLE ΕΙΚΟΝΕΣ

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- [1] <http://www.pumpfundamentals.com/micro-hydro.pdf>
- [2] <http://mysite.du.edu/~jcalvert/tech/fluids/turbine.htm#Powe>
- [3] http://www.pumpfundamentals.com/power_explanation.pdf
- [4] <http://www.addnew.com.hk/hydropower%20turbines/pelton%20turbines.html>
- [5] <http://www.powerspout.com/>
- [6] <https://www.renewablesfirst.co.uk/hydropower/hydropower-learningcentre/kaplan-turbines/>
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Water_turbine
- [8] Σελ 2 εικόνες
https://www.google.gr/search?q=Jangtsekiang&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjh1_Dp8PbUAhWBwBQKHZs8D70Q_AUIBigB&biw=1920&bih=901#tbm=isch&q=en+buyuk+baraj&imgrc=FWOH6Z2vgbWPkM:
- [9] **Φράγματα Ελλάδας**
https://www.google.gr/search?biw=1920&bih=901&tbm=isch&q=%CE%86%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1&sa=X&ved=0ahUKEwiSlcS_8fbUAhXFORQKHfsxAQoQhvYIJQ#tbm=isch&q=%CE%86%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1+%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%B4%CE%B1%CF%82
- [10] **Εικόνα**
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B7>

[%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BF](#)

[11] Εικόνα <http://docplayer.gr/11228594-Ydrodynauikesmihanes.html>

[12] Εικόνα <http://docplayer.gr/41565753-Katerinopoylos-filippos.html>

[13] Εικόνα <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C123/487/3182,12849/> -----