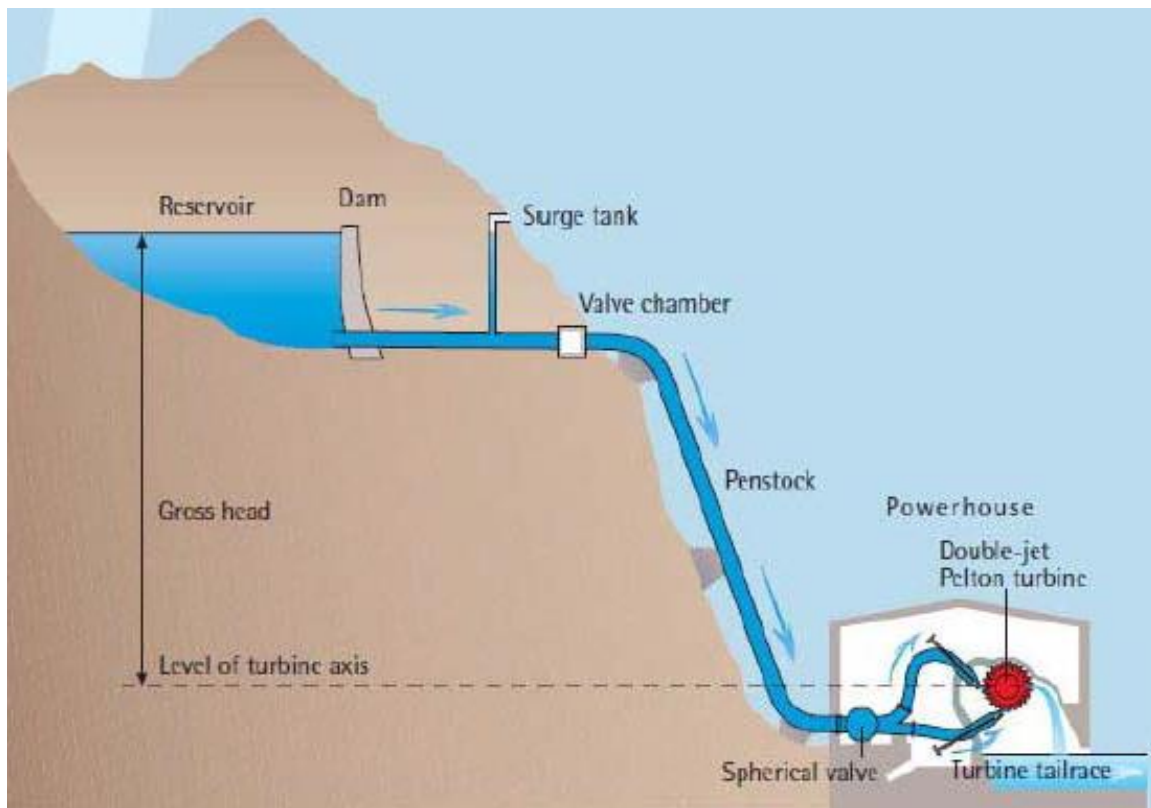


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΒΟΥΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (Π.Υ)

ΠΑΤΡΑ 2016

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
1 Εισαγωγή –ιστορική αναδρομή ΜΥΗΕ στην Ελλάδα	9
1.1 Υδραυλική ενέργεια.	9
1.1.1 Υ.Ε. (Υδρο-ενέργεια) τον 19 ^ο Αιώνα.	10
1.1.2 Ορισμοί υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.	11
1.2 Υδροηλεκτρικά εργοστάσια στην Ελλάδα.	12
1.2.1 Λειτουργία υδροηλεκτρικών σταθμών.....	13
1.2.2 Μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικοί σταθμοί.	13
1.3 Ορισμός –χαρακτηριστικά μικρών υδροηλεκτρικών έργων.	13
1.4 Είδη υδροηλεκτρικών σταθμών.....	14
1.5 Ιστορική αναδρομή – εξέλιξη μικρών υδροηλεκτρικών έργων.	17
1.6 Μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός Γλαύκου.	19
1.6.1 Η ευρύτερη περιοχή.	19
1.6.2 Εδαφολογικά στοιχεία.....	20
1.6.3 Γενικότερα στοιχεία.....	21
1.6.4 Ιστορική εξέλιξη.....	23
1.7 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα ΜΥΗ σταθμών.....	25
2 Επιμέρους τμήματα ΜΥΗΣ	26
2.1 Στοιχεία φράγματος Γλαύκου.	26
2.1.1 Ταμιεντήρας.	28
2.1.2 Φράγμα.	29
2.1.3 Υπερχειλιστής.	29
2.1.4 Έργο υδροληψίας.	30
2.2 Σήραγγα προσαγωγής.	30
2.3 Πύργος εκτόνωσης (Υδατόπυργος).....	31
2.3.1 Υδραυλικό πλήγμα.	32
2.4 Αγωγός πτώσεως.....	33
2.5 Εργοστάσιο παραγωγής.	35
2.5.1 Μονάδες υδροστροβίλων (PELTON-FRANCIS).	35
2.5.2 Γεννήτριες.....	36
2.5.3 Κεντρική μονάδα ελέγχου.	40
2.5.4 Ηλεκτρονικό σταθμόμετρο.....	41
2.6 Υποσταθμός υψώσεως τάσεως – γραμμές μεταφοράς.	41
2.6.1 Μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης και βοηθητικής υπηρεσίας σταθμού.	42
2.7 Διάφορες κτιριακές εγκαταστάσεις.....	43
2.8 Αγωγός φυγής.....	43
3 Υδροστρόβιλοι.....	44
3.1 Γενικά στοιχεία.....	44
3.2 Υδροστρόβιλος Francis.....	45
3.2.1 Κύρια μέρη υδροστρόβιλου Francis.	46
3.3 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υδροστροβίλου Francis.	51
3.4 Υδροστρόβιλος Pelton.	52
3.4.1 Κύρια μέρη υδροστρόβιλου Pelton.....	53
3.5 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υδροστροβίλου Pelton.....	57
3.6 Καμπύλες λειτουργίας υδροστροβίλων.	58
4 Απώλειες πίεσης στον αγωγό πτώσης.	61
4.1 Γενικά.....	61
4.1.1 Συστήματα εισόδου του νερού.....	61
4.1.2 Αγωγός πτώσεως.	62
4.2 Απώλειες λόγω τριβή- Τοπικές απώλειες.	64
4.3 Συντελεστής τριβής λ για στρωτή- τυρβώδη ροή.....	65

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

4.4	Εξίσωση σωληνογραμμής.	67
4.5	Υπολογισμός απωλειών στη διαδρομή ΑΒ.	70
4.6	Υπολογισμός απωλειών στη διαδρομή ΒΓ.	74
5	<i>Ενεργειακή ανάλυση ΥΗΕ</i>	77
5.1	Γενικά στοιχεία.	77
5.2	Υδραυλική ενέργεια ΥΗΕ.	77
5.3	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.	81
5.3.1	<i>Ετήσια καμπύλη διάρκειας 2014.</i>	81
5.3.2	<i>Ετήσια καμπύλη διάρκειας 2015.</i>	87
6	<i>Θεμελίωση Αγωγού Πτώσης του Νέου Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου σε Απότομο Πρανές.</i> .	92
6.1	Γενικά.....	92
6.2	Γεωλογική αναγνώριση- ερευνητικά διατρήματα.	93
6.3	Βάσεις στηριγμάτων του αγωγού.	93
6.4	Περιγραφή της κατασκευής του αγωγού πτώσεως.	94
6.5	Θεμελίωση του Block No 2.	97
6.6	Στερεό εγκιβωτισμού Block No 2.....	97
7	<i>Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.</i>	100
7.1	Γενικά.....	100
7.2	Προβλήματα ανάπτυξης υδροηλεκτρικών έργων στην Ελλάδα.	101
7.3	Η διαχείριση των υδάτινων πόρων.....	102
7.4	Τεχνικοί παράμετροι και λειτουργικά χαρακτηριστικά των υδροηλεκτρικών έργων πολλαπλού σκοπού.	103
7.4.1	<i>Διαχείριση του νερού των ταμιευτήρων.</i>	103
7.4.2	<i>Δυσκολίες κατά την εξυπηρέτηση πολλαπλών χρήσεων.</i>	104
7.4.3	<i>Διαταραχές στην εκμετάλλευση των ΥΗΣ εξαιτίας άλλων χρήσεων.</i>	105
7.4.4	<i>Ανθρωπογενείς δραστηριότητες των ταμιευτήρων.</i>	106
7.5	Προτάσεις.	106
8	<i>Συμπεράσματα.</i>	109
9	<i>Παράρτημα.</i>	110
10	<i>Βιβλιογραφία.</i>	126

Εικόνα 1: κύκλος του νερού.....	10
Εικόνα 2:τύπος στρόβιλου francis και προπέλα.....	11
Εικόνα 3:μικρής κλίμακας υδροηλεκτρική εγκατάσταση.....	14
Εικόνα 4: πλάνο μεγάλων και μικρών υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.....	17
Εικόνα 5:εργασίες κατασκευής του Υ.Η.Σ Γλαύκου.....	19
Εικόνα 6:λεκάνες απορροής του ποταμού Γλαύκου.....	20
Εικόνα 7:το πρώτο φράγμα στο Γλαύκο που καταστράφηκε το 1928.....	22
Εικόνα 8: αεροφωτογραφία σταθμού.....	24
Εικόνα 9: Φράγμα (μακέτα μουσείου).....	26
Εικόνα 10: Φράγμα.....	27
Εικόνα 11: Φράγμα.....	27
Εικόνα 12: Φράγμα.....	28
Εικόνα 13: Υδατόπυργος.....	31
Εικόνα 14: Αγωγός φυγής.....	32
Εικόνα 15: Αγωγός Προσαγωγής.....	33
Εικόνα 16: Αντικατεστημένοι Αγωγοί.....	34
Εικόνα 17: Πάκτωση αγωγού πτώσεως σε αλλαγή κλίσης του.....	34
Εικόνα 18: Εσωτερική άποψη σταθμού. Στα δεξιά της φωτογραφίας ο πίνακας ελέγχου και στο βάθος ο στρόβιλος Pelton.....	35
Εικόνα 19: Σύγχρονη γεννήτρια με κυλινδρικό δρομέα.....	36
Εικόνα 20: μονογραμμικό διάγραμμα ΥΗΣ με το διασυνδεδεμένο δίκτυο σύγχρονη γεννήτρια.....	36
Εικόνα 21: Ασύγχρονη γεννήτρια.....	37
Εικόνα 22: μονογραμμικό διάγραμμα ΥΗΣ με το διασυνδεδεμένο δίκτυο ασύγχρονη γεννήτρια.....	38
Εικόνα 23: Γεννήτρια Pelton.....	39
Εικόνα 24: Γεννήτρια Francis.....	39
Εικόνα 25:κολώνα μέσης τάσης(αριστερά)και πυλώνες υψηλής τάσης.....	41
Εικόνα 26: Μετασχηματιστής μονάδας.....	42
Εικόνα 27: Νερό προς εκμετάλλευση.....	43
Εικόνα 28: διάγραμμα λειτουργίας υδροστροβίλων.....	45
Εικόνα 29: Διαμόρφωση του υδροστροβίλου Francis οριζόντιου άξονα του ΥΗΣ Γλαύκου.....	47
Εικόνα 30: υδροστρόβιλος Francis.....	51
Εικόνα 31: Ο στρόβιλος PELTON με δύο ακροφύσια του ΥΗΣ Γλαύκου.....	53
Εικόνα 32: Αναλογίες διαστάσεων του δρομέα.....	56
Εικόνα 33: Ο στρόβιλος Pelton με δύο στροφεία του Υ.Η.Σ. Γλαύκου.....	56
Εικόνα 34: υδροστρόβιλος Pelton.....	57
Εικόνα 35: υδροστρόβιλος Pelton.....	58
Εικόνα 36:διάγραμμα $Q=f(H)$ του υδροστροβίλου Francis στον ΥΗΣ Γλαύκου.....	59
Εικόνα 37: Σχέδιο κατόψεως του χώρου εγκατάστασης των υδροστροβίλων Francis και Pelton στον Υ.Η.Σ. Γλαύκου.....	60
Εικόνα 38: αγωγός πτώσεως.....	62
Πίνακας 5: συγκριτικά χαρακτηριστικά υλικών.....	63
Εικόνα 39: Διάγραμμα Moody.....	66
Πίνακας 6: υπολογισμός του συντελεστή απωλειών.....	66
Πίνακας 7: υπολογισμός διακλαδώσεων.....	67
Εικόνα 40: παλιό σχέδιο αγωγού πτώσεως.....	69
Εικόνα 41: σχέδιο αγωγού πτώσεως (AutoCAD).....	69
Πίνακας 8: κινηματικό ιξώδες για το νερό.....	70
Πίνακας 9: τραχύτητα του αγωγού.....	71
Εικόνα 42:διάγραμμα Moody.....	71
Εικόνα 43: αεροφωτογραφία του αγωγού πτώσεως.....	73
Εικόνα 44: σχέδιο εγκατάστασης.....	74
Εικόνα 45: λεπτομέρεια εικόνας 43.....	74
Εικόνα 46: Ο αγωγός φυγής όπως κατασκευάστηκε.....	92

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Εικόνα 47:Βάση στηρίγματος με αγκύρια και πλάκα αγκύρωσης.....	95
Εικόνα 48:Κάτοψη βάσης θεμελίωσης στηρίγματος ολισθήρα σε βραχώδεις σχηματισμούς με θέσεις αγκυρίων.....	95
Εικόνα 49:Τομή βάσης θεμελίωσης στηρίγματος σε βραχώδεις σχηματισμούς	96
Εικόνα 50:Κάτοψη βάσης θεμελίωσης σε εδαφικούς σχηματισμούς	96
Εικόνα 51:Τομή βάσης θεμελίωσης στηρίγματος σε εδαφικούς σχηματισμούς	97
Εικόνα 52:Block No 2, τομή Α-Α	98
Εικόνα 53:Οι βάσεις στήριξης του αγωγού	98
Εικόνα 54:Αποψη του αγωγού πτώσης πριν την ολοκλήρωση της τοποθέτησης.....	99
Εικόνα 55:Το στερεό εγκιβωτισμού block No 2 και τμήμα του αγωγού πτώσης κατάντη.....	99
Εικόνα 56:Βοσκή στις όχθες του π. Αλιάκμονα (ταμιευτήρας ΥΗΣ Πολυφύτου).....	106
Εικόνα 57:Ο υγροβιότοπος της λίμνης Νησίου του ΥΗΣ Άγρα.....	108
Εικόνα 58:γενικό σχέδιο συστήματος ΜΗΥΣ.....	110
Εικόνα 59: Κοίτη ποταμού Γλαύκου.....	110
Εικόνα 60: ποταμός Γλαύκος.....	111
Εικόνα 61: λεκάνη απορροής	111
Εικόνα 62: μικρή δεξαμενή	112
Εικόνα 63: Φράγμα.....	112
Εικόνα 64: κανάλια	113
Εικόνα 65: Ηλεκτρικό τοξωτό θυρόφραγμα.....	113
Εικόνα 66:Μικρή διώρυγα επενδυμένη με γρανίτη.....	114
Εικόνα 67: αυτόματο θυρόφραγμα.....	114
Εικόνα 68: θυρόφραγμα	115
Εικόνα 69: Τομή θυροφράγματος	116
Εικόνα 70: Τομή θυροφράγματος	117
Εικόνα 71: υδατόπυργος	118
Εικόνα 72: υδατόπυργος	118
Εικόνα 73: αγωγός φυγής.....	119
Εικόνα 74:αγωγός πτώσεως	119
Εικόνα 75:παλιός πίνακας ελέγχου.....	120
Εικόνα 76: παλιός πίνακας ελέγχου.....	120
Εικόνα 77: παλιός πίνακας ελέγχου.....	121
Εικόνα 78: υδροστρόβιλος pelton	121
Εικόνα 79: υδροστρόβιλος Francis	122
Εικόνα 80: γεννήτρια pelton.....	122
Εικόνα 81: γεννήτρια francis.....	123
Εικόνα 82: μουσείο	123
Εικόνα 83: μακέτα εγκατάστασης ΜΗΥΣ	124
Εικόνα 84: μακέτα εγκατάστασης ΜΗΥΣ	124
Εικόνα 85:μακέτα εγκατάστασης ΜΗΥΣ	125

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην μελέτη απωλειών πίεσης στον υδροηλεκτρικό σταθμό του Γλαύκου

Στην αρχή γίνεται αναφορά στην υδρο-ενέργεια και στην ιστορική αναδρομή-εξέλιξη του υδροηλεκτρικού σταθμού. Στην συνέχεια αναπτύσσονται τα επιμέρους τμήματα ολόκληρου του υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής και στους κύριους υδροστρόβιλους που χρησιμοποιούνται στον σταθμό. Επίσης γίνεται η μελέτη απωλειών στον αγωγό πτώσεως μέχρι τους υδροστροβίλους. Επιπροσθέτος γίνεται η μελέτη και κατασκευή της ετήσιας καμπύλης διάρκειας . Ακόμα γίνεται αναφορά Θεμελίωση αγωγού πτώσης του νέου υδροηλεκτρικού σταθμού Γλαύκου σε απότομες πρανές .Τέλος αναφέρεται η συμβολή των υδροηλεκτρικών έργων στην Ελλάδα.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ανδρέα Βούρο υπότροφο Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., την Διεύθυνση και το προσωπικό του Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της εργασίας. Τέλος, στους αφανείς υποστηρικτές, την οικογένεια μου, που μου συμπαραστάθηκε υπομονετικά.

Ευαγγελάτος Αθανάσιος
Μάιος 2016

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής
(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη απωλειών πίεσης στον αγωγό πτώσεως του υδροηλεκτρικού σταθμού του Γλαύκου. Μέσα από την ανάλυση ολόκληρου του συστήματος για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται έλεγχος απωλειών στον σημαντικότερο σημείο της εγκατάστασης, ο οποίος είναι η διαδρομή από τον υδατόπυργο κατάντη του αγωγού πτώσεως μέχρι του υδροστρόβιλου του εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ιστορική αναδρομή στα μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια στην Ελλάδα και στην υδρο-ενέργεια. Παρακάτω γίνεται αναφορά ειδικότερα στον υδροηλεκτρικό σταθμό του Γλαύκου και στην ευρύτερη περιοχή που είναι εγκαταστημένος, όπως και στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που έχουν τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε όλα τα επιμέρους συστήματα λειτουργίας της εγκατάστασης. Συγκεκριμένα αναλύονται όλες οι επιμέρους εγκαταστάσεις με τα πραγματικά δεδομένα της κάθε εγκατάστασης.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι υδροστρόβιλοι της εγκατάστασης καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχουν το καθένα ξεχωριστά.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετάται αναλυτικά ο αγωγός πτώσεως καθώς και τα βασικά στοιχεία που οδηγούν στις απώλειες πίεσης. Παρακάτω διεξάγεται η μελέτη απωλειών στην διαδρομή από τον υδατόπυργο μέχρι τους υδροστρόβιλους με βάση το σχέδιο της εγκατάστασης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η ενεργειακή ανάλυση του υδροηλεκτρικού σταθμού και γίνεται η κατασκευή της ετήσιας καμπύλης διάρκειας για τα έτη 2014-2015 .

Στο έκτο περιγράφεται η θεμελίωση του αγωγού πτώσεως σε απότομες πράνες . Επίσης γίνεται περιγραφή στην κατασκευή του αγωγού πτώσεως και στην θεμελίωση του Block No 2.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στην συμβολή των υδροηλεκτρικών σταθμών στην Ελλάδα καθώς και τα προβλήματα ανάπτυξης υδροηλεκτρικών έργων. Ακόμα γίνεται αναφορά στους τεχνικούς παραμέτρους και των λειτουργικών χαρακτηριστικών των υδροηλεκτρικών έργων πολλαπλού σκοπού. Τέλους δίνονται προτάσεις και συμπεράσματα επάνω στο θέμα των υδροηλεκτρικών σταθμών.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΜΥΗΕ= Μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια

Υ.Ε= Ύδρο-ενέργεια

ΥΗΣ= Υδροηλεκτρικός σταθμός

ΔΕΗ= Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού

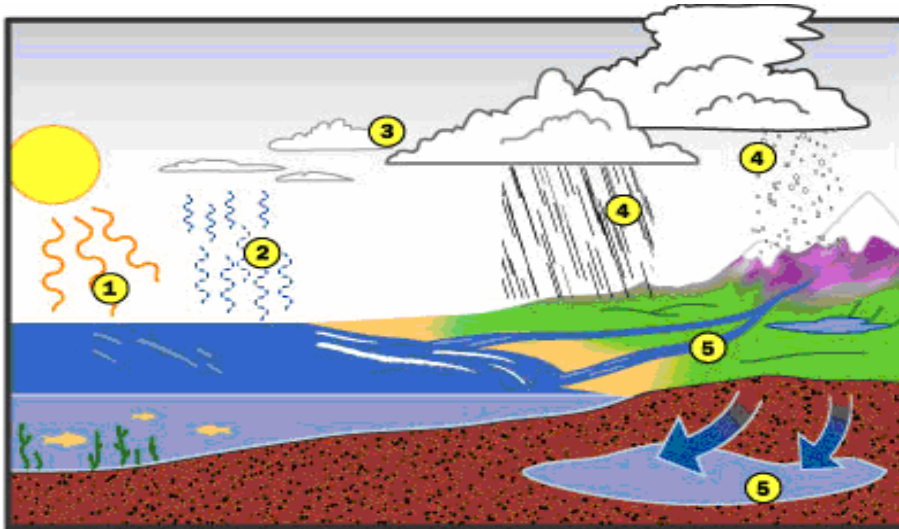
1 Εισαγωγή –ιστορική αναδρομή ΜΥΗΕ στην Ελλάδα

1.1 Υδραυλική ενέργεια.

Η υδραυλική ενέργεια ο “λευκός άνθρακας” όπως αναφέρετε ακολουθεί τον άνθρωπο σε όλη την ιστορία της εξέλιξης του. Οι περιγραφές από Ρωμαίους συγγραφείς, βουδιστές και ιησουίτες μοναχούς με υδραυλικούς τροχούς και υδρόμυλους αφθονούν. Η αρχαιότερη όμως διασωθείσα απόδειξη ύπαρξης σχετικής τεχνολογίας των κλασικών χρόνων είναι ο περίφημος Μηχανισμός των Αντικυθήρων. Ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι ξαναανακαλύπτει πολλές από τις περιγραφές του Ήρωνα, ο “λευκός άνθραξ” με τη μορφή της μηχανικής ενέργειας όπου αποτελούσε για σειρά αιώνων για όλους τους πολιτισμούς την κινητήρια δύναμη για την κίνηση υδροτροχών οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα με σκοπό κυρίως την άλεση δημητριακών. Μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα δεν υπήρξε κάποια εξέλιξη στην τεχνολογία των νερόμυλων ως την εμφάνιση των πρώτων μηχανών που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως υδροστρόβιλοι. Την τελευταία δεκαετία του 19ου αιώνα τα έργα υδραυλικής ενέργειας που κατασκευάστηκαν ήταν μικρής ισχύος καθώς τα τεχνολογικά μέσα της εποχής δεν εδείκνυαν για κάτι μεγαλύτερο. Σημαντικό σταθμό στην αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας ήταν η ανάπτυξη των εφαρμογών του ηλεκτρισμού. Έτσι το έργο αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας γίνεται Υδροηλεκτρικό, δηλαδή η υδραυλική ενέργεια από τον υδροστρόβιλο μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια με την ηλεκτρική γεννήτρια που είναι συζευγμένη με τον υδροστρόβιλο μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Στην Ευρώπη για τουλάχιστον δύο με τρεις δεκαετίες μετά τον Β’ παγκόσμιο πόλεμο αξιοποιήθηκε σημαντικά η ύπαρξη των μεγάλων ΥΗΕ. Η έντονη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδραυλικού δυναμικού έγινε με μονάδες μεγάλης ισχύος, μερικών εκατοντάδων MW η κάθε μια. Εν συγκρίσει με τα μεγάλα ΥΗΕ, τα παλαιάς τεχνολογίας μικρά ΥΗΕ που υπήρχαν αποδείχθηκαν αντιοικονομικά, με χαμηλό βαθμό απόδοσης και υψηλό κόστος παραγωγής της KWh και σταδιακά εγκαταλείφθηκαν. Στη συνέχεια της ιστορίας των μικρών ΥΗΕ περίπου την δεκαετία του 1980 παρατηρείται ένα έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη τους το οποίο εκδηλώνεται είτε με την αξιοποίηση νέων μικρών υδατοπτώσεων είτε με την επανασχεδίαση και επανεξοπλισμό των μικρών ΥΗΕ που είχαν απομείνει ή είχαν εγκαταλειφθεί.

Όπως προαναφέρθηκε η ενέργεια που προσφέρει το νερό είναι πρωτεύουσας σημασίας και έχει χρησιμοποιηθεί από την ανθρωπότητα από πολύ παλιά. Στον υδρολογικό κύκλο, το νερό εξατμίζεται από τους ωκεανούς και μεταφέρεται στην ξηρά μέσω των βροχών για να συνεχιστεί ο αέριος κύκλος. Το νερό που πέφτει στην γη, συγκεντρώνεται σε λεκάνες και ποταμούς και βρίσκεται στη διάθεση του ανθρώπου προκειμένου να το χρησιμοποιήσει. Το τρεχούμενο νερό των ποταμών ή ακόμα τον συγκεντρωμένων αποθεμάτων σε μεγάλο υψόμετρο φέρει ενέργεια εκμεταλλεύσιμη. Αυτή η πηγή ενέργειας καλείται «ανανεώσιμη», καθώς αποτελεί μέρος του κύκλου που προαναφέρθηκε. Για την ακρίβεια το νερό δεν σπαταλείται, όπως ο άνθρακας, αλλά χρησιμοποιείται για την παραγωγή μηχανικής ή ηλεκτρικής ενέργειας. Από τη στιγμή που η δύναμη του νερού δεν παράγει διοξείδιο του άνθρακα, δεν συμβάλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Συνολικά παγκοσμίως, μόλις το 20% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από υδροηλεκτρικά εργοστάσια, το 65% από θερμική ενέργεια και το υπόλοιπο 15% από πυρηνική. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι αποτελεί τη δεύτερη, για την ώρα, πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με προοπτική να βελτιώσει τη θέση της, καθώς σε πολλές χώρες της Ασίας, της Αφρικής και της Νοτίου Αμερικής δεν έχει γίνει σοβαρή προσπάθεια εκμετάλλευσης του νερού. [Παπαντώνης Δ. (2001). *Μικρά υδροηλεκτρικά έργα*, ΕΜΠ, Αθήνα]



1. Ο ήλιος θερμαίνει τον ωκεανό
2. Το νερό εξατμίζεται και ανέρχεται ως υδρατμοί στην ατμόσφαιρα
3. Το νερό που έχει εξατμιστεί μετατρέπεται σε σύννεφα και έπειτα σε σταγόνες βροχής
4. Οι σταγόνες αυτές ανερχόμενες δίνουν το φαινόμενο της βροχής
5. Ένα μέρος του νερού αποθηκεύεται σε λίμνες και ένα άλλο ξαναγυρίζει στον ωκεανό μέσω ποταμών.

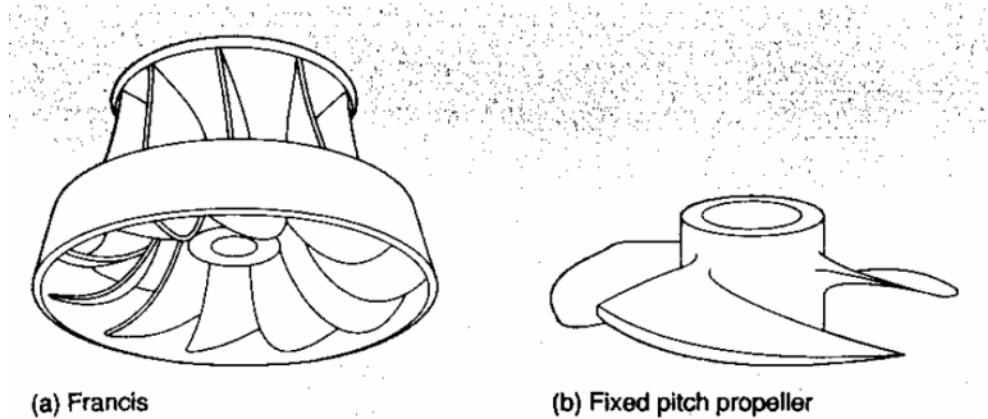
Εικόνα 1: κύκλος του νερού

1.1.1 Υ.Ε. (Υδρο-ενέργεια) τον 19^ο Αιώνα.

Στις αρχές του 1800 με την εμφάνιση των ατμού-ατμομηχανών, η Υ.Ε. παρέμεινε υπό αμφισβήτηση, ως προς τις επιδόσεις της και παραμερίστηκε. Ωστόσο, ένα αιώνα αργότερα τα πράγματα και πάλι άλλαξαν. Το $\frac{1}{4}$ της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας προήρχετο από το νερό (Υδρο-ενέργεια) με σοβαρή ανάπτυξη στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, καθώς το 1832 ο Faraday ανακάλυψε την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Τότε ήταν που ο Benoit Fourneyron σχεδίασε τον πρώτο νέου τύπου υδρο-στρόβιλο.

Η μηχανή του Fourneyron έχει περιλάβει νέα στοιχεία και είναι κατακόρυφου άξονα. Η καινοτομία συνίσταται στις (ακίνητες) βάνες που διοχετεύοντας ρεύμα ύδατος μέσω κεντρικού άξονα που εκτρέπεται προς τα πτερύγια και εξέρχεται πλαγίως (οριζοντίως), μεταδίδοντας ενέργεια στο σύστημα, με την μεταβολή της ορμής του. Το σύστημα του στροβίλου είναι βυθισμένο στο νερό. Αυτό συνεπάγεται και ομαλή ροή του νερού στα πτερύγια, που συντελεί στην επίτευξη μεγαλύτερης τελικής απόδοσης. Ο έλεγχος γίνεται με τη μετακίνηση άνω ή κάτω ενός δακτυλίου σε σχέση με τις βάνες και τα πτερύγια. Η απόδοση της μετατροπής Υ.Ε. σε Μ.Ε. του Fourneyron ήταν 80%.

Η ανάπτυξη τέτοιων μηχανών (υδρο-στροβίλων) συνεχίστηκε με τον Αμερικανό James Francis, που η μηχανή του διαφέρει αυτής του Fourneyron, γιατί η ροή ήταν μεν ακτινική, αλλά προς το κέντρο. Το 1881 στο Surrey ανεγέρθη το πρώτο δημόσιο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από υδραυλική ενέργεια. Την τελευταία 10-ετία του 19^{ου} αιώνα η ανάπτυξη ήταν εξαιρετικά μεγάλη από μερικά kW σε MW, ενώ το 1891 η Η.Ε. από το Υ.Ε. μεταφερόταν σ απόσταση 150 km.



Εικόνα 2: τύπος στροβίλου francis και προπέλα

1.1.2 Ορισμοί υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Αρχικά δόκιμο θα ήταν να γίνει αναφορά στις κατηγορίες υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων προκειμένου να μπορέσουμε να εντάξουμε στη συνέχεια τον υδροηλεκτρικό σταθμό του Γλαύκου σε κάποια από τις κατηγορίες που θα ακολουθήσουν. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μπορούν να είναι τεσσάρων ειδών με βάση την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια. Αυτές είναι:

- Οι **micro υδροηλεκτρικοί σταθμοί** (ΥΗΣ): οι σταθμοί αυτής της κατηγορίας παράγουν ενέργεια της τάξης των 10kW ή μικρότερες. Είναι χρήσιμοι σε μικρές και απομακρυσμένες κοινότητες που απαιτούν μόνο μια μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας - για παράδειγμα, για την κάλυψη μόνο οικιακής ενέργειας π.χ. για τη λειτουργία τηλεόρασης ή ραδιόφωνα. Σε πολλές περιπτώσεις δεν χρειάζονται ειδικές και ακριβές εγκαταστάσεις προκειμένου να τροφοδοτηθούν με νερό αφού αντλούν ενέργεια από κοντινές πηγές και ποτάμια.
- Οι **micro υδροηλεκτρικοί σταθμοί** (ΥΗΣ): αυτοί είναι σταθμοί με δυνατότητα παραγωγής 100kW ή και λιγότερο. Σε κάποιες χώρες τα όρια που χαρακτηρίζουν ένα σταθμό ως micro μπορεί να διαφέρουν, ανάλογα με τη δυνατότητα των υδροηλεκτρικών εργοστασίων που διαθέτει. Γενικότερα όμως τα 100kW αποτελούν το ανώτατο όριο παραγωγής που χαρακτηρίζει ένα micro υδροηλεκτρικό σταθμό. Οι περισσότεροι micro υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με τουρμπίνα Pelton και συνήθως βρίσκονται στην κατάληξη ενός σωλήνα που πηγάζει από μία παροχή νερού σε ορισμένο υψόμετρο.
- Οι **mini υδροηλεκτρικοί σταθμοί** (ΥΗΣ): οι σταθμοί αυτής της κατηγορίας ανήκουν παράγουν ενέργεια της τάξεως των 100-1000kW. Αναφερόμαστε δηλαδή σε μεγάλες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.
- Οι **mega υδροηλεκτρικοί σταθμοί** (ΥΗΣ): τέλος οι mega σταθμοί παράγουν ενέργεια 1-30mW. Την παρούσα φάση σχεδιάζεται ο μεγαλύτερος υδροηλεκτρικός σταθμός στον κόσμο στη περιοχή της Ερυθράς Θάλασσας και θα φέρει την ονομασία Red Sea dam.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Στην παρούσα εργασία θα δοθεί βάση στις δύο μικρότερες προαναφερθείσες κατηγορίες σταθμών, καθώς σε αυτές ανήκει και το υπό μελέτη αντικείμενο. Ο χρόνος απόσβεσης των σταθμών της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι μικρός και το κόστος τους μικρό. Γι' αυτό το λόγο αποτελούν και ιδανική λύση για φτωχές χώρες που δεν έχουν τη δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλων εγκαταστάσεων.

1.2 Υδροηλεκτρικά εργοστάσια στην Ελλάδα.

Η Ελλάδα δεν βρίσκεται στις πρώτες θέσεις εκμετάλλευσης των υδάτινων πόρων της προκειμένου να παράξει ηλεκτρική ενέργεια, αλλά προσπάθειες και κινήσεις έχουν γίνει και συνεχίζουν να γίνονται. Στην Ελλάδα, τα υδροηλεκτρικά έργα παρέχουν το 7% - 9% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας. Παρόλα αυτά δεν αξιοποιείται μεγάλο ποσοστό σε σχέση με τις συνολικές δυνατότητες της χώρας. Μελέτες δείχνουν ότι μόλις το 33% του οικονομικά αξιοποιήσιμου υδροδυναμικού εκμεταλλευόμαστε αυτή τη στιγμή. Εάν βρισκόμαστε στην ευχάριστη θέση να κάνουμε πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων μας, τότε θα μπορούσαμε να αγγίξουμε το 25% των αναγκών μας σε ηλεκτρισμό. Σαφέστατα οι υδάτινοι πόροι που έχουμε στη διάθεσή μας δεν είναι πάντοτε οι ίδιοι.

Βεβαίως, πρέπει να υπολογίσουμε ότι το υδάτινο δυναμικό επηρεάζεται ήδη αρνητικά από την κλιματική αλλαγή. Η ΔΕΗ έχει δώσει έμφαση στα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, ενώ σε δεύτερη μοίρα έχουν υποπέσει τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Τα τελευταία δεν προϋποθέτουν τη διακοπή ή τη ρύθμιση της ροής του ποταμού και γι' αυτό είναι και άκρως φιλικά προς το περιβάλλον. Οι δήμοι θα μπορούσαν να αναπτύξουν δραστηριότητα που να σχετίζεται με τον υδροηλεκτρισμό, αλλά μέχρι το 1985 δεν είχαν τη νομική δυνατότητα. Όμως τα τελευταία χρόνια, ως συνέπεια της αντίστοιχης ευρωπαϊκής πολιτικής, των επιδοτήσεων και της αλλαγής του θεσμικού πλαισίου, το ενδιαφέρον για μικρά υδροηλεκτρικά έργα αναζωπυρώθηκε.

Όσον αφορά στη σημερινή εικόνα, βρίσκονται σε λειτουργία 62 μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί που προσφέρουν 130 MW. Όμως η προσπάθεια δεν σταματά εκεί καθώς έχει δοθεί άδεια για άλλα 200 μικρά που μπορούν να προσφέρουν άλλα 300 MW. Τα μικρά όμως υδροηλεκτρικά έργα βασίζονται αποκλειστικά στη ροή του ποταμού και δεν μπορούν να κάνουν αποταμίευση σε ταμιευτήρες. Η αποθήκευση ενέργειας, δηλαδή νερού, είναι πολύ σημαντική, καθώς η ανάγκη είναι διαρκής και δεν γνωρίζει από εποχές (Ινστιτούτο Μελετών Κοινωνικής Οικονομίας).

Ταυτόχρονα οφείλει η ΔΕΗ να κάνει όλα εκείνα τα έργα που θα αποσκοπούν στον διπλασιασμό των αποθηκών νερού και όλων εκείνων των έργων που θα συμβάλουν με τη σειρά τους στην αντιπλημμυρική προστασία διαφόρων περιοχών. Με τις απαραίτητες ενέργειες, η ΔΕΗ πρέπει να συμβάλει στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας και να δημιουργήσει όλο εκείνο το πλαίσιο που θα διασφαλίσει την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και θα απομακρύνει ταυτόχρονα τον κίνδυνο χρήσης πυρηνικής.

1.2.1 Λειτουργία υδροηλεκτρικών σταθμών.

Το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από μια περιοχή εξαρτάται από δύο συντελεστές: την υψομετρική διαφορά της στάθμης του νερού μεταξύ του φράγματος και του ποταμού (ή της λίμνης) όπου καταλήγει το νερό και την ποσότητα ροής του νερού. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος είναι επομένως τοποθετημένοι όπου μπορούν να εκμεταλλευθούν τη μέγιστη πτώση μιας μεγάλης ποσότητας νερού.

Το νερό συλλέγεται και αποθηκεύεται σε ένα φράγμα, επάνω από το σταθμό παραγωγής, για να χρησιμοποιηθεί όταν απαιτείται. Μερικά φράγματα δημιουργούν μεγάλες δεξαμενές για αποθήκευση νερού, με σκοπό να αυξήσουν την δυναμικότητά τους. Άλλα φράγματα συλλαμβάνουν απλά την ροή των ποταμών και εκτρέπουν το νερό στον σταθμό παραγωγής μέσω των σωληνώσεων. Μια υδροηλεκτρική μονάδα χρειάζεται και έναν υδροστρόβιλο για να μετατρέψει τη κινητική ενέργεια του νερού σε μηχανική όπως επίσης και μια γεννήτρια για την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όσο μεγαλύτερη η ποσότητα του νερού, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός και το μέγεθος των στρόβιλων που μπορούν να περιστραφούν, και τόσο μεγαλύτερη η παραγωγή ενέργειας. Τέλος μέσω των γραμμών υψηλής τάσης η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στις πόλεις όπου καταναλώνεται.

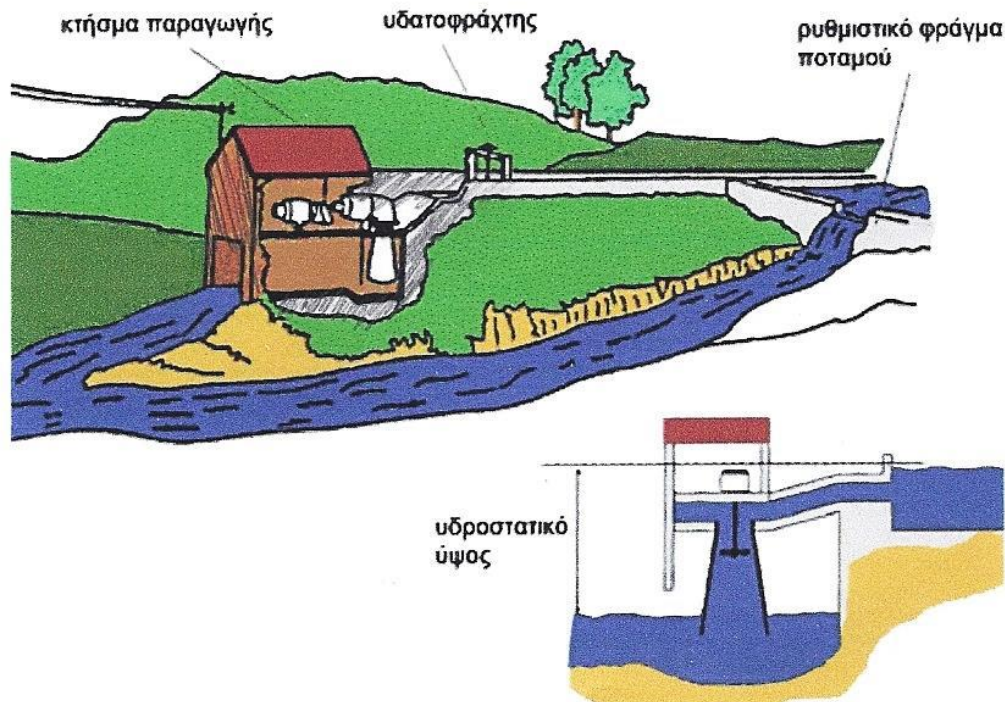
1.2.2 Μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικοί σταθμοί.

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 παράγει την ηλεκτρική ενέργεια. Το νερό ρέει έπειτα πίσω στον ποταμό. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα λειτουργούν συνήθως παράλληλα στη ροή του ποταμού, χωρίς να διακόπτουν την ροή του και χωρίς να 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 συνεπώς η παραγωγή ενέργειας εξαρτάτε αποκλειστικά από αυτή. Αυτό σημαίνει ότι το μηχανικό σύστημα ρύθμιση της ροής του νερού δεν απαιτείται με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος και οι απαιτήσεις συντήρησης. Ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι το νερό δεν μπορεί να αποθηκευτεί, με αποτέλεσμα να "πετιέται" η υπερβολική παραγωγή ενέργειας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα έχουν δυναμικό 1-7MW και είναι ιδιαίτερα κατάλληλα ως μακρινές παροχές ηλεκτρικού ρεύματος για τις αγροτικές και απομονωμένες κοινότητες.

1.3 Ορισμός –χαρακτηριστικά μικρών υδροηλεκτρικών έργων.

Ο ορισμός των Μικρών υδροηλεκτρικών Έργων ποικίλει από χώρα σε χώρα. Η Ελληνική Νομοθεσία (Ν1559/85 και Ν.2244/94) ορίζει ως μικρούς, τους σταθμούς με ισχύ μικρότερη των 10 MW, με τον όρο ότι μόνο τα έργα εγκατεστημένης ισχύς έως και 2 MW, μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο ελεύθερης δράσης. Επισημαίνεται ότι κάτω από προϋποθέσεις είναι δυνατή και ανάληψη σχετικής μικροϋδροηλεκτρικής δράσης και για μικρά έργα ισχύος μεταξύ 2MW και 5MW. Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90 % και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των μικροϋδροηλεκτρικών έργων που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες ενεργειακής αποτελεσματικότητας και τεχνολογικής ωριμότητας των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών.

Στην παρούσα εντύπωση ότι η Ελλάδα είναι χώρα φτωχή σε υδατικούς πόρους, εντύπωση που σχετίζεται με τις ιστορικές ακολουθίες στα θέματα της υδατικής πολιτικής και της αναπτυξιακής ασυμμετρίας και χωροταξιακής ασυμβατότητας, πρέπει να αντικατασταθεί η αλήθεια της ανομοιόμορφης χωροχρονικής κατανομής των υδατικών πόρων αλλά και της αθροιστικής υπερέαρκειας του αναλογούντος ανά κάτοικο. Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα συμβατό τόσο με τους χιλιάδες νερόμυλους που ήταν σε λειτουργία στον μετεπαναστατικά συρρικνωμένο ελλαδικό χώρο του 1821, όσο και με τις πολυάριθμες και πολυποίκιλες εγκαταστάσεις υδροκίνησης των αρχών του αιώνα.



Εικόνα 3: μικρής κλίμακας υδροηλεκτρική εγκατάσταση

1.4 Είδη υδροηλεκτρικών σταθμών.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί διακρίνονται σε κατηγορίες που αφορούν:

- *Την αποθηκευτική ικανότητα της τεχνητής λίμνης
- *Το ύψος πτώσης του νερού

Πιο συγκεκριμένα έχουμε την διάκριση των Υ.Η.Σ. ανάλογα με τα εξής κριτήρια :

1. Διάκριση Υ.Η.Σ. ανάλογα με την αποθηκευτική δυνατότητα της τεχνητής λίμνης.
- Οι Υ.Η.Σ. διακρίνονται σε:

I. Α) Μεγάλους, που διαθέτουν τεχνητή λίμνη μεγάλης χωρητικότητας. Οι σταθμοί αυτοί έχουν την δυνατότητα να εξασφαλίζουν σταθερή παροχή νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα, που μπορεί να ξεπερνούν και το ένα έτος.

II. Β) Μικρούς, που διαθέτουν επάρκεια νερού για τη διατήρηση σταθερής παροχής νερού μέχρι μια εβδομάδα περίπου.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

III. Γ) Συνεχούς ροής, που εκμεταλλεύονται το νερό όπως παρέχεται από το υδατόρευμα, χωρίς να έχουν την δυνατότητα ρύθμισης της παροχής τους.

2. Διάκριση Υ.Η.Σ. ανάλογα με το ύψος πτώσεως του νερού. Οι Υ.Η.Σ. διακρίνονται σε σταθμούς:

*Μικρού ύψους πτώσης (κάτω από 20m)

*μέσου ύψους πτώσης (από 20 έως 150m)

*Μεγάλου ύψους πτώσης (πάνω από 150m)

Οι σταθμοί με μικρό ύψος πτώσης κατασκευάζονται συνήθως σε μεγάλα ποτάμια τα οποία έχουν σημαντική παροχή νερού, που διατηρείται υψηλή χειμώνα -καλοκαίρι. Στην Ελλάδα υπάρχουν κυρίως σταθμοί μέσου και μεγάλου ύψους, οι περισσότεροι με μεγάλη αποθηκευτική δυνατότητα. Παρακάτω βλέπουμε το χάρτη που δείχνει σε πιο μέρος βρίσκονται οι ταμιευτήρες της χώρας.

Παραδείγματα ,ΥΗΣ σταθμών:

- Ο ΥΗΣ Γκιώνας κοντά στην Άμφισσα στη σήραγγα προσαγωγής του νερού ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ για την Αθήνα από τον ταμιευτήρα του Μόρνου ,ισχύος 9,6MW περίπου ,ξεκίνησε να λειτουργεί το 1988.
- Ο ΥΗΣ Ν.Πλαστήρα που αξιοποιεί τα νερά του ποταμού Ταυρωπού και είναι η πρώτη εκτροπή των νερών της λεκάνης απορροής του Αχελώου προς τη Θεσσαλία .Έχει ισχύ 130MW, βρίσκεται κοντά στην Καρδίτσα και λειτουργεί από το 1962.Το φράγμα τσιμεντένιο τοξωτό στον ποταμό Ταυρωπό 40 χιλιόμετρα περίπου από την Καρδίτσα ,αποτελεί τυπικό παράδειγμα υδροηλεκτρικού έργου που λειτουργεί άριστα ως έργο πολλαπλού σκοπού.
- Ο ΥΗΣ Λάδωνα βρίσκεται κοντά στην Ολυμπία στον ποταμό Λάδωνα έναρξη λειτουργίας το 1956 με ισχύ 70 MW.Το φράγμα είναι τσιμεντένιο αντιρρηδωτό με εξαιρετική παραγωγή.
- Ο ΥΗΣ Καστρακίου στον Αχελώο μετά τα Κρεμαστά στα 25 χιλιόμετρα από το Αγρίνιο με φράγμα χωμάτινο έχει ισχύ 320 MW και ξεκίνησε να λειτουργεί το 1970.
- Ο ΥΗΣ Κρεμαστών στον Αχελώο στα 60 χιλιόμετρα από το Αγρίνιο με μεγάλο χωμάτινο φράγμα και μεγάλο ταμιευτήρα έχει ισχύ 437 MW και ξεκίνησε να λειτουργεί το 1965.
- Ο ΥΗΣ Πουρναρίου στον ποταμό Άραχθο στα 4 χιλιόμετρα από την Άρτα,έχει ισχύ 300 MW με φράγμα χωμάτινο και ξεκίνησε να λειτουργεί το 1981.
- Ο ΥΗΣ Πουρναρίου II μετά το Πουρνάρι Ι,έχει ισχύ 31,5 MW και ξεκίνησε να λειτουργεί το 2000.
- Ο ΥΗΣ Θησαυρού 60 χιλιόμετρα από τη Δράμα κοντά στο Παρανέστι στον ποταμό Νέστο Φράγμα υψηλό λιθόχτιστο χωμάτινο με ισχύ 384 MW και ξεκίνησε να λειτουργεί το 1997.Είναι σταθμός αναστρέψιμος με λειτουργία ως αντλητικός το βράδυ ανεβάζοντας το νερό του ταμιευτήρα Πλατανόβρυσης στον ταμιευτήρα Θησαυρού.
- Ο ΥΗΣ Στράτος I στον Αχελώο μετά το Καστράκι .Σταθμός υπόγειος έναρξη λειτουργίας το 1988,με ισχύ 150 MW.Οι τρεις σταθμοί του Αχελώου έχουν μεγάλη παραγωγή και είναι πολύ σημαντικοί για το Σύστημα Παραγωγής – Μεταφοράς.
- Ο ΥΗΣ Πολυφύτου στον ποταμό Αλιάκμονα κοντά στην Σερβία Κοζάνης φράγμα χωμάτινο με ισχύ 360 MW και έναρξη λειτουργίας το 1974.Έργο πολύ σημαντικό για την εξασφάλιση νερού στη Μακεδονία.
- Ο ΥΗΣ Πλατανόβρυσης κατάντη του Θησαυρού .Φράγμα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα με ισχύ 116 MW και έναρξη λειτουργίας το 1999.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- Ο ΥΗΣ Ασωμάτων κατάντη της Σφηκιάς με ισχύ 108 MW και έναρξη λειτουργίας το 1985.
- Ο ΥΗΣ Άρτας στα 2 χιλιόμετρα από την Έδεσσα στον ποταμό Έδεσσαίο(Βόδα).Φράγμα χωμάτινο με ισχύ 50 MW και έναρξη λειτουργίας το 1956.
- Ο ΥΗΣ Λούρου κοντά στη Φιλιπιάδα στον ποταμό Λούρο φράγμα τσιμεντένιο βαρύτητας με έναρξη λειτουργίας το 1954 και ισχύ 10,5 MW.

-Μια μικρή ακόμα ομάδα μικρών ιστορικών υδροηλεκτρικών σταθμών με ισχύ κάτω από 11 MW είναι η εξής:

- Ο μικρός ΥΗΣ Μακροχωρίου κοντά στην Βέροια ισχύος 10,8 MW, έναρξη λειτουργίας 1992,
- Ο μικρός ΥΗΣ Βερμίου στην Βέροια ισχύος 1,5MW, έναρξη λειτουργίας 1936,
- Οι μικροί ΥΗΣ Αγυιάς και Αλμυρού στην Κρήτη Αγ.Ιωάννη στις Σέρρες συνολικής ισχύος 1,3MW,
- Ο μικρός ΥΗΣ Γλαύκου στην Πάτρα ισχύος 3,7MW, έναρξη λειτουργίας 1926.
- Ο μικρός ΥΗΣ Γκιώνας ,κοντά στην Άμφισσα ,σε ένα κλάδο του υδαταγωγού Μόρνου-Αθήνας, ανάντη του έργου καταστροφής ενέργειας ισχύς 8,5MW, έναρξη λειτουργίας 1988.
- Ο μικρός ΥΗΣ Στράτου ΙΙ ,κοντά στο Αγρίνιο ,αρδευτικός ισχύος 6,2MW, έναρξη λειτουργίας 1989.



Εικόνα 4: πλάνο μεγάλων και μικρών υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων

1.5 Ιστορική αναδρομή – εξέλιξη μικρών υδροηλεκτρικών έργων.

Η εξέλιξη των Μικρών Υδροηλεκτρικών άρχισε στην Ελλάδα με την κατασκευή των υδραυλικών τροχών, των υδρόμυλων των υδροτριβείων των πριονιστηρίων ξυλείας, των σουσαμομύλων και υφαντουργείων. Ήδη, από τις αρχές του αιώνα κάποιες από τις εγκαταστάσεις μηχανικής αξιοποίησης του λευκού άνθρακα εξελίχθηκαν σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με στόχο την κάλυψη τοπικών αναγκών. Ο ηλεκτρισμός, η βιομηχανοποίηση και η ανάπτυξη της χώρας βασίστηκε κυρίως στα Μικρά Υδροηλεκτρικά της ιδιωτικής πρωτοβουλίας. Εξυπακούεται ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το νερό αναπτύχθηκε σε ορισμένες προνομιακές τοποθεσίες. Δεκάδες μικρές ή μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, με χαρακτηριστικότερες των οποίων οι Βέρμιο, Λαναράς, Βαρβαρέσος, Τσίτσι, Εστία, Καναβουργείο της Μακεδονίας, ιδρύθηκαν κατά μήκος ποταμών σε αστικές περιοχές της Μακεδονίας με στόχο την αξιοποίηση της δύναμης του νερού.

Στο βιομηχανικό τοπίο των περιοχών αυτών, η αρμονική συνύπαρξη και εναλλαγή των παραδοσιακών κτισμάτων με τη λαϊκή αρχιτεκτονική, την πλούσια βλάστηση και τους καταρράκτες, συνιστούσαν κέντρα ανάπτυξης και ενιαία οικολογικά σύνολα, πλούσια στοιχεία της πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Η μελέτη της εξέλιξης της υδροηλεκτρικής ενέργειας περνά μέσα από τη μελέτη της ιστορίας και των εξελίξεων μιας περιοχής, που δεν είναι άσχετη με τις ιδιομορφίες του πλέγματος των βιοτεχνικών και εργασιακών σχέσεων κάθε περιοχής. Η μεταπολεμική περίοδος της Ελλάδος αποτελεί την τρίτη περίοδο της ιστορίας του ελληνικού εξηλεκτρισμού, η οποία χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια για ενοποίηση των υπαρχόντων τοπικών δικτύων σε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα, την αξιοποίηση των εγχώριων πλουτοπαραγωγικών πηγών, την εθνικοποίηση της παραγωγής, την ίδρυση της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού με μονοπωλιακά δικαιώματα, την ανασυγκρότηση της Χώρας μετά το '81 Παγκόσμιο Πόλεμο και τον Εμφύλιο. [Παπαδόπουλος Μ., Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές,]

Αναμφίβολα ρυθμιστικό ρόλο στη διαμόρφωση της ανάγκης μονόδρομης εξέλιξης της ηλεκτρικής βιομηχανίας προς την κατεύθυνση του συγκεντρωτισμού και του κρατικού μονοπωλίου διαδραμάτισαν και οι ιδιαιτερότητες του Σχεδίου Μάρσαλ και της οποιασδήποτε άλλης ξένης βοήθειας. Ο παράγοντας αυτός για το σχεδιασμό, τη χρηματοδότηση και την εκτέλεση των μεγάλων μεταπολεμικών έργων ανασυγκρότησης ήταν τότε απόλυτα δικαιολογημένος, διότι η ενοποίηση της παραγωγής σε ένα ενιαίο διασυνδεδεμένο δίκτυο συνέβαλε στο να επιμερίζονται σε εθνική κλίμακα τόσο τα φορτία όσο και το κόστος μεταξύ των κερδοφόρων και ζημιογόνων περιοχών. Αναμφίβολα είχε τότε αγνοηθεί η υπάρχουσα δυναμική του Ιδιωτικού Τομέα που ήταν ιδιοκτήτης περίπου τετρακοσίων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στο βωμό της συγκεντροποίησης της ενέργειας θυσιάστηκαν τα περισσότερα από τα λειτουργούντα τότε Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα παρά την αξιοπιστία τους, τη βιωσιμότητα και τις τάσεις άλλων χωρών οι οποίες παράλληλα με το συγκεντρωτισμό στήριζαν και τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα. Το εάν θα μπορούσε τότε ο Ιδιωτικός Τομέας να επωμιστεί το έργο του ολικού εξηλεκτρισμού της Χώρας και της αξιοποίησης των εγχώριων πλουτοπαραγωγικών πηγών της αποτελεί ίσως ιστορικό αίνιγμα, το οποίο όμως θα μπορούσε κάποτε, εφόσον ο νέος νόμος για τις ανανεώσιμες να απαντηθεί πηγές ενέργειας αποδώσει καρπούς και μάλιστα σύντομα.

Στην Ελλάδα υπάγονται 17 Ιδιωτικά Μικρά Υδροηλεκτρικά συνολικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 10 MW προ της αναγκαστικής τους εξαγοράς από τη ΔΕΗ στις αρχές της δεκαετίας του 1950. Η ίδρυση της ΔΕΗ με απολύτως μονοπωλιακό χαρακτήρα, η εγκατάσταση ενός ενιαίου εθνικού διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού δικτύου στο ηπειρωτικό τμήμα της χώρας και οι επιταγές των καιρών που ήταν προσανατολισμένες στην κατασκευή μεγάλων θερμικών και υδροηλεκτρικών σταθμών, έθεσαν τα εξαγορασμένα μικρά υδροηλεκτρικά στο περιθώριο και στη συνέχεια οδήγησαν στην υποβάθμιση του ρόλου τους και στη διακοπή της λειτουργίας των περισσότερων από αυτά.

Εκτός από την αναγκαστική εξαγορά, από τη ΔΕΗ, κάποιων εγκαταστάσεων και η κρίση στον τομέα της κλωστοϋφαντουργίας, από κοινού με την απουσία ζωτικής ενδοχώρας σε πολλές περιοχές με πλούσια μικροϋδροηλεκτρική παράδοση, οδήγησαν στην επαναδιοργάνωση τοπικών δραστηριοτήτων σε πολλές πόλεις της Μακεδονίας μερικά εγκαταλειμμένα εργοστάσια παραμένουν αδιάψευστοι μάρτυρες μιας παλιάς καλής εποχής. Πολλά από τα πρώην λειτουργούντα Μικρά Υδροηλεκτρικά σώζονται σήμερα ως ερείπια. Σε άλλες περιπτώσεις η παρουσία καταθλιπτικών αγωγών και ερειπωμένων βιοτεχνικών και βιομηχανικών μονάδων υπενθυμίζει λάθη και κάποια αντιαναπτυξιακά ιστορικά ατυχήματα .

1.6 Μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός Γλαύκου.

Από την αρχαιότητα, το επίθετο *γλαυκός* αποδίδει το ασπρογάλαζο χρώμα της παραγμένης θάλασσας ενώ ως θεότητα, ο Γλαύκος, γιος του Ποσειδώνα, προμήνυε θύελλες και τρικυμίες στους ναυτικούς. Το όνομα αυτό το απέδιδαν οι αρχαίοι Έλληνες σε ποτάμια και χείμαρρους ξακουστής ορμητικότητας και βίαιης συμπεριφοράς και όχι τυχαία.

Ο Γλαύκος θεωρείται στην Ελλάδα ως ο χείμαρρος που παρασύρει το μεγαλύτερο όγκο φερτών υλών κατά τους χειμερινούς μήνες, ένας συνδυασμός σαθρού εδάφους και μεγάλης κλίσης ροής. Το σαθρό υπέδαφος που αποτελείται από φλύσχη της ιονίου ζώνης έντονα καταπονημένο από την μεγάλη σεισμική δραστηριότητα της περιοχής, παρασύρεται από την ορμή των υδάτων και στην συνέχεια συμπαρασύρει ογκόλιθους οι οποίοι καταλήγουν στην θέση του ΥΗΕ. Η ορμητικότητα του χείμαρρου έχει δημιουργήσει σε σύντομο χρονικό διάστημα τεράστιες φθορές τόσο στο ίδιο το φράγμα όσο και στις κατάντη περιοχές. Το μήκος του ποταμού είναι 27 χιλιόμετρα περίπου και εκβάλλει στην νότια πλευρά του Πατραϊκού κόλπου. Αποτελεί φυσικό σύνορο ανάμεσα στον Δήμο Μεσσήτιδος και Δήμο Πάτρας. Στο ποταμό Γλαύκο σήμερα γίνονται έργα σχετικά με την ρύθμιση της κοίτης, την κατασκευή τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα και ανακατασκευή του παραποτάμιου δρόμου. Το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο του Γλαύκου είναι «συνεχούς ροής», δεν περιλαμβάνει δηλαδή σημαντική περισυλλογή.



Εικόνα 5:εργασίες κατασκευής του Υ.Η.Σ Γλαύκου

1.6.1 Η ευρύτερη περιοχή.

Ο Υ/Η σταθμός του Γλαύκου είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την περιοχή στην οποία βρίσκεται εγκατεστημένος. Η κοιλάδα του Γλαύκου διασχίζεται από τον ποταμό Γλαύκο και από διάφορους χείμαρρους που πηγάζουν από τη Δυτική πλευρά του Παναχαϊκού όρους. Όσον αφορά στην οριοθέτηση του, στο βόρειο τμήμα του βρίσκεται η πόλη της Πάτρας, στην ανατολική πλευρά βρίσκονται οι συνοικίες της Εγλυκάδας και του Γηροκομείου. Στο ανατολικό τμήμα ορίζεται από τις απολήξεις του Παναχαϊκού και από δυτικά από τον Πατραϊκό κόλπο. Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε τις λεκάνες απορροής της περιοχής του Γλαύκου.



Εικόνα 6: λεκάνες απορροής του ποταμού Γλαύκου

Η περιοχή του Γλαύκου περιλαμβάνει μία πληθώρα χειμάρρων. Αυτοί είναι:

- Ο χειμάρρος Μαλαμαμούτης
- Ο χειμάρρος Ρωμανού
- Ο χειμάρρος Διακονιάρης
- Ο χειμάρρος Ελεκίστρας
- Ο ποταμός Γλαύκος
- Οι χειμάρροι Φίλιουρας και Ξηροπόταμος
- Ο χειμάρρος Νερομάνας

1.6.2 Εδαφολογικά στοιχεία.

Ο χειμάρρος Γλαύκος η Λεύκα της Αχαΐας βρίσκεται στο νότιο μέρος της Πάτρας και πηγάζει από τη ΝΔ πλευρά του Παναχαϊκού και εκβάλλει στη θάλασσα κοντά στη θέση Ιτιές των Πατρών. Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Γλαύκου περιλαμβάνει την περιοχή των χωριών Σούλι-Μοίρα-Ζούμπατα. Έχει συνολική έκταση 72.000 km² και ύψος πάνω από τη θάλασσα 150-1925μ. με διεύθυνση ΒΔ. Το Παναχαϊκό όρος ως γνωστό ανήκει στην κεντρική ορεινή ζώνη Πίνδου-Ερυμάνθου που είναι τμήμα του δεινοταυρικού τόξου των αλπικών πτυχώσεων. Αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα καθώς και από ψαθυρά πυριτιοαργυλικά στρώματα. Η κοιλάδα του Γλαύκου έγινε από τις διαβρώσεις κατά μήκος των κανονικών ρηγμάτων των πυριτιοαργυλικών πετρωμάτων. Η πεδινή κοίτη του Γλαύκου αποτελείται από προσχώσεις που αρχίζουν από τη θάλασσα μέχρι 150μ. υψόμετρο και σε απόσταση 5km από τη θάλασσα στη θέση Μαυρομαντήλα. Τα υλικά που παρασύρονται από το χειμάρρο Γλαύκο προέρχονται κυρίως από την αριστερή όχθη του χειμάρρου και σε απόσταση 7km από τη θέση Μαυρομαντήλα.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Ιδιαίτερα απέναντι από το χωριό Σούλι, όπου ο χείμαρρος διαβρώνει τις όχθες και σχηματίζονται τεράστιες καταπτώσεις οι οποίες όταν διαποτιστούν από τις βροχές διασπάται η συνοχή και έτσι τροφοδοτούν τον χείμαρρο με τεράστιους όγκους φερτών υλών. Φερτές ύλες φέρνει επίσης και ο χείμαρρος Δερβενίκος που ενώνεται με τον χείμαρρο Γλαύκο κατάντη του χωριού Σουλίου. Η λεκάνη του Δερβενίκου έχει έκταση 11.00 km² και το μήκος της διαδρομής του 4 km περίπου. Η κλίση του πυθμένα είναι μεγάλη καθώς και τα πρανή, σε αυτό οφείλεται άλλωστε η ορμητικότητα των πλημμύρων του χειμάρου που έχει σαν συνέπεια τη μεταφορά μεγάλων όγκων φερτών υλών. Η λεκάνη απορροής του Γλαύκου είναι γενικά διαπερατή και αυτό αποδεικνύεται από τις πολλές πηγές που υπάρχουν στο Σούλι, Ζουμπάτα, Θάνα, και μέσα στο Δερβενίκιο σε υψόμετρο 900μ. Η συνολική παροχή των πηγών αυτών κατά τους μήνες της ξηρασίας περνάει τα 0,5m³/sec ενώ τους χειμερινούς μήνες σε περίοδο πλημμύρας φθάνει και τα 150 m³/sec. Η μέγιστη αυτή παροχή υπολογίστηκε με βάση τις βροχομετρικές παρατηρήσεις του Μετεωρολογικού σταθμού Πατρών. Κατά τα τελευταία χρόνια δεν παρατηρήθηκε παροχή μεγαλύτερη από 100 m³/ sec και αυτό σπάνια. Πάντως τα τεχνικά έργα του Δασαρχείου Πατρών υπολογίστηκαν για παροχές 140 m³/sec για το Γλαύκο και 45m³/sec για το Δερβενικό.

1.6.3 Γενικότερα στοιχεία.

Το υδροηλεκτρικό έργο του Γλαύκου κατασκευάστηκε την περίοδο 1922 – 1926 από τη δημοτική επιχείρηση Γλαύκος στα περίχωρα της Πάτρας και είναι το πρώτο ΥΗΕ στην Ελλάδα. Η άδεια για την κατασκευή του ΥΗΕ δόθηκε από την κυβέρνηση Δ. Γούναρη στις 14 Ιουνίου 1922 και το προνόμιο αποκλειστικής εκμετάλλευσης του Γλαύκου ορίστηκε στα 99 χρόνια. Μετά το Β' παγκόσμιο πόλεμο η περίοδος αυτή παρατάθηκε για να φτάσει τελικά το έτος 2039! Η χρηματοδότηση του έργου έγινε από δάνειο 145.000 λιρών που πήρε ο δήμος Πατρών από την εθνική τράπεζα και αποπλήρωσε το 1944. Την μελέτη του έργου ανέλαβαν Ελβετοί μηχανικοί από το πολυτεχνείο της Γενεύης το οποίο την περίοδο εκείνη θεωρούνταν στην Ελλάδα ως το κορυφαίο παγκοσμίως, την κατασκευή όμως ολοκλήρωσαν τοπικοί εργολάβοι.

Το έργο προοριζόταν για την ύδρευση και ενεργειακή κάλυψη της πόλης των Πατρών από τα νερά του ομώνυμου χειμάρρου. Το πρώτο φράγμα που κατασκευάστηκε είχε ένα θυρόφραγμα και τελείως διαφορετική μορφή από την σημερινή Το Νοέμβριο του 1927 έγινε μεγάλη πλημμύρα που παρέσυρε το κινητό φράγμα του ΥΗΣ Γλαύκου. Συντρίμμια φαίνονται ακόμα μέσα στο ποτάμι. Το Φεβρουάριο του 1928 ακολούθησε τεράστια κατολίσθηση στην αριστερή πλευρά του χειμάρρου και σε απάντηση 500μ. από το φράγμα υδροληψίας. Ο χείμαρρος τότε φράχτηκε και δημιουργήθηκε έτσι μια πρόσχωση της κοίτης μεταξύ της κατολίσθησης και του φράγματος που το βάθος έφθανε τα 25 μέτρα. Το φράγμα υδροληψίας χώθηκε σχεδόν ολόκληρο. Η κατολίσθηση αυτή συνέβη ίσως από την αποθήκευση νερού μέσα στα πετρώματα που έπαθε διαστολή λόγω του παγετού με συνέπεια να καταστρέψει τη συνοχή των πετρωμάτων και τα πετρώματα να διαβρωθούν. Η καταστροφή αυτή επηρέασε καταλυτικά τον σχεδιασμό του δεύτερου έργου στην ίδια θέση το οποίο λειτουργεί έως σήμερα.

Το 1968 η ΔΕΗ αγόρασε από το δήμο Πατρών το ΥΗΕ και το ενέταξε στο δίκτυο των υδροηλεκτρικών σταθμών της υπό την διοίκηση του ΥΗΣ Λάδωνα. Ο Γλαύκος αν και παράγει πλέον πολύ μικρή ενέργεια σε σχέση με τις ανάγκες της Πάτρας, καταφέρνει για μεγάλο χρονικό διάστημα - από μέσα Νοέμβρη μέχρι και τέλη Απρίλη- να καλύπτει σχεδόν εξ' ολοκλήρου τις ανάγκες της πόλης για ύδρευση.

Το ΥΗΕ του Γλαύκου δεν μπορεί στην ουσία να θεωρηθεί φράγμα καθώς δεν αποταμιεύει νερό παρά μόνο εκτρέπει την κανονική παροχή του χειμάρρου. Όταν ο Γλαύκος δεν κατεβάζει νερό, οι στρόβιλοι δεν λειτουργούν, ενώ όταν οι παροχές είναι μεγάλες, οι στρόβιλοι πάλι δεν λειτουργούν από το κίνδυνο έμφραξης τους με φερτά. Το επιπλέον νερό παροχετεύεται στα κατάντη με το άνοιγμα των θυροφραγμάτων καθώς η ικανότητα ανάσχεσης πλημμύρας του έργου είναι μηδαμινή. Στο σταθμό εγκαταστάθηκαν αρχικά 3 μονάδες Francis των 750kW. Το 1936 τοποθετήθηκε μια ακόμα μονάδα τύπου Pelton ισχύος 1,5MW. Η υπάρχουσα μονάδα Pelton ανατινάχτηκε το 1947 κατά τη διάρκεια του εμφύλιου και μετά από επισκευές και αλλαγή του άξονα της τουρμπίνας και των στροφείων της το 1955, λειτούργησε διαρκώς μέχρι τις 10.4.1995 που άρχισαν οι εργασίες ανακατασκευής με την αποσυναρμολόγηση της γεννήτριάς της. Σημειώνεται ότι το 1968 η Επιχείρηση εξαγόρασε τον Υ.Η.Σ. Γλαύκου. Η αποζημίωση του Δήμου Πατρών σύμφωνα με δήλωση του Δήμου ανήλθε στο ποσό των 150.000.000 δραχμών σε τιμές της εποχής. Μέσω των ίδιων δυνάμεων της Επιχείρησης έγινε αποξήλωση όλου του παλαιού εξοπλισμού πρωτεύουσα θέση στον οποίο κατέχει ο ηλεκτρολογικός, η αρχιτεκτονική αναδιαρρύθμιση και βελτίωση των εσωτερικών χώρων του παλαιού Σταθμού. Πραγματοποιήθηκε βελτίωση της υποδομής και στήριξης του μεταλλικού Αγωγού Προσαγωγής, αναπεριέλιξη του ρότορα της παλαιάς μονάδας, επεμβάσεις στον Υδατόπυργο. Έγινε επίσης επέμβαση στην Υδροληψία για βελτίωση των συνθηκών ροής και μείωση των βλαπτικών φερτών υλών, αντικατάσταση επισκευή και συντήρηση σημαντικού τμήματος του Κτιρίου του παλαιού Σταθμού. Έγινε αναβάθμιση των υπαρχόντων κτιρίων του ευρύτερου χώρου του Υ.Η.Σ. και αξιοποίησή τους προς όφελος της εκμετάλλευσης του αναβαθμισμένου Σταθμού όπως και για την κοινωνική εν γένει προβολή του έργου της Επιχείρησης (βιομηχανικός, μουσειακός χώρος με εκθετήρια και χώροι εξυπηρέτησης επισκεπτών του κοινού). Όμως λόγω του μικρού μεγέθους των μονάδων Francis, της παλαιάς τεχνολογίας τους και των φθορών που υπέστησαν, έπεσε σταδιακά κατά 60% η απόδοσή τους και τελικά αποξηλώθηκαν. Το 1995 εγκαταστάθηκε νέα μονάδα τύπου Francis και η ισχύς του σταθμού ανήλθε συνολικά στα 4,1 MW. Ετησίως ο ΥΗΣ Γλαύκου παράγει 10 GWh καλύπτοντας περίπου το 1/30 των αναγκών της πόλης των Πατρών σε ηλεκτρική ενέργεια.

[Τεχνικές Σημειώσεις Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου]



Εικόνα 7: το πρώτο φράγμα στο Γλαύκο που καταστράφηκε το 1928

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

1.6.4 Ιστορική εξέλιξη.

Ηλεκτροδότηση Πάτρας :

Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία (από 1907)

Ντομένικο Μονόπολι και Αλέξιο Διλέρνα (από 1918-1926)

1919

Γουίλιαμ Μόρφου : υπόμνημα στην Ελληνική κυβέρνηση.

Έγκριση υπομνήματος – Κατάρτιση σχεδίου νόμου – έναρξη μελετών.

11-6-1922

συστάθηκε η «Ελληνική Ανώνυμος Υδροηλεκτρική Εταιρεία Γλαύκου».

Σύμπραξη : Δήμος Πατρέων – Εθνική Τράπεζα. Η πρώτη δημοτική επιχείρηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

14-6-1922

Νόμος επί πρωθυπουργού Δ.Γούναρη.

Παραχωρείται στο Δήμο Πατρέων το προνόμιο για :

- Εγκατάσταση δικτύου παραγωγής – παροχής – διανομής ηλεκτρικού ρεύματος.

- Αποκλειστική εκμετάλλευση των υδάτων του Γλαύκου.

Σύμβαση:

Διάρκεια 99 χρόνια.

Έναρξη ισχύος 1927- λήξη ισχύος 2026.

Λόγω Β΄ Π.Π. παράταση μέχρι τις 5-5-2039.

1925

Ολοκλήρωση κατασκευής- έναρξη λειτουργίας Μικρού Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου.

3 μονάδες Pelton κατακόρυφου άξονα 750 kW έκαστη .

Παράλληλα προώθηση πώλησης ηλεκτρικών οικιακών συσκευών.

1927

Κατολίσθηση στην περιοχή του φράγματος- Διακοπή λειτουργίας σταθμού.

Έναρξη εργασιών αποκατάστασης & κατασκευής νέου φράγματος.

1933

Επανεναρξη λειτουργίας σταθμού.

1936

Προσθήκη μονάδας Pelton.

1950

Ίδρυση της ΔΕΗ- Σταδιακή εξαγορά ιδιωτικών & δημοτικών επιχειρήσεων ηλεκτροπαραγωγής

11-5-1968

Παραχώρηση του ΜΥΗΣ Γλαύκου στη ΔΕΗ.

Τίμημα 15.000.000 δρχ.

Απρίλιος 1995- Φεβρουάριος 1997

Ανακαίνιση του ΜΥΗΣ Γλαύκου.

Αντικατάσταση αγωγού πτώσεως.

Προσθήκη μονάδας Francis.

Αντικατάσταση στροφείου μονάδας Pelton.

Αντικατάσταση ηλεκτρολογικών πινάκων- ρυθμιστών στροφών.

Δημιουργία μουσείου.

2008-ΣΗΜΕΡΑ

Μεταβίβαση του ΜΥΗΣ Γλαύκου από τη ΔΕΗ Α.Ε. στη ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε..



Εικόνα 8: αεροφωτογραφία σταθμού

1.7 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα ΜΥΗ σταθμών.

Στον παρακάτω πίνακα 1 αναγράφονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .

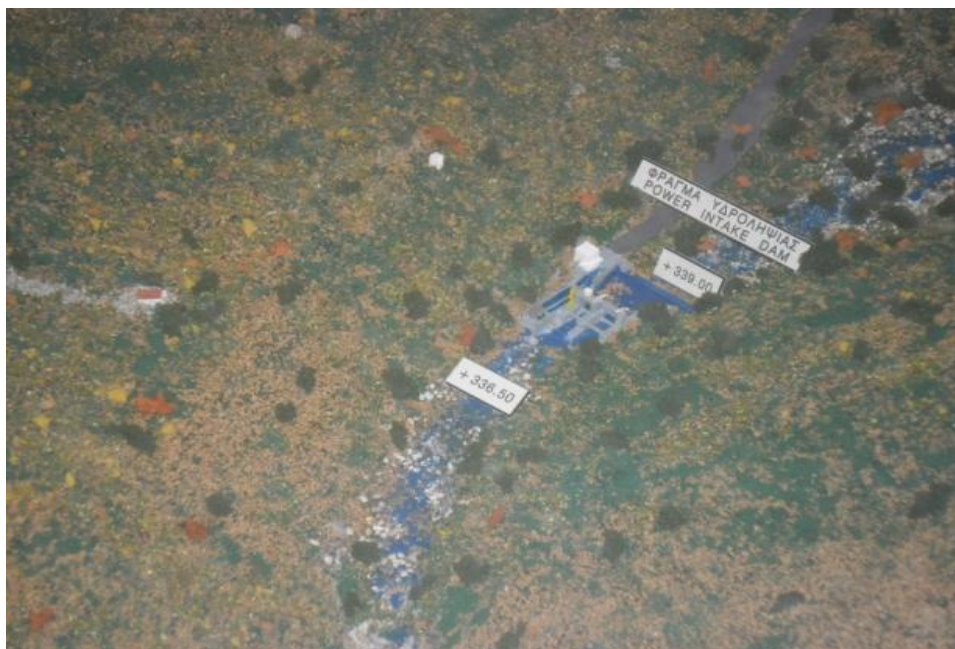
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Οικονομικές επιπτώσεις	
Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης	Υψηλό κόστος επένδυσης
Μεγάλος χρόνος ζωής (50 έως και πάνω από 100 χρόνια)	Εξάρτηση από τις βροχοπτώσεις
Ανταποκρίνονται άμεσα σε διακυμάνσεις του φορτίου ζήτησης (εφόσον διαθέτουν ταμιευτήρα)	Ο όγκος του ταμιευτήρα πιθανόν να περιοριστεί από την συγκράτηση φερτών υλών
Αξιόπιστη λειτουργία	Μακροχρόνιος σχεδιασμός μέχρι την υλοποίηση
Αξιόπιστη και δόκιμη τεχνολογία	Μακροχρόνια συμβόλαια και δεσμεύσεις
Συμμετέχουν σημαντικά στην περιφερειακή ανάπτυξη	Απαιτούν πολύπλευρες συνέργειες και συμφωνίες υπηρεσιών και πολιτών
Εξασφαλίζουν υψηλούς βαθμούς ενεργειακής απόδοσης (κυρίως όταν έχουν ταμιευτήρα αναρρύθμισης)	Συχνά απαιτούν εξειδικευμένους Αναδόχους και κεφάλαια χρηματοδότησης εξωτερικού
Πολλαπλής σκοπιμότητας, πέραν της ενεργειακής παραγωγής	
Απασχόληση επιστημονικού και εργατικού δυναμικού	
Αποφυγή χρήσεως στερεών και υγρών καυσίμων	
Ενεργειακή απεξάρτηση με τη χρήση εγχώριων πηγών ενέργειας	
Βελτιστοποιεί τη λειτουργία θερμικών σταθμών και άλλων ανανεωσίμων σταθμών (υβριδικά	
Κοινωνικές επιπτώσεις	
Δίδουν τη δυνατότητα αξιοποίησης του νερού για πολλαπλές χρήσεις	Η δημιουργία μεγάλων ταμιευτήρων απαιτεί μετεγκατάσταση πληθυσμών
Συχνά εξασφαλίζουν αντιπλημμυρική προστασία	Παρεμποδίζουν τη ναυσιπλοία (σε πλωτούς ποταμούς)
Οι ταμιευτήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ψυχαγωγικές δραστηριότητες	Απαιτείται προστασία και καλές συνθήκες υγιεινής στους ταμιευτήρες
Αναβαθμίζεται η ευρύτερη περιοχή (οδοί, προσπέλασης, γέφυρες κλπ.)	Απαιτείται ορθολογική και θεσμοθετημένη διαχείριση σε περίπτωση πολλαπλών χρήσεων
Δίδουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης τοπικού πληθυσμού στην κατασκευή και λειτουργία	Απαιτείται ενημέρωση του πληθυσμού και αμπισταθμιστικά οφέλη στην περίπτωση επιπτώσεων στις χρήσεις γης
Βελτιώνουν τις συνθήκες ζωής και διατηρούν και αναβαθμίζουν τον πληθυσμό της περιοχής (ύδρευση, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία)	
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	
Δεν παράγουν ατμοσφαιρική ρύπανση	Οι μεγάλοι ταμιευτήρες κατακλύζουν σημαντικές εκτάσεις
Βελτιώνουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας	Μεταβάλλουν τις υδρολογικές συνθήκες
Δεν παράγουν απόβλητα	Μεταβάλλουν την υδρόβια πανίδα
Αντικαθιστούν μη ανανεώσιμα καύσιμα (κάρβουνο, φυσικό αέριο, πετρέλαιο)	Απαιτείται διαχείριση των πολλαπλών χρήσεων και έλεγχο της ποιότητας υδάτων
Οι λεπτομερείς μελέτες που απαιτούνται επεκτείνονται και στην έρευνα της υδρόβιας ζωής	Απαιτείται παρακολούθηση και διαχείριση της υδρόβιας πανίδας
Με τη δημιουργία ταμιευτήρων εξομαλύνονται οι έντονες κλιματικές αλλαγές	Τα φράγματα αποτελούν εμπόδια στην μετακίνηση της ιχθυοπανίδας
Στους ταμιευτήρες δημιουργούνται νέα οικοσυστήματα	Απαιτείται επιμελημένη αποψίλωση της λεκάνης κατάκλυσης, πριν από την πλήρωση, για να αποφευχθεί η δράση αναερόβιων οργανισμών και η δημιουργία επιβλαβών αερίων, τα οποία στη συνέχεια διαχέονται στην τροφική αλυσίδα.
Τα υδροηλεκτρικά έργα δεν κατακρατούν, μόνο αναρρυθμίζουν τις εισρέουσες ποσότητες νερού και δεν μολύνουν το νερό κατά την παραγωγή ενέργειας	Οι αποθέσεις φερτών υλών και η διοχέτευσή τους προς τα κατάντη αποτελούν αντικείμενο περιβαλλοντικής διαχείρισης

Πίνακας 1:πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα της υδροηλεκτρικής παραγωγής [Εργαστηριακές σημειώσεις στροβιλομηχανών καθηγητή Γιαννάκη Ιωάννη]

2 Επιμέρους τμήματα ΜΥΗΣ

Οι Υδροηλεκτρικές Εγκαταστάσεις έχουν μεγάλη έκταση ανάλογα με το μέγεθος του ποταμού και το σχέδιο εκμετάλλευσης του νερού της λεκάνης απορροής. Ύστερα από μετρήσεις και έρευνες γίνεται η προμελέτη έργων αξιοποίησης ενός ποταμού, η μελέτη, η κατασκευή και τέλος αρχίζει η εκμετάλλευση του έργου. Κύρια τμήματα ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι ο Ταμιευτήρας, το Φράγμα, ο Υπερχειλιστής, η Υδροληψία, οι Σήραγγα Προσαγωγής του νερού, ο Πύργος εκτόνωσης, ο Αγωγός πτώσεως, το Εργοστάσιο Παραγωγής, ο Υποσταθμός ανύψωσης τάσεως, οι Γραμμές μεταφοράς, διάφορες κτιριακές εγκαταστάσεις και ο Αγωγός φυγής. Ποιο αναλυτικά διακρίνονται παρακάτω

2.1 Στοιχεία φράγματος Γλαύκου.



Εικόνα 9: Φράγμα (μακέτα μουσείου)

Η υδροληψία βρίσκεται σε υψόμετρο 339 μέτρων και χρησιμεύει στη δημιουργία μικρής δεξαμενής για την οδήγηση του νερού και την είσοδο στη σήραγγα προσαγωγής. Υπάρχουν πολλά είδη φραγμάτων και χωρίζονται ανάλογα το υλικό με το οποίο κατασκευάζονται (πέτρα, σκυρόδεμα, χώμα και άλλα υλικά). [Τεχνικές Σημειώσεις Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου] Επίσης, ανάλογα με το ύψος τους, διακρίνονται σε μεγάλα, μεσαία και μικρά. Στην περίπτωση του Γλαύκου το φράγμα έγινε από οπλισμένο σκυρόδεμα και θεμελιώθηκε πάνω στο παλιό από σκυρόδεμα φράγμα που είχε προσχωθεί από φερτές ύλες. Πριν από την υδροληψία υπάρχουν δύο διώρυγες προσαγωγής (αμμοσυλλέκτες με βάνες στον πυθμένα τους για την εκκένωση των φερτών υλών). Για την προστασία του φράγματος αυτού έχει γίνει ένα πρόφραγμα σε 400 μέτρα. Με τα έργα αυτά και με άλλα που έγιναν αργότερα από το Δασαρχείο Πατρών περιορίστηκαν οι φερτές ύλες καθώς και οι πλημμύρες του χειμάρρου.



Εικόνα 10: Φράγμα

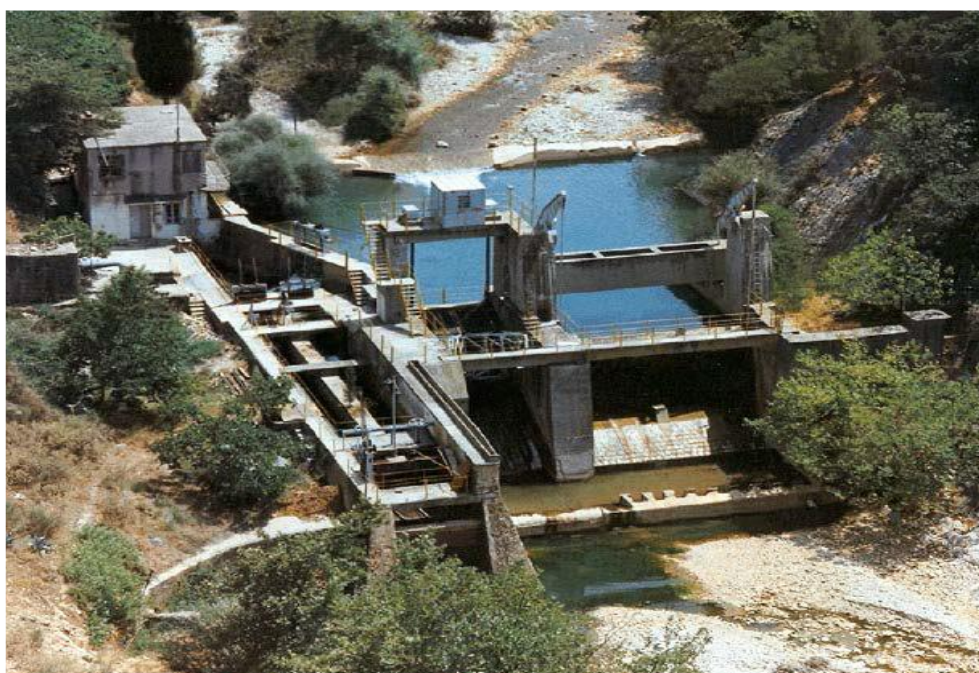
Το φράγμα είναι κατασκευασμένο κάθετα στην κοίτη του ποταμού Γλαύκου με σκοπό την αποθήκευση, παροχέτευση ή ανάσχεση της πλημμυρικής παροχής του ρεύματος. Για το λόγο αυτό εγκάρσια στην κοίτη του χειμάρρου υπάρχουν δύο θυροφράγματα : ένα αυτόματο και ένα ηλεκτροκίνητο. Έτσι δημιουργείται μια μικρή δεξαμενή, που επιτρέπει τη ροή του νερού προς τον αγωγό προσαγωγής . Λόγω του μικρού ύψους του φράγματος υπάρχει μικρός ταμιευτήρας και επίσης η έκλυση των φερτών γίνεται μέσω του τοξωτού θυροφράγματος. Αυτό είχε σαν ορθή συνέπεια να μην κατασκευαστεί εκκενωτής πυθμένα. Το 1922-1926 είχε πραγματοποιηθεί η κατασκευή του πρώτου φράγματος του Γλαύκου το οποίο είχε υπερχειλιστή με ένα θυρόφραγμα το οποίο είχε τελείως διαφορετική μορφή από το σημερινό. Το 1928 δηλαδή δύο χρόνια μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής υπήρξε κατολίσθηση και μεγάλου βάρους ογκόλιθοι κατέστρεψαν το έργο. Η καταστροφή αυτή είχε σαν αποτέλεσμα το έργο να επανασχεδιαστεί και να πάρει την μορφή που έχει σήμερα και που αποτελείται από δύο θυροφράγματα, ένα αυτόματο με αντίβαρο και ένα τοξωτό ηλεκτροκίνητο.



Εικόνα 11: Φράγμα

Το φράγμα υδροληψίας διαρρυθμίστηκε σε δύο τμήματα . Ένα τμήμα που είναι αυτόματο θυρόφραγμα και έχει άνοιγμα 9μ. και βάθος 4μ. και ένα άλλο χειροκίνητο θυρόφραγμα (ηλεκτροκίνητο από το 1969), που έχει άνοιγμα 4μ. και βάθος 4 μ. και που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό της λεκάνης υδροληψίας. Το αυτόματο φράγμα έχει την πόρτα η οποία ανοιγοκλείνει αυτόματα με χρήση του αντίβαρου όταν υπάρχει υπερχειλίση. Έτσι η πόρτα σηκώνεται όταν το αντίβαρο πέφτει.

Για μεγάλες παροχές όταν η στάθμη του νερού ξεπερνάει τα 15 με 20cm, για να μην πέσει απότομα το αντίβαρο ανοίγει τοξωτά το χειροκίνητο φράγμα . Για κανονικές παροχές και τα δύο φράγματα, αυτόματο και χειροκίνητο, παραμένουν κλειστά και το νερό περνάει από τα κανάλια όπου υπάρχουν σχάρες για την κατακράτηση μεγάλων αντικειμένων. Η στέγη του φράγματος που στην πραγματικότητα είναι ένας ροϋφράκτης έχει στάθμη 337,5μ. Πριν από την υδροληψία υπάρχουν δύο διώρυγες προσαγωγής(αμμοσυλλέκτες με βάννες στον πυθμένα τους για την εκκένωση των φερτών υλών).



Εικόνα 12: Φράγμα

2.1.1 Ταμιευτήρας.

Η λεκάνη απορροής του Γλαύκου, είναι γενικά διαπερατή και αυτό αποδεικνύεται από τις πολλές πηγές που υπάρχουν στο Σούλι (Κεφαλόβρυσο), Ζουμπάτα, Θάνα και μέσα στο Δερβένικο, σε υψόμετρο 900m. Η συνολική παροχή των πηγών αυτών, κατά την καλοκαιρινή περίοδο, περνάει τα 0.5 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο, ενώ τους χειμερινούς μήνες σε περίοδο πλημμύρας φτάνει και τα 150 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Η μέγιστη αυτή παροχή, υπολογίστηκε με βάση τις βροχομετρικές παρατηρήσεις του Μετεωρολογικού Σταθμού Πατρών. Κατά τα τελευταία, όμως, χρόνια δεν παρατηρήθηκε παροχή μεγαλύτερη από 100 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο (Δεκέμβριος 1981). Πάντως, τα τεχνικά έργα του Δασαρχείου Πατρών, υπολογίστηκαν για παροχές 140 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο για τον Γλαύκο και 45 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο για τον Δερβένικο.

2.1.2 Φράγμα.

Το φράγμα χρησιμοποιείται για να παρέχει στην υδροηλεκτρική μονάδα την απαραίτητη παροχή νερού αλλά και να σχηματίζει ταμιευτήρες ώστε να ανεξαρτητοποιήσουν τη λειτουργία του σταθμού από τις μεταβολές της φυσικής παροχής νερού. Το φράγμα κατασκευάζεται στην κοίτη του ποταμού όπου η έκταση του εδάφους επιτρέπει τη δημιουργία μιας λίμνης ή μιας δεξαμενής. Επιπλέον τα φράγματα χωρίζονται σε κατηγορίες με βάση το αν είναι κινητά ή σταθερά, με γνώμονα το τύπο κατασκευής τους όπως επίσης και τη χρησιμότητα τους δηλαδή το λόγω για τον οποίο έχουν φτιαχτεί για παράδειγμα αρδευτικά, αντιπλημμυρικά, ύδρευσης. Τα φράγματα μπορεί να έχουν πολλά πλεονεκτήματα στις εφαρμογές τους αλλά έχουν και ένα από τα μεγαλύτερα αρνητικά αφού η ύπαρξη φράγματος συνεπάγεται την εξαφάνιση κάτω από το νερό ολόκληρων οικοσυστημάτων με όποιες συνέπειες έπονται, βέβαια τα οικοσυστήματα που χάνονται αντικαθίστανται από τα αντίστοιχα υδάτινα που δημιουργούνται από τις τεχνητές λίμνες. Το φράγμα είναι το σπουδαιότερο και δαπανηρότερο τεχνικό έργο του Υ.Η.Σ. Επίσης ορισμένα κριτήρια τα οποία είναι απαραίτητα για την κατασκευή του φράγματος είναι τα εξής:

- * Ο σχηματισμός ταμιευτήρα μεγάλης χωρητικότητας
- * Ο σχηματισμός μεγάλης υψομετρικής διαφοράς με το μικρότερο δυνατό μήκος αγωγού πρόσπτωσης του νερού
- * Το κόστος
- * Η ευκολία κατασκευής του

Τα παραπάνω αποτελούν τα κριτήρια μιας οικονομοτεχνικής μελέτης η οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί για την επιλογή της θέσης ενός φράγματος. Τα φράγματα δημιουργούν με τεχνητό τρόπο λίμνες με τις οποίες γίνεται αποθήκευση του νερού. Έτσι ανάλογα με τις ανάγκες κάλυψης του φορτίου απελευθερώνεται η κατάλληλη ποσότητα νερού που χρειάζεται για την παραγωγή ισχύος. Αυτό γίνεται μέσω θυρών ολίσθησης του νερού οι οποίες ανοίγουν έτσι ώστε να περάσει περισσότερο νερό στον υδροστρόβιλο όταν αυτό είναι απαραίτητο. Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται τόσο από την παροχή νερού όσο και από την υψομετρική διαφορά μεταξύ της ανώτατης στάθμης του νερού και του σημείου όπου βρίσκεται ο υδροστρόβιλος. Τέλος τα υδροηλεκτρικά φράγματα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται ώστε να εκμεταλλεύονται στο μέγιστο τον όγκο αλλά και την ταχύτητα του νερού.

2.1.3 Υπερχειλιστής.

Η αλλαγή της προδιδόμενης ενέργειας η οποία προσφέρετε από τη φύση μπορεί να είναι καταστροφική για ένα ΥΗΕ καθώς σε περιόδους μεγάλων υδατοπτώσεων θα έχουμε υπερχειλίση του φράγματος και πιθανές καταστροφές όπως πλημύρες, ρήγματα στο φράγμα, καταστροφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού κ.α. Προς αποφυγή λοιπών τέτοιων καταστάσεων χρειάζεται η κατασκευή ενός καλά σχεδιασμένου υπερχειλιστή επάνω στο φράγμα, ο οποίος θα διοχετεύει το πλεονάζων νερό προς την κατάντη πλευρά. Λόγω του ότι οι μεγάλες ταχύτητες νερού μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή στο φράγμα, ο υπερχειλιστής θα πρέπει να έχει την μορφή της τροχιάς την οποία θα ακολουθήσει το νερό. Η τροχιά μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος της στάθμης του νερού πάνω από τον υπερχειλιστή. Για μεγάλες τιμές αυτού του ύψους ως προς το ύψος σχεδιασμού μπορεί να συμβεί αποκόλληση της ροής με κίνδυνο εμφάνισης του φαινομένου της παλαιώσης.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Υπάρχουν διάφορες διατάξεις υπερχειλιστών στις οποίες δεν θα αναφερθούμε, θα πούμε μόνο ότι σε κάποιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η ύπαρξη διατάξεων καταστροφής ενέργειας, διατάξεων εκτροπής του υδατορρεύματος κ.λπ. Ο Υπερχειλιστής αποτελεί σημαντικό τμήμα ενός φράγματος και ο σκοπός που επιτελεί είναι η εξασφάλιση της ασφάλειας του φράγματος σε ακραίες καιρικές συνθήκες (μεγάλες πλημμύρες) ή ακόμα και κινδύνους γεωλογικής φύσης (σεισμοί, υποχώρηση εδάφους, κατολισθήσεις κ.λπ.) .

2.1.4 Έργο υδροληψίας.

Σκοπός του έργου υδροληψίας είναι η οδήγηση της παροχής του νερού στη διώρυγα προσαγωγής (ανοικτός αγωγός) ή κατ' ευθείαν στον αγωγό πτώσεως (ή προσαγωγής), για την περίπτωση στην οποία δεν παρεμβάλλεται ανοικτή διώρυγα, εξασφαλίζοντας τη δυνατότερη ομοιόμορφη ροή ώστε να μην αναπτυχθούν υπερβολικές ταχύτητες, οι οποίες θα προκαλούσαν αποκόλληση και σχηματισμό στροβιλισμών. Το έργο υδροληψίας πρέπει να είναι εφοδιασμένο με σχάρα η οποία θα συγκρατεί τα επιπλέοντα σώματα (κλαδιά δένδρων κλπ.), με θυρόφραγμα (ή βάννα) ώστε να διακόπτεται η ροή στην περίπτωση ηθελημένης διακοπής της λειτουργίας (πχ. στην περίπτωση συντήρησης) και να φέρει διάταξη εξαμμωτή, ώστε τα αιωρούμενα σωματίδια να απομακρύνονται και να μη συμπαρασύρονται προς τους υδροστροβίλους, Η διαμόρφωση εξαμμωτή είναι πολύ μεγάλης σημασίας στην περίπτωση κατά την οποία η χωρητικότητα και η έκταση του ταμιευτήρα ανάντη του φράγματος (ή του εκχειλιστή) είναι μικρή, όπως συνήθως συμβαίνει στα μικρά ΥΗΕ. Διάταξη εξαμμωτή δεν απαιτείται, σε περίπτωση σταθμού με μικρό ύψος πτώσης κατά το ρου του ποταμού, όταν η κλίση του υδατορρεύματος, σε αρκετή απόσταση ανάντη του έργου, είναι μικρή οπότε και η ταχύτητα της ροής είναι μικρή με αποτέλεσμα η ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να είναι αμελητέα. Θα πρέπει όμως σε περίπτωση εξαιρετικών πλημμυρικών επεισοδίων να διακόπτεται η λειτουργία των υδροστροβίλων ώστε να αποφεύγεται η φθορά τους από μηχανική διάβρωση.

2.2 Σήραγγα προσαγωγής.

Ο αγωγός ή σήραγγα προσαγωγής είναι από σκυρόδεμα, τοποθετημένος μέσα στο έδαφος, τόσο για λόγους ασφαλείας, αλλά και για περιβαλλοντικούς λόγους (απρόσκοπτη μετακίνηση της πανίδας). [Εργαστηριακές σημειώσεις στροβιλομηχανών καθηγητή Γιαννάκη Ιωάννη] Ο αγωγός προσαγωγής κατασκευάζεται σύμφωνα με οικονομικοτεχνικά κριτήρια. Στην περίπτωση μεγάλου μήκους όπως στον Γλαύκο προτιμάται η κατασκευή ενός αγωγού ενώ σε αντίθετη περίπτωση κάθε υδροστροβίλος τροφοδοτείται από έναν αγωγό.

Η σήραγγα προσαγωγής οδηγεί το νερό από τον ταμιευτήρα στο σταθμό παραγωγής και μετά την διέλευσή του από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη κοίτη του ποταμού κατάντη ή στον επόμενο ταμιευτήρα (ανάλογα με την περίπτωση). Η σήραγγα προσαγωγής στον ΥΕΗ του Γλαύκου έχει μήκος 1.695 m και η διατομή της δεν είναι σταθερή αλλά κυμαίνεται από 1,64 m² ως 1,95 m². Ο πυθμένας της σήραγγας στην υδροληψία έχει στάθμη 334,60 m. Η κλίση της σήραγγας είναι 1,67% το δε πάχος της επένδυσης από μπετόν αρμέ κυμαίνεται από 0,10 m ως 0,40 m

2.3 Πύργος εκτόνωσης (Υδατόπυργος).

Στο τέλος της σήραγγας υπάρχει ο πύργος εκτονώσεως από οπλισμένο σκυρόδεμα με εσωτερική διάμετρο 9m και ύψος 9m. Στον πυθμένα του υπάρχει ένα κωνικό άνοιγμα με διάμετρο 1,50 m προς τον αγωγό πτώσης. Η στάθμη του πιο πάνω μέρους του υδατόπυργου όπου υπάρχει και ένας μικρός υπερχειλιστής είναι 337,5 m η στάθμη δε στον πυθμένα 328,5 m.

Ο πύργος εκτόνωσης χρησιμοποιείται για την προστασία του αγωγού προσαγωγής από υπερβολικές πιέσεις καθώς και την παροχή της πρόσθετης ποσότητας νερού που απαιτείται κατά την εκκίνηση των μονάδων. Μετά τον πύργο εκτόνωσης, ο αγωγός προσαγωγής συνεχίζει προς την άνω βαλβίδα με μεταλλική επένδυση. Η άνω βαλβίδα είναι μια βαλβίδα τύπου πεταλούδας με διάμετρο 3m που χρησιμοποιείται για προστασία του αγωγού προσαγωγής στο τμήμα που ξεκινάει απ' αυτήν και καταλήγει στο σταθμό παραγωγής σε περίπτωση υπερβολικής ταχύτητας του νερού στον αγωγό. Στον πυθμένα του επίσης υπάρχει και ένας μικρός αγωγός εκκένωσης ο οποίος χρησιμεύει στον καθαρισμό του υδατόπυργου από φερτές ύλες.

Από τον υπερχειλιστή του υδατόπυργου ξεκινά και ένας παρακαμπτήριος αγωγός μέσω του οποίου τα νερά της υπερχειλίσης καταλήγουν δίπλα στο εργοστάσιο και μέσα στον αγωγό φυγής. Ακριβώς κάτω από τον πύργο εκτονώσεως βρίσκεται ο θάλαμος δικλείδων, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με δύο δικλείδες. Η μία είναι χειροκίνητη 0.90 m. και η άλλη τύπου πεταλούδας 0.90 m. η οποία λειτουργεί με τηλεχειρισμό από το σταθμό ή αυτόματα από υπέρβαση της ταχύτητας της ροής του νερού μέσα στον αγωγό πτώσεως.



Εικόνα 13: Υδατόπυργος



Εικόνα 14: Αγωγός φυγής

2.3.1 Υδραυλικό πλήγμα.

Πολλά δίκτυα ύδρευσης με θερμομικτικές βάνες στην τελική κατανάλωση, παρουσιάζουν προβλήματα στην στεγανότητα των σωληνώσεων και διαρροές ύστερα από κάποια περίοδο λειτουργίας τους, με αποτέλεσμα να φουσκώνουν οι τοίχοι μέσα από τους οποίους περνάνε οι σωληνώσεις και από τις διαρροές να έχουμε άσκοπη κατανάλωση και διάβρωση των δομικών στοιχείων της κτιριακής εγκατάστασης. Έτσι πολλές φορές χρειάζεται επισκευή του υδραυλικού δικτύου και επέμβαση στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, με αποτέλεσμα μεγάλο κόστος και φασαρία. Το μυστικό για αυτά τα προβλήματα, δεν είναι ορατό, αλλά μπορεί να ακουστεί κατά το κλείσιμο της βρύσης. Κλείνοντας απότομα την βρύση, συνήθως ακούγετε ένας μεταλλικό θόρυβο σαν στιγμιαία έκρηξη, μέσα από τις σωληνώσεις του δικτύου ύδρευσης της κατοικίας. Αυτός ο θόρυβος αντιπροσωπεύει το φαινόμενο του «υδραυλικού πλήγματος», του αδυσώπητου εχθρού των δικτύων ύδρευσης. Το υδραυλικό πλήγμα δημιουργείται όταν διακόπτουμε απότομα την ροή του νερού μέσα σε έναν αγωγό (π.χ. με μία σφαιρική βάνα).

Επειδή το νερό είναι ασυμπίεστο ρευστό, η ενέργεια ροής που κατείχε κατά την διάρκεια της ομαλής λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης (πριν από την απότομη διακοπή της παροχής), μετατρέπεται σε μια διαταραχή εναλλαγής της στατικής πίεσης στα εσωτερικά τοιχώματα της σωληνώσεως κατά το ανάντη της αρχικής ροής, η οποία παλινδρομεί μέχρι να μετατραπεί σε θερμότητα. Αυτό γίνεται πολύ γρήγορα, συνήθως εντός μερικών δευτερολέπτων.

Οι στατικές πιέσεις που αναπτύσσονται ανά πάσα στιγμή σε οποιαδήποτε θέση του αγωγού είναι πολύ μεγάλες, αντιστρόφως ανάλογες με τον χρόνο που απαιτείται για το κλείσιμο της βαλβίδας και μπορούν να φτάσουν έως και 8 φορές (800%) την τιμή της πίεσης λειτουργίας του δικτύου. Επειδή οι σωληνώσεις των δικτύων ύδρευσης δεν έχουν ελαστικά τοιχώματα για να διασταλούν κατάλληλα και να απορροφήσουν το πλήγμα, η στατική πίεση αυτή που αναπτύσσεται στα εσωτερικά τοιχώματα των σωληνώσεων του δικτύου, είναι ικανή να προκαλέσει ζημιά σε οποιοδήποτε σημείο των σωληνώσεων του δικτύου και συνήθως προσβάλλει τις συνδέσεις των σωληνώσεων, που είναι και τα πιο τρωτά σημεία της εγκατάστασης και εκεί εμφανίζονται οι περισσότερες διαρροές. Μεγάλη υδραυλική καταπόνηση, δέχονται και οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο (Θερμοσίφωνες, λέβητες, βρύσες κτλ.)

Υπάρχει περίπτωση κατά την λειτουργία του σταθμού να επέλθει κάποιο σφάλμα και να σταματήσουν απότομα οι μηχανές. Σε αυτήν την περίπτωση κλείνουν οι βαλβίδες με αποτέλεσμα να δημιουργείται υδραυλικό πλήγμα. Η εκτόνωση γίνεται στον υδατόπυργο ο οποίος είναι ανοικτός. Το υδραυλικό πλήγμα γίνεται αμέσως αισθητό από τον ήχο που δημιουργείται.

2.4 Αγωγός πτώσεως.

Από τον υδατόπυργο το νερό οδηγείται προς το Σταθμό παραγωγής μέσα από τον μεταλλικό αγωγό πτώσης του οποίου το μήκος είναι 308 m, η διάμετρος 0,90 m , η μέση κλίση του περίπου 48% και το πάχος του κυμαίνεται από 7-14mm. . Είναι υπεύθυνος για την διοχέτευση των νερών από τον πύργο εκτόνωσης στον σταθμό για την παραγωγή ενέργειας μέσω των αεροστροβίλων.



Εικόνα 15: Αγωγός Προσαγωγής

Το 1995 έγινε αντικατάσταση των αγωγών, οι οποίοι ήταν συνδεδεμένοι με φλάντζες, με αγωγούς οι οποίοι φέρουν ελικοειδή συγκόλληση. Μετά την αντικατάσταση των φλαντζωτών αγωγών, παρατηρήθηκε η ύπαρξη των αναπτυχθέντων αλάτων στο εσωτερικό τους τοίχωμα, όπου αυτό συνεπάγει τις απώλειες σε μια σωληνογραμμή. Οι νέοι αγωγοί είναι πλέον μονωμένοι με βιολογική μόνωση τέτοια ώστε να μην καθιστά το νερό τοξικό. Ο λόγος με τον οποίο επιλέχθηκαν αγωγοί με ελικοειδή συγκόλληση ήταν για να εκτονώνεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια (επιφάνεια συγκόλλησης) η πίεση που ασκείται στο εσωτερικό των αγωγών, σε αντίθεση με τους φλαντωτούς όπου η πίεση ασκείται στην σύνδεση (φλάντζα).



Εικόνα 16: Αντικατεστημένοι Αγωγοί

Παρατηρήθηκε ότι ο αγωγός πτώσεως στηρίζεται σε στηρίξεις από μπετό, καθώς επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι τα σημεία αλλαγής κλίσης του αγωγού είναι πακτωμένα από μπετό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις και υπάρχει κίνδυνος αστοχίας. Ιδιαίτερα στο τελευταίο κομμάτι το αγωγού πτώσεως, το οποίο είναι πλέον οριζόντιο τα σημεία πάκτωσης είναι εντονότερα.



Εικόνα 17: Πάκτωση αγωγού πτώσεως σε αλλαγή κλίσης του

2.5 Εργοστάσιο παραγωγής.

2.5.1 Μονάδες υδροστροβίλων (PELTON-FRANCIS).

Ο σταθμός βρίσκεται σε υψόμετρο 183μ. κτίστηκε το 1926 όπου τοποθετήθηκαν τότε τρεις μονάδες GANZ τύπου FRANCIS. Ο σταθμός παραγωγής, περιλαμβάνει δύο στροβιλογεννήτριες, μια παλαιότερη τύπου Pelton και μια καινούρια τύπου Francis. Και οι δύο μονάδες, χρησιμοποιούν ίδιου τύπου συστήματα, για την ρύθμιση τόσο της τάσης, όσο και των στροφών του στροβίλου .

Οι μονάδες είναι και οι δύο οριζοντίου άξονα, αλλά χρησιμοποιούν διαφορετικό σύστημα διέγερσης. Στην Pelton, υπάρχει μια μηχανή συνεχούς ρεύματος, η οποία είναι συνδεδεμένη πάνω στον άξονα της και μέσω ψηκτρών, τροφοδοτεί με ρεύμα το τύλιγμα του δρομέα της μηχανής. Αντίθετα, στην Francis, η διέγερση παρέχεται μέσω μιας μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος και ενός συστήματος στρεφόμενων διόδων, οι οποίες βρίσκονται πάνω στον άξονα της γεννήτριας. Οι δίοδοι αυτοί, σχηματίζουν μια ανορθωτική γέφυρα, η οποία χρησιμοποιείται για την παροχή του απαραίτητου ρεύματος διέγερσης.



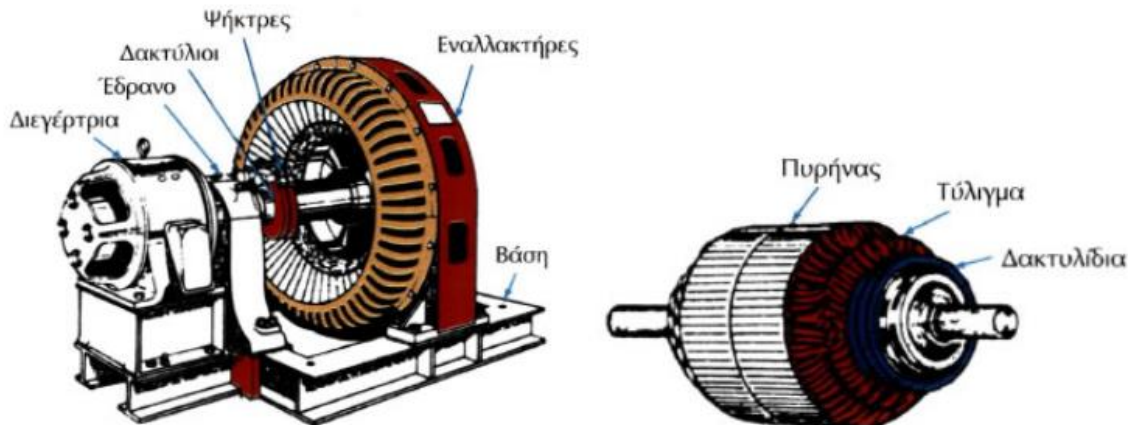
Εικόνα 18: Εσωτερική άποψη σταθμού. Στα δεξιά της φωτογραφίας ο πίνακας ελέγχου και στο βάθος ο στρόβιλος Pelton

2.5.2 Γεννήτριες.

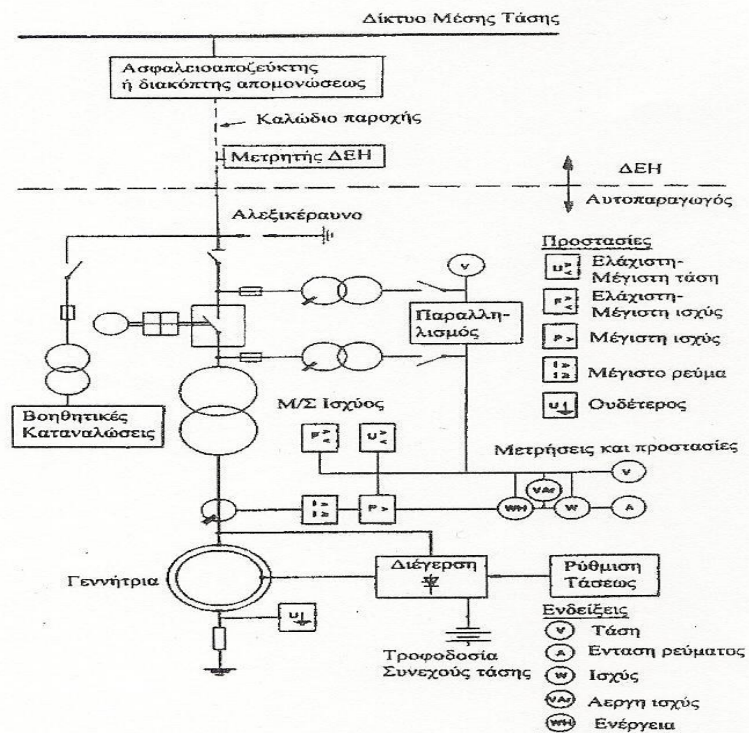
Οι γεννήτριες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου δικτύου, ο παραγωγός έχει δύο επιλογές:

➤ **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.



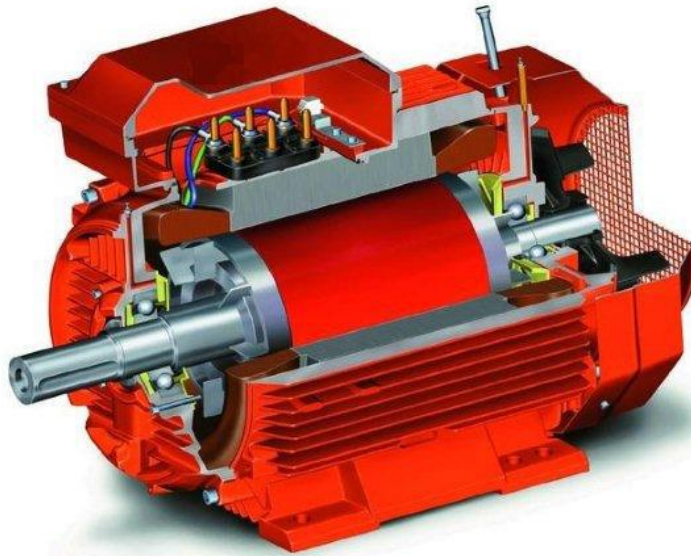
Εικόνα 19: Σύγχρονη γεννήτρια με κυλινδρικό δρομέα



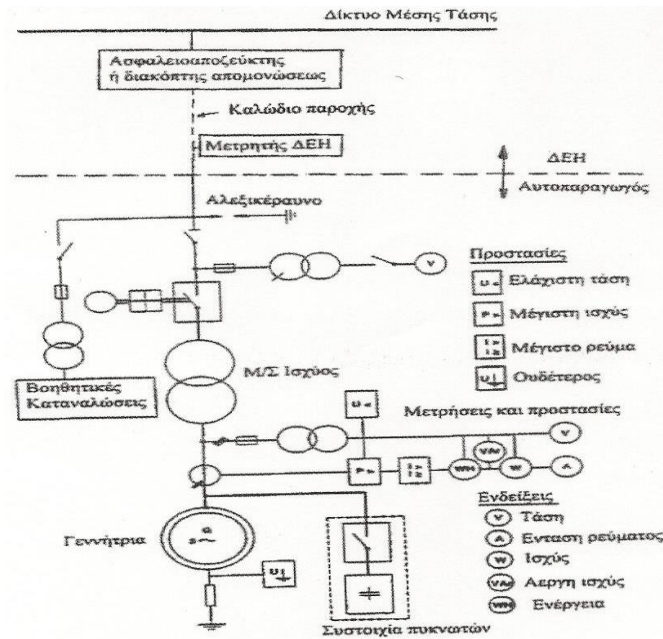
Εικόνα 20: μονογραμμικό διάγραμμα ΥΗΣ με το διασυνδεδεμένο δίκτυο σύγχρονη γεννήτρια

➤ 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 μειονεκτήματα της η ασύγχρονη γεννήτρια παρουσιάζει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Αυτό είναι η απλότητα της, η οποία έγκειται στο γεγονός ότι δεν απαιτείται ξεχωριστό κύκλωμα 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. 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.



Εικόνα 21: Ασύγχρονη γεννήτρια



Εικόνα 22: μονογραμμικό διάγραμμα ΥΗΣ με το διασυνδεδεμένο δίκτυο ασύγχρονη γεννήτρια

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 εκκίνησης, 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, τους 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.



Εικόνα 23: Γεννήτρια Pelton



Εικόνα 24: Γεννήτρια Francis

2.5.3 Κεντρική μονάδα ελέγχου.

Ο έλεγχος της λειτουργίας των μονάδων είναι πλήρως αυτοματοποιημένος και γίνεται μέσω ενός ηλεκτρονικού ρυθμιστή που βρίσκεται στην αίθουσα ελέγχου. Οι εντολές ξεκινήματος – σταματήματος, ρύθμισης ενεργού και άεργου ισχύος της μονάδας επιλέγονται από τον χειριστή του ΥΗΣ Γλαύκου.

Η κεντρική μονάδα ελέγχου ρυθμίζει την ισχύ της μονάδας, την προστασία της γεννήτριας και την τροφοδότηση των βοηθητικών της μονάδας. Η μονάδα αποτελείται από όργανα, λυχνίες, διακόπτες και κομβία πίεσης για την εποπτεία και τον έλεγχο της λειτουργίας της μονάδας (ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.). Συγκεκριμένα τα όργανα που αποτελούν τον πίνακα ελέγχου του υδροηλεκτρικού σταθμού Γλαύκου είναι τα εξής:

- Βολτόμετρο με επιλογικό διακόπτη
- Αμπερόμετρα
- Ενδεικτικό όργανο συχνότητας
- Ενδεικτικό όργανο ταχύτητας περιστροφής
- Ενδεικτικό όργανο ενεργού ισχύος
- Ενδεικτικό όργανο άεργου ισχύος
- Ενδεικτικό όργανο συντελεστή ισχύος
- Ενδεικτικό όργανο ωρών λειτουργίας
- Ενδεικτικά όργανα ποσοστού ανοίγματος ρυθμιστικών πτερυγίων
- Ενδεικτικό όργανο ανάντη στάθμης φράγματος

Η μονάδα ελέγχου είναι η καρδιά του σταθμού και γι αυτό το λόγο θα πρέπει να προστατεύεται. Για την προστασία της μονάδας οι υπεύθυνοι λειτουργίας της μονάδας έχουν εγκαταστήσει τους παρακάτω ηλεκτρονόμους-αυτοματισμούς (H/N) προστασίας:

- H/N υπό τάσης
- H/N υπερέντασης και βραχυκυκλώματος
- H/N αντιστρόφου ροής ισχύος
- H/N ελέγχου διέγερσης γεννήτριας
- H/N ύπαρξης τάσης δικτύου
- H/N υπερθέρμανσης τυλιγμάτων στάτη και εδράνων
- H/N διαρροής στάτη προς γη
- H/N Bocholt M/Σ ανύψωσης
- H/N ουδετέρου M/Σ ανύψωσης προς γή

2.5.4 Ηλεκτρονικό σταθμόμετρο.

Για την λειτουργία του ΜΥΗΣ έχει εγκατασταθεί, στον εξαμωτή της υδροληψίας, ηλεκτρονικό σταθμόμετρο λήψης πίεσης που συνδέεται με τον ρυθμιστή στροφών στον σταθμό παραγωγής. Το αισθητήριο του σταθμημέτρου έχει τοποθετηθεί μέσα σε σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα, και φέρει αλεξικέραυνα για την προστασία του από υπερτάσεις. Τα κύρια χαρακτηριστικά των σταθμημέτρων είναι τα ακόλουθα :

- Τύπος σταθμημέτρου
- Ακρίβεια μέτρησης
- Βαθμός προστασίας
- Έξοδος

2.6 Υποσταθμός υψώσεως τάσεως – γραμμές μεταφοράς.

Κοντά στο εργοστάσιο βρίσκεται ο υποσταθμός όπου υπάρχουν οι μετασχηματιστές ισχύος, διακόπτες, το κτίριο ελέγχου και άλλος βοηθητικός εξοπλισμός. Επίσης στον υποσταθμό είναι εγκατεστημένοι οι διακόπτες των γραμμών που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια και αποτελούν τμήμα του εθνικού συστήματος μεταφοράς υψηλής τάσεως 150 KV και 380 KV. Τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι τα παρακάτω:

- Ισχύς
- Τύπος Αερισμού
- Όργανα προστασίας
- Τάση πρωτεύοντος
- Τάση δευτερεύοντος
- Επίπεδο μόνωσης τυλιγμάτων ΜΤ
- Αλλαγή τάσης
- Συχνότητα
- Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης
- Σύνδεση



Εικόνα 25: κολώνα μέσης τάσεως(αριστερά)και πυλώνες υψηλής τάσεως

2.6.1 Μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης και βοηθητικής υπηρεσίας σταθμού.

Είναι υπαίθριοι, σε περιφραγμένο χώρο. Ο μετασχηματιστής ανύψωσης τάσης συνδέει τις μονάδες στο δίκτυο των 20 kV. Για λόγους προστασίας περιβάλλεται από τοίχους οπλισμένου σκυροδέματος. Υπάρχει και στεγανή δεξαμενή από οπλισμένο σκυρόδεμα για την συλλογή λαδιού προερχόμενου από διαρροές. Οι μετασχηματιστές συνδέονται με τον εξοπλισμό του σταθμού με καλώδια.



Εικόνα 26: Μετασχηματιστής μονάδας

2.7 Διάφορες κτιριακές εγκαταστάσεις.

Υπάρχουν διάφορες κτιριακές εγκαταστάσεις για την εξυπηρέτηση των λειτουργικών αναγκών του Σταθμού:

- Κτίριο γραφείων
- Αποθήκη
- Μουσείο
- Οικίσκος παλαιού μηχανουργείου
- Οικίσκος παλαιού φυλακίου.

2.8 Αγωγός φυγής.

Το νερό μετά τους στροβίλους οδηγείται σε διώρυγα και εξυπηρετεί την ύδρευση της πόλης των Πατρών και αρδευτικές ανάγκες της περιοχής η οποία ρέει δια μέσω των αγωγών φυγής.[ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε] Η διώρυγα φυγής βοηθά στην αποφυγή της διάβρωσης του πυθμένα του σημείου εξόδου του νερού. Το νερό που εξέρχεται από τις μονάδες όπου κατά τους χειμερινούς μήνες το εκμεταλλεύεται ο Δήμος 100% για πόσιμο νερό (μετά από επεξεργασία), ενώ το καλοκαίρι το 70% διατίθεται για πότισμα μέσω του ΤΟΕΒ στις περιοχές Περιβόλα , Γλαύκου και Εγλυκάδας .



Εικόνα 27: Νερό προς εκμετάλλευση

3 Υδροστρόβιλοι.

3.1 Γενικά στοιχεία.

Οι υδροστρόβιλοι είναι η εξέλιξη των υδροτροχών. Είναι περιστρεφόμενες μηχανές, με περύγια, πάνω στα οποία πέφτει με δύναμη το νερό και τις αναγκάζει να περιστραφούν. Στον ίδιο άξονα με τον υδροστρόβιλο είναι συνδεδεμένη η ηλεκτρογεννήτρια, που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια. Όπως κάθε κινητήρια μηχανή, που κινεί ηλεκτρογεννήτρια, οι υδροστρόβιλοι είναι εφοδιασμένοι με σύστημα ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής τους και κατ' επέκταση της ταχύτητας της ηλεκτρογεννήτριας, ώστε η ταχύτητα να διατηρείται σταθερή ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις της πίεσης του νερού και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ως υδροστρόβιλος ορίζεται η μηχανή που μετατρέπει την ενέργεια του υγρού (νερού) σε μηχανική ενέργεια μέσω συνεχούς ροής του υγρού και σταθερής περιστροφικής κίνησης. Η μετατροπή (μέρους) της ενέργειας του διερχόμενου υγρού υπό σταθερή παροχή σε μηχανική ενέργεια λαμβάνει χώρα στο στρεφόμενο μέρος της μηχανής, το οποίο καλείται δρομέας, μέσω της ανάπτυξης της κινητήριας ροπής M σε αυτό. Συμβολίζοντας με ω την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα η αντίστοιχη μηχανική ισχύς θα είναι ίση προς:

$$N = M \omega$$

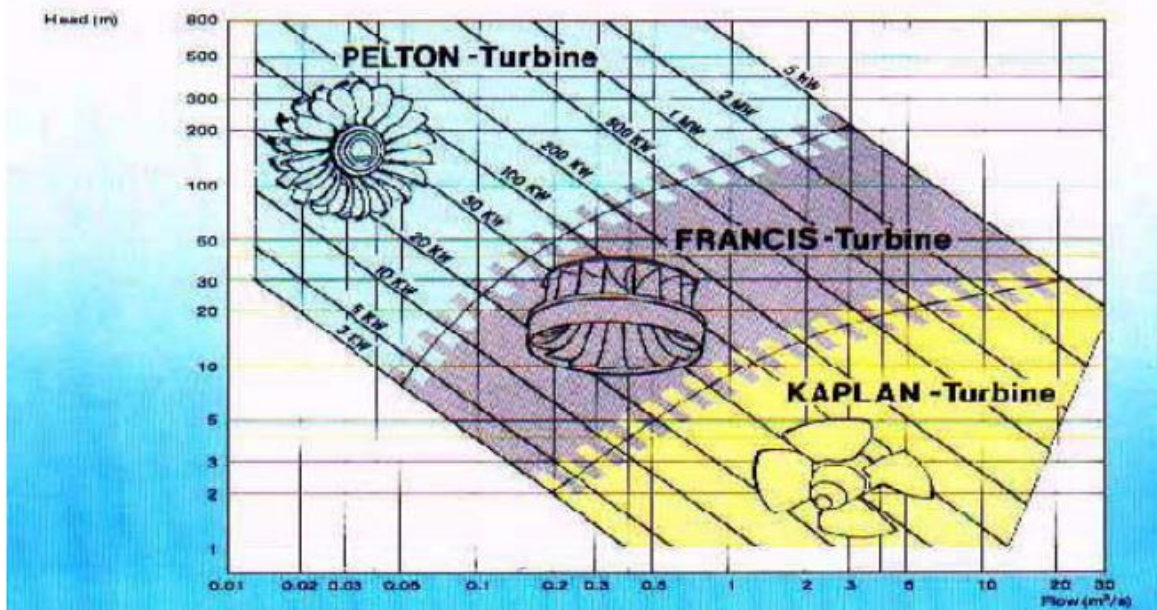
Η άτρακτος του δρομέα είναι συζευγμένη με την άτρακτο της ηλεκτρικής γεννήτριας μέσω της οποίας μετατρέπεται η μηχανική ισχύς N σε ηλεκτρική N_e , δηλ. σε μία μορφή ενέργειας η οποία είναι εύκολο να μεταφερθεί στον τόπο κατανάλωσής της. Ο Υ.Η.Σ Γλαύκου, μετά την ανακαίνιση που ξεκίνησε το 1995 και τελείωσε το 1997 έχει τρεις μονάδες : 1) Δύο **PELTON ισχύος 1.4 MW** η οποία ανήκει στους υδροστρόβιλους δράσης και 2) Την **FRANCIS ισχύος 2.29 MW**. που ανήκει την κατηγορίας των ελικοφόρων υδροστρόβιλων αντίδρασης . Η εγκατεστημένη ισχύς είναι της τάξης των 3.7 MW, τη στιγμή που η Πάτρα σε ώρες αιχμής χρειάζεται 80 MW . Το νερό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας μετά τον στρόβιλο οδηγείται μέσω του αγωγού φυγής , ένα μέρος προς τα διυλιστήρια της ΔΕΥΑΠ και ένα άλλο για την άρδευση αγροτικών εκτάσεων. Ο Υ.Η.Σ του Γλαύκου είναι ένας σταθμός συνεχούς ροής και εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις και τα χιόνια που πέφτουν στην περιοχή, γιατί δεν έχει λίμνη.

Οι υδροστρόβιλοι μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα και διακρίνονται σε υδροστρόβιλους δράσεως και σε υδροστρόβιλους αντιδράσεως, ανάλογα με την διαδικασία που χρησιμοποιείται προκειμένου να μετατραπεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή του νερού, σε μηχανική ισχύ. Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρος ο δρομέας λειτουργεί αξονοσυμμετρικά , ενώ οι υδροστρόβιλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής, και σε κάθε χρονική στιγμή τμήμα του δρομέα συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή. Επίσης οι υδροστρόβιλοι κατηγοριοποιούνται σε υδροστρόβιλους μεγάλου, μεσαίου και μικρού ύψους, ανάλογα προφανώς με το μέγεθος του υδραυλικού ύψους. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται συνδυαστικά οι πιο συνήθεις τύποι υδροστρόβιλων, για τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν.

	Μεγάλο Υδρ. Ύψος	Μεσαίο Υδρ. Ύψος	Μικρό Υδρ. Ύψος
Στρόβιλοι Δράσεως	<ul style="list-style-type: none"> •Pelton •Turgo 	<ul style="list-style-type: none"> •Cross-Flow (ή Banki) •Pelton Πολλαπλών Δέσμεων Υγρού •Turgo 	<ul style="list-style-type: none"> •Cross-Flow (ή Banki)
Στρόβιλοι Αντιδράσεως	—	<ul style="list-style-type: none"> •Francis 	<ul style="list-style-type: none"> •Αξονικής Ροής •Βολβοειδής •Kaplan

Πίνακας 2: κατηγοριοποίηση υδροστροβίλων[Εργαστηριακές σημειώσεις στροβιλομηχανών καθηγήτη Γιανναδάκη Αθανασίου]

Από τον πίνακα εμείς θα εξετάσουμε τους υδροστρόβιλους Pelton (δράσεως) και Francis (αντιδράσεως) λόγω ότι χρησιμοποιούνται στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο του Γλαύκου. Ο παρακάτω διαχωρισμός έχει γίνει βάση της περιοχής λειτουργίας κάθε υδροστρόβιλου, όπως φαίνεται παρακάτω στο διάγραμμα :



Εικόνα 28: διάγραμμα λειτουργίας υδροστροβίλων

3.2 Υδροστρόβιλος Francis.

Το έτος 1849 κατασκεύασε ο Αμερικάνος μηχανικός James B. Francis (Φράσις, 1815-1892) ένα νέο υδροστρόβιλο, ο οποίος έκτοτε φέρει αυτό το όνομα και αποτελεί το συνηθέστερο τύπο στροβίλου σε υδροηλεκτρικά έργα μεσαίου μεγέθους.[http://en.wikipedia.org/wiki/Francis_turbine] Ο στρόβιλος Francis χρησιμοποιείται συνήθως για ύψος πτώσης νερού από 10 μέχρι 250 m και για διερχόμενες ποσότητες νερού από 0,2 μέχρι 20 m³/s, με ισχύς από 10 kW μέχρι 770 MW. Το νερό κινείται υπό πίεση στα πτερύγια της πτερωτής, και διοχετεύεται σ' αυτά μέσω περιμετρικού κοχλιοειδούς καναλιού.

Η γωνία πρόσπτωσης και η ταχύτητα του εισερχομένου νερού ελέγχονται μέσω ενός σταθερού τροχού καθοδήγησης με τοποθετημένα πτερύγια που στρέφονται κατά την αντίθετη φορά της κατεύθυνσης των πτερυγίων της πτερωτής. Ρυθμίζοντας με αυτό τον τρόπο την ταχύτητα και την γωνία πρόσπτωσης ουσιαστικά ελέγχουμε την ισχύ του στροβίλου. Η γεννήτρια συνδέεται απευθείας με τον περιστρεφόμενο δρομέα του στροβίλου και έτσι έχουμε πλήρη μεταφορά ροπής στην γεννήτρια.

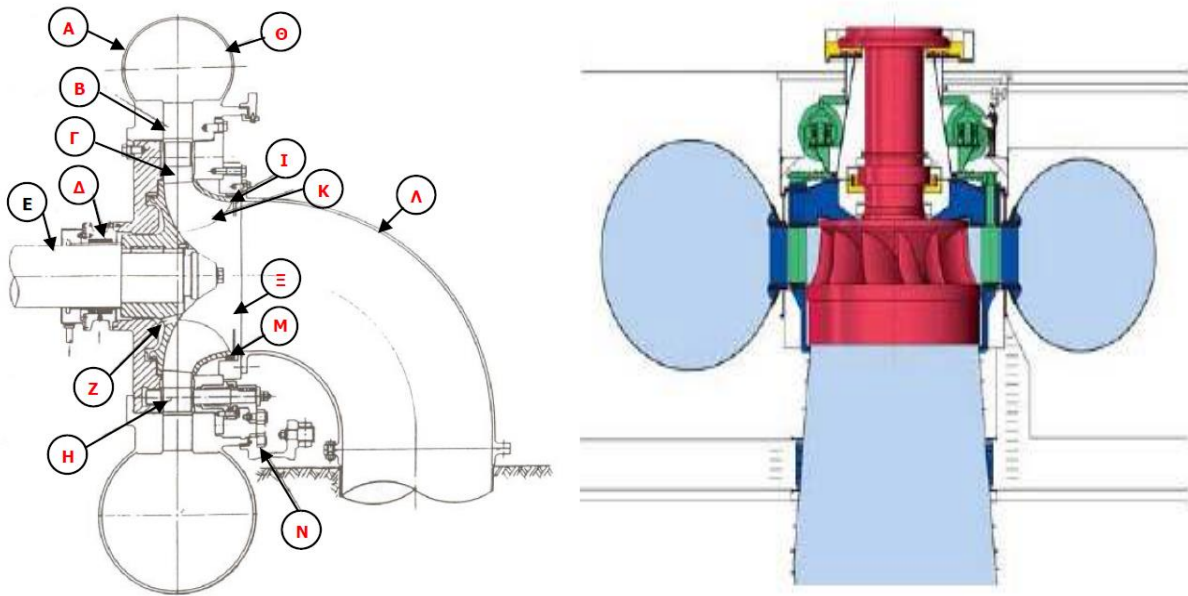
Η υδροστρόβιλος *Francis* είναι ένας τροχός – δρομέας (runner) – που φέρει περιφερειακά ειδικά διαμορφωμένα σταθερά πτερύγια (vanes). Ο δρομέας βρίσκεται μέσα σε μια φωλιά – κατοικία – μεταβλητής κυκλικής διατομής και σπειροειδούς γεωμετρίας η οποία φέρει μεταβλητής θέσης πτερύγια – κλαπέτα (guide vanes). Η φωλιά του δρομέα τροφοδοτείται με νερό από τον αγωγό τροφοδοσίας και τα κλαπέτα της φωλιάς καθοδηγούν το νερό, ώστε να προσκρούει εφαπτομενικά στα πτερύγια του δρομέα. Η φωλιά είναι σπειροειδούς γεωμετρίας ώστε το εναπομείναν νερό – νερό που δεν έχει ακόμα εισρεύσει στον δρομέα - στα κατάντη της κυκλικής του ροής να αποκτά μεγαλύτερη στροφορμή. Επειδή η περιφερειακή ροή του νερού στη φωλιά ελαττώνεται λόγω εισροής του νερού στο δρομέα, ελαττώνεται παράλληλα και η διατομή του σπειροειδούς αγωγού της φωλιάς.

Τα κλαπέτα της φωλιάς εκτρέπουν το νερό, δημιουργούν μια εφαπτομενική ταχύτητα στο νερό και κατά συνέπεια μια στροφορμή στο νερό. Το νερό μετά εισέρχεται στον δρομέα της τουρμπίνας και μεταφέρει την στροφορμή του σαν ροπή στον άξονα της τουρμπίνας. Η γεωμετρία των πτερυγίων είναι τέτοια ώστε να εξασκείται δύναμη στον τροχό και να τον θέτει σε περιστροφή. Το νερό αφού περάσει από τον δρομέα της τουρμπίνας παροχετεύεται σε κατάλληλο παρακείμενο αποδέκτη – ποταμό ή άλλη τεχνητή λίμνη. Σκοπός ενός βέλτιστου σχεδιασμού μιας τουρμπίνας *Francis* είναι το νερό να εξέρχεται χωρίς στροβιλισμό με την ελάχιστη δυνατή κινητική και δυναμική ενέργεια. Έτσι το νερό θα έχει αποδώσει σχεδόν όλο το μηχανικό ενεργειακό του περιεχόμενο/φορτίο στην υδροτουρμπίνα.

Στην ουσία η τουρμπίνα *Francis* είναι η πλέον εξελιγμένη μορφή «παλιομοδίτικου» νερόμυλου και χρησιμοποιείται κατά προτίμηση έναντι άλλων τύπων υδροτουρμπίνας. Οι υδροτουρμπίνες *Francis* μπορούν ακόμα, να λειτουργήσουν και «ανάποδα», σαν αντλίες δηλαδή, και να αντλήσουν το νερό από ένα ρεζερβουάρ νερού χαμηλότερης υψομετρικής στάθμης σ' ένα ανώτερης στάθμης σε περιόδους χαμηλής ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου προς επαναχρησιμοποίηση του σε περιόδους υψηλής ζήτησης. Η μετάδοση της ορμής του νερού στον τροχό *Francis* λοιπόν, τον θέτει σε περιστροφική κίνηση. Εδώ, θα αναπτύξουμε τη μαθηματική ανάλυση της φυσικής αυτής κατάστασης λειτουργίας και θα προσδιορίσουμε τη ροπή που αναπτύσσει μια υδροτουρμπίνα *Francis* στον άξονά της.

3.2.1 Κύρια μέρη υδροστρόβιλου *Francis*.

Οι υδροστρόβιλοι *Francis* ανήκουν στην κατηγορία των υδροστροβίλων αντιδράσεως. Το κύρια μέρη στα οποία διακρίνεται ένας υδροστρόβιλος είναι το τμήμα εισόδου, ο δρομέας και το τμήμα εξόδου ή απαγωγής.



Εικόνα 29: Διαμόρφωση του υδροστροβίλου Francis οριζόντιου άξονα του ΥΗΣ Γλαύκου

Όπου αναλυτικά έχουμε:

- A** : Διατομή εισόδου e
- B** : Οδηγητικά πτερύγια
- Γ** : Διατομή εισόδου 1 του δρομέα
- Δ** : Σπυριοθλίπτης
- Ε** : Άτρακτος
- Z** : Οπές εξισορρόπησης
- H** : Ρυθμιστικά πτερύγια
- Θ** : Σπειροειδές κέλυφος
- I** : Λαβύρινθος
- K** : Δρομέας
- Λ** : Αγωγός απαγωγής
- M** : Δακτύλιος φθοράς
- N** : Μηχανισμός περιστροφής ρυθμιστικών πτερυγίων
- Ξ** : Διατομή εξόδου a

➤ **Τμήμα εισόδου** : η λειτουργία του υδροστροβίλου βασίζεται στην αφαίρεση από το δρομέα της συστροφής (ως προς τον άξονα του δρομέα) που έχει η ροή στην είσοδο του δρομέα. Άρα το τμήμα εισόδου πρέπει να εξασφαλίζει την οδήγηση της ροής από τη διατομή εισόδου e μέχρι τη διατομή εισόδου 1 του δρομέα με την κατά το δυνατόν ομοιόμορφη τροφοδοσία του δρομέα κατά την περιφέρεια. Οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται διαμορφώνοντας το τμήμα εισόδου με τη μορφή σπειροειδούς κελύφους. Θεωρώντας ομοιόμορφη την ταχύτητα της ροής στη διατομή εισόδου $c_e = c_{ue}$ (με εφαπτομενική διεύθυνση σε επίπεδο κάθετο προς τον άξονα περιστροφής), λόγω της εκκεντρότητας της διατομής ως προς τον άξονα περιστροφής, το υγρό στη διατομή εισόδου έχει μια τιμή συστροφής ίση προς: $u_e \cdot c_e = \omega \cdot r_e \cdot c_e$, όπου ω η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα. Στην περίπτωση όπου μεταξύ της διατομής εισόδου e και της διατομής εισόδου στο δρομέα 1 δεν παρεμβάλλεται καμία στερεή επιφάνεια, λόγω της αρχής διατήρησης της συστροφής, η συστροφή του υγρού στην είσοδο του δρομέα θα είναι σταθερή, δηλαδή $u_1 \cdot c_{u1} = u_e \cdot c_{ue}$ και άρα σταθερή θα είναι η εναλλαγή

της ενέργειας Όμως στους υδροστροβίλους είναι επιθυμητή η μεταβολή της μηχανικής ισχύος μέσω της μεταβολής τόσο της διερχόμενης παροχής Q , όσο και της ενέργειας ανά μονάδα μάζας του υγρού που εναλλάσσεται σε μηχανική ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω αξονοσυμμετρικής στεφάνης ρυθμιστικών πτερυγίων, συνήθως ακτινικής ροής, που τοποθετείται ανάντη του δρομέα. Τα ρυθμιστικά πτερύγια περιστρέφονται ομοιόμορφα μέσω μηχανισμού, αλλάζοντας την κλίση της ταχύτητας στην διατομή εξόδου τους και άρα την συστροφή του υγρού ανάντη του δρομέα, δηλαδή το γινόμενο $U_1 C_{u1}$. Δεδομένου ότι η στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων δεν περιστρέφεται, η μεταβολή της συστροφής του υγρού μέσω αυτής είναι άεργη.

➤ **Συστροφή** ονομάζεται η ροπή της ορμής του υγρού ως προς τον άξονα περιστροφής και η οποία, ανά μονάδα μάζας του υγρού εκφράζεται από το γινόμενο της ακτίνας r επί την αντίστοιχη περιφερειακή συνιστώσα της ταχύτητας c_u . Όπως αναπτύχθηκε, στην στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων αναπτύσσεται μηχανική ροπή, σύμφωνα με το θεώρημα της ροπής της ορμής, και η οποία παραλαμβάνεται από την έδραση της μηχανής. Με την περιστροφή των ρυθμιστικών πτερυγίων, εκτός από την μεταβολή της κλίσης της απόλυτης ταχύτητας, επιτυγχάνεται η μεταβολή του διακένου, άρα της διατομής μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων, με αποτέλεσμα την μεταβολή της παροχής και άρα της ισχύος εξόδου του υδροστροβίλου, για σταθερή ταχύτητα περιστροφής και διαθέσιμη υδραυλική πτώση. Επομένως η στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων αποτελεί το όργανο ρύθμισης του σημείου λειτουργίας του υδροστροβίλου αντιδράσεως. Τα πτερύγια σχεδιάζονται έτσι ώστε στην θέση 'κλειστή' η διατομή διέλευσης του υγρού να μηδενίζεται (σχεδόν) και να επιτυγχάνεται η κράτηση της μονάδας. Η θέση των ρυθμιστικών πτερυγίων και η όλη γεωμετρία της στεφάνης μεταβάλλεται με την κλίση των πτερυγίων η οποία όμως στην πράξη είναι δύσκολα μετρήσιμο μέγεθος. Για τον λόγο αυτό η κλίση των ρυθμιστικών πτερυγίων προκύπτει από την αντίστοιχη τιμή του διακένου μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων η οποία μετράται (στο γεωμετρικά όμοιο μοντέλο) με δισκοειδείς καλίμπρες κυκλικής διατομής και αδιαστατοποιείται ως προς το διάκενο που αντιστοιχεί στο κανονικό σημείο λειτουργίας, δηλαδή από το σχετικό άνοιγμα ή ως προς την μέγιστη τιμή του διακένου. Από την χάραξη της στεφάνης των ρυθμιστικών πτερυγίων σε κάθε τιμή του σχετικού ανοίγματος συνάγεται η κλίση των πτερυγίων που αντιστοιχεί. Το πλήθος των ρυθμιστικών πτερυγίων είναι πάντοτε ζυγό, για να έχει συμμετρία η στεφάνη και ο μηχανισμός περιστροφής των πτερυγίων και να είναι δυνατή η κατασκευή της σε 2 ή 4 τμήματα (για μεγάλου μεγέθους μηχανές), τα οποία στην συνέχεια συγκολλούνται διευκολύνοντας έτσι την μεταφορά μέχρι το εργοτάξιο. Με σκοπό τον περιορισμό του μήκους της χορδής των πτερυγίων, ώστε να δύνανται να περιστρέφονται χωρίς την διαμόρφωση μεγάλου διακένου μεταξύ του δρομέα και της στεφάνης, το πλήθος τους είναι σημαντικό και αυξάνει με το μέγεθος του υδροστροβίλου. Προσεγγιστικά το πλήθος z_d των ρυθμιστικών πτερυγίων λαμβάνεται από την σχέση:

$$z_d = 17R_d^{1/3}$$

όπου R_d η ακτίνα της στεφάνης, δηλαδή η ακτίνα του κύκλου των αξόνων περιστροφής τους. Κατά προτίμηση το z_d λαμβάνεται ως ο πλησιέστερος ακέραιος, πολλαπλάσιο του 4 ή του 2 που προκύπτει από την εφαρμογή της προηγούμενης σχέσης. Τα ρυθμιστικά πτερύγια και οι στροφείς τους κατασκευάζονται συνήθως από χυτοχάλυβα ή σφυρήλατο χάλυβα. Ιδιαίτερη φροντίδα δίνεται στην στιβαρή και καλή κατασκευή της στεφάνης των ρυθμιστικών πτερυγίων και την ασφάλεια της μονάδας στην περίπτωση θραύσεως ή σφηνώσεως ενός πτερυγίου. Για τον λόγο αυτό προβλέπεται διωστήρας θραύσεως ενώ η σχεδίαση της στεφάνης γίνεται έτσι ώστε στην περίπτωση που ο μηχανισμός περιστροφής τους μείνει ανενεργός τα πτερύγια να οδηγούνται στην θέση κλειστή από την ροπή που αναπτύσσεται σε αυτά από την διερχόμενη ροή.

➤ **Δρομέας** Ο περιστρεφόμενος δρομέας αποτελεί το τμήμα του υδροστροβίλου που μετατρέπει την ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια, δηλαδή στο οποίο αναπτύσσεται μηχανική κινητήρια ροπή. Τα πτερύγια του δρομέα των υδροστροβίλων Francis εκτείνονται μεταξύ της πλήμνης και της στεφάνης στις οποίες και είναι πακτωμένα. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η μηχανική στιβαρότητα της κατασκευής και η αντοχή της στις δυνάμεις που αναπτύσσονται στα πτερύγια από την διερχόμενη ροή. Υπενθυμίζεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη υδραυλική πτώση H , δηλαδή η ενέργεια ανά μονάδα μάζας του υγρού, τόσο μεγαλύτερες είναι οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις.

Αντίθετα, στους δρομείς αξονικής ροής, κατάλληλους για την αξιοποίηση μικρών υδραυλικών πτώσεων, οι δυνάμεις είναι μικρότερες και με σκοπό την μείωση των υδραυλικών απωλειών τριβής, οι φέρουσες επιφάνειες των πτερυγίων (στις οποίες αναπτύσσονται οι ροπές και δυνάμεις) περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατό, διαμορφώνοντας τον δρομέα με μορφή έλικας: η ροή είναι αξονική και τα πτερύγια έχουν μορφή προβόλου και στερεώνονται μόνο στην πλήμνη μαζί με την οποία περιστρέφονται. Τις περισσότερες φορές τα πτερύγια των δρομέων υδροστροβίλων αξονικής ροής έχουν την δυνατότητα περιστροφής τους (ως προς την πλήμνη) έτσι ώστε να μεταβάλλεται η κλίση τους ως προς την σχετική ροή. Από κατασκευαστικής πλευράς η ικανοποίηση αυτής της δυνατότητας περιστροφής αυξάνει την πολυπλοκότητα και το κόστος της μηχανής, από την άλλη πλευρά όμως, δίνει στον υδροστροβίλο το πλεονέκτημα λειτουργίας με καλό βαθμό απόδοσης σε εκτεταμένη περιοχή λειτουργίας, με σημαντική διακύμανση της διακινούμενης παροχής ή της υδραυλικής πτώσης.

Συνήθως το πλήθος των πτερυγίων του δρομέα Francis επιλέγεται περιττό έτσι ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος συντονισμού και ταλαντώσεων λόγω του αναγκαστικά άρτιου πλήθους των ρυθμιστικών πτερυγίων, ενώ στους δρομείς αξονικής ροής το πλήθος των πτερυγίων επιλέγεται τόσο μικρότερο όσο μικρότερη είναι η υδραυλική πτώση (μεταξύ 6 και 3). Οι κατασκευαστές προτιμούν τους εξής αριθμούς για το πλήθος z_b των πτερυγίων πτερωτής Francis: $z_b=11,13,15$, με κάποια προτίμηση στον $z_b=13$. Με σταθερό το πλήθος των πτερυγίων του δρομέα Francis, όσο μειώνεται η διαθέσιμη υδραυλική πτώση H , με σκοπό την μείωση των φερουσών επιφανειών, μειώνεται το μεσημβρινό μήκος τους και ο δρομέας γίνεται σταδιακά όλο και περισσότερο μικτής ροής. Ο δρομέας του στροβίλου Francis στον ΥΗΣ Γλαύκου έχει αριθμό πτερυγίων 17, δηλαδή $z_b=17$.

Η πλήμνη του δρομέα υδροστροβίλου Francis κατασκευάζεται συνήθως ολόσωμη δηλαδή αποτελεί ένα χυτό τεμάχιο, συνήθως από ανοξείδωτο χρωμιούχο χάλυβα, όπως ακριβώς στην περίπτωση του Γλαύκου. Η σημερινή τεχνική της χύτευσης επιτρέπει την κατασκευή ολόσωμου δρομέα μεγάλης διαμέτρου που έχει το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης στιβαρότητας και αντοχής σε διάβρωση.

Η λύση του χυτού δρομέα μεγάλου μεγέθους εγκαταλείπεται τα τελευταία χρόνια χάρη στην σημαντική ανάπτυξη της τεχνικής της ηλεκτροσυγκόλλησης οπότε τα πτερύγια συγκολλούνται στην πλήμνη και την στεφάνη. Η παλαιότερη μέθοδος της χύτευσης της στεφάνης και της πλήμνης μετά την τοποθέτηση των πτερυγίων στο καλούπι έχει εγκαταλειφθεί. Το πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι μη ολόσωμοι δρομείς είναι οικονομικό: είναι σε αυτούς δυνατή η κατασκευή της πλήμνης και της στεφάνης από υλικό λιγότερο ανθεκτικό και ευγενές (άρα λιγότερο δαπανηρό) από αυτό των πτερυγίων. Ο δρομέας των τυποποιημένων υδροστροβίλων Francis κατασκευάζεται συνήθως ολόσωμος.

➤ **Τμήμα εξόδου ή αγωγός απαγωγής (ή φυγής)** Η κινητική ενέργεια $c_a^2/2g$ στην διατομή εισόδου της μηχανής θεωρείται ως απώλεια δεδομένου ότι αντιπροσωπεύει ενέργεια που διαφεύγει αναξιοποίητη. Από την άλλη πλευρά η μέση ταχύτητα της ροής στην περιοχή της διατομής εξόδου του δρομέα είναι σημαντική, της τάξεως των 6-10 m/sec (έτσι ώστε να μειώνεται το μέγεθος της μηχανής), και αντιπροσωπεύει σημαντικό ποσό της διαθέσιμης ενέργειας, ιδιαίτερα για τις μικρές τιμές της υδραυλικής πτώσης. Για τον λόγο αυτό σκοπός

του αγωγού απαγωγής είναι η οδήγηση του υγρού στην διώρυγα απαγωγής με παράλληλη επιβράδυνση του έτσι ώστε η ταχύτητα εξόδου να είναι της τάξεως των 1-2,50 m/sec. Κατά την διατομή εξόδου του δρομέα διαμορφώνεται ευθύγραμμο κωνικό αποκλίνον τμήμα, γωνίας κώνου όχι μεγαλύτερης των 7° περίπου ώστε να αποφεύγεται κίνδυνος αποκόλλησης της ροής. Στους μικρού μεγέθους οριζόντιου άξονα υδροστροβίλους Francis, όπως στην περίπτωση του Γλαύκου, ο αγωγός απαγωγής είναι κωνικός, καμπυλώνεται κατά 90° μέχρι την ελεύθερη επιφάνεια της διώρυγας απαγωγής και κατασκευάζεται από χαλυβοέλασμα. Στην περίπτωση υδροστροβίλων αξονικής ροής, οριζόντιου ή κεκλιμένου άξονα, όπως στους σωληνωτούς και βολβοειδείς υδροστροβίλους, ο αγωγός φυγής είναι ευθύγραμμος, κωνικός, κυκλικής διατομής μέχρι την έξοδό του, και κατασκευάζεται από χαλυβοέλασμα με επένδυση από σκυρόδεμα. Επειδή ακριβώς ο αγωγός απαγωγής έχει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία και τον βαθμό απόδοσης του υδροστροβίλου, ως διατομή εξόδου της μονάδας θεωρείται η διατομή εξόδου του αγωγού απαγωγής, ο οποίος σχεδιάζεται και κατασκευάζεται από τον κατασκευαστή του υδροστροβίλου. [ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.,]

➤ **Τμήματα υδροστροβίλου Francis οριζόντιου άξονα, μονής παροχής**

Συγκεκριμένα για τον υδροστρόβιλο Francis του ΥΗΣ Γλαύκου περιλαμβάνονται τα παρακάτω τμήματα :

- Ένας δρομέας με στεγανοποιητικά, όλα από ανοξείδωτο χάλυβα ποιότητας (13/4).
- Ένας άξονας στροβίλου με αυτολιπαινόμενο, αυτορυθμιζόμενο και υψηλής αντοχής έδρανο, συμπεριλαμβανομένου και του κουτιού συσκευασίας.
- Ένα σπειροειδές χαλύβδινο περίβλημα συμπεριλαμβανομένου δακτυλίων επικαθήσεως, καλύμματος οροφής, και δακτυλίου πατώματος και εκροής.
- Ένα σετ από πλάκες εναντίον της φθοράς, κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ποιότητας (13/4), με επιπλέον μηχανισμό λειτουργίας και σερβομηχανισμούς ρυθμίσεων.
- Ένα σύστημα χειρισμού και ελέγχου λειτουργιών συμπεριλαμβανομένου ενός ηλεκτρονικού χειριστηρίου, ενός πίνακα ελέγχου με όργανα, όλα τα μηχανήματα εξοπλισμού για την σωστή παροχή, βαλβίδες, σωληνώσεις και αντλίες πεπιεσμένου λαδιού.

➤ **Χρήσιμα στοιχεία στροβίλου**

Ο δρομέας έχει 17 πτερύγια και συνολικό βάρος 0,330 tn

Η διάμετρος εισόδου στον στρόβιλο είναι 780mm

Η διάμετρος εξόδου από τον στρόβιλο είναι 500mm

Η ισχύς του στροβίλου είναι 2,8 MW

Η παροχή ύδατος στο στρόβιλο είναι 1,6 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο.

Συνολική παροχή στο σταθμό: 3 κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο

Η πίεση στην είσοδο του στροβίλου είναι 15 Atm

Η ταχύτητα περιστροφής του στροβίλου είναι 1000 στροφές ανά λεπτό

➤ **Στοιχεία για τον άξονα συνδέσεως του στροβίλου με τη γεννήτρια**

Η διάμετρος του άξονα είναι κυμαινόμενη 250/190/160 (mm)

Το μήκος του άξονα είναι 3400 mm

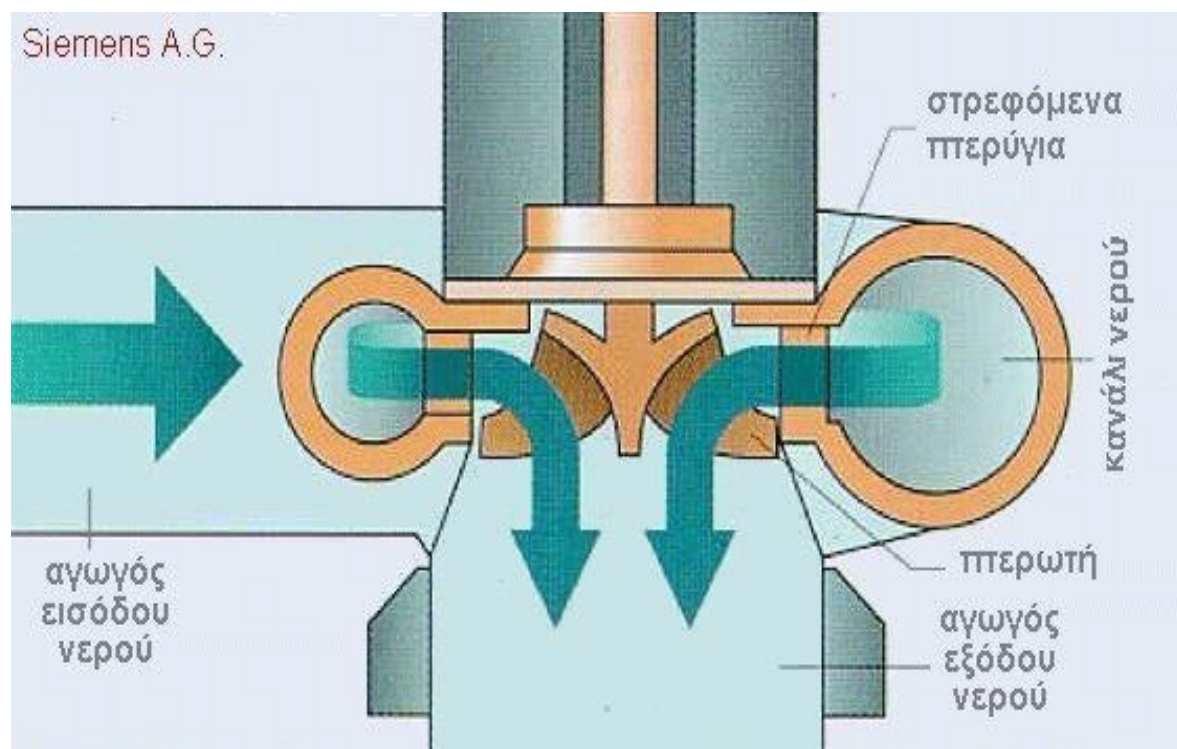
Το βάρος του άξονα είναι 1,8 tn

3.3 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υδροστροβίλου Francis.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του υδροστροβίλου σε όλους τους τομείς του .

	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ	Μικρές συνολικές διαστάσεις της υδραυλικής μηχανής, που οφείλονται στη μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος εξόδου (σε αριθμό στροφών περίπου διπλάσιο από αυτόν ενός στροβίλου PELTON με έξι ακροφύσια)	
ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	⇒ 1% με 4% υψηλότεροι βέλτιστοι βαθμοί απόδοσης ⇒ Πλήρης χρήση του ύψους πίεσης που χρησιμοποιείται	⇒ Διακυμάνσεις του ύψους πίεσης σε μερικά φορτία, που οφείλονται στο σχηματισμό δεινών ⇒ Ο Συμπίεστης είναι συχνά απαραίτητος για την προμήθεια του απαραίτητου αέρα (απόσβεση θορύβων και κραδασμών)
ΦΘΟΡΑ ΑΠΟ ΣΠΗΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΑΜΜΟ	Γενικά λιγότερες μεταβολές του προφίλ εξαιτίας της διάβρωσης από άμμο	⇒ Η φθορά από σπηλαίωση για τις εγκαταστάσεις με χαμηλό επίπεδο οικονομικών δαπανών, είναι γενικά αναπόφευκτη ⇒ Διάβρωση από την άμμο των σταθερών πτερυγίων, των επάνω και των κάτω (φθειρόμενων) πλακών, των ανάντι και των κατάντι λαβυρινθών και των πτερυγίων του δρομέα ⇒ Μεγαλύτερες απώλειες του βαθμού απόδοσης, που οφείλονται σε αυξημένα διάκενα στους λαβυρινθούς
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	-	⇒ Δεν είναι εύκολα προσιτά τα διάφορα σημεία του Στροβίλου ⇒ Οι επισκευές απαιτούν τη μετακίνηση αρκετών μερών της μηχανής ⇒ Απαιτείται Τόρνος για την επισκευή του λαβυρινθού
ΕΛΕΓΧΟΣ	-	⇒ Μόνο ένα ρυθμιζόμενο μέρος ⇒ Μερικές φορές απαιτείται βαλβίδα ανακούφισης για να μειωθούν οι διακυμάνσεις της πίεσης

Πίνακας 3: πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του υδροστροβίλου Francis



Εικόνα 30: υδροστροβίλος Francis

3.4 Υδροστρόβιλος Pelton.

Η μονάδα Pelton είναι μία από τις αποδοτικότερες τουρμπίνες νερού. Εφευρέθηκε στο 1870 από τον Lester Allan Pelton.[http://en.wikipedia.org/wiki/Pelton_wheel] Η ανακάλυψη αυτή έγινε από ένα τυχαίο γεγονός. Μια μέρα κυνηγώντας μια αγελάδα, έριξε νερό με πίεση από το λάστιχο στο ρουθούνι της και παρατήρησε ότι το νερό έκανε μια περιστροφή μέσα στη μύτη της και βγήκε από το άλλο. Η τουρμπίνα Pelton είναι μια μηχανή ώθησης, που σημαίνει ότι χρησιμοποιεί την αρχή του δεύτερου νόμου του Newton για να εξάγει ενέργεια μέσω της ροής ενός υγρού. Πριν από την εφεύρεση της μονάδας Pelton υπήρχε μεγάλη ποικιλία από τουρμπίνες ώθησης που όμως δεν ήταν τόσο αποτελεσματικές. Αυτές οι μηχανές άφηναν το νερό να περνάει με μεγάλη ταχύτητα και αυτό σήμαινε μικρότερη παραγωγή ενέργειας σε σχέση με την μονάδα Pelton η οποία χρησιμοποιούσε τέτοια γεωμετρία στα πέταλά της με αποτέλεσμα το νερό να αφήνει τον τροχό με πολύ μικρή ταχύτητα με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας. Ο στρόβιλος Pelton χρησιμοποιείται συνήθως σε μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες, με μεγάλα ύψη και μικρές ποσότητες νερού. Για ένα ύψος πτώσης νερού περί τα 1.000 μέτρα η ταχύτητα εξόδου νερού στο ακροφύσιο φτάνει τα 500 km/h (139 m/s) και γι' αυτό η καταπόνηση των υλικών είναι τεράστια (σπηλαιώση του χάλυβα). Επίσης ο στρόβιλος λειτουργεί σε υψηλό αριθμό στροφών κατ' εκτίμηση 3.000 ανά λεπτό και αποδίδουν έργο έως 90%. Σ' αυτό τον τύπο στροβίλου οδηγείται το νερό σε ένα ή περισσότερα ακροφύσια, από τα οποία εκτοξεύεται το υγρό με μεγάλες ταχύτητες στα πτερύγια της πτερωτής.

Αυτά τα πτερύγια είναι διαμορφωμένα σαν δίδυμα δοχεία (σκαφίδια), ώστε το νερό να διαχωρίζεται στην αιχμηρή ακμή των δύο σκαφιδιών και να «γλύφει» την εσωτερική επιφάνειά τους, ακολουθώντας έτσι τοξοειδή διαδρομή και αποδίδοντας όλη την κινητική ενέργεια. Κάθε ακροφύσιο διοχετεύει περί τα $10 \text{ m}^3/\text{s}$ και ο αριθμός των ακροφυσίων εξαρτάται από τις διαθέσιμες ποσότητες νερού. Η παρεχόμενη ροή ρυθμίζεται με βελόνες στον αυλό του ακροφυσίου. Για μεγάλες ποσότητες νερού και πολλά ακροφύσια (μέχρι 6) τοποθετείται ο στρόβιλος κατακόρυφα.

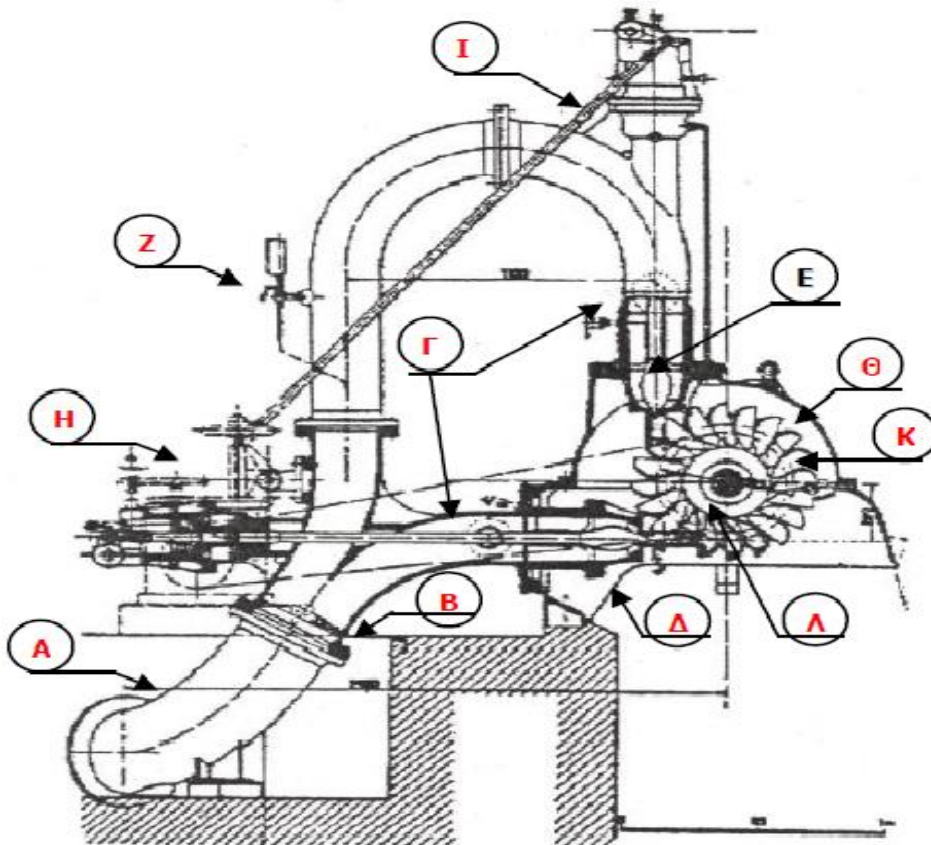
Στις περιπτώσεις πολύ υψηλής ενέργειας ανά μονάδα μάζας του υγρού, δηλαδή για υψηλές τιμές της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης H , είναι προτιμότερη η χρήση στροβίλων μερικής προσβολής, δηλαδή στροβίλων στους οποίους η ροή δεν είναι αξονοσυμμετρική και σε κάθε χρονική στιγμή τροφοδοτείται και λειτουργεί ένα μόνο τμήμα του δρομέα. Ο όρος "δρομέας μερικής προσβολής" χρησιμοποιείται σε αντιδιαστολή με τους "δρομείς ολικής προσβολής", δηλαδή τους δρομείς των υδροστροβίλων Francis, Kaplan όπου οι συνθήκες της ροής είναι αξονοσυμμετρικές και η λειτουργία του δρομέα ομοιόμορφη. Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους στις μεγάλες τιμές ενέργειας του υγρού είναι προτιμότερη η διαμόρφωση των υδροστροβίλων μερικής προσβολής είναι οι ακόλουθοι: η ταχύτητα της ροής είναι πολύ υψηλή το οποίο σε συνδυασμό με τις μικρές παροχές, άρα τις μικρές διατομές, έχει ως αποτέλεσμα την υπερβολική αύξηση των υδραυλικών απωλειών στο εσωτερικό της μηχανής, άρα την μείωση του βαθμού απόδοσης η τιμή της στατικής πίεσης είναι πολύ υψηλή με αποτέλεσμα να γίνεται προβληματική η μηχανική αντοχή του τμήματος εισόδου εάν αυτό ήταν μορφής σπειροειδούς κελύφους το οποίο αποτελεί και το ογκωδέστερο τμήμα της μηχανής. Στην περίπτωση υδροστροβίλου Pelton μόνο το τμήμα του ακροφυσίου τροφοδοσίας (που είναι μικρό σε μέγεθος) υπόκειται σε σημαντική τιμή της στατικής πίεσης.

Η σημαντική διαφορά της στατικής πίεσης ανάντη και κατάντη του δρομέα θα είχε ως αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση των ογκομετρικών απωλειών στο εσωτερικό της μηχανής εάν αυτός ήταν ολικής προσβολής ή θα απαιτούσε την κατασκευή πολύπλοκων και δαπανηρών λαβυρίνθων για την διατήρηση των ογκομετρικών απωλειών σε αποδεκτό επίπεδο.

Στην εικόνα 31 δίνεται σχηματικά η διάταξη του υδροστροβίλου μερικής προσβολής τύπου Pelton με δύο ακροφύσια του ΥΗΣ Γλαύκου. Το τμήμα εισόδου αποτελείται από δύο ακροφύσια σκοπός των οποίων είναι η μετατροπή της ενέργειας εντατικής καταστάσεως του υγρού σε κινητική, διαμορφώνοντας δέσμη κυκλικής διατομής. Κάθε δέσμη προσπίπτει στον δρομέα με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ώθησης σε αυτόν (σύμφωνα με το θεώρημα της ορμής) κατά την περιφερειακή διεύθυνση και η οποία δημιουργεί την κινητήρια ροπή. Φυσικά ο δρομέας είναι τοποθετημένος πάνω από την ελεύθερη στάθμη της διώρυγας απαγωγής έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία σε όλες τις περιπτώσεις. Η υψομετρική διαφορά από το σημείο προσβολής της δέσμης μέχρι την ελεύθερη στάθμη της διώρυγας απαγωγής αντιπροσωπεύει ενέργεια που δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί.

3.4.1 Κύρια μέρη υδροστρόβιλου Pelton.

Ο άξονας του δρομέα μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Στην κατακόρυφη διάταξη το βάρος της γεννήτριας και του στροφείου της γεννήτριας παραλαμβάνεται από ωστικό έδρανο. Στους υδροστρόβιλους Pelton με περισσότερες δέσμες προτιμότερη είναι η κατακόρυφη διάταξη του άξονα, ώστε όλα τα ακροφύσια να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και να μην παρενοχλείται η λειτουργία τους από τα απόνερα των σκαφιδιών.



Εικόνα 31: Ο στρόβιλος PELTON με δύο ακροφύσια του ΥΗΣ Γλαύκου

Όπου αναλυτικά έχουμε:

A : Αγωγός προσαγωγής

B : Σημείο διαχωρισμού της μιας δέσμης σε δύο

Γ : Δακτύλιοι στεγανότητας ακροφυσίων – αγωγού

Δ : Κάτω ακροφύσιο

E : Άνω ακροφύσιο

Z : Μετρητής πίεσεως

H : Αυτοματισμός

Θ : Περίβλημα

I : Ράβδος μετάδοσης ελέγχου στο άνω ακροφύσιο

K : Δρομέας

Λ : Άξονας μεταδόσεως της περιστροφής στη γεννήτρια

Το περίβλημα των στροβίλων Pelton δεν έχει μόνο τη λειτουργία της συλλογής και καθοδήγησης του νερού, το οποίο εξέρχεται του τροχού, αλλά σε μερικές περιπτώσεις πρέπει να παραλαμβάνει και τις αντιδράσεις των ακροφυσίων. Στα τμήματα, τα οποία είναι σε επαφή με το έδαφος, το περίβλημα είναι κατά κανόνα φτιαγμένο με τέτοιο πάχος, όπως απαιτείται από τους κανόνες της τεχνολογίας της χύτευσης. Στον άξονα του τροχού το περίβλημα έχει μια εγκοπή έτσι ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση στο δρομέα ύστερα από τη μετακίνηση του καλύμματος της κορυφής. Στην περιοχή επαφής ανάμεσα στην δέσμη και τον τροχό το πλάτος του περιβλήματος ισούται από (12) μέχρι (18) φορές τη διάμετρο της δέσμης και το πλάτος του πάνω περιβλήματος ισούται από (3) με (9) φορές τη διάμετρο της δέσμης. Προκειμένου να ελαττώσουμε τις απώλειες εξαερισμού μέσα στο περίβλημα λόγω της περιστροφής του αέρα και του διασκορπισμού των ροϊκών στοιχείων του νερού, εγκαθίσταται ένας καθαριστής πίσω από το σημείο εκροής του νερού από τον τροχό. Αυτός ο καθαριστής είναι φτιαγμένος επακριβώς σε συμφωνία με το περίγραμμα του σκαφιδίου καθώς το διάκενο ανάμεσα στον τροχό και τον καθαριστή πρέπει να έχει την ελάχιστη δυνατή τιμή, δηλαδή το πλάτος αυτό πρέπει να είναι από (0,5 mm) μέχρι (1 mm).

Το κάτω τμήμα του περιβλήματος που κατά κανόνα εδράζεται σε τσιμέντο συνήθως συγκολλείται. Το τμήμα, πάνω στο οποίο η δέσμη θα μπορούσε να επιδράσει στην ταχύτητα φυγής του στροβίλου, πρέπει να είναι καλά προστατευμένο. Κατά τη διέλευση του άξονα δια μέσου του περιβλήματος έχουν μονταριστεί δακτύλιοι κατά της στεγανοποίησης, οι οποίοι αποτρέπουν τη στεγανοποίηση του νερού, καθώς και τη διαφυγή του κατά μήκους του άξονα. Κατά κανόνα τα σώματα στα οποία πατούν τα έδρανα είναι χυτευμένα μέσα στο περίβλημα. Τα τελευταία δεν είναι απαραίτητα όταν ο δρομέας είναι μονταρισμένος σε μία κρεμαστή διάταξη στην άτρακτο της γεννήτριας. Καθώς η ταχύτητα φυγής είναι μεταβλητή και κατά συνέπεια μπορεί να ελαττωθεί, στο περίβλημα, στις περιοχές όπου η δέσμη του νερού επιδρά στην ταχύτητα φυγής, μοντάρεται μια συσκευή, η οποία στρέφει τη δέσμη αντίθετα στη φορά περιστροφής του στροβίλου.

Στους κατακόρυφους στροβίλους, οι οποίοι τις περισσότερες φορές κατασκευάζονται με ένα συγκριτικά μεγάλο πλήθος ακροφυσίων, το περίβλημα συγκολλάται και σχηματίζει τη δομή υποστήριξης της γεννήτριας. Κάτω από το δρομέα εντοπίζουμε μια εύκολα μετακινούμενη εσχάρα, η οποία μας επιτρέπει την άμεση πρόσβαση στο τροχό και το ακροφύσιο, χωρίς να είναι απαραίτητη η αποσυναρμολόγηση της διάταξης. Ακόμη πρέπει μια ανθρωποθυρίδα (manhole) να προβλέπεται για το περίβλημα ή για τον αγωγό εκροής της διάταξης.

➤ **Τμήμα εισόδου** Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου Pelton αρχίζει από την σφαιρική βάνα, στα άκρο του αγωγού προσαγωγής, και καταλήγει στο ή στα ακροφύσια τροφοδοσίας. Η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνης, η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφύσιου μέσω υδραυλικού συνήθως συστήματος. Με την μετακίνηση της βελόνης μεταβάλλεται η διατομή διέλευσης της παροχής, η διάμετρος της δέσμης και άρα μεταβάλλεται αντίστοιχα η παροχή. Σημειώνεται ότι η ταχύτητα της δέσμης είναι σχεδόν σταθερή και της τάξεως του $c \approx 2gH$, όπου H η διαθέσιμη υδραυλική πτώση. Η όλη κατασκευή του ακροφύσιου είναι πολύ στιβαρή λόγω της υψηλής τιμής της στατικής πίεσης και των μεγάλων ταχυτήτων στην διατομή εξόδου του ακροφύσιου. Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου ενεργοποιείται ο όνυχας εκτροπής της δέσμης, αμέσως μετά την διατομή εξόδου του ακροφύσιου. Ο όνυχας εκτρέπει την δέσμη, η οποία δεν προσπίπτει πλέον στον δρομέα. Στην συνέχεια η παροχή της 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 (αφού η υψομετρική διαφορά των άκρων του $z_E - z_e$ είναι σημαντική). Για τον λόγο αυτό ένας χειρισμός στον αγωγό μπορεί να θεωρηθεί ως στιγμιαίος και να προκαλέσει υδραυλικό πλήγμα μεγάλης έντασης. Το σώμα του ακροφύσιου κατασκευάζεται συνήθως από χυτοχάλυβα ενώ το άκρο της βελόνης από ανοξείδωτο χάλυβα και αντικαθίσταται κατά χρονικά διαστήματα λόγω της μηχανικής διάβρωσης που συνήθως υφίσταται από την υψηλή ταχύτητα της ροής και την ύπαρξη σωματιδίων μέσα στο νερό (πχ. άμμος).

➤ **Δρομέας** Ο δρομέας Pelton φέρει κατά την περιφέρεια σκαφίδια των οποίων η διαμόρφωση δίνεται στο σχήμα 2. Ο δρομέας κατασκευάζεται είτε ολόσωμος είτε τα σκαφίδια είναι ανεξάρτητα και προσαρμόζονται στον δρομέα μέσω κοχλίωσης και κωνικής ασφάλειας. Λόγω των πολύ ισχυρών δυνάμεων που δέχονται τα σκαφίδια και της διάβρωσης που υφίστανται από την ροή, αυτά κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα. Φυσικά στην περίπτωση ολόσωμου δρομέα αυτός κατασκευάζεται εξ ολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα. Η διάμετρος του δρομέα εξαρτάται από το πλήθος και τις διαστάσεις των σκαφιδιών και είναι της τάξεως του $D = (12-18)d$, όπου με d συμβολίζεται η διάμετρος της δέσμης, τροφοδοσίας στο κανονικό σημείο λειτουργίας. Το πλήθος των σκαφιδιών κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 20-22.

Η δέσμη προσπίπτει στον στρεφόμενο δρομέα και συγκεκριμένα στα σκαφίδια του, όπως δίνεται στο σχήμα, αλλάζει διεύθυνση ακολουθώντας την διπλή κοιλότητα των σκαφιδιών και εξέρχεται από αυτά με μηδενική σχεδόν περιφερειακή συνιστώσα της ταχύτητας. Σύμφωνα με την εξίσωση Euler των στροβιλομηχανών, το ύψος H που αξιοποιεί ο δρομέας θα είναι ίσο προς :

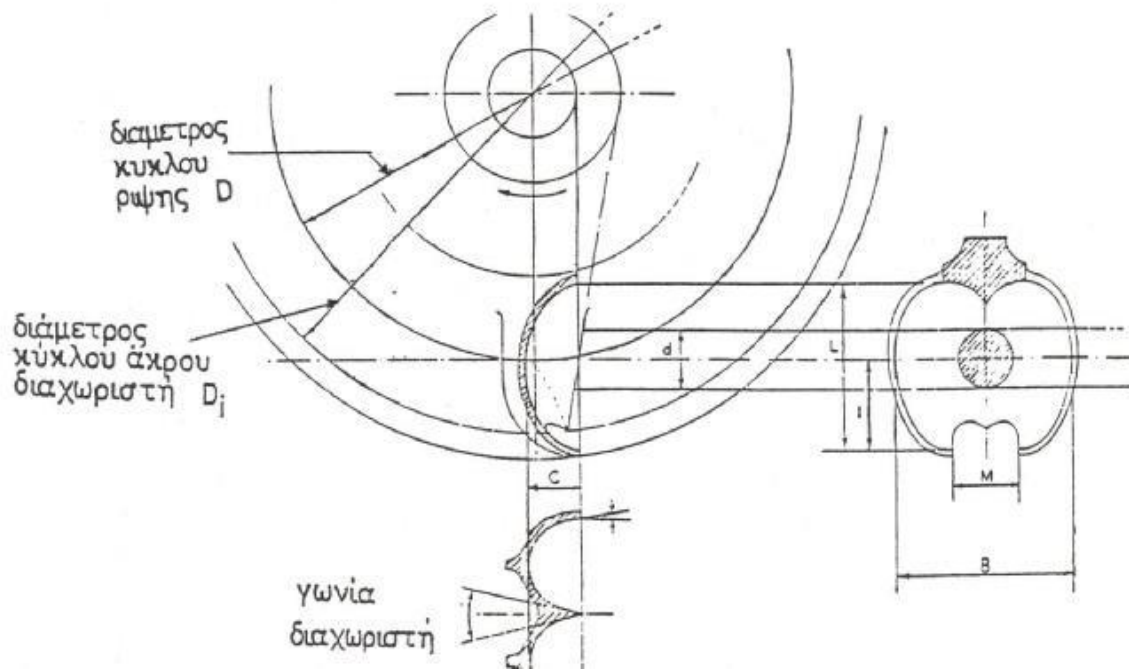
$$H \approx u \cdot c / g$$

όπου c η ταχύτητα της δέσμης (ίση με την περιφερειακή συνιστώσα της απόλυτης ταχύτητας στην είσοδο του δρομέα) και

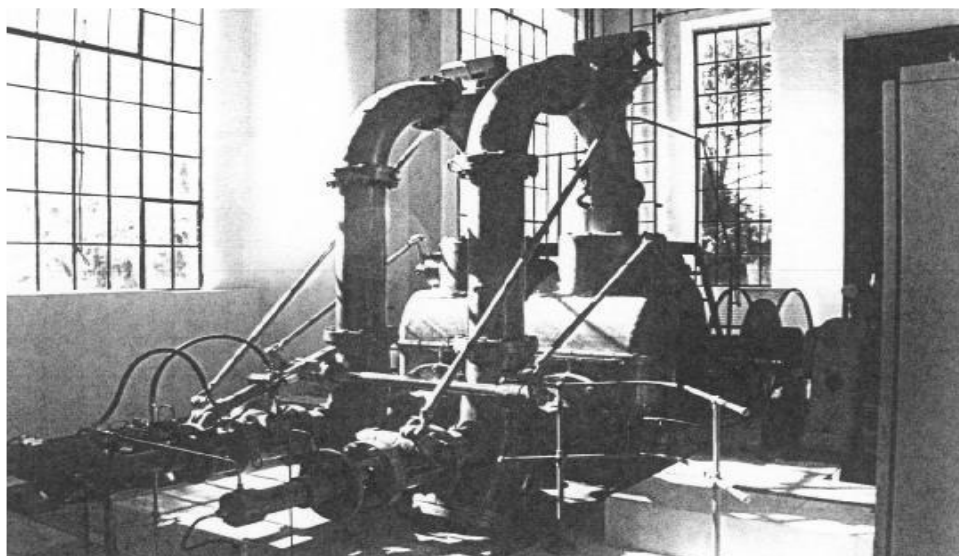
$u = \omega D / 2$, η περιφερειακή ταχύτητα του δρομέα διαμέτρου D .

Από τα προηγούμενα γίνεται αντιληπτός ο όρος "μερική προσβολή": σε κάθε χρονική στιγμή ένα μόνο τμήμα του δρομέα "λειτουργεί", της τάξεως των 2-3 σκαφιδιών τα οποία δέχονται την δέσμη και τα οποία εναλλάσσονται διαδοχικά καθώς ο δρομέας περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα.

➤ **Τμήμα εξόδου** Το τμήμα εξόδου οδηγεί το νερό που πέφτει από τον δρομέα στην διάωρυγα απαγωγής και στην συνέχεια στην κοίτη του υδατορεύματος. Με το τμήμα εξόδου συνδέεται και το περίβλημα του υδροστροβίλου που συγκεντρώνει τα νερά που εκτοξεύονται προς διάφορες διευθύνσεις από τον δρομέα, ανάλογα με το σημείο λειτουργίας (κυρίως σε παροχές διάφορες της κανονικής). Η σχεδίαση του περιβλήματος αποκτά ιδιαίτερη σημασία στους υδροστροβίλους Pelton με περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας. Στην περίπτωση του ΥΗΣ του Γλαύκου ο στρόβιλος Pelton περιλαμβάνει δυο στροφεία με δυο ακροφύσια ανά στροφείο.



Εικόνα 32: Αναλογίες διαστάσεων του δρομέα



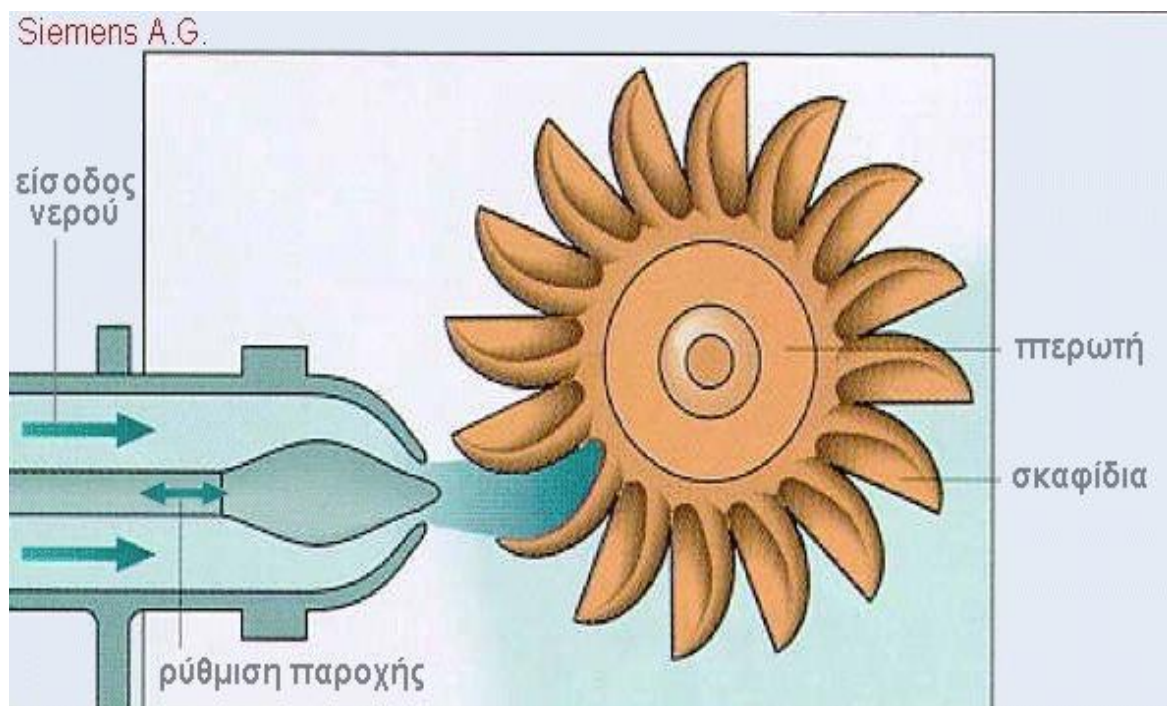
Εικόνα 33: Ο στρόβιλος Pelton με δύο στροφεία του Υ.Η.Σ. Γλαύκου

3.5 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υδροστροβίλου Pelton.

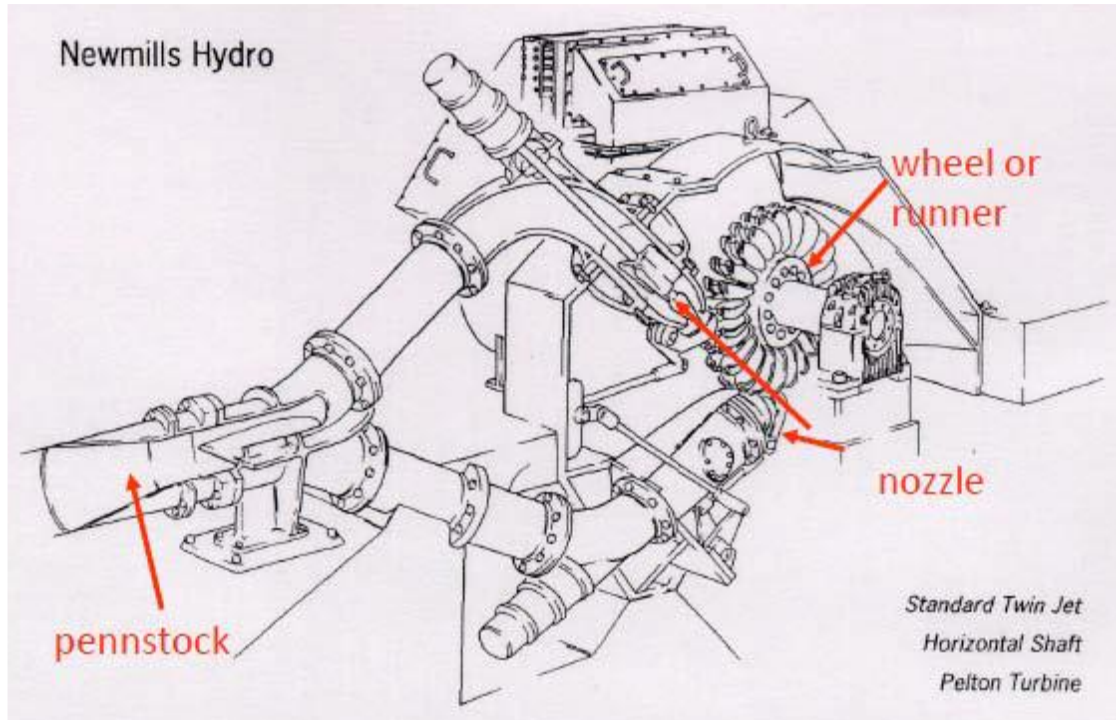
Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του υδροστροβίλου σε όλους τους τομείς του

	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ	Ελάχιστα έργα εκσκαφών, εφόσον δεν απαιτείται κατασκευή του Στροβίλου κάτω από το επίπεδο των κατάντι νερών	
ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Μεγαλύτεροι βαθμοί απόδοσης (Πάνω από 15%) υπό μερικό φορτίο, χωρίς να επηρεάζεται η ομαλότητα της λειτουργίας ⇒ Κατά κανόνα λειτουργία χωρίς συμπίεση ⇒ Δεν υπάρχει υδραυλική αξονική ώση στον άξονα 	Απώλεια ύψους πίεσης εξαιτίας της απαραίτητης ελεύθερης κρεμαστής διάταξης
ΦΘΟΡΑ ΑΠΟ ΣΠΗΛΛΙΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΑΜΜΟ	Γενικά δεν εμφανίζεται συχνά το φαινόμενο της φθοράς από σπηλαιώση	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Φθορά των δακτυλίων έδρασης του ακροφυσίου, των βελονών και των σκαφιδίων, από διάβρωση λόγω της περιεχόμενης στο νερό άμμου ⇒ Η επίδραση της άμμου είναι μεγαλύτερη, από τη στιγμή που οι σχετικές ταχύτητες είναι μεγαλύτερες ⇒ Μεγαλύτερες δευτερογενείς συνέπειες εξαιτίας πρωταρχικής διάβρωσης που γίνεται στην ανάντι ροή
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Οι επισκευές στα ακροφύσια και στους δακτυλίους έδρασης είναι εύκολα πραγματοποιήσιμες ⇒ Απλούστερες οικοδομικές εγκαταστάσεις εξαιτίας της δυνατότητας προοικοδόμησης στα εργοτάξια και του μικρότερου αριθμού συναρμολογούμενων μερών 	Ο φούρνος αποτακτικής ανόπτησης είναι απαραίτητος όταν οι επισκευές είναι εκτεταμένες
ΕΛΕΓΧΟΣ	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Δύο ρυθμιστικά μέρη : Βελόνας και εκτροπέα ροής ⇒ Η αλλαγή στο φορτίο ακολουθείται από μικρότερες μεταβολές στην ταχύτητα και την πίεση 	

Πίνακας 4: πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του υδροστροβίλου pelton



Εικόνα 34: υδροστροβίλος Pelton



Εικόνα 35: υδροστρόβιλος Pelton

3.6 Καμπύλες λειτουργίας υδροστροβίλων.

Ως χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας υδροστροβίλου εννοούνται οι καμπύλες μεταβολής της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης H συναρτήσει της παροχής Q με παράμετρο το άνοιγμα A των ρυθμιστικών περυγίων και για σταθερή ταχύτητα περιστροφής. Για την επίτευξη της ισχύος εξόδου N υπό δεδομένη τιμή της υδραυλικής πτώσης H δεν είναι σκόπιμη η επιλογή της κλίσης των περυγίων του δρομέα ανεξάρτητα από την κλίση των ρυθμιστικών περυγίων: θα πρέπει να επιλέγεται ο συνδυασμός αυτός (κλίσης των ρυθμιστικών περυγίων και κλίσης των περυγίων του δρομέα) με τον οποίο επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη τιμή του ολικού βαθμού απόδοσης. Σε κάθε σημείο λειτουργίας η ταχύτητα περιστροφής του ζεύγους υδροστροβίλου-γεννήτριας διατηρείται σταθερή λόγω του ότι η ισχύς που παράγεται από τον υδροστρόβιλο απορροφάται από την ηλεκτρική γεννήτρια. Στην περίπτωση κατά την οποία η γεννήτρια τεθεί εκτός δικτύου λόγω ηλεκτρικού σφάλματος, η μηχανική ενέργεια που παράγεται από τον υδροστρόβιλο δεν απορροφάται πλέον από την γεννήτρια με αποτέλεσμα αυτή να μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια των στρεφόμενων μαζών (της ατράκτου, του δρομέα του υδροστροβίλου και του ρότορα της γεννήτριας) και να επιταχύνει τις στρεφόμενες μάζες μέχρι μία ταχύτητα περιστροφής που χαρακτηρίζεται ως ταχύτητα φυγής n_e . [Τεχνικές Σημειώσεις Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου]

Στην ταχύτητα n_e η παραγόμενη από τον υδροστρόβιλο μηχανική ισχύς μηδενίζεται καθώς η διαθέσιμη υδραυλική πτώση H καταναλώνεται εξ ολοκλήρου στις υδραυλικές απώλειες στο εσωτερικό της μηχανής. Για τον λόγο αυτό οι στρεφόμενες μάζες δεν επιταχύνονται πέραν της ταχύτητας φυγής.

Η ταχύτητα φυγής είναι της τάξεως του:

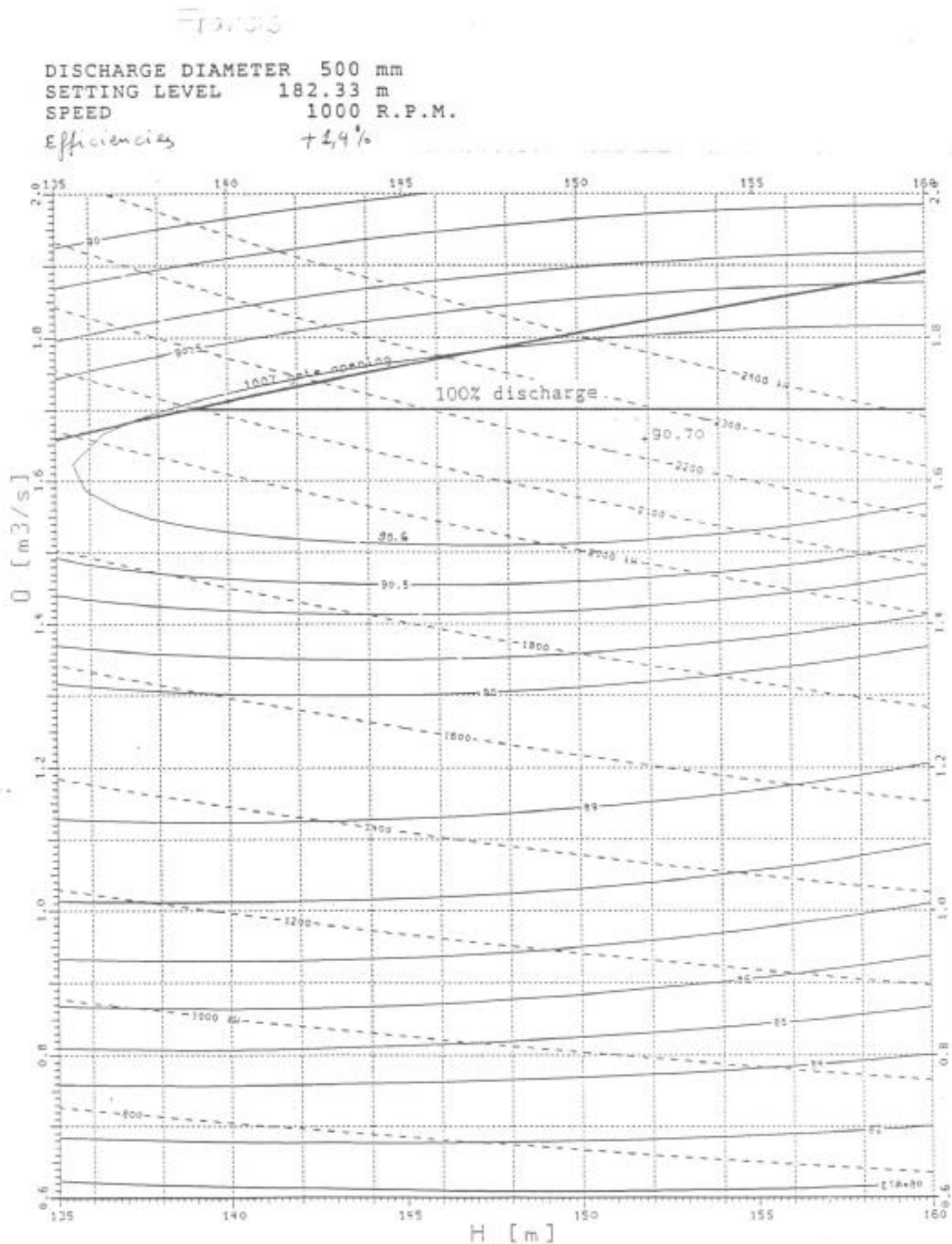
$n_e = 2,50 n$ για τους υδροστροβίλους αξονικής ροής

$n_e = 1,80 n$ για τους υδροστροβίλους Pelton

$n_e = 2,0 n$ για τους «αργόστροφους» (χαμηλού ειδικού αριθμού

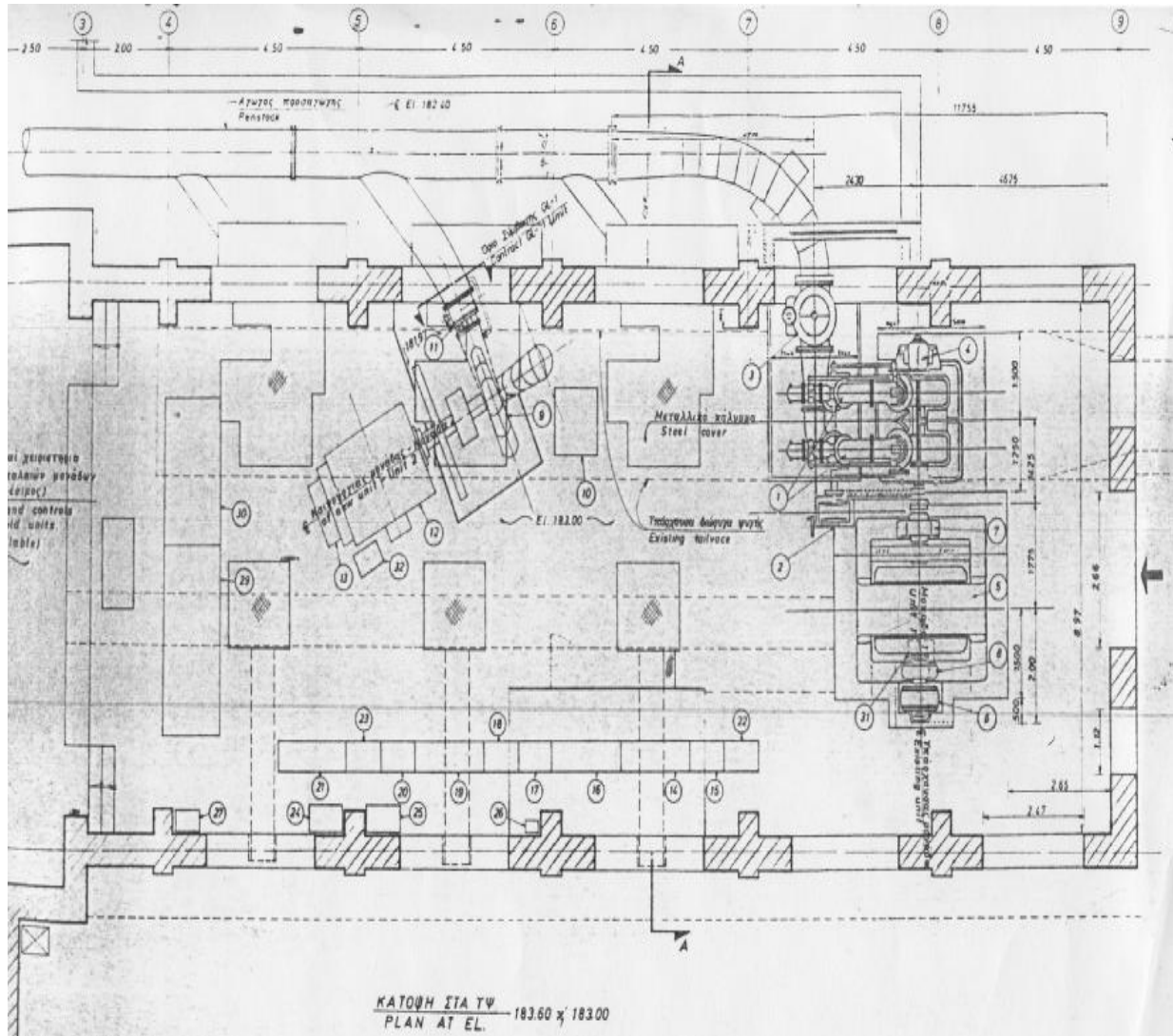
στροφών) υδροστρόβιλους Francis

GLAFKOS - HILL CHART



SULZER ESCHER WYSS, H841 9.12.91 *Adiab* 1 070 906

Εικόνα 36:διάγραμμα $Q=f(H)$ του υδροστροβίλου Francis στον ΥΗΣ Γλαύκου



Εικόνα 37: Σχέδιο κατόψεως του χώρου εγκατάστασης των υδροστροβίλων Francis και Pelton στον Υ.Η.Σ. Γλαύκου

4 Απόψεις πίεσης στον αγωγό πτώσης.

4.1 Γενικά.

Κατά τον σχεδιασμό των μικρών υδροηλεκτρικών απαιτούνται πολλά στάδια τεχνικών και οικονομικών μελετών για τη εύρεση της κατάλληλης θέσης για την εγκατάστασή του. Η βιωσιμότητα του κάθε έργου είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη θέση του καθώς η παραγωγή ισχύος εξαρτάται από την παροχή και το ύψος της πτώσης του διαθέσιμου νερού και το ποσό της παραγόμενης ενέργειας εξαρτάται από την ποσότητα του νερού και τη μεταβλητότητα της ροής κατά τη διάρκεια του έτους. Για την ακρίβεια η ισχύς P στην έξοδο ενός υδροηλεκτρικού σταθμού δίνεται από τον τύπο:

$$P = \eta_t \rho Q g H$$

όπου η_t : η συνολική απόδοση του υδροηλεκτρικού σταθμού (ισούται με το γινόμενο των βαθμών απόδοσης των επιμέρους τμημάτων του υδροηλεκτρικού σταθμού)

$\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$: η πυκνότητα του νερού

$Q \text{ [m}^3\text{/sec]}$: η παροχή νερού στον υδροστρόβιλο

$g = 9,8 \text{ [m/sec}^2\text{]}$: η επιτάχυνση της βαρύτητας

$H \text{ [m]}$: το ύψος υδατόπτωσης ή υδραυλικό ύψος, που είναι ίσο με την κάθετη υψομετρική διαφορά της δεξαμενής φόρτισης με τον υδροστρόβιλο.

Η μελέτη σχεδιασμού είναι ουσιαστικά μία επαναληπτική διαδικασία κατά την οποία συγκρίνονται συνεχώς τα κέρδη και τα κόστη του έργου καθώς επίσης περιλαμβάνει διάφορες φάσεις η έκταση και η εμβάθυνση των οποίων εξαρτώνται σημαντικά από τον χαρακτήρα και το μέγεθος της εγκατάστασης. Αρχικός σκοπός της μελέτης είναι η διαπίστωση του εάν η εξεταζόμενη θέση αξίζει περισσότερης διερεύνησης και εν συνεχεία η διαμόρφωση και η διαστασιολόγηση όπως αυτές προκύπτουν από την εξέταση και ανάλυση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων. Το τελευταίο στάδιο της μελέτης περιλαμβάνει σύνταξη των σχεδίων, των υπολογισμών, των αποτελεσμάτων οικονομικής ανάλυσης και των προδιαγραφών του απαραίτητου εξοπλισμού.

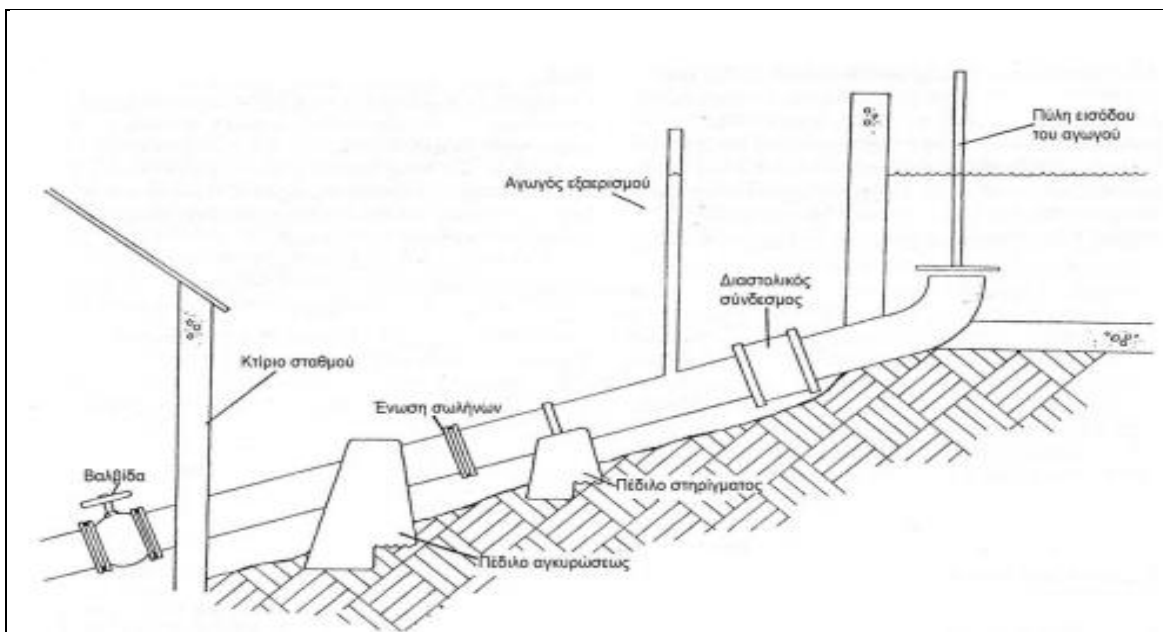
4.1.1 Συστήματα εισόδου του νερού.

Στόχος του συστήματος εισόδου του νερού είναι η εκτροπή του απαιτούμενου μέρους της ροής του νερού και η ελεγχόμενη είσοδος του στην υδροηλεκτρική εγκατάσταση. Το σύστημα εισόδου του νερού μπορεί ανάλογα με τις συνθήκες να υλοποιηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Για παράδειγμα, μπορεί να αποτελείται από έναν σωλήνα βυθισμένο στον πάτο του ποταμού με έξοδο στο κανάλι προσαγωγής ή τον αγωγό πτώσεως ή από έναν μικρό υδατοφράκτη και το στόμιο του καναλιού προσαγωγής σε μία πλευρά του ποταμού. Ανεξάρτητα όμως από τον τρόπο υλοποίησής του το σημαντικότερο χαρακτηριστικό λειτουργίας του πρέπει να είναι ο αξιόπιστος έλεγχος της ροής που εισέρχεται στην υδροηλεκτρική εγκατάσταση. Πρέπει να εξασφαλίζει ότι η εισερχόμενη ροή θα βρίσκεται εντός ενός αποδεκτού εύρους τιμών, είτε ο ποταμός εμφανίζει υψηλή είτε χαμηλή ροή. Ακόμη το σύστημα εισόδου πρέπει να είναι ανθεκτικό και να μπορεί να αντέξει την υπερπίεση που μπορεί να εμφανιστεί στην περίπτωση πλημμύρας ώστε να προστατέψει και το υπόλοιπο κομμάτι της εγκατάστασης που μπορεί να υποστεί σοβαρή ζημιά στην περίπτωση ανεξέλεγκτης ροής του νερού σε αυτό. Παράλληλα, πρέπει να είναι σωστά τοποθετημένο ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη ροή για τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού ακόμα και τη θερινή περίοδο κατά την οποία η ροή του νερού στον ποταμό είναι πιθανότατα ελάχιστη.

Επίσης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη δυνατότητας αρχικού φιλτραρίσματος του νερού ώστε να εμποδίζεται η είσοδος πετρών και γενικότερων φερτών υλών του νερού που μπορούν αργότερα να μπλοκάρουν τους σωλήνες και να προκαλέσουν ζημιά. Τέλος το σύστημα εισόδου του νερού θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο ώστε να είναι φιλικό προς το περιβάλλον δηλαδή να μην εμποδίζει την πιθανή πορεία ψαριών στο ποτάμι και γενικότερα να αλλοιώνει το τοπικό οικοσύστημα.

4.1.2 Αγωγός πτώσεως.

Ο αγωγός πτώσεως ή αγωγός νερού ή σωλήνας καταθλίψεως (penstock) είναι ο σωλήνας που μεταφέρει το νερό υπό πίεση στον υδροστρόβιλο. Μπορεί να ξεκινάει καταθειάν από το σημείο υδροληψίας αν και συνήθως ξεκινάει από τη δεξαμενή φόρτισης, αφού έτσι έχει μικρότερο μήκος και χαμηλότερο κόστος. Ο αγωγός πτώσεως αποτελεί μία σημαντική συνιστώσα του συνολικού κόστους κατασκευής του micro-υδροηλεκτρικού έργου και για τον λόγο αυτό η σχεδιάσή και η εγκατάστασή του πρέπει να γίνονται με εξαιρετική προσοχή ώστε να διασφαλίζεται μεγάλος χρόνος ζωής και ασφαλής και αποδοτική λειτουργία. Η τυπική μορφή ενός επιφανειακού σωλήνα καταθλίψεως με τα βασικότερα συστατικά του στοιχεία φαίνεται στο εικόνα. Στην αρχή του αγωγού τοποθετείται φίλτρο ώστε να εξασφαλιστεί ικανοποιητική καθαρότητα του νερού και επίσης τοποθετείται μία βαλβίδα εξαέρωσης. Κατά μήκος του αγωγού υπάρχει εξοπλισμός στήριξης του ενώ στο σημείο που καταλήγει ο αγωγός στον υδροστρόβιλο τοποθετείται μία βαλβίδα που χρησιμεύει στο να ανοίγει ή να κλείνει η παροχή και μετά από αυτήν βρίσκεται το ακροφύσιο που συγκεντρώνει το νερό σε μία υψηλής πίεσης δέσμη.



Εικόνα 38: αγωγός πτώσεως

Η διαδικασία επιλογής του κατάλληλου αγωγού συνίσταται στην επιλογή υλικού, διαμέτρου και πάχους τοιχωμάτων του σωλήνα, καθώς και της καλύτερης όδευσης του αγωγού. Αρχικά, επιλέγεται η όδευσή του η οποία εξαρτάται από τις θέσεις της δεξαμενής φόρτισης και του σταθμού παραγωγής, την υφιστάμενη τοπογραφία και τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Το υλικό και οι διαστάσεις του αγωγού επιλέγονται με τεchnοοικονομικά κριτήρια επιδιώκεται δηλαδή η βέλτιστη οικονομικά λύση που πληρεί συγκεκριμένα τεχνικά κριτήρια σχεδιασμού.

Προηγείται η επιλογή του υλικού και ακολουθεί η επιλογή της διαμέτρου του σωλήνα με βάση τις προκύπτουσες υδραυλικές απώλειες και του πάχους των τοιχωμάτων του με βάση την υδραυλική πίεση κανονικής και μεταβατικής λειτουργίας. Τέλος, υπολογίζεται το συνολικό κόστος χωρίς να αγνοείται ο εξοπλισμός και τα διάφορα εξαρτήματα που απαιτούνται για την κατασκευή την εγκατάσταση και τη σύνδεση των διαφόρων κομματιών σωλήνα. Κατά τη διαδικασία επιλογής του καταλληλότερου υλικού για τον σωλήνα τα βασικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι η υδραυλική πίεση που θα πρέπει να αντέχει ο σωλήνας η τραχύτητα του υλικού (καθώς σχετίζεται με τις υδραυλικές απώλειες λόγω τριβής στα τοιχώματα), η διαθεσιμότητα και το κόστος του η διάρκεια ζωής του ο βαθμός διάβρωσης του οι πιθανές απαιτήσεις συντήρησής του η μέθοδος συγκόλλησης των τμημάτων του σωλήνα το βάρος και η ευκολία χειρισμού και μεταφοράς του η προσβασιμότητα του σημείου τοποθέτησης του σωλήνα η μορφολογία και ο τύπος του εδάφους στο σημείο και τέλος οι καιρικές συνθήκες.

Τα υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν είναι ο χάλυβας, συνθετικά υλικά όπως το PVC, το πολυαιθυλένιο (PE) και το ενισχυμένο με υαλονήματα πλαστικό (GRP), ο ελατός χυτοσίδηρος, το ξύλο και το σκυρόδεμα (για σήραγγες). Αυτά όμως, που χρησιμοποιούνται συχνότερα σε αυτής της κλίμακας τα υδροηλεκτρικά έργα είναι ο χάλυβας, το PVC και το πολυαιθυλένιο. Ο πίνακας 5 παρουσιάζει συγκριτικά τα βασικότερα χαρακτηριστικά των τυπικών υλικών για έναν αγωγό πτώσεως.

Υλικό	Απώλειες τριβής	Βάρος	Διάβρωση	Κόστος	Ένωση κομματιών	Πίεση
Ελατός χυτοσίδηρος	****	*	****	**	*****	****
Ξύλο	***	***	****	**	****	***
Σκυρόδεμα	*	*	*****	***	***	*
Χάλυβας	***	***	***	****	****	*****
GRP	*****	*****	***	***	****	*****
PVC	*****	*****	****	****	****	****
HDPE	*****	*****	*****	***	**	****
MDPE	*****	*****	*****	***	**	*****

Πίνακας 5: συγκριτικά χαρακτηριστικά υλικών

Η διάμετρος επιλέγεται ως αποτέλεσμα μιας αντιστάθμισης μεταξύ του κόστους του αγωγού και των απωλειών ισχύος. Οι απώλειες ισχύος προκύπτουν από τις υδραυλικές απώλειες λόγω τριβής στα τοιχώματα του σωλήνα οι οποίες εκφράζονται σε μέτρα και αντιστοιχούν σε απώλειες του ύψους υδατόπτωσης. Οι απώλειες λόγω τριβής εξαρτώνται από την τραχύτητα του υλικού η οποία εκφράζεται μέσω του συντελεστή τραχύτητας k , και από την ταχύτητα με την οποία ρέει το νερό μέσα στον αγωγό. Η ταχύτητα με την οποία ρέει το νερό στον αγωγό εξαρτάται από την τιμή της ροής Q και την εσωτερική διάμετρο του αγωγού d , σύμφωνα με τον τύπο:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}$$

Η ταχύτητα του νερού και επομένως οι απώλειες τριβής αυξάνονται με την αύξηση της διατομής του ακροφυσίου λόγω επακόλουθης αύξησης της παροχής και με τη μείωση της διαμέτρου του σωλήνα. Επίσης, οι απώλειες τριβής αυξάνονται αναλογικά με το μήκος του αγωγού.

Αν είναι πολύ μεγάλες, τότε το καθαρό υδραυλικό ύψος H_{net} και κατ' επέκταση η ταχύτητα περιστροφής του υδροστροβίλου μειώνονται σημαντικά. Στην περίπτωση που οι απώλειες τριβής είναι υψηλές η εποχιακή μεταβολή της ροής θα επιφέρει ανεπιθύμητη αλλαγή στην ταχύτητα του υδροστροβίλου με αποτέλεσμα να μη λειτουργούν αποδοτικά ούτε αυτός ούτε η γεννήτρια που κινεί.

Ωστόσο καθώς ο αγωγός πτώσεως είναι το μοναδικό στοιχείο του υδροηλεκτρικού συστήματος που λειτουργεί καλύτερα σε συνθήκες μερικής ροής και επειδή είναι σημαντικότερη η σωστή αξιοποίηση της χαμηλής ροής κατά τους θερινούς μήνες συνιστάται η σχεδίαση και επιλογή του υδροστροβίλου ώστε να μπορεί να λειτουργεί πιο αποδοτικά με την ταχύτητα που προκύπτει σε συνθήκες χαμηλής ροής. Συνήθως, προτείνεται η διατήρηση των συνολικών υδραυλικών απωλειών σε ένα ποσοστό 5-15% του διαθέσιμου ύψους υδατόπτωσης αλλά αυτός δεν είναι ένας κανόνας που ακολουθείται σε κάθε περίπτωση καθώς μπορεί το διαθέσιμο ύψος να είναι παραπάνω από αρκετό ή η διατήρηση σταθερής ταχύτητας να μη θεωρείται απαραίτητη και να γίνονται αποδεκτές μεγαλύτερες απώλειες ή αντίθετα το διαθέσιμο ύψος να είναι μικρό και να πρέπει να αξιοποιηθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του με αποτέλεσμα απώλειες ίσες ακόμα και με το 5% του να κρίνονται μεγάλες. Παράλληλα πρέπει να έχει κανείς υπόψη του ότι με την αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα, αυξάνεται σημαντικά και το κόστος αγοράς του.

Το πάχος του τοιχώματος του αγωγού εξαρτάται από το όριο θραύσης και λυγισμού του υλικού, τη διάμετρο του σωλήνα και τις πιέσεις λειτουργίας. Όταν αυξάνεται η πίεση αυξάνεται και το απαιτούμενο πάχος τοιχώματος και συνεπώς το κόστος του αγωγού. Επειδή η πίεση λειτουργίας εξαρτάται από το ύψος υδατόπτωσης συνεπάγεται ότι στο αρχικό κομμάτι του αγωγού πτώσεως η αναπτυσσόμενη πίεση είναι μικρότερη από αυτή στο κάτω μέρος του. Για τον λόγο αυτό, μπορεί να γίνει συνδυασμός σωλήνων με διαφορετικά πάχη (μικρότερο υψηλότερα και μεγαλύτερο στο τέλος), ώστε να μειωθεί το κόστος. Κατά την εκτίμηση του απαραίτητου πάχους πρέπει να συνυπολογίζονται οι μεταβατικές πιέσεις κυματισμού. Σε συνθήκες απότομης εκκίνησης ή παύσης της λειτουργίας (απόρριψη φορτίου μπλοκάρισμα των ακροφυσίων) μπορεί να αναπτυχθούν στον αγωγό υποπίεσεις ή υπερπίεσεις πολλαπλάσιες της στατικής λόγω μεταβατικών δυναμικών φαινομένων που συνοψίζονται στον όρο υδραυλικό πλήγμα (surge, water hammer effect).

4.2 Απώλειες λόγω τριβής- Τοπικές απώλειες.

Η απώλεια ενέργειας ΔH κατά τη σταθερή και ομοιόμορφη ροή μέσα σε ένα σωλήνα δίνεται από τη γνωστή σχέση Darcy-Weisbach:

$$\Delta H_L = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Όπου

λ = ο συντελεστής τριβής

L = το μήκος του αγωγού (m)

d = η εσωτερική διάμετρος του αγωγού (m)

V = η μέση ταχύτητα του ρευστού (m/s)

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/s²)

Για τυρβώδη ροή σε λείους σωλήνες τα πειράματα έδειξαν ότι η απώλεια ενέργειας είναι ευθέως ανάλογη του μήκους του σωλήνα σχεδόν ευθέως ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας σχεδόν αντιστρόφως ανάλογη της διαμέτρου και εξαρτάται από την πυκνότητα και το ιξώδες του ρευστού. Έτσι ο συντελεστής f πρέπει να παίρνει τις κατάλληλες τιμές ώστε με την παραπάνω εξίσωση να υπολογίζεται σωστά η απώλεια ενέργειας.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Με διάφορους προσεγγιστικούς υπολογισμούς και με τη χρήση εμπειρικών δεδομένων έχουν βρεθεί ικανοποιητικές σχέσεις για το συντελεστή τριβής της τυρβώδους ροής για ορισμένες περιοχές του αριθμού Reynolds. Οι τοπικές απώλειες δίνονται από την παρακάτω σχέση :

$$\Delta H_m = \Sigma \zeta \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Όπου:

ζ = ο συντελεστής τοπικών απωλειών για κάθε εξάρτημα

V = η μέση ταχύτητα του ρευστού (m/s)

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/s²)

4.3 Συντελεστής τριβής λ για στρωτή- τυρβώδη ροή.

Ο συντελεστής τριβής λ εξαρτάται από τις συνθήκες ροής και τον βαθμό κατεργασίας της εσωτερικής επιφάνειας του αγωγού. Για στρωτή ροή ο συντελεστής τριβής προκύπτει από τον τύπο:

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

Ο τύπος για τον υπολογισμό του παρανομαστή είναι:

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot d}{\mu}$$

όπου :

ρ = η πυκνότητα του ρευστού

u = η ταχύτητα του ρευστού

μ = το μοριακό ιξώδες του ρευστού

d = η διάμετρος του αγωγού

Όταν $Re < 2000$, τότε έχουμε στρωτή ροή. Όταν $Re > 2000$, τότε έχουμε τυρβώδη ροή. Άρα, ο θεωρούμενος κρίσιμος αριθμός Re είναι 2000. Μεταξύ της περιοχής στρωτής και τυρβώδους ροής υπάρχει η περιοχή μεταπτώσεως που είναι ιδιαίτερα κρίσιμη περιοχή και μελετάται ξεχωριστά μιας και καθορίζει δραματικά τη φύση της ροής.

Η πρώτη σημαντική προσπάθεια για τη συσχέτιση του συντελεστή τριβής λ με τον αριθμό Re και την κατανομή της ταχύτητας για τυρβώδη ροή σε λείους σωλήνες πραγματοποιήθηκε από τον Blasius που κατέληξε στην απλή σχέση:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{1/4}}$$

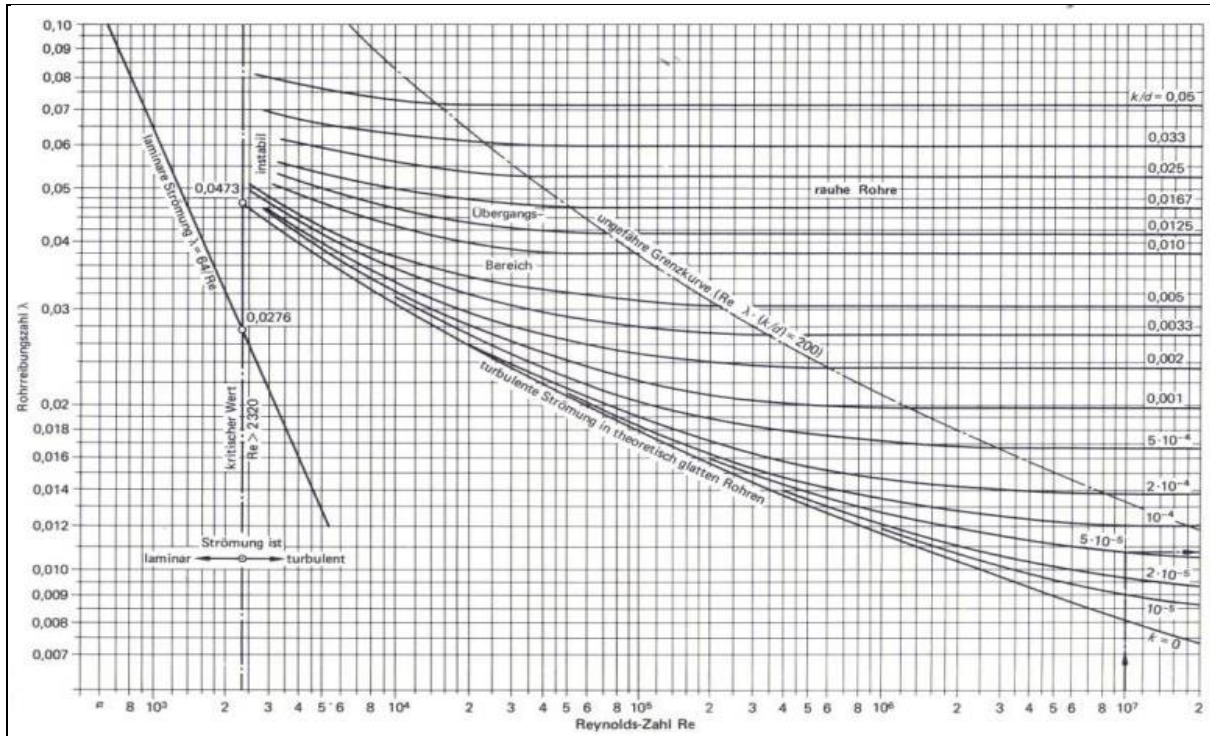
Η εργασία του Blasius βασίστηκε σε πειραματικά δεδομένα σχετικά με τη ροή ρευστών σε λείους σωλήνες κυκλικής διατομής με αριθμό Reynolds μέχρι $Re = 10^5$. Επειδή υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ των πειραματικών δεδομένων και της εξίσωσης του Blasius για $Re > 10^5$, δόθηκαν και άλλες εμπειρικές εξισώσεις οι οποίες καλύπτουν μεγαλύτερες περιοχές του αριθμού Reynolds.

Έτσι ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\text{Αν } 4000 < Re < 10^5 \text{ τότε } \lambda = \frac{0,316}{Re^{1/4}}$$

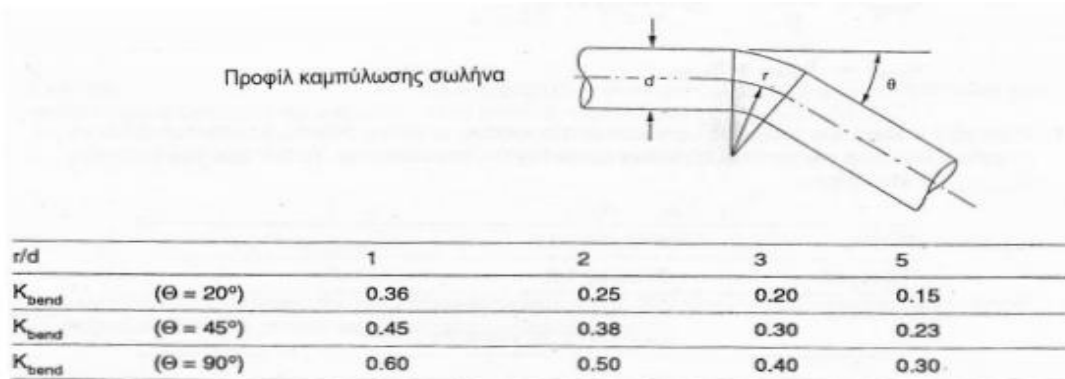
$$\text{Αν } Re > 10^5 \text{ τότε } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -0,8 + 0,87 \ln(Re \sqrt{\lambda})$$

Ο Moody παρουσίασε ένα γενικό διάγραμμα που παρουσιάζει τη μεταβολή του συντελεστή τριβής λ συναρτήσει της σχετικής τραχύτητας ϵ/d και του αριθμού Reynolds και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή τριβής. Είναι το παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 39: Διάγραμμα Moody

Για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω στροβιλισμού πρέπει κανείς να γνωρίζει ακριβώς τα σημεία στα οποία αυτές θα δημιουργηθούν και το είδος τους. Οι απώλειες σε καθένα από αυτά εκφράζεται μέσω του λόγου της ακτίνας καμπυλότητας προς την εσωτερική διάμετρο r/d και τον συντελεστή απωλειών k (εναλλακτικός συμβολισμός: ζ). Για τα σημεία καμπύλωσης του σωλήνα, υπάρχει ο συντελεστής k_{bend} που εξαρτάται από τον γωνία κάμψης του σωλήνα θ με ενδεικτικές τιμές που φαίνονται στον πίνακα :



Πίνακας 6: υπολογισμος του συντελεστή απωλειών

Για τις διακλαδώσεις, ο υπολογισμός είναι λίγο πιο περίπλοκος καθώς υπάρχουν δύο συντελεστές για τις δύο διαφορετικές πορείες του νερού και εξαρτώνται από την κατεύθυνση της ροής του νερού, τη γωνία της διακλάδωσης και το ποσοστό του νερού που εκτρέπεται προς τη διαφορετική κατεύθυνση. Ενδεικτικές τιμές των δύο συντελεστών για διάφορες περιπτώσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Διαμόρφωση	Q_2/Q	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
	k_x	0,96	0,88	0,89	0,96	1,10	1,29
	k	0,05	-0,08	-0,04	0,07	0,21	0,35
	k_x	-1,04	-0,40	0,10	0,47	0,73	0,92
	k	0,06	0,18	0,30	0,40	0,50	0,60
	k_x	0,98	0,79	0,64	0,57	0,60	0,75
	k	0,05	-0,05	-0,02	0,07	0,20	0,34
	k_x	-0,92	-0,30	0,13	0,40	0,57	0,66
	k	0,04	0,24	0,30	0,25	0,10	-0,19
	k_x	0,90	0,68	0,50	0,38	0,35	0,48
	k	0,04	-0,06	-0,04	0,07	0,20	0,33
	k_x	-0,90	-0,73	0,00	0,22	0,37	0,38
	k	0,05	0,18	0,19	0,06	-0,18	-0,54

Πίνακας 7: υπολογισμός διακλαδώσεων

Με άθροιση όλων αυτών των συντελεστών k ανάλογα με τα εμπόδια, τις φορές εμφάνισής τους και τη μορφή τους προκύπτει ένας συνολικός συντελεστής k , ο οποίος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω στροβιλισμού στις τοπικές αντιστάσεις.

4.4 Εξίσωση σωληνογραμμής.

Για τη μελέτη των απωλειών ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία. [Εργαστηριακές σημειώσεις στροβιλομηχανών καθηγητή Βούρου Αντρέα] Αρχικά το ολικό ύψος παροχής $H(m)$ μιας αντλίας ορίζεται με τη βοήθεια της εξίσωσης Bernoulli ως ακολούθως:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 + H_a = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 - \Delta h \Rightarrow$$

$$H_a = \left(\frac{P_K}{\rho g} - \frac{P_A}{\rho g} \right) + \left(\frac{u_K^2}{2g} - \frac{u_A^2}{2g} \right) + (z_K - z_A) - \Delta h \Rightarrow$$

$$H_a = (z_K - z_A) - \Delta h \Rightarrow \boxed{H_a = H_{geo} - \Delta h}$$

όπου

$\frac{p}{\rho g}$ είναι ο όρος της στατικής πίεσης,

$\frac{u^2}{2g}$ είναι ο όρος της πίεσης ταχύτητας (ή δυναμικής πίεσης),

z είναι ο όρος του ύψους,

H_a είναι το μανομετρικό ύψος της αντλίας,

Δh είναι ο όρος των απωλειών μεταξύ των δύο σημείων εφαρμογής του ενεργειακού ισοζυγίου ο οποίος περιλαμβάνει τόσο τις απώλειες λόγω τριβών όσο και τις τοπικές απώλειες.

Η τελευταία σχέση ισχύει για κάθε μία από τις αντλίες που χρησιμοποιούνται και οι απώλειες που προσυπολογίζονται αναφέρονται ουσιαστικά μέχρι τη θέση εισόδου της δεύτερης αντλίας. Στην κατάστρωση της εξίσωσης ενέργειας που παρατίθεται παραπάνω οι επιμέρους όροι που σημειώνονται δίνουν:

- $(z_K - z_A)$: διαφορά ύψους κατάθλιψης–αναρρόφησης,
- $\left(\frac{P_K}{\rho g} - \frac{P_A}{\rho g} \right)$: διαφορά ύψους πίεσης κατάθλιψης–αναρρόφησης,
- $\left(\frac{u_K^2}{2g} - \frac{u_A^2}{2g} \right)$: διαφορά ύψους ταχύτητας κατάθλιψης–αναρρόφησης.

Το μανομετρικό της αντλίας όπως δίνεται στη παραπάνω σχέση, θεωρώντας ότι οι ταχύτητες πριν την είσοδο της αντλίας και μέχρι το σημείο που μπορεί να φθάσει το νερό είναι μηδενικές σχεδόν, ενώ και οι στατικές πιέσεις θεωρούνται περίπου ίσες με την ατμοσφαιρική. Κατά αυτό τον τρόπο η εξίσωση σωληνογραμμής κάθε αντλίας περιγράφεται ως το άθροισμα ενός γεωδαιτικού ύψους και των απωλειών γραμμής. Εδώ πρέπει να αναφερθούμε στις απώλειες. Οι απώλειες είναι δύο ειδών ως γνωστόν: υπάρχουν οι απώλειες τριβών ή διαφορετικά μείζονες και οι τοπικές απώλειες ή αλλιώς ελάσσονες. Η μαθηματική έκφραση της παραπάνω σχέσης αναλύεται περισσότερο παρακάτω με την κατάστρωση των σχέσεων απωλειών που περικλείει ο όρος Δh .

$$H_a = H_{geo} + \left[\frac{1}{2g} u^2 \cdot \lambda \cdot \left(\sum \frac{L_i}{D_i} \right) \right] + \left[\frac{1}{2g} u^2 \cdot \left(\sum \zeta_i \right) \right]$$

ή πιο απλοποιημένα

$$H_a = H_{geo} + \left[\frac{u^2}{2g} \cdot \sum \left(\lambda \cdot \frac{L_i}{D_i} + \zeta_i \right) \right]$$

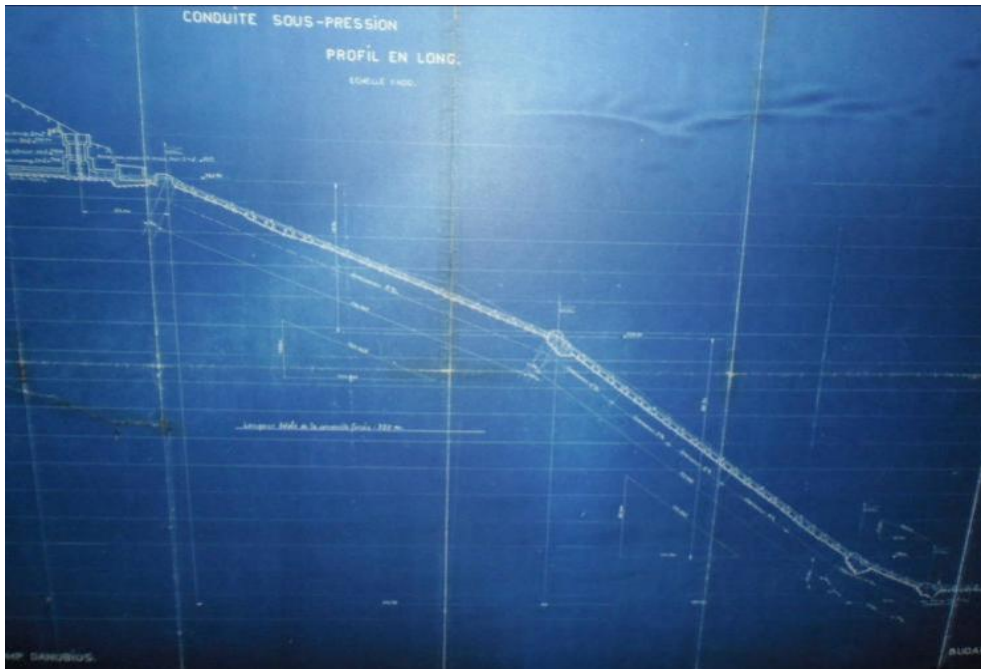
όπου οι ολικές απώλειες $\Delta h = \Delta h_f + \Delta h_m$

με Δh_f να συμβολίζονται οι απώλειες λόγω τριβών και

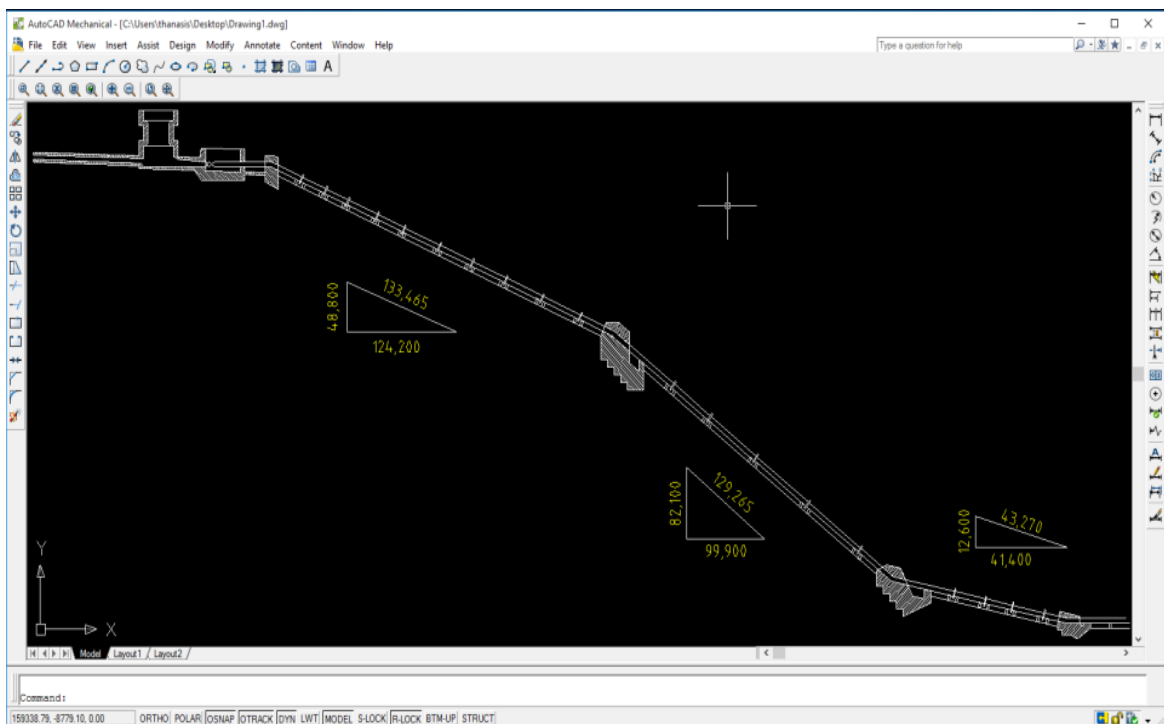
με Δh_m συμβολίζονται οι τοπικές απώλειες λόγω αλλαγών γεωμετρίας των αγωγών.

όπου:

- ρ είναι η πυκνότητα του νερού (kg/m^3),
- u η ταχύτητα κίνησης του ρευστού (m/s),
- f ο συντελεστής τριβής, (καθαρός αριθμός),
- L τα μήκη των σωληνώσεων (m),
- D η διάμετρος του σωλήνα (m),
- ζ ο συντελεστής τοπικών απωλειών για κάθε εξάρτημα (καθαρός αριθμός).



Εικόνα 40: παλιό σχέδιο αγωγού πτώσεως



Εικόνα 41: σχέδιο αγωγού πτώσεως (AutoCAD)

4.5 Υπολογισμός απωλειών στη διαδρομή AB.

Η ταχύτητα του ρευστού εντός των σωληνώσεων καθόλη την διαδρομή του ρευστού, αφού υπάρχουν ελάχιστες έως και καθόλου μεταβολές των διαμέτρων των σωληνώσεων, υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q = u \cdot A \quad (1)$$

-Το εμβαδόν A για κυλινδρικό αγωγό δίνεται από την σχέση:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2)$$

Αντικαθιστώντας την σχέση (2) στην (1) προκύπτει ότι:

$$Q = u \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow 4Q = u \cdot \pi \cdot D^2 \Rightarrow$$

$$u = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 3 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}}{\pi \cdot (0,9\text{m})^2} = \frac{12 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}}{2,54 \text{m}^2} = 4,72 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Ο συντελεστής τριβής f στην σχέση (2), υπολογίζεται με την βοήθεια του διαγράμματος Moody. Χρειάζεται όμως πρώτα να υπολογιστεί ο αριθμός Reynolds και η σχετική τραχύτητα του αγωγού για να βρεθεί ο συντελεστής τριβής λ, δηλαδή, $f = F\left(\text{Re}, \frac{\epsilon}{D}\right)$

-Ο αριθμός Reynolds δίνεται από τον εξής τύπο:

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot u \cdot d}{\mu} \quad \text{ή} \quad \text{Re} = \frac{u \cdot d}{\nu} \quad (3)$$

Το κινηματικό ιξώδες ενός ρευστού δίνεται από τον τύπο:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Το κινηματικό ιξώδες για το νερό που ρέει στον αγωγό μας δίνεται από τον Πίνακα 8:

Θερμοκρασία	Ειδικό βάρος	Πυκνότητα μάζας	Μέτρο ελαστικότητας	Δυναμική συνεκτικότητα	Κινηματική συνεκτικότητα	Επιφανειακή τάση	Πίεση υδρατμών
[°C]	[kN/m ³]	[kg/m ³]	[GPa]	[N s/m ²]	[m ² /s]	[N/m]	[kPa]
0	9,805	999,8	1,98	1,781(10) ⁻³	1,785(10) ⁻⁶	0,0756	0,61
5	9,807	1000,0	2,05	1,518(10) ⁻³	1,519(10) ⁻⁶	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	2,10	1,307(10) ⁻³	1,306(10) ⁻⁶	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	2,15	1,139(10) ⁻³	1,139(10) ⁻⁶	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	2,17	1,002(10) ⁻³	1,003(10) ⁻⁶	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	2,22	0,890(10) ⁻³	0,893(10) ⁻⁶	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	2,25	0,798(10) ⁻³	0,800(10) ⁻⁶	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	2,28	0,653(10) ⁻³	0,658(10) ⁻⁶	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	2,29	0,547(10) ⁻³	0,553(10) ⁻⁶	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	2,28	0,466(10) ⁻³	0,474(10) ⁻⁶	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	2,25	0,404(10) ⁻³	0,413(10) ⁻⁶	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	2,20	0,354(10) ⁻³	0,364(10) ⁻⁶	0,0626	47,34

Πίνακας 8: κινηματικό ιξώδες για το νερό

Έστω ότι μέσα στον αγωγό ρέει νερό σε θερμοκρασία 5°C, το κινηματικό ιξώδες του νερού για την θερμοκρασία των 5°C, είναι ίσο με $\nu = 1,519 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{sec}$.

$$(3) \Rightarrow Re = \frac{4,72 \frac{m}{sec} \cdot 0,9m}{1,519 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{sec}} = 2,80 \cdot 10^6$$

-Η τραχύτητα του αγωγού δίνεται από τον Πίνακα 9:

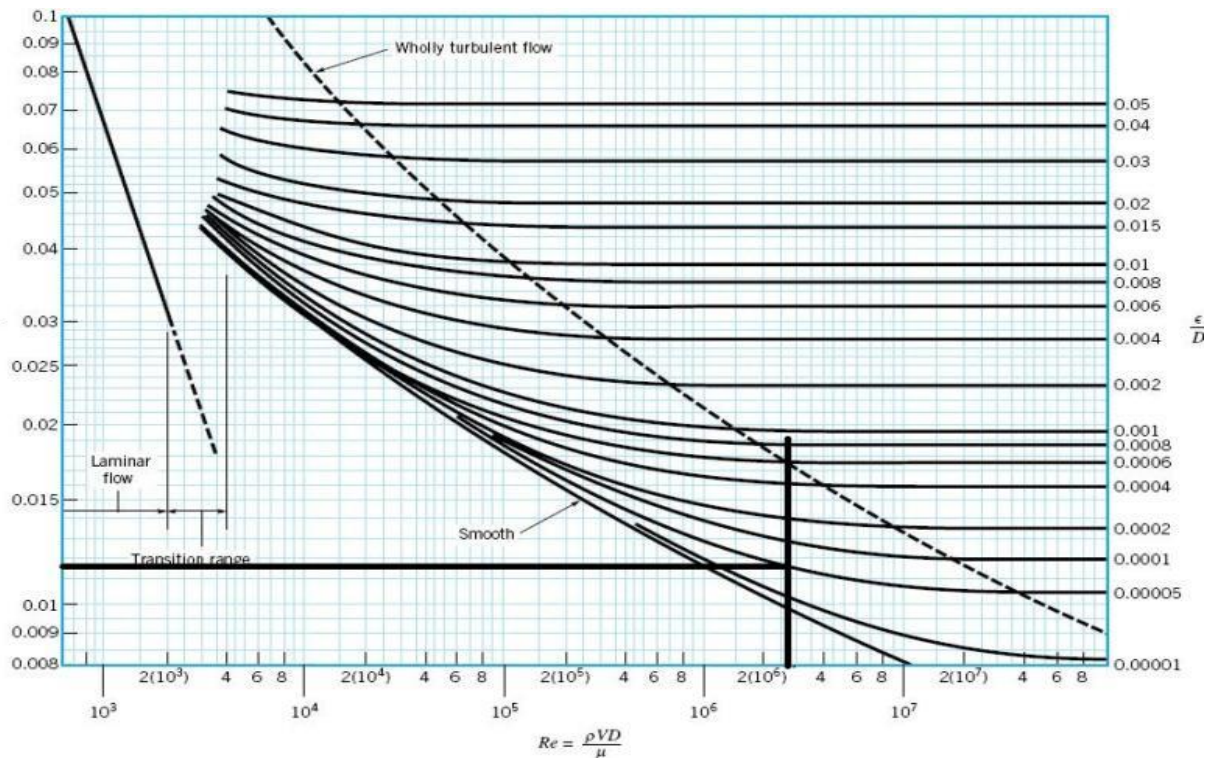
Μέση Τραχύτητα ε Σωλήνων Εμπορίου	
Υλικό Κατασκευής	Τραχύτητα ε (mm)
Χάλυβας Εμπορίου	0,046
Χυτοσίδηρος	0,26
Γαλβανισμένος Σίδηρος	0,15
Ασφαλτωμένος Σίδηρος	0,12
Χαλός, Ελαφρά μέταλλα	0,013 ÷ 0,015
Σκυρόδεμα	0,3 ÷ 3,0
Κεραμικό	~0,07
Πλαστικό	0,0016

Πίνακας 9: τραχύτητα του αγωγού

Ο αγωγός μας είναι κατασκευασμένος από χάλυβα εμπορίου άρα έχει τραχύτητα: $\epsilon = 0,046 \text{ mm}$

Η σχετική τραχύτητα του αγωγού είναι ίση με: $\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,046 \text{ mm}}{900 \text{ mm}} \approx 5,11 \cdot 10^{-5}$

Άρα ο συντελεστής τριβής f για Reynolds = $2,80 \cdot 10^6$ και για σχετική τραχύτητα $\frac{\epsilon}{D} = 5,11 \cdot 10^{-5}$, προκύπτει με την βοήθεια του διαγράμματος Moody, ότι είναι ίσος με $f = 0,0117$.



Εικόνα 42:διάγραμμα Moody

Στο επόμενο βήμα υπολογίζονται οι απώλειες τριβών και γεωμετρίας στο συγκεκριμένο τμήμα:

Οι απώλειες τριβών υπολογίζονται από τη σχέση:

$$h_{f,AB} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{u^2}{2g} = 0.0117 \cdot \frac{308}{0.9} \cdot \frac{4.72^2}{2 \cdot 9.81} = 4.54m$$

Το μήκος απωλειών μετατρέπεται σε πίεση απωλειών εφαρμόζοντας τη σχέση:

$$\Delta P_{f,AB} = \rho \cdot g \cdot h_{f,AB} = 1000 \cdot 9.81 \cdot 4.54 = 44601 Pa = 0.44bar$$

Οι απώλειες γεωμετρίας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$h_{m,AB} = \sum \zeta \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Αντικαθιστώντας τις αριθμητικές τιμές θα είναι

$$h_{m,AB} = 4 \cdot 1.04 \cdot \frac{4.72^2}{2 \cdot 9.81} = 4.72m$$

Το μήκος γεωμετρικών απωλειών μετατρέπεται σε πίεση απωλειών:

$$\Delta P_{m,AB} = \rho \cdot g \cdot h_{m,AB} = 1000 \cdot 9.81 \cdot 4.72 = 46339.07 Pa = 0.45bar$$

Αθροιστικά οι απώλειες για το τμήμα (AB) είναι:

$$\Delta P = \Delta P_{f,AB} + \Delta P_{m,AB} = 0.44 + 0.45 = 0.89bar$$

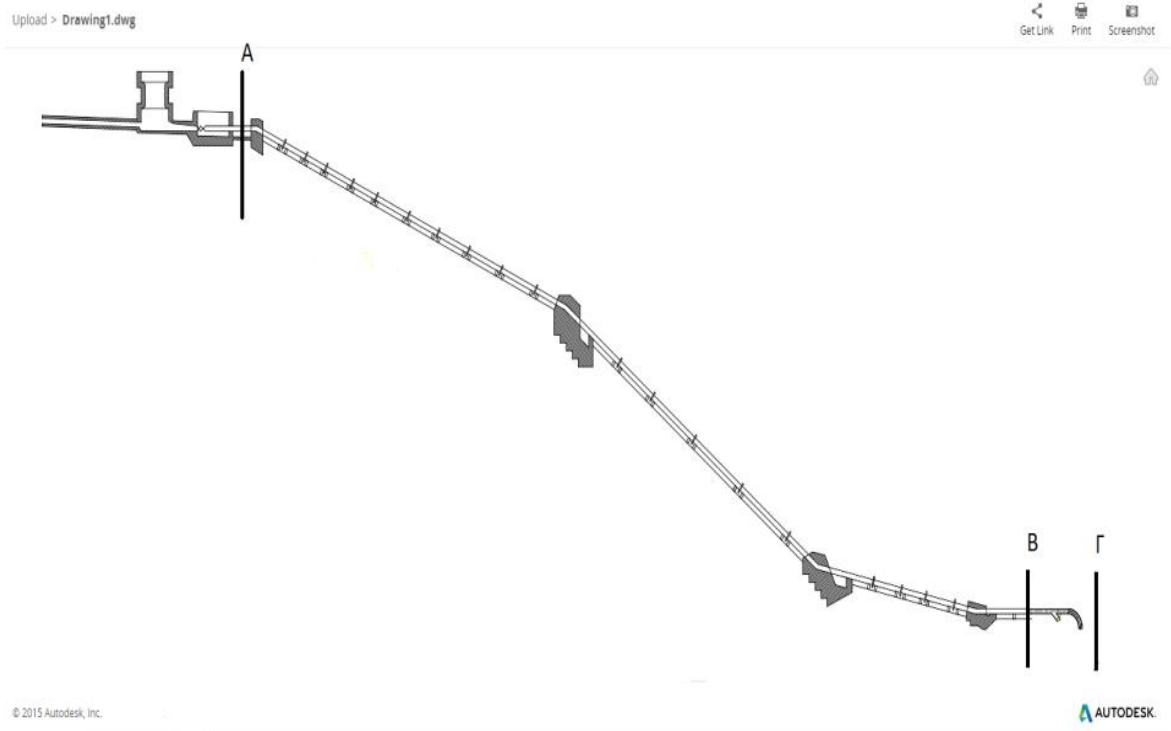
$$\Delta P = 0.89bar$$



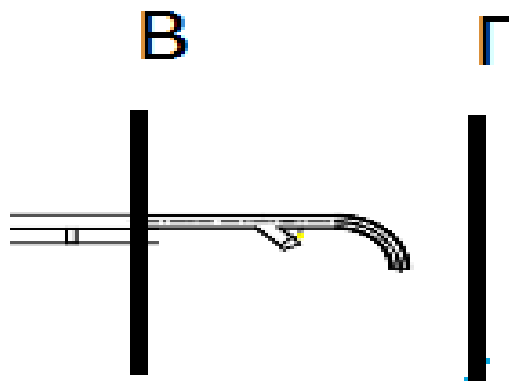
Εικόνα 43: αεροφωτογραφία του αγωγού πτώσεως

Οι επιμέρους συντελεστές ζ που χρησιμοποιούνται φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Απώλειες στη διαδρομή ΑΒ				
Ταχύτητα	4.72	m/s	u^2	22.27
Διάμετρος	0.9	m		
f	0.0117			
H _{geo} (m)	156.5			
g (m/s ²)	9.81			
Μήκος L	308	m		
Συντελεστής		Είδος		Ποσότητα
ζ ₁	1.04	γωνία		x4
Σζ	4.16			
Q(m ³ /s)	3	Re	$2,80 \cdot 10^6$	
A(m ²)	0.636	f	0.0117	Διάγραμμα Moody
		hf (m)	4.54	
		Pf (bar)	0.44	
		hm (m)	4.72	
		Pm (bar)	0.45	
		ΔΡΑΒ (bar)	0.89	



Εικόνα 44: σχέδιο εγκατάστασης



Εικόνα 45: λεπτομέρεια εικόνας 43

4.6 Υπολογισμός απωλειών στη διαδρομή ΒΓ.

Δύο αντλίες συνδέονται παράλληλα όταν οι καταθλίψεις τους συνδέονται στον ίδιο σωλήνα εξόδου. Σε αντίθεση με τη σύνδεση σειράς κατά την οποία η παροχή παραμένει σταθερή και ίδια με την παροχή καθεμιάς των προς σύνδεση αντλιών, στην περίπτωση παράλληλης σύνδεσης η συνισταμένη χαρακτηριστική προκύπτει αθροίζοντας την παροχή των δύο αρχικών αντλιών. Κάθε σημείο της συνισταμένης χαρακτηριστικής έχει παροχή το άθροισμα των παροχών των αντλιών για το ίδιο μανομετρικό.

Ειδικότερα για την παράλληλη συνδεσμολογία δύο όμοιων αντλιών, η χαρακτηριστική καμπύλη $H = f(Q)$ των συνεργαζόμενων αντλιών προκύπτει με διπλασιασμό των τετμημένων των διαφορών σημείων της χαρακτηριστικής καθεμιάς.

Συμπερασματικά για την παράλληλη σύνδεση αντλιών ισχύουν:
$$\begin{cases} Q_{12} = Q_1 + Q_2 \\ u_{12} = u_1 + u_2 \end{cases}$$

Στην περίπτωση μας δεν έχουμε μεταβολές στην διατομή των σωληνώσεων οπότε η ταχύτητα γίνεται:

$$u_{pelton} = u_{francis} = u / 2$$

1. Λειτουργία υδροστρόβιλου pelton και francis

Οι απώλειες γεωμετρίας δίνονται από τη σχέση (όπου $\Sigma\zeta$ έχουμε 2 βάνες, καμπύλη και γωνία):

$$h_{p,f} = \Sigma\zeta \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Αντικαθιστώντας τις αριθμητικές τιμές θα είναι

$$h_{p,f} = (0,81 + 1 + 2 \cdot 1,1) \cdot \frac{\left(\frac{4,72}{2}\right)^2}{2 \cdot 9,81} = 1,13m$$

Το μήκος γεωμετρικών απωλειών μετατρέπεται σε πίεση απωλειών:

$$\Delta P_{p,f} = \rho \cdot g \cdot h_{p,f} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,13 = 11167,04Pa = 0,11bar$$

$$\Delta P_f = 0,011bar$$

2. Λειτουργία υδροστρόβιλου francis

Οι απώλειες γεωμετρίας δίνονται από τη σχέση (όπου $\Sigma\zeta$ έχουμε βάνα και γωνία):

$$h_f = \Sigma\zeta \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Αντικαθιστώντας τις αριθμητικές τιμές θα είναι

$$h_f = (0,81 + 1,1) \cdot \frac{\left(\frac{4,72}{2}\right)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,54m$$

Το μήκος γεωμετρικών απωλειών μετατρέπεται σε πίεση απωλειών:

$$\Delta P_f = \rho \cdot g \cdot h_f = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,54 = 5318,96Pa = 0,052bar$$

$$\Delta P_f = 0,052bar$$

3. Λειτουργία υδροστρόβιλου pelton

Οι απώλειες γεωμετρίας δίνονται από τη σχέση (όπου $\Sigma\zeta$ έχουμε βάνα και καμπύλη):

$$h_p = \Sigma\zeta \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Αντικαθιστώντας τις αριθμητικές τιμές θα είναι

$$h_p = (1 + 1, 1) \cdot \frac{\left(\frac{4.72}{2}\right)^2}{2 \cdot 9.81} = 0, 59m$$

Το μήκος γεωμετρικών απωλειών μετατρέπεται σε πίεση απωλειών:

$$\Delta P_p = \rho \cdot g \cdot h_p = 1000 \cdot 9.81 \cdot 0, 59 = 5848, 08Pa = 0.057bar$$

$$\Delta P_p = 0.057bar$$

Οι επιμέρους συντελεστές ζ που χρησιμοποιούνται φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Απώλειες στη διαδρομή ΒΓ					
Ταχύτητα	4.72	m/s			
Διάμετρος	0.9	m			
f	0.0117				
Hgeo (m)	156.5				
g (m/s ²)	9.81				
Μήκος L	6	m			
Συντελεστής		Είδος		Ποσότητα	
ζ_2	0.81	γωνία 45°			
ζ_3	1	καμπύλη			
ζ_4	1.1	βάνα		X2	
$\Sigma\zeta$	4.01				
περίπτωση1 (pelton και francis)		περίπτωση2 (francis)		περίπτωση3 (pelton)	
hp,f (m)	1.13	hf (m)	0.54	hp (m)	0.59
Pp,f (bar)	0.11	Pf (bar)	0.052	Pp (bar)	0.057
ΔΡΑΒ (bar)	0.89		0.89		0.89
ΔΡΒΓ (bar)	0.11		0.052		0.057
ΔΡ (bar)	1		0.942		0.947

5 Ενεργειακή ανάλυση ΥΗΕ

5.1 Γενικά στοιχεία.

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Η δέσμευση/ αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η Υ/Ε καθίσταται μια σημαντικότερη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού είναι ποικίλα. Ακόμα και το μειονέκτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξ αιτίας των μεγάλης κλίμακας έργων πολιτικού μηχανικού, τα οποία ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο προϋποθέτει, με μια καλοσχεδιασμένη μελέτη, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της λίμνης Πλαστήρα, κατά την οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υγροβιότοπο, ο οποίος σύντομα μετατράπηκε σε πόλο τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή.

Τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά έργα (ΜΥΗΕ) είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, και συνεπώς ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Γι' αυτό το λόγο γίνεται συνήθως και ο διαχωρισμός μεταξύ μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών. Ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, καθώς το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασης του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους.

5.2 Υδραυλική ενέργεια ΥΗΕ.

Σε ένα ΥΗΕ η ενέργεια του νερού ανά μονάδα μάζας του είναι ουσιαστικά η δυναμική του ενέργεια λόγω θέσης (ύψους) και ισούται με την επονομαζόμενη διαθέσιμη υδραυλική πτώση $h = Z_E - Z_A$

Όπου Z_E είναι η στάθμη της επιφάνειας του νερού στον ταμιευτήρα ή στη δεξαμενή φόρτισης, όταν υπάρχει και

Z_A είναι η στάθμη του νερού κατάντη του ΥΗΣ, όταν η παροχή οδηγείται στη φυσική κοίτη.

Λόγω της μεγάλης επιφάνειας του ταμιευτήρα ή της δεξαμενής φόρτισης, η κινητική ενέργεια του νερού εκεί θεωρείται αμελητέα. Η υδραυλική ισχύς που διατίθεται προς μετατροπή σε μηχανική ισχύ ισούται με:

$$N_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = \gamma \cdot Q \cdot h$$

(1)

Η μηχανική ισχύς που ανακτάται από τον υδροστροβίλο είναι μικρότερη της N_h κατά τις απώλειες της ροής στο σύστημα προσαγωγής και τις απώλειες στον ίδιο τον υδροστροβίλο. Οι υδραυλικές απώλειες δh_{fEe} στο σύστημα προσαγωγής (σήραγγα, αγωγός προσαγωγής) δίνονται ως

$$\delta h_{fEe} = k \cdot Q^2$$

(2)

Στη σχέση (2) ο δείκτης k αναφέρεται στη διατομή εισόδου του υδροστροβίλου. Επομένως η διαθέσιμη υδραυλική πτώση ή καθαρό ύψος ενέργειας H δηλ. η ενέργεια της οποίας η μετατροπή σε μηχανική, ζητείται από τον υδροστροβίλο θα είναι ίση με:

$$H = h - \delta h_{fEe} \Leftrightarrow H = h - k \cdot Q^2 \Leftrightarrow H = z_E - z_A - k \cdot Q^2$$

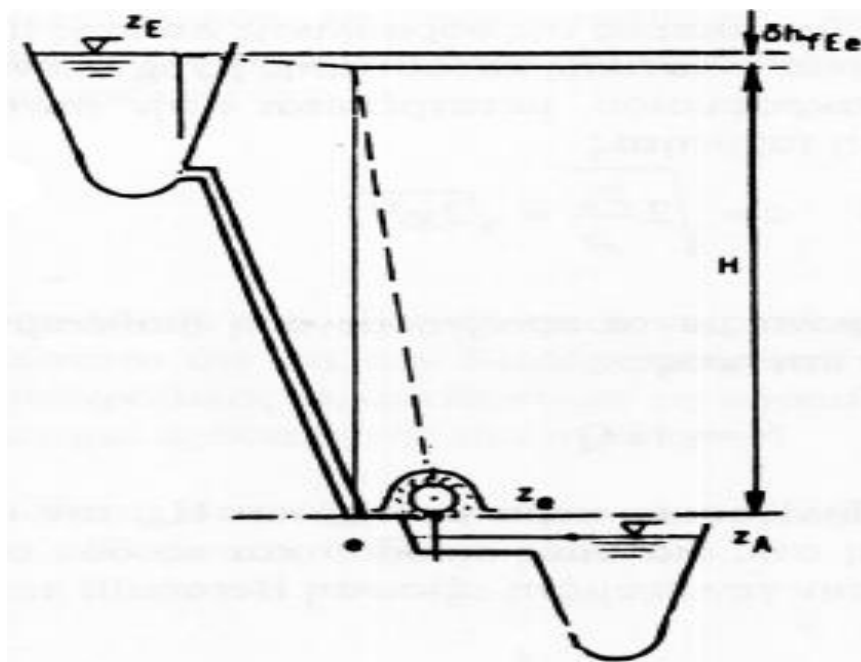
(3)

Στην περίπτωση υδροστροβίλου δράσης, η διαθέσιμη υδραυλική ισχύς θα μετατρέπεται σε εσωτερική ενέργεια και κινητική ενέργεια στη διατομή εισόδου του υδροστροβίλου:

$$H_E = H_e \Rightarrow h_{am} + z_E + \frac{p_e}{\rho g} + \frac{c_e^2}{2g} = h_{am} + z_e + \frac{p_e}{\rho g} + \frac{c_e^2}{2g} + \delta h_{Ee} \Rightarrow$$

$$z_E - z_e - kQ^2 = \frac{p_e}{\rho g} + \frac{c_e^2}{2g}$$

Λόγω της θέσης του υδροστροβίλου δράσης, η πτώση $z_e - z_A$ (από τη στάθμη του υδροστροβίλου έως την ελεύθερη επιφάνεια του κάτω ταμιευτήρα – δεξαμενής), δεν μπορεί να αξιοποιηθεί.



Η διαθέσιμη ενέργεια στη διατομή εισόδου του υδροστροβίλου μετατρέπεται στην έξοδο σε ροή δέσμης με ταχύτητα:

$$H_e = H_a \Rightarrow \cancel{Z_e} + \left(\frac{P_e}{\rho g} + \frac{c_e^2}{2g} \right) = \cancel{Z_a} + \cancel{\frac{P_a}{\rho g}} + \frac{c_a^2}{2g} \left. \vphantom{H_e = H_a} \right\} \Rightarrow Z_E - Z_e - kQ^2 = \frac{c_a^2}{2g} \Rightarrow$$

$$Z_E - Z_e - kQ^2 = \frac{P_e}{\rho g} + \frac{c_e^2}{2g}$$

$$\frac{P_e}{\rho g} + \frac{c_e^2}{2g} = \frac{c_a^2}{2g} \Rightarrow c_a = \sqrt{2 \frac{P_e}{\rho} + c_e^2}$$

Σε περιπτώσεις μεγάλης διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης και μεγάλης διατομής αγωγού προσαγωγής, ο όρος της εσωτερικής ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερος από τον όρο της κινητικής ενέργειας του νερού στη διατομή εισόδου του υδροστροβίλου δηλ.:

$$c_a = \sqrt{2 \frac{P_e}{\rho} + c_e^2} \left. \vphantom{c_a} \right\} \Rightarrow c_a \approx \sqrt{2 \frac{P_e}{\rho}}$$

$$\frac{P_e}{\rho g} \gg \frac{c_e^2}{2g}$$

Στην περίπτωση αυτή δηλ. αμελώντας τον όρο της κινητικής ενέργειας η ταχύτητα της δέσμης στην έξοδο θα είναι η c_a

Το ολικό ύψος ενέργειας στη διατομή εισόδου του υδροστροβίλου θα ισούται:

$$H_a = H_A \Rightarrow Z_a + \cancel{h_{atm}} + \cancel{\frac{P_a}{\rho g}} + \frac{c_a^2}{2g} = \cancel{Z_A} + \cancel{h_{atm}} + \cancel{\frac{P_A}{\rho g}} + \cancel{\frac{c_A^2}{2g}} + \delta h_{aA} \Rightarrow$$

$$\delta h_{aA} = Z_a + \frac{c_a^2}{2g} \stackrel{Z_a=Z_e}{\Rightarrow} \delta h_{aA} = Z_e + \frac{c_a^2}{2g}$$

Δηλ. οι απώλειες ροής από την έξοδο του υδροστροβίλου έως την κάτω δεξαμενή – ταμιευτήρα ισούνται με την ολική ενέργεια του ρευστού στην έξοδο του υδροστροβίλου.

Δηλ. όλη η ενέργεια του ρευστού στην έξοδο του υδροστροβίλου χάνεται σε τριβές κλπ.

Το ολικό ύψος ενέργειας στη διατομή εισόδου (e) του υδροστροβίλου θα είναι:

$$H_{oe} = h_{atm} + Z_E - \delta h_{Ee}$$

Το ολικό ύψος ενέργειας στη διατομή εξόδου του υδροστροβίλου (a) θα είναι:

$$H_{oa} = h_{atm} + Z_A + \delta h_{aA}$$

Αφαιρώντας κατά μέλη τις δύο σχέσεις που δίνουν τα ολικά ύψη στις διατομές (e) και (a) θα είναι:

$$H_{oe} - H_{oa} = (h_{atm} + Z_E - \delta h_{Ee}) - (h_{atm} + Z_A + \delta h_{aA}) \Rightarrow$$

$$H_{oe} - H_{oa} = Z_E - Z_A - \delta h_{Ee} - \delta h_{aA}$$

$$\delta h_{aA} = Z_e + \frac{c_a^2}{2g}$$

$$H_{oe} - H_{oa} = Z_E - Z_A - \delta h_{Ee} - \left(Z_e + \frac{c_a^2}{2g} \right) \Rightarrow$$

$$H_{oe} - H_{oa} = (Z_E - Z_e - \delta h_{Ee}) - \frac{c_a^2}{2g} \Rightarrow H_{oe} - H_{oa} = H - \frac{c_a^2}{2g}$$

$$\delta h_{aA} = Z_e + \frac{c_a^2}{2g}$$

Η δεσμευόμενη ισχύς N_c από τον υδροστροβίλο ισούται με:

$$N_c = \rho g (H_{oe} - H_{oa}) Q \Rightarrow N_c = \rho g \left(H - \frac{c_a^2}{2g} \right) Q \Rightarrow$$

$$N_c = \rho g H Q - \rho g \frac{c_a^2}{2g} Q \Rightarrow N_c = N_i - \rho g Q \frac{c_a^2}{2g}$$

Δηλ. από τη διαθέσιμη ισχύ του υδροστροβίλου N_i , η ισχύς που αντιστοιχεί στην κινητική ενέργεια του νερού στη διατομή εξόδου του υδροστροβίλου διαφεύγει κατά την ενεργειακή μετατροπή και δεν αξιοποιείται.

Η δεσμευόμενη ισχύς N_c από τον υδροστροβίλο ισούται με:

$$N_c = \rho g (H_{oe} - H_{oa}) Q \Rightarrow N_c = \rho g \left(H - \frac{c_a^2}{2g} \right) Q \Rightarrow$$

$$N_c = \rho g H Q - \rho g \frac{c_a^2}{2g} Q \Rightarrow N_c = N_i - \rho g Q \frac{c_a^2}{2g}$$

Το ωφέλιμο ύψος πτώσης H^* ορίζεται ως:

$$H^* = H - \frac{c_a^2}{2g}$$

και εκφράζει την ανά μονάδα μάζας ενέργεια του ρευστού που είναι δυνατό να μετατραπεί σε μηχανική ισχύ. Η πραγματική μηχανική ισχύς που αποδίδεται από τον υδροστροβίλο αν αυτός περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ω δίνεται:

$$N = M \omega$$

όπου M η κινητήρια ροπή που αναπτύσσεται στον άξονα του υδροστροβίλου.

Ισχύει $N < N_i$ και η διαφορά $\delta N = N_i - N$ αντιστοιχεί στις συνολικές απώλειες του υδροστροβίλου, οι οποίες εκφράζονται με τον βαθμό απόδοσης η :

$$\eta = \frac{N}{N_i} \Rightarrow N = \eta \rho g H Q$$

Η ηλεκτρική ενέργεια N_e που παράγεται από τον υδροστροβίλο θα είναι μικρότερη της N κατά τις απώλειες της γεννήτριας και του μετασχηματιστή, που εκφράζονται μέσω των αντίστοιχων βαθμών απόδοσης η_G και η_{Tr} :

$$N_e = \eta_G \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta \cdot N_i \Rightarrow N_e = \eta_G \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta \cdot (\rho g H \cdot Q)$$

1. Η τελική ηλεκτρική ενέργεια που τελικά θα διατίθεται στο ηλεκτρικό δίκτυο θα είναι μικρότερη της N_e κατά το ποσό της ενέργειας που ιδιοκαταναλώνεται από τον ίδιο τον ΥΗΣ (φωτισμός, αυτοματισμοί κλπ.) [Εργαστηριακές σημειώσεις ΤΕΙ Κρήτης καθηγητή Κατραπρακάκη Δημητρίου]

5.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με περίπου 7,4 εκατομμύρια πελάτες. Διαθέτει μια μεγάλη υποδομή σε εγκαταστάσεις ορυχείων λιγνίτη, παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει περίπου το 68% της εγκατεστημένης ισχύος των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Στον τομέα των ΑΠΕ, η ΔΕΗ δραστηριοποιείται μέσω της θυγατρικής της «ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.», έχοντας στο χαρτοφυλάκιό της αιολικά πάρκα, μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς καθώς και φωτοβολταϊκούς, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 116 MW (μη συμπεριλαμβανομένων των σταθμών στους οποίους η ΔΕΗ Ανανεώσιμες συμμετέχει μέσω κοινοπραξιών, από την εγκατεστημένη ισχύ των οποίων της αναλογούν 29 MW).

5.3.1 Ετήσια καμπύλη διάρκειας 2014.

Το προσωπικό του υδροηλεκτρικού σταθμού πρόσφερε στοιχεία όσο αφορά την παροχή νερού (Qποταμού (m³/s)), τα νερά που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή (m³) και την παραγωγή συνολικά του σταθμού(m³) για τα έτη 2014-2015. Εμείς θα επεξεργαστούμε τα στοιχεία μας για κάθε έτος ξεχωριστά [Τεχνικές Σημειώσεις Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου]. Για το έτος 2014 έχουμε:

ημέρες	Ημ/μία	Qπ (m ³ /s)	ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται (m ³)	ποσότητα νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (m ³)
31	Ιαν-14	1,42	2589810	952400
28	Φεβ-14	1,95	4379760	1605360
31	Μαρ-14	1,91	4276350	1546690
30	Απρ-14	1,54	2965590	1067800
31	Μαϊ-14	1,75	4044730	1513270
30	Ιουν-14	1,13	2789640	1027960
31	Ιουλ-14	0,68	1789570	630150
31	Αυγ-14	0,4	1071360	371000
30	Σεπ-14	0,55	969580	328430
31	Οκτ-14	0,55	980440	336440
30	Νοε-14	0,57	751130	253860
31	Δεκ-14	2,9	2003720	690120

Μέσου των δεδομένων μπορούμε να εξάγουμε πληροφορίες σχετικά με το νερό του ποταμού τις απώλειες στα νερά που υπάρχουν και να υπολογίσουμε την ισχύ που παράγεται.

- Η μηνιαία παροχέτευση ύδατος την βρίσκουμε από τον εξής τύπο:

$$\text{μηνιαία παροχέτευση ύδατος} = 3600(\text{sec}) * 24(\text{hour}) * 31(\text{month}) * Q_{\pi}$$

- Οι απώλειες των νερών δίνεται από τον εξής τύπο:

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- απώλειες των νερών = μηνιαία παροχέτευση ύδατος - ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται
- Η ισχύς που παράγεται δίνεται από τον εξής τύπο:

$$P_{\text{νερού}} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q_{\pi}$$

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται όλα τα στοιχεία που μας χρειάζονται έτσι ώστε να κατασκευάσουμε την ετήσια καμπύλη διάρκειας.

Ημ/μία	Qπ (m ³ /s)	μηνιαία παροχέτευση ύδατος (m ³)	ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται (m ³)	ποσότητα νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (m ³)	απώλειες (m ³)	ποσοστό %	Ρνερού (ρgHQ) Watt	Ρνερού (MW)
Ιαν-14	1,42	3803328	2589810	952400	1213518	68%	2180076	2,18
Φεβ-14	1,95	4717440	4379760	1605360	337680	93%	2993767	2,99
Μαρ-14	1,91	5115744	4276350	1546690	839394	84%	2932356	2,93
Απρ-14	1,54	3991680	2965590	1067800	1026090	74%	2364308	2,36
Μαϊ-14	1,75	4687200	4044730	1513270	642470	86%	2686714	2,69
Ιουν-14	1,13	2928960	2789640	1027960	139320	95%	1734849	1,73
Ιουλ-14	0,68	1821312	1789570	630150	31742	98%	1043980	1,04
Αυγ-14	0,4	1089430	1071360	371000	18070	98%	614106	0,61
Σεπ-14	0,55	1425600	969580	328430	456020	68%	844395	0,84
Οκτ-14	0,55	1473120	980440	336440	492680	67%	844395	0,84
Νοε-14	0,57	1477440	751130	253860	726310	51%	875101	0,88
Δεκ-14	2,9	7767360	2003720	690120	5763640	26%	4452269	4,45

Στη συνέχεια για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας θα χρειαστούμε ένα ακόμα πίνακα ο οποίος θα περιέχει τα εξής στοιχεία: παροχή του νερού, των αριθμό των ημερών, την παραγωγή της ισχύος, την παραγωγή της ενέργειας και το ποσοστό χρόνου. Επίσης για ευκολία χρήσης τα δεδομένα κατανεμήθηκαν σε περιόδους (χειμερινή – εαρινή - ετήσια). Η παραγωγή ισχύος δίνεται από τον εξής τύπο:

$$P_{\text{ισχύος}} = n_{\text{ολ.}} (\rho \cdot g \cdot H \cdot Q)$$

$$\text{Όπου } n_{\text{ολ.}} = n_{\text{turbine}} \cdot n_{\text{tranc}} \cdot n_{\text{gen}} = 0.93 \cdot 0.97 \cdot 0.98 = 0.88$$

Η παραγωγή ενέργειας υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$E_e = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} \cdot (t_{i+1} - t_i) \cdot 24h$$

- ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

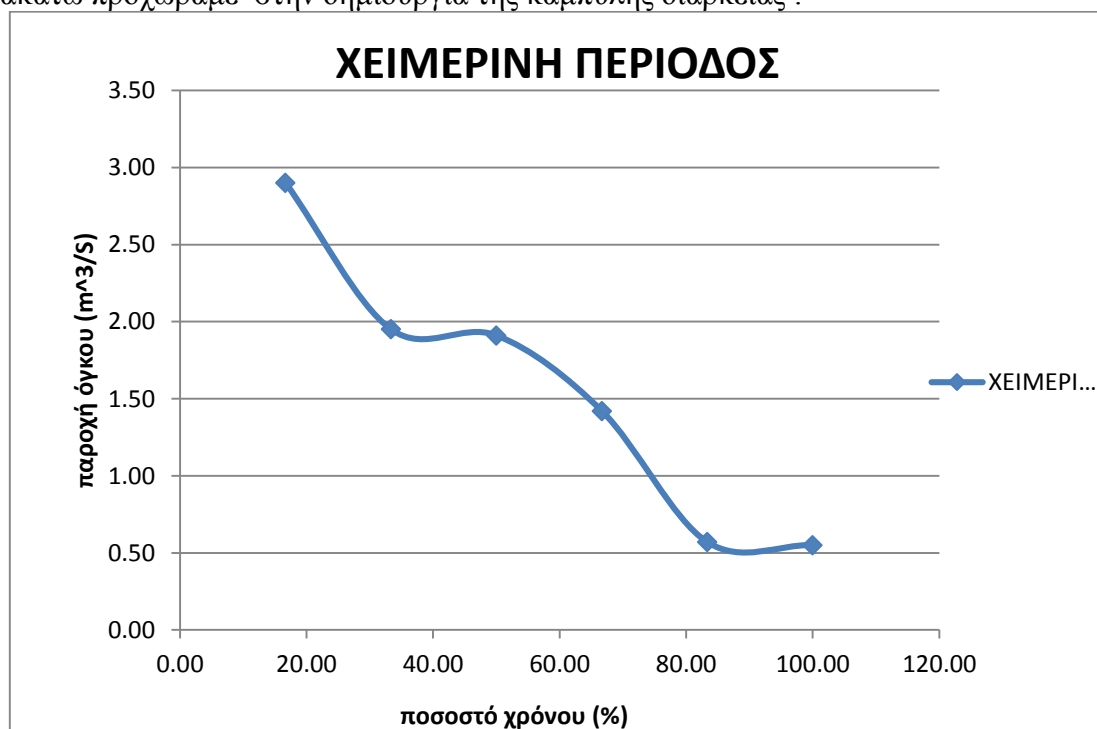
Η χειμερινή περίοδος είναι μεταξύ Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο και τα δεδομένα μας είναι τα εξής:

ημέρες	Ημ/μιά	Q _π (m ³ /s)
31	Οκτ-14	0,55
30	Νοε-14	0,57
31	Δεκ-14	2,9
31	Ιαν-14	1,42
28	Φεβ-14	1,95
31	Μαρ-14	1,91

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ						
Παροχή (m ³ /s)	0,55	0,57	1,42	1,91	1,95	2,90
Αριθμός Ημερών	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	746	773	1927	2592	2646	3936
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		972	1627	1886	2369	
Ποσοστό Χρόνου	100	83,3	66,6	50	33,3	16,6

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της καμπύλης διάρκειας :



- ΕΑΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

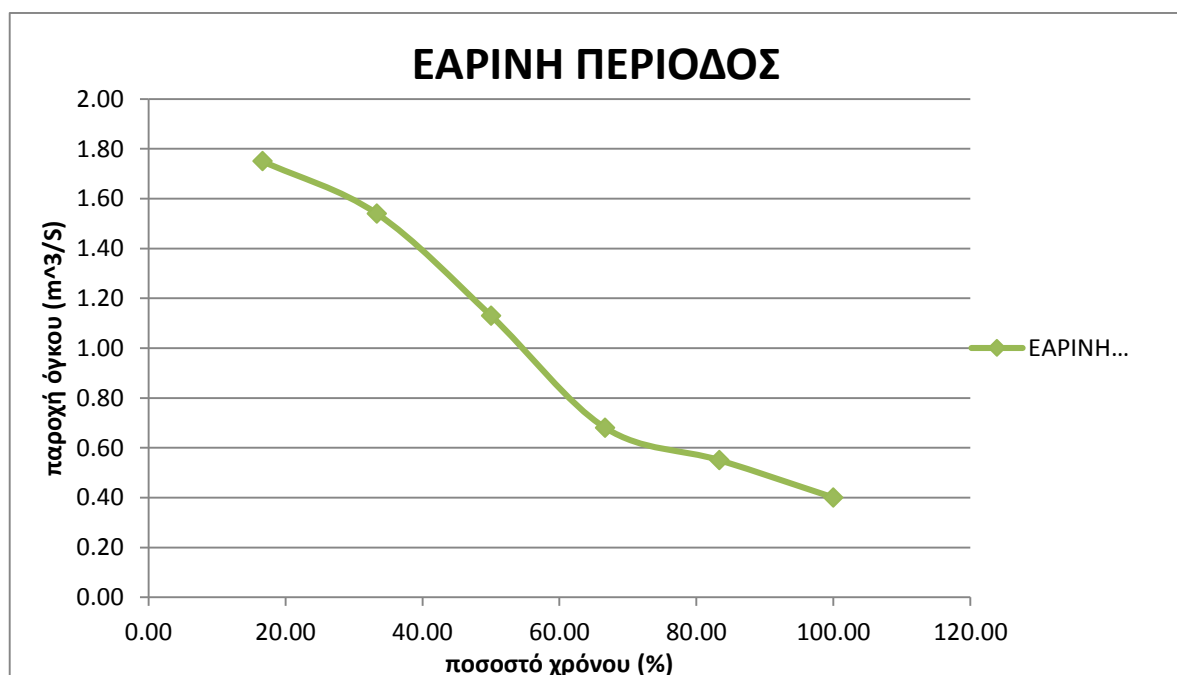
Η εαρινή περίοδος είναι μεταξύ Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο και τα δεδομένα μας είναι τα εξής:

ημέρες	Ημ/μία	Qπ (m ³ /s)
30	Απρ-14	1,54
31	Μαϊ-14	1,75
30	Ιουν-14	1,13
31	Ιουλ-14	0,68
31	Αυγ-14	0,4
30	Σεπ-14	0,55

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

ΕΑΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ						
Παροχή (m ³ /s)	0,40	0,55	0,68	1,13	1,54	1,75
Αριθμός Ημερών	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	542,9	746,4	922,9	1533,7	2090,1	2375,2
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		601,0	884,3	1304,6	1607,5	
Ποσοστό Χρόνου	100	83,3	66,6	50	33,3	16,6

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της καμπύλης διάρκειας :



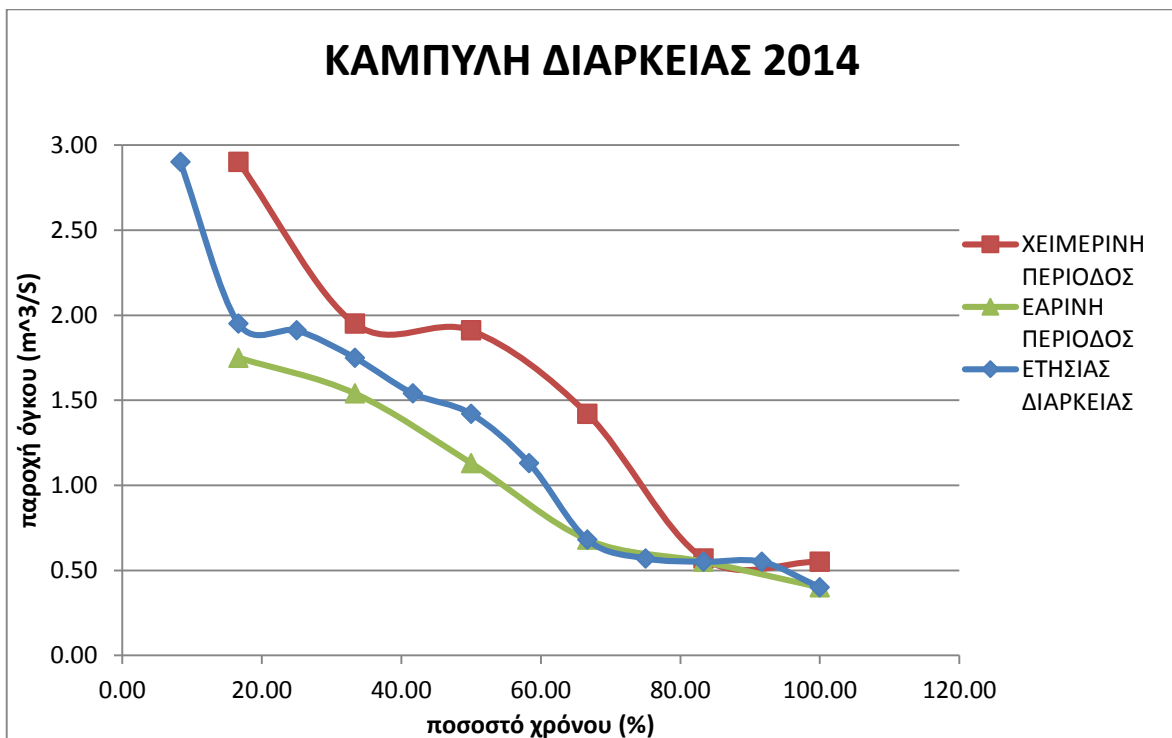
Παρακάτω θα εισάγουμε τα δεδομένα για ολόκληρο το έτος έτσι ώστε να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη για την λειτουργία της εγκατάστασης :

ημέρες	Ημ/μία	Q (m ³ /s)
31	Ιαν-14	1,42
28	Φεβ-14	1,95
31	Μαρ-14	1,91
30	Απρ-14	1,54
31	Μαϊ-14	1,75
30	Ιουν-14	1,13
31	Ιουλ-14	0,68
31	Αυγ-14	0,4
30	Σεπ-14	0,55
31	Οκτ-14	0,55
30	Νοε-14	0,57
31	Δεκ-14	2,9

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

Παροχή (m ³ /s)	0,4	0,55	0,55	0,57	0,68	1,13	1,42	1,54	1,75	1,91	1,95	2,9
Αριθμός Ημερών	360	330	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	542	746	746	773	922	1533	1927	2090	2375	2592	2646	3936
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		537	547	610	884	1246	1446	1607	1788	1886	2369	
Ποσοστό Χρόνου	100	91,7	83,3	75,0	66,7	58,3	50	41,7	33,3	25	16,7	8,3

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της ετήσιας καμπύλης διάρκειας και στην καμπύλη διάρκειας η οποία κατασκευάστηκε μέσω των δύο περιόδων:



Η συνολική παραγωγή ισχύος για το έτος 2014 είναι 20(GW) και αντίστοιχα η παραγωγή ενέργειας είναι 12(GWh)

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

5.3.2 Ετήσια καμπύλη διάρκειας 2015.

Τα αντίστοιχα δεδομένα για το έτος 2015 είναι τα εξής:

Ημ/μία	Qπ (m ³ /s)	μηνιαία παροχέτευση ύδατος (m ³)	ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται (m ³)	ποσότητα νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (m ³)	απώλειες (m ³)	ποσοστό %	Ρνερού (ρgΗQ) Watt	Ρνερού (MW)
Ιαν-15	1,6	4285440	2758340	968490	1527100	64%	2456424	2,46
Φεβ-15	2,6	6289920	4434180	1628990	1855740	70%	3991689	3,99
Μαρ-15	2,17	5812128	5084050	1872610	728078	87%	3331525	3,33
Απρ-15	1,62	4199040	3695210	1556010	503830	88%	2487129	2,49
Μαϊ-15	0,89	2383776	2135776	883410	248000	90%	1366386	1,37
Ιουν-15	0,58	1503360	1288700	538420	214660	86%	890453	0,89
Ιουλ-15	0,34	910656	874370	307270	36286	96%	521990	0,52
Αυγ-15	0,25	669600	620220	221030	49380	93%	383816	0,38
Σεπ-15	0,24	622080	566360	206310	55720	91%	368463	0,37
Οκτ-15	0,35	937440	918930	309400	18510	98%	537342	0,54
Νοε-15	0,53	1373760	934240	320800	439520	68%	813690	0,81
Δεκ-15	1,9	5088960	1649350	591670	3439610	32%	2917004	2,92

Στη συνέχεια για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας θα χρειαστούμε ένα ακόμα πίνακα ο οποίος θα περιέχει τα εξής στοιχεία: παροχή του νερού , των αριθμό των ημερών , την παραγωγή της ισχύος , την παραγωγή της ενέργειας και το ποσοστό χρόνου .Επίσης για ευκολία χρήσης τα δεδομένα κατανεμήθηκαν σε περιόδους (χειμερινή – εαρινή - ετήσια).

- ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

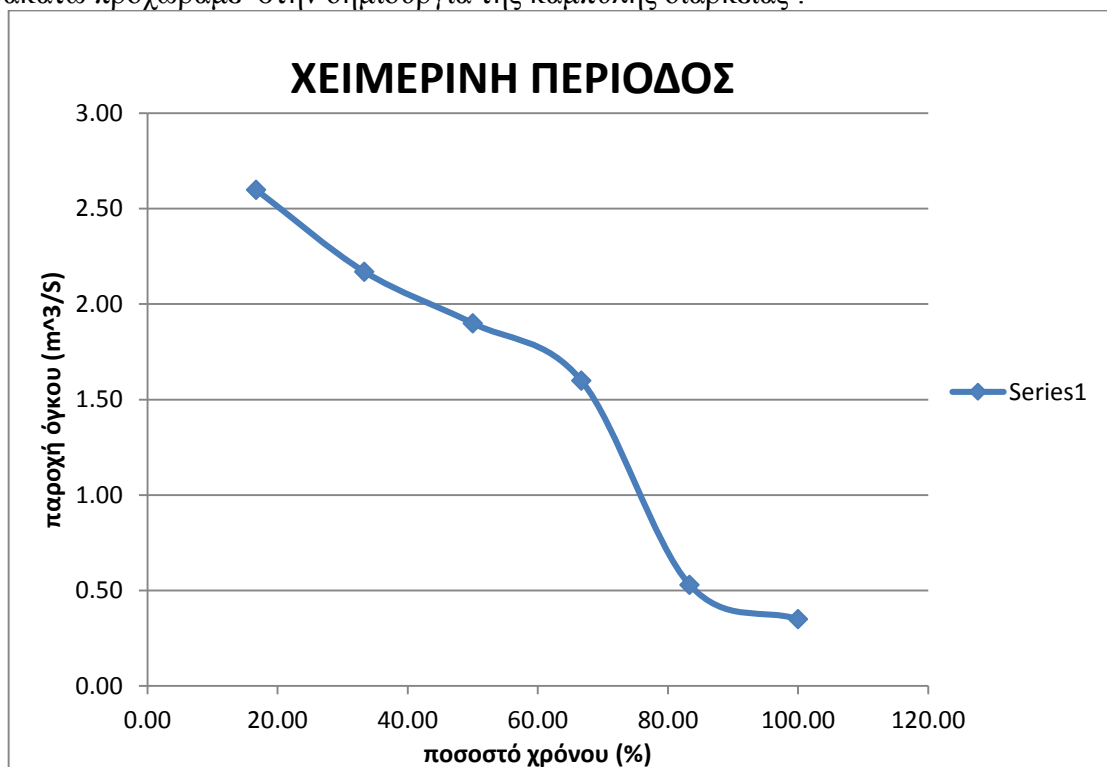
Η χειμερινή περίοδος είναι μεταξύ Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο και τα δεδομένα μας είναι τα εξής:

ημέρες	Ημ/μία	Qπ (m ³ /s)
31	Οκτ-15	0,35
30	Νοε-15	0,53
31	Δεκ-15	1,9
31	Ιαν-15	1,6
28	Φεβ-15	2,6
31	Μαρ-15	2,17

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ						
Παροχή (m ³ /s)	0,35	0,53	1,60	1,90	2,17	2,60
Αριθμός Ημερών	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	475,0	719,3	2171,6	2578,8	2945,2	3528,8
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		1040,7	1710,1	1988,6	2330,6	
Ποσοστό Χρόνου	100	83,3	66,6	50	33,3	16,6

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της καμπύλης διάρκειας :



- ΕΑΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

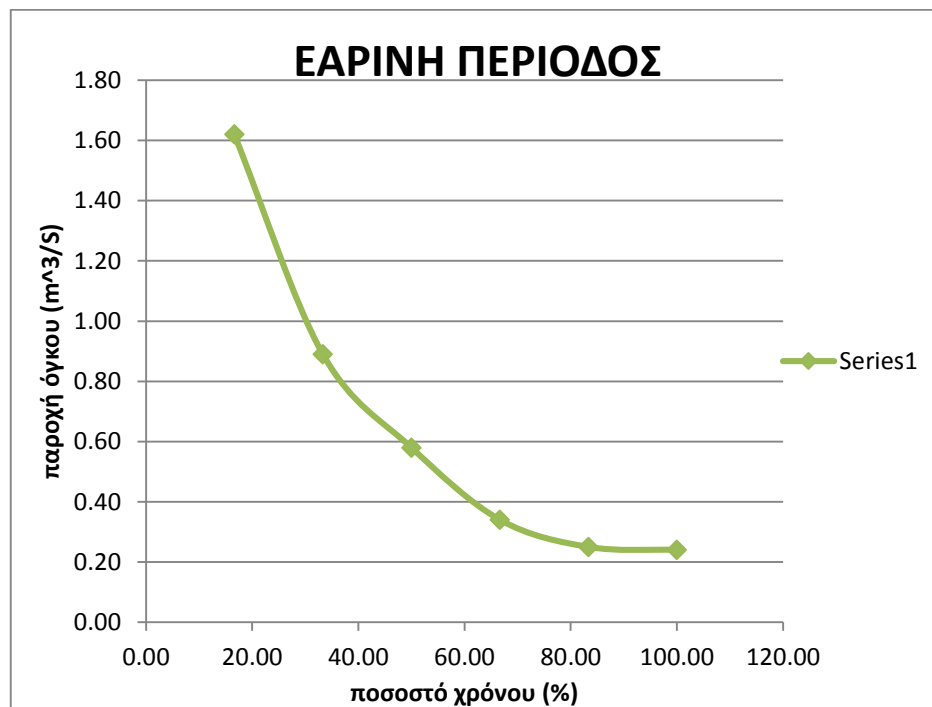
Η εαρινή περίοδος είναι μεταξύ Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο και τα δεδομένα μας είναι τα εξής:

ημέρες	Ημ/μία	Q _π (m ³ /s)
30	Απρ-15	1,62
31	Μαϊ-15	0,89
30	Ιουν-15	0,58
31	Ιουλ-15	0,34
31	Αυγ-15	0,25
30	Σεπ-15	0,24

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

ΕΑΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ						
Παροχή (m ³ /s)	0,24	0,25	0,34	0,58	0,89	1,62
Αριθμός Ημερών	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	325	339	461	787	1207	2198
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		288	449	718	1226	
Ποσοστό Χρόνου	100	83,3	66,6	50	33,3	16,6

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της καμπύλης διάρκειας :



ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

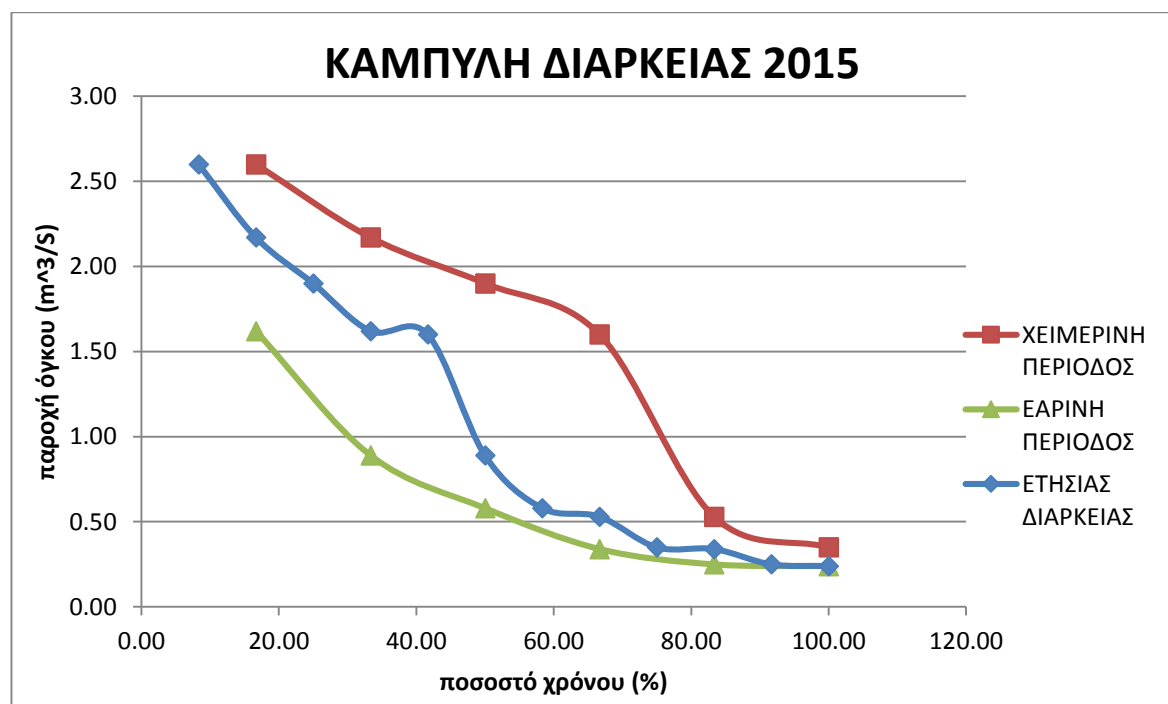
Παρακάτω θα εισάγουμε τα δεδομένα για ολόκληρο το έτος έτσι ώστε να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη για την λειτουργία της εγκατάστασης :

ημέρες	Ημ/μία	Qπ (m ³ /s)
31	Ιαν-15	1,6
28	Φεβ-15	2,6
31	Μαρ-15	2,17
30	Απρ-15	1,62
31	Μαϊ-15	0,89
30	Ιουν-15	0,58
31	Ιουλ-15	0,34
31	Αυγ-15	0,25
30	Σεπ-15	0,24
31	Οκτ-15	0,35
30	Νοε-15	0,53
31	Δεκ-15	1,9

Ο αντίστοιχος πίνακας για την δημιουργία της καμπύλης διάρκειας είναι:

Παροχή (m ³ /s)	0,24	0,25	0,34	0,35	0,53	0,58	0,89	1,6	1,62	1,9	2,17	2,6
Αριθμός Ημερών	360	330	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
Παραγωγή Ισχύος (kW)	325	339	461	475	719	787	1208	2171	2198	2578	2945	3528
Παραγωγή Ενέργειας (MWh)		288	337	430	542	718	1216	1573	1719	1988	2330	
Ποσοστό Χρόνου	100	91,7	83,3	75	66,7	58,3	50,0	41,7	33,3	25,0	16,7	8,3

Παρακάτω προχωράμε στην δημιουργία της ετήσιας καμπύλης διάρκειας και στην καμπύλη διάρκειας η οποία κατασκευάστηκε μέσω των δύο περιόδων:



Η συνολική παραγωγή ισχύος για το έτος 2015 είναι 17(GW) και αντίστοιχα η παραγωγή ενέργειας είναι 11(GWh)

6 Θεμελίωση Αγωγού Πτώσης του Νέου Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου σε Απότομο Πρανές.

6.1 Γενικά.

Η θέση του σταθμού είναι ανάντη του υπάρχοντος Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου της ΔΕΗ και βρίσκεται σε απόσταση περίπου 15km από την πόλη της Πάτρας. Το συνολικό μήκος του αγωγού είναι περίπου 308m. Το ύψος πτώσης είναι περίπου 150m, από το υψόμετρο +642.85 έως το υψόμετρο +493.20. Το φυσικό ανάγλυφο στην περιοχή του έργου έχει κλίση της τάξεως των 450. Στην ευρύτερη περιοχή του έργου έχουν εκδηλωθεί κατά το παρελθόν κατολισθητικά φαινόμενα επί του πρανούς το οποίο καταλήγει στην περιοχή του Σταθμού έγινε θεμελίωση του αγωγού πτώσης και μεταφοράς νερού. Στο φρύδι του πρανούς κατασκευάστηκε κεφαλή για την τροχαλία μεταφοράς των τμημάτων του αγωγού κατά την φάση της κατασκευής του αλλά και για την μετέπειτα λειτουργία του. Στον πόδα του πρανούς ο αγωγός εγκιβωτίζεται σε μεγάλο θεμέλιο από οπλισμένο σκυρόδεμα (block No 2).



Εικόνα 46: Ο αγωγός φυγής όπως κατασκευάστηκε

Για την στήριξη του αγωγού προβλέφθηκαν συνολικά 60 βάσεις στήριξης των ολισθήρων (sleepers) του αγωγού. Η απόσταση μεταξύ των σημείων αυτών κυμαίνεται από 3.5m έως 5.1m. . Μεταξύ των βάσεων 19 και 22 κατασκευάστηκε το στερεό εγκιβωτισμού του αγωγού, block No 1. Στο σημείο όπου αλλάζει η διεύθυνση του αγωγού μεταξύ των βάσεων 46 και 49, κατασκευάστηκε το στερεό εγκιβωτισμού του αγωγού, block No 2.

Κάθε βάση στηρίγματος του αγωγού καλείται να αναλάβει σημαντικά φορτία. Η μέγιστη ροπή σε θέση στήριξης ήταν της τάξεως των 64kN*m και η μέγιστη κατακόρυφη δύναμη ήταν της τάξεως των 45kN. Στην περιοχή του block No 2, στο οποίο αλλάζει κατά 900 η χάραξη του αγωγού, αναπτύσσεται μεγάλη οριζόντια δύναμη λειτουργίας, η οποία είναι της τάξεως των 2780kN.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Οι περισσότερες βάσεις στηριγμάτων του αγωγού αγκυρώθηκαν εντός των βραχωδών σχηματισμών με έξι κατακόρυφα αγκύρια, πακτωμένου μήκους 3m ή 4m ανάλογα με την θέση. Ωστόσο ορισμένες εκ των βάσεων θεμελιώθηκαν εντός εδαφικών σχηματισμών με μικροπάσσαλους Φ300 μήκους 12m, και οπλισμό μια χαλύβδινη διατομή ΗΕΒ140. Σε κάθε θέση στήριξης εκτελέστηκαν τουλάχιστον 4 τσιμεντενέσεις οι οποίες προηγήθηκαν των αγκυρώσεων. Επιπρόσθετα η οδός πρόσβασης κατάντη της βάσης θεμελίωσης του block No 2 ενισχύθηκε για την βελτίωση των συνθηκών ευστάθειάς της με την κατασκευή στο κατάντη πρανές της 11 μικροπασσάλων Φ300 μήκους 12m. Οι πάσσαλοι αυτοί είναι οπλισμένοι με μια χαλύβδινη διατομή ΗΕΒ140 και κατασκευάστηκαν σε αξονικές αποστάσεις 0.8m και 1.0m μεταξύ τους.

Τον Οκτώβριο 2007 έγινε γεωτεχνική έρευνα στο φρύδι και στον πόδα του πρανούς, με την εκτέλεση δύο γεωτρήσεων με ονομασίες Γ1 και Γ3, βάθους 25m και 15m αντίστοιχα. Η γεώτρηση Γ1 στο φρύδι του πρανούς συνάντησε επιφανειακά μια στρώση από αργιλώδεις χάλικες (GC) μέσης πυκνότητας και πάχους 1.5m. Στην συνέχεια συναντήθηκε κερματισμένος ασβεστόλιθος πάχους 5.5m. Τέλος συναντήθηκαν βραχώδεις στρώσεις αποτελούμενες από εναλλαγές ιλυολίθων και ψαμμιτών, με ενστρώσεις πάχους 2m του μανδύα αποσάθρωσής τους. Η γεώτρηση Γ3 στον πόδα του πρανούς συνάντησε επιφανειακά και μέχρι το βάθος των 4.5m χάλικες (GP) και τεμάχια ασβεστόλιθου μέσης πυκνότητας έως πυκνής αποθέσεως και στην συνέχεια άργιλο (CL) με χάλικες, πολύ συνεκτική έως σκληρή. Και στις δύο γεωτρήσεις δεν συναντήθηκε στάθμη υπογείων υδάτων μέχρι το μέγιστο διερευνηθέν βάθος διάτρησης. Περισσότερες λεπτομέρειες για τις συνθήκες υπεδάφους δίδονται σε σχετική έκθεση της Κάστωρ ΕΠΕ (2009).

6.2 Γεωλογική αναγνώριση- ερευνητικά διατρήματα.

Από την πραγματοποιηθείσα γεωλογική αναγνώριση διαπιστώθηκε έντονη μεταβολή των συνθηκών υπεδάφους κατά μήκος της διαδρομής του αγωγού πτώσεως επί του πρανούς. Οι στρώσεις των βραχωδών σχηματισμών, όπου αυτές αποκαλύπτονται, είναι κυρίως αντίρροπες ως προς την κλίση του πρανούς έως υπο οριζόντιες. Εικάζεται ότι δεν θα προκύψουν προβλήματα λόγω ολίσθησης στρώσεων ή δημιουργίας σφηνών. Κατά μήκος της διαδρομής του αγωγού πτώσεως επί του πρανούς δεν εμφανίστηκαν ενδείξεις ρηγμάτων ή μετακινήσεων. Τον Σεπτέμβριο 2008 πριν από την έναρξη των εργασιών κατασκευής των βάσεων στήριξης εκτελέστηκαν 11 ερευνητικά διατρήματα με αεροπίστολο χειρός σε επιλεγμένες θέσεις στήριξης του αγωγού μέχρι το block No 2. Με βάση τα αποτελέσματα των διατρημάτων προέκυψε ότι μεταξύ των βάσεων 1 έως 22, το πάχος των εδαφικών σχηματισμών είναι έως 2m, ενώ μεταξύ των στηριγμάτων 23 έως 47 το πάχος των εδαφικών σχηματισμών είναι περίπου 1m.

6.3 Βάσεις στηριγμάτων του αγωγού.

Έγιναν γεωτεχνικοί υπολογισμοί για τις βάσεις θεμελίωσης των στηριγμάτων σε βραχώδεις και σε εδαφικούς σχηματισμούς, λαμβάνοντας υπ'όψιν τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη. Επίσης έγιναν υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας του εδάφους για θεμελίωση επί του πρανούς και έλεγχοι ευστάθειας έναντι ανατροπής της βάσης θεμελίωσης και του block No 2. Οι έλεγχοι ανατροπής βάσης θεμελίωσης σε περιοχές επικράτησης βραχωδών σχηματισμών έγιναν με την συντηρητική παραδοχή ότι μόνο τα τρία από τα έξι αγκύρια συμμετέχουν στην ευστάθεια της βάσης θεμελίωσης.

Ο συντελεστής ασφαλείας έναντι ανατροπής της βάσης θεμελίωσης προέκυψε ότι είναι της τάξεως του 2 και θεωρείται ότι είναι ικανοποιητικός. Έγιναν επίσης έλεγχοι ανατροπής βάσης θεμελίωσης σε περιοχές επικράτησης εδαφικών σχηματισμών, όπου η θεμελίωση έγινε με μικροπασσάλους $\Phi 300\text{mm}$. Ο συντελεστής ασφαλείας έναντι ανατροπής της βάσης θεμελίωσης προέκυψε ότι είναι της τάξεως του 2.5 και είναι ικανοποιητικός. Τέλος, έγιναν γεωτεχνικοί υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους για θεμελίωση βάσης επί πρανούς, τόσο για την μέση τάση θεμελίωσης, όσο και για την μέγιστη τάση αιχμής σε στατικές συνθήκες. Ο συντελεστής ασφαλείας για την μέση τάση θεμελίωσης προέκυψε ότι είναι της τάξεως του 2.5, ενώ για την μέγιστη τάση αιχμής προέκυψε μεγαλύτερος του 1.5. Οι συντελεστές αυτοί κρίνονται ότι είναι ικανοποιητικοί.

6.4 Περιγραφή της κατασκευής του αγωγού πτώσεως.

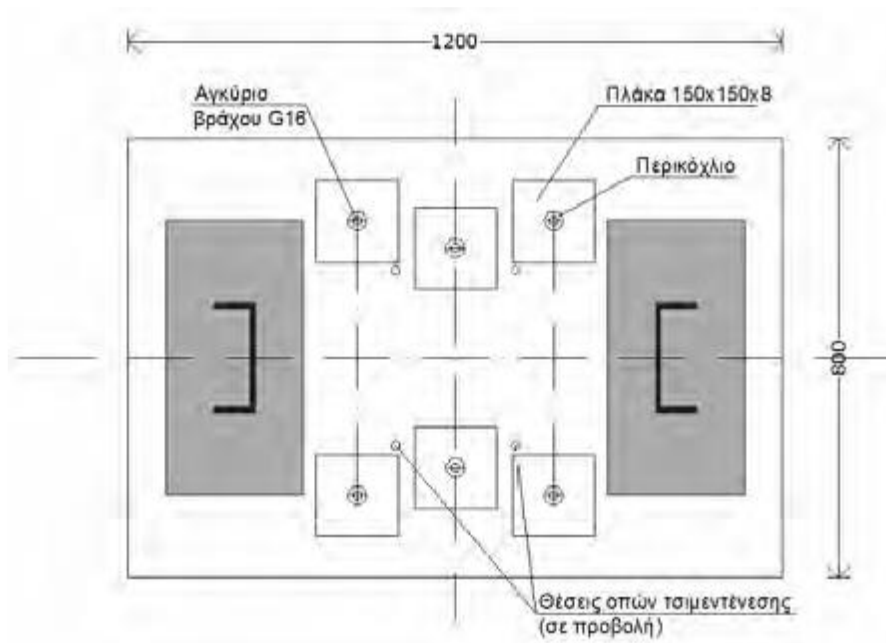
Θεμελίωση Βάσεων Στηριγμάτων Κατασκευάστηκαν 60 βάσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα διαστάσεων κάτοψης $1200\text{mm} \times 800\text{mm}$ και ύψους 1000mm ή 1500mm . Κατόψεις των βάσεων δίδονται στα Σχήματα 2 και 4, ενώ τομές των βάσεων παρουσιάζονται στα Σχήματα 3 και 5. Στην Φωτογραφία 2 φαίνονται τα αγκύρια βάσης στήριξης του αγωγού. Τσιμεντενέσεις εκτελέστηκαν σε όλες τις θέσεις των βάσεων, ενώ αγκυρώσεις ή μικροπασσάλοι $\Phi 300$ κατασκευάστηκαν σε όλες τις θέσεις εκτός από τις 20 και 21. Οι οπές των τσιμεντενέσεων και των αγκυρίων διατρήθηκαν με κρουστικοπεριστροφική μέθοδο με χειρωνακτικό τρόπο και χρήση εργαλείων αέρος. Οι τσιμεντενέσεις προηγήθηκαν των αγκυρώσεων ή της κατασκευής των μικροπασσάλων. Οι οπές των ενεματώσεων είχαν διάμετρο 34mm .

Μέσα στις οπές τοποθετήθηκε προσωρινός επανεξαγόμενος διάτρητος χαλύβδινος σωλήνας $\Phi 3/4''$ για την ενεμάτωση. Το τσιμεντένεμα είχε αναλογία νερού-τσιμέντο (w/c) περίπου ίση με 0.8 ώστε να είναι αρκετά λεπτόρρευστο για να διεισδύσει στα διάκενα του κερματισμένου βράχου και στα χαλαρά εδαφικά υλικά της ανώτερης στρώσης. Μετά την εκτέλεση των τσιμεντενέσεων και αφού είχε αναπτυχθεί επαρκής αντοχή του ενέματος ακολουθούσε διάτρηση και τοποθέτηση των κατακόρυφων αγκυρίων βράχου. Τα αγκύρια ήταν τύπου ELEBAR G16 από χάλυβα υψηλής εφελκυστικής αντοχής ποιότητας B500C ($500/550\text{ N/mm}^2$) κατά το πρότυπο SABS (BS-4449), είχαν ονομαστική διάμετρο 16mm και έφεραν ολόσωμο συνεχές σπείρωμα εν θερμώ εξέλασης.

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή το ελάχιστο εγγυημένο όριο θραύσεως τους ήταν 111kN και το ελάχιστο εγγυημένο όριο διαρροής 100kN . Η πάκτωσή τους εξασφαλίστηκε με μίγμα νερού: τσιμέντου σε αναλογία w/c=0.4 και πρόσμικτο Flowcable Rheomac GF320 σε αναλογία 6% ως προς το βάρος του τσιμέντου. Σε ορισμένες θέσεις έγινε προσπάθεια πάκτωσης των αγκυρίων με ειδική ρητίνη βραδείας αντίδρασης σε φυσίγγια των $\Phi 28 \times 500\text{mm}$.



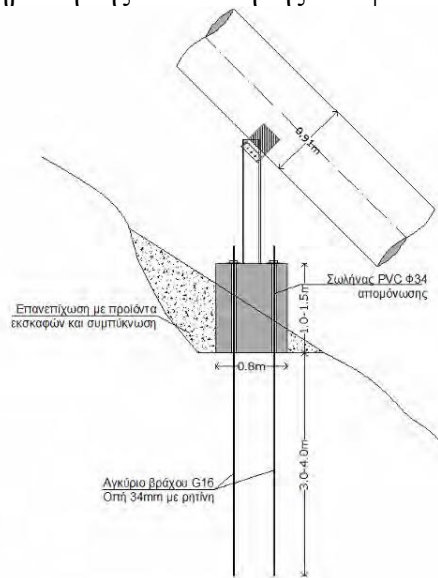
Εικόνα 47: Βάση στηρίγματος με αγκύρια και πλάκα αγκύρωσης



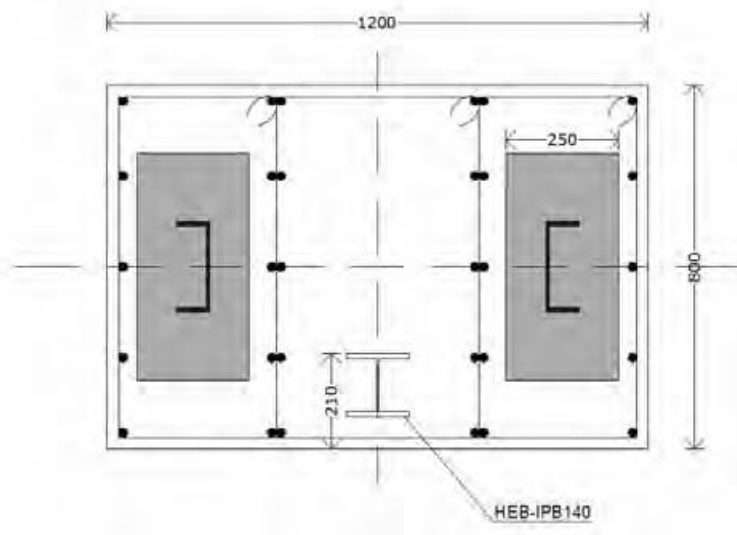
Εικόνα 48: Κάτοψη βάσης θεμελίωσης στηρίγματος ολισθήρα σε βραχώδεις σχηματισμούς με θέσεις αγκυρίων

Τα αποτελέσματα όμως από τις δοκιμές εξόλκευσης μετά την σκλήρυνση των ρητινών δεν ήταν ικανοποιητικά λόγω μη επαρκούς συνεργασίας τους με τα χαλαρά υλικά στις θέσεις των διατρημάτων. Κατόπιν αυτού αποφασίστηκε η γενικευμένη χρήση τσιμεντενάματος για την πάκτωση των αγκυρίων σε όλο το μήκος του αγωγού πτώσεως και η πρόσθετη ενίσχυση του υποβάθρου με τσιμεντενάσεις στις επισφαλείς θέσεις για την δημιουργία περιμετρικής κουρτίνας υδατοφραγής, με στόχο τον περιορισμό της διαρροής του τσιμεντενάματος. Το ελεύθερο μήκος των αγκυρίων πάνω από την στάθμη έδρασης της βάσης από οπλισμένο σκυρόδεμα ήταν μεταβαλλόμενο και εξαρτάται από το ύψος της βάσης.

Τα αγκύρια εξείχαν πάνω από την βάση κατά 200mm ώστε να είναι εφικτή η τοποθέτηση της πλάκας έδρασης διαστάσεων 150mmx150mmx8mm. Η τάνυση των ράβδων εξασφαλίστηκε με περίσφιξη εξαγωνικού περικοχλίου με ενσωματωμένη ημισφαιρική έδρα τύπου ELEBAR G16 με χρήση κατάλληλου δυναμόκλειδου. Στις Φωτογραφίες 3 και 4 φαίνονται βάσεις στήριξης του αγωγού με τα αγκύρια. Στις θέσεις των βάσεων 49, 50, 52, 53, 54, 58, 59 και 60 οι οποίες εδράζονταν σε εδαφικούς σχηματισμούς, κατασκευάστηκαν μικροπάσσαλοι Φ300, μήκους 12m, οπλισμένοι με μία πρότυπη διατομή ΗΕΒ140. Άποψη του αγωγού λίγο πριν από την ολοκλήρωση της τοποθέτησής του φαίνεται στην Φωτογραφία .



Εικόνα 49:Τομή βάσης θεμελίωσης στηρίγματος σε βραχώδεις σχηματισμούς



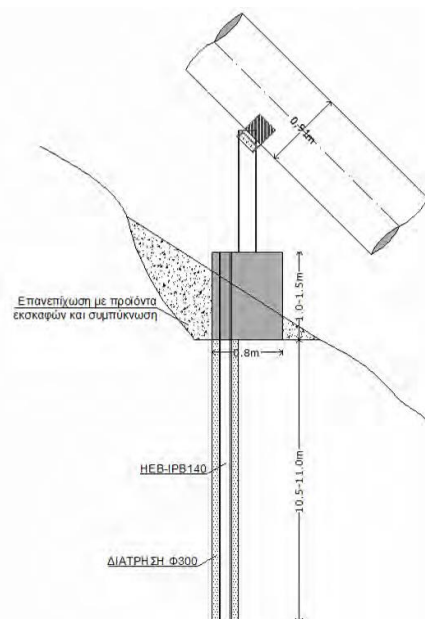
Εικόνα 50:Κάτοψη βάσης θεμελίωσης σε εδαφικούς σχηματισμούς

6.5 Θεμελίωση του Block No 2.

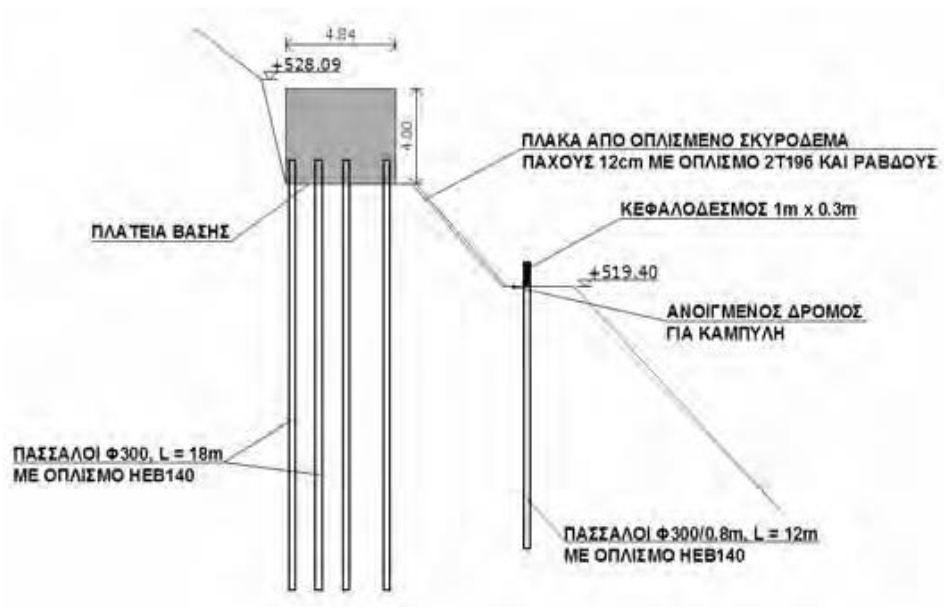
Η βάση θεμελίωσης του block No 2 ενισχύθηκε με την κατασκευή 17 μικροπασσάλων Φ300, οπλισμένων με ΗΕΒ140, μήκους 18m, όπως φαίνεται και στα Σχήματα 6 και 7. Κατάντη του block No 2 κατασκευάστηκαν 23 μικροπάσσαλοι Φ300, οπλισμένοι με ΗΕΒ140, μήκους 12m ο κάθε ένας, ανά 0.8m και 1.0m αξονική απόσταση για την βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας της οδού πρόσβασης. Η διάτρηση όλων των μικροπασσάλων Φ300 έγινε με κρουστικοπεριστροφική μέθοδο και χρήση αερόσφυρας. Όλοι οι πάσσαλοι σκυροδετήθηκαν με σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 από την στάθμη της οδού πρόσβασης. Φωτογραφική άποψη του block No 2 και του αγωγού κατάντη δίδεται στην Φωτογραφία .

6.6 Στερεό εγκιβωτισμού Block No 2.

Έγιναν έλεγχοι ευστάθειας των πρανών της βάσης θεμελίωσης του block No 2 και της οδού προσπέλασης κατάντη αυτής, με την μέθοδο οριακής ισορροπίας. Οι έλεγχοι αυτοί έγιναν χωρίς και με τα μέτρα ενίσχυσης, χωρίς και με σεισμό. Από τα αποτελέσματα των ελέγχων ευστάθειας πρανών χωρίς ενίσχυση της βάσης θεμελίωσης προέκυψε μέγιστος συντελεστής ασφαλείας $F.S_{max} = 0.62 < 1.40$ χωρίς σεισμό, και $F.S_{max} = 0.46 < 1.00$ με σεισμό. Από τα αποτελέσματα των ελέγχων ευστάθειας πρανών με ενίσχυση με μικροπασσάλους προέκυψε ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας $F.S_{min} = 1.41 \geq 1.40$ χωρίς σεισμό, και $F.S_{min} = 1.01 \geq 1.00$ με σεισμό. [ΚΑΒΟΥΚΛΗΣ, ΔΑΝΙΗΛΙΔΗΣ, ΚΟΥΜΟΥΛΟΣ: Θεμελίωση Αγωγού πτώσης]



Εικόνα 51: Τομή βάσης θεμελίωσης στηρίγματος σε εδαφικούς σχηματισμούς



Εικόνα 52:Block No 2, τομή Α-Α



Εικόνα 53:Οι βάσεις στήριξης του αγωγού



Εικόνα 54: Άποψη του αγωγού πτώσης πριν την ολοκλήρωση της τοποθέτησης



Εικόνα 55: Το στερεό εγκιβωτισμού block No 2 και τμήμα του αγωγού πτώσης κατόντη

7 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

7.1 Γενικά.

Το νερό αποτελεί ένα πολύτιμο ανανεώσιμο φυσικό πόρο και η σπουδαιότητα του για όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας αυξάνεται συνέχεια ενώ η διαθεσιμότητά του δεν είναι πάντοτε εξασφαλισμένη. Για τους λόγους αυτούς, η διαχείρισή του θα πρέπει να στοχεύει στην ορθολογική χρήση του με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών με το βέλτιστο και πιο αποδοτικό τρόπο. Επιπρόσθετα, το νερό αποτελεί ένα πολύτιμο εθνικό ενεργειακό πόρο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την ανάπτυξη κατάλληλων Υδροηλεκτρικών Έργων (ΥΗΕ). Η αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού και η συνετή διαχείριση του ανταποκρίνονται στους στρατηγικούς στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενέργεια και το περιβάλλον, που είναι η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, η βιώσιμη ανάπτυξη και η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας.

Τα ΥΗΕ έχουν ωφέλιμο χρόνο ζωής που υπερβαίνει τα 50 χρόνια λόγω της άμεσης μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από όλους τους άλλους τρόπους ηλεκτροπαραγωγής και τον ευνοϊκότερο βαθμό «ενεργειακής αποπληρωμής», διότι η ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους είναι τουλάχιστον 200 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που απαιτείται να καταναλωθεί για την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία τους. Αυτό σημαίνει ότι ο ορθός σχεδιασμός των ΥΗΕ αποτελεί τον κρίσιμο παράγοντα για τη μεγιστοποίηση του οφέλους τους και τη συμβολή τους στην κάλυψη των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Η εξυπηρέτηση πολλαπλών σκοπιμοτήτων αποτελεί την καλύτερη επιλογή για την εξασφάλιση οφέλους στην κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον. Η Ελλάδα δεν θεωρείται φτωχή σε υδάτινους πόρους αλλά τεράστιες ποσότητες νερού καταλήγουν στη θάλασσα χωρίς ενεργειακή ή άλλη αξιοποίηση.

Επομένως, η αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού με έργα πολλαπλού σκοπού αποτελεί μία μεγάλη πρόκληση για τη Χώρα η οποία παρουσιάζει χαμηλό βαθμό αξιοποίησης του σημαντικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμου υδατικού της δυναμικού. Αυτός είναι μικρότερος του 50% σε σχέση με τις άλλες χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που είναι κατά μέσο όρο περίπου ίσος με 75%. Η συμβολή των Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων στην ισόρροπη και βιώσιμη ανάπτυξη καθώς και στην ενεργειακή επάρκεια της Ελλάδας είναι γενικά γνωστή. Παρά τις οποιεσδήποτε επιφυλάξεις για τις σοβαρές επεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον, δεν μπορεί να αμφισβητηθεί ότι τα Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα δεν προκαλούν κινδύνους στην ανθρώπινη και υδρόβια ζωή αλλά αντίθετα ομορφαίνουν τη φύση και δημιουργούν νέες αλλά και βελτιωμένες οικολογικές ισορροπίες. Οι ταμιευτήρες τους εξελίσσονται σε υγροβιότοπους σπάνιας ομορφιάς, με πλούσια χλωρίδα και πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα και ορνιθοπανίδα). Η σημασία των Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ελλάδας είναι πολύ μεγάλη, διότι τα περισσότερα από αυτά αποτελούν έργα πολλαπλού σκοπού, δηλαδή χρησιμοποιούνται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ύδρευση, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, αναψυχή, ιχθυοκαλλιέργειες, αθλητικές δραστηριότητες και συμβάλλουν στην ήπια τουριστική ανάπτυξη της Χώρας. Τα Μεγάλα ΥΗΕ στην Ελλάδα μέχρι σχεδόν τα τέλη του περασμένου αιώνα αναπτύχθηκαν αποκλειστικά από τη ΔΕΗ με ικανοποιητικό ρυθμό.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Πολλά από τα ΥΗΕ της ΔΕΗ σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν ως Έργα Πολλαπλού Σκοπού καλύπτοντας και άλλες ανάγκες της κοινωνίας και της οικονομίας χωρίς η ΔΕΗ να αποζημιώνεται κατά κανόνα για τις υπηρεσίες αυτές. Η κατασκευή των πρώτων ΥΗΕ άρχισε διεθνώς προς το τέλος του 19ου αιώνα. Οι εγκαταστάσεις αυτές εξυπηρετούσαν βασικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όμως, παράλληλα εξυπηρετούσαν και αρδευτικές ανάγκες γιατί με τη ρύθμιση των παροχών των λεκανών απορροής εξασφάλιζαν τις απαραίτητες παροχές νερού σε περιόδους ξηρασίας ενώ, αργότερα, κατασκευάστηκαν φράγματα για την τροφοδότηση των συστημάτων ύδρευσης των πληθυσμών. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί που εντάχθηκαν στα έργα αυτά αποδείχτηκαν εξαιρετικά χρήσιμοι για την κάλυψη των ημερήσιων αιχμών του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Το έτος 2008, στην Ελλάδα λειτουργούν 15 Μεγάλα ΥΗΕ της ΔΕΗ Α.Ε. τα οποία έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ ίση με περίπου 3000MW η οποία αποτελεί περίπου το 25% της εγκατεστημένης ισχύς όλων των σταθμών παραγωγής της Χώρας. Ανάλογα με την υδραυλικότητα του έτους, η ετήσια παραγόμενη ενέργεια τους καλύπτει περίπου 6% έως 10% των συνολικών ετήσιων απαιτήσεων ηλεκτρικής ενέργειας του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος. Επίσης, λειτουργούν αρκετά Μικρά ΥΗΕ με εγκατεστημένη ισχύ περίπου ίση με 150MW των οποίων ιδιοκτήτες είναι η ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε. και ιδιωτικές εταιρείες.

7.2 Προβλήματα ανάπτυξης υδροηλεκτρικών έργων στην Ελλάδα.

Η αλλαγή του θεσμικού πλαισίου με την απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και την είσοδο του ιδιωτικού τομέα στις επενδύσεις ηλεκτροπαραγωγής έχουν δημιουργήσει νέες συνθήκες στην αγορά οι οποίες παράλληλα με άλλους παράγοντες (π.χ. μεγάλη δαπάνη επένδυσης) επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη των ΥΗΕ. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα έχει περάσει περίπου μία δεκαετία από τη χρονική περίοδο που χορηγήθηκαν άδειες παραγωγής σε ιδιώτες για δύο Μεγάλα ΥΗΕ χωρίς να έχει παρουσιασθεί πρόοδος στην κατασκευή τους. Έχει παρατηρηθεί μία σημαντική καθυστέρηση στην αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού της χώρας, διότι κύρια το θεσμικό πλαίσιο δεν συμβάλλει στην υποστήριξη έργων πολλαπλού σκοπού, ενώ το φυσικό αέριο κατέστη η μοναδική ενεργειακή πηγή για τα νέα έργα ηλεκτροπαραγωγής. Τα κυριότερα εμπόδια που υπάρχουν σήμερα για την ανάπτυξη των ΥΗΕ είναι η έλλειψη ρυθμίσεων για τη χωροθέτηση ταμιευτήρων, τα προβλήματα χρήσης νερού γιατί αργεί η ολοκλήρωση των θεσμικών μέτρων της διαχείρισης υδατικών πόρων και οι παρεμβάσεις φορέων και οργανώσεων για διάφορους περιβαλλοντικούς λόγους αγνοώντας τα μακροπρόθεσμα οφέλη.

Σύμφωνα με το Νόμο 3468/2006 προβλέπονται ρυθμίσεις για τα Μικρά ΥΗΕ που έχουν εγκατεστημένη ισχύ έως 15 MW. Εξαιρούνται από την εφαρμογή του Νόμου τα Μεγάλα ΥΗΕ με εγκατεστημένη ισχύ μεγαλύτερη από 15 MW, με αποτέλεσμα να είναι προβληματική η ανάπτυξη τους από τη ΔΕΗ ή από ιδιώτες. Η διαδικασία αδειοδότησης των Μικρών ΥΗΕ συναντά πολλά γραφειοκρατικά εμπόδια που απαιτούν μακρό χρόνο και οικονομικό κόστος. Αρκετοί Οργανισμοί και Υπηρεσίες εμπλέκονται για να γνωμοδοτήσουν και να συμφωνήσουν για την πραγματοποίηση κάθε τέτοιου έργου. Με το πρόσφατο ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), τα Μικρά ΥΗΕ αντιμετωπίζονται μάλλον εχθρικά, ενώ θα μπορούσαν να καθορίζονται ειδικοί όροι ένταξης τους στο φυσικό περιβάλλον. Το ειδικό αυτό πλαίσιο περιλαμβάνει πολλές λεπτομέρειες χωροθέτησης που επηρεάζουν αρνητικά την εκπόνηση της μελέτης τους ενώ η τεχνολογία τους είναι τόσο φιλική στο περιβάλλον, ώστε να εγκαθίστανται και να λειτουργούν σε άλλες Ευρωπαϊκές Χώρες ακόμη και μέσα στο αστικό περιβάλλον.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Έχει διαπιστωθεί καθυστέρηση στην ανάπτυξη των Σχεδίων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων. Μετά από την εφαρμογή πρόσφατου Νόμου 3734/28-1-2009, χορηγείται μία Ενιαία Άδεια Χρήσης Νερού για εγκατάσταση και λειτουργία των Μικρών ΥΗΕ, ως έργων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, με την προϋπόθεση ότι δεν θα περιλαμβάνουν αποθήκευση υδάτων σε ταμιευτήρες.

Έτσι, τα Μικρά ΥΗΕ θα πρέπει να σχεδιάζονται ως σταθμοί ροής χωρίς τη δυνατότητα αποθήκευσης υδάτων που θα καθιστούσε τα έργα περισσότερο παραγωγικά και επωφελή για τις τοπικές κοινωνίες τόσο για την αντιπλημμυρική προστασία όσο και για την αντιμετώπιση των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης. Επίσης, η υπάρχουσα καθυστέρηση ανάπτυξης των Σχεδίων Διαχείρισης θα αποτελέσει πρόβλημα και στην ανάπτυξη των Μεγάλων ΥΗΕ τα οποία κατά κανόνα σχεδιάζονται με ταμιευτήρες. Το σημαντικότερο πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι δεν υπάρχουν περιορισμοί στη χορήγηση αδειών παραγωγής για Μικρά ΥΗΕ σε θέσεις για τις οποίες έχουν εκπονηθεί μελέτες κατασκευής Μεγάλων ΥΗΕ με ταμιευτήρες. Εάν δεν αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, υπάρχει άμεσος κίνδυνος να χαθούν όλες οι διαθέσιμες θέσεις των Μεγάλων ΥΗΕ.

7.3 Η διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Η συμβολή των μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων (ΥΗΕ) στην ισόρροπη ανάπτυξη και στην ενεργειακή επάρκεια της χώρας, είναι λίγο πολύ γνωστή σε όλους. Παρά τις επιφυλάξεις που υπάρχουν και πρέπει να υπάρχουν όταν γίνονται σοβαρές παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον, δεν αμφισβητείται ότι τα ΥΗΕ -στις περισσότερες των περιπτώσεων- ομόρφυναν τη φύση και δημιούργησαν νέες, βελτιωμένες οικολογικές ισορροπίες.

Τα ΥΗΕ, είναι συνήθως έργα πολλαπλού σκοπού. Πρόκειται για εξαιρετικά μεγάλες επενδύσεις και για το λόγο αυτό η βέλτιστη χρήση τους είναι ένα ζήτημα πολύ σημαντικό για την οικονομία της χώρας, αλλά και για την ανάπτυξη νέων υδραυλικών εγκαταστάσεων πολλαπλών χρήσεων. Αυτό όμως προϋποθέτει, εκτός των άλλων, τον καθορισμό της μεθοδολογίας ε την οποία θα προσεγγιστεί το δυσεπίλυτο πρόβλημα του καταμερισμού του κόστους στους επιμέρους χρήστες. Μια χρήσιμη και κατατοπιστική προσέγγιση του προβληματισμού αυτού, ο οποίος για τους περισσότερους δεν είναι ορατός με την πρώτη ματιά, επιχειρείται με το κείμενο που ακολουθεί. Ταυτόχρονα δίδονται χρήσιμες πληροφορίες για την κατανόηση της πραγματικής φύσης και σημασίας αυτών των τόσο σημαντικών έργων. Το πόση μεγάλη σημασία έχει το νερό στη ζωή μας δεν χρειάζεται να τονιστεί. Το ζήτημα τίγεται με σκοπό να κατανοηθεί η πολυπλοκότητα της διαχείρισης του υδροδυναμικού της χώρας, που η βέλτιστη αξιοποίησή του απαιτεί ορθολογική εκμετάλλευση των υδροηλεκτρικών έργων ώστε παράλληλα με την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας να ικανοποιούνται και οι διάφορες άλλες ανάγκες.

Είναι γεγονός ότι οι υδάτινοι πόροι εξαντλούνται λόγω της ραγδαίας αύξησης των καταναλώσεων, που απορρέει από τη μεγάλη οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των λαών. Σε κάθε χώρα μελετώνται πλαίσια για την ολοκληρωτική και πολλαπλή αξιοποίηση των γλυκών νερών που διατίθενται. Παλαιότερα, για τις αρδεύσεις χρησιμοποιούνταν τα νερά των ποταμών που όμως, το ακανόνιστο των παροχών τους κυρίως κατά τους ξηρούς μήνες που αναπτύσσονται και οι περισσότερες καλλιέργειες, δημιουργούσε μεγάλες ελλείψεις. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του είδους αυτού, άρχισαν να κατασκευάζονται στη διάρκεια του 19ου αιώνα -με την εξέλιξη της τεχνικής- φράγματα και τεχνητές λίμνες.

Η κατασκευή ΥΗΕ άρχισε προς το τέλος του 19ου αιώνα, με εγκαταστάσεις που ανήκαν σε ιδιώτες. Βέβαια μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο σε πολλές χώρες οι ηλεκτρικές εταιρείες εξαγοράστηκαν από το κράτος και έγιναν δημόσιοι οργανισμοί. Οι εγκαταστάσεις αυτές εξυπηρετούσαν βασικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Παράλληλα όμως εξυπηρετούσαν και αρδευτικές ανάγκες και τη βελτίωση της παραγωγής στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, διότι με τη ρύθμιση των παροχών των λεκανών, εξασφάλιζαν τις απαραίτητες παροχές νερού στις περιόδους ξηρασίας. Αργότερα κατασκευάστηκαν φράγματα για την τροφοδοσία συστημάτων ύδρευσης πληθυσμών και για τις ανάγκες βιομηχανικών συγκροτημάτων. Τελικά οι υδροηλεκτρικές μονάδες που εντάχθηκαν στα έργα αυτά, αποδείχθηκαν εξαιρετικά χρήσιμες για την κάλυψη των αιχμών που παρουσιάζονται στα ηλεκτρικά συστήματα. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι με τη διαχείριση των υδάτινων πόρων εξυπηρετούνται πολλαπλοί σκοποί.

7.4 Τεχνικοί παράμετροι και λειτουργικά χαρακτηριστικά των υδροηλεκτρικών έργων πολλαπλού σκοπού.

Πρέπει να τονίσουμε ότι, για ορισμένες χρήσεις το νερό είναι αναντικατάστατο, όπως είναι για παράδειγμα η οικιακή χρήση. Σε άλλες περιπτώσεις όμως μπορεί εν μέρει να αντικατασταθεί αλλά με κάποιο κόστος. Η επιφάνεια των αρδευόμενων εκτάσεων μπορεί να μειωθεί και η γεωργική παραγωγή να αναπληρωθεί από παραγωγή άλλων περιοχών ή από ξηρικές καλλιέργειες. Ακόμη, η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας μπορεί να αντικατασταθεί με θερμοηλεκτρική. Σε κάθε περίπτωση όμως το νερό μπορεί να χρησιμοποιείται όχι μόνον για κατανάλωση, αλλά να έχει διαδοχικές ή ταυτόχρονες χρήσεις για διαφορετικούς σκοπούς. Η ρύθμιση της παροχής των ποταμών που στοχεύει στην άμβλυνση των μεταβολών των φυσικών παροχών, είναι γενικά ένα σοβαρό πλεονέκτημα για όλες τις χρήσεις.

Τις περισσότερες φορές κατά την πολλαπλή χρήση των υδάτων υπάρχουν αντιτιθέμενες επιδιώξεις και η ικανοποίηση όλων αυτών των χρήσεων είναι συνήθως ένα οξύ πρόβλημα. Ιδίως σε περιπτώσεις που υπάρχει ανεπάρκεια νερού θα πρέπει να συντονίζονται όλοι οι ενδιαφερόμενοι και κατά τη συνεργασία τους να κυριαρχεί η φρόνηση. Προφανώς, στο οικονομικό επίπεδο, θα πρέπει το κόστος κατασκευής και λειτουργίας να επιμερίζεται σε όλους. Οι χρήσεις νερού που συνδυάζονται με την παραγωγή ενέργειας είναι: ύδρευση, βιομηχανική χρήση (ψύξη, κλιματισμός), άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, ποτάμιες μεταφορές, αλιεία και αναψυχή. Ο καθορισμός της προτεραιότητας στις διάφορες χρήσεις είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως: ανάπτυξη, προτεραιότητες της χώρας, γεωγραφική θέση, μοντέλα ανάπτυξης κ.ά. Στη χώρα μας τα ΥΗΕ εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εξυπηρετούν κυρίως την ύδρευση, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία και την παροχή βιομηχανικού νερού.

7.4.1 Διαχείριση του νερού των ταμιευτήρων.

Τόσο από τις μετρήσεις όσο και από την εμπειρία μας στην εκμετάλλευση διαπιστώνεται ότι η δυτική πλευρά της Ελλάδας έχει διπλάσια έως τριπλάσια ποσότητα κατακρημνίσεων σε σχέση με την ανατολική πλευρά. Είναι ένα δεδομένο που πρέπει να λάβουμε υπόψη στις αποφάσεις για την κατασκευή των ΥΗΕ, για την εκμετάλλευσή τους αλλά και γενικότερα για την σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Η υγρή περίοδος στην Ελλάδα διαρκεί από την αρχή Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαΐου όταν ολοκληρώνεται το λιώσιμο των αποθεμάτων χιονιού στις ορεινές περιοχές των λεκανών απορροής. Η στρατηγική της ΔΕΗ Α.Ε., όσον αφορά στα αποθέματα νερού στους ταμιευτήρες των ΥΗΣ, είναι να βρίσκονται στο μέγιστο στην αρχή της θερινής (ξηρής) περιόδου ώστε να καλύπτονται οι αυξημένες ανάγκες. Αναφέρεται ενημερωτικά ότι η συνολική ειδική κατανάλωση για την παραγωγή μιας ΚWH είναι περίπου 2 m^3 .

Οι ταμιευτήρες ανάλογα την χωρητικότητά τους σε σχέση με το ισοζύγιο της λεκάνης απορροής και τον τρόπο που χρησιμοποιούνται στην εκμετάλλευση διακρίνονται σε: Ετήσιους, Εβδομαδιαίους, Ημερήσιους και Αναρρύθμισης. Ο ετήσιος ταμιευτήρας σε μια αλυσίδα ΥΗΣ ενός ποταμού έχει μεγάλη χωρητικότητα. Η διακύμανση της στάθμης του είναι σημαντική λόγω των μεγάλων ποσοτήτων νερού που αποθηκεύονται. Επίσης, ο ταμιευτήρας αυτός χρησιμεύει για την ανάσχεση των πλημμυρών και την τροποποίηση της διαίτας του ποταμού. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι των Κρεμαστών (Αχελώος), του Πολυφύτου (Αλιάκμονας), του Λάδωνα, του Πουρναρίου Ι, (Αραχθος), των Πηγών Αώου (Αώος), του Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπός) και του Θησαυρού (Νέστος). Ο εβδομαδιαίος ταμιευτήρας βρίσκεται συνήθως αμέσως μετά τον ετήσιο. Έχει μικρή σχετικά χωρητικότητα και διακύμανση στάθμης μέχρι 5 μέτρα περίπου. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Καστρακίου (Αχελώος) και της Σφηκιάς (Αλιάκμονας). Ο ημερήσιος ταμιευτήρας έχει μικρή χωρητικότητα που επαρκεί να αποθηκεύσει τις εισροές το πολύ για μία ημέρα, όταν λειτουργεί ο προηγούμενος σταθμός. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Στράτου (Αχελώος), των Ασωμάτων (Αλιάκμονας), της Πλατανόβρυσης (Νέστος) και του Άγρα (Βόδας). Ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης είναι μικρής χωρητικότητας. Αποθηκεύεται νερό για λίγες ώρες ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες των άλλων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, περιβάλλον) χρίς να αιτείται η λειτουργία των ανάντη σταθμών κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν η λειτουργία είναι ασύμφορη διότι η αξία της ΚWH είναι μειωμένη. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Στράτου (Αχελώος), της Αγ. Βαρβάρας (Αλιάκμονας) και του Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπός).

7.4.2 Δυσκολίες κατά την εξυπηρέτηση πολλαπλών χρήσεων.

Ορισμένοι ΥΗΣ είναι επιφορτισμένοι με την εξυπηρέτηση μιας μόνο χρήσεως, η οποία καθορίζει τη λειτουργία τους και μόνον δευτερευόντως λαμβάνονται υπόψη άλλες πιθανές χρήσεις. Στις περιπτώσεις αυτές τα κριτήρια εκμετάλλευσης είναι απλά. Εξαρτώνται από τον κύριο στόχο, στον οποίο πρέπει να υπακούουν οι δευτερεύουσες χρήσεις. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι δευτερεύουσες χρήσεις βελτιώνουν τα συνολικά αποτελέσματα της συνολικής εκμετάλλευσης. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι, τα πλεονεκτήματα δεν είναι στενά αναλογικά με τον όγκο των νερών που χρησιμοποιούνται. Ένα σημαντικό ζήτημα που επηρεάζει καθοριστικά το όφελος είναι η ασφαλής διάθεση του νερού, δηλαδή η κάλυψη των αναγκών των χρηστών να είναι εξασφαλισμένη.

Το ζήτημα της βέλτιστης εκμετάλλευσης των ΥΗΣ πολλαπλού σκοπού παρουσιάζει δυσκολίες επειδή, όπως προαναφέρθηκε, οι χρήσεις έχουν αντικρουόμενες ανάγκες που μεγεθύνονται σε περιόδους ξηρασίας. Η τάση επηρεασμού της εκμετάλλευσης των ΥΗΣ σύμφωνα με τις προτεραιότητες που θέτει ο κάθε χρήστης σπάνια οδηγεί στη βέλτιστη συνολική χρήση. Είναι επομένως αναγκαίο να καθοριστούν οι βάσεις (κριτήρια) κατανομής των εξόδων (κόστους) της εκμετάλλευσης των ΥΗΣ στις διαφορετικές και επιμέρους χρήσεις.

Να καθορίσουμε δηλαδή, μεταξύ των άλλων, τις συνθήκες λειτουργίας στις οποίες ορισμένοι χρήστες να αποζημιώνονται από άλλους, όταν εξαιτίας τους δεν θα απολαμβάνουν τις προβλεπόμενες παροχές. Η εκμετάλλευση των ΥΗΣ πολλαπλού σκοπού στο βέλτιστο βαθμό είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί χωρίς να προκληθούν αδικίες σε χρήστες που συνέβαλαν στην κατασκευή τους. Σε περίπτωση αντικειμενικής αδυναμίας, θα έπρεπε να μην κατασκευάζονται έργα εξυπηρέτησης πολλαπλών σκοπών, στο βαθμό που η χρησιμοποίηση τους για ένα μόνο σκοπό είναι συμφέρουσα. Στην Ελλάδα παρόλο που τα ΥΗΕ μελετώνται συνήθως ως έργα πολλαπλού σκοπού, η λειτουργία τους προσαρμόζεται συνήθως στις ανάγκες τρίτων προς τη ΔΕΗ χρηστών με αποτέλεσμα να μην υπάρχει καταμερισμός σταθερού και λειτουργικού κόστους. Καίτοι υπάρχει σχετικός νόμος για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων (ν. 1739/87) κάτι τέτοιο δεν έχει συμβεί μέχρι σήμερα.

7.4.3 Διαταραχές στην εκμετάλλευση των ΥΗΣ εξαιτίας άλλων χρήσεων.

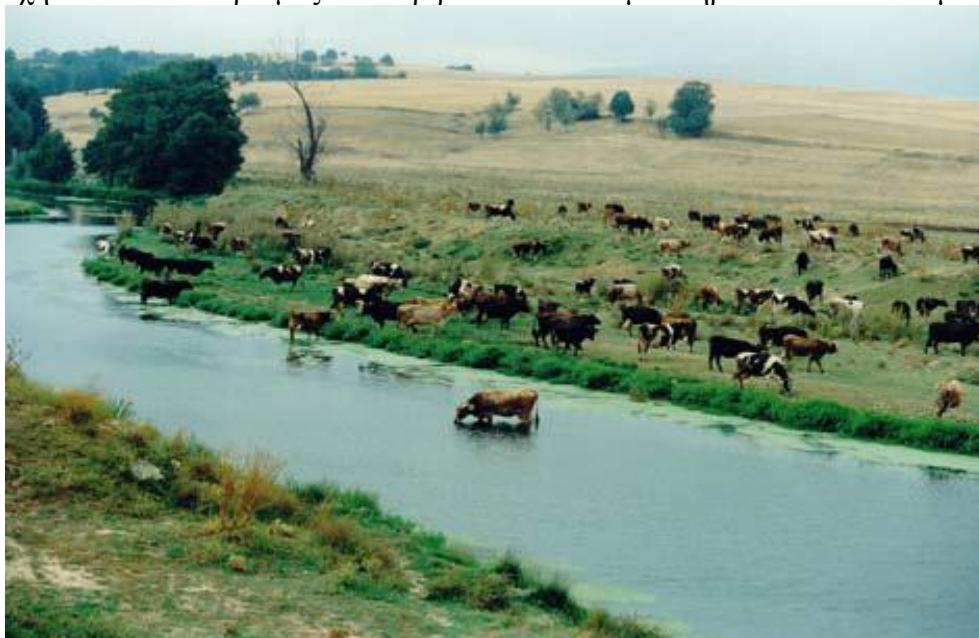
Το όφελος που προσφέρουν οι ΥΗΣ σε ένα Διασυνδεδεμένο Ηλεκτρικό Σύστημα το οποίο τροφοδοτείται κυρίως από θερμοηλεκτρικές μονάδες σταθερού φορτίου, είναι το γεγονός ότι, μπορούν να αναλαμβάνουν με ευελιξία τις αιχμές της ζήτησης που εμφανίζονται στο δίκτυο, απαλλάσσοντας έτσι τις τελευταίες από επώδυνες μεταβολές φορτίου. Για τον λόγο αυτό η αξία της ενέργειας που παράγεται από έναν ΥΗΣ είναι αντιστρόφως ανάλογη της έκτασης των περιορισμών που επιβάλλονται από τη ζήτηση του νερού για την εξυπηρέτηση τρίτων. Από πλευράς υδροηλεκτρικής παραγωγής μπορούμε να κατατάξουμε τους ΥΗΣ σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

1. ΥΗΣ που εξυπηρετούν τις εκτός ηλεκτροπαραγωγής χρήσεις (π.χ. άρδευση), οι οποίες απαιτούν οι σταθμοί παραγωγής να βρίσκονται εκτός λειτουργίας για ορισμένες χρονικές περιόδους. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε αυτούς συνεισφέρει απλώς στην εξοικονόμηση καυσίμων που καταναλώνουν οι θερμοκοί σταθμοί και κάθε φορά που τίθενται εκτός λειτουργίας, τα φορτία τους πρέπει να αναληφθούν από άλλους σταθμούς του συστήματος. Στην κατηγορία αυτή υπάγεται ο ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα στον ποταμό Ταυρωπό, ο οποίος σήμερα λειτουργεί σε συνάρτηση με τις αρδευτικές ανάγκες.
2. ΥΗΣ συντονισμένοι με τις χρήσεις οι οποίες έχουν ανάγκη συνεχούς κατανάλωσης νερού (ύδρευση, ναυσιπλοΐα). Οι συγκεκριμένοι ΥΗΣ μπορούν να συγκριθούν, ως προς τη λειτουργία τους, με ένα θερμικό σταθμό σταθερού φορτίου. Λειτουργούν υποχρεωτικά όλο το 24ωρο επειδή η χωρητικότητα του ταμιευτήρα τους είναι ασήμαντη. Τέτοιος είναι ο ΥΗΣ Λούρου κοντά στη Φιλιπιάδα.
3. ΥΗΣ με ταμιευτήρες ημερήσιας ή εβδομαδιαίας ρύθμισης, στους οποίους μπορούμε να επικεντρώσουμε τη λειτουργία του σταθμού τις ώρες που εμφανίζονται οι αιχμές των φορτίων του διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος, φυσικά με τις δεσμεύσεις που επιβάλλουν οι άλλες χρήσεις και η συνολική επάρκεια του νερού (ΥΗΣ Στράτου, Ασωμάτων, Πλατανόβρυσης, Καστρακίου, και Σφηκιάς).
4. ΥΗΣ που τροφοδοτούνται από μεγάλους ταμιευτήρες ετήσιας ρύθμισης, στους οποίους η παραγωγή ενέργειας προέχει σε σχέση με τις άλλες χρήσεις που θεωρούνται δευτερεύουσες. Οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν συνήθως σύμφωνα με τις ανάγκες του διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος (ΥΗΣ Κρεμαστών, Πολυφύτου, Θησυρού, κ.ά.).

7.4.4 Ανθρωπογενείς δραστηριότητες των ταμιευτήρων.

Όταν μιλάμε για ανθρωπογενείς δραστηριότητες εννοούμε την ήπια μορφή τους. Θα αναφερθούμε ενδεικτικά σε μερικές απ' αυτές που λαμβάνουν χώρα στους ταμιευτήρες και στα ποτάμια μας:

- Η κτηνοτροφία στις παραλίμνιες περιοχές.
- Η ερασιτεχνική και επαγγελματική αλιεία στους ταμιευτήρες.
- Οι ιχθυοκαλλιέργειες στο ταμιευτήρα Κρεμαστών.
- Ο ναυταθλητισμός στις λίμνες Στράτου και Πολυφύτου (παραχώρηση Γενική Γραμματεία Αθλητισμού).
- Τα δυναμικά σπορ, όπως το καγιάκ στη λίμνη Καστρακίου και το ράφτινγκ στη λίμνη Πηγών Αώου.
- Η επιστημονική παρατήρηση στους υγροτόπους του Άγρα και στο Δέλτα του π. Αχελώου και του π. Αλιάκμονα.
- Η περιβαλλοντική εκπαίδευση μαθητών και σπουδαστών.
- Η αναψυχή και ο οικοτουρισμός στο περιβάλλον των ταμιευτήρων και των ποταμών



Εικόνα 56:Βοσκή στις όχθες του π. Αλιάκμονα (ταμιευτήρας ΥΗΣ Πολυφύτου)

7.5 Προτάσεις.

Για τα ΥΗΕ πολλαπλού σκοπού, όλοι οι κοινωνικοί εταίροι που θα ωφεληθούν θα πρέπει να συμβάλλουν στην υλοποίηση και στη διαχείριση τους έτσι ώστε οι σχετικές δαπάνες να κατανεμηθούν ανάλογα. Επομένως, για ένα καλύτερο επενδυτικό περιβάλλον ο Δημόσιος Τομέας θα πρέπει να αναλάβει τις υποχρεώσεις που του αναλογούν για τα οφέλη (κατανομή του κόστους στους χρήστες) έτσι ώστε το ενεργειακό μέρος να αποτελέσει μια βιώσιμη οικονομικά επένδυση. Για ορισμένες χρήσεις το νερό είναι αναντικατάστατο (π.χ. οικιακές καταναλώσεις), αλλά σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να αντικατασταθεί μερικά με κάποιο επιπρόσθετο κόστος. Για παράδειγμα, η επιφάνεια των αρδευόμενων εκτάσεων μπορεί να μειωθεί και οι σχετικές γεωργικές καλλιέργειες να αναπληρωθούν από ξηρικές καλλιέργειες. Επισημαίνεται ότι η ρύθμιση της παροχής των ποταμών που στοχεύει στην άμβλυση των μεταβολών των φυσικών παροχών αποτελεί γενικά ένα σοβαρό πλεονέκτημα για όλες τις

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

χρήσεις. Τις περισσότερες φορές για την πολλαπλή χρήση των υδάτων υπάρχουν αντιτιθέμενες επιδιώξεις και η ικανοποίηση τους αποτελεί συνήθως ένα οξύ πρόβλημα. Η τάση επηρεασμού της εκμετάλλευσης των ΥΗΕ σύμφωνα με τις προτεραιότητες που έχει ο κάθε χρήστης σπάνια οδηγεί στη βέλτιστη συνολική χρήση. Επομένως, είναι αναγκαίο να καθοριστούν τα κριτήρια κατανομής του κόστους εκμετάλλευσης τους στις διαφορετικές και επί μέρους χρήσεις. Ο καθορισμός της προτεραιότητας στις διάφορες χρήσεις είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως ανάπτυξη, προτεραιότητες της χώρας, γεωγραφική θέση, κλπ. Το ελάχιστο κόστος συντήρησης και η μεγάλη διάρκεια ζωής των ΥΗΕ είναι παράμετροι που τα καθιστούν ελκυστικά αλλά σε μακροχρόνιο ορίζοντα.

Η ρύθμιση του θεσμικού πλαισίου που θα έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των Μεγάλων ΥΗΕ είναι αναγκαία για την ανάπτυξη του υδατικού δυναμικού της χώρας, περιλαμβάνοντας όλους τους αναγκαίους όρους για έργα πολλαπλού σκοπού. Τα σχέδια διαχείρισης υδατικών πόρων πρέπει να επισπευσθούν και να ολοκληρωθούν, ώστε η αξιοποίηση του δυναμικού τους να μην συναντά δυσκολίες με καθυστερήσεις και πρόσθετες δαπάνες. Ο Δημόσιος Τομέας και οι Οργανισμοί που αναπτύσσουν υδραυλικά έργα για άρδευση και ύδρευση πρέπει να συμπεριλαμβάνουν και την υδροηλεκτρική αξιοποίηση στα έργα ή ακόμη και τη δυνατότητα για αντλητικά ΥΗΕ. Τα Μικρά ΥΗΕ συνήθως σχεδιάζονται ως υδροηλεκτρικοί σταθμοί ροής και παρουσιάζουν μια απλότητα στη σχεδίαση και κατασκευή εξασφαλίζοντας χαμηλό κόστος επένδυσης και παραγωγής. Όμως, εξετάζοντας τα μεγάλα μεγέθη ισχύος (10MW ή 15MW), θα πρέπει να διερευνάται επαρκώς η δυνατότητα κατασκευής ταμιευτήρα έτσι ώστε το έργο να λειτουργεί πιο παραγωγικά στις περιόδους των ημερησίων αιχμών της ζήτησης φορτίου και να λειτουργεί ως έργο πολλαπλού σκοπού με πολλαπλά οφέλη. Η κατασκευή του ταμιευτήρα συγκρατεί τις πλημμυρικές παροχές που σημαίνει ότι το σχετικό όφελος αυξάνεται. Μια ρύθμιση του τιμολογίου αγοράς της ηλεκτρικής ισχύος για εγγυημένη ισχύ και ενέργεια στη ζώνη υψηλής ζήτησης που ανταποκρίνεται στους όρους της αγοράς θα αποτελούσε κίνητρο για τη σχεδίαση και κατασκευή ταμιευτήρων στα Μικρά ΥΗΕ. Στην περίπτωση που αυτό μπορεί να σχεδιασθεί ως έργο πολλαπλού σκοπού οι κοινωνικοί εταίροι που θα ωφεληθούν θα πρέπει να συμβάλλουν στην υλοποίηση των έργων και στη διαχείρισή τους. Μια άλλη πλευρά της πολλαπλής ωφελιμότητας των ΥΗΕ που καθίσταται ολοένα και περισσότερο επίκαιρη, είναι η δυνατότητα που προσφέρουν για κατάλληλη μείξη με τις άλλες ΑΠΕ των οποίων η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς παρουσιάζει στοχαστικό χαρακτήρα (π.χ. αιολική και ηλιακή ενέργεια).

Τα ΥΗΕ που διαθέτουν ταμιευτήρες και αντλητικά συγκροτήματα συμβάλλουν στη μεγαλύτερη διείσδυση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ προσφέρουν επιπρόσθετες δυνατότητες παροχής επικουρικών υπηρεσιών και εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία τους για την τροφοδότηση του φορτίου των καταναλωτών. Η επιβάρυνση της ηλεκτροπαραγωγής λόγω των εκπομπών CO₂ μετά από το έτος 2013 θα είναι σημαντική που σημαίνει ότι η ανάπτυξη των ΥΗΕ θα είναι πολύ ελκυστική. Επομένως, είναι απαραίτητο να αρχίσει αμέσως στην Ελλάδα η εκπόνηση μελετών και υλοποίηση σχεδίων ώστε να επιτευχθούν οι εθνικοί στόχοι που τη δεσμεύουν, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη με ενεργειακούς πόρους που είναι περιβαλλοντικά και οικονομικά φιλικούς. Γενικά, τα ΥΗΕ, εκτός από τη σημαντική συμβολή τους στην περιφερειακή ανάπτυξη, συνεισφέρουν στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού ως εγχώρια ενεργειακή πηγή, στην ανταγωνιστικότητα της οικονομίας εξασφαλίζοντας σχεδόν σταθερό κόστος ενέργειας σε μακροχρόνια βάση και στη βιώσιμη ανάπτυξη περιορίζοντας τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Σε αυτά πρέπει να προστεθούν και τα οφέλη από τις υπόλοιπες μορφές ΑΠΕ. Στη νησιωτική χώρα οι υδάτινοι πόροι και το υδατικό δυναμικό είναι σε περιορισμένη κλίμακα. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να υποστηριχθούν τα αντλητικά ΥΗΕ σε συνδυασμό με την αξιοποίηση του υψηλού αιολικού δυναμικού που υπάρχει στα νησιά.

Τα υδραυλικά έργα για άρδευση και ύδρευση μπορούν να συνδυαστούν με την υδροηλεκτρική εκμετάλλευση και την άντληση. Αυτό σημαίνει ότι η δημιουργία ταμιευτήρων και η ενίσχυση των Υδροηλεκτρικών Έργων πολλαπλής σκοπιμότητας αποτελεί βασική προτεραιότητα για τη Χώρα μας, η οποία είναι μία Μεσογειακή χώρα που δοκιμάζεται πολλές φορές από περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας. Για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των Υδροηλεκτρικών Έργων, παράλληλα με τη βελτίωση και συμπλήρωση του θεσμικού πλαισίου, χρειάζεται η ευρεία ενημέρωση και συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών στα οφέλη που προσφέρουν τα Υδροηλεκτρικά Έργα πολλαπλού σκοπού μακροπρόθεσμα. [Αργυράκης, Ι. (χ.χ.) *Εκμετάλλευση των Υδροηλεκτρικών Σταθμών ως Έργων Πολλαπλού Σκοπού.*]



Εικόνα 57:Ο υγροβιότοπος της λίμνης Νησίου του ΥΗΣ Αγρα

8 Συμπεράσματα.

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας ήταν η μελέτη απωλειών πίεσης στον αγωγό πτώσεως του υδροηλεκτρικού σταθμού του Γλαύκου. Έγινε αναφορά στο μεγαλύτερο αγαθό του ανθρώπου το οποίο είναι το νερό. Μέσα από την ανάλυση ολόκληρου του συστήματος για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας έγινε έλεγχος απωλειών στον σημαντικότερο σημείο της εγκατάστασης, ο οποίος είναι η διαδρομή από τον υδατόπυργο κατάντη του αγωγού πτώσεως μέχρι του υδροστρόβιλου του εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανάλυση της μελέτης πραγματοποιήθηκε με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες από το προσωπικό του υδροηλεκτρικού σταθμού του Γλαύκου και με βάση γνώσεις που αποκτήθηκαν κατά τις σπουδές στο Τμήμα Μηχανολόγων Τ.Ε του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.

Στο πρώτο κεφάλαιο έγινε αναφορά στην ιστορική αναδρομή στα μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια στην Ελλάδα και στην υδρο-ενέργεια. Οι ΥΗΣ παράγουν “καθαρή” ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμη πηγή (νερό). Παρακάτω έγινε αναφορά ειδικότερα στον υδροηλεκτρικό σταθμό του Γλαύκου και στην ευρύτερη περιοχή που είναι εγκαταστημένος, όπως και στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που έχουν τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται σε όλα τα επιμέρους συστήματα λειτουργίας της εγκατάστασης. Συγκεκριμένα αναλύονται όλες οι επιμέρους εγκαταστάσεις με τα πραγματικά δεδομένα της κάθε εγκατάστασης. Η ΔΕΗ αξιοποίησε σημαντικό μέρος του υδροδυναμικού της Ελλάδας καθώς μελέτησε και κατασκεύασε όλα σχεδόν τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα. Λειτουργεί τους ΥΗΣ εξυπηρετώντας τις ανάγκες των άλλων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, αναψυχή, κ.τ.λ.) αναλαμβάνοντας την οικονομική επιβάρυνση και χωρίς μέχρι τώρα να αποζημιωθεί από τους άλλους χρήστες.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι υδροστρόβιλοι της εγκατάστασης καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχουν το καθένα ξεχωριστά. Ο στρόβιλος ή τουρμπίνα είναι ένας κινητήρας που εξάγει ενέργεια από τη ποή ενός ρευστού και τη μετατρέπει σε ωφέλιμο έργο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετήθηκε αναλυτικά ο αγωγός πτώσεως καθώς και τα βασικά στοιχεία που οδηγούν στις απώλειες πίεσης. Διεξήχθη η μελέτη απωλειών στην διαδρομή από τον υδατόπυργο μέχρι τους υδροστρόβιλους με βάση το σχέδιο της εγκατάστασης.

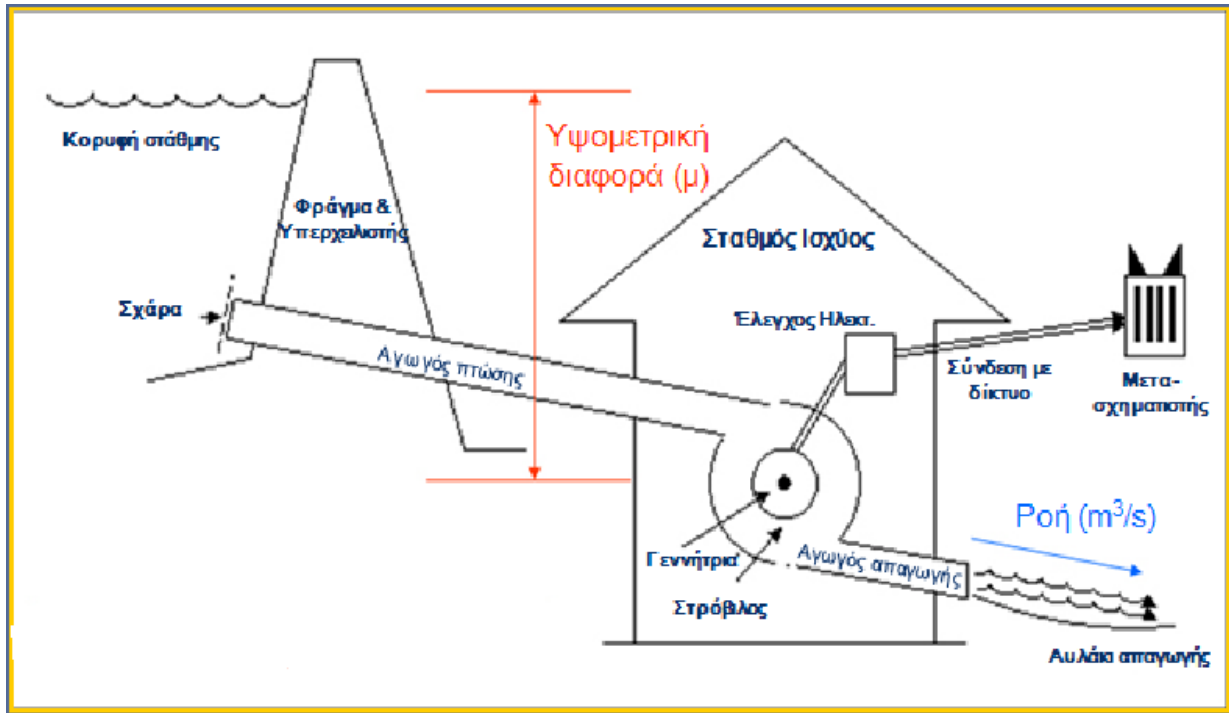
Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετήθηκε η ενεργειακή ανάλυση του υδροηλεκτρικού σταθμού και γίνεται η κατασκευή της ετήσιας καμπύλης διαρκείας για τα έτη 2014-2015 .

Στο έκτο κεφάλαιο έγινε περιγραφή η θεμελίωση του αγωγού πτώσεως σε απότομες πράνες . Επίσης γίνεται περιγραφή στην κατασκευή του αγωγού πτώσεως και στην θεμελίωση του Block No 2

Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στην συμβολή των υδροηλεκτρικών σταθμών στην Ελλάδα καθώς και τα προβλήματα ανάπτυξης υδροηλεκτρικών έργων. Ακόμα γίνεται αναφορά στους τεχνικούς παραμέτρους και των λειτουργικών χαρακτηριστικών των υδροηλεκτρικών έργων πολλαπλού σκοπού.

Τέλος η Ελλάδα έχει ανάγκη από υδραυλικά έργα πολλαπλού σκοπού για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η συμμετοχή της ΔΕΗ Α.Ε στη διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι επιβεβλημένη καθώς έχει την ευθύνη της εκμετάλλευσης τόσων ΥΗΣ στους περισσότερους μεγάλους ποταμούς της χώρας. Οι ΥΗΣ ως έργα πολλαπλού σκοπού είναι απολύτως αναγκαίοι σε μια χώρα μεσογειακή όπως η Ελλάδα όπου οι βροχές είναι λίγες και η διάρκειά τους περιορίζεται στη χειμερινή περίοδο.

9 Παράρτημα.



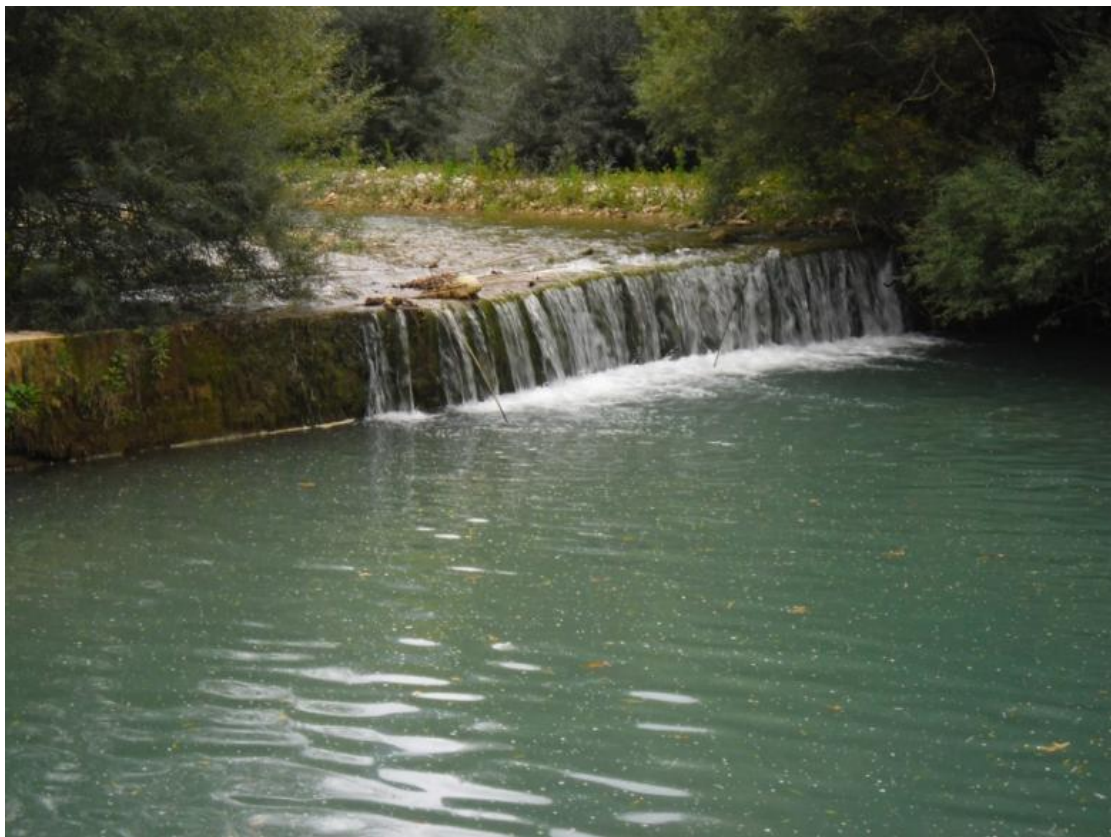
Εικόνα 58: γενικό σχέδιο συστήματος ΜΗΥΣ



Εικόνα 59: Κοίτη ποταμού Γλαύκου



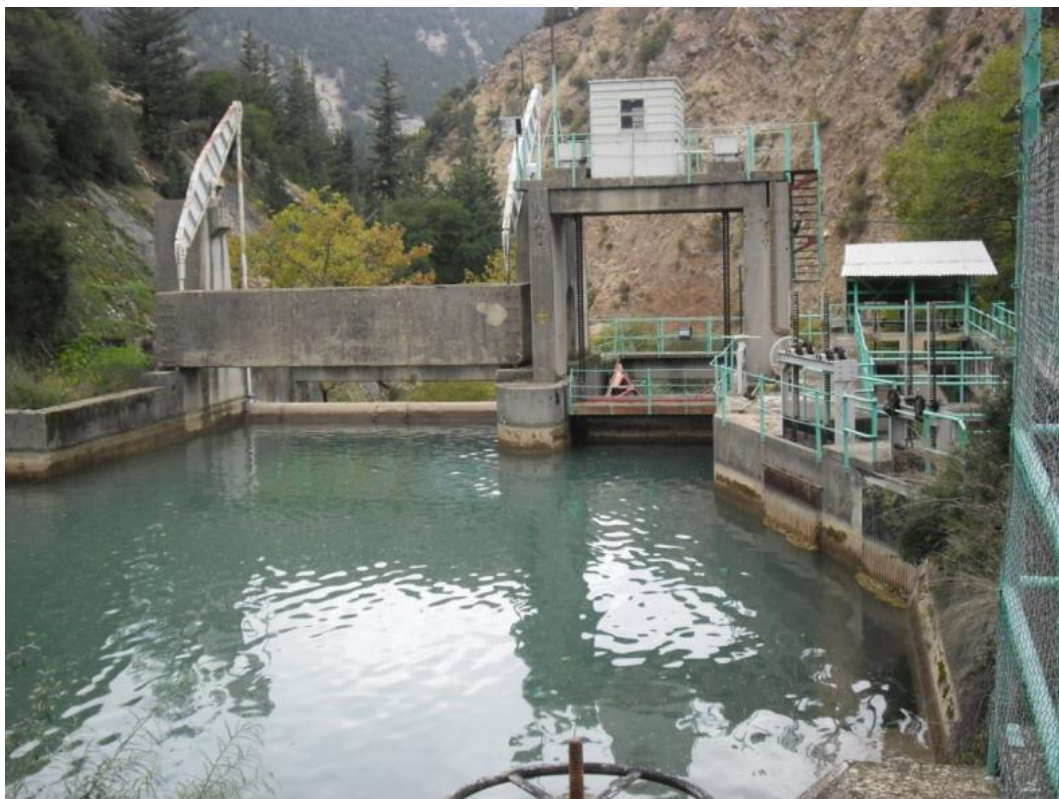
Εικόνα 60: ποταμός Γλαύκος



Εικόνα 61: λεκάνη απορροής



Εικόνα 62: μικρή δεξαμενή



Εικόνα 63: Φράγμα



Εικόνα 64: κανάλια



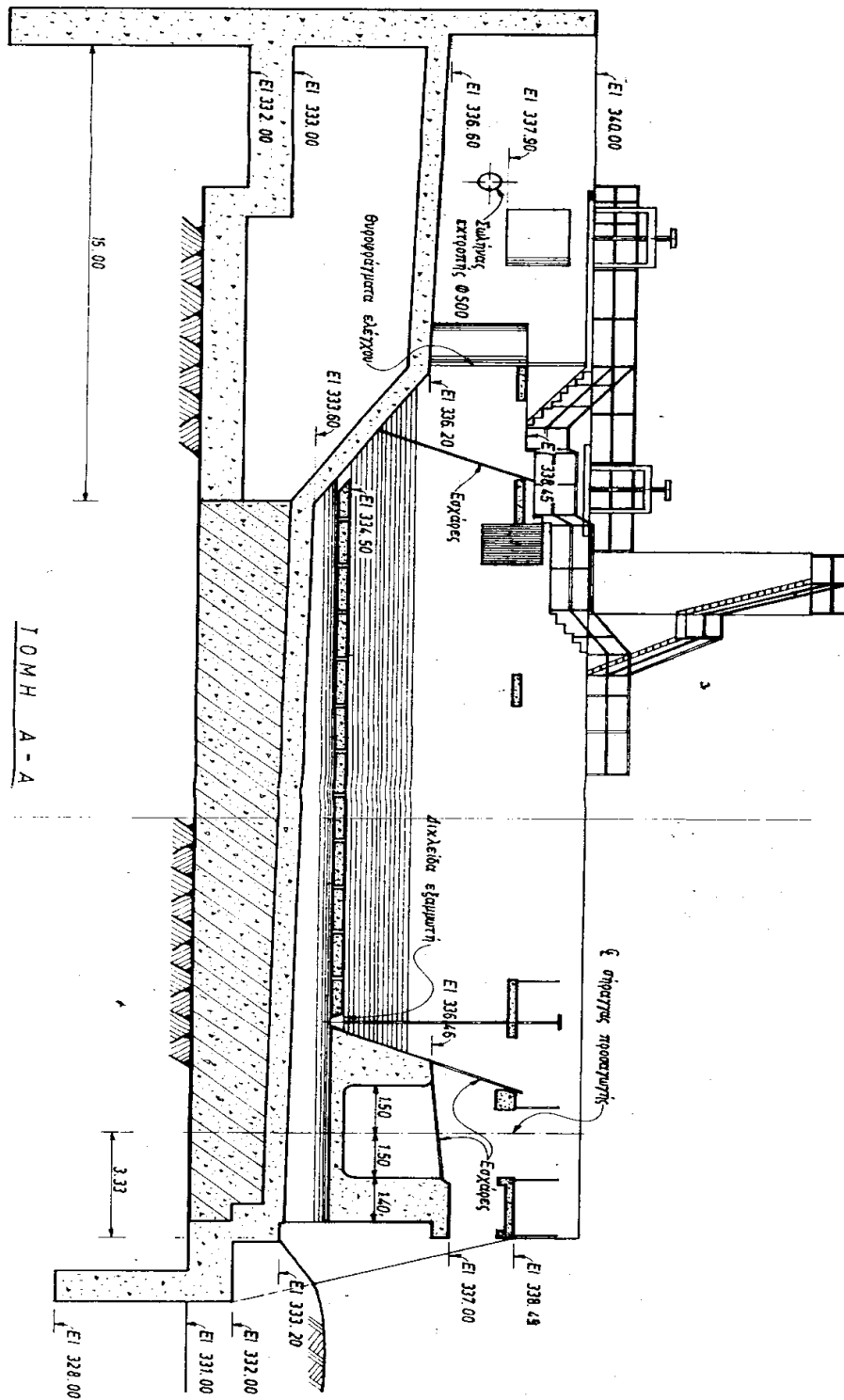
Εικόνα 65: Ηλεκτρικό τοξωτό θυρόφραγμα



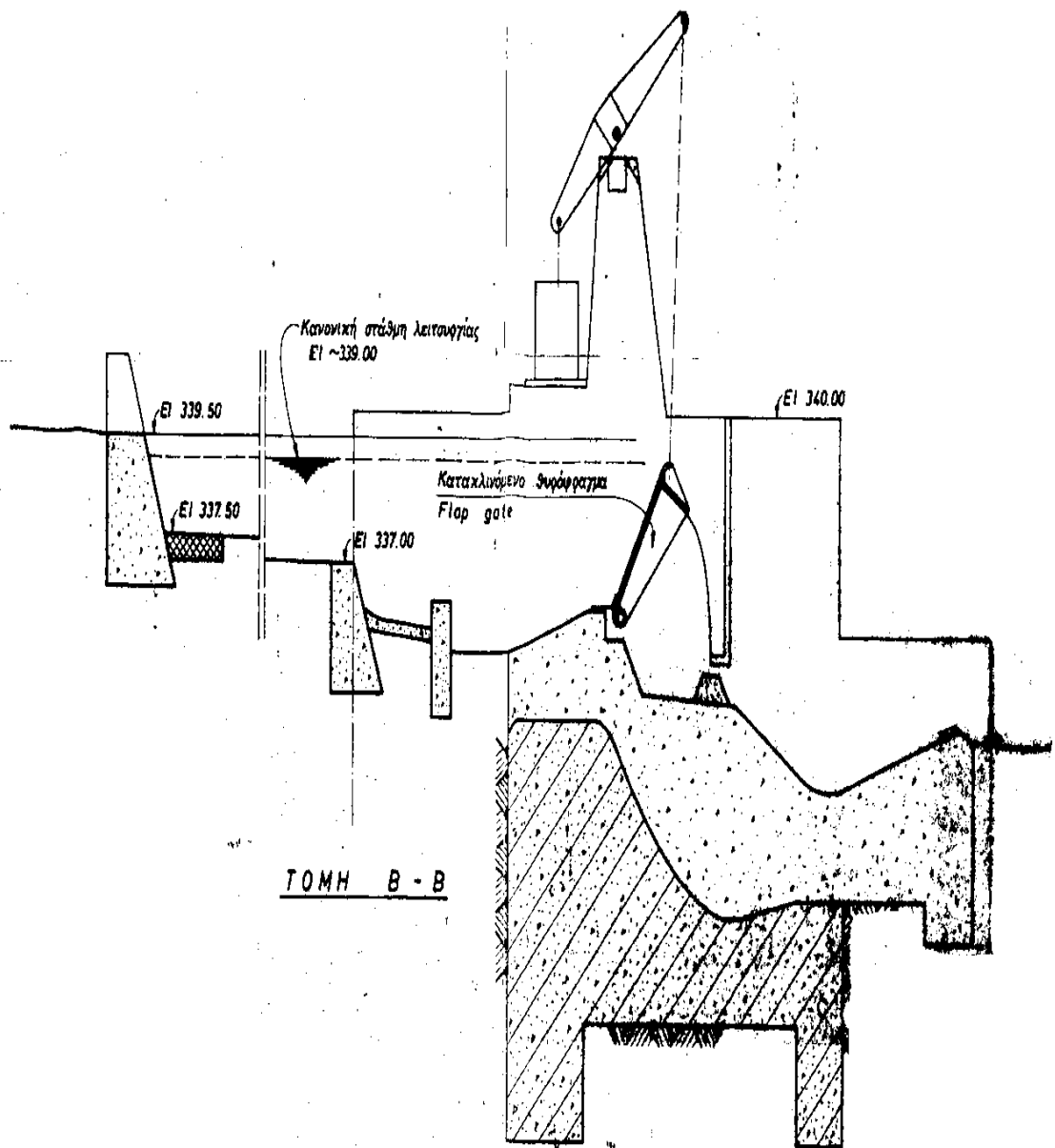
Εικόνα 66: Μικρή διώρυγα επενδυμένη με γρανίτη



Εικόνα 67: αυτόματο θυρόφραγμα



Εικόνα 69: Τομή θυροφράγματος



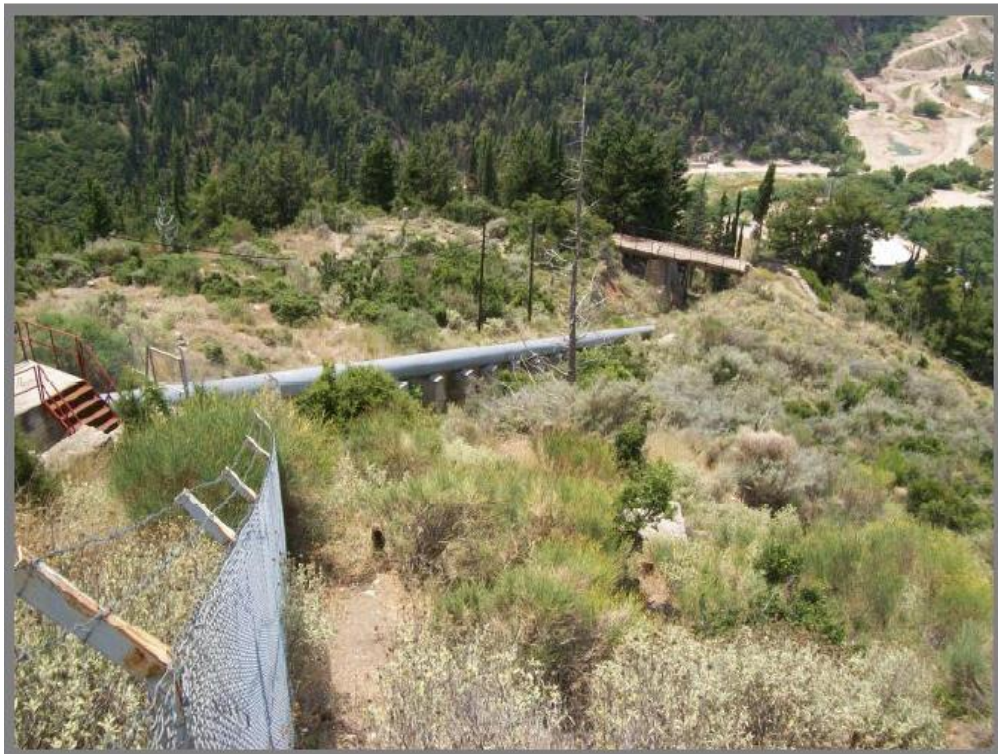
Εικόνα 70: Τομή θυροφράγματος



Εικόνα 71: υδατόπυργος



Εικόνα 72: υδατόπυργος



Εικόνα 73: αγωγός φυγής



Εικόνα 74: αγωγός πτώσεως



Εικόνα 75: παλιός πίνακας ελέγχου



Εικόνα 76: παλιός πίνακας ελέγχου



Εικόνα 77: παλιός πίνακας ελέγχου



Εικόνα 78: υδροστρόβιλος pelton



Εικόνα 79: υδροστρόβιλος Francis



Εικόνα 80: γεννήτρια pelton



Εικόνα 81: γεννήτρια francis



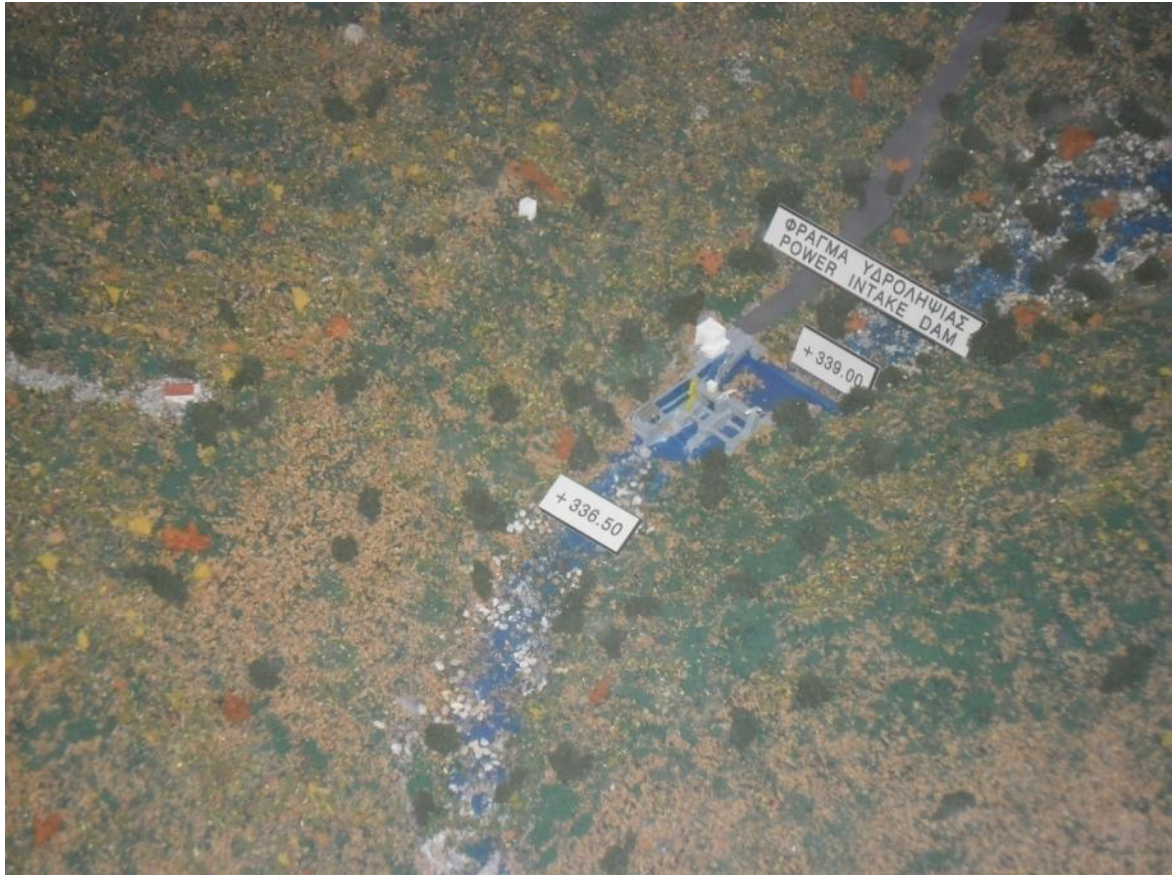
Εικόνα 82: μουσείο



Εικόνα 83: μακέτα εγκατάστασης ΜΗΥΣ



Εικόνα 84: μακέτα εγκατάστασης ΜΗΥΣ



Εικόνα 85:μακέτα εγκατάστασης ΜΗΥΣ

10 Βιβλιογραφία.

2. Παπαδόπουλος Μ., Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές,
3. Public Power Corporation - Glafkos Hydroelectric Project, Supply and installation of a New Hydroelectric Unit and Uprating and Refurbishment of the Existing unit, Hydroelectric Projects Development Department (Τεχνικές Σημειώσεις Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου)
4. Παπανίκας Δ., *Ρευστοδυναμικές Μηχανές και Εγκαταστάσεις I*, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών
5. Παπανίκας Δ., *Ρευστοδυναμικές Μηχανές και Εγκαταστάσεις II*, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών
6. Γ. Λέρης, *ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2006 Διεθνές Συνέδριο «ENERGYTEC 2006» & 1η Διεθνής Έκθεση: Μορφές & Διαχείριση Ενέργειας*, 23-26 Νοεμβρίου 2006, Εκθεσιακό Κέντρο HELEXPO Palace
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Francis_turbine
8. http://en.wikipedia.org/wiki/Pelton_wheel
9. http://www.cres.gr/kape/pdf/press/MYD_KAPE.pdf
10. Αργυράκης, Ι. (χ.χ.) *Εκμετάλλευση των Υδροηλεκτρικών Σταθμών ως Έργων Πολλαπλού Σκοπού*. Διαθέσιμο στο: http://library.tee.gr/digital/m2380/m2380_argirakis.pdf, [Πρόσβαση στις 29 Σεπτεμβρίου 2009].
11. ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε., <http://www.ppcr.gr/>.
12. Δημόπουλος, Δ., Στεφανάκος, Ι (2008). Υπερχειλιστές και εκκενωτές πυθμένα στα τέσσερα παλαιότερα φράγματα της ΔΕΗ από σκυρόδεμα. Στο: 1ο Πανελλήνιο συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, ΤΕΕ, ΤΕΕ – Τμ. Κεντρ. & Δυτικής Θεσσαλίας, 13-15 Νοεμβρίου, 2008: Λάρισα. Διαθέσιμο στο: http://library.tee.gr/digital/m2354/m2354_contents.htm, [Πρόσβαση στις 21 Δεκεμβρίου 2009].
13. Παπαντώνης Δ. (2001). *Μικρά υδροηλεκτρικά έργα*, ΕΜΠ, Αθήνα
14. Εργαστηριακές σημειώσεις στροβιλομηχανών καθηγητή Γιανναδάκη Αθανασίου
15. Εργαστηριακές σημειώσεις στροβιλομηχανών καθηγητή Βούρου Αντρέα
16. Εργαστηριακές σημειώσεις στροβιλομηχανών καθηγητή Γιαννάκη Ιωάννη
17. Εργαστηριακές σημειώσεις ΤΕΙ Κρήτης καθηγητή Κατραπρακάκη Δημητρίου

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ	
ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6403)	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

18. ΚΑΒΟΥΚΛΗΣ, ΔΑΝΙΗΛΙΔΗΣ, ΚΟΥΜΟΥΛΟΣ: Θεμελίωση Αγωγού Πτώσης του Νέου Υδροηλεκτρικού Σταθμού Γλαύκου Ισχύος 5.5MW σε Απότομο Πρανές
19. Δ. Αλ. Κατσαπρακάκης, «Τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά και η σημασία τους για την Ελλάδα»,