

1. Εισαγωγή

1.1 Ισχύς μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών

Η υδραυλική ενέργεια, δηλ. η ενέργεια του ύδατος, είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενεργείας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της αναπτύξεως. Το ύδωρ κάνοντας τον "κύκλο του" στη φύση έχει δυναμική ενέργεια, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το ύδωρ ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα, δηλ. με τον υδροταμιευτήρα, το φράγμα, τον κλειστό αγωγό προσαγωγής, τον υδροστρόβιλο, την ηλεκτρογεννήτρια και την διώρυγα φυγής εκμεταλλεύεται κανείς την ενέργεια του ύδατος για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενεργείας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών στροβίλων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Με την ραγδαία αύξηση της τιμής των υδρογονοανθράκων το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των Μικρών Ύδρο-Ηλεκτρικών Σταθμών (μΥΗΣ) έχει διεθνώς ενταθεί, ακόμη και στις αναπτυγμένες χώρες του κόσμου. Συνεπεία τούτων, έγιναν εντατικές μελέτες για να καθορισθεί το δυναμικό το οποίο θα μπορούσε κάποιος να εκμεταλλευθεί εκ της φύσεως. Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται με τη ροή ασυμπίεστου ρευστού (ύδατος) δια των πτερυγίων της υδραυλικής στροβιλομηχανής με την ροπή στρέψεως του δρομέως. Η χρήση μικρών υδροστρόβιλων με εγκατεστημένη ισχύ $I < 10.0 \text{ MW}$ σε πολλές χώρες του κόσμου, ήταν πραγματικότητα κατά τα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Διαρκούντος του 20^{ου} αιώνας

άρχισε η συστηματική χρησιμοποίηση των μικρών υδροστροβίλων προς παραγωγή ενεργείας.

Ο ορισμός μικροί υδροστρόβιλοι από τεχνικής απόψεως, είναι αυθαίρετος. Στις ΗΠΑ, ως μικροί υδροστρόβιλοι θεωρούνται τα συστήματα παραγωγής ενεργείας με ανώτατο όριο τα 15.0 MW αν και συμφώνως προς την πρόσφατη νομοθεσία το όριο έχει αυξηθεί στα 30.0 MW . Στην Ευρώπη και σε μερικές χώρες, όπως η Ελλάδα, ως μικροί υδροστρόβιλοι θεωρούνται οι μηχανές με εγκατεστημένη ισχύ μέχρι και τα 10.0 MW .

Η υδροηλεκτρική ενέργεια εκ των μικρών υδροστροβίλων, λόγω των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων ηλεκτρικής καταναλώσεως και της διαρκώς βελτιουμένης αποδόσεως λειτουργίας των υδροστροβίλων, χρησιμοποιείται ευρέως πλέον σε παγκόσμιο επίπεδο και αποτελεί, μαζί με την Αιολική παραγωγή σημαντική ανανεώσιμη πηγή ενεργείας. Αν και οι μικροί υδροστρόβιλοι είναι έργα σχετικώς μικρού ενδιαφέροντος για την παραγωγή ενεργείας, όταν τοποθετηθούν σε μεγάλο αριθμό δύναται να θεωρηθούν ως σημαντική πηγή. και δύναται να χρησιμοποιηθούν με πολλαπλή σκοπιμότητα έχουσα προφανώς πολλαπλή ωφελιμότητα.

Τα βασικά δεδομένα που απαιτούνται για τον καθορισμό της ισχύος της υπό εκμετάλλευση θέσεως είναι, η παροχή του ρέοντος ύδατος και το υδραυλικό ύψος ή φορτίο. Η λαμβανομένη ισχύς I (W) ενός μικρού υδροστρόβιλου δύναται να υπολογισθεί ως, $I = n\rho gQH$ n είναι η απόδοση λειτουργίας του υδροστροβίλου με δεκαδική έκφραση, ρ (kg/m^3) η πυκνότητα του ύδατος, g (m/s^2) η επιτάχυνση της βαρύτητας στην υπ' όψη θέση, Q (m^3/s) η παροχή και H (m) το διαθέσιμο

προς τον υδροστρόβιλο φορτίο. Το διαθέσιμο φορτίο, δηλ το $H_n (m)$ καθαρό φορτίο, εννοείται ως η διαφορά των στατικών υψών των ελευθέρων επιφανειών του ανάντη ταμιευτήρα και του κατάντη χώρου ροής μείον το συνολικό ύψος των απωλειών φορτίου στον αγωγό προσαγωγής του ύδατος προς τον υδροστρόβιλο. Γενικώς, η ανωτέρω παροχή είναι τμήμα μόνο της παροχής του υδατορρεύματος και προφανώς, δεν είναι η μεγίστη. Θα ήτο οικονομικώς άσκοπο να εγκατασταθεί υδροστρόβιλος έχοντας διαστάσεις που θα εκμεταλλεύονταν την μεγίστη των διαθέσιμων παροχών. Είναι αναγκαίο να είναι γνωστές οι κλίμακες των μεγίστων και ελαχίστων παροχών του υδατορρεύματος.

Ισχύς είναι το ποσόν ενεργείας το παραγόμενο ή αναλίσκόμενο ανά δευτερόλεπτο. Μονάδα ισχύος είναι το W (*Watt*). Πολλαπλάσια αυτού και ευρύτατα σε χρήση μονάδες ισχύος στη ορολογία των μικρών υδροστροβίλων είναι το $kW = 1000.0 W$ και το $MW = 1000.0 kW$. Μονάδα έργου E είναι το J (*Joule* ταυτόσημο με το W/s). Εν χρήσει μονάδες ενεργείας είναι η κιλοβατώρα kWh . Μία κιλοβατώρα είναι η ενέργεια που παράγεται ή αναλίσκεται από μονάδα ισχύος $1.0 kW$ σε μια ώρα. Η σχέση kWh και J είναι $1.0 kWh = 1.0 kW \times 3600.0 s = 3600.0 kJ$. Εν αναφορά προς την χρήση της καύσεως πετρελαίου ως πηγή ενεργείας ισχύει ότι 1.0 τόνος πετρελαίου ισοδυναμεί με $4500.0 kWh$. Ένας λαμπτήρας φωτισμού τυπικής οικίας απαιτεί ισχύ $50.0 - 100.0 W$, ο τηλεοπτικός δέκτης $200.0 - 400.0 W$ και η μηχανή πλυντηρίου $2.8 - 3.5 kW$. Η εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος της Γαλλίας, EDF, αναφέρει ότι μία πλήρως ηλεκτρολογικώς εξοπλισμένη τυπική οικία της χώρας της απαιτεί ισχύ περί τα $9.0 kW$.

Εφαρμογή 1.1. Η θεωρητική ισχύς που δύναται να ληφθεί με παροχή $Q = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ και ύψος πτώσεως $H = 1.0 \text{ m}$ είναι 9807.0 W ή 9.807 kW . Η ισχύς που λαμβάνεται από ένα υδροστρόβιλο που λειτουργεί με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά,

$$n = 0.8, \rho = 1000.0 \text{ kg/s}, g = 9.807 \text{ m/s}^2, Q = 12.0 \text{ m}^3/\text{s} \text{ και } H = 2.5 \text{ m}$$

είναι, $I = n \rho g Q H_n \text{ (W)}$

$$I = 0.8 \times 1000.0 \times 9.807 \times 12.0 \times 2.5 = 235368.0 \text{ W} = 235.4 \text{ kW} = 2.35 \text{ MW}$$

1.2 Ιστορικό

Η συνεισφορά της υδραυλικής ισχύος στην ανάπτυξη της ανθρωπότητας είναι ουσιαστική από παλιά. Η χρήση της ισχύος είτε για την κίνηση μύλων είτε για την άντληση ύδατος προς καλλιέργεια αγρών αναφέρεται ήδη κατά τους κλασσικούς χρόνους αν και υπάρχουν αναφορές για την χρήση και σε ακόμη παλαιότερους χρόνους. Σε πολλά σημεία του Ελληνικού χώρου κάποιες παραδοσιακές, αλλά και σύγχρονες εγκαταστάσεις μικρών υδροδυναμικών έργων αξιοποιούν την ενέργεια του ύδατος για την παραγωγή μηχανικού έργου αλλά κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Οι πολύ υψηλοί βαθμοί αποδόσεως των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90.0% και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των υδροδυναμικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη , αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα και την τεχνολογική ωριμότητα.

Οι μΥΗΣ είναι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ευρώπη και στην Βόρειο Αμερική στα τέλη του $19^{\text{ου}}$ αιώνα και στη αρχές του $20^{\text{ου}}$ αιώνα

αναπτύχθηκε ένας σημαντικός αριθμός μικρών σταθμών υδροστροβίλων. Τα πιο πολλά από αυτά είχαν τοποθετηθεί κοντά στα κέντρα καταναλώσεως ηλεκτρικής ενέργειας και είχαν ως επί το πλείστον σχεδιαστεί για μεμονωμένη λειτουργία. Μεγάλα διασυνδεδεμένα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατά την ανωτέρω χρονική διάρκεια δεν υπήρχαν. Οι μικροί υδροστροβίλοι είχαν αναπτυχθεί για να εκμεταλλευτούν τις υδραυλικές συνθήκες των επί μέρους περιοχών. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους όταν πρώτο δημιουργήθηκαν ήταν,

- Χαμηλή ολική απόδοση λειτουργίας κοντά στη μέγιστη δυνατή απόδοση ισχύος.
- Υψηλό συντελεστή φορτίου, δηλ. λειτουργία κοντά στη μέγιστη δυνατή απόδοση ισχύος.
- Υψηλή πιστότητα των επιμέρους μηχανημάτων με μεγάλα εύρη λειτουργίας στην προκαθορισθείσα περιοχή λειτουργίας των.
- Απαιτούνταν διαρκής παρουσία προσωπικού.
- Οι μικροί υδροστροβίλοι ήταν εφοδιασμένοι με ρυθμιστές λειτουργίας.

2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών

2.1 Εισαγωγικά

Η υδροηλεκτρική ενέργεια δύναται να εξασφαλίσει ηλεκτρισμό σε πολύ χαμηλές τιμές. Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη του καθαρού ύψους πτώσεως και της παροχής του ύδατος την οποία εκμεταλλεύεται ο υδροστρόβιλος. Οι υδραυλικές, μηχανικές και οι ηλεκτρικές απώλειες μειώνουν την θεωρητική παραγωγή ενεργείας. Η παγκόσμιος ικανότητα της υδρο-ενεργειακής παραγωγής με μικρούς και μεγάλους σταθμούς είναι $675000.0 MW$ και αντιστοιχεί προς 2.3 τρισεκατομμύρια kWh ηλεκτρισμού κατ' έτος. Το ποσοστό αυτό ισοδυναμεί προς 3.6 δισεκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου.

Στις αναπτυσσομένες χώρες, οι μικροί υδροστρόβιλοι συνήθως κατασκευάζονται σε μεγάλο αριθμό δυνάμενοι να προμηθεύουν ηλεκτρική ενέργεια σε απόμακρες περιοχές. Η λειτουργία και η συντήρηση τους δύναται να γίνει ευκόλως από τους εντοπίους κατοίκους με κατάλληλη εκπαίδευση. Με τον τρόπο αυτό εκατοντάδες χωριά ευρισκόμενα σε περιοχές γειτνιάζουσες προς ποταμούς δύναται να χρησιμοποιήσουν τα υδροηλεκτρικά έργα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενεργείας.

2.2 Πλεονεκτήματα

Πιστεύεται ότι τώρα καμία άλλη μέθοδος δεν δύναται να παράγει ηλεκτρική ενέργεια με τόσο λίγα αρνητικά αποτελέσματα επί του περιβάλλοντος χώρου όσο η παραγωγή ενεργείας εκ των μΥΗΣ. Εν συγκρίσει με τις άλλες πηγές ενεργείας, η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενεργείας δια των μικρών υδροστροβίλων παρουσιάζει ενδιαφέροντα πλεονεκτήματα, <https://connectusfund.org>. Μερικά δε εκ τούτων, πλην των όσων και προηγουμένως επιγραμματικώς αναφέρθηκαν, είναι,

- Είναι μία εκ των πλέον φθηνών ανανεώσιμων πηγών ενεργείας. Ακόμη και στη περίπτωση πτώσεως των τιμών του ηλεκτρικού ρεύματος, η παραγωγή ηλεκτρισμού εκ των μικρών μεγέθους υδροηλεκτρικών έργων δεν καθίσταται απαγορευτική.
- Δεν βαραίνει τις επόμενες γενεές μ' ένα σύνολο κοινωνικών και οικονομικών προβλημάτων.
- Η επίδραση επί του περιβάλλοντος είναι ελαχίστη, εάν βεβαίως ληφθούν επαρκείς προς τούτο προφυλάξεις.
- Εξαιτίας του ταχυτάτου τρόπου αναλήψεως φορτίου και του μεγάλου λειτουργικού βεληνεκούς αυτών, η παραγομένη ενέργεια επιτρέπει εύκολη ένταξη και έλεγχο των φορτίων στο ηλεκτρικό δίκτυο.
- Είναι δυνατή η πιθανότητα αποθηκείσεως ενεργείας κατά την διάρκεια των εκτός ωρών αιχμής και τη χρήση αυτής κατά τις ώρας αιχμής.
- Είναι ευκόλως προσαρμόσιμα έργα τα οποία δύναται να χρησιμοποιηθούν και σε απόμακρες περιοχές.
- Είναι ευκόλως ρυθμιζόμενα προς τις τοπικές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Δεν απαιτείται μόνιμο προσωπικό για την λειτουργία των.
- Η πλήρης χρήση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου τα καθιστά έτι περαιτέρω οικονομικώς πρόσφορα.

- Η τυποποίηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού αλλά και των έργων Πολιτικού Μηχανικού διευκολύνει την παραγγελία και την εγκατάστασή των.
- Μεγάλος αριθμός αυτών δύναται να τοποθετηθεί πλησίον ενυπαρχόντων υδραυλικών κατασκευών όπως, υδρεύσεων, αρδεύσεων αλλά και μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων, γεγονός το οποίο διευκολύνει την παραγωγή και μεταφορά της ενεργείας λόγω γειτνιάσεως προς ενυπάρχοντα δίκτυα και υποδομές.
- Επιτρέπει αξιόπιστες τεχνικές ρυθμίσεις που επιτρέπουν εγκυρότητα υψηλής ποιότητας, εν συγκρίσει προς τις άλλες πηγές ενεργείας, όπως π.χ. η Αιολική παραγωγή ενεργείας, όπου εμφανίζονται απρόσμενες διακυμάνσεις.
- Η όλη εγκατάσταση των μικρών υδροστροβίλων έχει μεγάλο χρόνο ικανοποιητικής λειτουργίας. Το σχετικό φράγμα αλλά και τα έργα ελέγχου της ροής θα λειτουργούν ικανοποιητικώς επί μίαν εκατονταετία ή και περισσότερο.
- Χρήση πολλαπλών μονάδων δύναται να σχεδιασθεί για πρόσθετη παραγωγή ηλεκτρισμού με φθινό κόστος.
- Είναι συνήθως κύρια πηγή ενεργείας για τις απομακρυσμένες εκ του κέντρου περιοχές και αποτελούν την βάση για την περαιτέρω ανάπτυξη.
- Ο περιβάλλον χώρος, στη περίπτωση υπάρξεως μικρού ταμιευτήρα που τροφοδοτεί με ύδωρ την υδραυλική στροβιλομηχανή, δύναται να χρησιμοποιηθεί και ως χώρος αναψυχής.
- Αυτός καθαυτός ο ταμιευτήρας δύναται να χρησιμοποιηθεί ως ανάσχεση πλημμυρικού κύματος και ελέγχου της διαβρώσεως των εδαφών.

- Είναι δυνατή η συγκέντρωση και κατόπιν η απομάκρυνση διαφόρων αποβλήτων.
- Δύνανται να χρησιμοποιηθούν για άρδευση και αποστράγγιση.
- Τέλος, περιορίζεται η μεταφορά φερτών υλών κατάντη του ταμιευτήρα. Τούτο θα αποβεί αργότερο επ' ωφελεία της περιβαλλούσης χλωρίδας.

2.3 Μειονεκτήματα

Πλην των πλεονεκτημάτων υπάρχουν και μειονεκτήματα μερικά από τα οποία δίνονται παρακάτω,

- Η κατασκευή ενός μΥΗΣ απαιτεί μεγάλη σχετικώς διάρκεια συλλογής υδρολογικών και γεωλογικών στοιχείων. Η εκπόνηση ηλεκτρομηχανολογικών και οικονομοτεχνικών μελετών καταλαμβάνει μεγάλο τμήμα των όλων εξόδων του έργου.
- Απαιτείται ικανή χρηματοδότηση, διότι το κόστος κατασκευής τους είναι μεγάλο.
- Έχει παρατηρηθεί ότι οι μικροί υδροστρόβιλοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν αρνητικά το περιβάλλον οικοσύστημα αυτών π.χ. κίνηση ιχθύων αντιθέτως προς την ροή του ύδατος, μεταβολή μικροκλίματος κ.ά.
- Στη περίπτωση απομακρυσμένου σταθμού, το δίκτυο μεταφοράς ενεργείας δυνατό να ευρίσκεται μακράν του χώρου εγκαταστάσεως οπότε αυξάνονται τα κόστη συνδέσεως και μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Η νομοθεσία περί αδειοδοτήσεως,
 - α) της εγκαταστάσεως,
 - β) της λειτουργίας και

γ) της κοστολόγησεως της τιμής της παραγομένης kWh των μικρών υδροστροβίλων,

πολλάκις αποτελούν ανασχετικούς παράγοντες για την εκμετάλλευση της υπ' όψη υδραυλικής θέσεως.

3. Οι υδροστρόβιλοι

3.1 Εγκαταστάσεις μικρού μέσου και μεγάλου ύψους πτώσεως

Οι υδροστρόβιλοι αποτελούν τους πλέον συγχρόνους και βελτιωμένους τύπους υδραυλικών μηχανών με τους οποίους επιτυγχάνεται η μετατροπή της δυναμικής και κινητικής ενεργείας του ρέοντος ύδατος σε μηχανική ενέργεια διά της ροπής στρέψεως, (Νικολάου, 1971 μ.Χ., Μαθήματα υδροδυναμικών έργων, Τεύχος Β). Κύριο και κοινό χαρακτηριστικό όλων των υδροστροβίλων αποτελεί το κινούμενο τμήμα επί του οποίου εδράζεται η σειρά των πτερυγίων ή πτερύγωση, ο ονομαζόμενος δρομέας. Το σύστημα προσαγωγής και απαγωγής του ύδατος παρουσιάζει διαφορές στους διαφόρους τύπους υδροστροβίλων. Κοινό όμως χαρακτηριστικό αυτών αποτελεί η ύπαρξη ενός μηχανισμού αυτομάτου ρυθμίσεως της ροής του ύδατος προς τον υδροστρόβιλο. Η κατηγοριοποίηση των υδροστροβίλων γίνεται, (Σούλης, 1995 μ.Χ., "Υδραυλικάί στροβιλομηχαναί Τόμος Α! Υδροστρόβιλοι") ως,

- αναλόγως του εάν αλλάζει η πίεση του ύδατος εντός της σειράς των πτερυγίων ή όχι και
- αναλόγως προς την ειδική ταχύτητα ή άλλως πως ονομαζόμενο τον ειδικό

αριθμό στροφών $n_s = \frac{N I^{1/2}}{H_n^{5/4}}$ όπου N (rev/min) η περιστροφική του

δρομέως ταχύτητα, I (kW) η ισχύς και H_n (m) το καθαρό φορτίο που χρησιμοποιεί ο υδροστρόβιλος.

Η λειτουργία των υδροστροβίλων επιτυγχάνεται διαμέσου δύο θεμελιωδώς διαφορετικών μηχανισμών ροής. Συμφώνως προς τον πρώτο, η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται εξολοκλήρου σε κινητική εντός αγωγού που εκτοξεύει δέσμη ύδατος με υψηλή ταχύτητα επί της επιφανείας των πτερυγίων που βρίσκονται στην περιφέρεια του δρομέως. Οι υδροστροβίλοι οι λειτουργούντες με αυτό τον μηχανισμό ονομάζονται υδροστρόβιλοι δράσεως. Στον δεύτερο μηχανισμό, η στατική πίεση του ύδατος ενεργεί απ' ευθείας επί της επιφανείας των πτερυγίων και είναι διαρκώς μεταβαλλόμενη διά μέσω των πτερυγίων του δρομέως και ονομάζονται υδροστρόβιλοι αντιδράσεως.

Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας και της αναπτύξεως των μονάδων υδροστροβίλων αφορά μεγάλες μονάδες παραγωγής ενεργείας. Η ανάπτυξη των μικρών υδροστροβίλων δεν υποβοηθήθηκε όπως αυτό θα ήτο εν πολλοίς αναμενόμενο, εκ της προόδου των μεγάλων υδροστροβιλικών μονάδων, (Fritz, 1984 μ.Χ., "Small and mini hydropower stations"). Σαν αποτέλεσμα, η βελτίωση της λειτουργίας των μικρών υδροστροβίλων υστέρησε, (Σούλης, 1984 μ.Χ., "Μικρά Υδροδυναμικά Έργα"). Τούτο έγινε για καθαρά οικονομικούς λόγους. Το μικρό των μέγεθος κάνει τις μονάδες αυτές ολιγότερο οικονομικώς πρόσφορες. Πάρα ταύτα, η ανάγκη παραγωγής ενεργείας και συνεπακολούθως η αύξηση της τιμής της kWh διεθνώς οδήγησε την αγορά σε άνθηση. Οι πρόοδοι στον αυτόματο έλεγχο και της τεχνολογίας των μικροεπεξεργαστών οδήγησαν στην πλήρη αυτοματοποίηση της λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Οι μεταβολές, ύψους, φορτίου και άλλων παραμέτρων λειτουργίας δύνανται πλέον να καταγράφονται μέσω των αισθητήρων και επομένως να ελέγχεται η όλη λειτουργία του μικρού υδροστροβίλου ώστε η απόδοση του να είναι η βέλτιστη δυνατή με τις κρατούσες καταστάσεις.

3.1.1 Εγκαταστάσεις μικρού ύψους πτώσεως

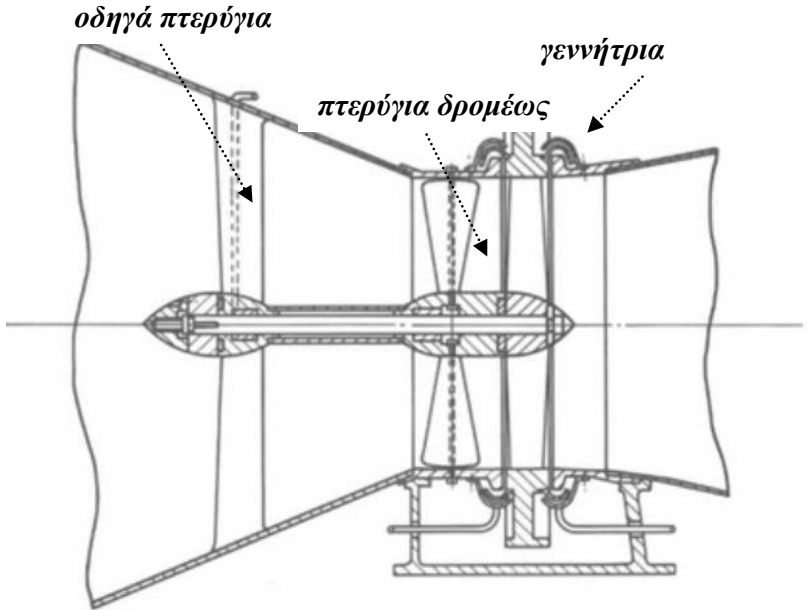
Για τις εγκαταστάσεις μικρού ύψους πτώσεως $H < 2.0$ έως 20.0 m χρησιμοποιούνται κυρίως υδροστρόβιλοι αξονικής ροής που ομοιάζουν με την περωτή πλοίου. Ο άξονας περιστροφής είναι οριζοντίως τοποθετημένος. Οι πλέον γνωστές ομάδες υδροστροβίλων αξονικής ροής είναι:

Υδροστρόβιλος straight-flow. Κατά τον σχηματισμό τούτον το ύδωρ ρέει διά του δρομέως ο οποίος είναι διευθετημένος εντός ευθέως αγωγού Σχήμα 3.1. Η γεννήτρια του υδροστροβίλου είναι τοποθετημένη επί της περιφέρειας του δρομέως. Δεν απαιτείται άξονας μεταφοράς ενεργείας, αλλά η γεννήτρια πρέπει να είναι μονωμένη από τον χώρο ροής.

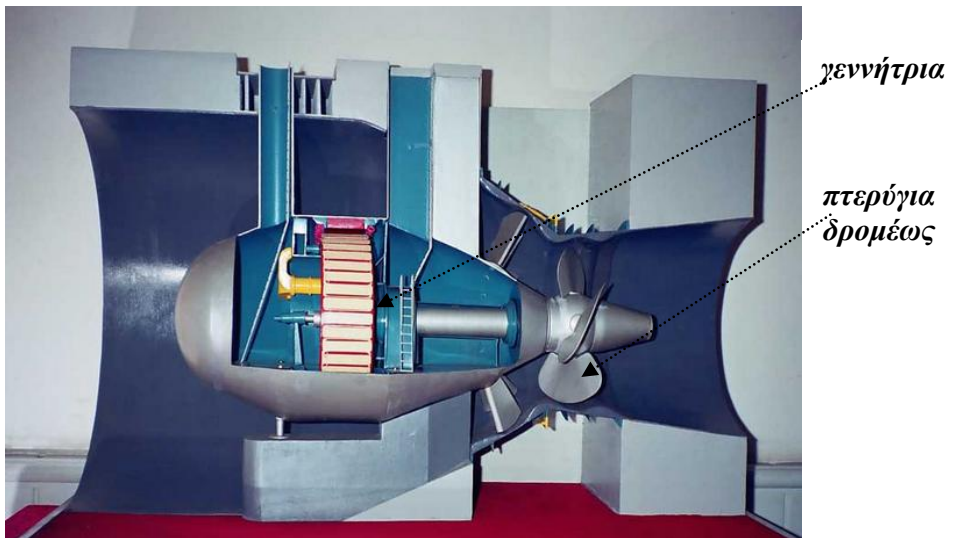
Υδροστρόβιλος bulb. Η γεννήτρια είναι τοποθετημένη στο εμπρόσθιο τμήματος του δρομέως και περικλείεται εντός μεταλλικού κελύφους τύπου βολβού, Σχήμα 3.2. Ο όλος μηχανισμός είναι τοποθετημένος εντός του χώρου ροής. Με την κατασκευή αυτή επιλύονται τα προβλήματα στεγανοποιήσεως.

Υδροστρόβιλος tube. Η γεννήτρια είναι τοποθετημένη οριζοντίως και επί του άξονα του δρομέως του υδροστροβίλου. Η στεγανοποίηση είναι απλούστερα κατά πολύ της του υδροστροβίλου του straight-flow, Σχήμα 3.3.

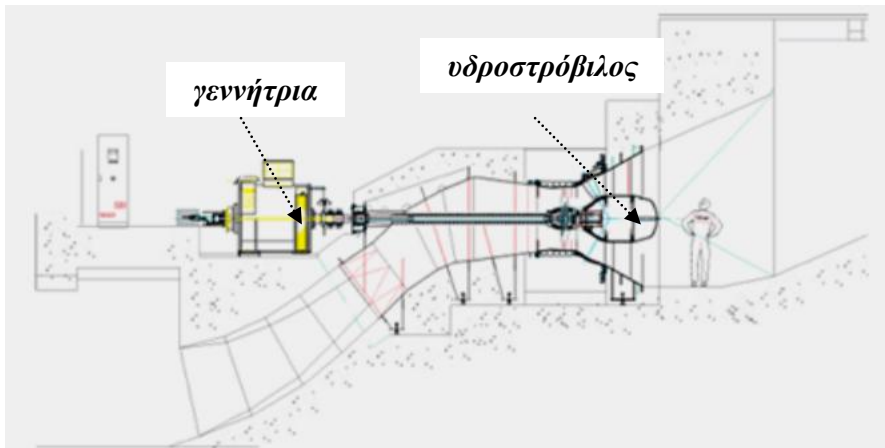
Κοχλιωτοί υδροστρόβιλοι Αρχιμήδους. Η έλικα του Αρχιμήδους χρησιμοποιείται υπό κλίση και η μηχανή εδράζεται σε ελεύθερο κατά το άνω ήμισυ κύλινδρο. Η μηχανή χρησιμοποιείται για πολύ μικρά ύψη πτώσεως, Σχήμα 3.4.



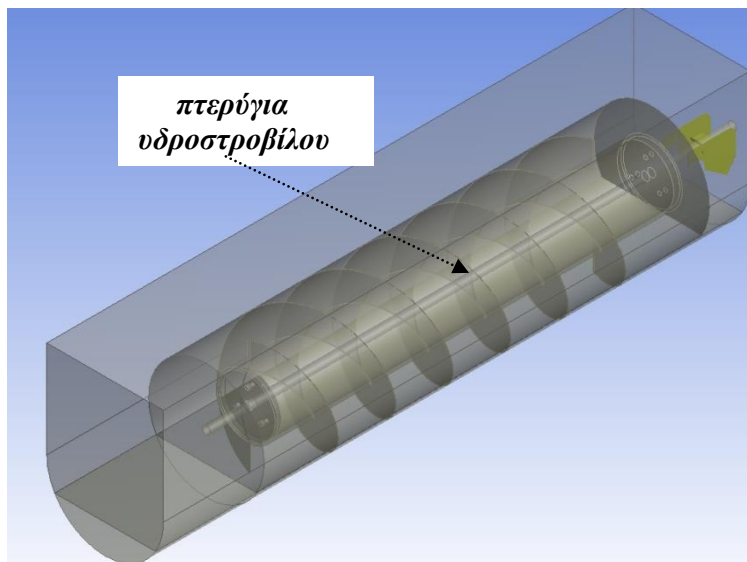
Σχήμα 3.1 Υδροστρόβιλος *straight-flow* σε σχηματισμό *bulb*. Χαμηλό ύψος πτώσεως $H < 2.0$ έως 20.0 m.



Σχήμα 3.2 Υδροστρόβιλος *Karlan* σε σχηματισμό *bulb*. Η γεννήτρια μέσα στον χώρο ροής. Χαμηλό ύψος πτώσεως $H < 2.0$ έως 20.0 m.



Σχήμα 3.3 Υδροστρόβιλος Kaplan σε σχηματισμό tube. Η γεννήτρια εκτός του χώρου ροής. Χαμηλό ύψος πτώσεως $H < 2.0$ έως 20.0 m.



Σχήμα 3.4 Πτερύγια υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους. Πολύ χαμηλό ύψος πτώσεως $H < 10.0$ m. ("Σούλης, κ.ά. 2016 μ.Χ, Υπολογιστική ανάλυση Αρχιμήδειου υδροστροβίλου").

Σχετικά με τον επί μέρους σχεδιασμό των, οι αξονικής ροής υδροστροβίλοι είναι προσαρμόσιμοι ως προς την παροχή του ύδατος ή ως προς τις ανάγκες του φορτίου του συστήματος που εξυπηρετεί. Διακρίνονται τα κάτωθι είδη:

Αξονικής ροής υδροστροβίλους με σταθερά τα οδηγά αλλά και τα πτερύγια του δρομέως. Οι γωνίες των ανωτέρω πτερυγίων καθορίζονται για την προς εκμετάλλευση παροχή του υδατορρέυματος. Σε μικρά φορτία, η απόδοση λειτουργίας είναι μη-ικανοποιητική και ο τύπος αυτός του υδροστροβίλου ανταποκρίνεται για υδροηλεκτρικές μονάδες εφοδιασμένες με μικρό ταμιευτήρα ή για την περίπτωση που υπάρχουν πλέον του ενός υδροστροβίλοι ή τέλος για την περίπτωση που ναι μεν δεν υπάρχει ταμιευτήρας αλλ' όμως η ροή προς τον υδροστροβίλο δύναται να ελεγχθεί αρκούντως ικανοποιητικώς στον ανάντη του υδροστροβίλου χώρο.

Αξονικής ροής υδροστροβίλους με μεταβαλλόμενα τα οδηγά αλλά σταθερά τα πτερύγια του δρομέως. Η λαμβανομένη ισχύς δύναται να ελεγχθεί σε περιορισμένη κλίμακα ως συνάρτηση του ύψους του ύδατος ή του φορτίου του συστήματος. Ο σχεδιασμός αυτός προσφέρει υψηλή απόδοση σε ορισμένα σημεία λειτουργίας του διαγράμματος φορτίου-παροχής.

Αξονικής ροής υδροστροβίλους με σταθερά τα οδηγά αλλά μεταβαλλόμενα τα πτερύγια του δρομέως, τύπου Kaplan. Ο σχηματισμός ούτος είναι παρόμοιος της λειτουργίας της ανωτέρω περιπτώσεως.

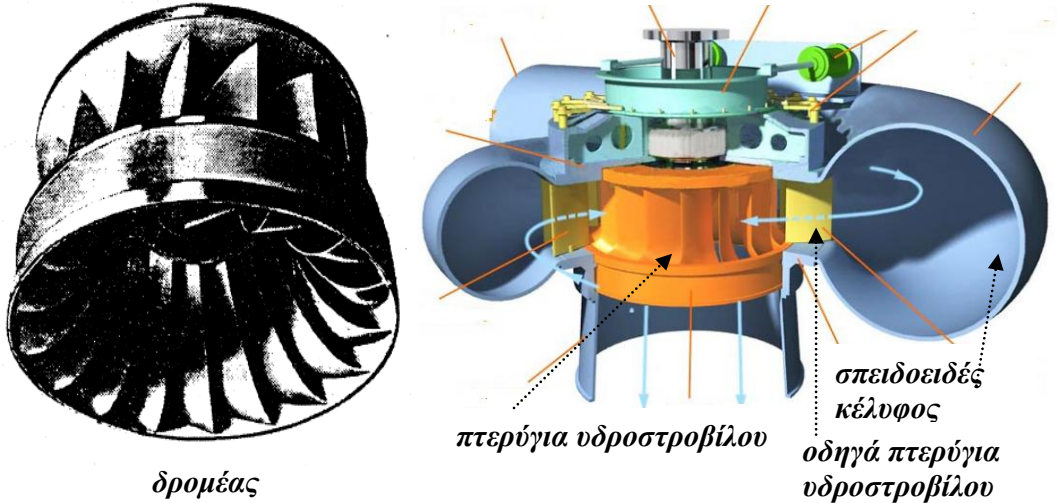
Αξονικής ροής υδροστροβίλους με μεταβαλλόμενα τα οδηγά αλλά και τα πτερύγια του δρομέως τύπου Kaplan. Οι γωνίες των πτερυγίων προσαρμόζονται

προς τις ιδιαίτερες απαιτήσεις για παροχή και φορτίο. Δυνατό να ληφθεί υψηλή απόδοση λειτουργίας σε μεγάλη κλίμακα λειτουργίας.

Ο κοχλιωτός υδροστρόβιλος του Αρχιμήδους. Ο υδροστρόβιλος αυτός μετατρέπει την ενέργεια του ρέοντος ύδατος σε μηχανική ενέργεια, υπό συνθήκες συνεχούς ροής και σταθερής περιστροφικής κινήσεως, με την βοήθεια των περιστρεφόμενων κοχλιωτών δρομέων. Είναι εφαρμόσιμος σε υδατορρεύματα πολύ χαμηλού ύψους πτώσεως αλλά με σχετικά ικανοποιητική παροχή. Οι μηχανές αυτές είναι κεκλιμένου άξονα.

3.1.2 Εγκαταστάσεις μέσου ύψους πτώσεως

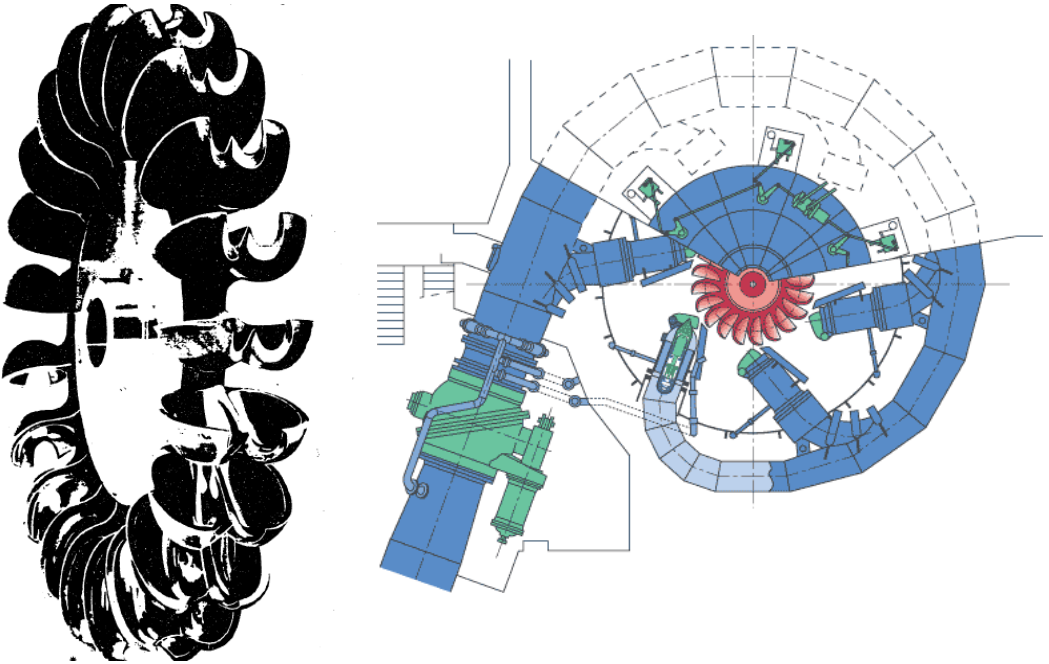
Οι υδροστρόβιλοι μικτής ροής, τύπου Francis είναι οι πλέον ενδεδειγμένοι για τις εγκαταστάσεις μέσου ύψους πτώσεως $H < 20.0$ έως 150.0 m. Ο άξονας περιστροφής είναι δυνατό να είναι είτε οριζόντιος είτε κατακόρυφος. Τα οδηγία πτερύγια είναι μεταβαλλόμενα και έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη κλίμακα λειτουργίας με σχετικώς υψηλούς βαθμούς αποδόσεως λειτουργίας. Επειδή όμως η αναπτυσσομένη περιστροφική ταχύτητα του δρομέως είναι δυνατό να είναι μικρή απαιτείται, ως επί το πλείστον, αύξηση της τιμής αυτής. Χαρακτηριστικός τύπος δρομέως υδροστροβίλου τύπου Francis φαίνεται σε το Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5 Δρομέας υδροστροβίλου μικτής ροής Francis, (Massey, 1970 μ.Χ., *Mechanics of fluids*). Μέσο ύψος πτώσεως, $H < 20.0$ έως 150.0 m. <https://lomritob.com>

3.1.3 Εγκαταστάσεις μεγάλου ύψους πτώσεως

Οι εγκαταστάσεις αυτές συνήθως είναι εφοδιασμένες με ταμιευτήρα και το ύψος πτώσεως $H > 150.0$ m. Στην συντριπτική αυτών πλειοψηφία είναι τύπου Pelton, Σχήμα 3.6, και δύνανται ευκόλως να αναλάβουν τα μέγιστα των εμφανιζομένων φορτίων.



Σχήμα 3.6 Δρομέας και υδροστρόβιλος Pelton, (Massey 1970 μ.Χ., *Mechanics of fluids*). Υψηλό ύψος πτώσεως $H > 150.0$ m. www.tridentes.com

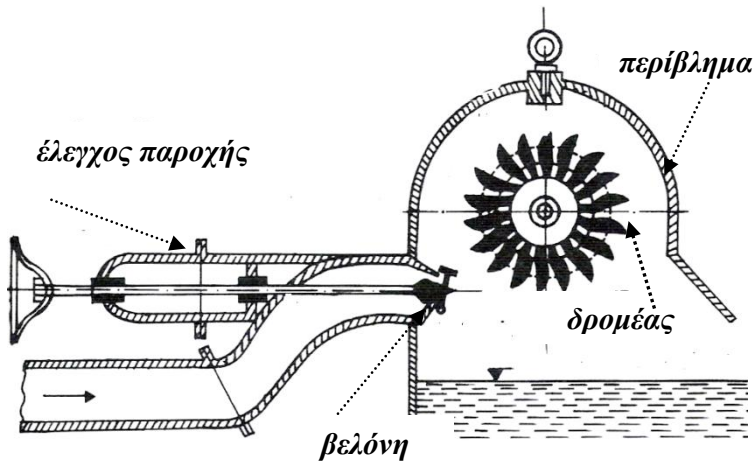
3.2 Αναλυτική περιγραφή υδροστροβίλων δράσεως και αντιδράσεως

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του παρόντος συγγράμματος, το κύριο και κοινό χαρακτηριστικό όλων των υδροστροβίλων είναι το κινούμενο τμήμα τους το εφοδιασμένο με σειρές πτερυγίων ή πτερύγωση, δηλαδή ο δρομέας. Ο αριθμός των πτερυγίων του δρομέως εξαρτάται εκ του είδους του υδροστροβίλου καθώς και από το μέγεθος αυτού. Το σύστημα προσαγωγής και απαγωγής του ύδατος δεν είναι το ίδιο για όλους τους τύπους των υδροστροβίλων. Ωστόσο παρουσιάζει κάποια κοινά χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Η ύπαρξη μηχανισμού ελέγχου της παροχής βοηθά στον έλεγχο της ποσότητας που εισέρχεται προς τον δρομέα. Ο

μηχανισμός αυτός διαφέρει ως προς τον τρόπο λειτουργίας του κάθε είδους υδροστροβίλου.

3.2.1 Υδροστρόβιλοι δράσεως

Οι υδροστρόβιλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής και σε κάθε μίαν χρονική στιγμή ένα μόνο τμήμα του δρομέως συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή, (Σούλης, 1995 μ.Χ., "Υδραυλικά στροβιλομηχαναί Τόμος Α! Υδροστρόβιλοι"). Ο δρομέας ευρίσκεται πάντοτε υπό ατμοσφαιρική πίεση και περιβάλλεται από το κέλυφος, το οποίο συμβάλλει απλώς στην ελαχιστοποίηση της διασποράς του ύδατος στον γύρο χώρο, Σχήμα 3.7. Υπάρχουν πολλοί τύποι υδροστροβίλων δράσεως. Ωστόσο έχει επικρατήσει η χρησιμοποίηση του υδροστροβίλου Pelton, ο οποίος κατασκευάζεται για πολύ μικρές τιμές ισχύος, της τάξεως μερικών kW έως πολύ μεγάλες της τάξεως $100.0 MW$. Οι υδροστρόβιλοι τύπου Cross-Flow ή Banki-Michell έχουν σχεδόν μηδενικό βαθμό αντιδράσεως και κατασκευάζονται για τιμές ισχύος, μικρότερες των $2.0 MW$ και σχετικώς μικρές ύψους πτώσεως, $H < 100.0 m$. Οι Pelton, είναι υδροστρόβιλοι δράσεως των οποίων το τμήμα εισόδου αποτελείται από ένα η περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας, σκοπός των οποίων είναι η μετατροπή της στατικής πίεσεως σε κινητική ενέργεια, καθώς καθένα εξ αυτών σχηματίζει δέσμη ύδατος κυκλικής διατομής. Κάθε προσπίπτουσα δέσμη επί του δρομέως τον ωθεί προς περιστροφή η οποία δημιουργεί την κινητήριου ροπή στρέψεως. Ο δρομέας είναι τοποθετημένος υπεράνω της ελεύθερης στάθμης του κάτω ταμιευτήρα και συνεπώς η δέσμη του ύδατος μετά την πρόσπτωσή της επί της επιφανείας του δρομέως πίπτει με την δύναμη της βαρύτητας στην ελεύθερη επιφάνεια της διώρυγας φυγής. Η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνας, η οποία μετακινείται κατά μήκος του άξονα του ακροφυσίου.



Σχήμα 3.7 Υδροστρόβιλος δράσεως τύπου Pelton.

Μηχανισμός ελέγχου παροχής επί τούτου μεγεθυνθείς.

Με την μετακίνηση της βελόνης μεταβάλλεται η διατομή της παροχής και η διάμετρος της δέσμης και επομένως η παροχή. Η διατήρηση συμπαγούς εκροής ύδατος είναι σημαντικός παράγοντας για την λειτουργία του υδροστροβίλου. Στην περίπτωση όπου υπάρχει ταχεία απόρριψη του φορτίου, γίνεται εκτροπή της δέσμης μέσω εμποδίου που ευρίσκεται αμέσως μετά τη διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Έτσι, η δέσμη ύδατος δεν προσπίπτει πλέον στον δρομέα και επομένως η παροχή μειώνεται με ελεγχόμενο ρυθμό ώστε η πίεση, λόγω του φαινομένου του υδραυλικού πλήγματος, να μην υπερβαίνει τις επιτρεπόμενες τιμές, Σχήμα 3.7. Ο άξονας του δρομέως είναι δυνατό να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος, όμως προτιμάται η κατακόρυφη διάταξη ώστε όλα τα ακροφύσια να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Η διάμετρος του δρομέως είναι της τάξεως του $12 D$ μέχρι $18 D$, όπου D είναι η διάμετρος της δέσμης του ύδατος και εξαρτάται από το πλήθος και την διάταξη των σκαφιδίων. Το πλήθος αυτών κυμαίνεται μεταξύ 20 και 22.

3.2.2 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως

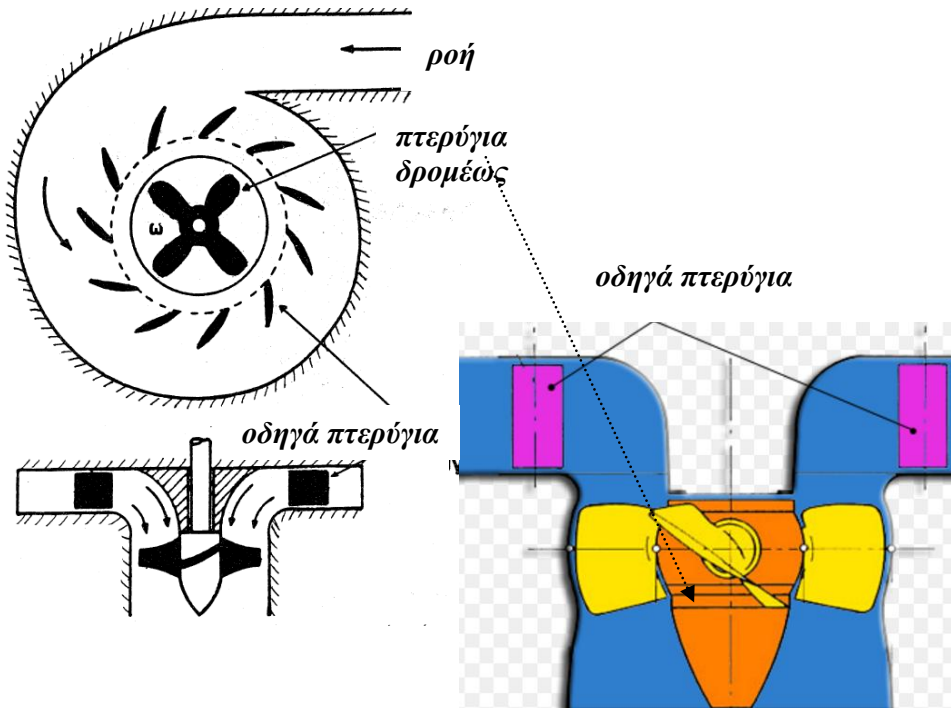
Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως λειτουργούν με τελείως διαφορετικό μηχανισμό. Δηλαδή, η ροή του ύδατος από την ανάντη δεξαμενή τροφοδοσίας έως τον κατάντη αγωγό του συστήματος του υδροστροβίλου ή την διάρυγα φυγής, λαμβάνει χώρα υπό πίεση εντός συστήματος κλειστών αγωγών, Σχήματα 3.8 και 3.9. (Σούλης, 1995 μ.Χ., "Υδραυλικαί στροβιλομηχαναί Τόμος Α! Υδροστρόβιλοι"). Καθώς το φορτίο ύδατος εισέρχεται στο σύστημα, μόνο ένα μέρος αυτού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια ενώ το μεγαλύτερο μέρος αυτού παραμένει υπό μορφή πιεζομετρικού φορτίου το οποίο συνεχώς μειώνεται κατά τη διέλευση του ύδατος από τον δρομέα. Τα κύρια μέρη ενός υδροστροβίλου αντιδράσεως είναι το τμήμα εισόδου του ύδατος, ο δρομέας και το τμήμα εξόδου του ύδατος. Το πρώτο τμήμα, το οποίο συνδέεται με τον αγωγό προσαγωγής, περιλαμβάνει ένα σπειροειδές κέλυφος μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η διανομή του ύδατος στον δρομέα διαμέσου οδηγών πτερυγίων αρχικά και ρυθμιστικών πτερυγίων αργότερα. Το σπειροειδές κέλυφος έχει συνήθως κυκλική εγκάρσια διατομή. Για εγκαταστάσεις μέσου και μεγάλου ύψους πτώσεως κατασκευάζεται από χάλυβα και ενσωματώνεται στην σκυρόδετη υποδομή του σταθμού. Η διατομή του μειώνεται κατά μήκος της ροής έτσι ώστε η ταχύτητα του ύδατος να διατηρείται όσο το δυνατό σταθερή. Για εγκαταστάσεις μικρού ύψους πτώσεως το σπειροειδές κέλυφος έχει ορθογωνική διατομή και κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για λόγους ενισχύσεως της μηχανικής αντοχής και στιβαρότητας του κελύφους στο τμήμα όπου τροφοδοτείται ο δρομέας διατάσσεται περιμετρικά στεφάνη σταθερών οδηγητικών πτερυγίων. Σκοπός τους είναι η ομοιόμορφη διανομή του ύδατος προς τον δρομέα. Από το σπειροειδές κέλυφος το νερό διοχετεύεται ανάμεσα στα ρυθμιστικά πτερύγια τα οποία διατάσσονται περιμετρικά του δρομέως και έχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης και ομοιόμορφης περιστροφής

μέσω εξωτερικού μηχανισμού. Σκοπός των ρυθμιστικών πτερυγίων είναι η ρύθμιση της παροχής του ύδατος αναλόγως με την απαιτούμενη ισχύ και με καθορισμένο αριθμό στροφών. Με την περιστροφή των ρυθμιστικών πτερυγίων, εκτός από την μεταβολή της απόλυτης κλίσης, επιτυγχάνεται και η μεταβολή του διάκενου ανάμεσα στα πτερύγια, με αποτέλεσμα την μεταβολή της παροχής και επομένως της ισχύος εξόδου του υδροστροβίλου. Η στεφάνη δηλαδή των ρυθμιστικών πτερυγίων αποτελεί το όργανο ρύθμισης του σημείου λειτουργίας του υδροστροβίλου. Όταν τα πτερύγια εφάπτονται μεταξύ τους, η διατομή διελεύσεως του ύδατος μηδενίζεται και επιτυγχάνεται η παύση λειτουργίας της μονάδας. Το πλήθος των ρυθμιστικών πτερυγίων είναι πάντοτε ζυγό για να επιτυγχάνεται συμμετρία στη στεφάνη και στον μηχανισμό περιστροφής των πτερυγίων. Η ρυθμιστική στεφάνη μετακινείται μέσω υδραυλικού μηχανισμού. Ο μηχανισμός αυτός ενεργοποιείται αυτόματα από τον ρυθμιστή ταχύτητας όταν το φορτίο του υδροστροβίλου μεταβάλλεται ανάλογα με τη ζήτηση ηλεκτρικού φορτίου στο δίκτυο. Ο δρομέας αποτελεί το κύριο τμήμα του υδροστροβίλου. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού είναι η ύπαρξη κατάλληλα διαμορφωμένων πτερυγίων ομοιόμορφα κατανεμημένων περί τον άξονά του. Ανάλογα με τη μορφή του δρομέως και την τροχιά που ακολουθεί το νερό κατά τη διέλευση του δια μέσου αυτού, οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως διακρίνονται στις εξής κατηγορίες,

- Υδροστρόβιλοι αξονικής ροής με σταθερά πτερύγια τύπου έλικα και με ρυθμιζόμενα πτερύγια τύπου Kaplan, Σχήμα 3.8.
- Υδροστρόβιλοι μικτής ροής τύπου Francis, Σχήμα 3.9.

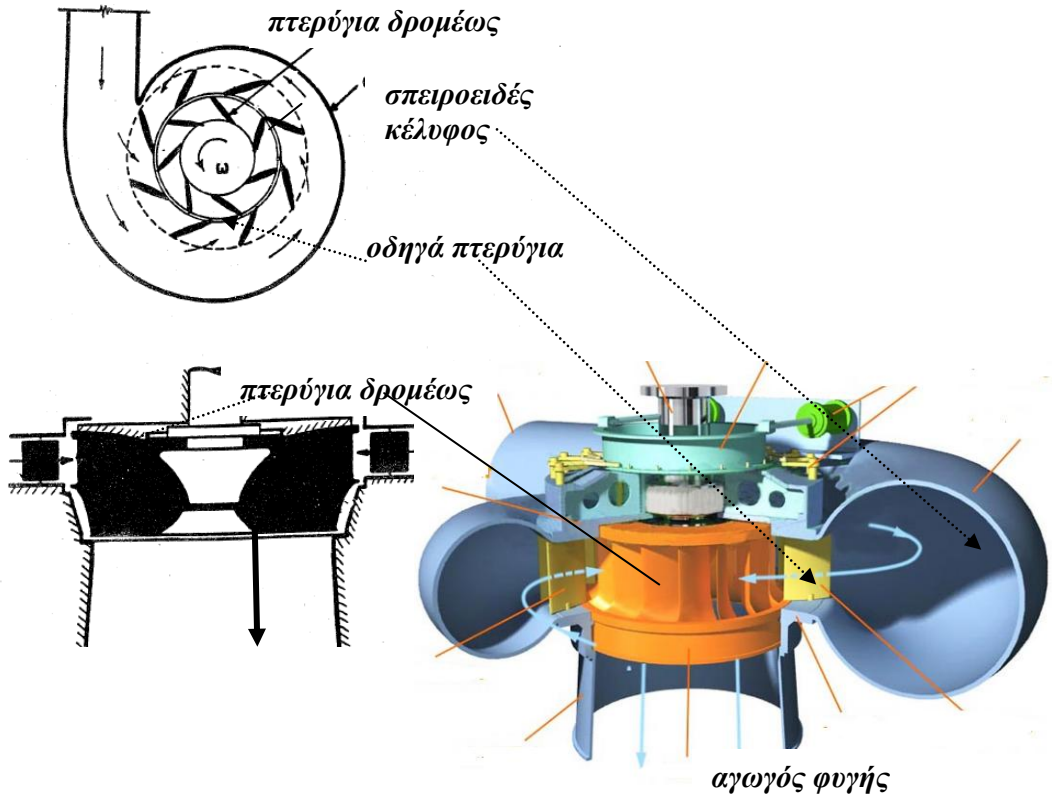
Kaplan. Αρκετά ψηλά στην προτίμηση των κατασκευαστών βρίσκεται ο υδροστρόβιλος τύπου Kaplan. Είναι αξονικής ροής και χρησιμοποιείται συνήθως

σε μικρές υδατοπτώσεις. Ο δρομέας φέρει μικρό αριθμό πτερυγίων, τα οποία προσαρμόζονται στο σώμα του δρομέως με το ένα άκρο. Ο δρομέας περιστρέφεται εντός κυλινδρικού χώρου με πολύ μικρό διάκενο ανάμεσα στα τοιχώματα και τα πτερύγια. Η ροή του ύδατος δια μέσου του χώρου μεταξύ του κύριου σώματος του δρομέως και του περιβλήματός του είναι αξονική και η σχετική ταχύτητα ροής ως προς τα πτερύγια είναι μεγάλη. Τα πτερύγια του δρομέως είναι πάντοτε ρυθμιζόμενα, ενώ τα ρυθμιστικά πτερύγια μπορούν να είναι και σταθερά. Κατασκευάζονται μεμονωμένα και συνδέονται με την πλήμνη. Το τμήμα εξόδου του υδροστροβίλου περιλαμβάνει τον αγωγό εξόδου ο οποίος παρουσιάζει βαθμιαία αύξηση της διατομής του μέχρι το στόμιο εξόδου στον αγωγό φυγής με σκοπό την μείωση της ταχύτητος εξόδου και συνεπώς την αύξηση του βαθμού απόδοσης του υδροστροβίλου. Η διατομή του αγωγού εξόδου στην αρχή είναι κυκλική και στη συνέχεια μεταβάλλεται ομοιόμορφα σε ορθογωνική στην έξοδο του αγωγού. Η οροφή του αγωγού εξόδου στη θέση εκβολής του στον αγωγό φυγής τοποθετείται πάντοτε χαμηλότερα από την ελάχιστη στάθμη του αγωγού φυγής, έτσι ώστε κατά την λειτουργία του υδροστροβίλου όλα τα τμήματα του να είναι πλήρη.



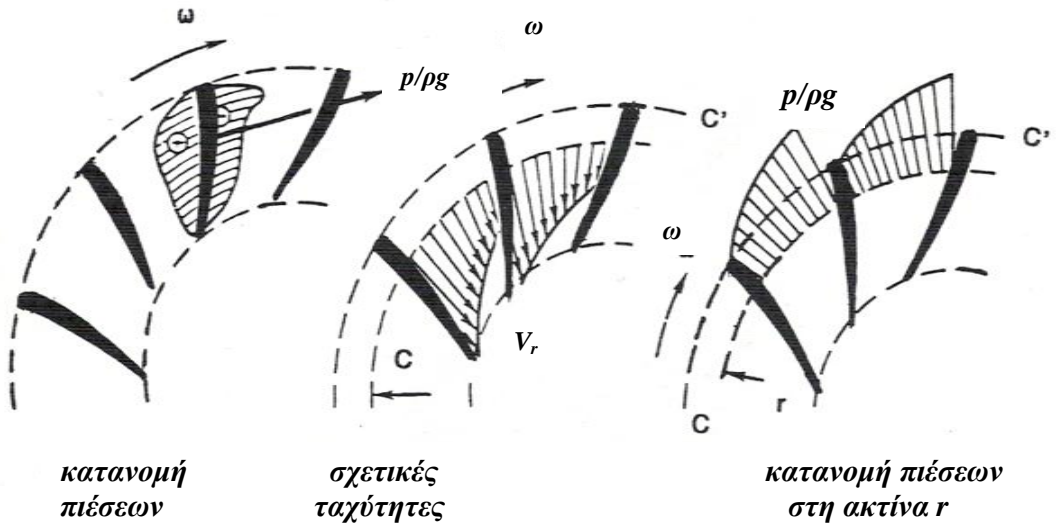
Σχήμα 3.8 Υδροστρόβιλος αντιδράσεως τύπου Kaplan. <https://www.helciel.com>

Francis. Ο τύπος υδροστροβίλου αντιδράσεως που έχει επικρατήσει είναι ο τύπος Francis, Σχήμα 3.9. Είναι ακτινικής ροής με ρυθμιζόμενα καθοδηγητικά πτερύγια και περιλαμβάνει δρομέα με σταθερά πτερύγια. Ο δρομέας κατασκευάζεται είτε εξ αρχής ολόσωμος είτε κατά τμήματα τα οποία συναρμολογούνται. Το πλήθος των πτερυγίων είναι περιττό, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος συντονισμού λόγω του αναγκαστικά άρτιου αριθμού των ρυθμιστικών πτερυγίων.



Σχήμα 3.9 Υδροστρόβιλος αντιδράσεως τύπου Francis. <https://lomritob.com>

Η κατανομή των στατικών πιέσεων και σχετικών ταχυτήτων ροής γύρω από υδροστρόβιλο ακτινικής ροής δείχνεται στο Σχήμα 3.10.



Σχήμα 3.10 Κατανομή πιέσεων $p/\rho g$ και σχετικών ταχυτήτων V_r ροής γύρω από υδροστρόβιλο ακτινικής ροής.

3. 3 Κοχλιωτός υδροστρόβιλος Αρχιμήδους

Ο κοχλιωτός υδροστρόβιλος του Αρχιμήδους είναι εφαρμόσιμος σε υδατορεύματα με πολύ χαμηλό ύψος πτώσεως H από 1.0 έως 10.0 m αλλά με σχετικά ικανοποιητική παροχή Q από 0.1 έως 10.0 m^3/s . Βέβαια, η παραγομένη ισχύς δεν μπορεί, υπό τις ανωτέρω μέγιστες συνθήκες ροής, να υπερβεί τα 0.5 MW . Οι μηχανές αυτές είναι κεκλιμένου άξονα από 22.0° έως 36.0° και φέρουν κοχλιωτές πτερυγίσεις. Παρουσιάζονται πλεονεκτήματα όπως χαμηλά έξοδα έργων Πολιτικού Μηχανικού, χαμηλό κόστος κεφαλαίου, μακρά περίοδος ενεργούς ισχύος και μεγάλη απόδοση λειτουργίας. Ακόμη και με 30.0 % μικρότερη παροχή της παροχής σχεδιασμού η απόδοση η δεν πέφτει κάτω του 74.0 %. Επιπλέον, η συντήρηση είναι απλή, υπάρχει εύκολη πρόσβαση στην μηχανή, δεν χρειάζονται σχάρες συλλογής ακαθάρτων και αυξάνεται η οξυγόνωση και η ποιότητα του

ύδατος. Στα μειονεκτήματα καταγράφονται, η σχετικά μεγάλη παροχή ύδατος για λειτουργία, η μεταβολή του ετήσιου υδραυλικού φορτίου που επιφέρει μείωση της παραγομένης ισχύος και η χαμηλή περιστροφική ταχύτητα που απαιτεί πολλαπλασιαστική περιστροφικής ταχύτητας.

3.3.1 Περιγραφή εγκατάστασες υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους

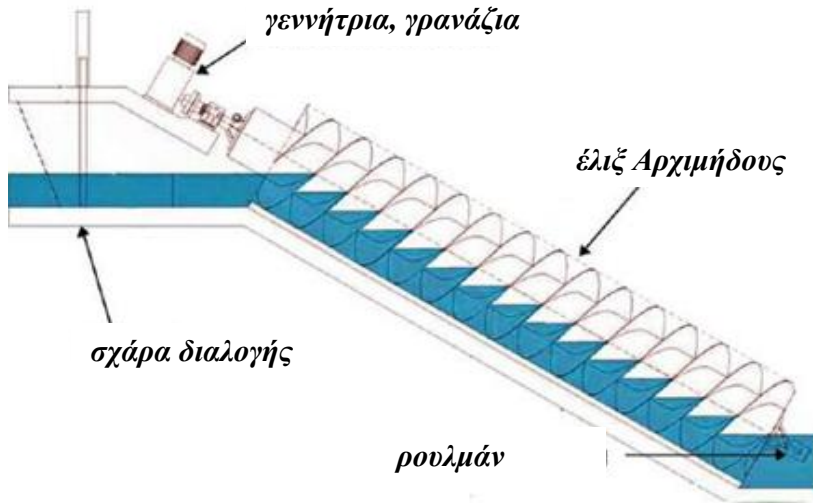
Ο υδροστροβίλος του Αρχιμήδη είναι τύπου δράσεως. Τυπική εγκατάσταση δείχνεται στα Σχήματα 3.11 και 3.12. Λαμβάνεται ειδική μνεία για δίοδο ψαριών προς τα ανάντη.



Σχήμα 3.11 Τυπική εγκατάσταση υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους.

<https://www.youtube.com/watch?v=1Nm0aaCZ4iY>

Η έλικα του υδροστροβίλου περιστρέφεται εντός ημι-κυλινδρικού χώρου ο οποίος εδράζεται σε στέρεα μέρη. Το άνω και κάτω μέρος του άξονος περιστροφής περικλείονται εντός ρουλμάν τα οποία εδράζονται στην όλη κατασκευή.



Σχήμα 3.12 Περιγραφή τυπικής διατάξεως υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους.

<https://www.engineering.com/Education/EducationArticles/ArticleID/6532/Eureka-Moment-for-North-American-Hydro-Generation.aspx>

3.3.2 Ισχύς, απόδοση λειτουργίας και χρόνος αποσβέσεως κεφαλαίου

Τα βασικά δεδομένα που απαιτούνται για τον καθορισμό της ισχύος της υπό εκμετάλλευση θέσεως είναι, η παροχή του ρέοντος ύδατος και το διαθέσιμο υδραυλικό φορτίο. Είναι αναγκαίο να είναι γνωστές οι κλίμακες των μεγίστων και ελαχίστων παροχών του παρακειμένου υδατορρέυματος. Πιο αναλυτικά, οι παράγοντες βάσει των οποίων επιλέγεται η θέση εγκατάστασης είναι οι ακόλουθοι:

Παροχή του ποταμού. είναι αναγκαίο να υπάρχει πλήρης μελέτη παροχής του ποταμού. Οι εποχιακές διακυμάνσεις είναι ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει οπωσδήποτε να ληφθεί υπόψη. Μία πρώτη εκτίμηση του ενεργειακού δυναμικού

της προς εκμετάλλευση θέσεως θα ήταν να χρησιμοποιηθεί η μέση παροχή του υδατορρέυματος, όπως αυτή προκύπτει από υπάρχουσες μετρήσεις, εάν βεβαίως υπάρχουν τέτοιες μετρήσεις. Στη περίπτωση αυτή η εκτίμηση του δυναμικού θα ήταν μικρότερη του πραγματικώς δυναμένου να παραχθεί. Τούτο δε διότι το μέγεθος της υδροστροβλικής μονάδος συνήθως υπολογίζεται για παροχές μεγαλύτερων των τιμών της μέσης παροχής. Για να υπολογισθεί η διαθέσιμη προς εκμετάλλευση παροχή, υδραυλικής θέσεως, υπάρχουν 3 τρόποι,

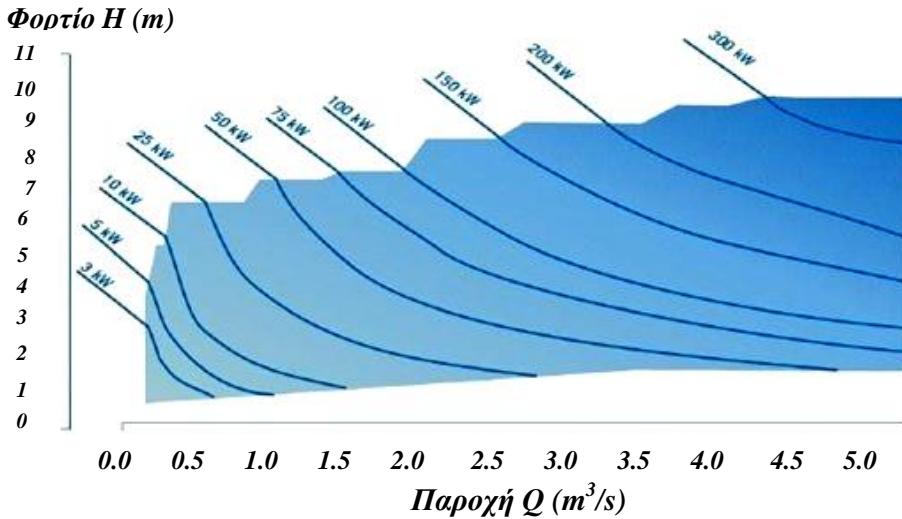
- α) μέσω της μετρηθείσης καμπύλης διάρκειας των παροχών,
- β) μέσω ήδη διαθεσίμων τιμών παροχής, οπότε η παραγομένη ενέργεια υπολογίζεται κατ' ευθείαν και
- γ) μέσω στοχαστικών εκτιμήσεων από την λεκάνη απορροής. "

Ύψος πτώσεως. Το ύψος πτώσεως εξαρτάται από τη γεωμετρία του χώρου εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού έργου.

Εκτίμηση της διαθεσίμου ισχύος. Εάν Q (m^3/s) είναι η παροχή, H_n (m) το καθαρό ύψος πτώσεως, ρ (kg/m^3) η πυκνότητα του ύδατος, g (m/s^2) η επιτάχυνση της βαρύτητας, n η ολική απόδοση του στροβίλου και της γεννήτριας, τότε η λαμβανόμενη ισχύς I (W) από τον υδροστρόβιλο είναι, $I = n \rho g Q H_n$ (W).

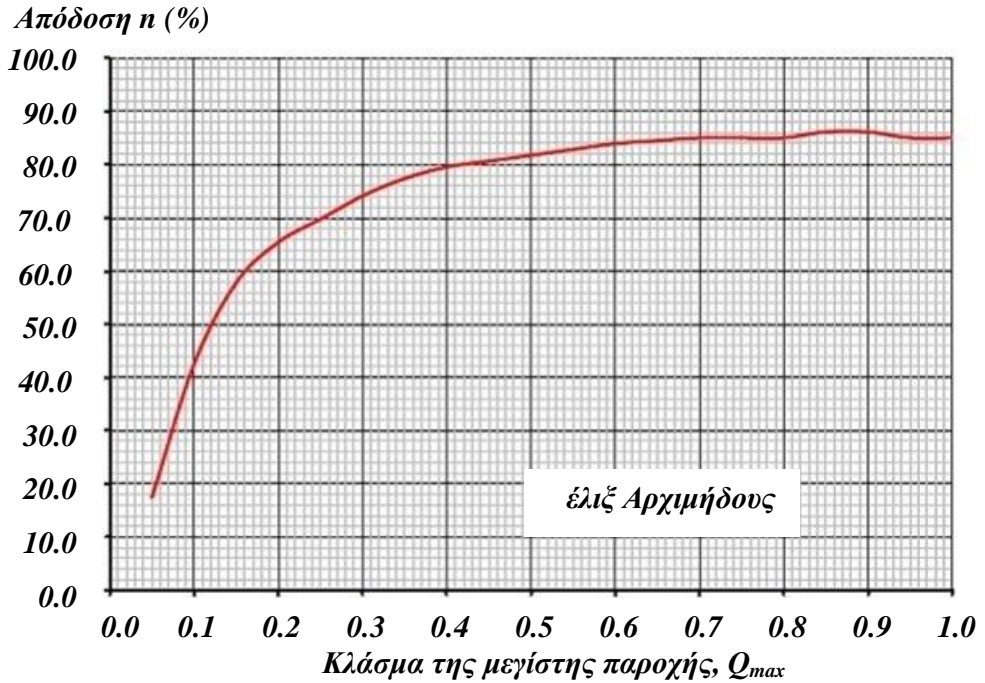
Στο Σχήμα 3.13 δείχνεται το φορτίο ή ύψος πτώσεως H (m) ως συνάρτηση της παροχής Q (m^3/s) και η λαμβανομένη ισχύς I (kW) εκ του συνδυασμού των ανωτέρω. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους είναι ότι η απόδοση λειτουργίας n (%) αυτού παραμένει αρκετά υψηλή ~ 70.0 % ακόμη και για το 30.0 % της μεγίστης παροχής. Στο Σχήμα 3.14 δείχνεται το

απόδοση n (%) με την παροχή εκφρασθείσα ως κλάσμα της μεγίστης αυτής τιμής Q_{max} .



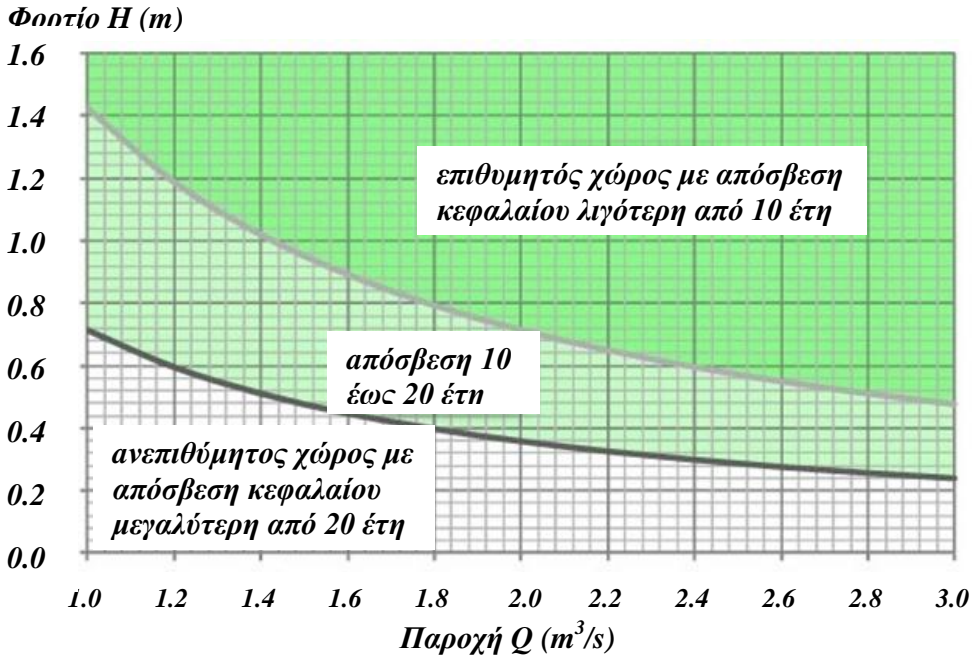
Σχήμα 3.13. Η ισχύς I (kW) έλικος Αρχιμήδους είναι ανάλογος της παροχής Q (m^3/s) και του φορτίου H (m).

Στο Σχήμα 3.15 δείχνεται η απόσβεση κεφαλαίου μετά από, 10 έτη, 10 έως 20 έτη και μεγαλύτερη από 20 έτη ως συνάρτηση του φορτίου μέχρι $H = 1.6$ m και της παροχής, από $Q = 1.0$ έως 3.0 m^3/s , για υδροστρόβιλο τύπου Αρχιμήδους, <http://www.hallidayshydropower.com/qa/>. Είναι προφανές ότι για τις ανωτέρω παροχές οποιαδήποτε τιμή ύψους πτώσεως μεγαλύτερη των 1.6 m η απόσβεση είναι μικρότερη από 10 έτη για την κλίμακα των παροχών.



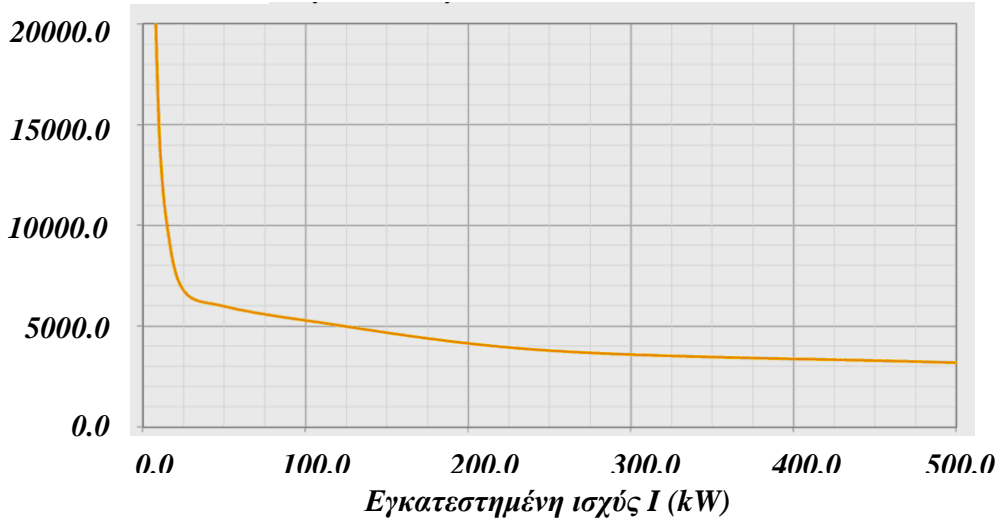
Σχήμα 3.14. Απόδοση λειτουργίας η (%) της έλικος Αρχιμήδους με την παροχή εκφρασθείσα ως κλάσμα της μεγίστης αυτής τιμής Q_{max} .

Τέλος, μια εκτίμηση εξόδων εγκαταστάσεως μικρής υδροστροβιλικής μονάδος, Σχήμα 3.16, δείχνονται τα αναμενόμενα έξοδα, Στερλίνες/ kW Αγγλίας, της εταιρείας Renewables First στην διεύθυνση: <https://www.renewablesfirst.co.uk/>. Μία στερλίνα ισοδυναμεί με 1.08 Ευρώ, Μάιος 2017 μ.Χ..



Σχήμα 3.15. Απόσβεση κεφαλαίου μετά από 10 έτη, 10 έως 20 έτη και μεγαλύτερη από 20 έτη ως συνάρτηση του φορτίου H (m) και της παροχής Q (m^3/s) για υδροστρόβιλο τύπου Αρχιμήδους.

Στερλίνες /(kW)



Σχήμα 3.16. Έξοδα εγκατάστασης, Στερλίνες/ kW , υδροστροβλικής μονάδος Αρχιμήδους σε συνάρτηση με την εγκατεστημένη ισχύ I (kW). Μία Στερλίνα Αγγλίας ισοδυναμεί με 1.08 Ευρώ, Μάιος 2017 μ.Χ.