



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"
2^η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ
ΣΤΙΣ ΟΡΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΙ ΟΙ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

Μαρίνα Νικ. Μέγα

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός
MSc Υδραυλική Μηχανική

Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη

Αθήνα, Οκτώβριος 2009

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Νικόλαος Μαμάσης
Λέκτορας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα λέκτορα κ. Νίκο Μαμάση για τη σαφή και πρόθυμη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της μεταπτυχιακής διπλωματικής. Επίσης, ευχαριστώ πολύ τον Καθηγητή κ. Γιώργο Τσακίρη και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Κίμωνα Χατζημπίρο για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή. Ιδιαίτερος σημαντική ήταν η συμβολή του Δημάρχου Αγνάντων κ. Χρήστου Χασιάκου με την παροχή στοιχείων και λόγω της άψογης και πρόθυμης συνεργασίας μας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου Νίκο και Περσεφόνη και στην αδερφή μου Ελένη, για την πολύπλευρη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου αλλά και για την εμπιστοσύνη και την υποστήριξή τους σε κάθε μου βήμα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
ABSTRACT	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
1.1 Συμβατικές πηγές ενέργειας.....	14
1.1.1 Δυσμενείς επιπτώσεις των συμβατικών πηγών ενέργειας.....	18
1.1.2 Αποθέματα πετρελαίου.....	19
1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	19
1.2.1 Η λειτουργία των ανεμογεννητριών (Α/Γ).....	26
1.3 Υδροηλεκτρικά έργα.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ	
2.1 Ιστορική αναδρομή.....	33
2.2 Διάκριση μεταξύ Μικρών και Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων (Υ.Η.Ε.).....	35
2.3 Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε. - Μ.Υ.Η.Ε.....	37
2.4 Καταγραφή και Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης.....	40
2.4.1 Γενικά Ενεργειακά Μεγέθη.....	40
2.4.1.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Η/Ε) σε Ελλάδα και Ευρώπη.....	40
2.4.1.2 Παραγωγή Η/Ε στην Ελλάδα.....	43
2.4.2 Χωρική κατανομή των έργων.....	45
2.4.3 Μέση ισχύς έργων.....	47
2.4.4 Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων.....	50
2.5 Αρχή λειτουργίας των Μ.Υ.Η.Ε.....	51
2.5.1 Εκλογή Τοποθεσίας Εγκατάστασης Μ.Υ.Η.Ε.....	53
2.5.2 Τεχνικά Έργα Υδροληψίας.....	54
2.5.3 Το σύστημα προσαγωγής.....	55
2.5.4 Ο σταθμός παραγωγής.....	56
2.5.5 Υδροστρόβιλοι.....	57
2.5.5.1 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη των υδροστροβίλων.....	57
2.5.5.2 Ορισμοί – Πεδίο εφαρμογών.....	57

2.5.5.3 Διάκριση των υδροστροβίλων – Τύποι.....	58
2.5.5.4 Περιγραφή των υδροστροβίλων αντίδρασης.....	60
2.5.5.5 Υδροστρόβιλος τύπου Francis.....	63
2.5.5.6 Υδροστρόβιλος τύπου Kaplan.....	67
2.5.5.7 Γενική περιγραφή των υδροστροβίλων δράσης – Εφαρμογή σε υδροστρόβιλο τύπου Pelton.....	70
2.5.5.8 Υδροστρόβιλος τύπου Pelton.....	71
2.5.5.9 Υδροστρόβιλος τύπου Turgo.....	76
2.5.5.10 Υδροστρόβιλος Banki ή Cross-Flow.....	77
2.5.5.11 Συμπεράσματα – Νομογραφήματα.....	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Α.Π.Ε. - Μ.Υ.Η.Ε.

3.1 Η Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις Α.Π.Ε.....	84
3.1.1 Η Οδηγία 96/92 ΕΚ.....	85
3.1.2 Η Απόφαση 646/2000 ΕΚ (Πρόγραμμα “Altener”).....	86
3.1.3 Η Οδηγία 2000/60 ΕΚ.....	86
3.1.4 Η Οδηγία 2001/77 ΕΚ.....	87
3.1.5 Η Απόφαση 1230/2003 (Πρόγραμμα «Ευφυής ενέργεια – Ευρώπη»).....	87
3.2 Νομικό Πλαίσιο για Α.Π.Ε. – Μ.Υ.Η.Ε. στην Ελλάδα.....	88
3.2.1 Ο Νόμος 2244/1994.....	90
3.2.2 Ο Νόμος 2773/1999.....	90
3.2.3 Ο Νόμος 2941/2001.....	91
3.2.4 Ο Νόμος 3175/2003.....	92
3.2.5 Ο Νόμος 3468/2006.....	92
3.3 Θεσμικό Πλαίσιο για Α.Π.Ε. – Μ.Υ.Η.Ε. στην Ελλάδα.....	93
3.3.1 Ο ρόλος της Ρ.Α.Ε.....	94
3.3.2 Ο ρόλος του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.....	95
3.3.3 Ο ρόλος του Κ.Α.Π.Ε.....	95
3.4 Διαδικασίες Αδειοδότησης Μ.Υ.Η.Ε.....	96
3.4.1 Έκδοση Άδειας Παραγωγής.....	97
3.4.2 Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης.....	98
3.4.2.1 Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (Π.Π.Ε.Α.)...100	
3.4.2.2 Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.).....	102

3.4.2.3 Έγκριση Επέμβασης (Ε.Επ.) σε δάσος ή δασική έκταση.....	103
3.4.2.4 Άδεια Χρήσης Νερού – Εκτέλεσης Έργου Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων.....	103
3.4.3 Έκδοση Άδειας Λειτουργίας.....	104

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

4.1 Εκτίμηση υδροδυναμικού περιοχής και επιλογή θέσης εγκατάστασης.....	105
4.2 Μελέτη σκοπιμότητας.....	106
4.3 Προμελέτη εγκατάστασης Μ.Υ.Η.Ε.....	106
4.4 Μελέτη-κατασκευή υδροστροβίλων.....	107
4.5 Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.).....	108
4.6 Μετρήσεις λειτουργίας και βαθμού απόδοσης Μ.Υ.Η.Ε.....	108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ Μ.Υ.Η.Ε. ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

5.1 Αναγκαιότητα Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.....	110
5.2 Οπτική όχληση – αισθητική ένταξη.....	112
5.3 Φυσικό περιβάλλον, χλωρίδα- πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα).....	113
5.4 Έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια νερά.....	114
5.5 Ανάλυση Κύκλου Ζωής – Σύγκριση Μ.Υ.Η.Ε. με Θερμοηλεκτρικό Σταθμό.....	116
5.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από την υδροληψία και συναφή έργα.....	120
5.7 Οικολογική παροχή.....	121

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ο ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΡΑΧΘΟΣ

6.1 Γενικά.....	123
6.2 Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπογείου υδατικού δυναμικού της Ηπείρου.....	125
6.2.1 Γεωλογία και Υδρογεωλογία.....	125
6.2.2 Υδρολογικές λεκάνες και υδρολογικά ισοζύγια.....	128
6.2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	131
6.3 Υπάρχοντα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα σε χείμαρρους του Αράχθου.....	132

6.3.1 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Κρυσπηγής.....	133
6.3.2 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Αγίας Αικατερίνης ή Σμίξης.....	135
6.3.3 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Σγάρας.....	139
6.3.4 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Φραστών.....	145

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΝΕΟΥ Μ.Υ.Η.Ε. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΡΑΧΘΟΥ (CASE STUDY)

7.1 Προτεινομένη θέση εγκατάστασης νέου Μικρού Υδροηλεκτρικού Εργοστασίου.....	148
7.2 Υπολογισμός Καμπύλης Διάρκειας των Παροχών.....	148
7.3 Υπολογισμός Βέλτιστης Ισχύος.....	150
7.4 Επιλογή Βέλτιστης Διαμέτρου Αγωγού	152
7.5 Υπολογισμός Ισχύος Υδροστροβίλων.....	158
7.6 Μελέτη Βιωσιμότητας της Επένδυσης.....	160
7.7 Συμπεράσματα.....	160
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	162
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	166

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Ροή γεωθερμικής ενέργειας.....	23
Εικόνα 1.2: Χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας.....	24
Εικόνα 1.3: Ανεμογεννήτριες οριζοντίου και καθέτου άξονα.....	26
Εικόνα 1.4: Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας.....	29
Εικόνα 1.5: Βασικά στοιχεία μιας μονάδας παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	32
Εικόνα 2.1: Κατανομή Μ.Υ.Η.Ε. ανά στάδιο υλοποίησης και μέση βροχόπτωση στην ελληνική επικράτεια.....	46
Εικόνα 2.2: Υδροστρόβιλος Francis.....	57
Εικόνα 2.3: Υδροστρόβιλος Pelton.....	57
Εικόνα 2.4: Υδροστρόβιλος Kaplan.....	57
Εικόνα 2.5: Κύριοι τύποι υδροστροβίλων αντίδρασης.....	60
Εικόνα 2.6: Υδροστρόβιλος τύπου Francis.....	61
Εικόνα 2.7: Υδροστρόβιλος τύπου Kaplan.....	61
Εικόνα 2.8: Τομή περωτής υδροστροβίλου αντίδρασης.....	61
Εικόνα 2.9: Σχηματικές μορφές περωτών υδροστροβίλου α) Francis και β) Αξονικής ροής.....	62
Εικόνα 2.10: Υδροστρόβιλος τύπου Francis.....	64
Εικόνα 2.11: Διαμόρφωση υδροστροβίλων τύπου Francis.....	65
Εικόνα 2.12: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες υδροστροβίλου τύπου Francis.....	66
Εικόνα 2.13: Υδροστρόβιλος τύπου Kaplan.....	67
Εικόνα 2.14: Τομές υδροστροβίλων τύπου Kaplan.....	69
Εικόνα 2.15: Διαμόρφωση υδροστροβίλων τύπου Kaplan.....	69
Εικόνα 2.16: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες υδροστροβίλου τύπου Kaplan.....	70
Εικόνα 2.17: Υδροστρόβιλοι τύπου Pelton.....	72
Εικόνα 2.18: Πτερωτή υδροστροβίλου Pelton.....	72
Εικόνα 2.19: Τομή υδροστροβίλου Pelton.....	72
Εικόνα 2.20: Διάταξη υδροστροβίλου Pelton οριζόντιου άξονα με δύο δέσμες.....	73
Εικόνα 2.21: Διάταξη υδροστροβίλου Pelton κατακόρυφου άξονα με περισσότερες δέσμες.....	73
Εικόνα 2.22: Τομή ακροφυσίου Pelton.....	74

Εικόνα 2.23: Διαμόρφωση σκαφιδίων πτερωτής Pelton.....	75
Εικόνα 2.24: Υδροστρόβιλος Turgo (1).....	76
Εικόνα 2.25: Υδροστρόβιλος Turgo (2).....	77
Εικόνα 2.26: Υδροστρόβιλος Banki ή Cross-Flow.....	78
Εικόνα 4.1: Υδροληψία Υ.Η.Ε. Τσιβλού, ισχύος 2,7 MW.....	107
Εικόνα 4.2: Εσωτερικό Μηχανοστασίου Μ.Υ.Η.Ε.....	107
Εικόνα 6.1: Το ποτάμι στη θέση του γεφυριού της Πολιτσάς.....	124
Εικόνα 6.2: Φαράγγι Αράχθου.....	124
Εικόνα 6.3: Το γεφύρι της Πλάκας.....	124
Εικόνα 6.4: Εκβολές Αράχθου.....	124

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Σχηματική παράσταση εγκατάστασης εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας.....	27
Σχήμα 2.1: Διάγραμμα μετατροπής ενέργειας των Μ.Υ.Η.Ε. (Πηγή: Ramos & Betamio, 1999).....	52
Σχήμα 2.2: Τυπικό σκαρίφημα γενικής διάταξης των έργων που συνθέτουν ένα Μ.Υ.Η.Ε. (Πηγή: Andaroodi, 2005).....	53
Σχήμα 2.3: Τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου (αριστερά) και τύπου σίφωνα (δεξιά) (Πηγή: ESHA, 1998).....	54
Σχήμα 3.1: Τυπική πορεία αδειοδότησης ενός Μ.Υ.Η.Ε.....	97
Σχήμα 5.1: Διατάξεις Μ.Υ.Η. μικρού ύψους πτώσης.....	112
Σχήμα 5.2: Στάδια Κύκλου Ζωής ενός Λιγνιτικού Σταθμού.....	116
Σχήμα 5.3: Στάδια Κύκλου Ζωής ενός Μ.Υ.Η.Ε.....	117

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1: Ποσοστιαία μεταβολή συνολικής κατανάλωσης Η/Ε με βάση το έτος 1993 (Πηγή: Eurostat).....	41
Διάγραμμα 2.2: Ποσοστιαία κατανάλωση Η/Ε για οικιακή χρήση επί της συνολικής κατανάλωσης Η/Ε (Πηγή: Eurostat).....	42

Διάγραμμα 2.3: Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης Η/Ε κατά περιφέρεια για το έτος 2004 (Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας).....	42
Διάγραμμα 2.4: Ποσοστιαία κάλυψη αναγκών Η/Ε ανά τεχνολογία στην Ελλάδα για το έτος 2005 (Πηγή: ΥΠΙΑΝ).....	43
Διάγραμμα 2.5: Ποσοστά συμμετοχής κάθε τεχνολογίας στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ μονάδων Α.Π.Ε. το 2005 (Προέλευση: ΥΠΙΑΝ).....	44
Διάγραμμα 2.6: Συνολική ισχύς ανά περιφέρεια και στάδιο υλοποίησης (Αύγουστος 2006).....	47
Διάγραμμα 2.7: Μέση ισχύς Μ.Υ.Η.Ε. ανά περιφέρεια και στάδιο υλοποίησης.....	48
Διάγραμμα 2.8: Κατανομή έργων ανά τάξη ισχύος και στάδιο υλοποίησης.....	49
Διάγραμμα 2.9: Μέση ισχύς Μ.Υ.Η.Ε. που εντάσσονται στο ενεργειακό σύστημα ανά έτος.....	49
Διάγραμμα 2.10: Νομογράφημα Ροής – Καθαρού πιεζομετρικού φορτίου (Πηγή: www.turbogen-engineering.com).....	80
Διάγραμμα 2.11: Νομογράφημα Ροής – Πιεζομετρικού φορτίου (Πηγή: www.wikipedia.com).....	81
Διάγραμμα 2.12: Νομογράφημα Ροής – Πιεζομετρικού Φορτίου (Πηγή: www.energotech.com).....	81
Διάγραμμα 2.13: Νομογράφημα Ροής – Καθαρού πιεζομετρικού φορτίου (Πηγή: www.Energy.Saving.nu.com).....	82
Διάγραμμα 2.14: Νομογράφημα Πιεζομετρικού φορτίου – Παροχής (Πηγή: www.hydrosolarenergy.gr).....	83
Διάγραμμα 7.1: Καμπύλη διάρκειας παροχών για τα έτη 1989-1990-1991-1992.....	150
Διάγραμμα 7.2: Υπολογισμός εμβαδού της καμπύλης διάρκειας παροχών.....	151
Διάγραμμα 7.3: Επιλογή βέλτιστης διαμέτρου.....	158

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα σε λειτουργία (Πηγή: ΥΠΙΑΝ, 2005).....	45
Πίνακας 2.2: Τύπος υδροστροβίλου ανάλογα με το πιεζομετρικό φορτίο (Πηγή: www.wikipedia.com).....	79
Πίνακας 3.1: Βασικά νομοθετήματα – οδηγίες της Ε.Ε. για Α.Π.Ε.-Μ.Υ.Η.Ε.....	85
Πίνακας 3.2: Ελληνική Νομοθεσία γενικά για τις Α.Π.Ε.....	89

Πίνακας 3.3: Ελληνική Νομοθεσία ειδικά για τα Μ.Υ.Η.Ε.....	90
Πίνακας 3.4: Επιμέρους εγκρίσεις – γνωμοδοτήσεις για την έκδοση άδειας εγκατάστασης (σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 104247/2006).....	100
Πίνακας 5.1: Περιβαλλοντικά θέματα Μ.Υ.Η.Ε. και προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης.....	115
Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά Κύκλου Ζωής ενός Λιγνιτικού Σταθμού στην Πτολεμαΐδα.....	117
Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά Κύκλου Ζωής ενός Υ.Η.Ε. της Δ.Ε.Η. στη Δράμα.....	118
Πίνακας 5.4: Ρύποι από την παραγωγή 1KWh σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (Πηγή: Οδηγός Ενεργειακών Επενδύσεων, Υπουργείο Ανάπτυξης 2005).....	119
Πίνακας 5.5: Σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη, βιομάζα, Μ.Υ.Η.Ε. και αιολικά πάρκα.....	119
Πίνακας 6.1: Υδρολογικά ισοζύγια λεκανών υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου.....	129
Πίνακας 6.2: Ετήσια αποθέματα κατά υδροφόρο σχηματισμό.....	129
Πίνακας 7.1: Μέσες μηνιαίες τιμές παροχών.....	149
Πίνακας 7.2: Κόστος απωλειών ενέργειας για παροχή $Q=59,60 \text{ m}^3/\text{sec}$	154
Πίνακας 7.3: Κόστος απωλειών ενέργειας για παροχή $Q=38,44 \text{ m}^3/\text{sec}$	154
Πίνακας 7.4: Κόστος απωλειών ενέργειας για παροχή $Q=17,56 \text{ m}^3/\text{sec}$	155
Πίνακας 7.5: Κόστος απωλειών ενέργειας για παροχή $Q=7,56 \text{ m}^3/\text{sec}$	155
Πίνακας 7.6: Κόστος συνολικών ετήσιων απωλειών ενέργειας.....	156
Πίνακας 7.7: Κόστος αγωγού.....	157
Πίνακας 7.8: Ενδεικτικές τιμές κόστους εγκατάστασης υδροστροβίλων.....	159
Πίνακας Π-1: Μέσες ημερήσιες παροχές ποταμού Αράχθου στη θέση Άγιος Νικόλαος σε (m^3/s) για το υδρολογικό έτος 1989-1990.....	162
Πίνακας Π-2: Μέσες ημερήσιες παροχές ποταμού Αράχθου στη θέση Άγιος Νικόλαος σε (m^3/s) για το υδρολογικό έτος 1990-1991.....	163
Πίνακας Π-3: Μέσες ημερήσιες παροχές ποταμού Αράχθου στη θέση Άγιος Νικόλαος σε (m^3/s) για το υδρολογικό έτος 1991-1992.....	164

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 6.1: Ενδεικτικός Χάρτης Υδρολογικών Ισοζυγίων Λεκανών Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου.....	130
---	-----

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι ευρέως γνωστό ότι οι συμβατικές πηγές ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, πυρηνική ενέργεια και φυσικό αέριο) επιφέρουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, αφού εκλύουν σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επειδή τα αποθέματα του πετρελαίου συνεχώς μειώνονται, θα πρέπει η παραγωγή ενέργειας να γίνεται από ανανεώσιμες πηγές (Α.Π.Ε.) και από υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η περιγραφή της λειτουργίας και του μηχανολογικού εξοπλισμού των Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Μ.Υ.Η.Ε.) που βρίσκονται σε ορεινές περιοχές, καθώς και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Στο Κεφάλαιο 2 αναπτύσσεται η αρχή λειτουργίας των Μ.Υ.Η.Ε. και γίνεται περιγραφή των τεχνικών έργων υδροληψίας, του συστήματος προσαγωγής, των υδροστροβίλων και του υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής. Στην παρούσα εργασία γίνεται καταγραφή της νομοθεσίας που διέπει την αδειοδότηση και την εγκατάσταση των Α.Π.Ε. και των Μ.Υ.Η.Ε.. Στα επόμενα Κεφάλαια αναλύονται τα στάδια κατασκευής ενός μικρού υδροηλεκτρικού εργοστασίου και ερευνώνται οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την λειτουργία του. Προκειμένου να ποσοτικοποιηθούν οι περιβαλλοντικές συνέπειες ενός Μ.Υ.Η.Ε. πραγματοποιήθηκε Ανάλυση του Κύκλου Ζωής του και έπειτα συγκρίθηκε με την αντίστοιχη ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού.

Επιπλέον έγινε μια καταγραφή των υφιστάμενων Μ.Υ.Η.Ε. που υπάρχουν σε χείμαρρους του ποταμού Αράχθου και μια αξιολόγηση του υδατικού δυναμικού του Αράχθου. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ένας ενδεικτικός σχεδιασμός (case study) νέου Μ.Υ.Η.Ε. στον χείμαρρο Αγναντίτη του Αράχθου, χρησιμοποιώντας υδρομετρικά στοιχεία παροχής για τα έτη 1989-1990, 1990-1991 και 1991-1992. Η βέλτιστη θέση εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού σταθμού έγινε με βάση τον χάρτη με τις ισοϋψείς και επιλέχθηκε εκείνη όπου το νερό εμφανίζει μεγάλο ύψος πτώσης.

Λέξεις-Κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, υδροστροβίλος, Ανάλυση Κύκλου Ζωής

ABSTRACT

It is widely known that the conventional sources of energy (carbon, petrol, nuclear energy and natural gas) induce harmful consequences to the environment, since they emit significant amounts of carbon dioxide (CO₂) and they intensify the greenhouse effect. Since petrol supplies are continually becoming less, the energy should be produced by renewable sources and hydroelectric stations.

The aim of the present postgraduate dissertation is to describe the operation and the mechanical equipment of Small Hydroelectric Works (Small Hydro) that are situated in mountain areas, as well as their consequences to the environment.

In Chapter 2 is being presented the principal of the operation of a small hydro and are being described the presentation system, the hydraulic turbines and the hydroelectric power station. In the present dissertation is being recorded the legislation, which rules the permission and the installation of the renewable sources of energy and the Small Hydroelectric Works. In the next Chapters the construction stages of a small hydroelectric power station are being analyzed and the possible environmental consequences of its operation are being investigated. In order to quantify the environmental consequences of a small hydroelectric power station was carried out Life Circle Analysis and then it was compared to that of a thermoelectric power station.

Furthermore the small hydroelectric power works that exist in the streams of Arachthos river are being recorded and is assessed the water potential of Arachthos. Finally, an indicatory planning (case study) of a new small hydroelectric power station in Agnantitis stream of Arachthos is carried out, by using the hydrometric flow data from the years 1989-1990, 1990-1991 and 1991-1992. The optimum installation place of the hydroelectric power station was picked according to the contour line map and the location where the water falls from large height.

Keywords: Renewable sources of energy, Small Hydroelectric Works (Small Hydro), hydraulic turbine, Life Circle Analysis.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υδραυλική ενέργεια, η ενέργεια του νερού, είναι μια ανανεώσιμη, και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Πολυάριθμοι υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, υδροτριβεία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών, με απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού των εκατοντάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδας με την κατασκευή αποκεντρωμένων και αναπτυξιακών Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Μ.Υ.Η.Ε.) οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και στην κάλυψη άλλων τοπικών αναγκών.

Τα Μ.Υ.Η.Ε. για την εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού χρησιμοποιούν υδροστρόβιλους. Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90%, και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των υδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα και την τεχνολογική ωριμότητα των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών.

Τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης-απόζευξης στο δίκτυο, η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας αρίστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, το χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, η ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις κ.ά.

Τέλος, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον και το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Συμβατικές πηγές ενέργειας

Οι συμβατικές πηγές ενέργειας είναι:

1. Ο άνθρακας
2. Το πετρέλαιο
3. Η πυρηνική ενέργεια
4. Το φυσικό αέριο

Άνθρακας: Ο άνθρακας βρίσκεται στο υπέδαφος και σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια πολλών εκατομμυρίων ετών, από φυτικές ουσίες (δέντρα, φυτά, θάμνους, φύκια) που θάφτηκαν μετά από φυσικές καταστροφές (επιχωματώσεις, καθιζήσεις, σεισμούς, κατακρημνίσεις). Η ηλιακή ενέργεια που έχει δεσμευτεί σ' αυτές τις ουσίες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους, αποδίδεται από τον άνθρακα κατά την καύση του με τη μορφή θερμότητας. Έχει τη μορφή μαύρης ή καφέ πέτρας και η συλλογή του γίνεται στα ανθρακωρυχεία, τα οποία ευθύνονται για σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθώς τοξικές χημικές ουσίες ελευθερώνονται στο γύρω περιβάλλον και διηθούνται σε κοντινές πηγές. Κατά την καύση του άνθρακα, εκτός από τη θερμότητα, παράγεται τέφρα, αιθάλη, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα οξείδια. Το 65% των εκπομπών διοξειδίων του θείου, το 33% των εκπομπών διοξειδίων του άνθρακα, και το

25% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου στις Ηνωμένες Πολιτείες παράγονται από την καύση του άνθρακα. Οι ποσότητες αυτές συνεισφέρουν σημαντικά στην αύξηση της θερμοκρασίας της γης, στην όξινη βροχή, καθώς επίσης και στη δημιουργία πολλών ασθενειών.

Πετρέλαιο: Το πετρέλαιο βρίσκεται στο υπέδαφος σε υγρή μορφή, μέσα σε κοιλότητες. Σχηματίστηκε εκεί από ζωικούς και φυτικούς μικροοργανισμούς, κυρίως θαλασσόβιους, οι οποίοι συγκεντρώθηκαν από τα θαλάσσια ρεύματα στο βάθος λεκανών, όπου και καταπλακώθηκαν λόγω επιχωματώσεων ή άλλων διαδικασιών. Εκεί, χωρίς την παρουσία αέρα, μετατράπηκαν σε πετρέλαιο κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών. Η ενέργεια του πετρελαίου προέρχεται από την ενέργεια που είχαν συγκεντρώσει από τον ήλιο και την τροφή τους οι μικροοργανισμοί που το δημιούργησαν. Σήμερα αντλούμε το πετρέλαιο από τα υπόγεια κοιτάσματά του, ακόμα και αν αυτά βρίσκονται κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας. Το πετρέλαιο, όπως και ο άνθρακας, όταν καίγεται εκλύει μεγάλα ποσά θερμότητας. Βέβαια, το πετρέλαιο σπάνια χρησιμοποιείται όπως αντλείται. Στην πρωτογενή μορφή του (ακάθαρτο ή αργό πετρέλαιο) καίγεται δύσκολα. Σε πολύπλοκες εγκαταστάσεις, τα διυλιστήρια, το πετρέλαιο καθαρίζεται αρχικά με το διαχωρισμό μερικών συστατικών του, όπως είναι η πίσσα. Στη συνέχεια, μετά από διαδοχικές αποστάξεις, προκύπτει το γνωστό μας καθαρό πετρέλαιο, η βενζίνη και άλλα προϊόντα τα πετροχημικά, όπως πλαστικά, πρώτες ύλες για την παρασκευή φαρμάκων, συνθετικού ελαστικού κλπ, τα παράγωγά του, όπως λέγονται. Εκτός όμως από τη θερμότητα που εκλύεται, κατά την καύση του πετρελαίου εκπέμπεται αιθάλη, παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και άλλα οξείδια. Ο λεγόμενος «μαύρος χρυσός» χρησιμοποιείται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο κυρίως για την κίνηση οχημάτων αλλά και για θέρμανση. Η επερχόμενη εξάντληση των αποθεμάτων του καθιστά ολοένα και πιο σημαντική την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος παγκοσμίως.

Πυρηνική Ενέργεια: Είναι η ενέργεια που εκλύεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις. Στην πράξη ο όρος πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την ενέργεια που απελευθερώνεται σε τεράστιες ποσότητες κατά την πυρηνική σχάση, δηλαδή τη διάσπαση ατομικών πυρήνων προς ελαφρότερους, και κατά την πυρηνική σύντηξη, δηλαδή την ένωση πυρήνων για το σχηματισμό βαρύτερων. Μη ελεγχόμενες πυρηνικές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα κατά την έκρηξη της ατομικής βόμβας ή της βόμβας υδρογόνου. Ελεγχόμενες πυρηνικές αντιδράσεις χρησιμοποιούνται ως πρωτογενής ενεργειακή πηγή για την παραγωγή

ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω ειδικών κινητήρων. Έως το 1995 οι εφαρμογές των κινητήρων που χρησιμοποιούν πυρηνικά καύσιμα περιορίζονταν στη ναυσιπλοΐα (πολεμικά πλοία, υποβρύχια, παγοθραυστικά, εμπορικά πλοία σε μικρή όμως κλίμακα), ενώ διεξάγονταν προσπάθειες και για την κατασκευή πυρηνικών πυραυλοκινητήρων.

Ωστόσο, πολύ σπουδαιότερη για την παγκόσμια οικονομία είναι η χρήση της πυρηνικής ενέργειας ως πρωτογενούς ενεργειακής πηγής με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων που ονομάζονται πυρηνικοί αντιδραστήρες. Σύμφωνα με στοιχεία της Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας, το 1995 λειτουργούσαν σε 34 χώρες 431 συγκροτήματα πυρηνικών αντιδραστήρων με μεικτή απόδοση 360,263 χιλ. μεγαβάτ (MW), ενώ βρίσκονταν στο στάδιο της οικοδόμησης άλλα 60 συγκροτήματα σε 18 χώρες. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των εγκαταστάσεων αυτών σε παγκόσμιο επίπεδο ανερχόταν το 1994 σε 2.209 γιγαβατώρες (GWh), χωρίς την Κίνα για την οποία δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία, και αντιπροσώπευε το 18% της παγκόσμιας παραγωγής. Οι περισσότεροι πυρηνικοί αντιδραστήρες (109), με συνολική ισχύ 104,89 γιγαβάτ (GW), βρίσκονται στις ΗΠΑ και ακολουθούν η Γαλλία (56 αντιδραστήρες μεικτής ισχύος 61,044 GW).

Παρά τους εντυπωσιακούς αριθμούς που εμφανίζονται στις στατιστικές, η χρήση της πυρηνικής ενέργειας παραμένει αμφισβητούμενη τόσο από πολιτική όσο και από επιστημονική-τεχνολογική σκοπιά. Τα κύρια επιχειρήματα των αντιπάλων της είναι οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον στην περίπτωση πυρηνικών ατυχημάτων, όπως π.χ. αυτό του Τσερνομπίλ το 1986, και τα προβλήματα που συνδέονται με την αποκομιδή και την αποθήκευση των ραδιενεργών αποβλήτων. Οι υποστηρικτές της αντιτείνουν εκτός από το χαμηλότερο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού την απουσία ατμοσφαιρικών ρύπων, οι οποίοι συνοδεύουν τους κλασσικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν ως πρωτογενή ενεργειακή πηγή το πετρέλαιο, τον άνθρακα και το φυσικό αέριο.

Φυσικό αέριο: Πρόκειται για μια φτηνή και φιλική προς το περιβάλλον λύση, αλλά όχι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Είναι ένα αέριο συμβατικό καύσιμο, το οποίο σε μια βιομηχανία μπορεί να υποκαταστήσει τα υγρά συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο ντήζελ, μαζούτ) που καταναλώνονται για την παραγωγή θερμικής ενέργειας σε λέβητες, φούρνους, κλίβανους κλπ. Παρόλο που υπάρχουν πολλά αποθέματα φυσικού αερίου για δεκαετίες, δεν παύουν να είναι περιορισμένα, οπότε η τιμή τους πρόκειται να ανέβει, δεδομένης μάλιστα της σπανιότητάς τους.

Το φυσικό αέριο, ως καύσιμο, έχει δύο ιδιαίτερα σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το πετρέλαιο ντήζελ και το μαζούτ. Αφενός παρουσιάζει αυξημένο βαθμό απόδοσης κατά την καύση του (σε καλοσυντηρημένες εγκαταστάσεις μπορεί να φθάσει και 94%) και συνεπώς επιτυγχάνεται ανάλογη εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή της θερμικής ενέργειας, και αφετέρου οι εκπομπές των αερίων ρύπων που προκύπτουν κατά την καύση του είναι σημαντικά χαμηλότερες από αυτές που προκύπτουν κατά την καύση του πετρελαίου ντήζελ και του μαζούτ.

Σε ότι αφορά τα οικονομικά στοιχεία, το φυσικό αέριο είναι κατά 20% φθηνότερο από το πετρέλαιο θέρμανσης. Συγκεκριμένα για την Αττική, το τιμολόγιο της Εταιρείας Παροχής Αερίου Αττικής Α.Ε. διαμορφώνεται μία φορά κάθε δίμηνο και πάντα σε συνάρτηση με την τιμή του πετρελαίου θέρμανσης. Ο καθορισμός της τιμής γίνεται ως εξής: ως βάση λαμβάνεται η μέση τιμή του πετρελαίου θέρμανσης, σύμφωνα με την ελευθέρα διαμορφούμενη τιμή διυλιστηρίου, από τις γνωστοποιήσεις του Υπουργείου Ανάπτυξης. Στην παραπάνω τιμή προστίθενται το περιθώριο κέρδους των διανομέων, οι νόμιμοι φόροι και ο Φ.Π.Α., ενώ λαμβάνονται υπόψη και οι βαθμοί απόδοσης καύσης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Η τελική τιμή χρέωσης του φυσικού αερίου διαμορφώνεται πάντοτε έτσι ώστε να είναι κατά 20% χαμηλότερη από την με τον παραπάνω τρόπο υπολογισθείσα τελική τιμή του πετρελαίου.

Τέλος, σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου, σε σχέση με το πετρέλαιο ντήζελ και το μαζούτ, είναι το γεγονός ότι η προμήθειά του και η διανομή του εντός της επιχείρησης ως τα σημεία κατανάλωσης απαιτεί λιγότερη φροντίδα και λιγότερο χρόνο από το προσωπικό της επιχείρησης, δηλαδή τεχνικά λιγότερο κόστος (δεν απαιτούνται διαδικασίες παραγγελίας και παραλαβής, δεν απαιτούνται δεξαμενές αποθήκευσης, δεν απαιτείται προθέρμανσή του, όπως συχνά συμβαίνει με το μαζούτ κλπ).

Οι κυριότερες πηγές για την παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα είναι το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Δυστυχώς αυτές οι δύο πηγές ενέργειας δεν θεωρούνται φιλικές προς το περιβάλλον καθώς προκαλούν ανυπολόγιστη βλάβη σ' αυτό. Η ανοχή που επέδειξαν οι άνθρωποι οφείλεται στο ότι η εμφάνιση των επιπτώσεων από την χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας δεν είναι άμεση.

Τα δύο κυριότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από την παραγωγή και χρήση ενέργειας είναι:

1. Η ατμοσφαιρική ρύπανση

2. Η κλιματική αλλαγή

Τόσο η ατμοσφαιρική ρύπανση όσο και οι κλιματικές αλλαγές του πλανήτη οφείλονται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με τον όρο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» ονομάζεται η απορρόφηση από την ατμόσφαιρα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας να αυξάνεται. Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας περνά αναλλοίωτο στην ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους και ακτινοβολείται σαν μεγάλου μήκους υπέρυθρη ακτινοβολία. Επίσης ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τη θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους. Το φαινόμενο αυτό, που επιτρέπει τη διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, μοιάζει με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου και ο Γάλλος μαθηματικός Fourier το ονόμασε το 1822 «Φαινόμενο Θερμοκηπίου». Αποτελεί μια φυσική διεργασία που εξασφαλίζει στη Γη μια θερμοκρασία επιφανείας εδάφους γύρω στους 15°C, ενώ χωρίς αυτό η θερμοκρασία θα ήταν -18 °C.

1.1.1 Δυσμενείς επιπτώσεις των συμβατικών πηγών ενέργειας

Η παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων έχει, ως αποτέλεσμα, την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, ένα από τα κυριότερα αέρια που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το αποτέλεσμα της αυξανόμενης συγκέντρωσης των αερίων αυτών στην ατμόσφαιρα σημαίνει μεγαλύτερη συγκράτηση θερμότητας στον πλανήτη, οδηγώντας σε μια σταδιακή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης.

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία 40 χρόνια. Τα τελευταία 40 χρόνια από 316 μέρη στο εκατομμύριο το διοξείδιο του άνθρακα έφτασε στα 367, μια αύξηση της τάξης του 17%. Κατά μέσο όρο το μέσο άτομο στον κόσμο εκπέμπει 4 τόνους διοξειδίου του άνθρακα το χρόνο.

Οι επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας θα έχουν πραγματικά καταστροφικές συνέπειες. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες, τυφώνες, καύσωνες και παγετώνες θα αυξηθούν μέσα στα επόμενα χρόνια. Χώρες οι οποίες βρίσκονται πολύ χαμηλά στην στάθμη της θάλασσας, κινδυνεύουν να χάσουν ένα σημαντικό μέρος της έκτασής τους κάτω από τα νερά της θάλασσας.

Μακροπρόθεσμα, αν δεν ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπιση του φαινομένου, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να φθάσει τους 4-5,1 °C στα επόμενα 100 χρόνια. Αυτή η αλλαγή θα έχει ως αποτέλεσμα τα οικοσυστήματα και οι ζωντανοί οργανισμοί να μη

μπορέσουν να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες και να αντιμετωπίσουν μεγάλους κινδύνους, ενώ ορισμένα μπορεί να εξαφανιστούν.

1.1.2 Αποθέματα πετρελαίου

Η όλο αυξανόμενη χρήση του πετρελαίου για την κάλυψη των διογκούμενων αναγκών του πλανήτη έχει δημιουργήσει ανησυχία για το χρονικό διάστημα για το οποίο η Γη θα μπορεί να μας προμηθεύει με το πολύτιμο αυτό καύσιμο. Οι προβλέψεις διαφέρουν και δεν υπάρχει μια κοινά αποδεκτή απάντηση. Το χρονικό φάσμα για το πότε θα φθάσει στο ζενίθ της η παραγωγή αργού πετρελαίου κυμαίνεται από 5 έως 30 χρόνια.

Η κατανάλωση πετρελαίου συνεχίζει να αυξάνεται, με πρωτοπόρο τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, όπου η κατανάλωση προβλέπεται να αυξηθεί κατά 50% τα επόμενα 20 χρόνια. Εν τω μεταξύ οι αναπτυσσόμενες χώρες αυξάνουν τις απαιτήσεις τους για κατανάλωση ορυκτών καυσίμων καθώς αρχίζουν να αναπτύσσονται ακολουθώντας τα δυτικά πρότυπα.

Η εξάρτηση όλων των χωρών από το υγρό αυτό καύσιμο είναι τόσο μεγάλη ώστε οποιαδήποτε μείωση της παραγωγής από τις πετρελαϊκές χώρες έχει δυσμενή αποτελέσματα για την παγκόσμια οικονομία. Καθίσταται λοιπόν επιτακτική ανάγκη η ανεύρεση αξιόπιστης λύσης στο ενεργειακό πρόβλημα κάνοντας χρήση άλλων μορφών ενέργειας φιλικότερων προς το περιβάλλον, οι οποίες θα έχουν «ανεξάντλητα αποθέματα» και οι οποίες θα καταφέρουν να ελαττώσουν την εξάρτηση των χωρών από το πετρέλαιο.

Η Greenpeace σε μια μελέτη της προειδοποιεί ότι η μέγιστη ποσότητα που επιτρέπεται να καεί ακόμα σε ολόκληρο τον πλανήτη, υπό μορφή πετρελαίου, ορυκτού άνθρακα ή φυσικού αερίου, για να αποφύγουμε μια κλιματική καταστροφή, είναι 225 δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα.

1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Με τον όρο «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» (Α.Π.Ε.) ή «Ήπιες μορφές ενέργειας» αναφερόμαστε σε εκείνες τις μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από φυσικές διαδικασίες και φαινόμενα που δεν υπόκεινται σε κάποιο είδος εξάντλησης ή απομείωσης, όπως είναι η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού από ποτάμια και κύματα, τα βιοκαύσιμα και άλλες.

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν είναι προνόμιο της σύγχρονης τεχνολογικής μας εξέλιξης. Από αρχαιοτάτων χρόνων οι άνθρωποι πολιτισμοί έκαναν χρήση π.χ. της αιολικής ενέργειας για τις μετακινήσεις τους ή την άρδευση των καλλιεργειών.

Στην σύγχρονη εποχή των Α.Π.Ε. εισερχόμαστε κατά την δεκαετία του '70, όπου η ενεργειακή κρίση που ξεσπά οδηγεί σε σοκ τις οικονομίες και επιβάλλει την αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας και την απεξάρτηση από το πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια. Στις επόμενες δεκαετίες που ακολούθησαν το ενδιαφέρον τροφοδοτήθηκε από την στροφή στην προστασία του περιβάλλοντος και την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής που υποβαθμιζόταν από την εκτεταμένη χρήση κλασσικών πηγών ενέργειας.

Στο ξεκίνημα οι Α.Π.Ε. ήταν πολυδάπανες, μη οικονομικά αποδοτικές και τεχνικά παρουσίαζαν αδυναμίες γι' αυτό, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως το κόστος των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας μειώνεται διαρκώς και μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται επί ίσοις όροις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

Οι Α.Π.Ε. εξασφαλίζουν παραγωγή ενέργειας χωρίς να επιβαρύνουν το περιβάλλον έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα, ενώ δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ. Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια για τις ανάγκες μιας κοινότητας ιδιαίτερα σε αποκεντρωμένους πληθυσμούς, περιορίζοντας τις απώλειες ενέργειας που συνεπάγεται η μεταφορά της από δίκτυα σε μεγάλες αποστάσεις. Μπορούν να αποτελέσουν μια επιπλέον επιλογή στο μίγμα ενέργειας που καταναλώνει μια κοινωνία και να οδηγήσουν σε ενεργειακή αυτονομία μικτών ή αναπτυσσόμενων χώρων που δεν διαθέτουν επαρκείς πόρους σε ορυκτά καύσιμα, ενώ ο εξοπλισμός και η συντήρησή τους είναι σχετικά απλή και έχουν μεγάλο χρόνο ζωής.

Εντούτοις κανείς δεν θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι δεν υπάρχουν δυσκολίες στην πρακτική εφαρμογή των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πρώτα από όλα έχουν μικρότερο συντελεστή απόδοσης και συνεπώς απαιτείται μεγαλύτερο αρχικό κόστος και μεγάλη επιφάνεια γης, γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνταν σαν συμπληρωματική πηγή ενέργειας και όχι για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων. Επίσης η παροχή και η απόδοση πολλών συστημάτων εξαρτάται από το δυναμικό κάθε περιοχής, ενώ για κάποιες μορφές ανανεώσιμων πηγών υπάρχει η προκατάληψη ότι δεν είναι αισθητικά κομψές και ίσως προκαλούν θόρυβο, βέβαια με την τοποθέτησή τους σε απομακρυσμένα μέρη εξαλείφονται αυτά τα μειονεκτήματα.

Υπάρχουν και άλλοι σημαντικοί παράγοντες που η παραγωγή ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές δεν έχει πετύχει υψηλά ποσοστά διείσδυσης, όπως παραδέχεται στην ανακοίνωσή της η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων για τις ανανεώσιμες πηγές τον 21^ο αιώνα, όπως η συμβολή στην ενίσχυση της αειφορίας. Διαπιστώνει λοιπόν, για την ως τώρα κατάσταση, ότι η πολυπλοκότητα, η καινοτομία και ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας των

περισσότερων εφαρμογών Α.Π.Ε. έχουν αποτέλεσμα πολυάριθμα διοικητικά προβλήματα αναφέροντας εν προκειμένω τις ασαφείς και αποθαρρυντικές διαδικασίες αδειοδότησης για τον προγραμματισμό, την κατασκευή και τα συστήματα λειτουργίας, διαφορές στα πρότυπα και την πιστοποίηση και ασύμβατα μεταξύ τους συστήματα δοκιμαστικών ελέγχων των τεχνολογιών για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Με τα δεδομένα αυτά η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) θέτει ως στόχο την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην συνολική αγορά ενέργειας της Ε.Ε., προτείνει να τεθεί νομικώς δεσμευτικό ποσοστό 20%, ενώ το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αποφάσισε με ψήφισμά του της 14^{ης} Δεκεμβρίου 2006, μέχρι το 2020 την αύξηση του ποσοστού στο 25%. Ταυτόχρονα, αναλύει τις δυνατότητες και τις προοπτικές για να επιτευχθεί ο ανωτέρω στόχος μέσα από την νομοθέτηση δεσμευτικών στόχων και πολιτικών που θα παρέχουν την μακροπρόθεσμη σταθερότητα που χρειάζεται για επενδυτικές αποφάσεις στον κλάδο των Α.Π.Ε..

Η χρήση Α.Π.Ε., όχι μόνο δεν επιφέρει περιβαλλοντικές αλλαγές αλλά η αξιοποίησή τους μπορεί να αποφέρει και οικονομικά οφέλη σε αυτόν που θα δεσμεύσει το ενεργειακό τους δυναμικό. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η αξιόπιστη σύνδεση μεταξύ της υπάρχουσας τεχνολογίας και των Α.Π.Ε., ώστε να αποφέρουν τα μεγαλύτερο δυνατό ενεργειακό κέρδος, όπου αυτό είναι εφικτό.

Μεγάλο πλήθος χωρών έχει ενσωματώσει τις Α.Π.Ε. στη λίστα με τις σημαντικότερες εγχώριες πηγές ενέργειας, ποσά της οποίας είτε δύναται να απορροφηθούν σε τοπικό επίπεδο, είτε να διοχετευτούν στο ευρύτερο εθνικό δίκτυο. Η συνεισφορά τους αλλάζει το μέχρι πρότινος ενεργειακό ισοζύγιο αφού με τη χρήση τους μειώνεται αισθητά η εξάρτηση από το πετρέλαιο, καύσιμο προερχόμενο, ως επί το πλείστον, από χώρες της Σαουδικής Αραβίας και παράλληλα ιδιαίτερος ευαίσθητο σε αυξομειώσεις τιμών. Στη χρήση του πετρελαίου και των υπολοίπων συμβατικών καυσίμων αποδίδεται το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθιστώντας έτσι το ενεργειακό τομέα πρωταρχικό υπεύθυνο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η Ελλάδα ανάμεσα στο σύνολο των χωρών διαθέτει αξιόλογο δυναμικό Α.Π.Ε., οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

Οι κυριότερες μορφές που απαντώνται στον ελλαδικό χώρο είναι οι εξής:

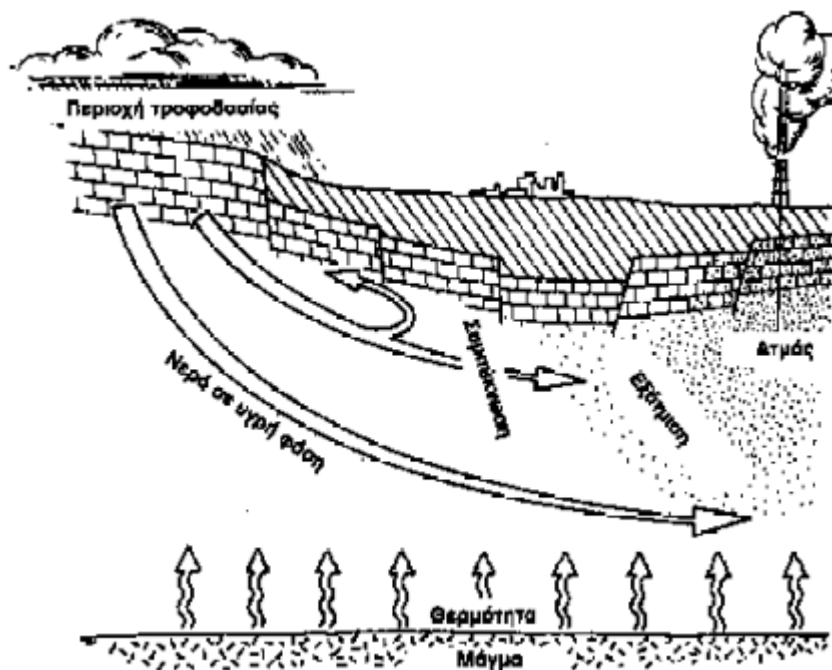
- **Ηλιακή Ενέργεια**

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως. Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται τόσο για την θέρμανση των κτιρίων με άμεσο ή έμμεσο τρόπο και με τη

χρήση ενεργητικών ή και παθητικών συστημάτων, όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους: α) με τη χρησιμοποίηση φωτοβολταϊκών συστημάτων τα οποία μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και β) τα ηλιακά θερμικά συστήματα που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να θερμάνουν ένα υγρό το οποίο παράγει ατμό, ο οποίος τροφοδοτεί μία τουρμπίνα και μία γεννήτρια.

- **Γεωθερμική Ενέργεια**

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμός σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσής του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε, είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρα και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος. Η γεωθερμική ενέργεια μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150 °C μέχρι περισσότερο από 370 °C μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά και διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλακτήρα θερμότητας για να επιστρέψουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλακτήρα χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτιρίων, θερμοκηπίων κ.α.



Εικόνα 1.1: Ροή γεωθερμικής ενέργειας

(Πηγή: www.geocities.com/grphysics/energy/geotherme.html)

Υπάρχουν δύο κύριες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας. Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτιρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκαίζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή από γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3.000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης. Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμικές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης.

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκόσμια, αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στις υδατοκαλλιέργειες, δεδομένου ότι πολλά είδη υδροβίων οργανισμών, όπως χέλια, γαρίδες ή φύκια αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες (25 έως 30 °C). Άλλη μια διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών. Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών (τηλεθέρμανση). Στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, μια άλλη εφαρμογή μπορεί να είναι η θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού, ενώ στις περιπτώσεις γεωθερμικών ρευστών υψηλής θερμοκρασίας (>150 °C) μπορεί να γίνει παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με την εκτόνωση ατμού.

Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων που είναι διάσπαρτα σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, όπως στη Ν. Κεσσάνη Ξάνθης, στη Νιγρίτα Σερρών, στον Λαγκαδά, στη Θεσσαλονίκη, στην Ελαιοχώρα Χαλκιδικής, στη Στύψη και στην Άργεννο Λέσβου, στη Μήλο, στη Σαντορίνη και στη Νίσηρο. Η συστηματική εκμετάλλευσή τους μπορεί να επιφέρει στη χώρα μας σημαντικά οφέλη.



Εικόνα 1.2: Χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας

(Πηγή: www.geocities.com/grphysics/energy/geotherme.html και <http://13tee-thess.thess.sch.gr/SOLAR/geoth.html>)

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας συμβάλλει στην:

1. Εξοικονόμηση συναλλάγματος, με μείωση των εισαγωγών πετρελαίου.
2. Εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη.
3. Καθαρότερη ατμόσφαιρα.

- **Βιομάζα**

Βιομάζα ονομάζονται τα κατάλοιπα διαφόρων διεργασιών που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο τα οποία χρησιμοποιούνται για θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και κίνηση. Τα κατάλοιπα αυτά μπορεί να είναι από αστικά σκουπίδια, από την αγροτική παραγωγή (υπολείμματα ξυλείας, σοδειάς, ζωικά απόβλητα) καθώς επίσης και υποπροϊόντα της βιομηχανίας (από επεξεργασία τροφίμων ή οργανικών υλών). Με κατάλληλη επεξεργασία, η βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο (biofuel). Με την καύση του αερίου αυτού παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, με μεγάλη απόδοση αλλά και μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις παράλληλα. Η τεχνολογία αυτή παρέχει το μέγιστο

δυναμικό για παραγωγή ενέργειας σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Η καύση όμως τελικά δεν μπορεί να την χαρακτηρίσει σαν καθαρή για το περιβάλλον.

- **Αιολική Ενέργεια**

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται



ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 m/sec, σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη Δ.Ε.Η. το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν εγκατασταθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στην Λήμνο, στη Λέσβο, στη Χίο, στη Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30MW. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης δείχνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW. Στην Κρήτη την περίοδο 2000-2002 η αιολική ενέργεια κάλυψε 10% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αξίζει να σημειώσουμε ότι η λειτουργία ενός αιολικού πάρκου, ισχύος 10 MW, προσφέρει ετησίως την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζονται 7.250 νοικοκυριά (με βάση την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2002) και εξοικονομεί περίπου 580 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Μια συνηθισμένη ανεμογεννήτρια των 750 KW παράγει κατά μέσο όρο στην Ελλάδα 2,25 εκατομμύρια κιλοβατώρες το χρόνο.

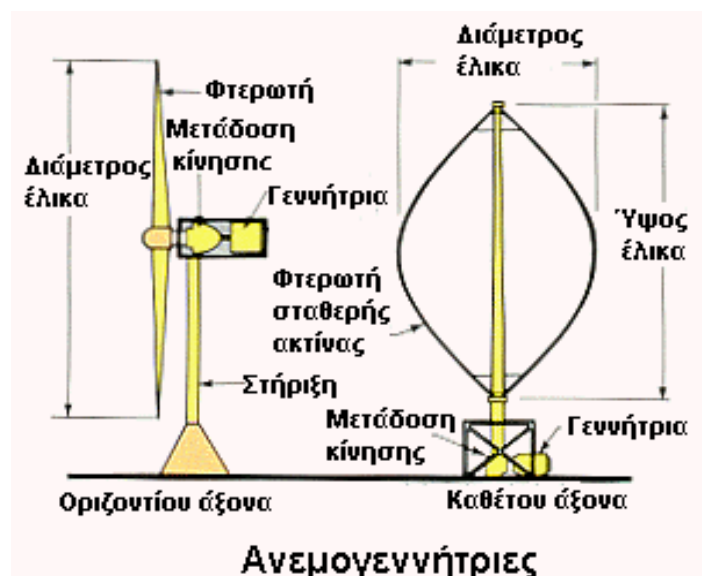
1.2.1 Η λειτουργία των ανεμογεννητριών (Α/Γ)

Οι ανεμογεννήτριες από την εποχή της εμφάνισής τους μέχρι σήμερα έχουν περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο τους (οριζοντίου ή κάθετου άξονα), όσο και ως προς τα υποσυστήματά τους (πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.ά.).

Συνεπώς, οι ανεμογεννήτριες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου σε:

- ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα (Head on), όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο.
- ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα (Cross Wind) στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της Γης αλλά κάθετος στην κατεύθυνση του ανέμου.
- ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα στην επιφάνεια της Γης και στη ροή του ανέμου, που παραμένει σταθερός, όπως Savonius, Darrieus, Giromill κ.ά.

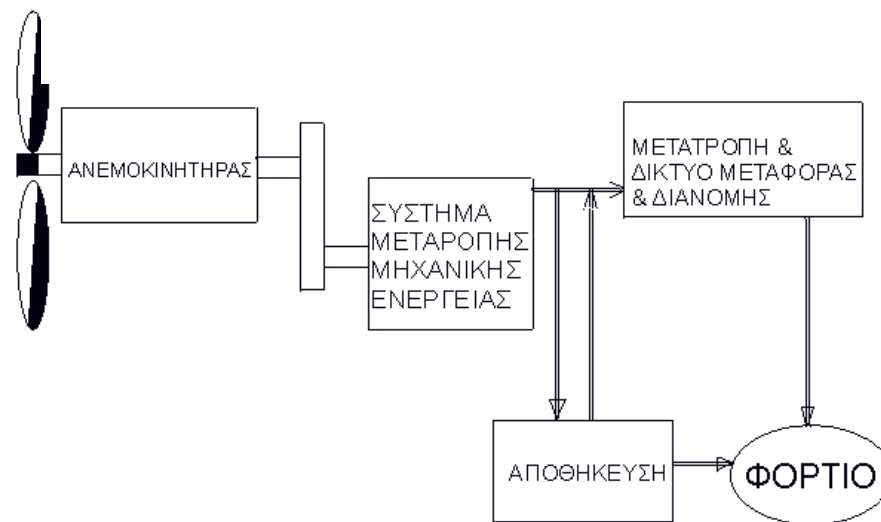
Επίσης έχουν επινοηθεί και άλλοι τύποι ανεμομηχανών όπως αυτοί του ηλιακού φωτός, Venturi, με διαχυτή ή συγκεντρωτή, αεροτομή και Magnus κ.ά.



Εικόνα 1.3: Ανεμογεννήτριες οριζοντίου και κάθετου άξονα

(Πηγή: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/technologie.htm>)

Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από την ανεμογεννήτρια σε άλλη μορφή ενέργειας. Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας καθώς και της ροής ενέργειας παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα.



Σχήμα 1.1: Σχηματική παράσταση εγκατάστασης εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας (Πηγή: www.geocities.com/imarinakis_aeolianenergy/)

Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια αεροδυναμικής διάταξης (π.χ. μιας έλικας). Αυτό το μηχανικό έργο μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμο επί τόπου ή να χρειαστεί να μετατραπεί σε μια άλλη μορφή ενέργειας και να μεταφερθεί στον τόπο της ζήτησης.

Παραδείγματα εκμετάλλευσης της παραγόμενης ενέργειας επί τόπου είναι αυτό της παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση του νερού που μπορεί να αποθηκευτεί, να μεταφερθεί και να καεί ως αέριο καύσιμο με μηδαμινή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Η πιο ευρέως διαδεδομένη μετατροπή της ενέργειας είναι αυτή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια λόγω της εύκολης μεταφοράς αλλά και της δυνατότητας που έχει να μετατρέπεται σε οποιαδήποτε άλλη μορφή θέλουμε.

Βέβαια οι μεγάλες διακυμάνσεις της ενέργειας του ανέμου με το χρόνο πολλές φορές έχουν χρονική ασυμφωνία με την ζήτηση ενέργειας με αποτέλεσμα την αναγκαιότητα της αποθήκευσης της ενέργειας για τις χρονικές στιγμές στις οποίες η ισχύς του ανέμου πέφτει κάτω από ένα όριο.

Η μελέτη ενός συστήματος ανεμογεννήτριας περιλαμβάνει την αεροδυναμική σχεδίαση και τη μελέτη εφαρμογής, στην οποία περιλαμβάνονται η μηχανολογική μελέτη και σχεδίαση, η μελέτη του ηλεκτρολογικού συστήματος και τα ηλεκτρολογικά συστήματα ελέγχου και ασφάλειας. Η αεροδυναμική σχεδίαση αποτελεί προϋπόθεση για τον σχεδιασμό ενός συστήματος δέσμησης και μετατροπής της ενέργειας του ανέμου, ενώ η ηλεκτρομηχανολογική μελέτη είναι το αμέσως επόμενο και αναγκαίο στάδιο για την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος, κατά τον αποδοτικότερο και πλέον συμφέροντα τεχνοοικονομικό τρόπο.

Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής ο οποίος κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αν η ένταση του ανέμου ενισχυθεί πάρα πολύ, η τουρμπίνα έχει ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων για να περιοριστεί η φθορά της και να αποφευχθεί η καταστροφή της.

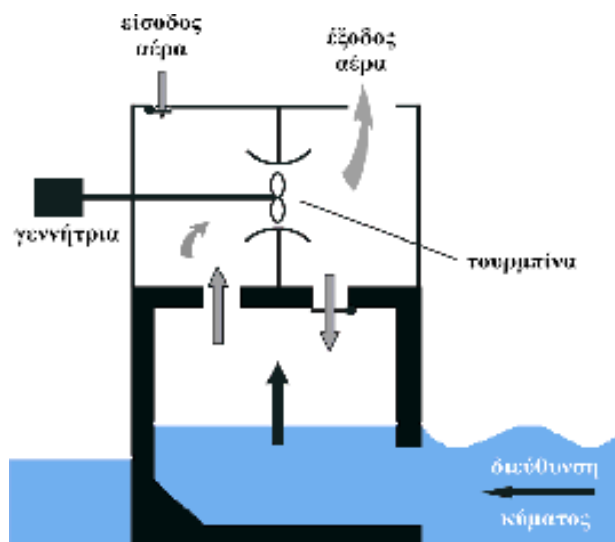
Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να είναι περισσότερο από 15 Kph για να μπορέσει μια κοινή τουρμπίνα να παράγει ηλεκτρισμό. Συνήθως παράγουν 50-300 KW η κάθε μία. Ένα KW ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να ανάψει 100 λάμπες των 100 W.

Καθώς η γεννήτρια περιστρέφεται παράγει ηλεκτρικό ρεύμα τάσης 25.000 Volt. Το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει πρώτα από έναν μετασχηματιστή στην ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ο οποίος ανεβάζει την τάση του στα 400.000 Volt. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διανύει μεγάλες αποστάσεις είναι καλύτερα να έχουμε υψηλή τάση. Τα μεγάλα χοντρά σύρματα της μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή αλουμίνιο για να υπάρχει μικρότερη αντίσταση στη μεταφορά του ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του σύρματος τόσο πιο πολύ θερμαίνεται. Έτσι κάποιο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας χάνεται επειδή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Τα σύρματα μεταφοράς καταλήγουν σε έναν υποσταθμό όπου οι μετασχηματιστές του μετατρέπουν την υψηλή τάση σε χαμηλή για να μπορέσουν να λειτουργήσουν οι ηλεκτρικές συσκευές.

- **Κυματική Ενέργεια**

Είναι η μορφή ενέργειας που προκύπτει από την κινητική ενέργεια των κυμάτων. Το φαινόμενο των ανέμων έχει ως συνέπεια το σχηματισμό κυμάτων τα οποία είναι εκμεταλλεύσιμα σε περιοχές με υψηλό δείκτη ανέμων και σε ακτές ωκεανών. Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.4.

Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιάζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κλπ.



Εικόνα 1.4: Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας (Πηγή: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>)

- **Παλιρροϊκή Ενέργεια**

Στα περισσότερα μέρη του πλανήτη μας τα νερά των θαλασσών κάνουν δύο κινήσεις κάθε ημέρα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται παλίρροια και οι δύο κινήσεις άμπωτη και πλημμυρίδα. Η μορφή αυτή ενέργειας προκύπτει από την βαρυτική έλξη της σελήνης και της γης. Η διαφορά στη στάθμη της θάλασσας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Οι υδατοστρόβιλοι τοποθετούνται σε ένα φράγμα που κατασκευάζεται στις εκβολές ενός ποταμού προς τη θάλασσα. Σε λίγα όμως σημεία της γης η διαφορά της στάθμης είναι τόσο σημαντική, ώστε να είναι αξιοποιήσιμη. Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 m. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο.

- **Υδροηλεκτρική Ενέργεια**

Το νερό κάνοντας τον «κύκλο του» στη φύση έχει δυναμική ενέργεια, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπινών παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η υδροηλεκτρική ενέργεια ταξινομείται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η μικρής κλίμακας υδροηλεκτρική ενέργεια διαφέρει σημαντικά από τη μεγάλης κλίμακας σε ό,τι αφορά τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο άμεσο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων για τη συγκέντρωση νερού περιορίζει τη μετακίνηση ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα. Τα μικρής κλίμακας συστήματα τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια και έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον οικοσύστημα. Υδροηλεκτρικές μονάδες λιγότερες των 30 MW σε μέγεθος χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα στο τούνελ να περιστρέψει τουρμπίνες, δημιουργώντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Διαφορετικά από ότι συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς.

Φυσικά, μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν υδατοταμιευτήρες. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί το 10% των ενεργειακών μας αναγκών.

1.3 Υδροηλεκτρικά έργα

Ένα υδροηλεκτρικό έργο αποτελείται από έργα Πολιτικού Μηχανικού και ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Τα κύρια μέρη των έργων Πολιτικού Μηχανικού ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι:

Το φράγμα σκοπός του οποίου είναι η δημιουργία δεξαμενής, του ταμιευτήρα, στην οποία συγκεντρώνεται ποσότητα νερού (προερχόμενη από την φυσική απορροή του

υδατορεύματος) από την οποία, μέσω του αγωγού προσαγωγής, το νερό προσάγεται στον υδροστρόβιλο. Με τον σχηματισμό ταμιευτήρα μεγάλης χωρητικότητας (συνάρτηση της θέσεως, του ύψους και του ανοίγματος του φράγματος) επιτυγχάνεται ευελιξία στην λειτουργία του έργου, δηλαδή η παραγωγή ενέργειας γίνεται, ως ένα βαθμό, ανεξάρτητη από την φυσική παροχή. Όπως ήδη αναφέρθηκε ο σχηματισμός ταμιευτήρα μεγάλης χωρητικότητας αποτελεί χαρακτηριστικό των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, μέσω των οποίων επιδιώκεται η κάλυψη των αιχμών του δικτύου.

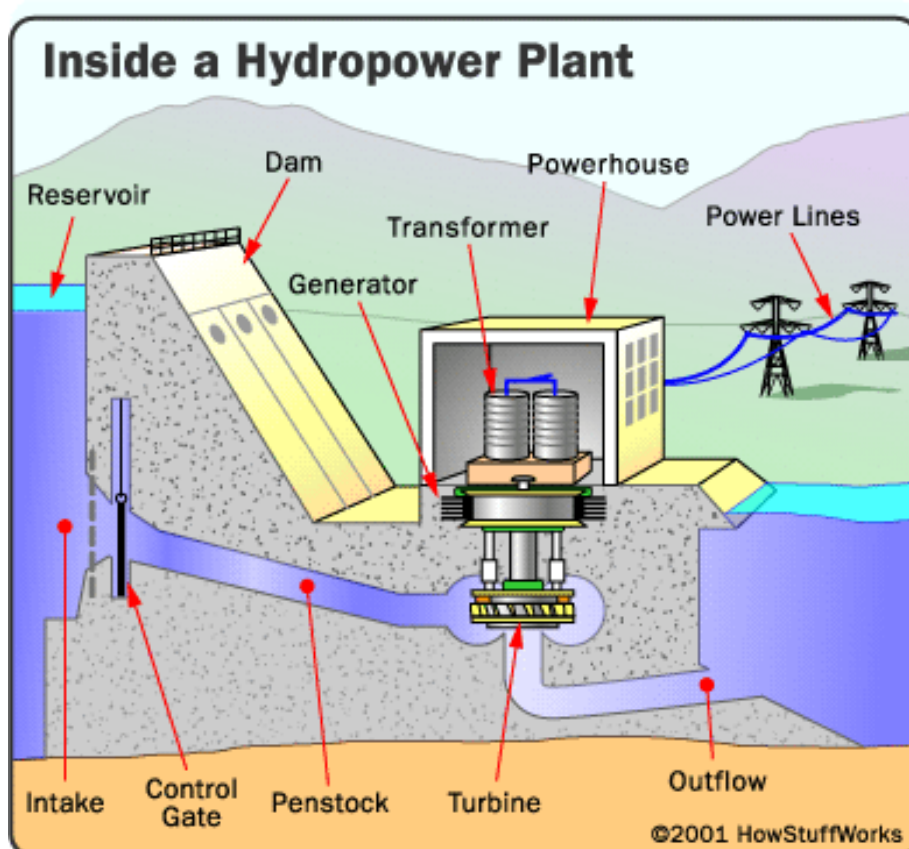
Όμως η κατασκευή μεγάλου φράγματος και ο σχηματισμός μεγάλου ταμιευτήρα επιβαρύνει σημαντικά το κόστος του έργου ενώ, στην περίπτωση ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου, η παραγωγή των μονάδων δεν συμβάλλει ουσιαστικά στην ανακούφιση των αιχμών ενός ισχυρού διασυνδεδεμένου δικτύου. Για τους λόγους αυτούς ο σκοπός του φράγματος στα μικρά υδροηλεκτρικά έργα δεν είναι ο σχηματισμός μεγάλου ταμιευτήρα, αλλά η εξασφάλιση ομαλών συνθηκών στην υδροληψία, στην είσοδο του συστήματος προσαγωγής, ώστε να μην εισέρχονται σε αυτό φερτά του υδατορεύματος ή αέρας.

Το υδραυλικό σύστημα προσαγωγής και απαγωγής της παροχής από την υδροληψία στους υδροστροβίλους και στην συνέχεια στην φυσική κοίτη του υδατορεύματος αποτελείται από ανοικτό αγωγό (διώρυγα ή κανάλι), ή σήραγγα (συναντάται συνήθως μόνο στα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα), την δεξαμενή φόρτισης (στο άκρο της διώρυγας προσαγωγής) και τον αγωγό προσαγωγής, τις βάνες και τα θυροφράγματα και ενδεχόμενα τον πύργο ή τους πύργους ανάπλασης όταν απαιτείται η προστασία των αγωγών προσαγωγής ή και απαγωγής από υπερπιέσεις και υποπιέσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τα μεταβατικά φαινόμενα εκκίνησης ή απόρριψης φορτίου των υδροστροβίλων (υδραυλικό πλήγμα). Ανάλογα με τη διαμόρφωση του έργου το σύστημα προσαγωγής μπορεί να μην περιλαμβάνει σήραγγα ή και διώρυγα προσαγωγής. Η διαστασιολόγηση του συστήματος προσαγωγής και απαγωγής του νερού καθορίζεται με οικονομοτεχνικά κριτήρια. Στην περίπτωση αγωγού προσαγωγής μεγάλου μήκους προκύπτει προτιμότερη η κατασκευή ενός αγωγού προσαγωγής για την τροφοδοσία όλων των υδροστροβίλων του υδροηλεκτρικού σταθμού, ενώ στην αντίθετη περίπτωση κάθε υδροστρόβιλος τροφοδοτείται από ανεξάρτητο αγωγό. Για τις ανάγκες κατασκευής και συντήρησης του έργου προβλέπονται τα θυροφράγματα και οι βάνες διακοπής ανάντη και κατόντη των υδροστροβίλων, οι οποίες κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας είναι πλήρως ανοικτές.

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός αποτελείται από τους υδροστροβίλους, τους ρυθμιστές στροφών, τις ηλεκτρογεννήτριες, τους μετασχηματιστές, τους ηλεκτρικούς

πίνακες, τους ασφαλειοαποζεύκτες και τον βοηθητικό εξοπλισμό, όπως τα ανυψωτικά μηχανήματα (γερανογέφυρες), το σύστημα πεπιεσμένου ελαίου και αέρα, τους αυτοματισμούς κλπ. Κάθε ηλεκτρογεννήτρια είναι κατ' ευθείαν συνδεδεμένη με τον υδροστρόβιλο στην ίδια άτρακτο, εκτός από πολύ μικρές μονάδες στις οποίες παρεμβάλλεται γραναζωτή μετάδοση. Σκοπός των μετασχηματιστών είναι η ανύψωση της τάσεως που παράγουν οι γεννήτριες στην υψηλή τάση του διασυνδεδεμένου δικτύου ώστε η μεταφορά της ενέργειας να γίνεται με τις μικρότερες απώλειες.

Το πλήθος των μονάδων, δηλαδή συγκροτημάτων υδροστροβίλου-ηλεκτρικής ενέργειας-μετασχηματιστή κλπ, εξαρτάται από το προβλεπόμενο πρόγραμμα παραγωγής του έργου, λαμβάνοντας υπόψη την διακύμανση της παροχής, την ανάγκη κάλυψης αιχμών του δικτύου κλπ και φυσικά καθορίζεται από οικονομοτεχνικά κριτήρια. Για λόγους ασφαλείας το πλήθος των μονάδων ενός μεγάλου υδροηλεκτρικού έργου είναι συνήθως μεγαλύτερο ή ίσο του δύο (2). Με τον τρόπο αυτό υπάρχει η δυνατότητα συντήρησης και μεγαλύτερη ευελιξία στο πρόγραμμα παραγωγής. Στα μικρά υδροηλεκτρικά έργα το βέλτιστο πλήθος των μονάδων παραγωγής προκύπτει από καθαρά οικονομοτεχνικά κριτήρια.



Εικόνα 1.5: Βασικά στοιχεία μιας μονάδας παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας

(Πηγή: www.geocities.com)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ

2.1 Ιστορική Αναδρομή

Η υδραυλική ενέργεια, ο «λευκός άνθραξ» υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Η εξέλιξη των προδρόμων των μικρών υδροηλεκτρικών χάνεται στους αιώνες. Αφθονούν οι σχετικές, με τους υδραυλικούς τροχούς και τους υδρόμυλους, περιγραφές από Ρωμαίους συγγραφείς, βουδιστές και Ιησουίτες μοναχούς. Οι ρίζες τους όμως είναι καθαρά ελληνικές και μάλιστα μακεδονικές. Οι πρώτες σχετικές έγγραφες περιγραφές αφορούν συστήματα μετάδοσης κίνησης, και μάλιστα οδοντωτά, τα οποία αποδίδονται στον Αριστοτέλη. Η αρχαιότερη όμως διασωθείσα απόδειξη ύπαρξης σχετικής τεχνολογίας των κλασσικών χρόνων είναι ο περίφημος Μηχανισμός των Αντικυθήρων. Εικάζεται ότι, το υπάρχον απόθεμα τεχνολογικής γνώσης των Ελληνιστικών χρόνων σε προβλήματα μετάδοσης κίνησης με οδοντωτούς τροχούς, συνέβαλε σημαντικά στη διαμόρφωση της τεχνικής των υδραυλικών τροχών και ανάγει την προέλευσή του στους μαθητές αυλικού του Μακεδόνα φιλόσοφου και στον Ήρωνα τον Αλεξανδρέα. Στα κλασσικά έργα του τελευταίου υπάρχουν περιγραφές σειράς υδραυλικών διατάξεων πέραν αυτών που σχετίζονται με τον γνωστό ανεμοστρόβιλο. Ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι ξαναανακαλύπτει πολλές από τις επιγραφές του Ήρωνα. Ο «λευκός άνθραξ» με τη μορφή της μηχανικής ενέργειας, αποτελούσε για σειρά αιώνων για όλους τους πολιτισμούς την κινητήρια δύναμη

για την κίνηση υδροτροχών οριζοντίου ή κατακόρυφου άξονα με σκοπό κυρίως την άλεση δημητριακών.

Η τεχνολογία των νερομύλων δεν εξελίχθηκε ουσιαστικά μέχρι την εμφάνιση, στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, των πρώτων μηχανών που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως υδροστρόβιλοι. Τα έργα αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας που κατασκευάστηκαν στις τελευταίες δεκαετίες του 19^{ου} αιώνα ήταν μικρής ισχύος γιατί αυτό επέτρεπαν τα τεχνικά μέσα της εποχής.

Σταδιακά, η αύξηση των ενεργειακών αναγκών, που συμβάδισε με τις τεχνολογικές προόδους και τα διαθέσιμα μέσα, επέτρεψε την κατασκευή όλο και μεγαλύτερων έργων μετατροπής της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική. Σημαντικός σταθμός στην αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας ήταν η ανάπτυξη των εφαρμογών



του ηλεκτρισμού, μια μορφή ενέργειας της οποίας η μεταφορά από την θέση παραγωγής στην θέση της κατανάλωσης είναι σχετικά εύκολη. Έκτοτε το έργο αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας γίνεται Υδροηλεκτρικό, δηλαδή η υδραυλική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική από τον υδροστρόβιλο και στη συνέχεια σε ηλεκτρική από την ηλεκτρική γεννήτρια που είναι συζευγμένη με αυτόν.

Στην Ευρώπη τουλάχιστον, οι δύο-τρεις δεκαετίες μετά τον Β΄ παγκόσμιο πόλεμο θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως η χρυσή περίοδος των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων επειδή η έντονη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδραυλικού δυναμικού έγινε με μονάδες μεγάλης ισχύος, μερικών εκατοντάδων MW η κάθε μία. Σε σύγκριση με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα τα παλαιάς τεχνολογίας, μικρά υδροηλεκτρικά έργα που ήδη υπήρχαν αποδείχθηκαν αντικοινωνικά (χαμηλός βαθμός απόδοσης και υψηλό κόστος παραγόμενης KWh) και σταδιακά εγκαταλείφθηκαν. Από την δεκαετία του 1980 περίπου παρατηρείται διεθνώς ένα έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των μικρών υδροηλεκτρικών έργων, που εκδηλώνεται είτε με την αξιοποίηση νέων μικρών υδατοπτώσεων, είτε με την επανασχεδίαση και επανεξοπλισμό των μικρών υδροηλεκτρικών έργων που είχαν απομείνει ή εγκαταλειφθεί. Το διεθνές ενδιαφέρον για τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα αντικατοπτρίζεται από την ανάπτυξη σημαντικού αριθμού κατασκευαστριών εταιρειών, τις περισσότερες φορές θυγατρικές των εταιρειών που κατασκευάζουν εξοπλισμό για τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, που

ειδικεύονται στην κατασκευή τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για της νέας γενεάς μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

2.2 Διάκριση μεταξύ Μικρών και Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων (Υ.Η.Ε.)

Θα πρέπει αρχικά να διευκρινισθεί ότι από πλευράς αρχής λειτουργίας, τόσο στη μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική και στη μετατροπή της τελευταίας σε ηλεκτρική, ένα μικρό Υ.Η.Ε. δεν διαφέρει από ένα μεγάλο. Επίσης δεν διαφέρουν ως προς το πλήθος και το είδος των επί μέρους έργων-τμημάτων από τα οποία απαρτίζεται ένα Υ.Η.Ε..

Ο χαρακτηρισμός ενός Υ.Η.Ε. ως «μικρού» δεν αναφέρεται αποκλειστικά στην εγκατεστημένη ισχύ ή στις διαστάσεις των μονάδων αλλά σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών, πολλά από τα οποία δεν είναι μετρήσιμα, δηλαδή οι διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε. δεν είναι μόνο ποσοτικές αλλά κυρίως και ποιοτικές.

Στα μεγάλα Υ.Η.Ε. ο χαρακτηρισμός τους ως «μεγάλων» παραλείπεται ως εννοούμενος. Ως μικρό χαρακτηρίζεται ένα Υ.Η.Ε. όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη των 10 MW, χωρίς η τιμή αυτή να αποτελεί ένα γενικά αποδεκτό όριο. Σημειώνεται ότι σε ορισμένες χώρες το όριο διάκρισης μεταξύ μεγάλων και μικρών Υ.Η.Ε. ορίζεται στα 5 MW. Το ότι το όριο διάκρισης δεν είναι ιδιαίτερα σαφές οφείλεται στο ότι οι διαφορές τους δεν είναι τόσο ποσοτικές όσο ποιοτικές και αφορούν την επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, την διαμόρφωση και την εκμετάλλευση του Υ.Η.Ε.. Όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια, μία βασική διαφοροποίηση μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε. έγκειται στην επιλογή και εγκατάσταση τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού στην περίπτωση των μικρών Υ.Η.Ε.. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τυποποίηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για τον εξοπλισμό μικρών Υ.Η.Ε. φθάνει συνήθως μέχρι την ισχύ των 10 MW (αν και ορισμένες εταιρείες προσφέρουν τυποποιημένους υδροστροβίλους ισχύος μέχρι 15 MW), φαίνεται ότι η τιμή αυτή αποτελεί το πλέον αποδεκτό όριο διάκρισης μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε., όπως άλλωστε δέχονται όλες οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το όριο διάκρισης μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε. έχει σημασία και από πλευράς διαδικασιών και αδειοδοτήσεων καθώς για τα μικρά Υ.Η.Ε. προβλέπονται διαδικασίες απλούστερες ενώ σε ορισμένες χώρες, όπως στην Ελλάδα, ένα μεγάλο Υ.Η.Ε. δεν μπορεί να κατασκευασθεί παρά μόνο από την Δ.Ε.Η..

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν και άλλες διακρίσεις. Ως *micro* χαρακτηρίζεται ένα Υ.Η.Ε. όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη των 100 KW, ως *mini* όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη από 1 MW και ως μικρό όταν η ονομαστική ισχύς του

είναι μεταξύ του 1 MW και 10 MW. Τα όρια αυτά μεταξύ micro, mini και μικρής δεν είναι απόλυτα και υπάρχουν αποκλίσεις σε διάφορες χώρες καθώς σχετίζονται κυρίως με τις διαδικασίες αδειοδότησης και με τις προδιαγραφές σύνδεσης με το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο.

Η Ελληνική Νομοθεσία (Ν. 1559/85 και Ν. 2244/94) ορίζει ως μικρούς τους σταθμούς με ισχύ μικρότερη των 10 MW, με τον όρο ότι μόνο τα έργα εγκατεστημένης ισχύος 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 2 MW και 5 MW.

Ένα μικρό Υ.Η.Ε. δεν πρέπει να θεωρηθεί ως μικρογραφία ενός μεγάλου καθώς η προσέγγιση αυτή θα οδηγήσει σε οικονομική αποτυχία την επένδυση. Οι κύριες διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων Υ.Η.Ε. εντοπίζονται στην επιλογή και εγκατάσταση τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και στο πρόγραμμα εκμετάλλευσης το οποίο έχει άμεσο αντίκτυπο στην διάταξη και διαστασιολόγηση των διαφόρων στοιχείων που το απαρτίζουν.

Άλλοι ευνοϊκοί παράγοντες για την κατασκευή ενός μικρού Υ.Η.Ε. είναι ότι μπορεί πιο εύκολα να συνδυασθεί με άλλες διευθετήσεις, π.χ. ύδρευση, άρδευση, οπότε θα ήταν δυνατόν να αξιοποιηθούν υπάρχοντα μικρά αρδευτικά φράγματα. Ακόμη, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρουν τα μικρά Υ.Η.Ε. είναι πολύ μικρότερες από αυτές των μεγάλων, καθώς οι περισσότερες από αυτές οφείλονται στον σχηματισμό μεγάλου ταμιευτήρα ανάντη.

Μία άλλη διάκριση των Υ.Η.Ε. αναφέρεται στο μέγεθος της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης H , η τιμή της οποίας εκφράζει την ανά μονάδα μάζας υδραυλική ενέργεια του νερού και την τάξη μεγέθους της στατικής πίεσης στον αγωγό προσαγωγής και το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου, ενώ από αυτή κυρίως εξαρτάται η επιλογή του τύπου του υδροστροβίλου. Διακρίνονται τρεις κατηγορίες:

- μικρού ύψους όταν το H είναι μικρότερο των 20 m
- μέσου ύψους όταν $20 < H < 150$ m
- μεγάλου ύψους όταν $H > 150$ m

Δεδομένου ότι η υδραυλική ισχύς είναι γινόμενο της παροχής του νερού και της υδραυλικής πτώσης γίνεται φανερό ότι το κόστος κατασκευής ενός μικρού Υ.Η.Ε. είναι τόσο μικρότερο, και άρα η επένδυση τόσο πιο αποδοτική, όσο μεγαλύτερη είναι η υδραυλική πτώση H . Όμως κατά κανόνα οι μεγάλες υδραυλικές πτώσεις αναπτύσσονται σε ορεινές και

απομακρυσμένες περιοχές οπότε ενδέχεται το κόστος των γραμμών μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας να είναι τόσο υψηλό ώστε να αντισταθμίζει το πλεονέκτημα του σχετικά χαμηλού κόστους του μικρού Υ.Η.Ε.. Το αντίθετο συμβαίνει με τα μικρά Υ.Η.Ε. μικρής υδραυλικής πτώσης. Το ύψος της επένδυσης είναι αυξημένο όμως κατά κανόνα βρίσκονται κοντά σε πεδινές και κατοικήσιμες περιοχές οπότε το κόστος των έργων σύνδεσης με το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο είναι μικρό.

Ακόμη τα Υ.Η.Ε. χαρακτηρίζονται από το εάν το φράγμα σχηματίζει ταμιευτήρα (δεξαμενή αποθήκευσης) μεγάλου όγκου ή εάν ο σταθμός λειτουργεί κατά τον ρου του ποταμού, όπως κυρίως συμβαίνει στα έργα μικρού ύψους πτώσεως.

2.3 Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε.- Μ.Υ.Η.Ε.

Οι βασικοί λόγοι που συντελούν στην προώθηση των μικρών υδροηλεκτρικών έργων (Μ.Υ.Η.Ε.) στην Ελλάδα και στην Ευρώπη ταυτίζονται με τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι Α.Π.Ε. γενικότερα και συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας με ορυκτά καύσιμα (λιγνίτης, πετρέλαιο, φυσικό αέριο), οι Α.Π.Ε. είναι ανεξάντλητες και φιλικές προς το περιβάλλον, ενώ ούσες οικονομικά και ενεργειακά αποδοτικές συντελούν στην επίτευξη ουσιαστικά βιώσιμης ανάπτυξης.
- Οι τεχνολογίες Α.Π.Ε. δεν εκπέμπουν αέρια επιβλαβή για την ατμόσφαιρα (αέρια θερμοκηπίου), γεγονός που τις καθιστά δράση αιχμής για την προστασία του περιβάλλοντος.
- Οι φυσικοί πόροι που αξιοποιούν οι Α.Π.Ε. δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένους γεωγραφικούς χώρους, με αποτέλεσμα την αποκέντρωση και χωρική διασπορά της ενεργειακής παραγωγής. Αυτό σημαίνει αφενός μεγαλύτερη σταθερότητα στη λειτουργία του συστήματος μεταφοράς, αφετέρου μείωση των απωλειών ενέργειας κατά τη μεταφορά λόγω της καλύτερης κατανομής των σταθμών παραγωγής σε σχέση με τους πόλους κατανάλωσης.
- Η αξιοποίηση των εγχώριων φυσικών πόρων και η αύξηση της παραγόμενης από αυτούς ενέργειας, συμβάλλει στην ενεργειακή αυτονομία και ενισχύει το ενεργητικό στο ενεργειακό ισοζύγιο, αμβλύνοντας την εξάρτηση της εθνικής οικονομίας και πολιτικής από εξωγενείς παράγοντες.
- Η τεχνολογία και κατασκευή Α.Π.Ε. συνιστούν έναν ταχύτατα εξελισσόμενο επιστημονικό και οικονομικό κλάδο, που είναι σε θέση να τονώσει την οικονομία σε

εθνικό και τοπικό επίπεδο προσελκύοντας επενδύσεις και δημιουργώντας θέσεις εργασίας. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι θέσεις κατασκευής μονάδων Α.Π.Ε. βρίσκονται συνήθως σε απομονωμένες, μη αστικοποιημένες περιοχές για τις οποίες αποτελούν ζωτική οικονομική δραστηριότητα, τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά τη λειτουργία.

Εκτός από όσα αναφέρθηκαν γενικά για τις Α.Π.Ε., τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζουν ορισμένα ιδιαίτερα συγκριτικά πλεονεκτήματα:

- Σε σχέση με τις υπόλοιπες Α.Π.Ε. τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζουν υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης, δηλαδή η παραγόμενη ενέργεια στη διάρκεια ζωής τους είναι πολύ μεγαλύτερη από την ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία τους. Συγκεκριμένα ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης για τα Μ.Υ.Η.Ε. κυμαίνεται στο διάστημα 30~67, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για την αιολική ενέργεια, τη βιομάζα και τα φωτοβολταϊκά είναι 5~39, 3~27 και 1~4 αντίστοιχα. Λόγω του ότι κατασκευάζονται σε απομονωμένες ορεινές περιοχές, οι οχλήσεις που προκαλούνται από τα Μ.Υ.Η.Ε. είναι ελάχιστες. Ο αγωγός μεταφοράς είναι συνήθως υπόγειος, το κτίριο του σταθμού μπορεί να προσαρμοστεί στην τοπική αρχιτεκτονική φυσιογνωμία, η σύγχρονη τεχνολογία στροβίλων εξασφαλίζει μειωμένη ηχητική όχληση και δεν υπάρχει ανάγκη αποθήκευσης νερού. Το αποτέλεσμα είναι όχι μόνο να μην αλλοιώνεται, αλλά συχνά να βελτιώνεται το εικαστικό περιβάλλον της περιοχής.
- Η κατασκευή ενός Μ.Υ.Η.Ε. επιβαρύνει ελάχιστα το εγγύς φυσικό οικοσύστημα, εφόσον γίνει σωστός περιβαλλοντικός σχεδιασμός. Υπάρχουν τεχνολογίες για τη διευκόλυνση μετακίνησης των ψαριών κατά μήκος των ποταμών, ενώ η πρόβλεψη ελάχιστης οικολογικής παροχής εξασφαλίζει την επιβίωση της παρόχθιας πανίδας και χλωρίδας.
- Η ποιότητα των υδάτων δεν υποβαθμίζεται καθόλου με τη διέλευση από το στρόβιλο και μπορεί να είναι κατάλληλα ακόμη και για πόση, μετά από τυπική επεξεργασία. Αντίθετα, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας ενός Μ.Υ.Η.Ε. μπορούν να αποδώσουν το νερό ακόμα πιο καθαρό στο φυσικό υδατόρευμα, στην περίπτωση που φέρει μη χημικούς ρύπους.
- Τα Μ.Υ.Η.Ε. μπορούν εύκολα να συνδυαστούν με παράλληλες χρήσεις όπως ύδρευση και άρδευση, συντελώντας στη μεγιστοποίηση της αξιοποίησης των υδατικών πόρων.

Παρά τα σημαντικά τους πλεονεκτήματα, τα Μ.Υ.Η.Ε. εμφανίζουν και ορισμένα μειονεκτήματα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Όπως όλες οι τεχνολογίες Α.Π.Ε., τα Μ.Υ.Η.Ε. έχουν σημαντικά χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Αυτό σε όρους της ενεργειακής αγοράς σημαίνει ότι παράγουν ακριβή ενέργεια, εφόσον εξακολουθεί να υπάρχει επάρκεια ορυκτών καυσίμων. Σήμερα η προώθηση των Μ.Υ.Η.Ε. εξαρτάται ουσιαστικά από τις κρατικές επιδοτήσεις και την υψηλή τιμή αγοράς της ανανεώσιμης ενέργειας από τη Δ.Ε.Η.. Δεδομένου ότι η κρατική ενίσχυση μέσω των κοινοτικών κονδυλίων δεν είναι απεριόριστη, θα πρέπει να αναζητηθούν καινοτόμες τεχνολογικές λύσεις, ώστε να μειωθεί το κόστος της ενέργειας που παράγεται από Μ.Υ.Η.Ε..

Τα Μ.Υ.Η.Ε. σε αντίθεση με τα μεγάλα δεν έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης νερού σε ταμιευτήρα. Αυτό το χαρακτηριστικό, που αποτελεί πλεονέκτημα όσον αφορά το μέγεθος της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, συνεπάγεται μηδενική ευελιξία στη διαχείριση της ενέργειας στο Σύστημα Μεταφοράς, αφού η παραγόμενη ενέργεια θα πρέπει να καταναλώνεται άμεσα. Για το λόγο αυτό η ενέργεια που παράγεται από Μ.Υ.Η.Ε. δε χρησιμοποιείται σαν ενέργεια αιχμής, αλλά απορροφάται κατά προτεραιότητα από το Σύστημα. Εξάλλου τα Μ.Υ.Η.Ε. εμφανίζουν τη μέγιστη παραγωγή κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ αντίθετα η αιχμή της ζήτησης σημειώνεται κατά τους θερινούς.

Τέλος, η χωρική διασπορά των Μ.Υ.Η.Ε. που είναι ευνοϊκή για την αποκέντρωση του Συστήματος Μεταφοράς, μεταφράζεται σε αντίστοιχη διασπορά της ανθρώπινης επέμβασης στο φυσικό περιβάλλον. Σε συνδυασμό με το μεγάλο πλήθος των έργων, που διαχειρίζεται κυρίως ο ιδιωτικός τομέας και των εμπλεκόμενων υπηρεσιών που είναι αρμόδιες για την παρακολούθηση των έργων, ο έλεγχος τήρησης των περιβαλλοντικών όρων επέμβασης είναι ιδιαίτερα δύσκολος. Η διαμόρφωση θεσμών και εργαλείων για την εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας είναι κρίσιμη παράμετρος.

Οι δυσκολίες που παρουσιάζουν τα Μ.Υ.Η.Ε. σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να θεωρηθεί ανασταλτικός παράγοντας για την προώθησή τους. Η εξασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας και η προστασία του περιβάλλοντος επιβάλλουν την αξιοποίηση κάθε οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμης πηγής ενέργειας. Εξαρτάται από τις μεθόδους και τη φιλοσοφία που θα εφαρμοστούν αν η ένταξη των Μ.Υ.Η.Ε. στο ενεργειακό σύστημα θα γίνει με ορθολογικό και αποδοτικό τρόπο.

2.4 Καταγραφή και Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης

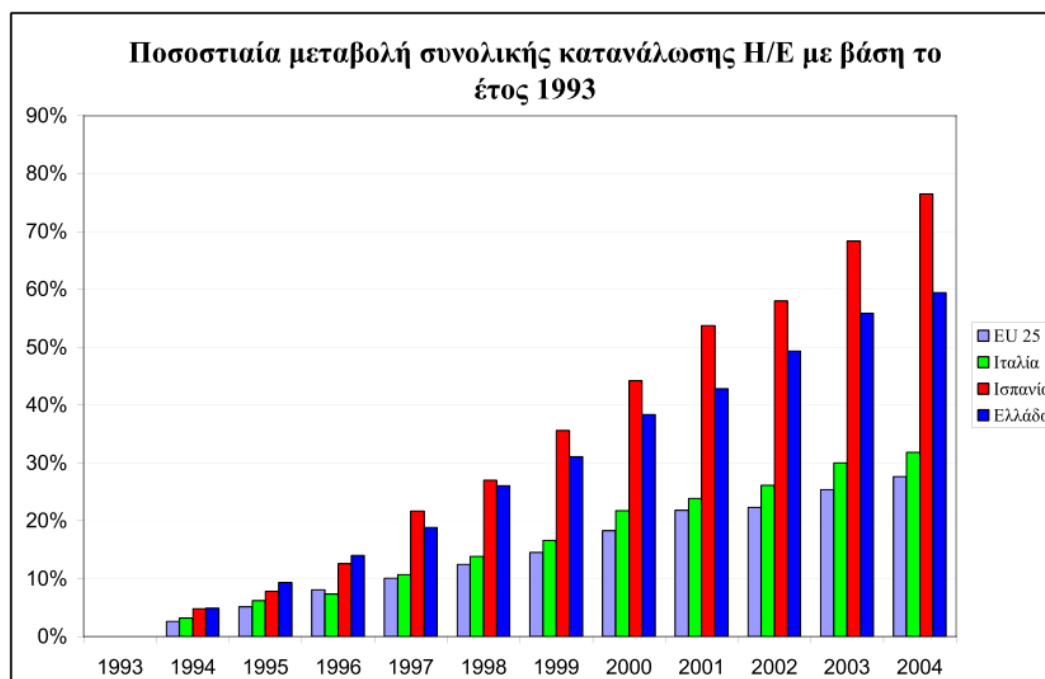
Στη συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση των στατιστικών μεγεθών που αφορούν στην ανάπτυξη των Μ.Υ.Η.Ε. στην Ελλάδα. Βασικός στόχος είναι η διερεύνηση του βαθμού διείσδυσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο ενεργειακό σύστημα, της πορείας εξέλιξης έως τη σημερινή κατάσταση, της χωρικής τους κατανομής και των προοπτικών για το μέλλον.

2.4.1 Γενικά Ενεργειακά Μεγέθη

Προκειμένου να γίνει αντιληπτή η τάξη μεγέθους των υπό εξέταση στοιχείων, παρουσιάζονται ορισμένα γενικά ενεργειακά μεγέθη από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Κοινότητα, σε όρους ισχύος και ενέργειας. Τα στοιχεία αυτά αφορούν την κατανάλωση και παραγωγή ενέργειας και τους στόχους που έχουν τεθεί για το μέλλον.

2.4.1.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Η/Ε) σε Ελλάδα και Ευρώπη

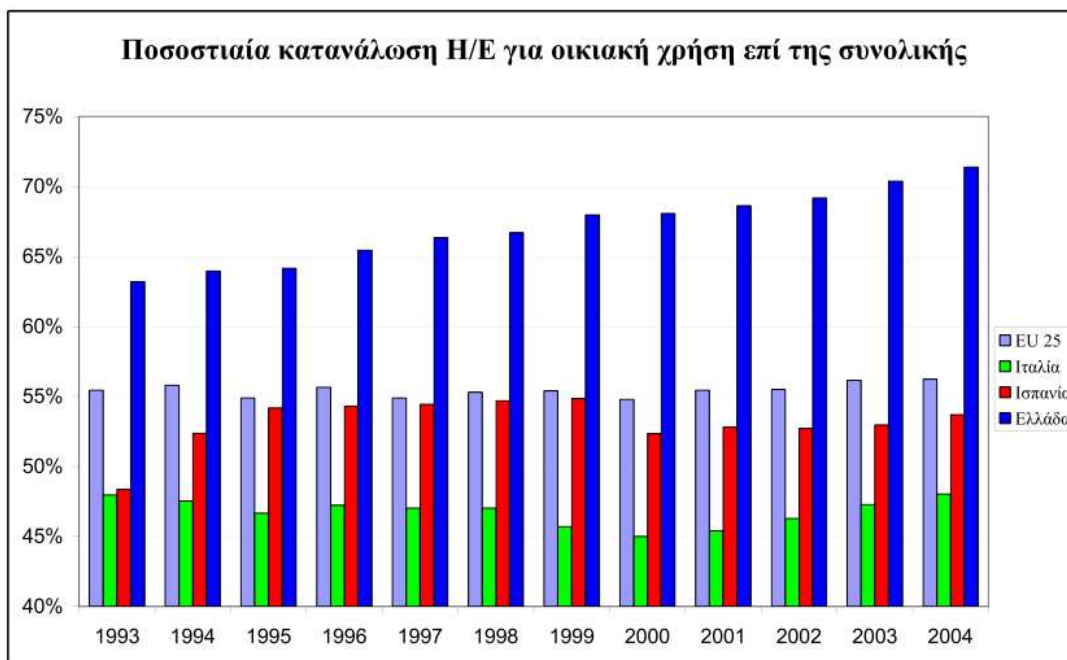
Η οριοθέτηση των στόχων για το ενεργειακό ισοζύγιο και ο σχεδιασμός της ενεργειακής πολιτικής προϋποθέτουν, όχι μόνο την καταγραφή των υφιστάμενων καταναλωτικών αναγκών, σε ποσοτικούς και ποιοτικούς όρους, αλλά και την εκτίμηση των μελλοντικών τάσεων. Η ακαθάριστη κατανάλωση Η/Ε (Α.Κ.Η.Ε.) στην ΕΚ-25 ανήλθε το έτος 2004 σε 2.652 TWh. Για την Ελλάδα το αντίστοιχο μέγεθος ήταν 49,72 TWh. Η ποσοστιαία μεταβολή της Α.Κ.Η.Ε. το διάστημα 1993~2004 για την ΕΚ-25 και την Ελλάδα είναι 27,65% και 59,46% αντίστοιχα.



Διάγραμμα 2.1: Ποσοστιαία μεταβολή συνολικής κατανάλωσης Η/Ε με βάση το έτος 1993
(Πηγή: Eurostat).

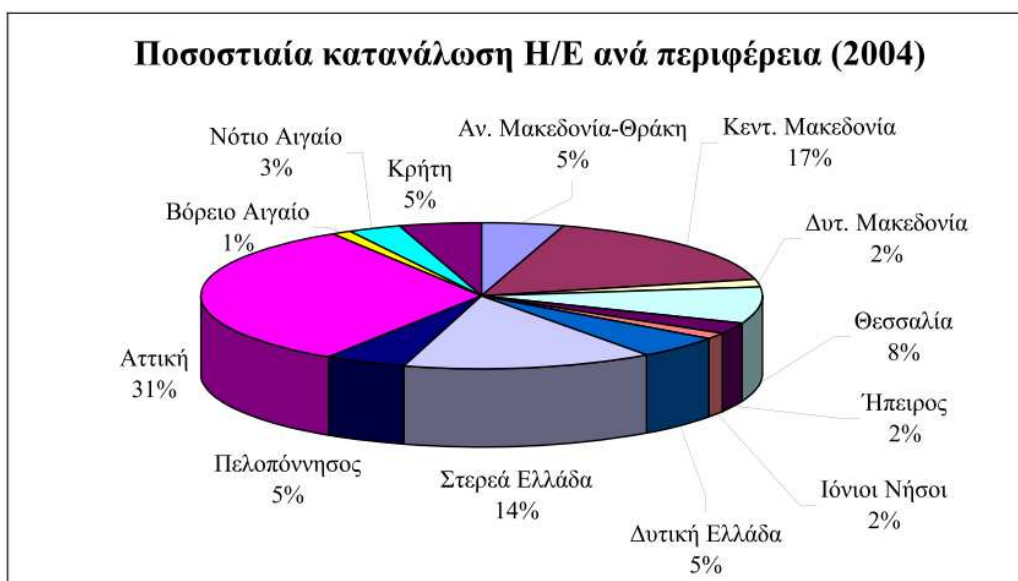
Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της Α.Κ.Η.Ε. για την Ελλάδα στο διάστημα αυτό είναι 4,34%. Στο Διάγραμμα 2.1 φαίνεται η εξέλιξη της Α.Κ.Η.Ε. με βάση το έτος 1993 για την ΕΚ-25, την Ιταλία, την Ισπανία και την Ελλάδα. Επελέγη η σύγκριση με αυτές τις χώρες γιατί έχουν παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες και με την Ισπανία υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά ανάπτυξης, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τους ρυθμούς αύξησης της Α.Κ.Η.Ε.. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο εκτιμάται ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί κατά 25,1% το διάστημα 2000~2030, ενώ η ενεργειακή εξάρτηση της ΕΚ-25 από εισαγωγές θα αυξηθεί σε 64,9% το 2030 από 47,2% το 2000 (Πηγή: European Commission, 2005).

Ένα αξιοσημείωτο ποιοτικό χαρακτηριστικό της Α.Κ.Η.Ε. αφορά στην κατανομή της ανά κατηγορία χρήσης. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat, το ποσοστό της Α.Κ.Η.Ε. που απορροφάται για οικιακή χρήση αυξήθηκε με σταθερό ρυθμό, από 63% το 1993 σε 71% το 2004, ενώ η αντίστοιχη τιμή για την ΕΚ-25 διατηρήθηκε στο επίπεδο του 55%.



Διάγραμμα 2.2: Ποσοστιαία κατανάλωση Η/Ε για οικιακή χρήση επί της συνολικής κατανάλωσης Η/Ε (Πηγή: Eurostat).

Στο Διάγραμμα 2.2 φαίνεται η εξέλιξη της ποσοστιαίας κατανάλωσης Η/Ε για οικιακή χρήση και υπηρεσίες το διάστημα 1993~2004 για την ΕΚ-25, την Ιταλία, την Ισπανία και την Ελλάδα. Η ιδιαίτερα υψηλή τιμή για την Ελλάδα είναι ενδεικτική του εθνικού αναπτυξιακού προσανατολισμού και της καταναλωτικής συμπεριφοράς των πολιτών.

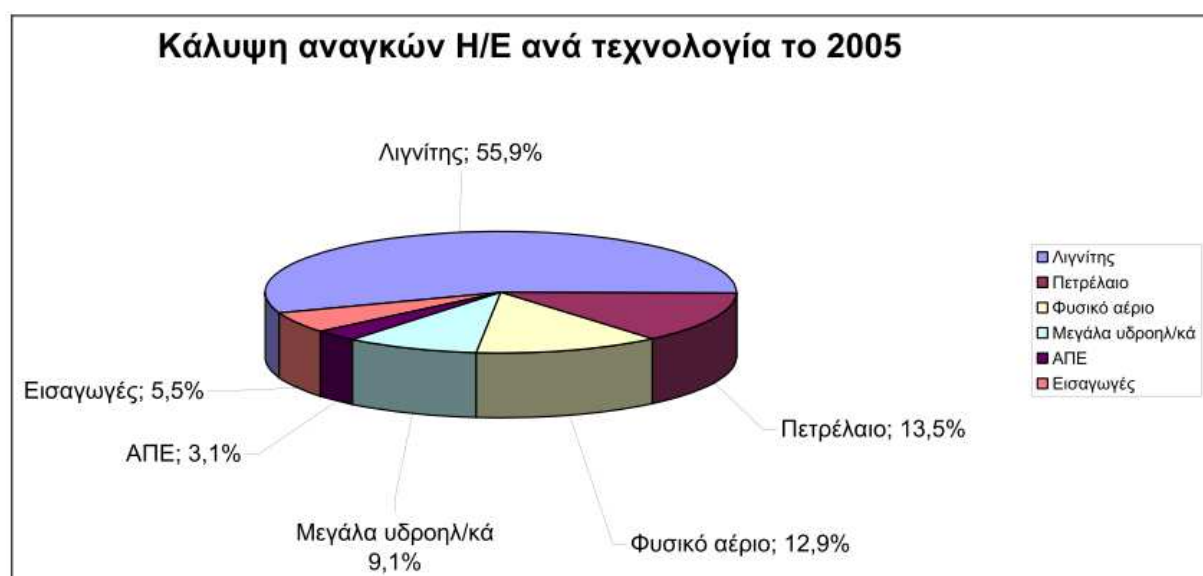


Διάγραμμα 2.3: Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης Η/Ε κατά περιφέρεια για το έτος 2004 (Πηγή: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας).

Το μεγαλύτερο μέρος της Α.Κ.Η.Ε. απορροφάται από τα μεγάλα αστικά κέντρα, με τις περιφέρειες Αττικής, Κεντρικής Μακεδονίας και Στερεάς Ελλάδας να συγκεντρώνουν ποσοστό 62% της συνολικής. Στο Διάγραμμα 2.3 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της Α.Κ.Η.Ε. ανά περιφέρεια. Εφόσον διατηρηθούν οι ρυθμοί αύξησης της Α.Κ.Η.Ε., αναμένεται έως το 2010 να ανέρχεται σε περίπου 68 TWh (ΥΠ.ΑΝ., 2005).

2.4.1.2 Παραγωγή Η/Ε στην Ελλάδα

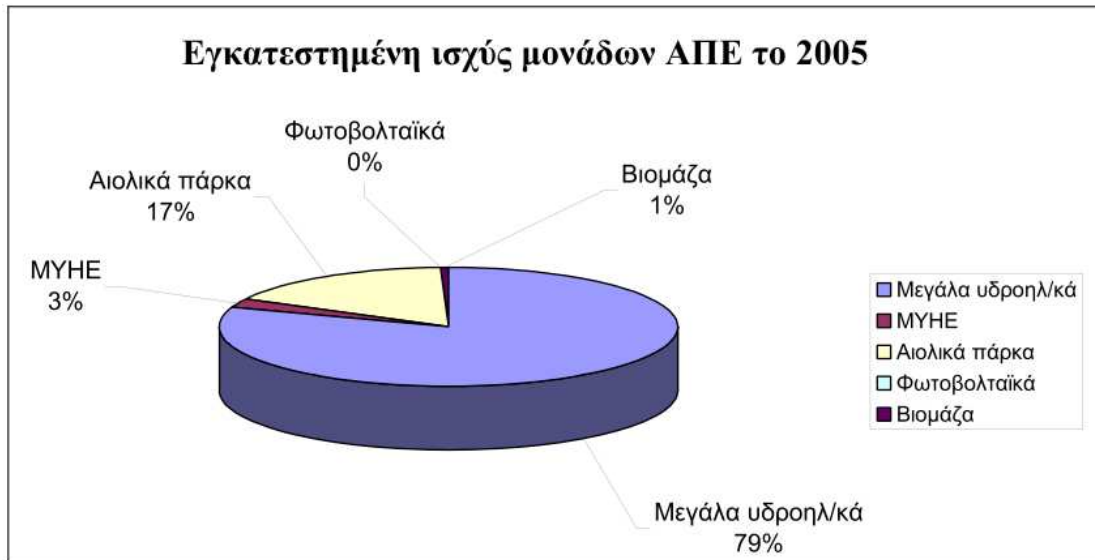
Το έτος 2004 η εγχώρια παραγωγή Η/Ε στην ΕΚ-25 και την Ελλάδα ανήλθε σε 31.791 και 59,4 TWh αντίστοιχα. Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠ.ΑΝ. για το 2005, το 55,9% των αναγκών σε Η/Ε καλύφθηκε από μονάδες λιγνίτη και μόλις το 12,2% από ανανεώσιμες πηγές. Στο Διάγραμμα 2.4 φαίνονται τα ποσοστά συμμετοχής κάθε τεχνολογίας στην κάλυψη των ελληνικών αναγκών Η/Ε το 2005.



Διάγραμμα 2.4: Ποσοστιαία κάλυψη αναγκών Η/Ε ανά τεχνολογία στην Ελλάδα για το έτος 2005 (Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.).

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης από Α.Π.Ε. ενέργειας στην Ελλάδα καλύπτεται από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά που συνεισφέρουν ποσοστό 75%. Σήμερα στην Ελλάδα βρίσκονται σε λειτουργία 15 μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, συνολικής ισχύος περίπου 3 GW και μέσης ετήσιας παραγωγικής ικανότητας 4.160 GWh. Τα έργα αυτά φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.1.

Εκτός των μεγάλων υδροηλεκτρικών υπάρχουν εγκατεστημένες μονάδες Α.Π.Ε. συνολικής ισχύος 747 MW, εκ των οποίων το 77,4% αφορά αιολικά πάρκα, το 13,6% Μ.Υ.Η.Ε. και 9,0% τις υπόλοιπες τεχνολογίες Α.Π.Ε.. Στο Διάγραμμα 2.5 φαίνεται η ανά τεχνολογία κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος μονάδων Α.Π.Ε..



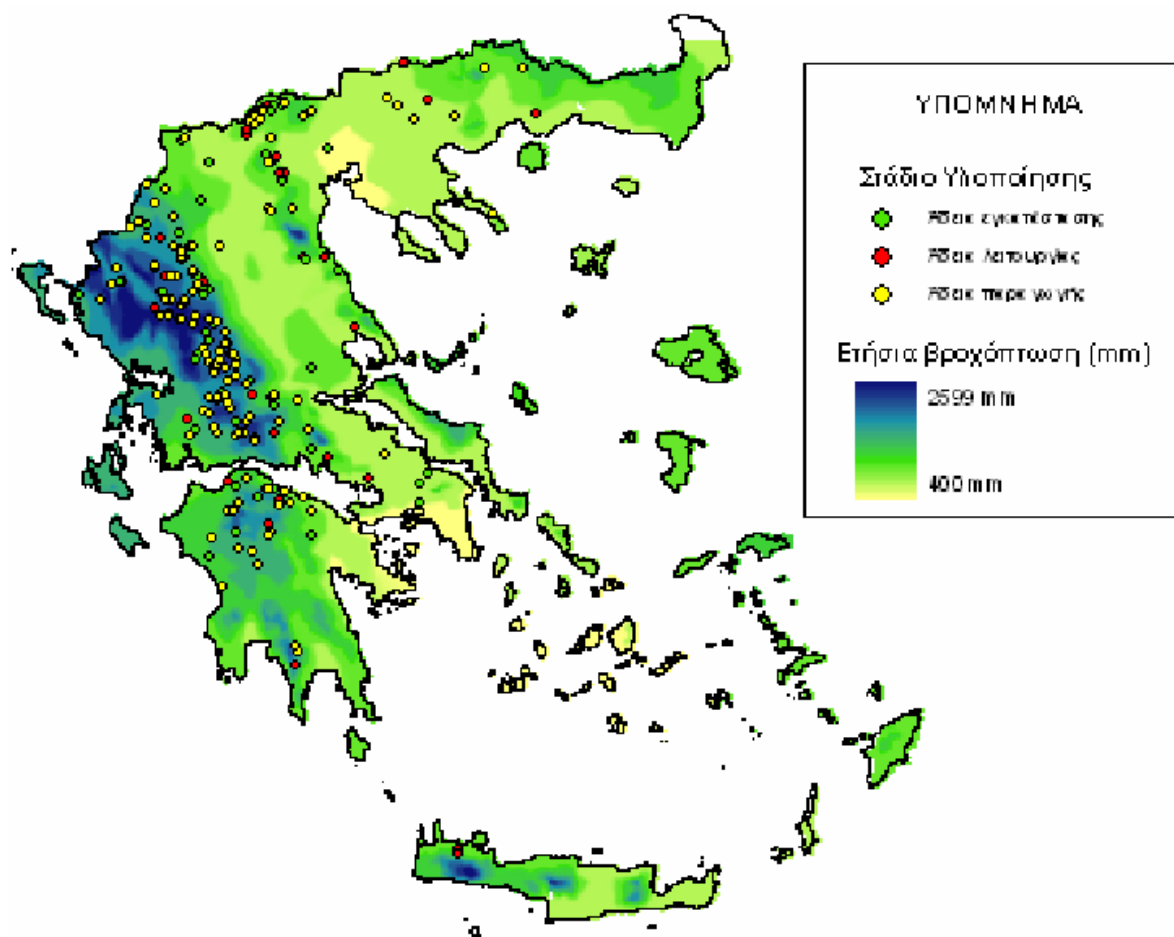
Διάγραμμα 2.5: Ποσοστά συμμετοχής κάθε τεχνολογίας στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ μονάδων Α.Π.Ε. το 2005 (Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.).

Πίνακας 2.1: Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα σε λειτουργία (Πηγή: ΥΠ.ΑΝ., 2005)

Περιφέρεια	Όνομα σταθμού	Ισχύς MW	Παραγωγική ικανότητα GWh/έτος
Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης	Θησαυρός	384,0	440
	Πλατανόβρυση	116,0	240
Δυτικής Ελλάδας	Κρεμαστά	437,2	964
	Καστράκι	320,0	639
	Στράτος	150,0	298
Δυτικής Μακεδονίας	Πολύφυτο	375,0	386
Ηπείρου	Πουρνάρι	300,0	281
	Πουρνάρι II	33,6	45
	Πηγές Αώου	210,0	149
	Λούρος	10,3	
Θεσσαλίας	Ταυρωπός	130,0	163
Κεντρικής Μακεδονίας	Άγρας	50,0	19
	Εδεσσαίος	19,0	16
	Ασώματα	108,0	126
	Σφηκιά	315,0	182
	Μακροχώρι	10,8	
Πελοποννήσου	Λάδονας	70,0	215
Σύνολα		3.038,9	4.163

2.4.2 Χωρική κατανομή των έργων

Ένα σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό της σημερινής εικόνας στον τομέα των Μ.Υ.Η.Ε., είναι η χωρική τους κατανομή στην ελληνική επικράτεια. Ο φυσικός πόρος που αξιοποιούν τα Μ.Υ.Η.Ε. για την ηλεκτροπαραγωγή είναι το νερό, δηλαδή η βροχόπτωση ή, γενικότερα η κατακρήμνιση και είναι φυσικό η ανάπτυξή τους να προσανατολίζεται στις περιοχές με πλούσιο υδατικό δυναμικό. Στην Ελλάδα οι πλουσιότερες υδρολογικά λεκάνες συγκεντρώνονται κυρίως στις βόρειες και δυτικές περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, που οριοθετούνται κατά κύριο λόγο από την οροσειρά της Πίνδου. Στο χάρτη της Εικόνας 2.1 παρουσιάζεται η κατανομή των Μ.Υ.Η.Ε. στο χώρο, ανάλογα με το στάδιο υλοποίησής τους. Στο χάρτη επίσης φαίνεται η χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης.



Εικόνα 2.1: Κατανομή Μ.Υ.Η.Ε. ανά στάδιο υλοποίησης και μέση βροχόπτωση στην ελληνική επικράτεια (Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.).

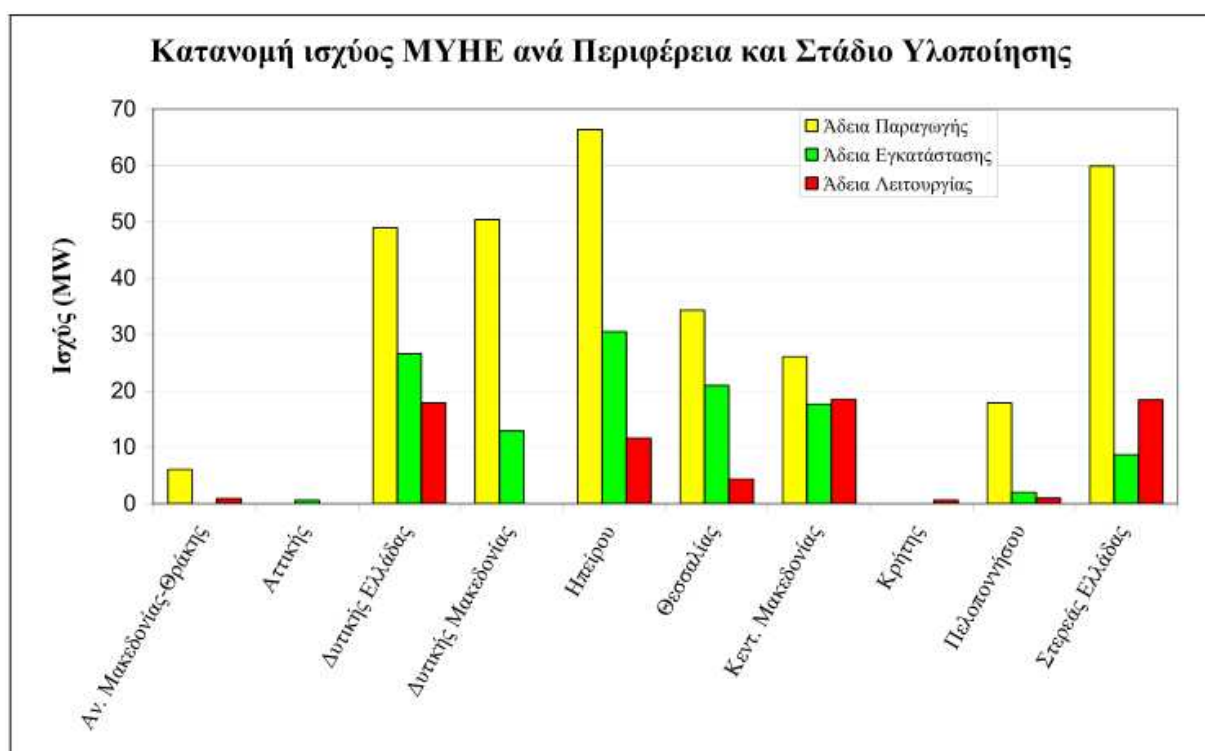
Όσον αφορά τα έργα που βρίσκονται ήδη σε λειτουργία οι περιφέρειες Κεντρικής Μακεδονίας, Στερεάς Ελλάδας και Ηπείρου συγκεντρώνουν 34 από τα 48 λειτουργούντα έργα, δηλαδή ποσοστό 71%. Σε όρους εγκατεστημένης ισχύος, οι τρεις αυτές περιφέρειες μαζί με την περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας συγκεντρώνουν το 91% του συνόλου, καθώς η μέση ισχύς των έργων αυτών είναι μεγαλύτερη λόγω πλουσιότερου ενεργειακού δυναμικού.

Καθώς το επενδυτικό ενδιαφέρον για τα Μ.Υ.Η.Ε. έχει γίνει ιδιαίτερα έντονο τα τελευταία 3 χρόνια, η αναζήτηση για νέες τοποθεσίες έχει στραφεί και προς της λιγότερο προνομιούχες περιοχές. Στη Θεσσαλία υπάρχουν σήμερα 28 υπό ανάπτυξη έργα, στη Δυτική Μακεδονία 23 και στην Πελοπόννησο 9.

Μία σημαντική παράμετρος που αφορά την καταγραφή της χωρικής κατανομής των Μ.Υ.Η.Ε. (και των Α.Π.Ε. γενικότερα), σχετίζεται με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς. Η παρακολούθηση των υπό ανάπτυξη έργων είναι απαραίτητη ώστε να προληφθούν οι μελλοντικές ανάγκες μεταφοράς Η/Ε και να εξελιχθεί απρόσκοπτα η

ένταξη των νέων έργων σε αυτό. Στο Διάγραμμα 2.6 παρουσιάζεται η συνολική ισχύς M.Y.H.E. ανά περιφέρεια και στάδιο υλοποίησης. Οι περιφέρειες Δυτικής και Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Δυτικής Μακεδονίας συγκεντρώνουν το 84% της συνολικής ισχύος των υπό ανάπτυξη έργων (άδεια παραγωγής και εγκατάστασης).

Εκτός από την ανάγκη για σωστό και έγκαιρο σχεδιασμό του Συστήματος, η παρακολούθηση της χωρικής κατανομής των νέων έργων, έχει και διαχειριστική αξία σε διοικητικό επίπεδο. Μεγάλο μέρος του χρόνου που απαιτείται για την υλοποίηση ενός M.Y.H.E., συχνά το μεγαλύτερο, αναλώνεται στις απαιτούμενες διαδικασίες αδειοδότησης, με συνέπεια η ταχύτητα ανάπτυξης των έργων να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ετοιμότητα και τις δυνατότητες των εμπλεκόμενων υπηρεσιών. Το μεγαλύτερο μέρος των αδειοδοτήσεων διεκπεραιώνεται σε τοπικό επίπεδο, πρέπει δηλαδή οι ιδιαίτερα φορτισμένες περιφέρειες να είναι κατάλληλα προετοιμασμένες για να ανταπεξέλθουν στον αναμενόμενο εργασίας.



Διάγραμμα 2.6: Συνολική ισχύς ανά περιφέρεια και στάδιο υλοποίησης (Αύγουστος 2006).

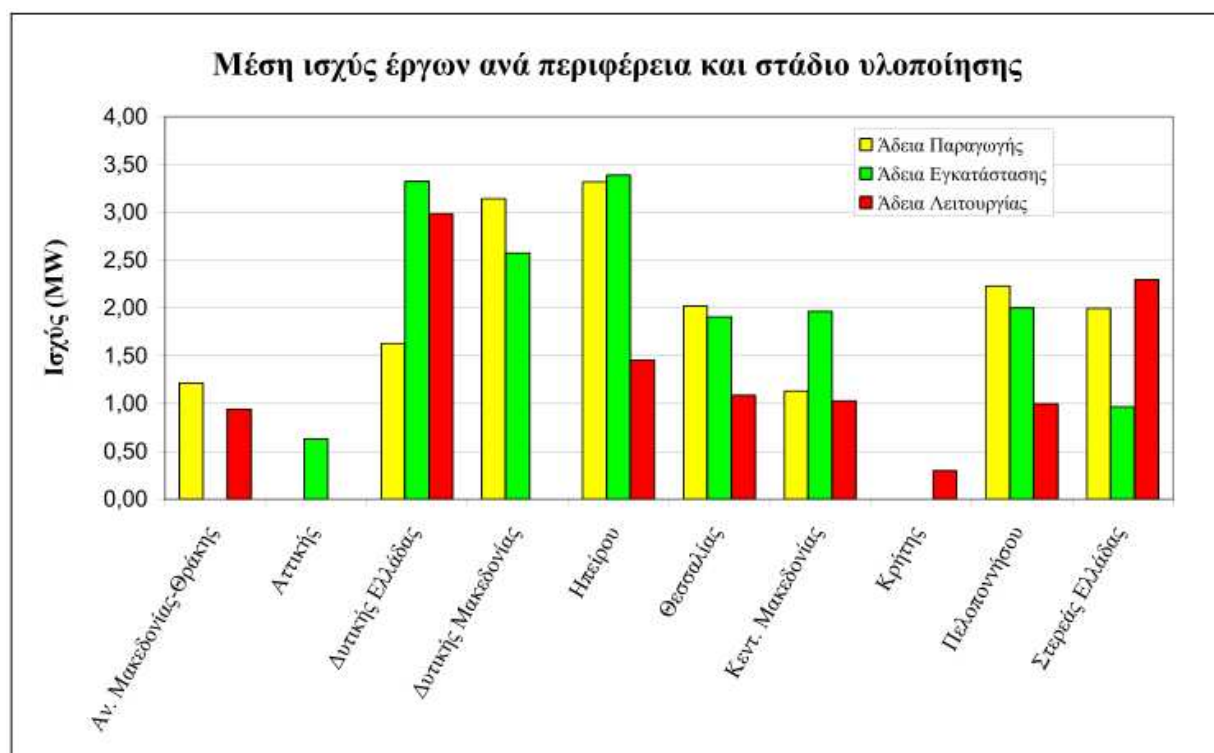
(Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.)

2.4.3 Μέση ισχύς έργων

Μία τελευταία παράμετρος που χρήζει αναφοράς είναι η μέση ισχύς των έργων, η οποία σχετίζεται άμεσα με το υδατικό δυναμικό και την τοπογραφία της περιοχής

εγκατάστασης, καθώς και με τον οικονομοτεχνικό σχεδιασμό των έργων. Προκειμένου να εξασφαλιστεί ικανοποιητική εκμετάλλευση των υδατικών πόρων, έχει θεσπιστεί ειδικά για τα Μ.Υ.Η.Ε. ελάχιστος Βαθμός Ενεργειακής Αξιοποίησης (Β.Ε.Α.) 75%. Αυτό σημαίνει ότι προκειμένου να εγκριθεί ένα έργο πρέπει να αξιοποιεί τουλάχιστον το 75% της μέσης ετήσιας επιφανειακής απορροής στη θέση που καταλαμβάνει.

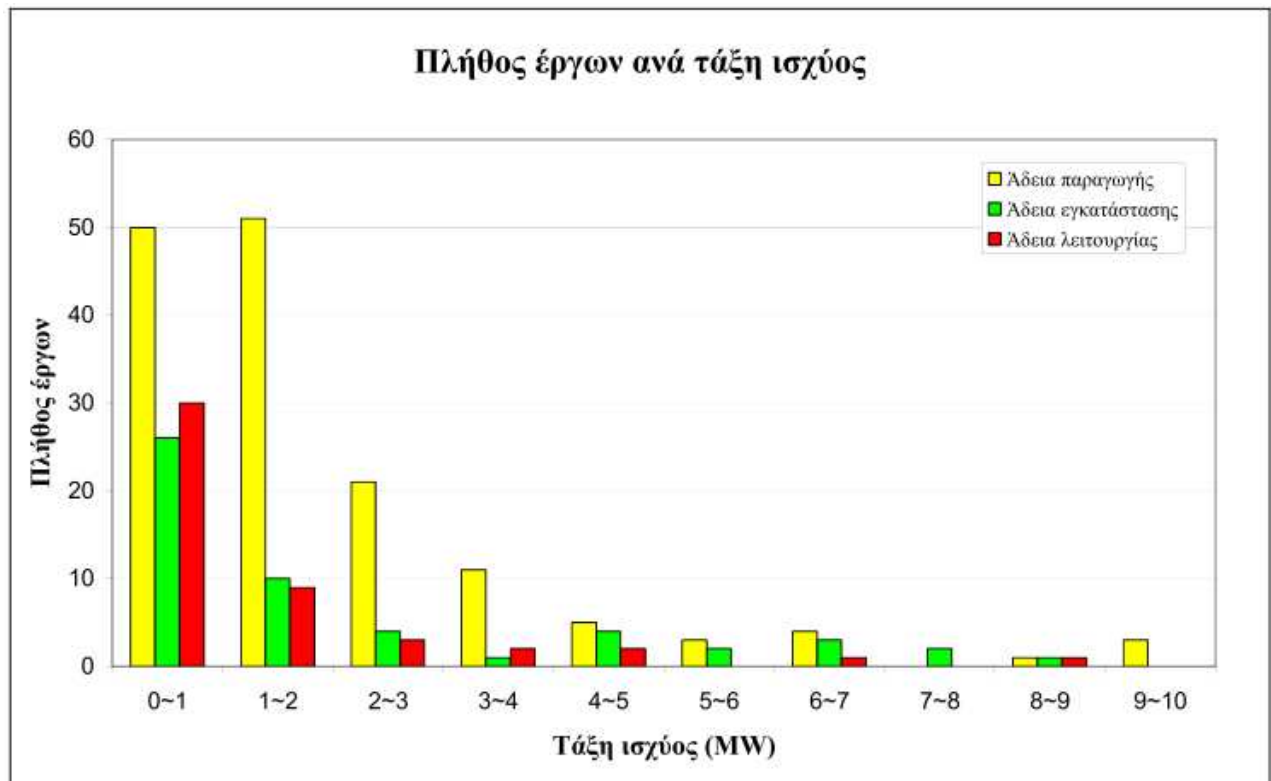
Όπως είναι φυσικό τα έργα με μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ συγκεντρώνονται στις υδρολογικά πλούσιες περιοχές. Στο Διάγραμμα 2.7 παρουσιάζεται η μέση ισχύς των Μ.Υ.Η.Ε. ανά περιφέρεια και στάδιο υλοποίησης. Η μέση ισχύς των έργων που έχουν άδεια παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας είναι 2.08, 2.26 και 1.53 MW αντίστοιχα. Σε επίπεδο περιφέρειας η Δυτική Μακεδονία και η Ήπειρος εμφανίζουν μέση ισχύ της τάξης των 3 MW ανεξαρτήτως σταδίου υλοποίησης, ενώ στις υπόλοιπες περιφέρειες το αντίστοιχο μέγεθος είναι μικρότερο ή ίσο των 2 MW.



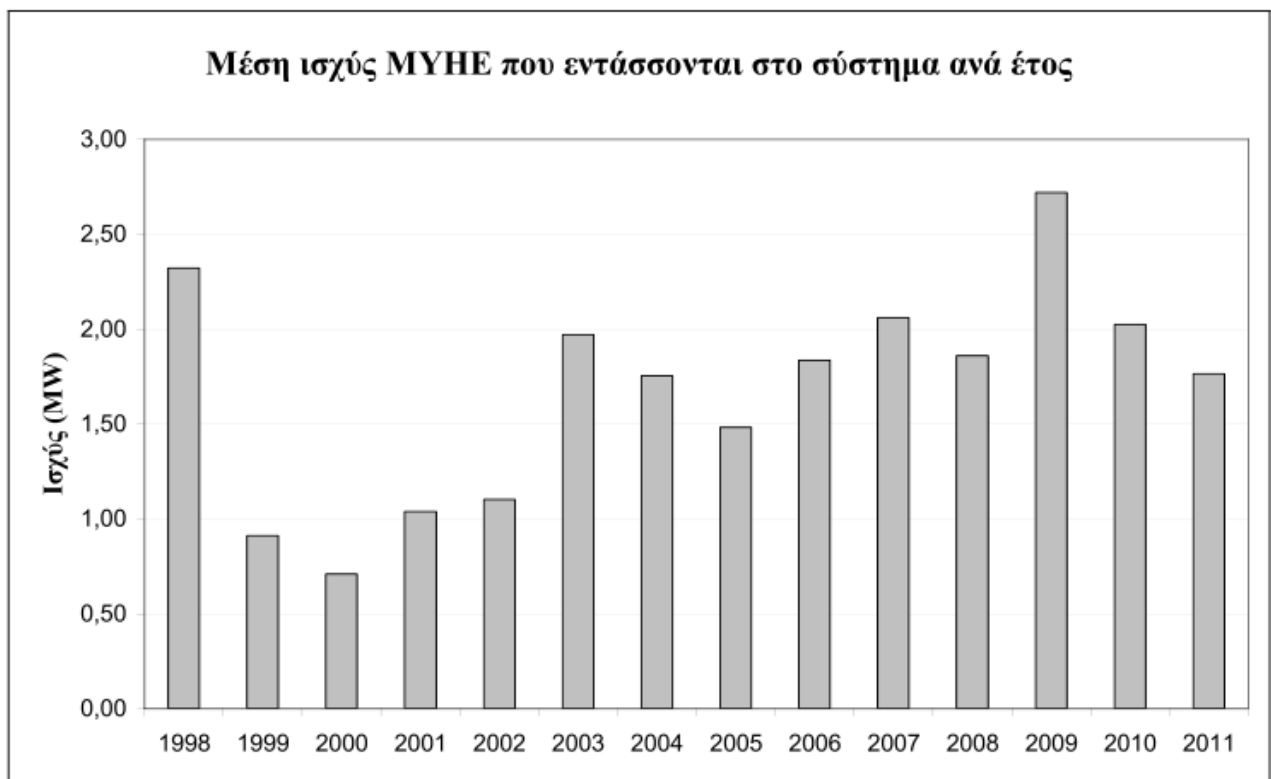
Διάγραμμα 2.7: Μέση ισχύς Μ.Υ.Η.Ε. ανά περιφέρεια και στάδιο υλοποίησης.

(Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.)

Στο Διάγραμμα 2.8 παρουσιάζεται το πλήθος έργων ανά τάξη ισχύος και στάδιο υλοποίησης. Όπως φαίνεται τα υπό ανάπτυξη έργα καταλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος ισχύος σε σχέση με αυτά που είναι ήδη σε λειτουργία. Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας είχε σαν αποτέλεσμα την αναζήτηση κατάλληλων τοποθεσιών από τους υποψηφίους επενδυτές και την αξιοποίηση των λεκανών με υψηλό ενεργειακό δυναμικό.



Διάγραμμα 2.8: Κατανομή έργων ανά τάξη ισχύος και στάδιο υλοποίησης (Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.).



Διάγραμμα 2.9: Μέση ισχύς Μ.Υ.Η.Ε. που εντάσσονται στο ενεργειακό σύστημα ανά έτος.

(Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.)

2.4.4 Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων

Σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε, προκύπτει αβίαστα το συμπέρασμα ότι η αγορά των Μ.Υ.Η.Ε. αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς, καθώς κινείται προς το στάδιο ωρίμανσης. Η απόδοση των νομοθετικών και θεσμικών ρυθμίσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την τελευταία πενταετία για τις Α.Π.Ε. είναι εμφανής και αναμένεται να αποδώσει σημαντικά αποτελέσματα εντός της επόμενης πενταετίας.

Απαραίτητη βέβαια προϋπόθεση για να συμβεί αυτό είναι η συνδυασμένη προσπάθεια για τη διεύθυνση των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα να συνεχιστεί εξίσου εντατικά. Θα πρέπει οι θεσμικοί εμπλεκόμενοι φορείς να προσαρμοστούν εγκαίρως στα δεδομένα της αγοράς και της νομοθεσίας και να ανταπεξέλθουν ικανοποιητικά στο σημαντικό φόρτο εργασίας που απορρέει από τις ανάγκες αδειοδότησης και παρακολούθησης των νέων έργων. Θα πρέπει επίσης ο συνολικός σχεδιασμός του Συστήματος Μεταφοράς να ακολουθήσει τους ταχείς ρυθμούς υλοποίησης νέων έργων, ώστε να αξιοποιείται άμεσα η παραγωγική τους δυνατότητα.

Η υφιστάμενη νομοθεσία έχει διαμορφώσει ευνοϊκό κλίμα για την προσέλκυση νέων επενδυτικών σχεδίων και τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την ταχεία υλοποίησή τους. Με τα σημερινά δεδομένα φαίνεται πως ο στόχος των 364 MW που έχει τεθεί για τα Μ.Υ.Η.Ε. ως το 2010 είναι εφικτός. Σύμφωνα με την «3η Εθνική Έκθεση για το Επίπεδο διεύθυνσης της Ανανεώσιμης Ενέργειας το 2010» του Υπουργείου Ανάπτυξης ωστόσο, η εθνική και κοινοτική χρηματοδότηση δεν θα καλύψει το σύνολο των έργων που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων. Αυτό είναι ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει και στον τομέα των Μ.Υ.Η.Ε..

Η πρόκληση για τις Α.Π.Ε. είναι η ένταξή τους στο ενεργειακό σύστημα να αποδεσμευτεί από την αναγκαιότητα των επιδοτήσεων. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να εφαρμοστούν καινοτόμες τεχνολογίες, μέσα από την επιστημονική έρευνα, που θα τις καταστούν περισσότερο αποδοτικές ενεργειακά και θα μειώσουν το κόστος παραγωγής ώστε να είναι πιο ανταγωνιστικές απέναντι στις συμβατικές μεθόδους ηλεκτροπαραγωγής. Το ίδιο ισχύει και για τα Μ.Υ.Η.Ε. σε αντίθεση με την κοινή πεποίθηση ότι η τεχνολογία των Μ.Υ.Η.Ε. δεν έχει σημαντικά περιθώρια εξέλιξης, υπάρχει διεθνώς σημαντική ερευνητική δραστηριότητα για την εξεύρεση οικονομικότερων υλικών και μεθόδων κατασκευής, τη βελτίωση της απόδοσης του Η/Μ εξοπλισμού και τη χρήση φιλικότερων προς το περιβάλλον τεχνολογιών.

Δεδομένου ότι ο κλάδος των Μ.Υ.Η.Ε. στην Ελλάδα τώρα αναπτύσσεται, θα πρέπει οι φορείς υλοποίησης να επωφεληθούν από την διεθνή επιστημονική εμπειρία. Ο μεγάλος όγκος έργων που μέλλεται να κατασκευαστούν θα πρέπει να υλοποιηθεί με βέλτιστους τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά όρους. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντικό να αξιοποιηθεί τόσο η διεθνής εμπειρία, όσο και η εγχώρια τεχνογνωσία που αποκτάται στην πορεία.

Παράλληλα η κατασκευή Μ.Υ.Η.Ε., με τη μεγάλη διασπορά σε πολλές μικρές υδρολογικές λεκάνες, είναι μια άριστη ευκαιρία για τη συλλογή πρωτογενούς υδρολογικής πληροφορίας, στα πλαίσια των εθνικών υποχρεώσεων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Τα τεχνικά έργα υδροληψίας μπορούν να αποτελέσουν την υποδομή για εγκατάσταση εξοπλισμού μέτρησης επιφανειακής απορροής και στερεοπαροχής, δύο κατηγορίες δεδομένων που θεωρούνται σήμερα σπάνιες.

Τα Μ.Υ.Η.Ε. είναι ένα πεδίο στο οποίο συμμετέχουν σχεδόν όλες οι ειδικότητες μηχανικών και πλήθος πολιτειακών και μη φορέων. Προκειμένου να προχωρήσει απρόσκοπτα η υλοποίησή τους χρειάζεται η ομαλή συνεργασία όλων των άμεσα εμπλεκόμενων και η συναίνεση των τοπικών κοινωνιών. Θα πρέπει να ενημερωθεί το ευρύ κοινό για την αναγκαιότητα των Α.Π.Ε. και να ενσωματωθεί στη νοοτροπία των πολιτών η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης. Παρότι το άμεσο οικονομικό κέρδος χρησιμοποιείται σήμερα ως μοχλός προώθησης των Α.Π.Ε., είναι σημαντικό να υπενθυμίζεται ότι απώτερος στόχος είναι η διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης και η προστασία του περιβάλλοντος.

2.5 Αρχή Λειτουργίας των Μ.Υ.Η.Ε.

Η αρχή λειτουργίας των Μ.Υ.Η.Ε. βασίζεται στην εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας των επιφανειακών νερών, με μετατροπή της αρχικά σε κινητική και εν συνεχεία σε ηλεκτρική ενέργεια, σύμφωνα με τους νόμους των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ενδεικτικά η διαδικασία μετατροπής της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική (περιστροφική κίνηση), μέσω του στροβίλου και σε ηλεκτρική, μέσω της γεννήτριας. Η ισχύς λειτουργίας, δηλαδή ο ρυθμός παραγωγής ενέργειας, της εγκατάστασης υπολογίζεται από τη σχέση :

$$I = \rho g Q H_{\text{net}}$$

όπου:

I η ισχύς λειτουργίας (KW)

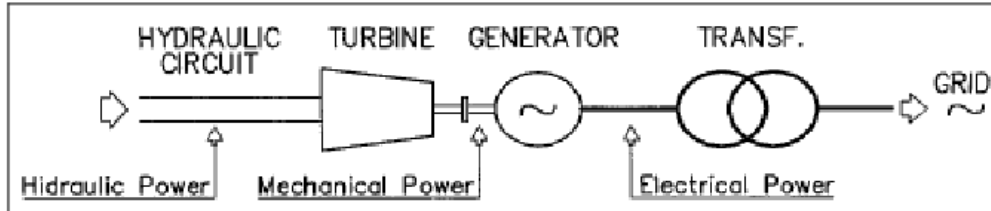
n ο βαθμός απόδοσης ($n = n_{\text{στροβίλου}} \cdot n_{\text{γεννήτριας}} \cdot n_{\text{μετασχηματιστή}}$)

ρ η πυκνότητα του νερού ($\approx 1.0 \text{ t/m}^3$)

g η επιτάχυνση της βαρύτητας ($\approx 9.81 \text{ m/s}^2$)

Q η διερχόμενη εκ του στροβίλου παροχή (m^3/s)

H_{net} το καθαρό ύψος πτώσης, αφού αφαιρεθούν οι γραμμικές και τοπικές απώλειες (m)



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα μετατροπής ενέργειας των Μ.Υ.Η.Ε.

(Πηγή: Ramos & Betamio, 1999).

Η παραγόμενη ενέργεια σε χρονικό διάστημα Δt υπολογίζεται με χρονική ολοκλήρωση της ισχύος λειτουργίας, σύμφωνα με τη σχέση:

$$E = \sum_{t=0}^{\Delta t} P \cdot dt$$

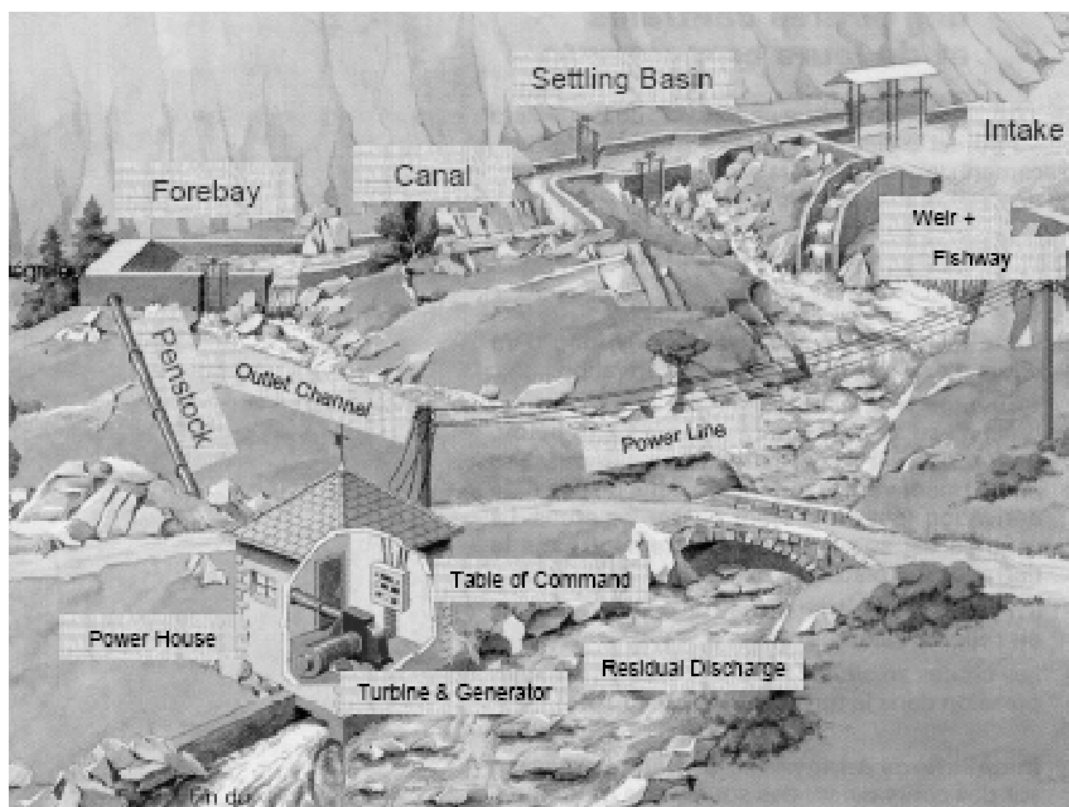
όπου:

E η παραγόμενη ενέργεια σε χρονικό διάστημα Δt (KWh)

P η ισχύς λειτουργίας για κάθε στοιχειώδες χρονικό διάστημα dt (KW)

dt το στοιχειώδες χρονικό διάστημα, για το οποίο η ισχύς θεωρείται σταθερή (h)

Η εγκατάσταση ενός Μ.Υ.Η.Ε. αξιοποιεί τη φυσική πτώση των επιφανειακών υδάτων, μέσω ενός υπό πίεση υδραυλικού συστήματος που διοχετεύει το νερό στο στρόβιλο. Στο Σχήμα 2.2 απεικονίζεται σκαριφηματικά η τυπική γενική διάταξη ενός Μ.Υ.Η.Ε.. Τα βασικά επιμέρους τεχνικά έργα, που παρουσιάζονται στη συνέχεια είναι η υδροληψία (intake), το σύστημα προσαγωγής και ο σταθμός παραγωγής (power house).



Σχήμα 2.2: Τυπικό σκαρίφημα γενικής διάταξης των έργων που συνθέτουν ένα M.Y.H.E. (Πηγή: Andaroodi, 2005)

2.5.1 Εκλογή Τοποθεσίας Εγκατάστασης M.Y.H.E.

Οι παράγοντες με βάση τους οποίους επιλέγεται η θέση εγκατάστασης ενός μικρού υδροηλεκτρικού εργοστασίου είναι οι ακόλουθοι:

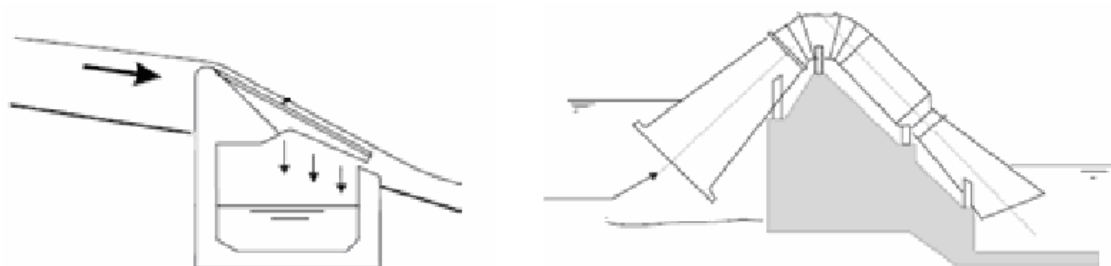
- **Παροχή του ποταμού:** Είναι αναγκαίο να υπάρχει πλήρης μελέτη παροχής του ποταμού. Οι εποχιακές διακυμάνσεις είναι ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει οπωσδήποτε να ληφθεί υπόψη.
- **Ύψος πτώσεως:** Το ύψος πτώσεως εξαρτάται από την γεωμετρία του χώρου εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού έργου.
- **Εκτίμηση διαθέσιμης ισχύος:** Η θεωρητική ισχύς που μπορεί να ληφθεί από 1 lt/sec που πέφτει από ύψος 1 m είναι 9,91 Nm/sec ή 9,81 Watts. Έτσι για παροχή 1 m³/sec η θεωρητική ισχύς που λαμβάνεται είναι 9810 Watts. Εάν Q είναι η παροχή σε m³/sec, H_n είναι το πραγματικό ύψος πτώσεως σε m, ρ είναι η πυκνότητα του νερού, g η επιτάχυνση της βαρύτητας, η η ολική απόδοση του στροβίλου και της γεννήτριας, τότε η λαμβανόμενη ισχύς από τον στρόβιλο είναι:

$$I = \eta \rho g Q H_n$$

2.5.2 Τεχνικά Έργα Υδροληψίας

Το πρώτο εν σειρά, από ανάντη, έργο είναι το τεχνικό υδροληψίας με το οποίο αποσπάται η ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη παροχή από το φυσικό υδατόρευμα ή, γενικότερα από την πηγή ύδατος. Οι κύριοι τύποι υδροληψίας είναι η ορεινή (tyrolean intake), η πλευρική (side intake) και η υδροληψία τύπου σίφωνα (siphon intake). Οι δύο πρώτοι τύποι εφαρμόζονται συνήθως όταν το νερό προέρχεται από φυσικό υδατόρευμα, ενώ ο τρίτος εφαρμόζεται σε περιπτώσεις αξιοποίησης νερού από υφιστάμενο ταμιευτήρα ή κανάλι. Στο Σχήμα 2.3 παρουσιάζονται μία τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου και τύπου σίφωνα.

Μία σημαντική ειδοποιός διαφορά των Μ.Υ.Η.Ε. από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, εκτός του τυπικού ορίου των 10 MW εγκατεστημένης ισχύος, έγκειται στον τρόπο λειτουργίας της υδροληψίας. Ο αναβαθμός που κατασκευάζεται στις υδροληψίες των Μ.Υ.Η.Ε. έχει πολύ μικρό ύψος και δε στοχεύει στην αναρρύθμιση της φυσικής απορροής με τη δημιουργία ταμιευτήρα, αλλά στη διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών για τη διοχέτευση της απαιτούμενης παροχής στο σύστημα προσαγωγής.



Σχήμα 2.3: Τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου (αριστερά) και τύπου σίφωνα (δεξιά)
(Πηγή: ESHA, 1998).

Η υδροληψία είναι σχεδιασμένη ώστε ένα μέρος της παροχής (οικολογική παροχή) να αποδίδεται απευθείας στο φυσικό υδατόρευμα, προκειμένου να διατηρούνται ικανές συνθήκες επιβίωσης για το παρόχθιο οικοσύστημα. Όπου απαιτείται κατασκευάζεται ειδικό τεχνικό για τη διευκόλυνση της μετακίνησης των ψαριών κατά μήκος της κοίτης (ιχθυόσκαλα, fish ladder). Στις πλευρικές υδροληψίες προβλέπεται η ενσωμάτωση θυροφραγμάτων στον αναβαθμό για την εκκένωση των φερτών, ώστε σε κάθε περίπτωση να μη παρεμποδίζεται η στερεομεταφορά κατά μήκος της κοίτης. Με επίπεδο αναφοράς την υφιστάμενη κοίτη, κυμαίνεται στο διάστημα 0-5 m.

Αφού αποσπαστεί από την κοίτη το νερό διοχετεύεται με ελεύθερη ροή στη δεξαμενή καθίζησης ή εξαμμωτή (desilter), με εξαίρεση τις υδροληψίες τύπου σίφωνα, όπου δεν

απαιτείται τεχνικό εξάμωσης. Η δεξαμενή καθίζησης έχει κατάλληλες διαστάσεις ώστε να εξασφαλίζεται η κατακράτηση της ελάχιστης διάστασης κόκκου φερτών, η οποία καθορίζεται από τις προδιαγραφές του στροβίλου.

Σε συνέχεια του εξαμωτή βρίσκεται η δεξαμενή φόρτισης (forebay), η οποία σχεδιάζεται ώστε να εξασφαλίζονται οι κατάλληλες υδραυλικές συνθήκες εισόδου στον υπό πίεση αγωγό προσαγωγής. Βασικό κριτήριο για το σχεδιασμό της δεξαμενής φόρτισης είναι η μη εισροή αέρα στον αγωγό προσαγωγής, που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σπηλαιώσης.

2.5.3 Το σύστημα προσαγωγής

Το βασικό τεχνικό έργο του συστήματος προσαγωγής είναι ο αγωγός, μέσω του οποίου μεταφέρεται η παροχή στο στρόβιλο. Το υλικό κατασκευής και οι διαστάσεις του αγωγού επιλέγονται με τεχνοοικονομικά κριτήρια, επιδιώκεται δηλαδή η βέλτιστη οικονομικά λύση που πληροί συγκεκριμένα τεχνικά κριτήρια σχεδιασμού. Η όδευση του αγωγού εξαρτάται από τη θέση της δεξαμενής φόρτισης και του σταθμού παραγωγής, την υφιστάμενη τοπογραφία και τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Το μήκος του μπορεί να είναι από μερικές εκατοντάδες μέτρα έως μερικά χιλιόμετρα.

Τα συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ο χάλυβας, συνθετικά υλικά (PVC, GRP), οπλισμένο ή άοπλο σκυρόδεμα (σήραγγες) και, σπανιότερα, ξύλο. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού σχετίζεται με τις επιτόπου συνθήκες εγκατάστασης, τις αναμενόμενες καταπονήσεις και τα διατιθέμενα μέσα και κατασκευαστικές δυνατότητες. Βασικά κριτήρια για την επιλογή διαμέτρου είναι ο περιορισμός των υδραυλικών απωλειών και του κόστους, καθώς και η διατήρηση της ταχύτητας σε συγκεκριμένα επίπεδα¹ (1~5 m/s). Προκειμένου να μειωθεί το κόστος μεταφοράς συχνά επιλέγονται δύο ή τρεις διαφορετικές κατηγορίες διαμέτρου και οι μικρότεροι σωλήνες τοποθετούνται μέσα στους μεγαλύτερους κατά τη μεταφορά (nesting).

Η εγκατάσταση του αγωγού μπορεί να είναι υπόγεια ή επιφανειακή, με πιο συνηθισμένη την πρώτη. Ο αγωγός τοποθετείται συνήθως σε σκάμμα και επανεπιχώνεται, τόσο για περιβαλλοντικούς λόγους, όσο και για προστασία από φυσική ή ανθρωπογενή φθορά. Παράλληλα στον αγωγό προσαγωγής τοποθετούνται και οι απαραίτητες καλωδιώσεις για τον τηλεέλεγχο των θυροφραγμάτων της υδροληψίας από το σταθμό παραγωγής.

Απαραίτητα συνοδευτικά τεχνικά έργα του αγωγού είναι οι εξαεριστικές βαλβίδες και οι βαλβίδες εκκένωσης φερτών, στα ψηλά και χαμηλά σημεία της χάραξης αντίστοιχα και το

σύστημα αντιπληγματικής προστασίας, εφόσον είναι απαραίτητο. Σε συνθήκες απότομης εκκίνησης ή παύσης της λειτουργίας (απόρριψη φορτίου) μπορεί να αναπτυχθούν στον αγωγό υποπίεσεις ή υπερπίεσεις πολλαπλάσιες της στατικής, λόγω μεταβατικών δυναμικών φαινομένων που συνοψίζονται στον όρο υδραυλικό πλήγμα. Η ένταση του πλήγματος, που μπορεί να είναι καταστρεπτικό, εξαρτάται από τον τύπο στροβίλου, το μήκος, τη διατομή και το υλικό του αγωγού και τις συνθήκες εκκίνησης και παύσης. Οι συνήθεις κατασκευές περιορισμού του πλήγματος είναι οι βαλβίδες ανακούφισης, οι δεξαμενές και οι πύργοι ανάπλασης.

Οι μεγάλες πιέσεις που αναπτύσσονται στον αγωγό, συμπεριλαμβανομένων των υπερπίεσεων λόγω πλήγματος, έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη σημαντικών ωστικών δυνάμεων (thrust forces) στις θέσεις όπου υπάρχουν γωνίες ή αλλαγές διαμέτρου. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ευστάθεια του αγωγού και, εφόσον είναι αυτοφερόμενος, να περιοριστούν οι τάσεις στα τοιχώματα, κατασκευάζονται σώματα αγκύρωσης (thrust blocks) από σκυρόδεμα με τα οποία μεταφέρονται οι ωθήσεις στο έδαφος. Οι διαστάσεις των σωμάτων αγκύρωσης εξαρτώνται από την εσωτερική πίεση σχεδιασμού, τη διάμετρο του αγωγού και τις υφιστάμενες εδαφικές συνθήκες.

2.5.4 Ο σταθμός παραγωγής

Ο σταθμός παραγωγής είναι ο χώρος όπου τερματίζει το σύστημα προσαγωγής και εγκαθίσταται ο ηλεκτρομηχανολογικός (Η/Μ) εξοπλισμός, δηλαδή οι στρόβιλοι, οι γεννήτριες, οι μετασχηματιστές και ο εξοπλισμός παρακολούθησης και ελέγχου του έργου. Ο τύπος και το πλήθος των στροβίλων επιλέγεται ανάλογα με τα μεγέθη σχεδιασμού (παροχή, ύψος πτώσης) και το βέλτιστο σενάριο λειτουργίας του σταθμού. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι στροβίλων είναι οι Francis, Kaplan, Pelton και Turgo. Από αυτούς οι δύο πρώτοι χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρά και μεσαία ύψη πτώσης και μεγάλες παροχές, ενώ οι δύο τελευταίοι για μεγάλα ύψη πτώσης και έχουν μεγάλο εύρος παροχών λειτουργίας.

Η διάταξη του σταθμού παραγωγής εξαρτάται από την υφιστάμενη τοπογραφία, τις συνθήκες ροής του φυσικού υδατορεύματος και τον τύπο του Η/Μ εξοπλισμού. Η χωροθέτηση του εξοπλισμού είναι διαφορετική για στρόβιλο οριζοντίου, κατακόρυφου και διαγώνιου άξονα. Ο σταθμός παραγωγής μπορεί να είναι υπόγειος ή επιφανειακός. Στη δεύτερη περίπτωση ο όγκος και η χωροθέτηση του σταθμού υπόκεινται στους όρους δόμησης της περιοχής και πρέπει να τηρούνται συγκεκριμένες αποστάσεις από τα όρια του οικοπέδου και την οριογραμμή του υδατορεύματος.

Μετά την έξοδο από το στρόβιλο το νερό αποδίδεται στη φυσική ροή του υδατορεύματος μέσω της διώρυγας φυγής (outlet channel). Η διώρυγα φυγής είναι σχεδιασμένη ώστε να διατηρούνται ομαλές συνθήκες ελεύθερης ροής και να αποφεύγεται το φαινόμενο της σπηλαίωσης, όταν πρόκειται για στρόβιλους αντίδρασης (Karlan, Francis).

2.5.5 Υδροστρόβιλοι

2.5.5.1 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη των υδροστροβίλων

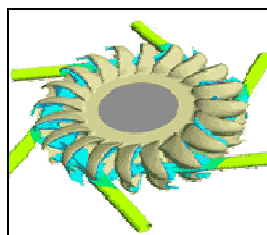
Οι υδροστρόβιλοι αποτελούν αντικείμενο μελέτης και εκμετάλλευσης εδώ και χιλιάδες χρόνια. Πρόδρομος των σύγχρονων υδροστροβίλων είναι ο νερόμυλος, μια κατασκευή της οποίας οι ρίζες εντοπίζονται στην αρχαία Ελλάδα και εν συνεχεία συναντάται κατά την περίοδο του Μεσαίωνα στην Ευρώπη.

Ο Γάλλος Benoit Fourneyron ήταν ο πρώτος ο οποίος ανέπτυξε έναν επιτυχημένο εμπορικά υδροστρόβιλο. Ο James B. Francis σχεδίασε τον πρώτο υδροστρόβιλο ακτινικής ροής, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα εξαιτίας της εξαιρετικής του απόδοσης. Ο υδροστρόβιλος τύπου Pelton, ο οποίος πήρε το όνομά του από τον Lester A. Pelton, άρχισε να χρησιμοποιείται κατά το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα. Το 1913 ο Victor Kaplan παρουσίασε την ιδέα του για την κατασκευή υδροστροβίλου με προπέλα. Αν και έχει χρησιμοποιηθεί ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικής μορφής υδροστροβίλων, οι τρεις τύποι που αναφέρθηκαν προηγουμένως έχουν επικρατήσει και χρησιμοποιούνται ευρύτατα ακόμα και στις μέρες μας στις περισσότερες εφαρμογές υδροηλεκτρικών μονάδων. Στις φωτογραφίες που ακολουθούν απεικονίζονται οι τρεις προαναφερθέντες τύποι υδροστροβίλων.



Εικόνα 2.2:

Υδροστρόβιλος Francis



Εικόνα 2.3:

Υδροστρόβιλος Pelton



Εικόνα 2.4:

Υδροστρόβιλος Kaplan

(Πηγή: www.hydrosolarenergy.gr)

2.5.5.2 Ορισμοί – Πεδίο εφαρμογών

Οι υδροστρόβιλοι είναι οι μηχανές μέσω των οποίων μετατρέπεται η ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια, δηλαδή σε κινητήρια ροπή στη στρεφόμενη άτρακτο της

περωτής. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων, το διακινούμενο υγρό είναι το φυσικό νερό και η ενέργεια την οποία διαθέτει είναι η δυναμική ενέργεια που εκφράζεται από τη στάθμη του ως προς τη στάθμη της θάλασσας.

Γενικά, ένας υδροστροβίλος αποτελείται από ένα πτερυγιοφόρο τροχό τοποθετημένο καταλλήλως μέσα σε κέλυφος με αγωγό προσαγωγής και απαγωγής. Η εν λόγω διάταξη τοποθετείται σε κατάλληλη θέση της υδατόπτωσης που είναι προς εκμετάλλευση. Το νερό που πέφτει εισαγόμενο με πίεση μέσα στον υδροστροβίλο προσκρούει πάνω στα πτερύγια και προκαλεί την κίνησή του. Οι υδροστροβίλοι αποτελούν την τελειότερη μορφή υδροκινητήρων και κατέχουν ιδιαίτερη θέση μεταξύ των άλλων στροβίλων (ατμοστροβίλων, κ.τ.λ.), αλλά μεταξύ και των ίδιων των κινητηρίων μηχανών.

Χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας, την οποία μας δίνει η υψομετρική διαφορά μιας υδάτινης πτώσης, σε μηχανικό έργο το οποίο στη συνέχεια με τη βοήθεια δυναμοηλεκτρικών μηχανών μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Από άποψη απόδοσης των υδροστροβίλων επιτυγχάνονται σήμερα πολύ καλά αποτελέσματα. Η απόδοσή τους είναι δυνατόν να φτάσει μέχρι και 90%. Η δε αποκτώμενη ισχύς είναι δυνατό να μεταδοθεί απευθείας είτε με μάντες στον άξονα εγκατεστημένων επί τόπου διαφόρων μηχανημάτων είτε ακόμη, μέσω γεννητριών, να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μεταφέρεται με τις γραμμές υψηλής τάσης σε μεγάλες αποστάσεις.

2.5.5.3 Διάκριση των υδροστροβίλων - Τύποι

Οι υδροστροβίλοι διακρίνονται καταρχήν με κριτήριο το βαθμό αντίδρασης. Ένας υδροστροβίλος καλείται δράσεως όταν η εσωτερική στεφάνη κινείται λόγω πλήξεως, την οποία υφίσταται το νερό. Στην περίπτωση αυτή το νερό δρα επί της στεφάνης με την κινητική του ενέργεια. Στους υδροστροβίλους του τύπου αυτού η θλιπτική ενέργεια του νερού μετατρέπεται εξολοκλήρου σε κινητική. Ο μόνος τύπος υδροστροβίλου δράσης που έχει επικρατήσει είναι ο υδροστροβίλος τύπου Pelton.

Αντίθετα όταν το νερό δρα με πίεση λόγω του φορτίου του, τότε ο υδροκινητήρας καλείται αντιδράσεως. Σ' αυτούς η σταθερή διανέμουσα στεφάνη μετατρέπει μερικώς την πτώση σε ταχύτητα. Οι υδροστροβίλοι αντίδρασης είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρη η πτερωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά, ενώ οι υδροστροβίλοι δράσης (βαθμός αντίδρασης ίσος με το μηδέν), είναι μερικής προσβολής και σε κάθε χρονική στιγμή μόνο τμήμα της πτερωτής συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή.

Οι υδροστρόβιλοι αντίδρασης που έχουν επικρατήσει είναι οι υδροστρόβιλοι τύπου Francis, για μεσαίες τιμές της υδραυλικής πτώσης ($H = 50$ έως 500 m περίπου), οι υδροστρόβιλοι τύπου Deriaz διαγώνιας ροής, και διάφορες διαμορφώσεις υδροστροβίλων αξονικής ροής, για μικρές τιμές της υδραυλικής πτώσης ($H < 50$ m περίπου), όπως Kaplan, βολβοειδής (bulb), σωληνωτός (tube), δακτυλίου κ.λ.π. Από την κατάταξη αυτή γίνεται εμφανής η διαφοροποίηση που σχετίζεται με τη διαθέσιμη υδραυλική πτώση.

Οι υδροστρόβιλοι τύπου Francis είναι ακτινικής και μικτής ροής κατάλληλοι για μεσαίες τιμές της υδραυλικής πτώσης ($H = 50$ έως 500 m περίπου), ενώ οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής (Kaplan κ.α.) είναι κατάλληλοι για την αξιοποίηση μικρών υδραυλικών πτώσεων ($H < 50$ m περίπου).

Από κατασκευαστικής πλευράς, χωρίς να υπάρχει παρά μικρή επίπτωση σε ορισμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά, μπορεί να γίνει διάκριση σε υδροστροβίλους οριζόντιου άξονα και υδροστροβίλους κατακόρυφου άξονα.

Γενικά, ένας υδροστρόβιλος είτε είναι «ολόκλειστος» όπως είναι οι τύποι Francis και Kaplan, είτε τμηματόκλειστος όπως ο τύπος Pelton, αποτελείται από τη διάταξη προσαγωγής και από ένα δρομέα ή στρεφόμενο τροχό. Αυτός αποτελείται από δύο ομόκεντρες στεφάνες, μία σταθερή και μία κινητή. Η δεύτερη στεφάνη στρέφεται μαζί με τον άξονα του κινητήρα, ο οποίος είναι κατακόρυφος, σπανιότερα δε οριζόντιος ή κεκλιμένος. Οι στεφάνες αυτές φέρουν σειρά δοχείων, τα οποία καλούνται κώπες, καμπύλης ή σωληνοειδούς μορφής για καταμερισμό του νερού και για να αποκτήσει το νερό την πιο συμφέρουσα ταχύτητα κατά την κυκλοφορία του στον υδροστρόβιλο με σκοπό την αύξηση της απόδοσης του κινητήρα. Η σταθερή στεφάνη καλείται διανεμούσα, καθοδηγούσα ή απλώς στεφάνη διανομής. Αυτό γιατί με αυτή καταμερίζεται το εισερχόμενο στον στρόβιλο νερό που καθοδηγείται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εισέρχεται με μια εφαπτομενική ταχύτητα μέσα στα δοχεία της κινητής στεφάνης που βρίσκεται κάτω από τη σταθερή. Η κινητή στεφάνη καλείται δρομέας ή απλώς δέκτης. Η δεύτερη αυτή στεφάνη δέχεται την ενέργεια του νερού, το οποίο και αλλάζει κατεύθυνση ροής μέσα σ' αυτήν. Η διανεμούσα στεφάνη φέρει κώπες με κλίση ρυθμίσιμη, με τη βοήθεια των οποίων μετατρέπεται η πτώση σε ταχύτητα.

Με κριτήριο την καθοδήγηση του νερού, οι υδροστρόβιλοι διακρίνονται σε: (α) αξονικούς, (β) ακτινωτούς και (γ) μικτούς, ενώ με βάση την πίεση διακρίνονται σε: (α) υδροστροβίλους υψηλής πίεσης, (β) υδροστροβίλους μέσης πίεσης και (γ) υδροστροβίλους χαμηλής πίεσης.

Ένας στρόβιλος καλείται αξονικός όταν το νερό οδηγείται κατά τέτοιον τρόπο στην κινητή στεφάνη, ώστε η κυκλοφορία του να γίνεται με κατεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα του κινητήρα.

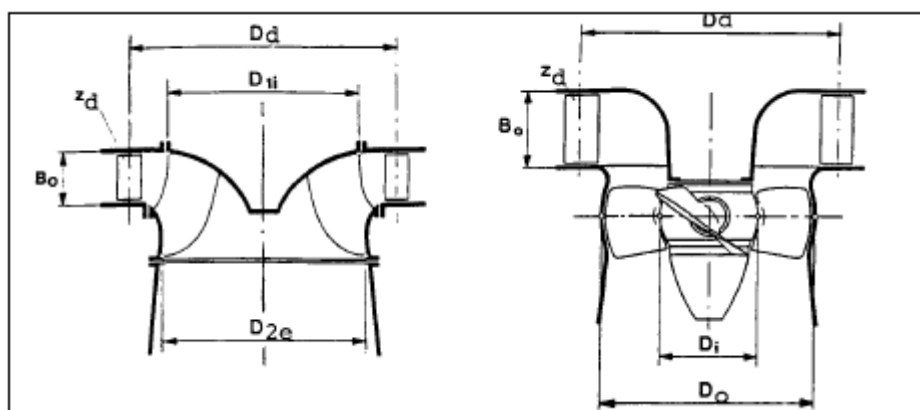
Εάν όμως η προσαγωγή του νερού δεν γίνεται παράλληλα με τον άξονα, αλλά κατά διεύθυνση ακτινωτή, δηλαδή κάθετη προς αυτόν, τότε ο υδροστρόβιλος καλείται ακτινωτός. Στους υδροστρόβιλους του τύπου αυτού η απαγωγή του νερού από την κινητή στεφάνη γίνεται κατά οποιαδήποτε κατεύθυνση. Ειδικότερα στην περίπτωση αυτή των ακτινωτών στρόβιλων διακρίνουμε δύο τύπους: (α) τον κεντρομόλο και (β) τον φυγοκεντρικό. Όταν τα υγρά μόρια του νερού κατά την εντός του κινητήρα κυκλοφορία κατευθύνονται προς τον άξονα, ο στρόβιλος καλείται κεντρομόλος, ενώ, όταν αυτά απομακρύνονται, φυγοκεντρικός.

Τέλος, ένας υδροστρόβιλος καλείται μικτός, όταν η κυκλοφορία του νερού μέσα στον κινητήρα γίνεται εν μέρει παράλληλα προς τον άξονά του και εν μέρει κάθετα. Είναι η περίπτωση κατά την οποία στις κόπες της οδηγήτριας στεφάνης δίνεται μορφή σύνθετης καμπύλης και μάλιστα ελικοειδούς.

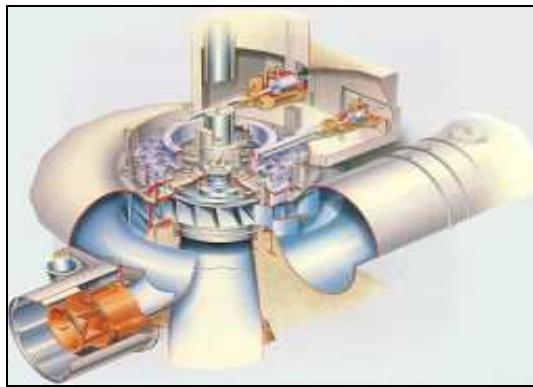
Η θέση του άξονα των υδροστρόβιλων (οριζόντιος – κατακόρυφος), η εξωτερική διαμόρφωσή τους και ο τρόπος ζεύξεώς τους με την ηλεκτρογεννήτρια, δηλαδή εάν αυτή είναι κατευθείαν ή μέσω μεταδόσεως κινήσεως, αποτελούν τους κύριους παράγοντες με τη βοήθεια των οποίων χαρακτηρίζεται η μορφή και η διάταξη ενός υδροστρόβιλου.

2.5.5.4 Περιγραφή των υδροστρόβιλων αντίδρασης

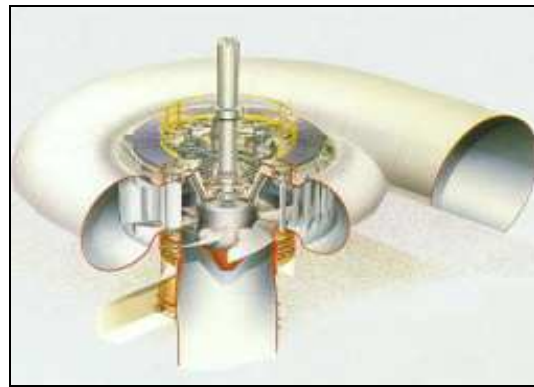
Οι κύριοι τύποι υδροστρόβιλων αντίδρασης είναι ο υδροστρόβιλος Francis, ακτινικής και μικτής ροής, ο υδροστρόβιλος διαγώνιας ροής τύπου Deriaz και οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής, όπως ο τύπος Kaplan, οι οποίοι εικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2.5: Κύριοι τύποι υδροστρόβιλων αντίδρασης (Πηγή: Σούλης, 1995).



Εικόνα 2.6: Υδροστρόβιλος τύπου Francis

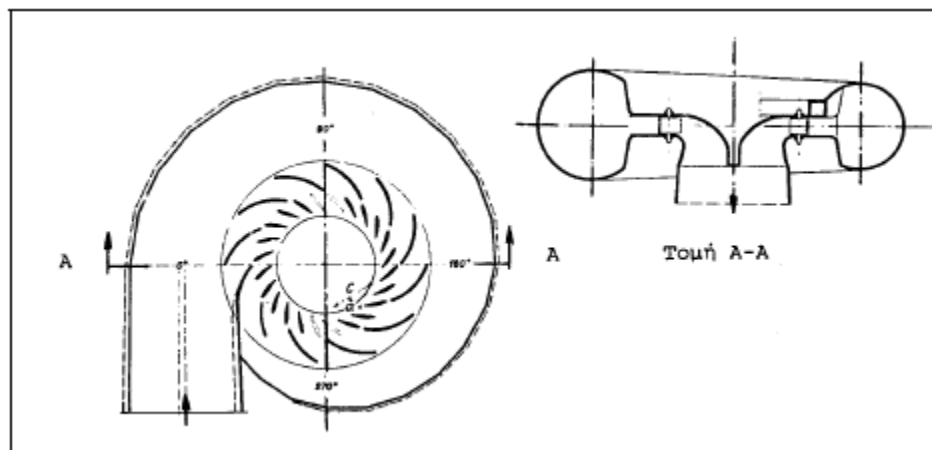


Εικόνα 2.7: Υδροστρόβιλος τύπου Kaplan

(Πηγή: Σούλης, 1995)

Η ροή στους υδροστρόβιλους αντίδρασης διαμέσου της περωτής γίνεται με παράλληλη μεταβολή της στατικής πίεσης και γι' αυτό οι περωτές τους είναι ολικής προσβολής, δηλαδή λειτουργούν ομοιόμορφα κατά την περιφερειακή διεύθυνση.

Με σκοπό την επίτευξη της ομοιόμορφης τροφοδοσίας και λειτουργίας της περωτής, το τμήμα εισόδου περιβάλλει την περωτή και, για τον ίδιο λόγο όπως στις φυγόκεντρες αντλίες, έχει τη μορφή σπειροειδούς κελύφους, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



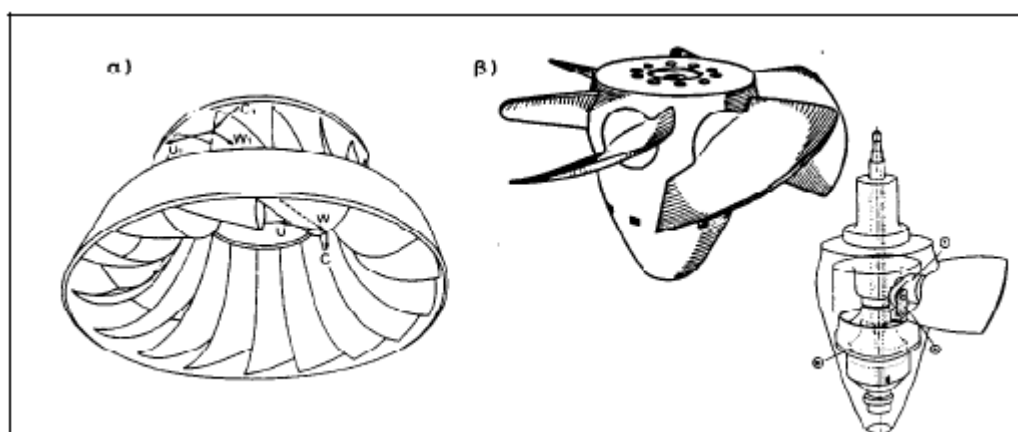
Εικόνα 2.8: Τομή περωτής υδροστρόβιλου αντίδρασης (Πηγή: Σούλης, 1995).

Η στρεφόμενη περωτή αποτελεί το τμήμα του υδροστρόβιλου που μετατρέπει την ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια, δηλαδή το τμήμα στο οποίο αναπτύσσεται μηχανική κινητήρια ροπή.

Τα πτερύγια της περωτής των υδροστροβίλων Francis εκτείνονται μεταξύ της πλήμνης και της στεφάνης στην οποία είναι πακτωμένα. Αυξάνεται έτσι η μηχανική στιβαρότητα της κατασκευής και η αντοχή στις δυνάμεις που αναπτύσσονται στα πτερύγια από τη διερχόμενη ροή. 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, στις περωτές αξονικής ροής, κατάλληλες για την αξιοποίηση μικρών υδραυλικών πτώσεων, οι δυνάμεις είναι μικρότερες και με σκοπό τη μείωση των υδραυλικών απωλειών τριβής, οι φέρουσες επιφάνειες των πτερυγίων (στις οποίες αναπτύσσονται οι ροπές και οι δυνάμεις) περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατό, διαμορφώνοντας την περωτή με τη μορφή έλικας: η ροή είναι αξονική και τα πτερύγια έχουν μορφή προβόλου και περιστρέφονται.

Τα πτερύγια των υδροστροβίλων αξονικής ροής έχουν τη δυνατότητα περιστροφής (ως προς την πλήμνη) έτσι ώστε να μεταβάλλεται η κλίση τους ως προς τη σχετική ροή. Από κατασκευαστικής πλευράς, η ικανοποίηση αυτής της δυνατότητας περιστροφής αυξάνει σημαντικά το κόστος και την πολυπλοκότητα της μηχανής, από την άλλη πλευρά όμως δίνει στον υδροστρόβιλο το πλεονέκτημα λειτουργίας με καλό βαθμό απόδοσης σε εκτεταμένη περιοχή λειτουργίας, ακόμη και με σημαντική διακύμανση της υδραυλικής πτώσης. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται σχηματικές μορφές περωτών υδροστροβίλων Francis και αξονικής ροής.



Εικόνα 2.9: Σχηματικές μορφές περωτών υδροστροβίλου α) Francis και β) Αξονικής ροής (Πηγή: Σούλης, 1995).

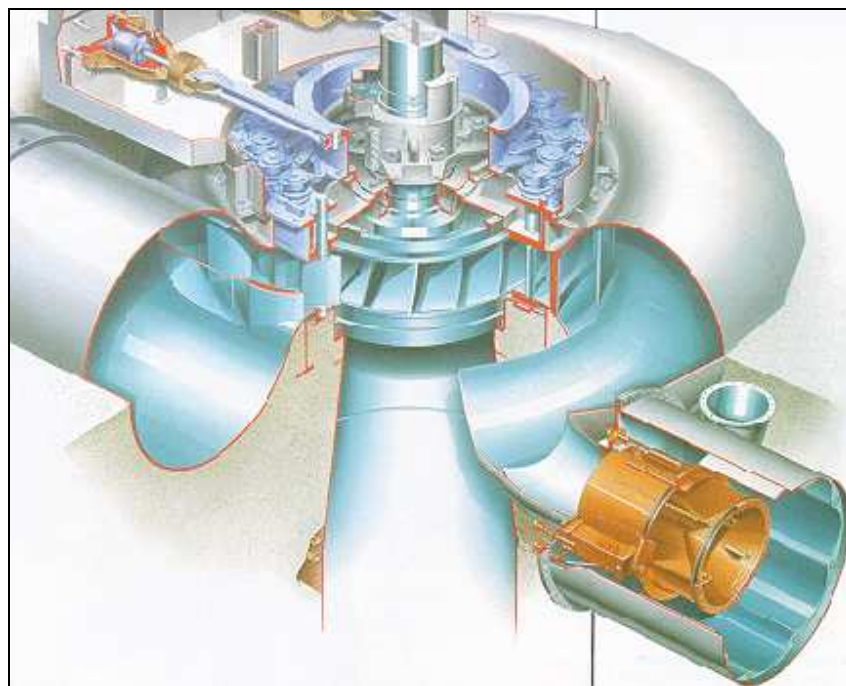
Τέλος, το τμήμα εξόδου (ή αγωγός απαγωγής) έχει ως σκοπό την επιβράδυνση του υγρού και την οδήγησή του προς την έξοδο. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο αγωγός απαγωγής έχει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία και το βαθμό απόδοσης του υδροστροβίλου.

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

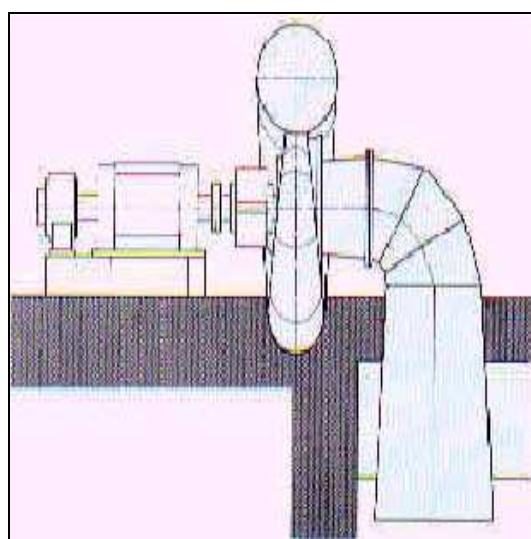
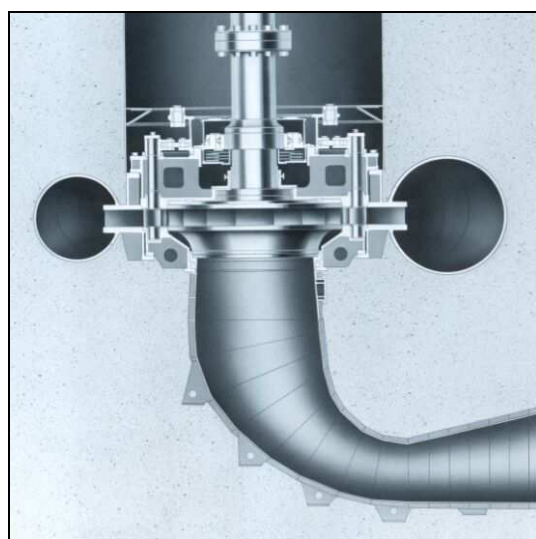
2.5.5.5 Υδροστρόβιλος τύπου Francis

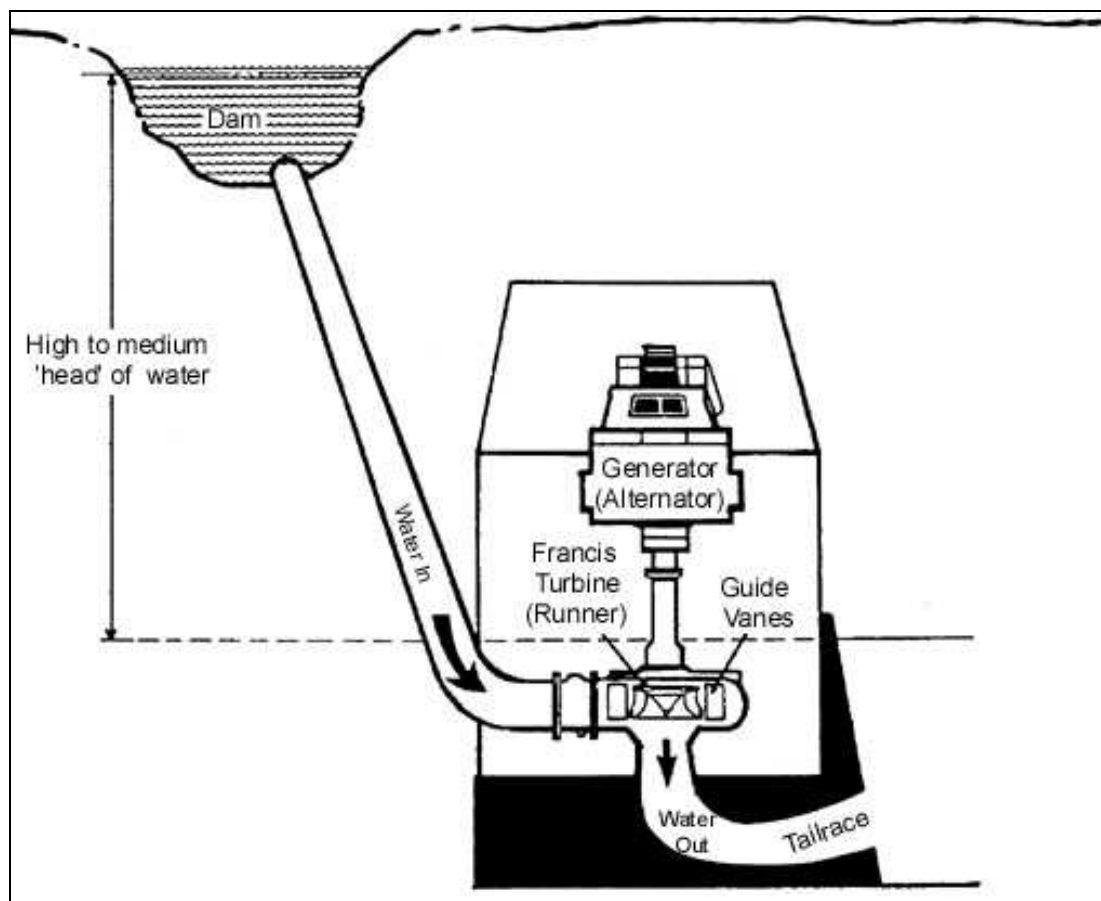
Οι υδροστρόβιλοι τύπου Francis είναι οι πλέον διαδεδομένοι υδροστρόβιλοι και η εξέλιξή τους την τελευταία δεκαετία έχει διευρύνει σημαντικά το φάσμα των πιθανών εφαρμογών. Αυτή η πρόοδος, η οποία υποκινείται από την ανάγκη για τη βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας, κατέστη εφικτή ως αποτέλεσμα της αναπτυσσόμενης τεχνογνωσίας σχετικά με τη ροή του νερού σε υδροστροβίλους και άλλα υδραυλικά φαινόμενα.

Ο υδροστρόβιλος Francis είναι ένας μικτού τύπου ροής στρόβιλος με ακτινική εισαγωγή νερού και αξονική εκροή. Αυτός ο τύπος υδροστρόβιλου χρησιμοποιείται για πιεζομετρικά φορτία μεταξύ 10 και 100 m. Η ουσιώδης διαφορά σε σύγκριση με τον υδροστρόβιλο τύπου Pelton, έγκειται στο γεγονός ότι στους υδροστροβίλους τύπου Francis (αλλά και σε εκείνους του τύπου Kaplan), ο κινητήρας είναι εντελώς βυθισμένος στο νερό και ότι τόσο η πίεση όσο και η ταχύτητα του νερού μειώνονται από την είσοδο στην έξοδο.



Εικόνα 2.10: Υδροστρόβιλος τύπου Francis (Πηγή: Σούλης, 1995).





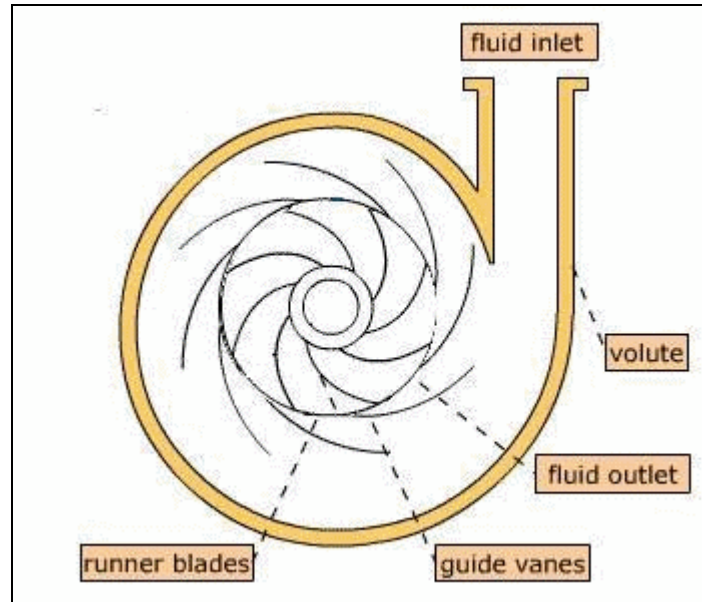
Εικόνα 2.11: Διαμόρφωση υδροστροβίλων τύπου Francis

(Πηγή: www.energotech.gr)

Αρχικά, το νερό εισέρχεται στη σπείρα, η οποία είναι ένα δακτυλιοειδές κανάλι που περιβάλλει τον κινητήρα, και στη συνέχεια ρέει μεταξύ των σταθερών κατευθυντήριων βανών, οι οποίες προσδίδουν στο νερό τη βέλτιστη διεύθυνση ροής. Έπειτα, εισέρχεται στον κινητήρα, ο οποίος είναι πλήρως βυθισμένος και αλλάζει την ορμή του νερού, γεγονός το οποίο προκαλεί αντίδραση στο στρόβιλο. Το νερό ρέει ακτινικά προς το κέντρο. Ο κινητήρας εξασφαλίζεται με καμπύλα πτερύγια, χάρη στα οποία το νερό διεισδύει. Τα κατευθυντήρια πτερύγια είναι τόσο τακτοποιημένα έτσι ώστε η ενέργεια του νερού να μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια και να μην καταναλώνεται σε φαινόμενα στροβιλισμού και άλλα ανεπιθύμητα φαινόμενα ροής που προκαλούν απώλειες ενέργειας. Τα κατευθυντήρια πτερύγια είναι συνήθως προσαρτημένα έτσι ώστε να εξασφαλίζουν κάποιο βαθμό προσαρμοστικότητας στις μεταβολές της ροής του νερού και στο φορτίο του στροβίλου.

Τα κατευθυντήρια πτερύγια στον υδροστρόβιλο τύπου Francis είναι εκείνα τα οποία κατευθύνουν τη ροή του νερού, όπως ακριβώς και το ακροφύσιο του τροχού Pelton. Το νερό εκφορτίζεται διαμέσου μιας εξόδου από το κέντρο του στροβίλου. Στο σχεδιασμό και την

κατασκευή, οι στρόβιλοι Francis είναι περισσότερο πολύπλοκοι συγκριτικά με τους στροβίλους τύπου Pelton, απαιτώντας συγκεκριμένο σχεδιασμό για κάθε περίπτωση πιεζομετρικού φορτίου και ροής.



Εικόνα 2.12: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες υδροστροβίλου τύπου Francis

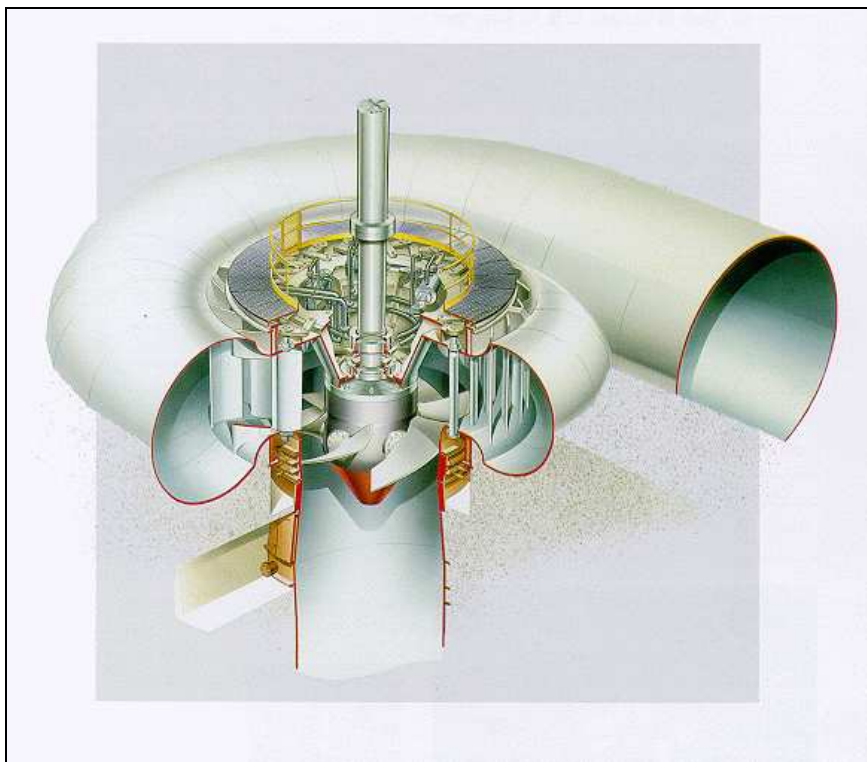
(Πηγή: www.geocities.com)

Με τη χρήση ενός υδροστροβίλου τύπου Francis, η πίεση κατάντη μπορεί να είναι πάνω από το μηδέν. Θα πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση του φαινομένου του υδραυλικού πλήγματος που πιθανόν να παρουσιαστεί σ' αυτό το είδος στροβίλου. Αν και οι στρόβιλοι έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν αποδοτικά στην προκαθορισμένη ταχύτητα σχεδιασμού, λιγότερο νερό ρέει διαμέσου του στροβίλου κατά τη διάρκεια αύξησης της ταχύτητας. Για την αντιμετώπιση του υδραυλικού πλήγματος εξαιτίας της απότομης αλλαγής της ροής, τοποθετούνται βαλβίδες ανακούφισης της πίεσης. Επιπροσθέτως, μειώνοντας την αύξηση της πίεσης, οι βαλβίδες ανακούφισης της πίεσης αποτρέπουν τη συσσώρευση φερτών στους σωλήνες εξαιτίας του υδραυλικού πλήγματος.

Η μεγάλη ποικιλία σχεδιασμού στροβίλων τύπου Francis επιτρέπει την κάλυψη ενός μεγάλου φάσματος πιεζομετρικών φορτίων που κυμαίνονται από 30 έως 700 m περίπου. Οι πιο ισχυροί υδροστροβίλοι Francis αποδίδουν περισσότερα από 800 MW και εκμεταλλεύονται σημαντικά ποσά υδάτινων αποθεμάτων.

2.5.5.6 Υδροστρόβιλος τύπου Kaplan

Η αυξανόμενη ζήτηση για μεγαλύτερες τιμές της ισχύος κατά τη διάρκεια των πρώτων ετών του 20^{ου} αιώνα, οδήγησε στην επινόηση του στροβίλου Kaplan, ο οποίος θεωρείται κατάλληλος στις περιπτώσεις χαμηλών πιεζομετρικών φορτίων (περίπου 3 – 9 m) και υψηλών τιμών ροής του νερού. Η ιδέα βασίστηκε σε μία προπέλα, η οποία λειτουργεί όπως μία προπέλα πλοίου, αλλά αντίστροφα. Στον υδροστρόβιλο Kaplan, το νερό ρέει διαμέσου της προπέλας και θέτει τον έλικα σε περιστροφή. Η περιοχή διαμέσου της οποίας κινείται το νερό επιδιώκεται να καταλαμβάνει τη μέγιστη δυνατή επιφάνεια και για το λόγο αυτό οι υδροστρόβιλοι τύπου Kaplan θεωρούνται κατάλληλοι για ροές μεγάλου όγκου και πιεζομετρικού φορτίου μόνο μερικών μέτρων.



Εικόνα 2.13: Υδροστρόβιλος τύπου Kaplan (Πηγή: Σούλης, 1995).

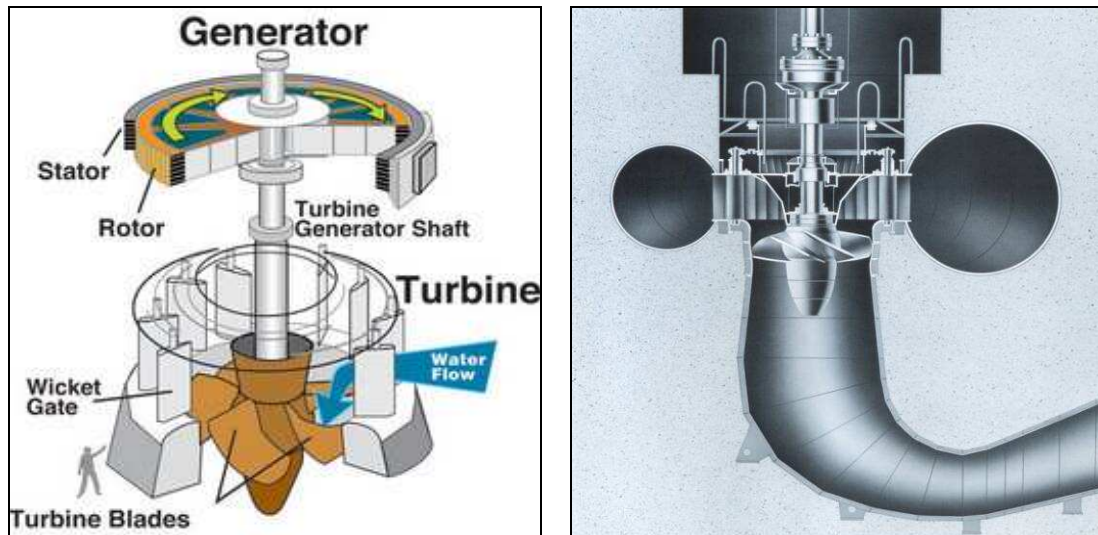
Το νερό εισέρχεται πλευρικά στο στρόβιλο, εκτρέπεται από τα κατευθυντήρια περύγια και ρέει αξονικά μέσω της προπέλας. Για το λόγο αυτό, οι μηχανές αυτές αναφέρονται και ως στρόβιλοι αξονικής ροής. Έναντι των στροβίλων ακτινικής ροής πλεονεκτούν σε ό,τι αφορά στην τεχνολογική προσαρμοστικότητα της γωνίας των περυγίων όταν η ζήτηση σε ισχύ αλλάζει, γεγονός το οποίο συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης της παραγόμενης ισχύος.

Το ποσό του νερού που ρέει διαμέσου του υδροστροβίλου, μπορεί να ελεγχθεί μεταβάλλοντας την απόσταση μεταξύ των κατευθυντήριων πτερυγίων. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να προσαρμοστεί κατάλληλα και ο αριθμός των πτερυγίων της προπέλας. Κάθε ρύθμιση των κατευθυντήριων βανών αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη ρύθμιση των πτερυγίων της προπέλας με σκοπό να επιτυγχάνεται κάθε φορά η μέγιστη απόδοση. Σημαντικό χαρακτηριστικό αποτελεί το γεγονός ότι η ταχύτητα του πτερυγίου είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του νερού. Το στοιχείο αυτό επιτρέπει ταχύτατη περιστροφή ακόμη και για σχετικά χαμηλές ταχύτητες του νερού.

Τα πτερύγια του υδροστροβίλου Kaplan είναι ρυθμιζόμενα σε κλίση και μπορούν να χειριστούν αποτελεσματικά μεγάλες αποκλίσεις ροής. Παρουσιάζουν αποδοτικότητα μεγαλύτερη του 90% και χρησιμοποιούνται πλέον αντί των υδροστροβίλων τύπου Francis. Είναι, όμως, σχετικά ακριβοί και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε μεγάλες εγκαταστάσεις.

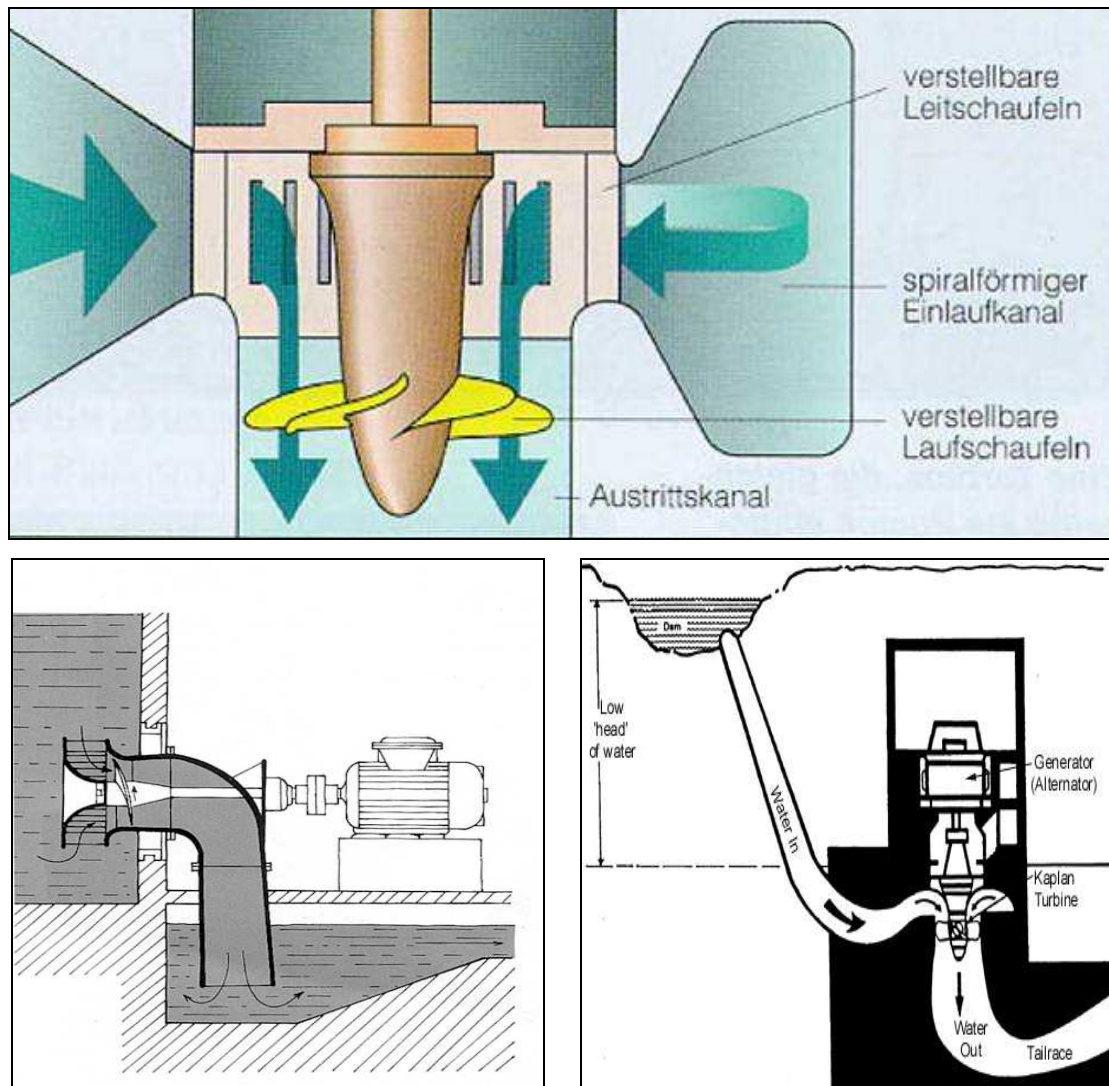
Οι υδροστροβίλοι Kaplan κατασκευάζονται σε διάφορα σχέδια. Οι εφαρμογές τους περιορίζονται, κατά κύριο λόγο, σε πιεζομετρικά φορτία από 1 m έως περίπου 30 m. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, απαιτείται μια σχετικά μεγάλη ροή σε σύγκριση με στροβίλους υψηλών πιεζομετρικών φορτίων για να επιτευχθεί η επιθυμητή απόδοση. Για τους λόγους αυτούς, άλλωστε, οι στροβίλοι τύπου Kaplan είναι συγκριτικά μεγαλύτεροι.

Ο υδροστροβίλος τύπου Kaplan είναι ο πλέον κατάλληλος για έργα με χαμηλό πιεζομετρικό φορτίο και σημαντική ποσότητα εκροής. Εξαιτίας των προσαρτημένων κινητών πτερυγίων, προσφέρει το σημαντικό πλεονέκτημα της υψηλής απόδοσης ακόμα και σε κλίμακα μερικού φορτίου. Ως αποτέλεσμα της σύγχρονης τεχνολογικής προόδου, το φάσμα των εφαρμογών του υδροστροβίλου τύπου Kaplan έχει διευρυνθεί σε πολυάριθμες υδάτινες πηγές κυρίως λόγω οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Εξαιτίας των προσαρτημένων πτερυγίων, η κατασκευή του υδροστροβίλου Kaplan κατέστη φυσιολογικά περισσότερο πολύπλοκη. Ο λειτουργικός μηχανισμός αποτελείται από μια κεφαλή πίεσης, ένα σερβοκινητήρα και το λειτουργικό μοχλό πτερυγίου στο εσωτερικό του άξονα.



Εικόνα 2.14: Τομές υδροστροβίλων τύπου Καρλαν

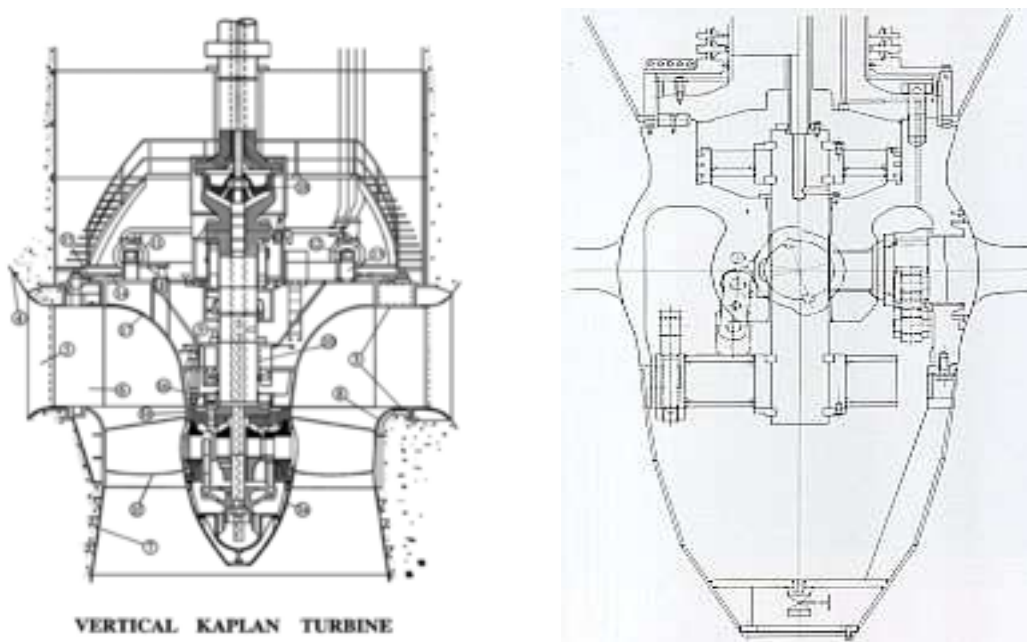
(Πηγή: www.toshiba.co.jp)



Εικόνα 2.15: Διαμόρφωση υδροστροβίλων τύπου Καρλαν

(Πηγή: <http://sfrang.com/historia/selida625.htm>)

Τα κινητά πτερύγια είναι κατασκευασμένα να προσαρμόζονται απαλά στις γωνίες των πτερυγίων με ένα μηχανισμό σύνδεσης. Ο μηχανισμός τους είναι τοποθετημένος στο εσωτερικό του κινητήριου διανομέα. Το εσωτερικό του μηχανισμού λιπαίνεται από ένα υψηλής ποιότητας λιπαντικό έλαιο, το οποίο πληρώνει τον κινητήριου διανομέα. Η ειδική συσκευασία τοποθετείται μεταξύ του κινητήριου διανομέα και του στελέχους του πτερυγίου με σκοπό να αποτραπεί η διείσδυση νερού εξωτερικά του διανομέα και η διαρροή του λιπαντικού υγρού, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα 2.16: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες υδροστροβίλου τύπου Kaplan
(Πηγή: Σούλης, 1995)

Η πίεση της κεφαλής λαδιού τροφοδοτεί το σερβοκινητήρα και συνεισφέρει στην ανάδρασή του. Συνήθως, εγκαθίσταται στην κορυφή της γεννήτριας. Το κινητήριο πτερύγιο του σερβοκινητήρα εγκαθίσταται μεταξύ του κύριου άξονα του στροβίλου και του άξονα της γεννήτριας ή στο εσωτερικό του κινητήρα διανομής. Η κατάλληλη θέση του σερβοκινητήρα υπαγορεύεται από μηχανολογικούς παράγοντες.

2.5.5.7 Γενική περιγραφή των υδροστροβίλων δράσης – Εφαρμογή σε υδροστρόβιλο τύπου Pelton

Οι υδροστρόβιλοι δράσης χαρακτηρίζονται ως υδροστρόβιλοι μερικής προσβολής. Σε περιπτώσεις πολύ υψηλής ενέργειας ανά μονάδα μάζας του ρευστού και σε συνδυασμό με

μικρές σχετικά παροχές είναι προτιμότερη για διάφορους οικονομοτεχνικούς λόγους η διαμόρφωση τέτοιων στροβίλων.

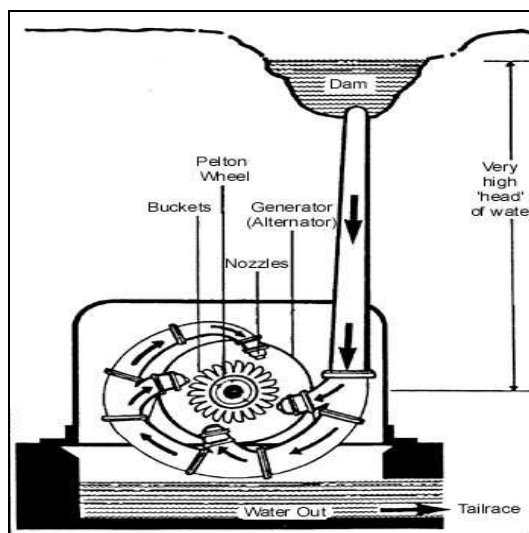
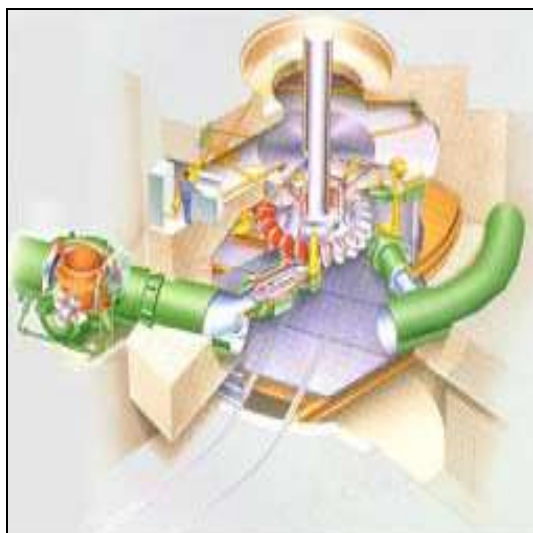
Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους είναι προτιμότερη η διαμόρφωση στροβίλων μερικής προσβολής στις μεγάλες τιμές ενέργειας του ρευστού ανά μονάδα μάζας είναι οι ακόλουθοι:

- Η ταχύτητα της ροής είναι πολύ υψηλή, στοιχείο το οποίο σε συνδυασμό με τις μικρές παροχές, άρα τις μικρές διατομές, έχει ως αποτέλεσμα την υπερβολική αύξηση των απωλειών λόγω τριβής στο εσωτερικό της μηχανής, άρα τη μείωση του βαθμού απόδοσης.
- Η τιμή της στατικής πίεσης είναι πολύ υψηλή, με αποτέλεσμα να γίνεται προβληματική η αντοχή του τμήματος εισόδου εάν αυτό ήταν μορφής σπειροειδούς κελύφους (περίπτωση υδροστροβίλου Francis), το οποίο αποτελεί και το ογκοδέστερο 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 στην περωτή θα είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση των ογκομετρικών απωλειών στο εσωτερικό της μηχανής εάν αυτή ήταν ολικής προσβολής.

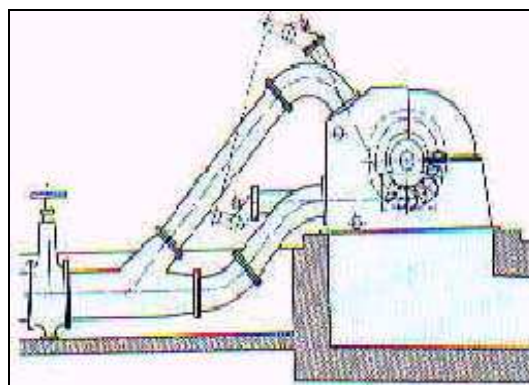
2.5.5.8 Υδροστρόβιλος τύπου Pelton

Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, είναι προτιμότερη η διαμόρφωση ενός στροβίλου δράσης και συγκεκριμένα ενός υδροστροβίλου τύπου Pelton. Οι υδροστρόβιλοι Pelton κατασκευάζονται τόσο για πολύ μικρές τιμές της ισχύος (της τάξης των KW) όσο και για πολύ μεγάλες (της τάξης των εκατοντάδων MW).

Συνήθως, οι υδροστρόβιλοι Pelton χρησιμοποιούνται για μεγάλα πιεζομετρικά φορτία, ενώ δεν ενδείκνυται η χρήση τους σε χαμηλότερα πιεζομετρικά φορτία εξαιτίας των μικρών αναπτυσσόμενων περιστροφικών ταχυτήτων. Εάν το μέγεθος του κινητήρα και η χαμηλή ταχύτητα δεν αποτελούν τροχοπέδη για μια συγκεκριμένη εγκατάσταση, τότε ο υδροστρόβιλος Pelton μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά και σε σχετικά χαμηλά πιεζομετρικά φορτία.



Εικόνα 2.17: Υδροστρόβιλοι τύπου Pelton (Πηγή: Σούλης, 1995).



Εικόνα 2.18: Πτερωτή υδροστρόβιλου Pelton

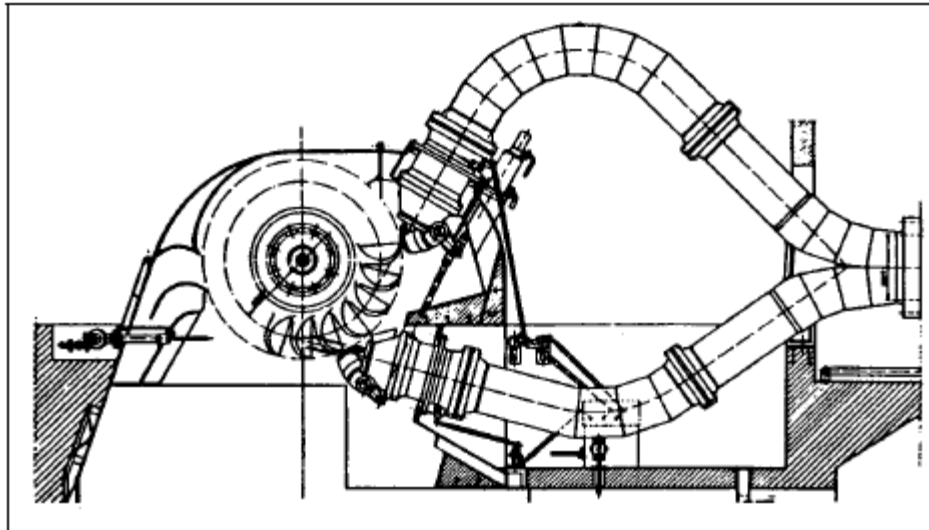
Εικόνα 2.19: Τομή υδροστρόβιλου Pelton

(Πηγή: www.energotech.gr)

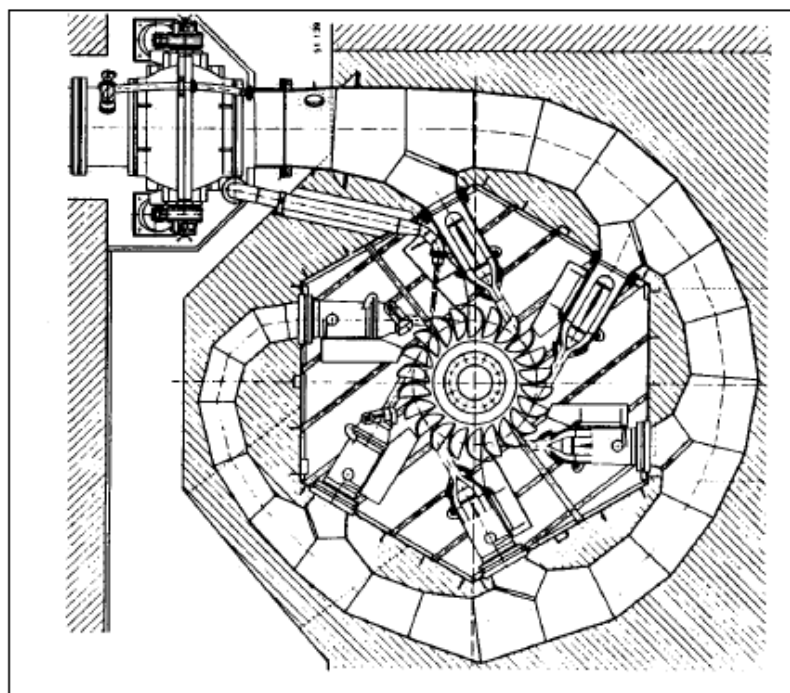
Το τμήμα εισόδου του υδροστρόβιλου Pelton αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας, σκοπός των οποίων είναι η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε μηχανική, σχηματίζοντας το καθένα δέσμη κυκλικής διατομής. Κάθε δέσμη προσπίπτει στην πτερωτή, δίνοντας σε αυτή μια ώθηση κατά την περιφερειακή διεύθυνση, που δημιουργεί την κινητήρια ροπή. Φυσικά, η πτερωτή είναι τοποθετημένη κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η δέσμη του νερού, μετά την πρόσπτωσής της στην πτερωτή, να πέφτει με τη βαρύτητα στην ελεύθερη επιφάνεια της δώρυγας φυγής.

Ο άξονας της πτερωτής 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, είναι προτιμότερη η

κατακόρυφη διάταξη του άξονα, ώστε όλα τα ακροφύσια να μην βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και να μην παρενοχλείται η λειτουργία τους από τα απόνερα των σκαφιδίων. Στα παρακάτω σχήματα δίνονται διατάξεις υδροστροβίλων Pelton οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα με δύο και περισσότερες δέσμες.



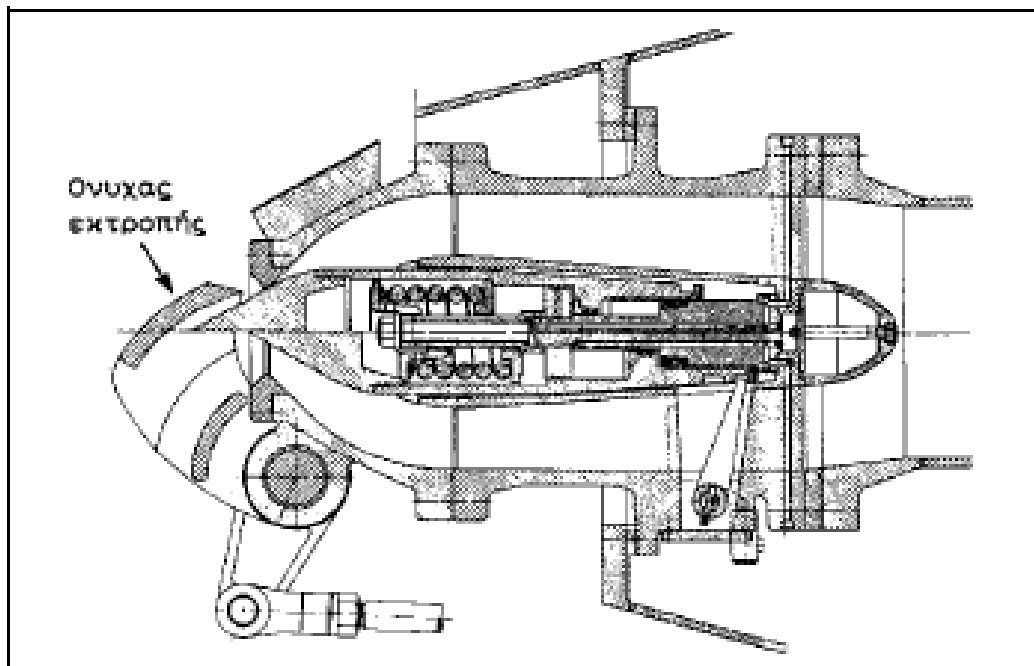
Εικόνα 2.20: Διάταξη υδροστροβίλου Pelton οριζόντιου άξονα με δύο δέσμες
(Πηγή: Σούλης, 1995).



Εικόνα 2.21: Διάταξη υδροστροβίλου Pelton κατακόρυφου άξονα με περισσότερες δέσμες (Πηγή: Σούλης, 1995)

Τμήμα εισόδου

Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου Pelton αρχίζει από τη σφαιρική βάνα στο άκρο του αγωγού προσαγωγής και καταλήγει στο ή στα ακροφύσια τροφοδοσίας. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται τομή ακροφυσίου Pelton: η ρύθμιση της παροχής επιτυγχάνεται μέσω βελόνης, η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφυσίου μέσω υδραυλικού, συνήθως, συστήματος.



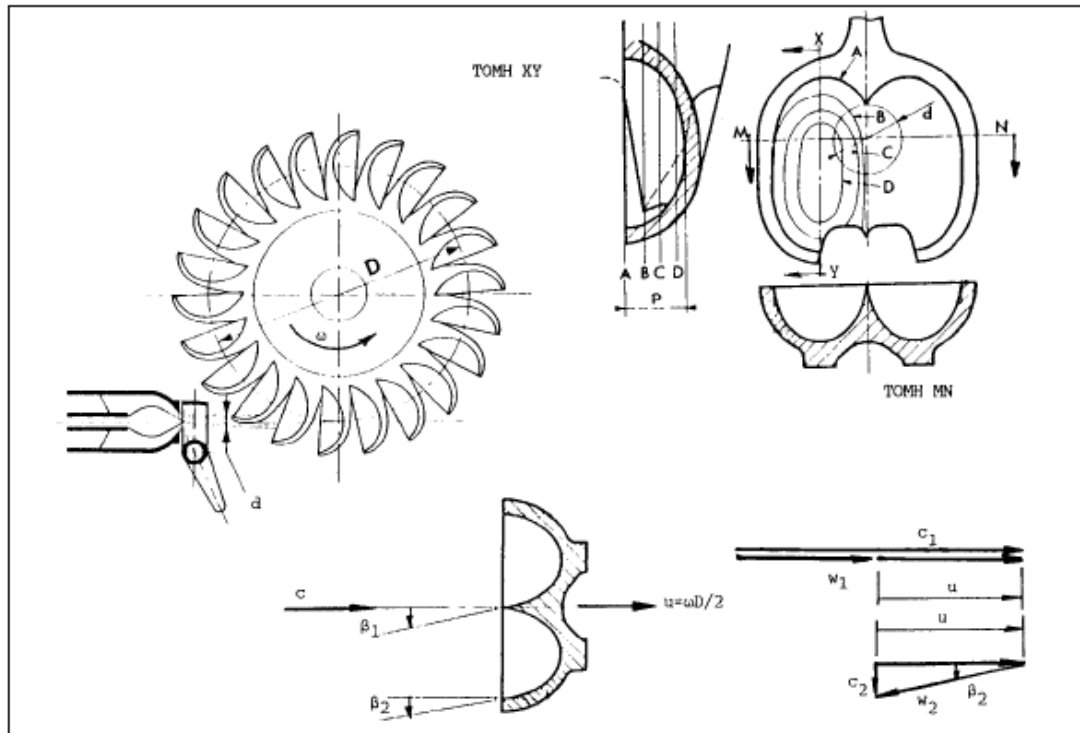
Εικόνα 2.22: Τομή ακροφυσίου Pelton (Πηγή: Σούλης, 1995).

Με τη μετακίνηση της βελόνης μεταβάλλεται η διατομή διέλευσης της παροχής, διάμετρος της δέσμης και άρα μεταβάλλεται αντίστοιχα η παροχή. Η όλη κατασκευή του ακροφυσίου είναι πολύ στιβαρή λόγω της μεγάλης τιμής της στατικής πίεσης και των μεγάλων ταχυτήτων στη διατομή εξόδου του ακροφυσίου.

Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου υπάρχει όνυχας εκτροπής της δέσμης, αμέσως μετά τη διατομή εξόδου του ακροφυσίου. Ο όνυχας εκτρέπει τη δέσμη, η οποία δεν προσπίπτει πλέον στην πτερωτή και στη συνέχεια η παροχή της μειώνεται (μέσω κλεισίματος της βελόνης) με ρυθμό που έχει υπολογιστεί έτσι ώστε η υπερπίεση λόγω του φαινομένου του υδραυλικού πλήγματος να μην ξεπερνά τις επιτρεπόμενες τιμές.

Πτερωτή

Η πτερωτή Pelton φέρει κατά την περιφέρεια σκαφίδια, των οποίων η διαμόρφωση δίνεται στα παρακάτω σχήματα:



Εικόνα 2.23: Διαμόρφωση σκαφιδίων πτερωτής Pelton

(Πηγή: www.geocities.com)

Η πτερωτή κατασκευάζεται είτε ολόσωμη, είτε τα σκαφίδια είναι ανεξάρτητα και προσαρμόζονται στην πτερωτή μέσω κοχλίωσης και κωνικής ασφάλειας. Λόγω των πολύ ισχυρών δυνάμεων που δέχονται τα σκαφίδια και της διάβρωσης που υφίστανται από τη ροή,

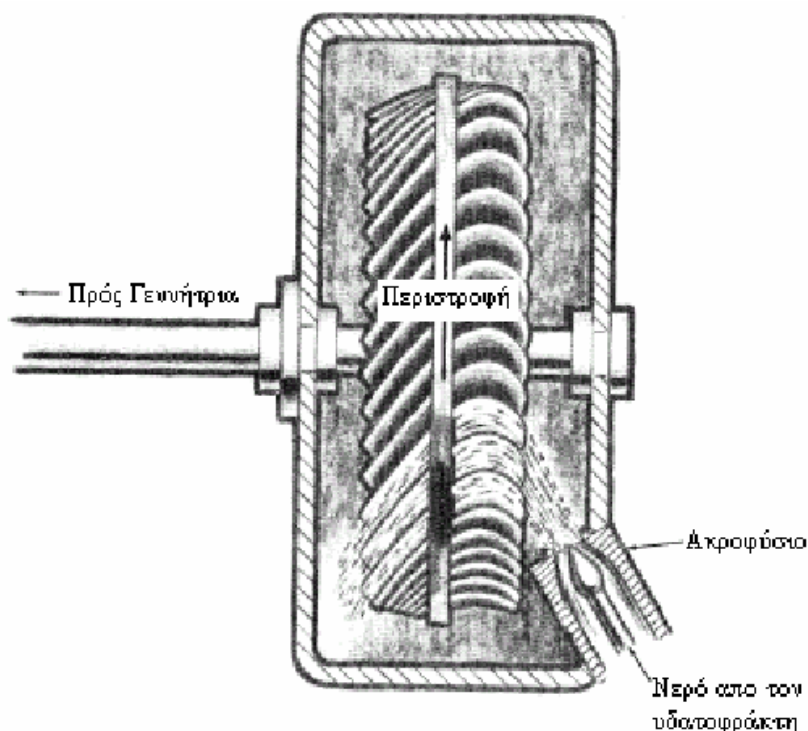
κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα. Στην περίπτωση ολόσωμης κατασκευής, ολόκληρη η περωτή κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα. Η διάμετρος της περωτής είναι συνάρτηση του πλήθους και των διαστάσεων των σκαφιδίων, ενώ το πλήθος των σκαφιδίων κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 20 και 22.

Τμήμα εξόδου

Το τμήμα εξόδου οδηγεί το νερό που πέφτει από την περωτή στη διώρυγα απαγωγής και στη συνέχεια στον ταμιευτήρα. Με το τμήμα εξόδου συνδέεται και το τμήμα του υδροστροβίλου που συγκεντρώνει τα νερά που εκτοξεύονται από την περωτή προς διάφορες διευθύνσεις, 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.

2.5.5.9 Υδροστρόβιλος τύπου Turgo

Ο υδροστρόβιλος Turgo είναι ένας υδροστρόβιλος δράσεως, ο οποίος δύναται να διαχειριστεί μεγαλύτερες τιμές παροχής νερού, σε σχέση με τον υδροστρόβιλο Pelton. Περισσότερα και μακρύτερα ακροφύσια τοποθετούνται γύρω από την περιφέρεια του δρομέα, προκειμένου να οδηγήσουν τη ροή να τα αφήσει.



Εικόνα 2.24: Υδροστρόβιλος Turgo (1) (Πηγή: Σούλης, 1995).

Ένα πλεονέκτημα του υδροστρόβιλου Turgo είναι ότι, για την ίδια υδραυλική ισχύ και για την ίδια διάμετρο δρομέα, η ταχύτητα είναι περίπου η διπλάσια, πάντα σε σχέση με τον υδροστρόβιλο Pelton. Εδώ ο βαθμός απόδοσης μπορεί να αγγίξει τιμές όπως 92% και παραμένει υψηλός ακόμα και για παροχές ίσες με το 25% της παροχής σχεδίασης.



Εικόνα 2.25: Υδροστρόβιλος Turgo (2) (Πηγή: www.geocities.com)

2.5.5.10 Υδροστρόβιλος Banki ή Cross-Flow

Ο υδροστρόβιλος Banki ή Cross-Flow είναι στρόβιλος δράσης ακτινικού τύπου με χωριστές εισόδους. Η ειδική του ταχύτητα τον κατατάσσει στους αργόστροφους στροβίλους και είναι απόλυτα κατάλληλος για αξιοποίηση υδατοπτώσεων με μεγάλες διακυμάνσεις παροχής. Η παροχή ελέγχεται από ένα ή δύο ρυθμιστικά πτερύγια, που κινούνται ανεξάρτητα από χωριστούς μοχλούς συνδεδεμένους με αυτόματο σύστημα ελέγχου. Το στόμιο εισόδου μετατρέπει την ολική ενέργεια της ροής σε κινητική και έχοντας την κατάλληλη καμπυλότητα οδηγεί τη ροή με την κατάλληλη κλίση στα πτερύγια του δρομέα. Ο κυλινδρικού σχήματος δακτυλιοειδής δρομέας στηρίζεται σε άτρακτο, που τον διαπερνά κεντρικά σε όλο το μήκος του. Αποτελείται από μεταλλικά πτερύγια, που στερεώνονται στα άκρα τους σε δίσκους. Στα πτερύγια που έχουν ακτινική μόνο καμπυλότητα δεν αναπτύσσονται αξονικές δυνάμεις, οπότε δεν χρειάζονται αξονικοί τριβείς. Η βασική συνολική απόδοση είναι περίπου 80%, παραμένει δε υψηλή για μεγάλο εύρος διακύμανσης της παροχής. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την απλότητα και στιβαρότητα της κατασκευής, αποτελούν τα βασικά πλεονεκτήματα του υδροστροβίλου.



Εικόνα 2.26: Υδροστρόβιλος Banki ή Cross-Flow

(Πηγή: www.fluid.mech.ntua.gr)

2.5.5.11 Συμπεράσματα – Νομογραφήματα

Η επιλογή υδροστροβίλου βασίζεται, κατά κύριο λόγο, στο διαθέσιμο πιεζομετρικό φορτίο του νερού και κατά δεύτερο λόγο στη διαθέσιμη ροή. Γενικά, οι υδροστρόβιλοι ώθησης χρησιμοποιούνται για έργα με υψηλό πιεζομετρικό φορτίο και οι υδροστρόβιλοι δράσης για τοποθεσίες με σχετικά μικρό πιεζομετρικό φορτίο. Οι υδροστρόβιλοι τύπου Kaplan καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα συνθηκών ροής και πιεζομετρικού φορτίου, δεδομένου ότι η μέγιστη απόδοσή τους μπορεί να επιτευχθεί για ένα σημαντικό πλήθος περιπτώσεων ροής.

Οι στρόβιλοι μικρής ισχύος (συνήθως κάτω των 10 MW) θα πρέπει να έχουν οριζόντιους άξονες. Οι μεγάλες συσκευές Francis και Kaplan συνήθως κατασκευάζονται με κάθετους άξονες, διότι με τη διάταξη αυτή μπορεί να γίνει καλύτερη εκμετάλλευση του διαθέσιμου ύψους και παράλληλα καθίσταται περισσότερο οικονομική η εγκατάσταση της γεννήτριας. Οι στρόβιλοι τύπου Pelton κατασκευάζονται τόσο με οριζόντιους όσο και με

κάθετους άξονες λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το μέγεθός τους είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με το διαθέσιμο ύψος.

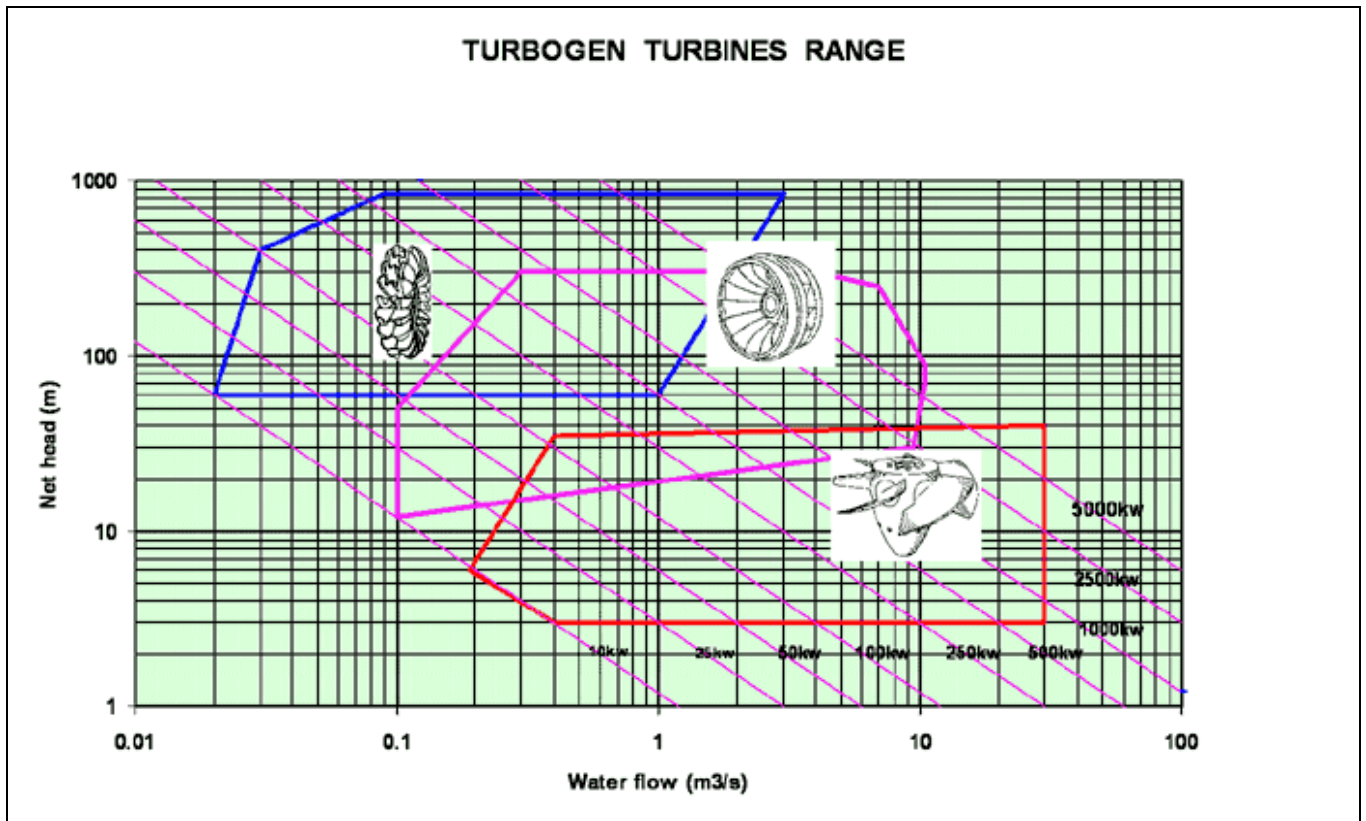
Στη διεθνή βιβλιογραφία παρατίθενται ενδεικτικά κάποια στοιχεία βάσει των οποίων επιλέγεται ο ενδεδειγμένος τύπος υδροστροβίλου για τις ανάγκες των υδραυλικών έργων. Η επιλογή στηρίζεται στο διαθέσιμο πιεζομετρικό φορτίο και τα συμπεράσματα – προτάσεις παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.2: Τύπος υδροστροβίλου ανάλογα με το πιεζομετρικό φορτίο

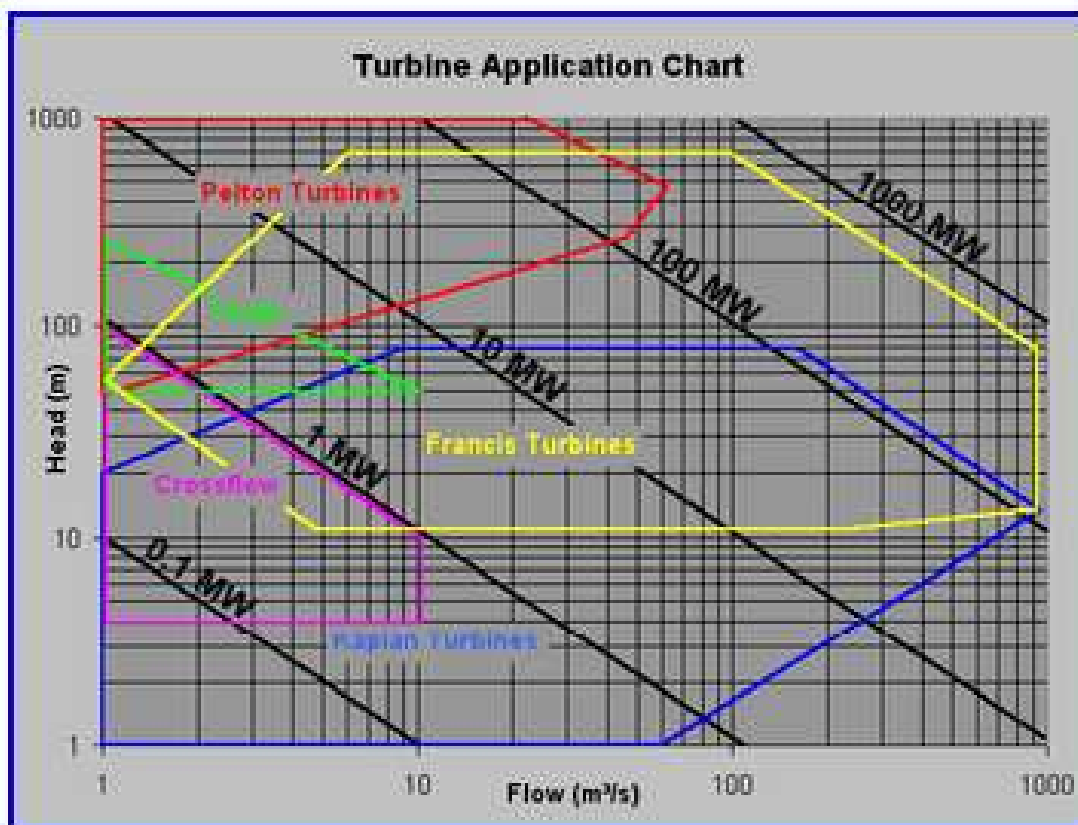
(Πηγή: www.wikipedia.com).

Τύπος υδροστροβίλου	Πιεζομετρικό φορτίο H (m)
Karlan	$2 < H < 40$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$

Στη βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί, επίσης, διαγράμματα διάκρισης των τριών βασικών τύπων υδροστροβίλων (Pelton, Francis και Karlan) με βάση την περιοχή - φάσμα λειτουργίας κάθε υδροστροβίλου. Πρόκειται για διαγράμματα ροής νερού – πιεζομετρικού φορτίου, στα οποία υπεισέρχεται και η ισχύς για κάθε τύπο υδροστροβίλου. Τα νομογραφήματα αυτά, τα οποία προέκυψαν από την αναζήτηση στο διαδίκτυο, παρατίθενται στις σελίδες που ακολουθούν.

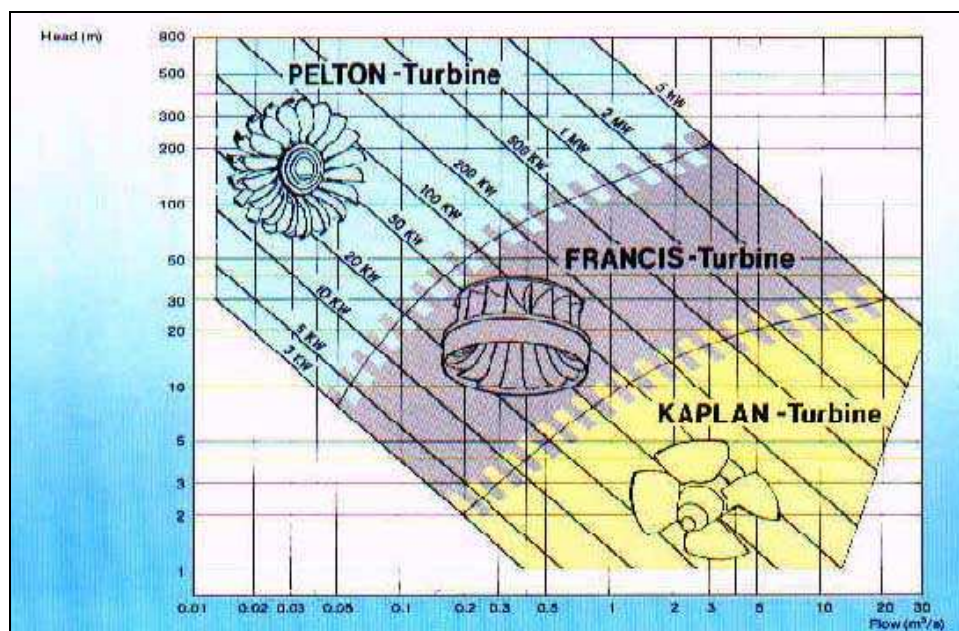


Διάγραμμα 2.10: Νομογράφημα Ροής – Καθαρού πιεζομετρικού φορτίου
(Πηγή: www.turbogen-engineering.com)



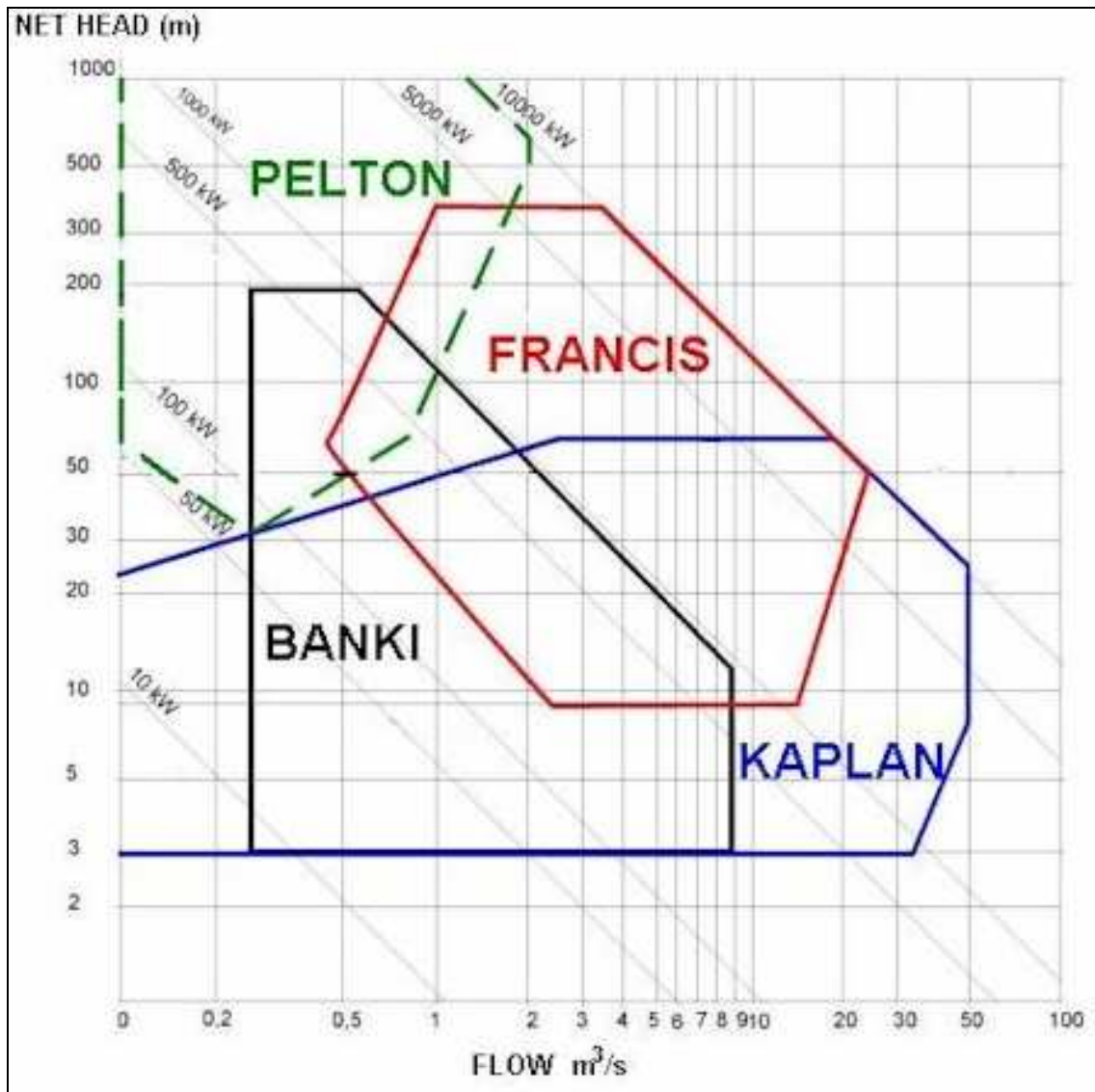
Διάγραμμα 2.11: Νομογράφημα Ροής – Πιεζομετρικού φορτίου

(Πηγή: www.wikipedia.com)



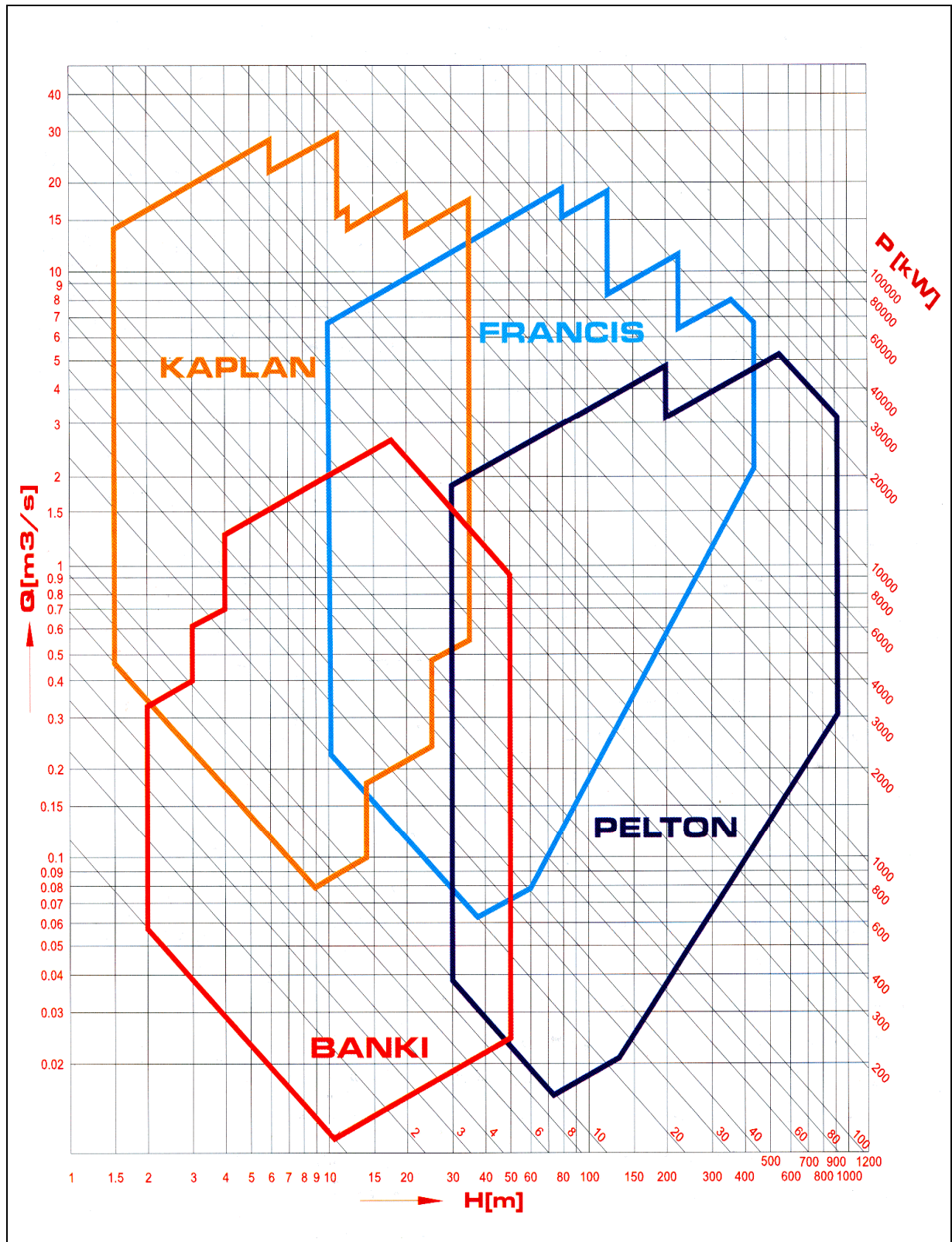
Διάγραμμα 2.12: Νομογράφημα Ροής – Πιεζομετρικού Φορτίου

(Πηγή: www.energotech.com)



Διάγραμμα 2.13: Νομογράφημα Ροής – Καθαρού πιεζομετρικού φορτίου

(Πηγή: www.Energy.Saving.nu.com)



Διάγραμμα 2.14: Νομογράφημα Πιεζομετρικού φορτίου – Παροχής

(Πηγή: www.hydrosolarenergy.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Α.Π.Ε.-Μ.Υ.Η.Ε.

3.1 Η Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις Α.Π.Ε.

Η πολιτική της Ε.Ε. για την προώθηση των Α.Π.Ε. διαμορφώθηκε σε μεγάλο βαθμό σύμφωνα με τις υποχρεώσεις μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που ανέλαβε στα πλαίσια της υπογραφής του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση ωστόσο, δεν υπήρξε ο μόνος παράγοντας που συνετέλεσε στη στροφή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), την Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞ.Ε.) και την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (Ο.Χ.Ε.).

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για οικονομικά, όσο και περιβαλλοντικά, βιώσιμης ανάπτυξης έπαιξε καθοριστικό ρόλο στο να επαναπροσδιοριστεί η ενεργειακή πολιτική, με έμφαση στην αξιοποίηση των εγχώριων φυσικών πόρων. Η διαπίστωση που διατυπώθηκε στην «Πράσινη Βίβλο» (Νοέμβριος 2000) ότι το 50% της Ακαθάριστης Κατανάλωσης Ενέργειας (Α.Κ.Ε.) των κρατών – μελών καλύπτεται από εισαγωγές, σε συνδυασμό με την πρόβλεψη ότι το ποσοστό θα ανέλθει σε 70% τη δεκαετία 2020-2030 έκρουσαν τον κώδωνα του κινδύνου για την ενεργειακή εξάρτηση της ενωμένης Ευρώπης. Παράλληλα, η διαρκώς αυξανόμενη τιμή των πετρελαιοειδών και η συνεπαγόμενη πολιτική αστάθεια επέτειναν την αναγκαιότητα για εξεύρεση εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Με γνώμονα την αναστροφή της κλιματικής αλλαγής, αλλά και την ενεργειακή αυτονομία – εξασφάλιση με τη δημιουργία μιας οργανωμένης και αυτάρκους εσωτερικής

αγοράς ενέργειας, τα όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης προέβησαν κατά την τελευταία δεκαετία σε μία σειρά δράσεων για την προώθηση των Α.Π.Ε.. Τα βασικά νομοθετήματα – οδηγίες που υλοποιήθηκαν στα πλαίσια αυτών των δράσεων και αφορούν γενικά τις Α.Π.Ε. και ειδικότερα τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1 και αναλύονται στη συνέχεια της παραγράφου.

Πίνακας 3.1: Βασικά νομοθετήματα – οδηγίες της Ε.Ε. για Α.Π.Ε.-Μ.Υ.Η.Ε.

Έγγραφο	Ημ/νια Έκδοσης	Περιγραφή
Οδηγία 96/92 ΕΚ	19/12/1996	Θεσπίζει κοινούς κανόνες που αφορούν την παραγωγή, μεταφορά και διανομή Η/Ε. Θέτει το κανονιστικό πλαίσιο για την απελευθέρωση και οργάνωση της εσωτερικής αγοράς Η/Ε.
Απόφαση 646/2000 ΕΚ	28/2/2000	Θέτει σε εφαρμογή το πρόγραμμα δράσεων "Altener" για την προώθηση των Α.Π.Ε., με χρηματοδοτική υποστήριξη 77 εκ. ευρώ την περίοδο 1998-2002.
Οδηγία 2000/60 ΕΚ	22/12/2000	Ορίζει την πολιτική της Ε.Ε. για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Θέτει συγκεκριμένους στόχους για την ποιοτική και ποσοτική διαχείριση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, χρονοδιάγραμμα και διαδικασίες για την υλοποίησή τους.
Οδηγία 2001/77 ΕΚ	27/9/2001	Θέτει ως προτεραιότητα την αύξηση της συμβολής των Α.Π.Ε. στην παραγωγή Η/Ε, κατανέμει τις υποχρεώσεις που προκύπτουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο στα κράτη-μέλη και ορίζει το κοινοτικό πλαίσιο δράσης.
Απόφαση 1230/2003 ΕΚ	26/6/2003	Θέτει σε εφαρμογή το πρόγραμμα δράσεων "Ευφυής Ενέργεια-Ευρώπη", με χρηματοδοτική υποστήριξη 200 εκ. ευρώ, την περίοδο 2003-2006.

(Πηγή: www.dsa.gr)

3.1.1 Η Οδηγία 96/92 ΕΚ

Η Οδηγία 96/92 ΕΚ που εξέδωσε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο την 19/12/1996 αποτέλεσε ουσιαστικά το θεμέλιο για την απελευθέρωση της εσωτερικής αγοράς

Η/Ε, παραχωρώντας στον ιδιωτικό τομέα δικαιώματα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής Η/Ε. Η Οδηγία είχε ως γνώμονα την αρχή της ελεύθερης διακίνησης εμπορευμάτων, που κατοχυρώθηκε με την ιδρυτική Συνθήκη της Ε.Ε. και την πεποίθηση ότι η επίτευξη βελτιωμένων όρων παροχής ενέργειας προς τους τελικούς χρήστες εξυπηρετείται καλύτερα μέσω των μηχανισμών του ελεύθερου ανταγωνισμού.

Σύμφωνα με αυτό το πνεύμα η Οδηγία έθεσε τις προδιαγραφές για την οργάνωση μιας ανταγωνιστικής εσωτερικής αγοράς ενέργειας και αποτέλεσε βασικό νομοθετικό εργαλείο για τα κράτη – μέλη, στα οποία παραχωρήθηκε η ευχέρεια επιλογής μεταξύ των προτεινόμενων μεθόδων. Παράλληλα, σημειώνεται ότι για περιβαλλοντικούς λόγους μπορεί να δοθεί προτεραιότητα στην παραγωγή Η/Ε από Α.Π.Ε., χωρίς ωστόσο να εισάγει σχετική δέσμευση.

Όσον αφορά την απελευθέρωση της αγοράς παραγωγής η Οδηγία προτείνει δύο μεθόδους, τη χορήγηση αδειών παραγωγής και τη διενέργεια διαγωνισμών υποβολής προσφορών. Ταυτόχρονα καλεί τα κράτη – μέλη να θεσπίσουν τα κριτήρια χορήγησης αδειών κατασκευής δυναμικού, με γνώμονα την ασφάλεια των δικτύων, την προστασία του περιβάλλοντος, την ενεργειακή απόδοση και την τήρηση διαφανών και αμερόληπτων κανόνων. Παράλληλα ζητά τη θέσπιση ανεξάρτητου διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς και θέτει τους κανόνες οργάνωσης του δικτύου διανομής της Η/Ε.

3.1.2 Η Απόφαση 646/2000 ΕΚ (Πρόγραμμα “Altener”)

Η Απόφαση 646/2000 ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 28/2/2000, έθεσε σε εφαρμογή το πρόγραμμα «Altener» με στόχο να συμβάλει στη δημιουργία των κατάλληλων νομικών, διοικητικών και επενδυτικών συνθηκών για την προώθηση των Α.Π.Ε.. Το πρόγραμμα αφορούσε την περίοδο 1998-2002 και το ύψος χρηματοδότησης ανήλθε σε 77 εκατ. €.

Οι βασικές δράσεις και μέτρα που ενισχύθηκαν από το πρόγραμμα «Altener» αφορούσαν την προαγωγή της έρευνας σε τεχνολογικό και διαχειριστικό επίπεδο σχετικά με τις Α.Π.Ε., τη ανάπτυξη στρατηγικών, προτύπων και πιστοποιήσεων, την ενημέρωση του κοινού, την προσέλκυση επενδυτικού ενδιαφέροντος και τη δημιουργία μηχανισμών παρακολούθησης.

3.1.3 Η Οδηγία 2000/60 ΕΚ

Η Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60 αποτέλεσε την αφετηρία ουσιαστικής άσκησης κοινοτικής πολιτικής στο θέμα της ποιοτικής και ποσοτικής διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Εισήγαγε τη Λεκάνη Απορροής Ποταμού (Λ.Α.Π.) ως φυσική μονάδα διαχείρισης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων και κάλεσε τα κράτη – μέλη να ορίσουν χωρικά τις Λ.Α.Π. έως το 2003 και να καταρτίσουν Σχέδια Διαχείρισης Λ.Α.Π. έως το 2009.

Ανάμεσα στους βασικούς στόχους της Οδηγίας είναι η επίτευξη καλής ποιοτικής κατάστασης των υδατικών διαθεσίμων έως το έτος 2015, η καταγραφή ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων και η ρεαλιστική τιμολόγηση των χρήσεων έως το 2010. Το περιεχόμενο της Οδηγίας συνδέεται άμεσα με την κατασκευή και λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε., καθώς συνιστούν βασική τεχνολογία αξιοποίησης των υδατικών πόρων για παραγωγή ενέργειας.

3.1.4 Η Οδηγία 2001/77 ΕΚ

Το περιεχόμενο της Οδηγίας 2001/77 ΕΚ που εξέδωσε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο την 27/9/2001, υπήρξε καθοριστικό για τη διείσδυση των Α.Π.Ε. στα ενεργειακά συστήματα των κρατών – μελών. Με γνώμονα τις υποχρεώσεις που απορρέουν από την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο, τη «Λευκή Βίβλο» και την Οδηγία 96/92 ΕΚ, η Οδηγία εισάγει το κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο για την προώθηση των Α.Π.Ε..

Καθορίζονται ως στόχοι για το 2010 η παραγωγή Η/Ε από Α.Π.Ε. να ανέρχεται στο 12% της Α.Κ.Ε. και 22,1% της Α.Κ.Η.Ε. και κατανέμονται οι επιμέρους εθνικοί στόχοι. Για την Ελλάδα ως στόχος για το 2010 τίθεται, η Η/Ε που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές να καλύπτει την Α.Κ.Η.Ε. σε ποσοστό 20,1%. Τα κράτη – μέλη καλούνται να λάβουν μέτρα ώστε να αρθεί κάθε νομικό - διοικητικό εμπόδιο για την εκπλήρωση των δεσμεύσεών τους. Κάθε χώρα υποχρεούται στην κατάρτιση Εθνικής Έκθεσης για την εξέλιξη της διείσδυσης των Α.Π.Ε. ανά διετία και η Επιτροπή συντάσσει ανά πενταετία αντίστοιχη έκθεση προς το Συμβούλιο, όπου αναλύεται η επιτευχθείσα πρόοδος, επαναπροσδιορίζονται οι στόχοι και αναλύονται οι προοπτικές και προτάσεις για το μέλλον.

Εισάγεται ο θεσμός των «Εγγυήσεων Προέλευσης» για την πιστοποίηση της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε., την ευθύνη του οποίου επωμίζεται ανεξάρτητος φορέας. Κάθε κράτος υποχρεούται στη θέσπιση νομικού – κανονιστικού πλαισίου για τη λειτουργία του δικτύου μεταφοράς και τους όρους σύνδεσης των νέων παραγωγών σε αυτό.

3.1.5 Η Απόφαση 1230/2003 (Πρόγραμμα «Ευφυής ενέργεια – Ευρώπη)

Η Απόφαση 1230/2003 έθεσε σε ισχύ το πρόγραμμα δράσεων «Ευφυής ενέργεια – Ευρώπη», με χρηματοδοτικό πλαίσιο 200 εκ. € και περίοδο εφαρμογής την τετραετία 2003-

2006. Η ενίσχυση της διείσδυσης των Α.Π.Ε. παρέμεινε σε υψηλή προτεραιότητα με τη συνέχιση του προγράμματος «Altener», ενώ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην προώθηση τεχνολογιών ΕΞ.Ε. (πρόγραμμα «Save»), την εφαρμογή εναλλακτικών μορφών ενέργειας στις μεταφορές (πρόγραμμα «Steer») και την προώθηση των Α.Π.Ε. στις αναπτυσσόμενες χώρες (πρόγραμμα «Cooperer»).

Βασικοί στόχοι του προγράμματος εξακολουθούν να είναι η αύξηση της Η/Ε που παράγεται από ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, η παρακολούθηση, ο έλεγχος και η αξιολόγηση των εν εξελίξει μέτρων των κρατών – μελών. Επιπλέον επιδιώκεται η εντατικοποίηση της έρευνας για νέες τεχνολογίες Α.Π.Ε. και ΕΞ.Ε., η ανεμπόδιστη διακίνηση εμπειρίας – τεχνογνωσίας εντός της Ε.Ε. και προς αναπτυσσόμενες χώρες και η διαμόρφωση μιας νέας, πιο υπεύθυνης και περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένης νοοτροπίας κατανάλωσης από το κοινό (Ο.Χ.Ε.).

3.2 Νομικό Πλαίσιο για Α.Π.Ε. – Μ.Υ.Η.Ε. στην Ελλάδα

Στην παράγραφο που ακολουθεί αναλύεται η βασική ισχύουσα εθνική νομοθεσία που διαμόρφωσε το τρέχον θεσμικό – κανονιστικό πλαίσιο για τη διείσδυση των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα της χώρας. Η νομοθετικές αυτές πράξεις ουσιαστικά αποτελούν προϊόν την κοινοτικής καθοδήγησης και έχουν δύο βασικούς άξονες: από τη μία πλευρά την απελευθέρωση και οργάνωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας στο πνεύμα της Οδηγίας 96/92 ΕΚ και παράλληλα, τη θεσμοθέτηση και την επιτάχυνση της ένταξης των ΑΠΕ σύμφωνα με τις επιταγές της Οδηγίας 2001/77 ΕΚ και τις διεθνείς ανειλημμένες υποχρεώσεις.

Σημειώνονται επίσης τα εξειδικευμένα νομοθετήματα που αφορούν τα Μ.Υ.Η.Ε. και θεσπίστηκαν για την εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60 ΕΚ και πριν από αυτή. Στους Πίνακες 3.2 και 3.3 παρουσιάζονται συνοπτικά οι νομοθετικές πράξεις που αφορούν γενικά τις Α.Π.Ε. και ειδικά τα Μ.Υ.Η.Ε., αντίστοιχα.

Απαρχή της εισόδου των Α.Π.Ε. στη χώρα αποτέλεσε ο Ν 1559/1985 «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», στα πλαίσια του οποίου η Δ.Ε.Η. εγκατέστησε 24 MW ενώ οι Ο.Τ.Α. περιορίστηκαν στο ελάχιστο επίπεδο των 3 MW και ο ιδιωτικός τομέας παρέμεινε εκτός σκηνής. Παρά το μικρό αποτέλεσμα, η προσπάθεια έδειξε τις δυνατότητες του τομέα και τις αδυναμίες του συστήματος και προετοίμασε το δρόμο για μεταγενέστερες βελτιώσεις.

Πίνακας 3.2: Ελληνική Νομοθεσία γενικά για τις Α.Π.Ε. (Πηγή: www.dsa.gr).

Νομοθετήματα	Φ.Ε.Κ.	Περιγραφή
N. 1559/1985	A 135	Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις.
N. 2244/1994	A 168	Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις.
N. 2773/1999	A 286	Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις.
N. 2941/2001	A 201	Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιριών, αδειοδότηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση των θεμάτων της Α.Ε. "Ελληνικά Ναυπηγεία" και άλλες διατάξεις.
Υ.Α. 8989/2001	B 654	Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος.
Υ.Α. Δ5/ΗΛ/Φ1/2001		Έγκριση του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.
Υ.Α. 2000/2002	B 158	Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας.
N. 3017/2002	A 117	Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση - πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος.
K.Y.A. 1726/2003	B 552	Διαδικασία προκαταρκτικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
N. 3175/2003	A 207	Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις.
N. 3468/2006	A 129	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις.
K.Y.A 104247/2006	B 663	Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) σύμφωνα με το άρθρο 4 του ν. 1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του ν. 3010/2002.

3.2.1 Ο Νόμος 2244/1994

Ο Ν. 2244/1994 αντικατέστησε το Ν. 1559/1985 και αποτέλεσε το θεμέλιο για την ουσιαστική ανάπτυξη των Α.Π.Ε.. Καθορίστηκε το σύστημα τιμολόγησης της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. και η διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας. Αν και η Δ.Ε.Η. διατήρησε το αποκλειστικό δικαίωμα παραγωγής και διάθεσης Η/Ε, εισήχθη υπό αρκετά περιοριστικές προϋποθέσεις η έννοια του ανεξάρτητου παραγωγού. Για τα Μ.Υ.Η.Ε., ως ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ισχύος, για σταθμούς ιδιοκτησίας ιδιωτών ορίστηκαν τα 5 MW.

Πίνακας 3.3: Ελληνική Νομοθεσία ειδικά για τα Μ.Υ.Η.Ε. (Πηγή: www.dsa.gr).

Νομοθετήματα	Φ.Ε.Κ.	Περιγραφή
N. 1650/1986	A 160	Για την προστασία του περιβάλλοντος.
N. 1739/1987	A 201	Διαχείριση υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις.
Π.Δ. 256/1989	A 121	Άδεια χρήσης νερού.
Υ.Α. 5813/1989	B 383	Άδεια εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων από νομικά πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου, που δεν περιλαμβάνονται στον Δημόσιο τομέα και από φυσικά πρόσωπα.
Υ.Α. 12160/1999	B 1552	Διαδικασία επιλογής υποψηφίων ηλεκτροπαραγωγών για έκδοση αδειών αποκατάστασης μικρών υδροηλεκτρικών έργων με τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού της χώρας.
N. 2854/2000	A 243	Δικαστική προστασία σε συμβάσεις ύδατος, ενέργειας.
Π.Δ. 57/2000	A 45	Προμήθειες σε τομείς ύδατος, ενέργειας, τηλεπικοινωνιών κλπ.
Υ.Α. 4859/2001	B 253	Περιορισμοί για την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος.
N. 3010/2002	A 91	Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορεύματα και άλλες διατάξεις.
N. 3199/2003	A 280	Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

3.2.2 Ο Νόμος 2773/1999

Ο Ν. 2773/1999 υπήρξε η ιδρυτική πράξη της σύγχρονης εθνικής αγοράς ενέργειας και η δίοδος του ιδιωτικού τομέα στους τομείς της παραγωγής και προμήθειας Η/Ε. Με το

νόμο αυτό συστήθηκε η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) ως ανεξάρτητη αρχή, καθορίστηκαν οι αρμοδιότητές της και οι κανόνες εσωτερικής λειτουργίας. Ιδρύθηκε ο Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.) ως Ανώνυμη Εταιρεία ιδιοκτησίας 51% του Δημοσίου και 49% της Δ.Ε.Η., ορίστηκε ως ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς και θεσπίστηκαν οι κανόνες λειτουργίας του.

Η Δ.Ε.Η., που μετετράπη σε Ανώνυμη Εταιρεία, έπαψε να είναι ο κυρίαρχος του ενεργειακού συστήματος. Παρέμεινε ιδιοκτήτρια του Συστήματος Διανομής και Μεταφοράς, ορίστηκε διαχειρίστρια του πρώτου και κατέστη ο πρώτος ιδιωτικός παραγωγός και προμηθευτής Η/Ε. Ο Νόμος θέσπισε το πλαίσιο οργάνωσης και λειτουργίας της εσωτερικής αγοράς ενέργειας, σύμφωνα με την Οδηγία 96/92 ΕΚ, διατήρησε την τιμολογιακή πολιτική του Ν. 2244/1994 για τις Α.Π.Ε. και επέβαλε ανταποδοτικό τέλος 2% επί των πωλήσεων παραγόμενης από Α.Π.Ε. ενέργειας υπέρ των οικείων Ο.Τ.Α..

Για τα Μ.Υ.Η.Ε. αναγνωρίζεται επίσημα το όριο διάκρισης των 10 MW εγκατεστημένης ισχύος και συγκαταλέγονται στις Α.Π.Ε. για τις οποίες δίνεται προτεραιότητα σύνδεσης στο Σύστημα.

3.2.3 Ο Νόμος 2941/2001

Ο Ν. 2941/2001 αντιμετώπισε αποτελεσματικά το θέμα εγκατάστασης Α.Π.Ε. σε δάση και δασικές εκτάσεις με διατάξεις που έγιναν αποδεκτές και κρίθηκαν συνταγματικές από το Συμβούλιο της Επικρατείας. Επίσης κάλυψε σημαντικά κενά του νομοθετικού ιστού και αντιμετώπισε πολλά στοιχεία παθογένειας του αδειοδοτικού καθεστώτος. Ορισμένοι από τους κύριους άξονες του νόμου ήταν οι ακόλουθοι:

- Οι εξαιρέσεις που ισχύουν για μεγάλα έργα υποδομής για την εντός δασών και δασικών εκτάσεων εγκατάσταση μεγάλων έργων υποδομής δημοσίου συμφέροντος επεκτείνονται και στις Α.Π.Ε..
- Για την εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και αιολικών πάρκων δεν απαιτείται έκδοση άδειας οικοδομής με εξαίρεση τα έργα πολιτικού μηχανικού.
- Έργα σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. με το διασυνδεδεμένο Σύστημα της ηπειρωτικής χώρας και τα δίκτυα αυτόνομων νησιωτικών περιοχών μπορεί να κατασκευάζονται από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο επενδυτή σύμφωνα με προδιαγραφές παρεχόμενες από το Διαχειριστή του Συστήματος και των Δικτύων.
- Τα έργα ανανεώσιμης ηλεκτροπαραγωγής περιλαμβανομένων συνδεδεμένων δικτύων, υποσταθμών και υποδομής εν γένει θεωρούνται έργα δημόσιας ωφέλειας ανεξάρτητα

από το φορέα υλοποίησης τους και ως εκ τούτου είναι δυνατή η αναγκαστική απαλλοτριώση ακινήτων ή η σύσταση εμπραγμάτων δικαιωμάτων.

- Παρέχεται η δυνατότητα έκδοσης κοινής υπουργικής απόφασης με την οποία καθορίζονται ευνοϊκότεροι όροι δομήσεως εκτός σχεδίου πόλεων σε σχέση με τα γενικώς κρατούντα.
- Οι αρμόδιες για την έκδοση αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας Διευθύνσεις Σχεδιασμού και Ανάπτυξης των οικείων Περιφερειών δρώσες κατά μια έννοια στην αρχή του one-stop shop συντονίζουν σε κάποιο βαθμό την περιβαλλοντική αδειοδότηση στην οποία εμπλέκεται πληθώρα δημοσίων υπηρεσιών και άλλων φορέων.

3.2.4 Ο Νόμος 3175/2003

Αν και η βασική θεματολογία του Ν. 3175/2003 αφορά την εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού, κύριος σκοπός του ήταν η ανάπτυξη και ενίσχυση του ανταγωνισμού στην αγορά Η/Ε, η προσέλκυση νέων επενδυτικών πηγών και η διασφάλιση της επάρκειας της Η/Ε για την επίτευξη ανταγωνιστικών τιμών για τον καταναλωτή.

Ο Νόμος αποτέλεσε ουσιαστικά αναθεώρηση του Ν. 2773/1999 προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρισμού, η οποία χαρακτηρίστηκε από βραδύτητα, κυρίως λόγω της δεσπόζουσας θέσης της Δ.Ε.Η. Α.Ε.. Στο πρότυπο καινοτόμων επεμβάσεων που υλοποιήθηκαν για την επίσπευση των έργων των Ολυμπιακών έργων του 2004, ο Ν. 3175/2003 περιέλαβε περαιτέρω δράσεις μεταξύ των οποίων και η εισαγωγή συντομευμένων και απλουστευμένων διαδικασιών σχετικά με τις απαλλοτριώσεις που είναι αναγκαίες για την ενίσχυση και επέκταση των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να εξυπηρετηθεί και η ανάπτυξη των Α.Π.Ε..

3.2.5 Ο Νόμος 3468/2006

Ο Ν. 3468/2006, που δημοσιεύτηκε στη Εφημερίδα της Κυβερνήσεως την 27/6/2006, αποτελεί το πλέον πρόσφατο νομοθέτημα για της Α.Π.Ε.. Σκοπός του Νόμου, όπως διατυπώνεται στο 1ο Άρθρο, είναι η μεταφορά στο ελληνικό δίκαιο της Οδηγίας 2001/77 και η προώθηση κατά προτεραιότητα στην εσωτερική αγορά Η/Ε, με αρχές και κανόνες, της παραγωγής Η/Ε από Α.Π.Ε. και μονάδες Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.). Οι βασικές ρυθμίσεις του Νόμου συνοψίζονται στα εξής :

- Θέσπιση σαφών αρχών λειτουργίας του αδειοδοτικού συστήματος, με δεσμευτικές προθεσμίες για την έκδοση αδειών και γνωμοδοτήσεων από τις αρμόδιες υπηρεσίες, αλλά και για την υλοποίηση του έργου από τους κατόχους αδειών παραγωγής.
- Κατοχύρωση της τιμολογιακής πολιτικής, με καθορισμό των τιμών αγοράς της παραγόμενης από Α.Π.Ε. MWh, συμπεριλαμβανομένων και των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Για τα Μ.Υ.Η.Ε. η τιμή αυτή καθορίζεται στα 73 και 84,6 €/MWh για το Διασυνδεδεμένο και το Μη Διασυνδεδεμένο Σύστημα αντίστοιχα.
- Θεσμοθέτηση του συστήματος έκδοσης εγγυήσεων προέλευσης και των αρμόδιων φορέων. Ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ορίζεται υπεύθυνος έκδοσης για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα, η Δ.Ε.Η. για το Μη Διασυνδεδεμένο, το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) για τις αυτόνομες μονάδες και η Ρ.Α.Ε. ορίζεται Φορέας Ελέγχου του Συστήματος Έκδοσης Εγγυήσεων Προέλευσης.
- Θεσπίζονται μέτρα για την προώθηση της παραγωγής από φωτοβολταϊκές μονάδες.
- Επιτρέπεται η κατασκευή μονάδων Α.Π.Ε. σε αιγιαλό, παραλία, θάλασσα ή πυθμένα, ανοίγοντας το δρόμο για την εκμετάλλευση του παράκτιου αιολικού δυναμικού και της κυματικής ενέργειας.
- Συστήνεται διυπουργική επιτροπή στην οποία συμμετέχουν το ΥΠ.ΑΝ., το Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε., το Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών, το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το Υπουργείο Πολιτισμού, η Ρ.Α.Ε. και το Κ.Α.Π.Ε.. Στόχος της επιτροπής είναι η προώθηση της υλοποίησης επενδυτικών σχεδίων μονάδων Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. μεγάλης κλίμακας (εγκατεστημένη ισχύς μεγαλύτερη των 30 MW ή προϋπολογισμός μεγαλύτερος των 30 εκ. €).
- Συστήνεται διυπουργική επιτροπή με τη συμμετοχή του ΥΠ.ΑΝ., του Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε., του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών, του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το Υπουργείου Πολιτισμού, της Ρ.Α.Ε. και του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.. Στόχος της επιτροπής η προώθηση και παρακολούθηση της υλοποίησης επενδυτικών σχεδίων για μονάδες Α.Π.Ε. μικρής κλίμακας (εγκατεστημένη ισχύς μικρότερη των 30 MW ή προϋπολογισμός μικρότερος των 30 εκ. €).

3.3 Θεσμικό Πλαίσιο για Α.Π.Ε. – Μ.Υ.Η.Ε. στην Ελλάδα

Ο καθ' ύλην αρμόδιος φορέας της ελληνικού κράτους για το σχεδιασμό και άσκηση της ενεργειακής πολιτικής και την τήρηση των εθνικών δεσμεύσεων είναι το Υπουργείο

Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ.). Η αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου για τις Α.Π.Ε. είναι η Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, που υπάγεται στη Γενική Διεύθυνση Ενέργειας του Τομέα Ενέργειας και Φυσικών Πόρων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται οι σημαντικότεροι φορείς που εμπλέκονται στην πορεία ανάπτυξης, υλοποίησης και λειτουργίας ενός Μ.Υ.Η.Ε. και των Α.Π.Ε. γενικότερα.

3.3.1 Ο ρόλος της Ρ.Α.Ε.

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) ιδρύθηκε σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν. 2773/99, ως ανεξάρτητη διοικητική αρχή επιφορτισμένη με την παρακολούθηση και τον έλεγχο της λειτουργίας της αγοράς ενέργειας και τη διατύπωση εισηγήσεων για την τήρηση των κανόνων του ανταγωνισμού και την προστασία των καταναλωτών.

Η Ρ.Α.Ε. διατυπώνει γνωμοδοτήσεις προς τον Υπουργό Ανάπτυξης για την αδειοδότηση εγκαταστάσεων μονάδων Α.Π.Ε. και μετά την έκδοση των αδειών παρακολουθεί την πορεία υλοποίησης των έργων μέσω τριμηνιαίων δελτίων και εισηγείται την εκκαθάριση του χώρου από επενδυτές που επιδεικνύουν αδικαιολόγητη βραδύτητα. Επίσης εισηγείται νομοθετικές παρεμβάσεις για περαιτέρω απελευθέρωση της αγοράς Η/Ε στα πλαίσια της οποίας μπορούν να βρουν θέση ουσιώδεις ρυθμίσεις για τις Α.Π.Ε..

Η Ρ.Α.Ε. τηρεί και δημοσιεύει αρχείο των αιτήσεων για άδεια παραγωγής και προμήθειας Η/Ε, ενώ δημοσιεύει σε ετήσια βάση Έκθεση Πεπραγμένων στην οποία αναλύονται οι τρέχουσες συνθήκες στην εσωτερική αγορά ενέργειας και διατυπώνονται προτάσεις για την άρση των εμποδίων που διαπιστώνονται στην επίτευξη των εθνικών στόχων. Συνοπτικά, ο ρόλος της Ρ.Α.Ε. έγκειται στα εξής :

- Ασφάλεια και αξιοπιστία ενεργειακού συστήματος της χώρας.
- Προστασία του περιβάλλοντος στα πλαίσια των διεθνών υποχρεώσεων.
- Προστασία των συμφερόντων του καταναλωτή ενέργειας και του δημοσίου συμφέροντος.
- Επίβλεψη της λειτουργίας των συστημάτων προμήθειας ενέργειας.
- Συμμετοχή στη διαμόρφωση της εθνικής ενεργειακής στρατηγικής και πληροφόρηση του κοινού.
- Καλλιέργεια διεθνών σχέσεων και συνεργασιών.

3.3.2 Ο ρόλος του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.

Ο Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.) ιδρύθηκε με το Π.Δ. 328/2000 (Φ.Ε.Κ. Α 268), σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 14 του Ν. 2773/99. Πρόκειται για Ανώνυμη Εταιρεία που ανήκει σε ποσοστό 51% στο Ελληνικό Δημόσιο και 49% στις εταιρίες παραγωγής Η/Ε.

Ο ρόλος του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. είναι διπλός: αφενός διαχειρίζεται τη λειτουργία του Συστήματος Μεταφοράς και αφετέρου έχει την ευθύνη εκκαθάρισης της αγοράς, της καταγραφής δηλαδή των οικονομικών υποχρεώσεων μεταξύ παραγωγών – πελατών – καταναλωτών, βάσει των αντίστοιχων παροχών ενεργειακού προϊόντος. Οι αρμοδιότητες του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. συνοψίζονται στα εξής:

- Αξιόπιστη και ακριβής καταμέτρηση των διακινούμενων ποσοτήτων ενέργειας.
- Κατανομή φορτίου μεταξύ μονάδων παραγωγής.
- Συντήρηση και ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς, ώστε να εξασφαλίζεται η επάρκεια και αξιοπιστία.
- Τήρηση λογαριασμών για εκκαθάριση της αγοράς.
- Συμμετοχή στη διαμόρφωση των κανόνων λειτουργίας και υποστήριξη της ενεργειακής αγοράς με εκπόνηση μελετών για τις ανάγκες του συστήματος, διατύπωση προτάσεων και ενημέρωση των ενδιαφερόμενων.

3.3.3 Ο ρόλος του Κ.Α.Π.Ε.

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) ιδρύθηκε με το Π.Δ. 375/87 ως Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου, υπό την εποπτεία του ΥΠ.ΑΝ. – Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, με διοικητική και οικονομική αυτοτέλεια. Με το Ν. 2244/94 και το Ν 2702/99 το Κ.Α.Π.Ε. ορίστηκε ως το Εθνικό Συντονιστικό Κέντρο στους τομείς των Α.Π.Ε., ΕΞ.Ε. και Ο.Χ.Ε..

Ο ρόλος του Κ.Α.Π.Ε. είναι διπλός: ως Ερευνητικό και Τεχνολογικό Κέντρο αναπτύσσει την εφαρμοσμένη έρευνα και υποστηρίζει τεχνικά την αγορά για τη διείσδυση και εφαρμογή νέων τεχνολογιών Α.Π.Ε. και ΕΞ.Ε. και, ως Εθνικό Κέντρο Ενέργειας μελετά θέματα ενεργειακού σχεδιασμού και αναπτύσσει την απαραίτητη υποδομή για την υποστήριξη της υλοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων Α.Π.Ε. και ΕΞ.Ε.. Στα πλαίσια της αποστολής του το Κ.Α.Π.Ε. έχει επωμιστεί τις ακόλουθες αρμοδιότητες:

- Είναι ο επίσημος σύμβουλος της πολιτείας σε θέματα εθνικής πολιτικής και προγραμματισμού των Α.Π.Ε., ΕΞ.Ε. και Ο.Χ.Ε..

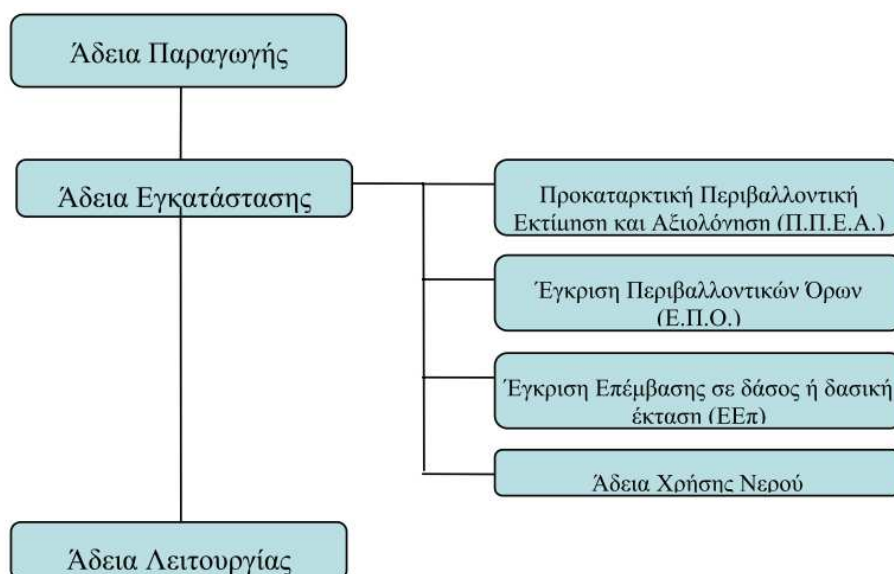
- Εκτελεί εφαρμοσμένη έρευνα και αναπτύσσει νέες, περιβαλλοντικά φιλικές τεχνολογίες.
- Οργανώνει και εκτελεί επιδεικτικά και πιλοτικά προγράμματα.
- Υλοποιεί εφαρμογές Α.Π.Ε., ΕΞ.Ε. και Ο.Χ.Ε. σε έργα του ιδιωτικού τομέα, Ο.Τ.Α. κλπ.
- Παρέχει υπηρεσίες τεχνικού συμβούλου με τη μορφή εξειδικευμένης τεχνογνωσίας και πληροφόρησης.
- Προβαίνει σε δράσεις διάδοσης της τεχνολογίας, οργανώνει/συμμετέχει σε τεχνικά και εκπαιδευτικά σεμινάρια κλπ.

Ειδικά όσον αφορά τα Μ.Υ.Η.Ε. το Κ.Α.Π.Ε. διαθέτει σημαντική τεχνογνωσία, εμπειρία και υποδομή και παρέχει επ' αμοιβή τις εξής υπηρεσίες:

- Εκτίμηση υδροδυναμικού περιοχής και επιλογή θέσεων εγκατάστασης Μ.Υ.Η.Ε..
- Μελέτες σκοπιμότητας και τεchnο-οικονομικές μελέτες ανάπτυξης Μ.Υ.Η.Ε..
- Μετρήσεις απόδοσης Μ.Υ.Η.Ε. – σχεδιασμός βέλτιστης λειτουργίας.
- Μελέτη δυναμικής συμπεριφοράς στροβίλων.

3.4 Διαδικασίες Αδειοδότησης Μ.Υ.Η.Ε.

Στη συνέχεια της παραγράφου που ακολουθεί περιγράφονται οι διαδικασίες αδειοδότησης ενός Μ.Υ.Η.Ε.. Παρουσιάζονται οι απαιτούμενες ενέργειες και ο χρονικός προγραμματισμός για την έκδοση αδειών παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας, καθώς και των επιμέρους απαιτούμενων αδειών και γνωμοδοτήσεων. Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται διαγραμματικά η τυπική πορεία ανάπτυξης – υλοποίησης ενός Μ.Υ.Η.Ε..



Σχήμα 3.1: Τυπική πορεία αδειοδότησης ενός Μ.Υ.Η.Ε.

3.4.1 Έκδοση Άδειας Παραγωγής

Οι διαδικασίες για την έκδοση άδειας παραγωγής καθορίζονται από τις διατάξεις του Ν. 3468/2006 και τον «Κανονισμό Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας» της Ρ.Α.Ε.. Προκειμένου για την έκδοση Άδειας Παραγωγής Η/Ε από Μ.Υ.Η. Σταθμό πρέπει να υποβληθεί αντίστοιχη αίτηση στη Ρ.Α.Ε., η οποία είναι υποχρεωμένη εντός διαστήματος 4 μηνών να υποβάλει τη γνώμη της στον Υπουργό Ανάπτυξης. Ο Υπουργός Ανάπτυξης εκδίδει τη σχετική απόφαση εντός 15 ημερών από την υποβολή, σε αυτόν, της εισήγησης της Ρ.Α.Ε..

Ο φάκελος υποβολής στη Ρ.Α.Ε. πρέπει να περιλαμβάνει, συνοπτικά, τα ακόλουθα στοιχεία:

- Νομική υπόσταση, διοικητική και οργανωτική δομή του αιτούντος, καθώς και οικονομικά στοιχεία των τελευταίων 3 ετών.
- Συνοπτική παρουσίαση του Επιχειρηματικού Σχεδίου για τα επόμενα 5 έτη, που περιλαμβάνει στοιχεία για τη θέση και ενδεικτικά τεχνικά στοιχεία της εγκατάστασης, οικονομικά μεγέθη του έργου και χρονοδιάγραμμα κατασκευής και λειτουργίας.
- Μελέτη σκοπιμότητας που περιλαμβάνει τεχνική περιγραφή του έργου, προκαταρκτική εκτίμηση του τρόπου και κόστους σύνδεσης με το Σύστημα, προκαταρκτική εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, προγραμματισμό του ενεργειακού και οικονομικού ισοζυγίου του έργου, σχεδιασμό για εκπλήρωση υποχρεώσεων κοινής ωφέλειας και λεπτομερή στοιχεία που τεκμηριώνουν την ένταξη

της μονάδας σε ολοκληρωμένο σχεδιασμό ανάπτυξης και ενεργειακής διαχείρισης του υδάτινου δυναμικού της οικείας ενεργειακής λεκάνης.

- Συνοπτικός χρηματοοικονομικός προγραμματισμός για το έργο που θα παρέχει την προβλεπόμενη ταμειακή ροή.

Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την έκδοση θετικής ή αρνητικής γνωμοδότησης της Ρ.Α.Ε. είναι τα εξής:

- Η ασφάλεια και προστασία του Συστήματος, του Δικτύου, των εγκαταστάσεων παραγωγής και του συνδεδεμένου εξοπλισμού.
- Η προστασία του περιβάλλοντος.
- Η αποδοτική παραγωγή και χρήση Η/Ε.
- Οι τεχνικές, οικονομικές και χρηματοδοτικές δυνατότητες του αιτούντος.
- Η ωριμότητα υλοποίησης του έργου, σύμφωνα με τις εκπονηθείσες μελέτες.
- Ο μακροπρόθεσμος ενεργειακός σχεδιασμός της χώρας.
- Η προστασία των καταναλωτών.

Προκειμένου για την έκδοση γνώμης σύμφωνα με τα ως άνω κριτήρια, η Ρ.Α.Ε. μπορεί να συνεργάζεται με τον Διαχειριστή του Συστήματος και να διαβιβάζει την Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) στην αρμόδια υπηρεσία για την περιβαλλοντική αδειοδότηση, η οποία είναι υποχρεωμένη να διατυπώνει την εισήγησή της εντός 60 ημερών.

Η χορηγούμενη άδεια παραγωγής έχει διάρκεια 25 ετών με δυνατότητα ανανέωσης μέχρι ίσο χρόνο. Εάν εντός 24 μηνών δεν έχει χορηγηθεί άδεια εγκατάστασης, με υπαιτιότητα του αδειούχου, η άδεια παραγωγής ανακαλείται.

3.4.2 Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης

Οι κύριες διαδικασίες για την έκδοση άδειας εγκατάστασης καθορίζονται από τις διατάξεις του Ν 3468/2000 και την ΥΑ 2000/2002, καθώς και από την ΚΥΑ 104247/2006 για την περιβαλλοντική αδειοδότηση. Αρμόδιος για την έκδοση άδειας εγκατάστασης είναι ο Γενικός Γραμματέας της οικείας περιφέρειας, ο οποίος οφείλει να προβεί στην έκδοσή της εντός αποκλειστικής προθεσμίας 15 ημερών από την υποβολή των απαραίτητων δικαιολογητικών.

Τα βασικά απαιτούμενα γενικά δικαιολογητικά για την υποβολή του φακέλου που συνοδεύει την αίτηση για έκδοση άδειας εγκατάστασης είναι τα εξής:

- Συνοπτική μελέτη – περιγραφή του έργου συνοδευόμενη από τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5.000 θεωρημένα από τη Ρ.Α.Ε..
- Νόμιμο αποδεικτικό στοιχείο αποκλειστικής χρήσης του χώρου εγκατάστασης του σταθμού δυνάμει εμπράγματος δικαιώματος ή ενοχικής σχέσης.
- Θεωρημένο αντίγραφο κάθε επιμέρους σχετικής έγκρισης που εκδίδεται από δημόσια αρχή, εάν αυτή δεν κοινοποιείται υπηρεσιακά στην Αδειοδοτούσα Αρχή.
- Υπεύθυνη δήλωση του ιδιοκτήτη του σταθμού και του μελετητή για ανάθεση και ανάληψη της μελέτης εγκατάστασης αντίστοιχα.
- Παραστατικά πληρωμής φόρων, κρατήσεων, τελών κλπ.

Τα ειδικά δικαιολογητικά που πρέπει να συμπεριληφθούν στο φάκελο της αίτησης και αφορούν τα Μ.Υ.Η.Ε. είναι τα εξής:

- Σε περίπτωση σύνδεσης σταθμού στο Σύστημα ή σε Δίκτυο τα αναγκαία στοιχεία για τη διατύπωση προσφοράς σύνδεσης του σταθμού (Τοπογραφικό διάγραμμα 1:50.000, διάγραμμα κάλυψης 1:200~500, περιγραφή Η/Μ εγκαταστάσεων κ.λ.π.).
- Φάκελος μελέτης προέγκρισης χωροθέτησης για την εξέταση έκδοσης απόφασης χωροθέτησης σταθμού για έργα ΑΠ κατηγορίας.
- Φάκελος μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, για την εξέταση έκδοσης απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.
- Άδεια χρήσης νερού και, εφόσον ο αιτών είναι νομικό πρόσωπο που δεν υπάγεται στον ευρύτερο δημόσιο τομέα, άδεια εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 1739/1987.

Η χορηγούμενη άδεια εγκατάστασης έχει διάρκεια ισχύος 2 έτη και μπορεί να παραταθεί για ίσο χρόνο, εφόσον:

- Κατά τη λήξη της διετίας έχει εκτελεστεί έργο, οι δαπάνες του οποίου καλύπτουν το 50% της επένδυσης.
- Δεν έχει γίνει έναρξη εκτέλεσης του έργου για λόγους που, αποδεδειγμένα, δεν οφείλονται σε υπαιτιότητα του κατόχου της άδειας εγκατάστασης και με την προϋπόθεση ότι έχουν συναφθεί οι απαραίτητες συμβάσεις για την προμήθεια του

απαραίτητου εξοπλισμού. Η σύναψη των συμβάσεων δεν απαιτείται αν υφίσταται δικαστική αναστολή εκτέλεσης της άδειας εγκατάστασης.

Στη συνέχεια της παραγράφου περιγράφονται οι διαδικασίες για τις επιμέρους εγκρίσεις που απαιτούνται στα πλαίσια έκδοσης άδειας εγκατάστασης. Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται όλες οι επιμέρους απαιτούμενες εγκρίσεις – γνωμοδοτήσεις προκειμένου για την έκδοση άδειας εγκατάστασης.

3.4.2.1 Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (Π.Π.Ε.Α.)

Αρμόδια Υπηρεσία για την Π.Π.Ε.Α. είναι, για Μ.Υ.Η.Ε. με μήκος αγωγού προσαγωγής μεγαλύτερο από 3 χιλιόμετρα η Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Ε.Υ.ΠΕ.) του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., για μήκος αγωγού μεταξύ 1~3 χιλιόμετρα η Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας (ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ.) της οικείας Περιφέρειας και, για μήκος αγωγού μικρότερου του 1 χιλιομέτρου η αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης.

Πίνακας 3.4: Επιμέρους εγκρίσεις – γνωμοδοτήσεις για την έκδοση άδειας εγκατάστασης (σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 104247/2006)

Έγκριση - Γνωμοδότηση	Αρμόδιος Φορέας	Χρήση	Περιεχόμενο - Έλεγχος
Π.Π.Ε.Α.	Ε.Υ.ΠΕ. ή ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. ή Νομαρχία	Έκδοση Άδειας Εγκατάστασης	Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση
Γνωμοδότηση	Δασαρχείο	Έγκριση Π.Π.Ε.Α.	Κατάταξη της έκτασης, έλεγχος αν είναι αναδασωτέα, προστατευόμενη κλπ.
»	Πολεοδομική Υπηρεσία	»	Εξέταση αν η έκταση βρίσκεται εντός Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) ή Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.), απόσταση από όρια οικισμών.
»	ΟΤΕ	»	Διερεύνηση αν επηρεάζεται η λειτουργία παρακείμενων ή κοντινών εγκαταστάσεων.

»	Εφορείες Αρχαιοτήτων και Νεοτέρων Μνημείων	»	Διερεύνηση αν η έκταση βρίσκεται εντός αρχαιολογικού χώρου ή χώρου μνημείου και επιβολή όρων παρακολούθησης εκσκαφικών εργασιών.
»	ΓΕΕΘΑ	»	Διερεύνηση αν επηρεάζεται η ασφάλεια κοντινών στρατιωτικών εγκαταστάσεων.
»	ΕΟΤ	»	Διερεύνηση αν επηρεάζεται η λειτουργία τουριστικών εγκαταστάσεων ή σχεδίων τουριστικής ανάπτυξης.
»	ΟΡΣΑ ή ΟΡΣΘ	»	
ΕΠΟ	Περιφέρεια	Έκδοση Αδειας Εγκατάστασης	Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων.
Γνωμοδότηση	Νομαρχιακό Συμβούλιο	ΕΠΟ	
»	ΟΡΣΑ ή ΟΡΣΘ	»	
ΕΕπ	Περιφέρεια	Έκδοση Αδειας Εγκατάστασης	Έγκριση Επέμβασης σε δασική έκταση.
Γνωμοδότηση	Δασαρχείο	ΕΕπ	Κατάταξη της έκτασης, έλεγχος αν είναι αναδασωτέα, προστατευόμενη κλπ.
Άδεια Χρήσης Νερού	ΥΠΑΝ	Έκδοση Αδειας Εγκατάστασης	Άδεια χρήσης νερού και εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων.

Ο φάκελος αίτησης που θα υποβληθεί στην κατά περίπτωση αρμόδια υπηρεσία πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής :

- **Τεχνική Περιγραφή Έργου** – Περιλαμβάνει τα στοιχεία ταυτοποίησης του έργου, τη γεωγραφική του θέση, τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού, το είδος και έκταση επέμβασης και τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων.
- **Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.)** – Περιλαμβάνει γενική περιγραφή του έργου, της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας, των υφιστάμενων επί τόπου συνθηκών, των επιπτώσεων επί του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, τις ενδεχόμενες εναλλακτικές λύσεις, τα οφέλη για το σύνολο, τα αναγκαία μέτρα μετά την παύση λειτουργίας κλπ.

- **Χάρτες και Φωτογραφικό Υλικό** – Τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 και 1:5.000 που θα αποτυπώνουν τη θέση και έκταση του έργου και φωτογραφίες από τη θέση εγκατάστασης και χαρακτηριστικά σημεία της ευρύτερης περιοχής.

Για την έκδοση της έγκρισης Π.Π.Ε.Α. είναι επίσης αναγκαίες οι θετικές γνωμοδοτήσεις του αρμόδιου Δασαρχείου (ή της Διεύθυνσης Δασών αν δεν υφίσταται Δασαρχείο), της αρμόδιας Πολεοδομικής Υπηρεσίας, του Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών Ελλάδας (Ο.Τ.Ε.), των αρμοδίων Εφορειών Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Βυζαντινών Αρχαιοτήτων και Νεοτέρων Μνημείων, της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας (Υ.Π.Α.), του Γενικού Επιτελείου Εθνικής Άμυνας (Γ.Ε.ΕΘ.Α.), του Ελληνικού Οργανισμού Τουρισμού (Ε.Ο.Τ.) και των Οργανισμών Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος, εφόσον το έργο πρόκειται να εγκατασταθεί σε περιοχή δικαιοδοσίας των εν λόγω οργανισμών.

Εντός προθεσμίας 10 εργάσιμων ημερών η αρμόδια για την Π.Π.Ε.Α. υπηρεσία οφείλει να διαβιβάσει το φάκελο στους γνωμοδοτούντες φορείς, οι οποίοι πρέπει εντός 15 εργάσιμων ημερών να εκδώσουν τη σχετική απόφαση. Η απόφαση περιβαλλοντικής αδειοδότησης για την Π.Π.Ε.Α. χορηγείται σε διάστημα 5 εργάσιμων ημερών από την παραλαβή των ως άνω γνωμοδοτήσεων.

3.4.2.2 Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.)

Όσον αφορά την αρμόδια υπηρεσία για την Ε.Π.Ο. ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο για την έγκριση της Π.Π.Ε.Α.. Ο συνοδευτικός της αίτησης φάκελος περιλαμβάνει την πλήρη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) του έργου, στην οποία αναλύονται εκτενέστερα το σύνολο των στοιχείων που αναφέρονται στην Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.Α.). Εφόσον κατά την εξέταση της Π.Π.Ε.Α., η αδειοδοτούσα υπηρεσία κρίνει ότι το συγκεκριμένο έργο δεν προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, η Π.Π.Ε. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έκδοση της Ε.Π.Ο..

Για την Ε.Π.Ο. είναι απαραίτητη η θετική γνωμοδότηση του Νομαρχιακού Συμβουλίου της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης και των Οργανισμών Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος, εφόσον το έργο πρόκειται να εγκατασταθεί σε περιοχή δικαιοδοσίας των εν λόγω οργανισμών. Οι προθεσμίες που ισχύουν για την Ε.Π.Ο. όσον αφορά την αδειοδοτούσα αρχή είναι ίδιες με αυτές της Π.Π.Ε.Α.. Οι γνωμοδοτούντες

φορείς σε αυτή την περίπτωση όμως, έχουν στη διάθεσή τους 35 εργάσιμες ημέρες για την εξέταση της Μ.Π.Ε. και την έκδοση της σχετικής απόφασης. Η χορηγούμενη Ε.Π.Ο. ισχύει για 10 έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο κάθε φορά.

3.4.2.3 Έγκριση Επέμβασης (Ε.Επ.) σε δάσος ή δασική έκταση

Αρμόδιος για την έκδοση της Ε.Επ. είναι ο Γενικός Γραμματέας της οικείας Περιφέρειας, ο οποίος οφείλει σε διάστημα 40 ημερών από την παράδοση της σχετικής αίτησης και του φακέλου και, με τη σύμφωνη γνώμη του αρμόδιου Δασαρχείου να εκδώσει την απόφαση. Προϋπόθεση για τη χορήγηση Ε.Επ. είναι η Ε.Π.Ο. του συγκεκριμένου έργου. Τα περιεχόμενα του φακέλου για την Ε.Επ. είναι η Τεχνική Περιγραφή Έργου, οι χάρτες και φωτογραφικό υλικό, όπως αυτά ορίζονται για το φάκελο της Π.Π.Ε.Α..

3.4.2.4 Άδεια Χρήσης Νερού – Εκτέλεσης Έργου Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων

Σύμφωνα με το Π.Δ. 256/1989 είναι δυνατό να χορηγηθεί ενιαία άδεια για χρήση νερού και εκτέλεση έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων, με τη διαδικασία που ορίζεται στο Ν. 1739/1987. Αρμόδια αρχή για την έκδοση της άδειας είναι το ΥΠ.ΑΝ., το οποίο υποχρεούται στην έκδοση της σχετικής απόφασης σε διάστημα 2μηνών από την κατάθεση των απαιτούμενων δικαιολογητικών. Τα περιεχόμενα του συνοδευτικού της αίτησης φακέλου είναι τα εξής:

- Τοπογραφικό διάγραμμα, κατάλληλης κλίμακας, που θα παρουσιάζει την περιοχή εκτέλεσης του έργου και χρήσης νερού και της χρήσεις γης σε ακτίνα 200 μέτρων από την περιοχή εκτέλεσης του έργου.
- Αντίγραφο ιδιωτικού συμφωνητικού, σε περίπτωση χρήσης νερού από χώρο ξένης ιδιοκτησίας, εφόσον απαιτείται.
- Νόμιμη εξουσιοδότηση εκπροσώπησης, σε περίπτωση που ο αιτών εκπροσωπεί νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου ή συλλογικό όργανο.
- Γενική περιγραφή του έργου.
- Επαρκή στοιχεία μελέτης στα οποία αναλύεται η ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υδατικών πόρων, πριν και μετά την εκτέλεση του έργου.

3.4.3 Έκδοση Άδειας Λειτουργίας

Η άδεια λειτουργίας χορηγείται μετά από σχετική αίτηση, όπως και η άδεια εγκατάστασης, από το Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας, ο οποίος υποχρεούται στην έκδοσή της εντός αποκλειστικής προθεσμίας 15 ημερών από την ολοκλήρωση των απαιτούμενων τεχνικών ελέγχων. Η άδεια λειτουργίας έχει διάρκεια ισχύος 20 έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα. Τα δικαιολογητικά του συνοδευτικού της αίτησης φακέλου είναι:

- Επικυρωμένο αντίγραφο της σύμβασης σύνδεσης στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, μεταξύ Παραγωγού και Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ή Δ.Ε.Η. Α.Ε. αντίστοιχα.
- Επικυρωμένο αντίγραφο της σύμβασης αγοραπωλησίας Η/Ε μεταξύ Παραγωγού και Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ή Δ.Ε.Η. Α.Ε., ανάλογα με το αν η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται στο Σύστημα ή στο Δίκτυο αντίστοιχα.
- Βεβαίωση του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ή της Δ.Ε.Η. Α.Ε. περί ολοκλήρωσης των κατασκευών του δικτύου σύνδεσης και των λοιπών αναγκαίων εγκαταστάσεων, σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές που ορίζονται στη σύμβαση σύνδεσης.
- Νόμιμα θεωρημένο αντίγραφο της οικοδομικής άδειας του σταθμού παραγωγής.
- Πιστοποιητικό της αρμόδιας Υπηρεσίας του Πυροσβεστικού Σώματος, ότι έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα πυρασφάλειας σύμφωνα με τις υποδείξεις της.
- Έκθεση αυτοψίας της Αδειοδοτούσας Αρχής, με την οποία βεβαιώνεται η τήρηση των όρων και περιορισμών της άδειας εγκατάστασης.
- Υπεύθυνη δήλωση του φορέα του έργου ότι έχουν τηρηθεί οι όροι της απόφασης Ε.Π.Ο. και ότι θα τηρούνται και κατά τη διάρκεια λειτουργίας.
- Λοιπές υπεύθυνες δηλώσεις του ιδιοκτήτη, του επιβλέψαντος μηχανικού και του μηχανικού επίβλεψης της λειτουργίας του έργου.

Πριν την έκδοση της άδειας λειτουργίας και μετά την αποπεράτωση των εγκαταστάσεων του σταθμού, γίνεται προσωρινή σύνδεση του σταθμού στο Σύστημα ή σε Δίκτυο για την εκτέλεση των απαιτούμενων δοκιμών των εγκαταστάσεων, για διάστημα έως 4 μηνών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

ΜΙΚΡΟΥ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

4.1 Εκτίμηση υδροδυναμικού περιοχής και επιλογή θέσης εγκατάστασης

Υδροδυναμικό μιας περιοχής είναι η δυνατότητα παραγωγής έργου από ρέοντα ύδατα. Υδροδυναμική θέση είναι η θέση ενός υδατορεύματος η οποία έχει δυνατότητες αξιοποίησης του υδροδυναμικού.

Η εκτίμηση του υδροηλεκτρικού δυναμικού μιας περιοχής είναι το πρωταρχικό και το κρισιμότερο στάδιο για την ανάπτυξη μικροϋδροηλεκτρικών εφαρμογών. Ο προσδιορισμός των υδρολογικών χαρακτηριστικών, σε συνδυασμό με την αναγνώριση της περιοχής, έχει σαν στόχο την περιγραφή της διακύμανσης της συγκεκριμένης παροχής και την επιλογή πιθανών θέσεων για εγκατάσταση μικρών υδροηλεκτρικών έργων.

Για τις θέσεις που συγκεντρώνουν τον υψηλότερο δείκτη πυκνότητας υδροηλεκτρικού δυναμικού, γίνεται εκτίμηση της καμπύλης διάρκειας της παροχής με χρήση διαφόρων υδρολογικών μοντέλων σε συνδυασμό με μια ελάχιστη σειρά μετρήσεων παροχής.

Λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφία, τη γεωλογία, τις κατακρημνίσεις και τυχόν υπάρχουσες μετρήσεις παροχής, γίνεται υπολογισμός του θεωρητικού υδροδυναμικού της περιοχής.

Ο βασικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την μέτρηση παροχών και την αναγνώριση της περιοχής περιλαμβάνει:

- Παροχόμετρο υπερήχων κλειστών αγωγών.
- Αισθητήρια μέτρησης πίεσης.
- Αισθητήρια μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών.
- Ταχύμετρα και επιταχυνσιόμετρα.
- Μονάδες συλλογής δεδομένων και σύστημα τηλεμετάδοσης.
- Λογισμικό εποπτείας του μετρητικού συστήματος και επεξεργασίας των δεδομένων.

4.2 Μελέτη Σκοπιμότητας

Ως πρώτο βήμα για την εγκατάσταση ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου θεωρείται η διεξαγωγή μελέτης σκοπιμότητας με την εξέταση διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων σχεδίασης ενός έργου.

Το αντικείμενο της μελέτης σκοπιμότητας είναι:

A. Ο προσδιορισμός του ύψους πτώσης, με μια αρχική επιλογή της θέσης υδροληψίας και σταθμού.

B. Η χάραξη της καμπύλης διάρκειας παροχής της θέσης, για την εκτίμηση της ετήσιας παραγωγής ενέργειας και τον υπολογισμό των ετήσιων εσόδων του έργου.

Γ. Ο προσδιορισμός του κόστους κατασκευής του έργου με βάση τη μορφολογία της περιοχής, του μήκους του καταθλιπτικού αγωγού, του τύπου του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και της απόστασης της διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η..

Δ. Ο προσδιορισμός της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου, με τον υπολογισμό των απαραίτητων οικονομικών δεικτών και η εξαγωγή συμπερασμάτων.

4.3 Προμελέτη Εγκατάστασης Μ.Υ.Η.Ε.

Στην περίπτωση που το αποτέλεσμα της μελέτης σκοπιμότητας αποβεί θετικό τότε εκπονείται η μελέτη σχεδίασης εγκατάστασης Μικρού Υδροηλεκτρικού Σταθμού σε επίπεδο προμελέτης. Το βάθος της προμελέτης είναι τέτοιο ώστε να είναι επαρκές για την έκδοση των διαφόρων αδειών που απαιτούνται για την κατασκευή του Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου.

Η σχεδίαση η οποία στηρίζεται στα αποτελέσματα της μελέτης σκοπιμότητας περιλαμβάνει:

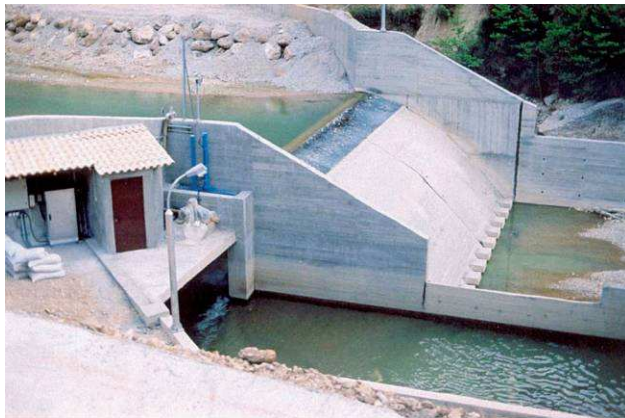
Α. Την επιλογή των υδροστροβίλων και τον καθορισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών τους.

Β. Την επιλογή των γεννητριών με τα χαρακτηριστικά τους και όλο τον συνακόλουθο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό.

Γ. Τον καθορισμό των χαρακτηριστικών του συστήματος αυτοματισμού και λειτουργίας της εγκατάστασης.

Δ. Τον καθορισμό του συστήματος προσαγωγής του νερού στον σταθμό, δηλαδή την υδροληψία, τον αγωγό προσαγωγής (ανοικτό ή κλειστό), την δεξαμενή φόρτισης και τις υπόλοιπες βοηθητικές εγκαταστάσεις.

Ε. Την κτηριακή υποδομή για την εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού με τη διάταξη των στροβίλων-γεννητριών, για εύκολη πρόσβαση και συντήρηση χωρίς διακοπή της λειτουργίας των υπόλοιπων μονάδων, των αυτοματισμών και όλου του βοηθητικού εξοπλισμού, του υποσταθμού καθώς και τη διασύνδεση με το δίκτυο.



Εικόνα 4.1: Υδροληψία ΥΗΕ Τσιβλού, ισχύος 2,7 MW.



Εικόνα 4.2: Εσωτερικό Μηχανοστασίου Μ.Υ.Η.Ε.

(Πηγή: www.cres.gr/kape/pdf/press/MYD_KAPE.pdf)

4.4 Μελέτη-κατασκευή υδροστροβίλων

Για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό Υδροηλεκτρικών Έργων μικρής ισχύος, εκπονείται μελέτη για την σχεδίαση και κατασκευή των υδροστροβίλων του έργου, την

επιλογή της κατάλληλης γεννήτριας σύγχρονης ή ασύγχρονης και του συστήματος αυτοματισμού.

4.5 Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.)

Αντικείμενο της μελέτης είναι η εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν κατά την κατασκευή και τη λειτουργία του Μ.Υ.Η.Ε. και η αποτίμηση των επιπτώσεων αυτών με σκοπό την πρόταση κατάλληλων μέτρων για την αποφυγή ή άμβλυνσή τους.

Στόχος της μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι να προσφέρει σε όσους λαμβάνουν αποφάσεις για το κοινό σαφείς και εμπεριστατωμένες εκτιμήσεις και πληροφορίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου. Στο πλαίσιο της Μ.Π.Ε. εξετάζονται οι σημαντικότερες επιβαρύνσεις και πιέσεις κατά τη φάση των κατασκευών που συνδέονται κυρίως με τα έργα υδροληψίας στην κοίτη του ποταμού, την εγκατάσταση του αγωγού προσαγωγής και την ανέγερση του μηχανοστασίου και των λοιπών κατασκευών. Επίσης εκτιμώνται οι ενδεχόμενες επιπτώσεις από τα σύνολα έργα, όπως η διάνοιξη των οδών προσπέλασης, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις πραγματοποιούνται σε δύσβατα μέρη με ιδιαίτερη αισθητική και περιβαλλοντική αξία, προκαλώντας πρόσθετες τεχνικές και περιβαλλοντικές δυσκολίες. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αισθητική προσαρμογή και εναρμόνιση όλων των επιμέρους έργων στο περιβάλλον. Κατά τη φάση λειτουργίας του έργου, εξετάζονται επιπτώσεις που οφείλονται κυρίως στην εκτροπή σημαντικού τμήματος της παροχής του ποταμού από τη θέση υδροληψίας μέχρι τον σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι επιπτώσεις αυτές ενδέχεται να είναι σημαντικές στην χλωρίδα και πανίδα ιδιαίτερα δε όταν τα έργα προτείνονται σε προστατευόμενες περιοχές.

Τέλος, άλλα θέματα που εξετάζονται στο πλαίσιο της λειτουργίας του Μ.Υ.Η.Ε. και προτείνονται τα αντίστοιχα μέτρα, αφορούν την ηχητική όχληση και την ασφαλή λειτουργία του μηχανοστασίου και την προστασία των περίοικων όταν έρχονται σε επαφή με τμήματα του έργου.

4.6 Μετρήσεις λειτουργίας και βαθμού απόδοσης Μ.Υ.Η.Ε.

Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας και η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας αποτελούν καθοριστικές παραμέτρους για την οικονομικότητα των Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων.

Η αύξηση του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης σε ποσοστό 1%, οδηγεί σε μια σημαντική αύξηση της παραγόμενης ενέργειας, των ετησίων εσόδων και σε μια αξιόλογη μείωση της περιόδου απόσβεσης και επένδυσης.

Για την σωστή λειτουργία του έργου πραγματοποιούνται μετρήσεις όπως η μέτρηση της καμπύλης ισχύος, του βαθμού απόδοσης και των απωλειών του μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου σε συνάρτηση με την μεταβολή της παροχής και του καθαρού ύψους πτώσης. Επίσης πραγματοποιείται μέτρηση των ηλεκτρικών μεγεθών της γεννήτριας (συνημίτονο τάσης, ένταση, ενεργός και άεργος ισχύς, ενέργεια). Έλεγχος αυτοματισμών σε περίπτωση απόρριψης φορτίου.

Για την βέλτιστη κατανομή και εκμετάλλευση της παροχής σε μικρά υδροηλεκτρικά έργα με περισσότερους από έναν εγκαταστημένους στροβίλους, προτείνονται βέλτιστοι συνδυασμοί των καμπυλών απόδοσης των μονάδων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ Μ.Υ.Η.Ε. ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

5.1 Αναγκαιότητα Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Τα διάφορα τεχνικά έργα τροποποιούν το περιβάλλον για να υλοποιήσουν στόχους επιθυμητούς από την ανθρώπινη κοινωνία. Λόγω όμως ορισμένων ευαίσθητων χαρακτηριστικών του, αλλά και της ατέλειας των σχεδίων και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται, προκύπτουν συχνά ανεπιθύμητες αλλαγές στο περιβάλλον, ως παρενέργειες των ανθρώπινων επεμβάσεων.

Η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η εξέταση της συμβατότητας διαφόρων αναπτυξιακών σχεδίων, προγραμμάτων, έργων ή άλλων δραστηριοτήτων με τις απαιτήσεις της περιβαλλοντικής προστασίας. Η αποφυγή των δυσάρεστων ή και καταστρεπτικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από διάφορα έργα διευκολύνεται, αν προηγηθεί μία κατάλληλη μελέτη που θα τις προβλέψει και θα τις αξιολογήσει. Οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο, έχουν αποτελέσει κατά τις τελευταίες δεκαετίες σημαντικό εργαλείο για την προστασία του περιβάλλοντος, κυρίως στις αναπτυγμένες χώρες. Βασικό αντικείμενο των μελετών περιβαλλοντικής αποκατάστασης δεν είναι τόσο η περιγραφή και η ανάλυση του υπάρχοντος περιβάλλοντος, όσο η πρόβλεψη της εξέλιξής του στο μέλλον, κάτω από την επίδραση του έργου. Η δυσκολία της πρόβλεψης οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως η ανεπάρκεια των στοιχείων, η πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος κλπ. Μία ολοκληρωμένη εκτίμηση απαιτεί επίσης την εξέταση των

περιβαλλοντικών επιπτώσεων όλων των εναλλακτικών λύσεων του έργου, διότι κάποιες ενδέχεται να είναι λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον, έστω και αν υστερούν από οικονομικής ή τεχνικής πλευράς.

Όλα τα σημαντικά έργα πρέπει να εξετάζονται, κατά τη φάση του σχεδιασμού, από την άποψη των ενδεχόμενων επιπτώσεών τους στο περιβάλλον και να τροποποιούνται εγκαίρως, έτσι ώστε οι επιπτώσεις αυτές να ελαχιστοποιηθούν. Σε περίπτωση που οι επιπτώσεις είναι πολύ σοβαρές και η αντιμετώπισή τους αμφίβολη, πρέπει να επανεκτιμάται η σκοπιμότητα του έργου και να εξετάζεται το ενδεχόμενο ματαίωσής του. Η προσπάθεια της εκ των προτέρων εκτίμησης και μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι εξαιρετικά σημαντική, διότι συμβάλλει στην πρόληψη των περιβαλλοντικών βλαβών, που είναι γενικά ευκολότερη και φθηνότερη από την αντιμετώπισή τους εκ των υστέρων.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός έργου σχετίζονται συνήθως με τη λειτουργία των οικοσυστημάτων και τη ρύπανση. Γενικότερα όμως μπορούν να αναφέρονται και σε θέματα αισθητικά, πολιτιστικά, κοινωνικά ή οικονομικά. Οι κύριες περιβαλλοντικές παράμετροι που συνδέονται με τη λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε. είναι οι ακόλουθες:

- Οπτική όχληση και αισθητική ένταξη.
- Φυσικό περιβάλλον, δηλαδή γλωρίδα και πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα) και οικολογική παροχή.
- Έδαφος (επιφανειακά και υπόγεια νερά).

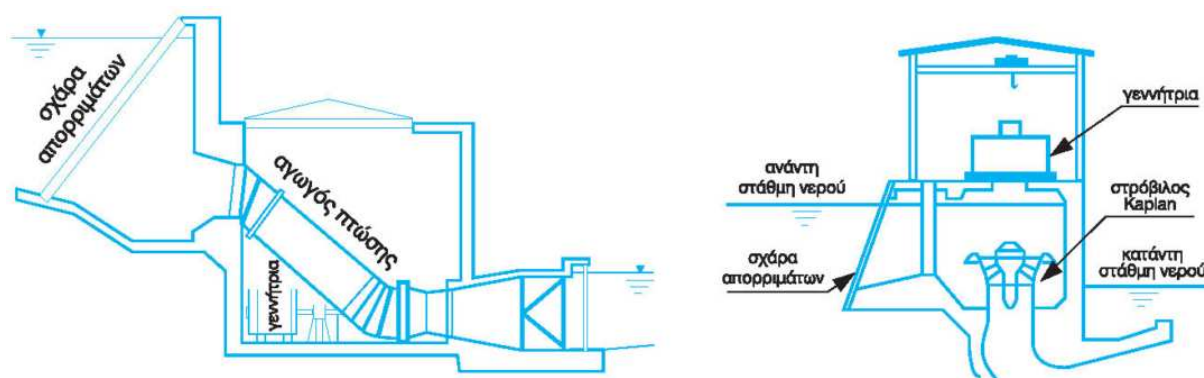
Είναι φανερό, ότι όλα τα ανωτέρω δεν επηρεάζονται στον ίδιο βαθμό από όλα τα έργα που πραγματοποιούνται. Παράγοντες, όπως το μέγεθος και η φύση του Μ.Υ.Η.Ε. και τα χαρακτηριστικά του (π.χ. ύπαρξη ταμιευτήρα, εκτεταμένο οδικό δίκτυο κ.ά.), καθορίζουν σημαντικά τον βαθμό, στον οποίο ασκείται πίεση στο περιβάλλον.

Εξ' ορισμού, ένας Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (Μ.Υ.Η.Σ.) αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον. Το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τοπικούς πόρους. Ακόμα, η πλήρης αυτοματοποίηση των Μ.Υ.Η.Ε. οδηγεί στην ελαχιστοποίηση των λειτουργικών εξόδων και περιορίζει τις ανάγκες σε προσωπικό και σε απλές περιοδικές επισκέψεις ελέγχου.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Μ.Υ.Η.Ε., ακόμη και στην περίπτωση της δημιουργίας μικρών ταμιευτήρων, δεν σχετίζονται με αυτές των μεγάλων μονάδων παραγωγής, στις οποίες εντοπίζονται εδαφικές (π.χ. τραυματισμός του εδαφικού προφίλ από

τις κατασκευές, αισθητική ένταξη του έργου), υδρολογικές (π.χ. δίαιτα του ποταμού, εμπλουτισμός υπόγειων νερών, χρήση του νερού), οικολογικές (π.χ. πανίδα και χλωρίδα), κοινωνικές (π.χ. μετακίνηση οικισμών λόγω κατάκλισης, αλλαγή συνηθειών) ή οικονομικές διαφοροποιήσεις (π.χ. χρήση γης).

Στη συνέχεια, παρατίθενται και σχολιάζονται κάποια βασικά ζητήματα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση και λειτουργία Μ.Υ.Η.Ε. και που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την περιβαλλοντική τους «συμβατότητα». Τονίζεται ότι τα σημεία αυτά αποτελούν τα βασικά σημεία των επιπτώσεων που μπορούν να επέλθουν από ένα Μ.Υ.Η.Ε. και ενδέχεται να διαφοροποιούνται ως προς την έκταση και την έντασή τους, ανάλογα με την περίπτωση.



Σχήμα 5.1: Διατάξεις Μ.Υ.Η. μικρού ύψους πτώσης.

(Πηγή: www.library.tee.gr)

5.2 Οπτική όχληση – αισθητική ένταξη

Η οπτική όχληση προκαλείται κυρίως από τα έργα οδοποιίας (σύνοδο έργο του Μ.Υ.Η.Ε.), τα οποία, εάν δεν σχεδιαστούν και εκτελεστούν προσεκτικά, μπορεί να δημιουργήσουν μεγάλα πρηνή, τα οποία έχουν μια έντονη επίπτωση στην αισθητική του τοπίου. Επίσης, μπορεί να επιφέρουν κατολισθήσεις σε ασταθή εδάφη. Μια έμμεση αλλά σοβαρή επίπτωση είναι η αλόγιστη διάθεση των μαζών σε κοντινά ρέματα ή χαράδρες. Οι οπτικές επιπτώσεις από το φράγμα και το έργο υδροληψίας, τον αγωγό προσαγωγής, το κτίριο του σταθμού παραγωγής, το οποίο είναι σχετικά μικρό (περίπου 100 m²) και μπορεί να έχει τοπικό/παραδοσιακό χαρακτήρα (π.χ. πέτρα), και από τις γραμμές μεταφοράς μπορεί να είναι ελάχιστες, έως και μηδενικές, εάν το έργο σχεδιαστεί με κάποια βασική περιβαλλοντική ευαισθησία.

Στα Μ.Υ.Η.Ε. μεγάλης πτώσης, η απόσταση ανάμεσα στα έργα κεφαλής/υδροληψίας και στην έξοδο μπορεί να είναι έως και μερικά χιλιόμετρα, οπότε το εκτρεπόμενο νερό σε κανάλι ή αγωγό μπορεί να είναι ένα έντονο γραμμικό χαρακτηριστικό. Ωστόσο, η οπτική παρουσία των καναλιών δεν είναι απαραίτητα επιβλαβής στο τοπίο. Το μόνο που θα μπορούσε να προκαλέσει μια μικρή οπτική υποβάθμιση είναι τα πρανή που διαμορφώνονται κατά μήκος των καναλιών, τα οποία όμως καλύπτονται με αυτοφυή βλάστηση μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ένα δεύτερο πρόβλημα μπορεί να είναι η αλλαγή της εμφάνισης κάποιου καταρράκτη, στο εκτρεπόμενο τμήμα των νερών.

Στην περίπτωση δημιουργίας ταμιευτήρων, οι πιθανές οπτικές επιπτώσεις προέρχονται από την κατάκλιση της γης, που μπορεί να επηρεάσει τη γεωργία της περιοχής, τις τοπικές υποδομές, τους αρχαιολογικούς χώρους και τις προστατευόμενες περιοχές. Θα προκληθεί οπτική όχληση, λόγω της αλλαγής του τοπίου και πιθανώς να προκληθούν αλλαγές στον τοπικό υδροφόρο ορίζοντα, οι οποίες με τη σειρά τους θα προκαλέσουν αλλαγές στο υδάτινο και στο χερσαίο φυσικό περιβάλλον. Βέβαια, στις περισσότερες των περιπτώσεων, ο ταμιευτήρας (όταν επιλέγεται η κατασκευή φράγματος) μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία υγρότοπου και σε ένα καθ' όλα αποδεκτό αισθητικό αποτέλεσμα.

5.3 Φυσικό περιβάλλον, χλωρίδα- πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα)

Οι περιοχές αξιοποίησης υδάτινου δυναμικού εντοπίζονται κυρίως σε ημιορεινές-ορεινές περιοχές (δασικές ή χέρσες εκτάσεις), όπου η ύπαρξη του φυσικού πόρου (νερό) σε συνδυασμό με την υψομετρική διαφορά που επιτυγχάνεται από το σημείο υδροληψίας μέχρι τον σταθμό παραγωγής ενέργειας, εξασφαλίζουν τη σκοπιμότητα και βιωσιμότητα του έργου.

Κατηφορικά της ορεινής υδροληψίας ή του φράγματος, η παροχή στη φυσική κοίτη του ποταμού μπορεί να μηδενιστεί, για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει μη αντιστρέψιμες συνέπειες στη χλωρίδα και την πανίδα, που συναντάται στην περιοχή μεταξύ της υδροληψίας και του σταθμού παραγωγής ενέργειας. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει να εξασφαλίζεται η κατάλληλη ποσότητα νερού κατηφορικά της υδροληψίας (οικολογική παροχή), για τη διατήρηση της ισορροπίας της χλωρίδας και πανίδας.

Επίσης, κατά τη φάση των κατασκευών, η αποψίλωση της βλάστησης θα πρέπει να περιορίζεται στην απολύτως αναγκαία έκταση για τη δημιουργία των έργων. Σε περιπτώσεις δημιουργίας ταμιευτήρα, μεταβάλλεται μόνιμα η χλωρίδα στη λεκάνη κατάκλισης, καθώς απαιτείται η εκχέρσωση της βλάστησης που βρίσκεται στη λεκάνη κατάληψης του δημιουργούμενου ταμιευτήρα.

Τέλος, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην πανίδα που ζει ή χρησιμοποιεί την περιοχή και να εξασφαλίζεται η ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας (εφόσον υπάρχει), έτσι ώστε να μη δημιουργούνται εμπόδια στα είδη ψαριών που διακινούνται κατά μήκος του ποταμού. Για τον λόγο αυτόν, θα πρέπει να προβλέπεται ειδική τεχνική κατασκευή (ιχθυόδρομος).

5.4 Έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια νερά

Η υδροληψία/φράγμα διακόπτει τη συνεχή παροχή των φερτών υλικών κατά μήκος του ποταμού, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται με την πάροδο του χρόνου στην υδροληψία ή στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Οι φερτές ύλες αποτελούν πρόβλημα, που απαιτεί συνεχή αντιμετώπιση για τη σωστή λειτουργία του έργου. Η διακοπή της ροής των φερτών δημιουργεί μακροπρόθεσμα μεταβολή στην κοίτη και την εκβολή του ποταμού, ενώ αύξηση της διάβρωσης μπορεί να επέλθει και κατηφορικά του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα.

Η λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε. επηρεάζει σημαντικά τα επιφανειακά ύδατα της περιοχής και συγκεκριμένα, από το σημείο του φράγματος/υδροληψίας μέχρι την έξοδο των υδάτων στην κοίτη του ποταμού, στο ύψος του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στο τμήμα αυτό, αν και θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ελάχιστης παροχής για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας (οικολογική παροχή), θα μειωθεί δραστικά η υδατική δίαιτα του ποταμού, με την αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού.

Παράλληλα, κατά τον σχεδιασμό και τη χωροθέτηση ενός Μ.Υ.Η.Ε., θα πρέπει να εξασφαλίζονται οι υφιστάμενες χρήσεις του νερού κατάντη του έργου υδροληψίας και μέχρι τον σταθμό παραγωγής ή να εξετάζονται εναλλακτικές λύσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί το γεγονός, ότι μετά την αξιοποίηση του νερού, δεν επέρχεται καμιά μεταβολή στην ποιότητά του.

Τέλος, στην περίπτωση κατασκευής φράγματος και δημιουργίας ταμιευτήρα, σημειώνεται ανύψωση της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας του νερού, με αποτέλεσμα την ανύψωση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται κωδικοποιημένα τα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με τα Μ.Υ.Η.Ε. και τα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση ανεπιθύμητων καταστάσεων.

Πίνακας 5.1: Περιβαλλοντικά θέματα Μ.Υ.Η.Ε. και προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης.

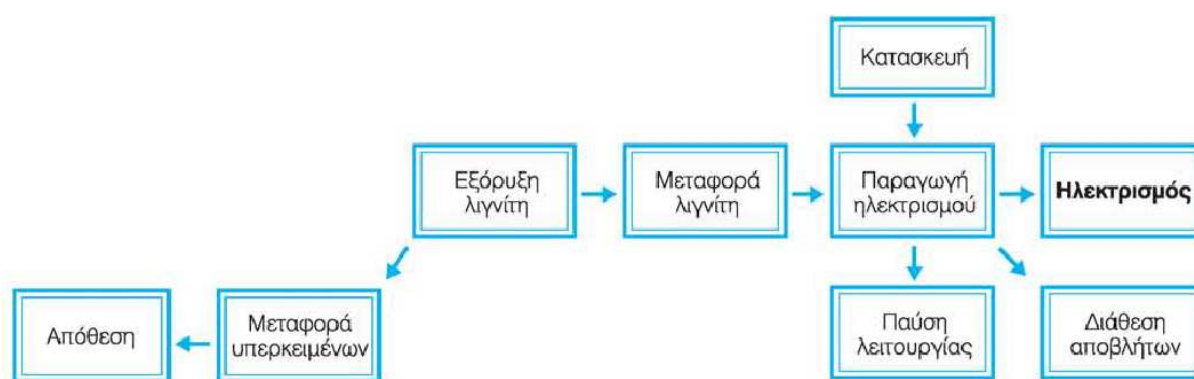
Περιβαλλοντικά θέματα Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων		
Θετικές επιδράσεις	Επιπτώσεις	Προτάσεις
Απουσία εκπομπών (CO ₂ , NO _x , SO ₂).	Οπτική όχληση/τοπίο.	Χρήση υλικών και πρακτικών της περιοχής για κατασκευές. Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των στοιχείων του Μ.Υ.Η.Ε.. Εγκιβωτισμός αγωγών, κατάλληλη χάραξη οδικού δικτύου, χρήση υφιστάμενων δρόμων.
Συμβολή στην αύξηση οξυγόνωσης των υδατορευμάτων.	Θνησιμότητα ιχθυοπανίδας.	Κατάλληλος σχεδιασμός (π.χ. χρήση παγίδων ιχθυοπανίδας στην υδροληψία, χρήση ιχθυόδρομων όπου απαιτείται).
Ο ταμιευτήρας (όταν χρησιμοποιείται) δημιουργεί νέους βιότοπους.	Σύνδεση με το δίκτυο.	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. αποκατάσταση περιοχής, επιλογή υπόγειων εργασιών).
	Χλωρίδα και υδατικοί Πόροι.	Μείωση της επέμβασης σε οικοσυστήματα και εκχέρσωση βλάστησης. Εξασφάλιση οικολογικής παροχής και χρήσεων νερού κατάντη.
	Οδικό δίκτυο.	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. χρήση του υφιστάμενου δικτύου όπου είναι εφικτό, κατάλληλη διάνοιξη δρόμων, αποκατάσταση πρανών και φυσικής βλάστησης, συντήρηση του οδικού δικτύου).

5.5 Ανάλυση Κύκλου Ζωής – Σύγκριση Μ.Υ.Η.Ε. με Θερμοηλεκτρικό Σταθμό

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής περιλαμβάνει μια σειρά μεθόδων για τον εντοπισμό, την εκτίμηση και, όπου είναι δυνατόν, την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών συνεπειών ενός έργου ή μιας δραστηριότητας καθ' όλη την διάρκεια της ζωής τους.

Υπάρχουν δύο βασικές φάσεις της ανάλυσης κύκλου ζωής: ο εντοπισμός των σημαντικών συνιστωσών και η εκτίμηση των επιπτώσεών τους. Ο εντοπισμός των σημαντικών περιβαλλοντικών συνιστωσών στοχεύει στην ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών εισροών και εκροών κατά τη διάρκεια της ζωής του έργου. Το αποτέλεσμα είναι ένας κατάλογος από ρύπους ή άλλες επιβαρύνσεις που μπορεί να προκαλούν αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον. Συνήθως, οι επιβαρύνσεις αυτές δεν είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους. Η εκτίμηση των επιπτώσεων στοχεύει στην ομαδοποίηση και αξιολόγηση των δυνητικών επιβαρύνσεων του περιβάλλοντος οι οποίες έχουν εντοπιστεί. Οι επιπτώσεις συγκεντρώνονται με βάση παράγοντες ισοδυναμίας. Συνήθως ο συνυπολογισμός των διαφορετικών επιπτώσεων δεν είναι προφανής, οπότε πρέπει να τεθούν αντίστοιχες τιμές ποσοτικού ή ποιοτικού χαρακτήρα, ανάλογα με τη σχετική σημασία τους. Οι διάφορες μεθοδολογίες αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται μπορούν να συνδεθούν με στόχους ή με κόστη ή να εκτιμηθούν από μια ομάδα εμπειρογνομόνων ή εμπλεκομένων στο θέμα.

Τα διαφορετικά στάδια του Κύκλου Ζωής ενός Λιγνιτικού Σταθμού παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί (τμήμα της μελέτης ExternE):



Σχήμα 5.2: Στάδια Κύκλου Ζωής ενός Λιγνιτικού Σταθμού

(Πηγή: www.ypan.gr/ape/files)

Τα βασικά χαρακτηριστικά του Κύκλου Ζωής ενός Λιγνιτικού Σταθμού (περιοχή Πτολεμαΐδας) δίνονται παρακάτω:

Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά Κύκλου Ζωής ενός Λιγνιτικού Σταθμού στην Πτολεμαΐδα

Φάση	Παράμετρος	Ποσότητα
1. Εξόρυξη λιγνίτη	Θέση	Πτολεμαΐδα
	Τύπος ορυχείων	Επιφανειακός
	% υπερκείμενα στο λιγνίτη	3,3 - 5 m ³ /t
2. Μεταφορά	Αέριες εκπομπές	TSP 1,525 t/yr
		NO _x 203 t/yr
		SO ₂ 94,5 t/yr
		CO ₂ 114,946 t/yr
3. Παραγωγή ηλεκτρισμού	Καύσιμο	Λιγνίτης
	Θέση	Άγιος Δημήτριος - Πτολεμαΐδα
	Εγκαταστημένη ισχύς	366,5 MW
	Παραγωγή ενέργειας	2.199.000 MWh
	Αέριες εκπομπές	TSP 556 t/yr
		NO _x 2.170 t/yr
		SO ₂ 2.615 t/yr
		CO ₂ 2.902.680 t/yr
4. Κατασκευή σταθμού	Υλικά	107.500 t Ατσάλι
		198.000 t Τσιμέντο
5. Απόβλητα	Στερεά απόβλητα	12.200.000 m ³ /yr (λιγνιτορυχείο)
		355.000 t/yr (σταθμός)
	Υγρά απόβλητα	1.500.000 t/yr

(Πηγή: www.ypan.gr/ape/files)

Τα διαφορετικά στάδια του Κύκλου Ζωής ενός Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί (τμήμα της μελέτης ExternE):



Σχήμα 5.3: Στάδια Κύκλου Ζωής ενός Μ.Υ.Η.Ε. (Πηγή: www.ypan.gr/ape/files).

Τα βασικά χαρακτηριστικά του Κύκλου Ζωής ενός Υ.Η.Ε. της Δ.Ε.Η. στη Δράμα δίνονται παρακάτω:

Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά Κύκλου Ζωής ενός Υ.Η.Ε. της Δ.Ε.Η. στη Δράμα

Φάση	Παράμετρος	Ποσότητα
1. Κατασκευή φραγμάτων και σταθμών παραγωγής ενέργειας.	Απαίτηση υλικών	12.000.000 m ³ βράχων
		540.000 m ³ τσιμέντο
	Εργασία	9.360 ανθρωποέτη
	Κατασκευαστική περίοδος	15 χρόνια
	Φράγματα	Θησαυρός (175 m ύψος)
		Πλατανόβρυση (95 m ύψος)
Τέμενος (45 m ύψος)		
2. Παραγωγή ηλεκτρισμού	Τοποθεσία	Νομός Δράμας
	Ταμιευτήρας	Θησαυρός (18 km ²)
		Πλατανόβρυση (3,25 km ²)
		Τέμενος (1,05 km ²)
	Συνολική Εγκαταστημένη ισχύς	Θησαυρός (300 MW)
		Πλατανόβρυση (100 MW)
		Τέμενος (19,5 MW)
	Ετήσια παραγωγή ενέργειας	Θησαυρός (355 GWh)
		Πλατανόβρυση (203,5 GWh)
		Τέμενος (61 GWh)

(Πηγή: www.ypan.gr/ape/files)

Κατά τη φάση λειτουργίας ενός Μ.Υ.Η.Ε., δεν παράγονται αέριες εκπομπές στην ατμόσφαιρα και δεν υποβαθμίζεται η ποιότητά της. Αντίθετα, λόγω της λειτουργίας του, επέρχεται μείωση των συνολικών ποσοτήτων αέριων ρυπαντών (CO₂, NO_x, σωματίδια κ.λ.π.), λόγω της υποκατάστασης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από συμβατικά καύσιμα στους σταθμούς της Δ.Ε.Η., με ανάλογη που παράγεται από Α.Π.Ε. (Μ.Υ.Η.Ε.).

Συγκεκριμένα και σύμφωνα με την ειδική εκπομπή αέριων ρύπων των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στο διασυνδεδεμένο σύστημα, η παραγωγή 1KWh συνεισφέρει στην έκλυση των ακόλουθων ατμοσφαιρικών ρύπων:

Πίνακας 5.4: Ρύποι από την παραγωγή 1KWh σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής

Ρύποι	Εκπομπές (g/KWh)
CO ₂	850,00
SO ₂	15,50
CO	0,18
NO _x	1,20
HC	0,05
Σωματίδια	0,80

(Πηγή: Οδηγός Ενεργειακών Επενδύσεων, Υπουργείο Ανάπτυξης 2005)

Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση λιγνίτη, σε σχέση με τις Α.Π.Ε. για την Ελλάδα, παρατίθεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 5.5: Σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη, βιομάζα, Μ.Υ.Η.Ε. και αιολικά πάρκα.

Επίπτωση	Εκτιμώμενο κόστος (mECU/KWh)			
	Λιγνίτης	Βιομάζα	Μ.Υ.Η.Ε.	Αιολικά Πάρκα
Δημόσια Υγεία	17,1	5,8	Αμελητέες	Αμελητέες
Επαγγελματικές ασθένειες	0,12	0,016	0,26	Αμελητέες
Επαγγελματικά ατυχήματα	-	-	-	-
Γεωργία			0,11	Αμελητέες
- SO ₂	0,027	0,0013		
- NO _x	0,35	0,011		
Οικοσυστήματα	Ποσοτικοποιείται μόνο η επίπτωση	Αμελητέες	3,6	Αμελητέες
Δάση	-	-	0,055	-
Χρήση γης	-	-	-	0,14
Υλικά	0,27	0,0289	-	Αμελητέες
Μνημεία	0,019	-	-	-
Θόρυβος	Αμελητέες	Μη ποσοτικοποιημένα	0,097	1,12
Τοπίο	Αμελητέες	Μη ποσοτικοποιημένα	Αμελητέες	Αμελητέες

(Πηγή: www.ypan.gr/ape/files)

5.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από την υδροληψία και συναφή έργα

Στην περίπτωση της επιλογής υδροληψίας ορεινού τύπου και την κατασκευή οδών προσπέλασης, δεν αναμένονται σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, με την προϋπόθεση ότι:

- Εξασφαλίζεται η προσαρμογή της υδροληψίας στην κοίτη του ποταμού, με έργα χαμηλού ύψους, ώστε να μην αλλοιώνεται η φυσιογνωμία του χώρου.
- Γίνεται προσπάθεια, ιδιαίτερα σε περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ή προστατευόμενες περιοχές (NATURA 2000), να αποφεύγεται η εκχέρσωση σημαντικού αριθμού δέντρων, για την κατασκευή της υδροληψίας και των οδών προσπέλασης.
- Προβλέπεται ειδική τεχνική κατασκευή (ιχθυόδρομος), που να επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας (εφόσον υπάρχει).
- Προβλέπεται κατάλληλη χάραξη των δρόμων προσπέλασης και κατάλληλη δενδροφύτευση και αντιστήριξη των πρανών, για την αντιμετώπιση σχετικά μεγάλων εκσκαφών.
- Εξασφαλίζεται η κατάλληλη ποσότητα νερού κατάντη της υδροληψίας (οικολογική παροχή), για τη διατήρηση της ισορροπίας της χλωρίδας και πανίδας.
- Εξασφαλίζονται οι υφιστάμενες χρήσεις νερού κατάντη του έργου υδροληψίας και μέχρι τον σταθμό παραγωγής ή εξετάζονται εναλλακτικές.
- Κατασκευάζεται ειδική διάταξη για τη διάθεση (περιοδική, μέσω εκκενωτή πυθμένα ή συνεχής, σε υδροληψία ορεινού τύπου) των λεπτόκοκκων φερτών, κατάντη του έργου. Στην περίπτωση ορεινής υδροληψίας, θα πρέπει να σχεδιάζεται η περιοδική διάθεση των χονδρόκοκκων υλικών κατάντη.

Στην περίπτωση της επιλογής κατασκευής φράγματος, θα πρέπει να εξεταστούν με προσοχή τα ακόλουθα:

- Υλικά κατασκευής του φράγματος και των επιμέρους έργων (ενδείκνυται τα χωμάτινα φράγματα, καθώς έχουν καλύτερη προσαρμογή στον χώρο και καλύτερη συμπεριφορά σε περιπτώσεις σεισμών).
- Χώροι απόληψης και απόρριψης υλικών (αποφυγή απόληψης και απόρριψης υλικών σε χώρους εκτός της έκτασης κατάληψης του ταμιευτήρα, εάν πρώτα δεν εξεταστεί η δυνατότητα αυτή).

- Χωροθέτηση του φράγματος (αν και στις περισσότερες περιπτώσεις το φράγμα χωροθετείται σε στενώματα ποταμών, θα πρέπει να ελεγχθεί εάν ο δημιουργούμενος ταμιευτήρας και η λειτουργία του έργου μπορούν να εξασφαλίσουν τη δημιουργία υγροτοπικού οικοσυστήματος και δεν επιδρούν αρνητικά στη χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής, τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά τη λειτουργία του).
- Ευστάθεια του φράγματος και σεισμικότητα της περιοχής (σε μεγάλες κατασκευές ενδείκνυται η εξέταση διάδοσης πλημμυρικού κύματος, σε περίπτωση μερικής ή ολικής καταστροφής του φράγματος και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις εγγύτητας οικισμών).

5.7 Οικολογική Παροχή

Μέχρι τώρα η οικολογική παροχή υπολογιζόταν ως το 30% της μέσης παροχής των μηνών Ιουνίου, Ιουλίου και Αυγούστου. Μετά την έγκριση του Ειδικού Χωροταξικού πλαισίου για τις Α.Π.Ε. σε ό,τι αφορά στα Μ.Υ.Η.Ε. για τον υπολογισμό της οικολογικής παροχής ισχύουν τα παρακάτω.

Για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας των υποδοχέων Μ.Υ.Η.Ε., καθορίζονται τα εξής ειδικά κριτήρια:

α) Εφόσον στη ζώνη κατάληψης του έργου υφίσταται και άλλη χρήση νερού, πρέπει να εξασφαλίζεται κατά προτεραιότητα η ικανοποίηση των υφιστάμενων υδρευτικών, αρδευτικών και οικολογικών αναγκών.

β) Καθ' όλο το μήκος του τμήματος της φυσικής κοίτης του υδατορεύματος από το οποίο εκτρέπεται το νερό (από το σημείο υδροληψίας έως το σημείο επαναφοράς του νερού στη φυσική κοίτη), πρέπει να εξασφαλίζεται η ελάχιστη οικολογική παροχή όπως προβλέπεται παρακάτω.

γ) Όταν προβλέπεται εκτροπή του νερού από τη φυσική κοίτη του υδατορεύματος και για μήκος μεγαλύτερο των 250m, το μήκος του τμήματος φυσικής κοίτης που θα αφήνεται μεταξύ δύο επάλληλων Μ.Υ.Η.Ε. (δηλαδή μεταξύ του σημείου επαναφοράς του νερού στη φυσική κοίτη για το ανάντη Μ.Υ.Η.Ε. και του σημείου υδροληψίας ή την αρχή της τεχνητής λίμνης του πλησιέστερου κατόντη Μ.Υ.Η.Ε.) δεν μπορεί να είναι μικρότερο των 1000 m.

δ) Οι ανωτέρω περιορισμοί δεν ισχύουν:

δ1) στην περίπτωση που το νέο M.Y.H.E. εκμεταλλεύεται υδατόπτωση υπάρχοντος φράγματος μεγάλου υδροηλεκτρικού έργου,

δ2) στην περίπτωση έργων πολλαπλής χρήσης νερού ή στην περίπτωση ενσωμάτωσης M.Y.H.E. σε υφιστάμενο αρδευτικό ή υδρευτικό δίκτυο, ακόμη και αν απαιτηθεί αντικατάσταση μέρους ή του συνόλου του δικτύου.

ε) Μέχρι να καθορισθούν τα κριτήρια της ελάχιστης απαιτούμενης οικολογικής παροχής ανά λεκάνη απορροής, σύμφωνα και με τις προβλέψεις του Ν. 3199/2003, ως ελάχιστη απαιτούμενη οικολογική παροχή νερού που παραμένει στη φυσική κοίτη υδατορεύματος, αμέσως κατάντη του έργου υδροληψίας του υπό χωροθέτηση M.Y.H.E., πρέπει να εκλαμβάνεται το μεγαλύτερο από τα πιο κάτω μεγέθη, εκτός αν απαιτείται τεκμηριωμένα η αύξησή της, λόγω των απαιτήσεων του κατάντη οικοσυστήματος (ύπαρξη σημαντικού οικοσυστήματος):

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

στ) Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να αποδίδεται κατά την έγκριση των σχετικών περιβαλλοντικών όρων στην εκτίμηση και αντιμετώπιση των συνολικών και συσσωρευτικών επιπτώσεων των M.Y.H.E., που βρίσκονται εντός απόστασης 10 χλμ. φυσικής κοίτης ανάντη και κατάντη των άκρων του προτεινόμενου έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ο ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΡΑΧΘΟΣ

6.1 Γενικά

Ο Άραχθος πηγάζει από τα Δυτικά του Λάκμου στη θέση Οξυά του Δεσπότη σε υψόμετρο 1.700 μ. Δέχεται τα νερά του Βάρδα, του Ζαγορίτικου και του Μετσοβίτικου στη Γέφυρα της Μπαλντούμας και συνεχίζει Νότια ώσπου να εκβάλει στον Αμβρακικό κόλπο, όπου οι προσχωσιγενείς αποθέσεις του μαζί με αυτές του ποταμού Λούρου δημιούργησαν τις λμνοθάλασσες Λογαρούς, Ροδιάς και Τσουκαλιό.

Ο Καλαρρυτινός ή Καλαρρύτικος ή Καλαρίτικος ποταμός είναι ο κύριος παραπόταμος του Αράθχου. Συλλέγει τα νερά των πηγών από μία ευρύτερη περιοχή των Τζουμέρκων, από τον αυχένα των Μελισσουργών, την Κακαρδίτσα ως και το Περιστέρι τροφοδοτώντας τον Άραχθο. Το μήκος του ποταμού είναι 110 χιλιόμετρα. Η λεκάνη απορροής καλύπτει επιφάνεια 1.900 τετραγωνικά χιλιόμετρα, το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 1.655 χιλιοστά, ο μέσος ετήσιος όγκος νερού ανέρχεται σε 3.130 εκ. κυβικά μέτρα, η μέση συνολική ετήσια απορροή εκτιμάται σε 1.920 εκ. κυβικά μέτρα νερού ενώ η μέση ετήσια παροχή στο Γεφύρι της Άρτας είναι 96,8 m³/sec.

Μετά τη σμίξη με τον Καλαρρύτικο ποταμό ο Άραχθος εισέρχεται ορμητικός στο εντυπωσιακό φαράγγι του. Το φαράγγι έχει βάθος 700 έως 800 μέτρα και μήκος σχεδόν 20 χλμ., ενώ στο στενότερο σημείο του το πλάτος είναι μόλις 6 μέτρα. Ο Άραχθος μαζί με τον

Καλαρρύτεκο αποτέλεσαν στην Ήπειρο το σύνορο μεταξύ Ελλάδας και Τουρκίας από το 1881 έως το 1912.

Σε όλο το μήκος του Αράχθου και στους παραπόταμούς του καταμετρήθηκαν 55 πέτρινα γεφύρια με πιο γνωστά, το γεφύρι της Άρτας και της Πλάκας. Αρκετά χιλιόμετρα Νότια μετά το γεφύρι της Πλάκας και στο ύψος της Ροδαυγής, ο Αραχθος αιχμαλωτίζεται στην τεχνητή λίμνη του Πουρναρίου. Το φράγμα της ΔΕΗ μετατρέπει την υδάτινη ενέργειά του σε 250 εκατομμύρια κιλοβατώρες το χρόνο σε έναν από τους μεγαλύτερου υδροηλεκτρικούς σταθμούς της χώρας. Σήμερα σε Καλαρρύτεκο και Άραχθο δραστηριοποιούνται πολλά γραφεία εναλλακτικού τουρισμού προσφέροντας μία από τις ωραιότερες διαδρομές rafting και kayak στην Ελλάδα.



Εικόνα 6.1: Το ποτάμι στη θέση του γεφυριού της Πολιτσάς



Εικόνα 6.2: Φαράγγι Αράχθου



Εικόνα 6.3: Το γεφύρι της Πλάκας



Εικόνα 6.4: Εκβολές Αράχθου

(Πηγή: www.pramanta.gr/t/potamia.htm)

6.2 Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπογείου υδατικού δυναμικού της Ηπείρου

Το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου καταλαμβάνει έκταση 9.980 km² συμπεριλαμβανομένης της νήσου Κερκύρας (592 m²). Τα όριά του, κατά προσέγγιση, συμπίπτουν με τα διοικητικά όρια της περιφέρειας, εάν κανείς προσθέσει σ' αυτή ορισμένες περιοχές στον Σαραντάπορο (Πευκόφυτο, Χρυσή) στην Βάλια Κάλντα του Αωού και αφαιρέσει άλλες όπως στα Θεοδώριανα και στο Αστροχώρι της Άρτας.

Είναι ένα από τα πλουσιότερα υδατικά διαμερίσματα της χώρας μας σε ότι αφορά στα αποθέματα υπόγειου νερού. Τα ρυθμιστικά αποθέματα υπόγειου νερού εκτιμήθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. στα 3,2 x 10⁶ m³ ετησίως, μια ποσότητα που είναι ικανή να υπερκαλύψει τις ανάγκες της Περιφέρειας και όχι μόνο.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις μας σε ότι αφορά στο ισοζύγιο νερού, προέκυψε ότι το υπόγειο υδάτινο δυναμικό υφίσταται εκμετάλλευση στην περιφέρειά μας της τάξης του 25 %, γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει ένα μεγάλο ποσοστό που μένει ανεκμετάλλευτο.

Από ποιοτική άποψη το υπόγειο υδατικό δυναμικό της Ηπείρου (συμπεριλαμβανομένων των πηγαίων νερών), βρίσκεται σε πολύ καλή κατάσταση και τα όποια ποιοτικά προβλήματα είναι τοπικού χαρακτήρα και είτε οφείλονται στην ανθρωπογενή δραστηριότητα, είτε σε φυσικούς παράγοντες.

Η Περιφέρεια Ηπείρου έχει το συγκριτικό πλεονέκτημα σε ότι αφορά τον πολυτιμότερο ίσως φυσικό πόρο στην εποχή που διανύουμε στην οποία όλο και περισσότεροι άνθρωποι απαιτούν όλο και περισσότερες ποσότητες νερού, ενώ ταυτόχρονα σε παγκόσμιο επίπεδο ολοένα και μειώνονται ανησυχητικά τα αποθέματα νερού. Η ορθολογική διαχείριση του υδατικού δυναμικού της Ηπείρου και η προστασία του αναμφίβολα θα αποτελέσουν τον βασικό μοχλό για την ανάπτυξή της.

6.2.1 Γεωλογία και Υδρογεωλογία

Τους πλέον σημαντικούς παράγοντες που διαμορφώνουν τις υδρογεωλογικές συνθήκες του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου (υδατικό διαμέρισμα 5 της χώρας μας) αποτελούν:

- Οι κλιματολογικές συνθήκες και κυρίως το ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων.
- Η μορφολογία.
- Η γεωλογική και στρωματογραφική δομή.

- Οι υδρολιθολογικές ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών.
- Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες κ.ά.

Στην γεωλογική δομή του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου συμμετέχουν οι γεωτεκτονικές ζώνες:

- Η Ιόνιος ζώνη που καταλαμβάνει και το μεγαλύτερο τμήμα της Ηπείρου ανατολικά από τον Άραχθο ποταμό και το όρος Τύμφη έως και τις ακτές του Ιονίου δυτικά.
- Η ζώνη Γαβρόβου Τριπόλεως που εμφανίζεται σε περιορισμένη έκταση στο όρος Γάβροβο (όρια νομών Άρτας – Αιτωλοακαρνανίας) και πιθανότατα στην Τύμφη και την χαράδρα του Αωού.
- Η ζώνη Ωλονού – Πίνδου που εμφανίζεται στα Αθαμάνια όρη (Τζουμέρκα), όπου είναι επωθημένη επί του φλυσχικού συγκλίνου του Αράχθου της Ιονίας ζώνης.
- Η πελαγονική και υποπελαγονική ζώνη. Σχηματισμοί αυτών των ζωνών συναντιούνται υπό μορφή τεκτονικών καλύμμάτων επί των σχηματισμών της Πίνδου και κυρίως εμφανίζονται στη περιοχή Μετσόβου – Κατάρας, στον Σμόλικα και στον Γράμμο.

Στο βορειότερο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου (περιοχή Σαραντάπορου) συναντάμε και τα ιζήματα της μεσοελληνικής αύλακος. Η λιθοστρωματογραφική στήλη της κάθε μιας ζώνης περιλαμβάνει τις επιμέρους γεωλογικές ενότητες (σχηματισμούς) που την χαρακτηρίζουν. Η λιθοστρωματογραφική στήλη της Ιονίου ζώνης η οποία καλύπτει και το μεγαλύτερο τμήμα της Ηπείρου είναι:

- Εβαποριτική σειρά και τριαδικά λατυποπαγή (περμο-τριαδικό).
- Ανθρακική σειρά (ανώτερο Τριαδικό-ανωτ. Ηώκαινο).
- Φλύσχης αδιαίρετος (ανώτερο Ηώκαινο-Ακουϊτάνιο).

Η ζώνη Πίνδου παρουσιάζεται με ένα ευρύ φάσμα λιθολογικών σχηματισμών κυρίως ανθρακικής και σχιστοκερατολιθικής φάσης. Στα τεκτονικά καλύμματα της Πελαγονικής συμμετέχουν τα βασικά και υπερβασικά πετρώματα (οφιολιθικό σύμπλεγμα). Τις λιθοστρωματογραφικές ακολουθίες συμπληρώνουν τα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα που καλύπτουν σημαντικές εκτάσεις στο πεδινό τμήμα Άρτας-Πρέβεζα αλλά και στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων.

Από υδρολιθολογική άποψη και κυρίως σε ότι αφορά στην υδροπερατότητα (Κ) οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στην γεωδαιτική δομή του υδατικού διαμερίσματος χαρακτηρίζονται:

- Ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι και δολομίτες, ανθρακικά λατυποπαγή ή κροκαλοπαγή): Υδροπερατοί σχηματισμοί πορώδους ρωγμών (δευτερογενές πορώδες). Διαρρηγμένα-καρστικοποιημένα πετρώματα εντός των οποίων δημιουργούνται καρστικοί υδροφόροι μεγάλης δυναμικότητας.
- Πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος της Πίνδου: Ημιπερατοί σχηματισμοί πορώδους ρωγμών (δευτερογενές πορώδες). Διαρρηγμένα πετρώματα εντός των οποίων αναπτύσσονται ασυνεχείς υδροφόροι μικρής δυναμικότητας με εξαίρεση τις έντονα ρωγματωμένες ζώνες (όπου αναπτύσσονται μέτριας δυναμικότητας υδροφόροι).
- Κοκκώδεις σχηματισμοί νεογενούς ή τεταρτογενούς περιόδου (αλλουβιακές αποθέσεις, κορήματα, άμμοι, αμμοχάλικα και κροκάλες ποικίλης σύστασης και διαβάθμισης): Υδροπερατοί σχηματισμοί πορώδους κόκκων (πρωτογενές πορώδες) στους οποίους αναπτύσσονται εκτεταμένοι ή και συνεχείς υδροφόροι μεγάλης δυναμικότητας.
- Φλύσχης, μάργες, αργιλομαργαϊκοί σχιστόλιθοι: Αδιαπέρατοι σχηματισμοί οι οποίοι δεν επιτρέπουν την διέλευση του νερού και αποτελούν συνήθως τα αρνητικά υδρογεωλογικά όρια. Στους αδιαπέρατους σχηματισμούς ανήκει και η σειρά των εβαποριτών (γύψοι και ορυκτό αλάτι).

Στη διαμόρφωση των υπογείων υδροφόρων του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου εκτός των παραπάνω, καθοριστικό ρόλο έχουν και τα επίπεδα βάσης της καρστικοποίησης που καθορίζονται συνήθως οι κοίτες των μεγάλων ποταμών (Άραχθος, Καλαμάς, Αώος, Λούρος, κ.ά.) καθώς και η τεκτονική ρηματογενής δραστηριότητα (διαμήκη και εγκάρσια ρήγματα).

Η γεωλογική δομή της Ηπείρου παρουσιάζει το χαρακτηριστικό της επαλληλίας επιμηκών μεγάλων ανθρακικών αντικλίνων και φλυσχικών συγκλίνων με γενική δ/νση του άξονα ΒΔ-ΝΑ που είναι και η τυπική Πινδική διεύθυνση. Αυτή η γεωλογική δομή διαμορφώνει μια αντίστοιχη υδρογεωλογική όπου διακρίνουμε υδροφόρες εκτεταμένες ενότητες που σχηματίζονται στα ανθρακικά καρστικοποιημένα αντίκλινα και αδιαπέρατες ενότητες από πρακτικά υδατοστεγείς σχηματισμούς που δημιουργούνται στα φλυσχικά

σύγκλινα. Αυτή η γεωστρωματογραφική δομή με την ανάπτυξη επιμηκών αδιαπέρατων φλυσικών συγκλίσεων με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, που ταυτίζεται με την ακτογραμμή του Ιονίου, αποτελεί ευνοϊκό παράγοντα δεδομένου ότι αποτρέπεται η διείσδυση της θάλασσας στην ενδοχώρα και η υφαλμύρωση των υδροφόρων.

Ένα επίσης γενικό χαρακτηριστικό του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου είναι η ύπαρξη εκτεταμένων καρστικών επιφανειών με πλήθος εξωκαρστικών τυπικών μορφών (πόλγες, δολίνες, καταβόθρες, κ.ά.) που διαρέονται από ποταμούς, χειμάρρους και ρέματα. Αυτό δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες επικοινωνίας επιφανειακών και υπογείων νερών, γεγονός που θα πρέπει να επισημανθεί με την παρατήρηση ότι η όποια ποιοτική υποβάθμιση η ρύπανση των επιφανειακών νερών συνεπάγεται την ρύπανση των υπογείων νερών.

6.2.2 Υδρολογικές λεκάνες και υδρολογικά ισοζύγια

Το υδρογραφικό δίκτυο της Ηπείρου αποτελούν οι ποταμοί Αώος, Άραχθος, Αχέροντας, Καλαμάς, Λούρος και άλλοι μικρότεροι ποταμοί (Δρίνος, Βουβός κ.ά.). Σημαντικές εκτάσεις αποστραγγίζονται στον Αχελώο ποταμό ή απ' ευθείας στο Ιόνιο μέσω μικρών χειμάρρων. Στην κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων η αποστράγγιση γίνεται στη λίμνη και στην τάφρο Λαψίστας, η οποία στη συνέχεια μέσω της σήραγγας Κληματιάς παροχετεύει τα νερά του λεκανοπεδίου στον Καλαμά ποταμό.

Η λίμνη Παμβώτιδα και οι μικρές λίμνες Ζηρού και Τζαραβίνας καθώς και οι τεχνητές λίμνες Πουρναρίου και πηγών Αωού αποτελούν επίσης κύρια υδρογραφικά γνωρίσματα της Ηπείρου. Ένα επίσης χαρακτηριστικό του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου αποτελεί ο Αώος ποταμός, δεδομένου ότι αποτελεί την μοναδική περίπτωση στην χώρα μας μετάγγισης νερού σε γειτονική της. Το παραπάνω έχει ιδιαίτερη διαχειριστική σημασία εάν λάβουμε υπόψη μας ότι ο Αώος και οι παραπόταμοί του (Σαραντάπορος, Βοϊδομάτης και Δρίνος) αντιπροσωπεύουν ποσοτικά το 25 % του υδατικού δυναμικού της περιφέρειας Ηπείρου (σύνολο απορροής κατείσδυσης).

Το μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων κατά υδρολογική λεκάνη είναι αυτό του παρακάτω πίνακα και είναι το μεγαλύτερο του Ελλαδικού χώρου γεγονός που όπως αναφέρθηκε αποτελεί ευνοϊκή προϋπόθεση ανάπτυξης πλούσιων υδροφόρων και πλεονασματικών υδατικών ισοζυγίων στις επί μέρους λεκάνες.

Πίνακας 6.1: Υδρολογικά ισοζύγια λεκανών υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Υδρολογική Λεκάνη	Έκταση km ²	Ατμ/ρικά Κατακρ/τα	Κατ/τα (Ρ) x 10 ⁶ m ³	Επιφ. Απορροή (R) x 10 ⁶ m ³	Εξατμ/πνοή (Ε) x 10 ⁶ m ³	Κατείδυση (Ι) Δυνατά αποθέματα x 10 ⁶ m ³
Ιωαννίνων	508	1300-1600	789	161	395	234
Καλαμά	1.827	1300-1800	2.979	781	1.448	774
Λούρου	926	1150-1800	1.382	207	691	484
Αωού	2.079	1100-1800	3.542	1.324	1.687	526
Αχέροντα	762	1200-1800	1.069	185	541	343
Αράχθου	2.157	1150-1900	3.461	1.212	1.690	529
Δρίνου	246	1.700	418	104	209	105
Βουβού	202	1.200	241	73	125	42
Πάργας	262	1.250	332	62	168	103
Λοιπές λεκάνες	441	1.000	411	115	214	82
ΣΥΝΟΛΟ	9.380		14.614	4.225	7.169	3.220

(Πηγή: Ι.Γ.Μ.Ε. Περιφερειακή Μονάδα Ηπείρου)

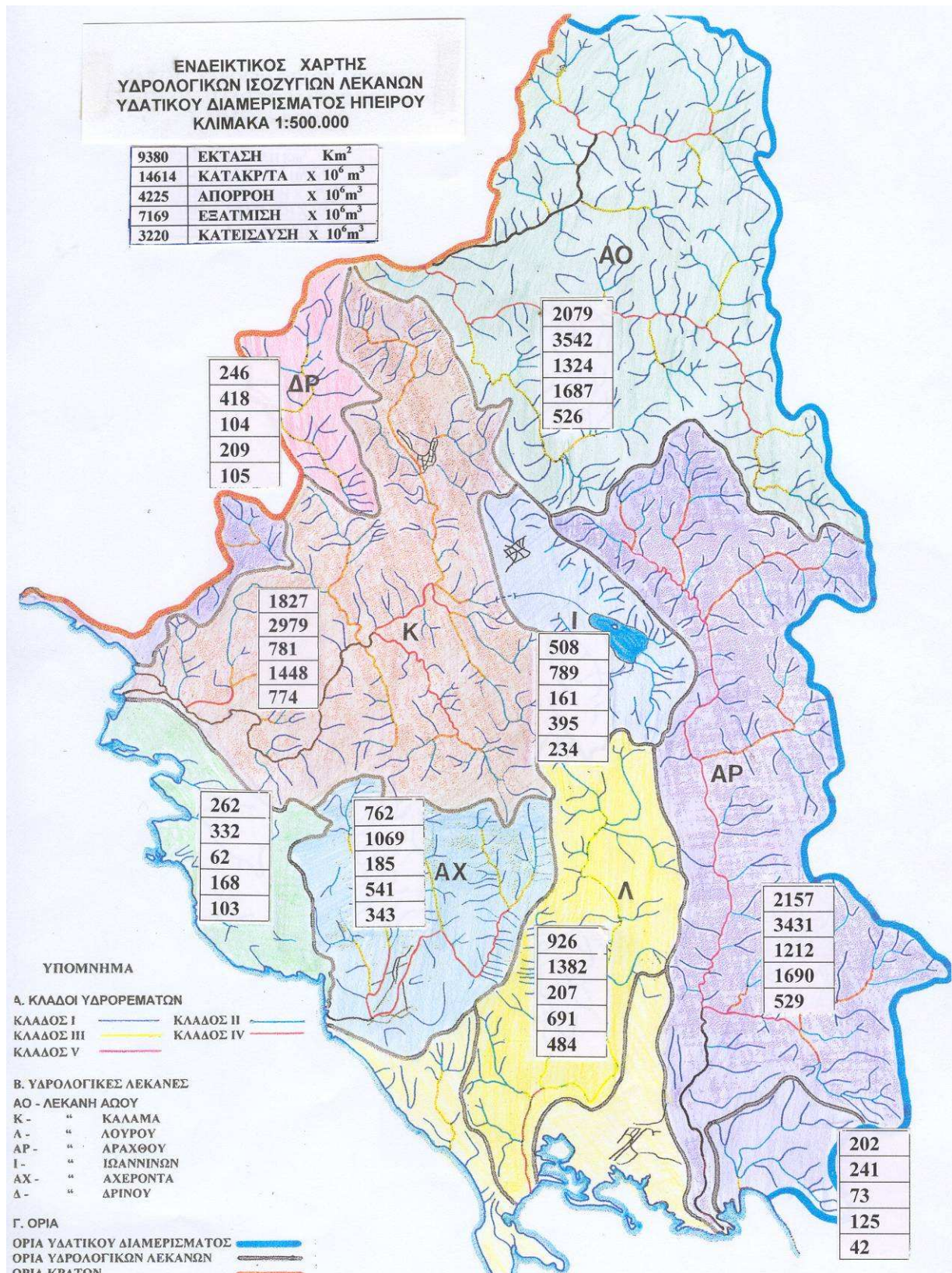
Από πλευράς Ι.Γ.Μ.Ε. έγινε μια λεπτομερής καταγραφή και αξιολόγηση όλων των υπόγειων υδροφόρων του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης αλλά και επιμέρους υδρολιθολογικών ενοτήτων, από την οποία προκύπτουν κατά υδροφόρο σχηματισμό τα παρακάτω ετήσια αποθέματα:

Πίνακας 6.2: Ετήσια αποθέματα κατά υδροφόρο σχηματισμό

Είδος υδροφορέα	Δυνατά αποθέματα	Ποσοστό επί του συνόλου
Καρστικά πετρώματα	2.190 x 10 ⁶ m ³	69,43%
Σχηματισμοί πορώδους κόκκων	572 x 10 ⁶ m ³	18,14%
Σχηματισμοί χαμηλής περατότητας	392 x 10 ⁶ m ³	12,43%

(Πηγή: Ι.Γ.Μ.Ε. Περιφερειακή Μονάδα Ηπείρου)

Οι παραπάνω ποσότητες φανερώνουν ότι πράγματι το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου έχει ένα σημαντικό πλεόνασμα νερού εάν λάβουμε υπόψη μας ότι για την κάλυψη όλων των αναγκών (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανική χρήση κ.ά.) απαιτούνται ετησίως περίπου 440 x 10⁶ m³ νερού. Η διαθεσιμότητα του νερού στην Ήπειρο είναι 7.500 m³/άτομο/έτος, που είναι από τις μεγαλύτερες στην Ελλάδα.



Χάρτης 6.1: Ενδεικτικός Χάρτης Υδρολογικών Ισοζυγίων Λεκανών Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (Πηγή: Ι.Γ.Μ.Ε. Περιφερειακή Μονάδα Ηπείρου).

6.2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου εξαρτώνται κυρίως:

- Από την λιθολογική και ορυκτολογική σύσταση των υδροφορέων.
- Από τον χρόνο παραμονής του νερού στον υδροφόρο.
- Από την επιφάνεια επαφής νερού-πετρώματος.
- Από την θερμοκρασία.
- Από την διείσδυση θαλασσινού νερού.
- Από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Μπορούμε να διακρίνουμε με βάση τον χημισμό τους πολλούς τύπους νερών οι οποίοι μπορούν να ενταχθούν στις ακόλουθες υδροχημικές ζώνες (ή περιοχές):

α) Νερά οξυανθρακικού τύπου: Είναι ο πλέον διαδεδομένος τύπος νερού και από αυτά καλύπτονται στο μεγαλύτερο ποσοστό οι υδρευτικές ανάγκες. Πρόκειται για νερά των καρστικών κυρίως υδροφόρων αλλά και νερά των προσχλωσιγενών υδροφόρων του πεδινού τμήματος Άρτας-Πρέβεζας. Το σύνολο των διαλυμένων αλάτων κυμαίνεται από 200-700 mg/l.

β) Θειούχα νερά: Πρόκειται για υπόγεια καρστικά νερά τα οποία έρχονται σε επαφή με γύψους και εμπλουτίζονται σε θειικά άλατα (SO₄). Σε πολλές περιπτώσεις τα θειικά άλατα βρίσκονται σε περιεκτικότητα >250 mg/l γεγονός που τα καθιστά ακατάλληλα για πόση δεδομένου ότι η περιεκτικότητα αυτή αποτελεί το ανώτατο επιτρεπτό όριο για το πόσιμο νερό. Τα νερά αυτής της επαρχίας αποτελούν περίπου το 20 % των συνολικών υπόγειων αποθεμάτων. Μεγάλες πηγές είναι βεβαρυμένες σε θειικά άλατα όπως οι πηγές Αχέροντα, οι πηγές Ανάκολη, Γραμούστη, Ιερομνήμη, Ριάχοβο στον Καλαμά, οι πηγές Βουβός και Νέλες στον Αώο, οι πηγές Βαθύ στο Λούρο και άλλες.

γ) Χλωριούχα νερά: Στην επαρχία αυτή διακρίνουμε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει υπόγεια και πηγαία νερά στα οποία η μεγάλη συγκέντρωση ιόντων χλωρίου και νατρίου οφείλεται στην επαφή υδροφόρων με δόμους ορυκτού άλατος, όπως στις πηγές Σαντινίκου, Περάματος και Χανόπουλο και Περάνθη Άρτας. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα υφάλμυρα νερά των παράκτιων περιοχών από Σαγιάδα έως Πρέβεζα, όπου οι υψηλές

συγκεντρώσεις χλωρίου και νατρίου οφείλονται στην διείσδυση της θάλασσας στους παράκτιους υδροφόρους (Πλαταριά, Σύβοτα, Αμμουδιά, Πρέβεζα κ.ά.).

δ) Νερά πλούσια σε Μαγνήσιο: Πρόκειται κυρίως για υπόγεια νερά των υδροφόρων που αναπτύσσονται κυρίως στους οφιολίθους της Πίνδου και σε ορισμένες περιπτώσεις στους δολομίτες. Η περιεκτικότητα σε Mg^{++} κυμαίνεται από 26-40 mg/l.

ε) Θερμομεταλλικά νερά: Είναι υπόγεια νερά που περιέχουν σύνολο διαλυμένων αλάτων πάνω από 1.000 mg/l και θερμοκρασία συνήθως μεγαλύτερη των 25°C. Στο υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου έχουν απογραφεί 56 θερμομεταλλικές πηγές. Πολλές από αυτές παρουσιάζουν ιαματικό ενδιαφέρον δεδομένου ότι το νερό τους έχει θεραπευτικές ιδιότητες (λουτροθεραπεία ή ποσιθεραπεία). Έχουν χαρακτηριστεί ως ιαματικές οι θερμομεταλλικές πηγές Καβασίλων και Πυξαριάς στην Κόνιτσα, οι πηγές Χανόπουλο και Λουτρότοπος στην Άρτα και η πηγή Παλιοσάραγα ή Λουτρά Πρέβεζας. Υπάρχει ένα πλήθος άλλων πηγών η αξιολόγηση των οποίων τόσο σε ότι αφορά στις ποσοτικές και ποιοτικές παραμέτρους θα συμβάλει καθοριστικά στο ιαματικό τουρισμό της περιοχής μας.

στ) Νερά υποβαθμισμένα ποιοτικά λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων: Πρόκειται για νερά στα οποία έχουν ανιχνευτεί κίτρινα άλατα (NO_3) σε περιεκτικότητα >50 mg/l που αποτελεί το ανώτατο επιτρεπτό όριο για τα πόσιμα νερά ή νιτρώδη (NO_2^+) σε περιεκτικότητα >0,1 mg/l ή αμμώνιο (NH_4^-) >0,5 mg/l. Η υποβάθμιση αυτή προέρχεται κυρίως από αγροτική, κτηνοτροφική και οικιστική δραστηριότητα. Προς το παρόν οι υποβαθμίσεις είναι τοπικού χαρακτήρα και έχουν εντοπισθεί σε υδροσημεία (πηγές ή γεωτρήσεις) στην πεδιάδα Άρτας-Πρέβεζας και στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων.

6.3 Υπάρχοντα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα σε χείμαρρους του Αράχθου

Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο ο ποταμός Άραχθος εμφανίζει πλούσιο υδατικό δυναμικό και το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται ετησίως είναι το μεγαλύτερο της χώρας. Η μεγάλη ποσότητα των υδάτων της λεκάνης απορροής του Αράχθου, ώθησε τους κατοίκους των γειτονικών Δήμων να την εκμεταλλευτούν ενεργειακά και να παράξουν υδροηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς, κατά μήκος των χείμαρρων του Αράχθου έχουν κατασκευαστεί Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, τα οποία αξιοποιούν μεγάλα ύψη πτώσης του νερού και περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

6.3.1 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Κρυσπηγής

Το «Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Κρυσπηγής», ισχύος 250 KWatt και παραγόμενης ενέργειας 1,39 GWh ετησίως, έχει κατασκευαστεί στο Δήμο Αγνάντων του Νομού Άρτας, 500 m πάνω από τον οικισμό Κρυσπηγής της τέως κοινότητας Καταρράκτη. Το ανωτέρω έργο εκμεταλλεύεται τα νερά της πηγής τα οποία οδεύουν έπειτα στο κυρίως ρέμα του Καταρράκτη. Η πρόσβαση στη θέση του έργου είναι ευχερής μέσω της υφιστάμενης ασφαλτοστρωμένης οδού Καταρράκτη-Κρυσπηγής μέχρι το τουριστικό περίπτερο στους Καταρράκτες.

Η λειτουργία του έργου έχει σχεδιαστεί ως εξής: τα νερά της πηγής μέσω υπάρχοντος τσιμενταύλακα οδεύουν σε μια δεξαμενή από οπλισμένο σκυρόδεμα διαστάσεων 24 m x 24 m (σημείο 1 του συνημμένου Χάρτη 1). Ο τσιμενταύλακας αλλά και η δεξαμενή έχουν κατασκευασθεί για να καλύπτουν τις αρδευτικές ανάγκες των οικισμών Κρυσπηγής-Καταρράκτη. Στη δεξαμενή έχει τοποθετηθεί σταθμόμετρο το οποίο δίνει εντολή για το κλείσιμο και το άνοιγμα της τουρμπίνας. Στην περίπτωση περίσσειας ύδατος (>200 lt/sec) το επιπλέον νερό υπερχειλίζει από τη δεξαμενή και μέσω του υπάρχοντος τσιμενταύλακα καταλήγει πάλι στο ρέμα. Από την δεξαμενή η οποία σήμερα χρησιμοποιείται σαν ταμιευτήρας ύδατος, αλλά και σαν εξαμμοτής, ξεκινάει ένας αγωγός Φ200 ο οποίος καταλήγει κάτω από τη γέφυρα της Κρυσπηγής, από όπου ξεκινούν οι αρδευτικές ανάγκες, σε αρδευτικά τσιμεντένια κανάλια. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός του έργου έχει τοποθετηθεί πριν από τα αρδευτικά τσιμεντένια κανάλια, έτσι ώστε τα νερά εξερχόμενα από τη διάφυγα φυγής να καταλήγουν πάλι σε αυτά. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός συνδέεται με το δίκτυο μέσης τάσης 20 KV (Μ.Τ.) της Δ.Ε.Η., μέσω μετασχηματιστή ύψωσης τάσης. Η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στη Δ.Ε.Η..

Το έργο υπάγεται στα διοικητικά όρια του Δήμου Αγνάντων του Νομού Άρτας και δεν βρίσκεται εντός ορίων προστατευόμενης περιοχής. Δεν έχει κατασκευαστεί υδροληψία ούτε δημιουργείται λίμνη, επειδή ο υπάρχων τσιμενταύλακας φθάνει μέχρι την είσοδο της πηγής. Συνεπώς, η υδροληψία είναι η υφιστάμενη δεξαμενή στο υψόμετρο +1065 m.

Τα ύδατα μέσω του αγωγού προσαγωγής φθάνουν στον υδροηλεκτρικό σταθμό (σημείο 2 του συνημμένου Χάρτη 1), ο οποίος κατασκευάστηκε σε απόλυτο υψόμετρο +910 m αμέσως κατάντη της γέφυρας της Κρυσπηγής, από όπου αφού διέλθουν από την μονάδα ηλεκτροπαραγωγής επανέρχονται στο ρέμα, μέσω της διάφυγας φυγής ή επανέρχονται στο αρδευτικό κανάλι κατά την αρδευτική περίοδο. Η προσαγωγή του νερού γίνεται με αγωγό που οδεύει σε όρυγμα επιχωματωμένος παραπλεύρως του υφιστάμενου δρόμου. Ο αγωγός

αποτελείται από χαλύβδινους σωλήνες ελικοειδούς ραφής, συνολικού μήκους 450 m και η διάμετρός του ανέρχεται σε 300 χιλιοστά. Στα σημεία όπου ο αγωγός αλλάζει έντονα η όδευση ή η κλίση του, αγκυρώνεται με σώματα από σκυρόδεμα. Ο χαλύβδινος αγωγός έχει αντιδιαβρωτική προστασία τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του μέρος από βαφή εποξειδικής πίσσας, καθώς και καθοδική προστασία.

Το κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού έχει διαστάσεις 10 m x 12 m, με υψόμετρο δαπέδου στα 910 m, είναι μονώροφο και κατασκευασμένο βασικά από σκυρόδεμα. Η σκεπή του αποτελείται από δίρριχτη κεκλιμένη πλάκα η οποία επικαλύπτεται με κεραμίδια, σύμφωνα με την αρχιτεκτονική των οικισμών Κρυοπηγής και Καταρράκτη και το κτίριο είναι ενδεδυμένο με πέτρα της περιοχής. Ο στρόβιλος εδράζεται σε ειδική διαμόρφωση του δαπέδου του κτιρίου, ενώ ο υπόλοιπος εξοπλισμός εδράζεται πάνω στο δάπεδο. Για την στερέωση του εξοπλισμού έχουν χρησιμοποιηθεί αγκύρια και σκυρόδεμα δευτέρου σταδίου. Η επικάλυψη του δαπέδου είναι βιομηχανικού τύπου. Στην είσοδο του υδροηλεκτρικού σταθμού υπάρχει μια μεταλλική συρόμενη πόρτα πλάτους 2 m. Το κτίριο έχει εξωτερικά προστατευόμενα παράθυρα για τον φυσικό φωτισμό του, όλα δε τα παράθυρα και οι πόρτες των εσωτερικών χώρων του κτιρίου είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο.

Οι μετασχηματιστές έχουν τοποθετηθεί υπαιθρίως παράπλευρα του κτιρίου του υδροηλεκτρικού σταθμού σε ιδιαίτερο χώρο που είναι περιφραγμένος για λόγους ασφαλείας. Κάτω από τον χώρο των μετασχηματιστών υπάρχει σκάμμα με σκύρα όπου συλλέγονται τα έλαια του μετασχηματιστή σε περίπτωση αστοχίας αυτού. Στον υδροηλεκτρικό σταθμό υπάρχει ιδιαίτερος χώρος για τους πίνακες Μ.Τ. , τους πίνακες αυτοματισμού τροφοδοσίας και ελέγχου.

Οι συντεταγμένες του έργου κατά HATT (με βάση τον χάρτη Γ.Υ.Σ. κλ. 1:50000, «ΑΓΝΑΝΤΑ») είναι:

- Αρχή συντεταγμένων: Κέντρο φύλλου χάρτου «ΑΓΡΑΦΑ» κλ. 1:100.000 με $\varphi=39^{\circ} 15'$ και $\lambda=-2^{\circ} 15'$.
- Ο υδροηλεκτρικός σταθμός έχει συντεταγμένες κατά $\chi-\chi$: +12600 και κατά $\psi-\psi$: +22800.

Το έργο λειτουργεί αυτόματα και έχει δυνατότητα τηλεπιτήρησης. Για την επίτευξη αυτού του τρόπου λειτουργίας επί του έργου έχει εγκατασταθεί όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός για την λειτουργία, τη ρύθμιση και την προστασία του έργου. Η συγκεκριμένη αξιοποίηση του υδάτινου πόρου δεν επηρεάζει αρνητικά τις οικονομικές, τις αναπτυξιακές

και τις δημογραφικές δυνατότητες της περιοχής και έχει ληφθεί κάθε μέριμνα ώστε το έργο να εντάσσεται καλώς στο χώρο.

6.3.2 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Αγίας Αικατερίνης ή Σμίξης

Ο Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός Σμίξης βρίσκεται κοντά στα όρια του οικισμού Κρυσπηγής του Δήμου Αγνάντων του Νομού Άρτας, έχει ισχύ 270 kW και αξιοποιεί το υδάτινο δυναμικό των πηγών Κρυσπηγής για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το έργο εκμεταλλεύεται μία δημιουργούμενη πτώση 110 m σε μήκος 900 m περίπου.

Η διάταξη πρόσληψης των υδάτων από την κοίτη του ποταμού είναι μια παραλλαγή της κλασικής υδροληψίας ορεινού τύπου και μέρος της έχει κατασκευαστεί από σκυρόδεμα. Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην βασική αρχή της υδροληψίας (δέσης) των παραδοσιακών υδρόμυλων, όπου μέρος της ποσότητας νερού εκτρέπεται από την κοίτη του ρέματος μέσω απλής υπερύψωσης της στάθμης. Η υδροληψία είναι υπερπηδητή και εφοδιασμένη με κεκλιμένες εσχάρες, οι δε διαστάσεις της είναι 3 m πλάτος και 1 m ύψος.

Επισημαίνεται ότι η συγκεκριμένη υδροληψία κατασκευάστηκε για την πρόσληψη των υδάτων που υπερχειλίζουν από τις πηγές και που δεν δεσμεύονται από το υφιστάμενο αρδευτικό δίκτυο (μέση ετήσια παροχή πρόσληψης ~100 lt/sec). Στη θέση της υδροληψίας (σημείο 3 του συνημμένου Χάρτη 1), έγινε καθαρισμός της κοίτης από σαθρά υλικά και δημιουργήθηκε η υποδομή θεμελίωσης.

Η υδροληψία είναι εφοδιασμένη με χειροκίνητο, ολισθαίνον θυρόφραγμα καθαρισμού για την απομάκρυνση των φερτών υλικών. Στην διάταξη της υδροληψίας ενσωματώθηκε και η διάταξη του εξαμμωτή για την συγκράτηση των φερτών σωματιδίων. Ο εξαμμωτής κατασκευάστηκε από οπλισμένο σκυρόδεμα με κεκλιμένο δάπεδο, ενώ ανάντη υπάρχει θυρόφραγμα ελέγχου για τον έλεγχο της διερχόμενης παροχής προς τον εξαμμωτή. Ο εξαμμωτής φέρει υπερχειλιστή ασφαλείας και πλάκα για την προστασία του. Στον εξαμμωτή έχει εγκατασταθεί ηλεκτρονικό σταθμήμετρο για την αυτόματη λειτουργία της μονάδας που δίνει σήμα στο σύστημα ελέγχου του υδροηλεκτρικού σταθμού. Η σύνδεση του σταθμήμετρου με τον υδροηλεκτρικό σταθμό γίνεται με θωρακισμένο καλώδιο που οδεύει κατά μήκος του αγωγού προσαγωγής.

Το νερό μετά τον εξαμμωτή μεταφέρεται μέσω του αγωγού μεταφοράς στο σημείο συμβολής, στο οποίο συγκεντρώνονται και τα νερά που προσλαμβάνονται από τον αγωγό φυγής του ανάντη υδροηλεκτρικού σταθμού καθώς και τα νερά του έτερου αρδευτικού καναλιού που περνά από το εν λόγω σημείο.

Δεδομένου του μικρού ύψους του φράγματος της υδροληψίας και της μορφολογίας της περιοχής, γεωλογικά δεν αναμένεται να υπάρξουν προβλήματα διαρροών. Αμέσως κατάντη του εξαμμωτή υπάρχει συρταρωτή δικλείδα για την παροχή του νερού διαχείρισης του οικοσυστήματος της κοίτης. Η παροχή αυτή είναι $0,029 \text{ m}^3/\text{sec}$, δηλαδή αποτελεί το 30 % της μέσης θερινής παροχής του ποταμού.

Η προσαγωγή του νερού πραγματοποιείται με αγωγό ο οποίος οδεύει παράλληλα με το αρδευτικό κανάλι και αποτελείται από χαλύβδινους σωλήνες μεταβλητού πάχους, ανάλογα με την πίεση, συνολικού μήκους 880 m και διαμέτρου Φ430. Ο αγωγός είναι επιχωμένος μέσα σε όρυγμα, βάθους 1,2 m και πλάτους 1,0 m, το οποίο διανοίχτηκε στη θέση του υφιστάμενου αρδευτικού καναλιού. Επίσης, όπου η επιφάνεια του εδάφους είναι έντονα κατακόρυφη και βραχώδης, ο αγωγός αγκυρώθηκε καταλλήλως. Στα σημεία όπου αλλάζει έντονα η όδευση ή η κλίση του αγωγού, ο τελευταίος αγκυρώθηκε με σώματα αγκύρωσης από σκυρόδεμα.

Στην εγκατάσταση υπάρχουν χαλυβδοσωλήνες ελικοειδούς ραφής παραγόμενες με τη μέθοδο της σπειροειδούς συγκολλήσεως κατά DIN 1626/2458 για τον αγωγό πίεσης. Οι συνδέσεις των αγωγών μεταξύ τους έγιναν με συγκόλληση. Η χρήση δε εξαρτημάτων αλλαγής κατεύθυνσης δεν απαιτείται μια και χρησιμοποιούνται πολύ ανοιχτές καμπύλες στη διαδρομή και δημιουργούνται με κατάλληλη διαμόρφωση των άκρων των αγωγών.

Ο προσαγωγός σωλήνας αποτελείται από τεμάχια ευθύγραμμου ελικοειδώς συγκολλητού χαλυβδοσωλήνα πάχους ελάσματος τέτοιου ώστε να διασφαλίζεται ελάχιστη δυναμική αντοχή σε πίεση από 4-16 bar.

Ο χαλύβδινος αγωγός είναι εφοδιασμένος με διαστολικούς συνδέσμους για την παραλαβή των θερμοκρασιακών διαστολών στα υπέργεια τμήματά του, όπου απαιτείται. Όλοι οι χαλύβδινοι αγωγοί φέρουν σύγχρονη αντιδιαβρωτική εσωτερική προστασία εποξειδικής βαφής, πάχους 150-200 mm και εξωτερικά με δύο στρώματα βουτυλίου και ενδιάμεσο στρώμα από φιλμ πολυαιθυλενίου, ώστε να εφαρμόζεται σύστημα ενεργητικής καθολικής προστασίας.

Ο αγωγός προσαγωγής λόγω της ύπαρξης στροβίλου Pelton (ο οποίος είναι εφοδιασμένος με εκτροπείς ροής στα ακροφύσια) δεν υπόκειται σε υδραυλικό πλήγμα και σε σημαντικές μεταβολές της πίεσης κάθε φορά που αυξομειώνεται η παροχή σε αυτόν. Υπολογίζεται ότι η μέγιστη υπερπίεση που μπορεί να αναπτυχθεί στον αγωγό είναι της τάξης του 10-15 % του ύψους λειτουργίας.

Ο οικίσκος στον οποίο τοποθετήθηκε το στροβιλοστάσιο βρίσκεται σε απόσταση 500 m περίπου από τα όρια του οικισμού της Κρυοπηγής. Ο οικίσκος αυτός έχει διαστάσεις

8 x 10 m. Μέσα σε αυτόν βρίσκεται το στροβιλοστάσιο καθώς και όλες οι αναγκαίες διατάξεις για τον ασφαλή μετασχηματισμό της ενέργειας σε μορφή συμβατή με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. (3φ/20000 V/50 Hz). Το οίκημα φωτίζεται με φυσικό και τεχνητό φωτισμό ενώ αερίζεται με φυσικό αερισμό. Επιπλέον δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο δάπεδο ώστε να αποφεύγεται η παρουσία υδάτων σε αυτό λόγω των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Το κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού (σημείο 4 του συνημμένου Χάρτη 1) είναι μονώροφο και κατασκευασμένο βασικά από σκυρόδεμα. Η σκεπή του αποτελείται από δίρριχτη κεκλιμένη πλάκα η οποία επικαλύπτεται με κεραμίδια παραδοσιακής εμφάνισης. Ο στρόβιλος εδράζεται σε ειδική διαμόρφωση του δαπέδου του κτιρίου, ενώ ο υπόλοιπος εξοπλισμός εδράζεται πάνω στο δάπεδο. Στο δάπεδο του κτιρίου στηρίζονται οι μονάδες με αγκύρια και σκυρόδεμα δευτέρου σταδίου. Στην είσοδο του υδροηλεκτρικού σταθμού υπάρχει μεταλλική πόρτα βιομηχανικού τύπου πλάτους 3 m από την οποία περνάει ο εξοπλισμός που εγκαθίσταται εντός του κτιρίου λόγω της δυνατότητας μερικής προσβάσεως βαρέως οχήματος στο εσωτερικό του κτιρίου. Η επικάλυψη του δαπέδου θα είναι βιομηχανικού τύπου.

Οι πίνακες Μ.Τ. έχουν εγκατασταθεί σε ιδιαίτερο ασφαλιζόμενο χώρο του υδροηλεκτρικού σταθμού. Ο μετασχηματιστής τοποθετήθηκε υπαιθρίως παράπλευρα του κτιρίου του υδροηλεκτρικού σταθμού και ο χώρος του είναι περιφραγμένος για λόγους ασφαλείας. Κάτω από το χώρο του μετασχηματιστή υπάρχει σκάμμα με σκύρα όπου συλλέγονται τα έλαια σε περίπτωση διαρροής εξ ατυχήματος. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός έχει ένα μικρό χώρο για το προσωπικό ασφαλείας και συντήρησης του σταθμού με μικρό WC. Το μόνιμο προσωπικό του υδροηλεκτρικού σταθμού αποτελείται από ένα έως δύο άτομα. Η θεμελίωση του κτιρίου έχει υπολογιστεί με βάση τα γεωμορφολογικά στοιχεία του χώρου και η διάστρωση του επιπέδου αναφοράς έγινε με gros-beton.

Από το στροβιλοστάσιο εξέρχεται κανάλι απορροής του νερού το οποίο οδεύει προς την κοίτη του ρέματος αφού διανύσει απόσταση μερικών μέτρων και ο αγωγός επιστροφής του νερού στην αρδευτική υδραύλακα, διαμέτρου Φ 300 και μήκος 250 m, είναι από τσιμεντοσωλήνες άνευ οπλισμού λόγω της μη φόρτισής του. Αναλυτικά το οίκημα του στροβιλοστασίου αποτελείται από τα εξής τμήματα:

1. Βάνα προσαγωγής
2. Στρόβιλο τύπου Pelton-2 jets, οριζοντίου άξονα
3. Υδραυλικό σύστημα ελέγχου
4. Σύγχρονη Γεννήτρια

5. Πίνακες ισχύος και αυτοματισμών χαμηλής τάσης
6. Μετασηματιστής ανύψωσης 0,4 KV/20KV
7. Πεδία εξόδου μέσης τάσης
8. Βαρούλκο ανύψωσης
9. Γραφείο προσωπικού
10. Αποθήκη

Παρακάτω αναλύονται τα τμήματα του στροβιλοστασίου με τις ανάλογες επιλογές που έχουν γίνει βάσει του συγκεκριμένου έργου.

Βαλβίδα Προσαγωγής

Η βαλβίδα προσαγωγής (ασφαλείας) του είναι σφαιρική διαμέτρου DN 300 PN 16 και ανοίγει με υδραυλικό κύλινδρο, που κινείται με το λάδι υπό πίεση του ρυθμιστή στροφών, και κλίνει με αντίβαρο. Κατάντη της βαλβίδας υπάρχει σύνδεσμος αποσυναρμολόγησης. Η βαλβίδα έχει φλάντζες για τη σύνδεσή της ανάντη με τον αγωγό προσαγωγής και κατάντη με το σύνδεσμο αποσυναρμολόγησης.

Στρόβιλος

Ο στρόβιλος που τοποθετήθηκε είναι τύπου Pelton, οριζοντίου άξονα με δύο ακροφύσια και εκτροπείς των δεσμών νερού των ακροφυσίων. Η επιλογή της απαιτούμενης ισχύος για το στρόβιλο έγινε με βάση την παροχή ύδατος από 0,03 m³/s έως 0,30 m³/s. Η εγκαταστημένη ισχύς του στροβίλου του υδροηλεκτρικού έργου είναι 270 KW και η αναμενόμενη ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανέρχεται σε 1,15 GWh ετησίως. Το στροφείο του στροβίλου έχει στερεωθεί πάνω από τον άξονα της γεννήτριας. Το όλο περιστρεφόμενο μέρος της μονάδας (στροφείο και ρότορας γεννήτριας) στηρίζεται στα έδρανα της γεννήτριας. Προ του στροβίλου υπάρχει δικλείδα ασφαλείας εφοδιασμένη με δικλείδα παράκαμψης για την προπλήρωση του στροβίλου πριν την εκκίνηση, καθώς και την απομόνωσή του για συντήρηση. Για την εκκένωση του στροβίλου και του αγωγού προσαγωγής υπάρχουν αντίστοιχες δικλείδες, που οδηγούν το νερό στην διώρυγα φυγής. Τα ακροφύσια του στροβίλου για την κίνηση τους έχουν υδραυλικούς κυλίνδρους διπλής ενέργειας που λειτουργούν με το λάδι, υπό πίεση, του ρυθμιστή στροφών. Η λειτουργία των ακροφυσίων είναι ανεξάρτητη λαμβάνοντας εντολή από το σύστημα ελέγχου του υδροηλεκτρικού σταθμού και ο στρόβιλος είναι δυνατόν να λειτουργεί με ένα ή δύο ακροφύσια ανάλογα με την υπό εκμετάλλευση παροχή. Τα τεχνικά στοιχεία του παραπάνω στροβίλου είναι τα εξής:

Τύπος στροβίλου	: Pelton 2-jets, οριζοντίου άξονα
Αριθμός μονάδων	: 1
Ολικό ύψος (Gross head)	: 110 m
Καθαρό ύψος (Net head)	: 101,15 m
Μέγιστη εκμεταλλεύσιμη παροχή	: 0,30 m ³ /sec
Ισχύς Εξόδου Στροβίλου	: 270 KW
Βαθμός απόδοσης	: 89,4 %
Ταχύτητα περιστροφής	: 750 rpm

Υδραυλικό Σύστημα Ελέγχου

Για τη λειτουργία όλων των υδραυλικών συστημάτων του σταθμού τοποθετήθηκε μονάδα πεπιεσμένου ελαίου κοντά στο στρόβιλο που παρέχει την απαιτούμενη ποσότητα και πίεση ελαίου για τη λειτουργία όλων των συστημάτων ελέγχου του σταθμού και συγκεκριμένα:

1. Ρύθμιση των ακροφυσίων του στροβίλου
2. Άνοιγμα-κλείσιμο της βάνας εισόδου

Το υδραυλικό σύστημα ελέγχου περιλαμβάνει αντλία ελαίου λειτουργούσα με ηλεκτρικό κινητήρα, δοχείο συλλογής ελαίου, έμβολα ελαίου, δοχείο πίεσεως, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, βάνες αποκοπής καθώς και τους αντίστοιχους σωλήνες πίεσεως για τη σύνδεση μεταξύ τους.

6.3.3 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Σγάρας

Το Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Σγάρας έχει σκοπό την ενεργειακή εκμετάλλευση των νερών του ρέματος Σγάρας, έχει ισχύ 1.200 kW και παράγει ετησίως κατά μέσο όρο 5,0 GWh . Το εν λόγω ρέμα πηγάζει από τα Τζουμέρκα Όρη και συγκεκριμένα από τις κορυφές Ρόκα, Γερακοβούνι, Σχισμένο Λιθάρι και Καταφίδι, πλησίον του Δ.Δ. Καταρράκτη και περνώντας από τους οικισμούς Σγάρα και Φραστά καταλήγει στον ποταμό Άραχθο. Επίσημη ονομασία του ρέματος δεν υπάρχει, ενώ παλαιότερα ήταν γνωστό ως Ρέμα Γκότιβος, από το οποίο πήρε την ονομασία του και ο συνοικισμός των Κουκουλίων ο οποίος γειτνιάζει με το ρέμα. Πάντως στην περιοχή ατύπως αναφέρεται ως χείμαρρος Καταρράκτη. Ο συνοικισμός των Κουκουλίων (Γκότιβος) βρίσκεται απέναντι και νοτίως του Σταθμού Παραγωγής. Το ρέμα παρουσιάζει μέση κλίση 4,5 %.

Η περιοχή του έργου καλύπτεται από δασική βλάστηση φυλλοβόλων και αείφυλλων πλατύφυλλων και παραποτάμια βλάστηση. Τα είδη που απαντώνται στην περιοχή του έργου είναι η οστράδα, η κουμαριά, το ρείκι, ο γάβρος, το φιλικί, το πουρνάρι, το σκλήθρο και η αγριοκερασιά σε μικρό αριθμό ατόμων. Εκπρόσωποι της παραποτάμιας βλάστησης είναι ο πλάτανος, οι ιτιές, οι λεύκες και άλλα πλατύφυλλα. Στην ευρύτερη περιοχή του έργου απαντώνται επίσης και άλλα είδη όπως ο ψευδοπλάτανος, η καστανιά, η οξιά, το έλατο και το πεύκο.

Το έργο συλλέγει, μέσω δύο υδροληψιών εκτροπής (σημεία 5 και 6 του συνημμένου Χάρτη 1), μέρος των νερών δύο πηγών που πηγάζουν ανατολικά του οικισμού Μηλέας (υψόμετρο +613 m) και του ρέματος που προέρχεται από την περιοχή Βλάχκαδο (υψόμετρο +610 m), και με αγωγούς παροχέτευσης τα οδηγεί στην κοίτη του κυρίως ρέματος που έρχεται από την περιοχή του οικισμού Καταρράκτης. Οι δύο αγωγοί παροχέτευσης ενώνονται στο σημείο 7 του συνημμένου Χάρτη 1, σχηματίζοντας μια δεξαμενή ρύθμισης. Οι υδροληψίες είναι ορεινού τύπου και κατασκευάστηκαν από σκυρόδεμα. Είναι υπερπηδητές για την δίοδο των μεγάλων πλημμυρικών παροχών. Εκάστη υδροληψία είναι εφοδιασμένη με κεκλιμένες εσχάρες για την απομάκρυνση των φερτών υλικών. Οι εσχάρες τοποθετήθηκαν επί της στέψης της κατασκευής. Οι εσχάρες αποτελούνται από χαλύβδινα ελάσματα προτύπων διατομών που ενώνονται μεταξύ τους και αποτελούν ενιαίο πλαίσιο, στο οποίο αγκυρώνεται το σκυρόδεμα. Όπισθεν των υδροληψιών δεν δημιουργείται λίμνη.

Αμέσως μετά τις υδροληψίες κατασκευάστηκε εξαμμωτής για τη συγκράτηση των φερτών σωματιδίων. Έκαστος εξαμμωτής κατασκευάστηκε από οπλισμένο σκυρόδεμα με κεκλιμένο δάπεδο. Οι διαστάσεις του εξαμμωτή είναι τέτοιες ώστε η ταχύτητα του νερού να είναι περίπου $0,3 \text{ m}^3/\text{sec}$ για να κατακρατούνται τα φερτά υλικά κλπ. Ο καθαρισμός από τα φερτά γίνεται με άνοιγμα του χειροκίνητου θυροφράγματος κατά διαστήματα ή όταν παρατηρείται μεγάλη συσσώρευση. Η προσαγωγή του νερού στον εξαμμωτή ελέγχεται έτσι ώστε η μέγιστη διερχόμενη παροχή να είναι το πολύ ίση με 800 lt/sec και 1000 lt/sec για τους εξαμμωτές των δύο υδροληψιών. Το νερό μετά τον εξαμμωτή μέσω πλευρικής υπερχείλισης εισέρχεται στον αγωγό. Δεδομένου του μικρού μεγέθους των υδροληψιών και της μορφολογίας της περιοχής, γεωλογικά δεν αναμένεται να υπάρξουν προβλήματα διαρροών.

Ο αγωγός προσαγωγής οδηγεί τα νερά από τον εξαμμωτή της υδροληψίας στο κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού (σημείο 8 του συνημμένου Χάρτη) και αποτελείται από χαλύβδινους σωλήνες, συνολικού μήκους 2.300 m περίπου, παροχετευτικότητας $1,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ και διαμέτρου 800 χιλιοστών. Είναι επιχωμένος μέσα σε όρυγμα, το οποίο διανοίχθηκε στο πλάι της οδού προσπέλασης. Στα σημεία όπου ο αγωγός προσαγωγής αλλάζει έντονα κλίση

αγκυρώνεται με σώματα αγκύρωσης από σκυρόδεμα. Ο αγωγός είναι εφοδιασμένος, όπου απαιτείται, και με διαστολικούς συνδέσμους για την παραλαβή των θερμοκρασιακών διαστολών. Επίσης, έχει αντιδιαβρωτική προστασία τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του μέρος από βαφή εποξειδικής πίσσας. Το τελευταίο τμήμα του αγωγού προσαγωγής, πριν από την είσοδό του στον σταθμό, αγκυρώνεται με μεταλλικές βάσεις και κολλάρα. Στο πλάι του αγωγού προσαγωγής οδεύει, μέσα σε σωλήνα, θωρακισμένο καλώδιο για την μεταβίβαση της στάθμης νερού στον εξαμμωτή της υδροληψίας στο σύστημα αυτοματισμού του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Το κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού είναι μονώροφο και κατασκευάστηκε βασικά από σκυρόδεμα. Η σκεπή του αποτελείται από δίρριχτη κεκλιμένη πλάκα η οποία επικαλύπτεται με κεραμίδια. Η μονάδα εδράζεται στο δάπεδο του κτιρίου και ο υπόλοιπος εξοπλισμός με αγκύρια και σκυρόδεμα δευτέρου σταδίου. Στην είσοδο του υδροηλεκτρικού σταθμού υπάρχει μεταλλική συρόμενη πόρτα βιομηχανικού τύπου. Οι πίνακες Μ.Τ. εγκαταστάθηκαν σε ιδιαίτερο δωμάτιο, ενώ οι μετασχηματιστές τοποθετήθηκαν υπαιθρίως παράπλευρα του κτιρίου του υδροηλεκτρικού σταθμού σε ιδιαίτερο χώρο που είναι περιφραγμένος για λόγους ασφαλείας. Κάτω από τον χώρο του μετασχηματιστή υπάρχει σκάμμα με σκύρα, όπου συλλέγονται τα έλαια του μετασχηματιστή. Το μόνιμο προσωπικό του υδροηλεκτρικού σταθμού αποτελείται από ένα έως δύο άτομα. Στον υδροηλεκτρικό σταθμό υπάρχει ιδιαίτερος χώρος για τους πίνακες ελέγχου, πίνακες Μ.Τ., αποθήκη, γραφείο και W.C.. Η αποχέτευση των χώρων υγιεινής του Σταθμού γίνεται προς απορροφητικό βόθρο, ο οποίος κατασκευάστηκε πίσω από το κτίριο του σταθμού. Η επικάλυψη του δαπέδου είναι βιομηχανικού τύπου.

Ο στρόβιλος είναι τύπου Pelton κατακόρυφου άξονα, με τέσσερα ακροφύσια και εκτροπέα της δέσμης του νερού. Το τροφείο του στροβίλου στερεώνεται πάνω στον άξονα της γεννήτριας. Το όλο περιστρεφόμενο μέρος της μονάδας (τροφείο και ρότορας γεννήτριας) στηρίζεται στα έδρανα της γεννήτριας. Τα ακροφύσια καθώς και το τροφείο του στροβίλου είναι ολόσωμο χυτό και κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα 13/4. Στην είσοδο του στροβίλου υπάρχει σφαιρική δικλείδα ασφαλείας εφοδιασμένη με δικλείδα παράκαμψης για την πλήρωση του στροβίλου πριν την εκκίνηση, καθώς και την απομόνωσή του για συντήρηση. Για την εκκένωση του στροβίλου καθώς και του αγωγού υπάρχουν αντίστοιχες δικλείδες, που οδηγούν το νερό στη διώρυγα φυγής. Τα ακροφύσια του στροβίλου έχουν υδραυλικούς κυλίνδρους (servomotor) διπλής ενέργειας για την κίνησή τους, που λειτουργούν με το λάδι, υπό πίεση, του ρυθμιστή στροφών. Η λειτουργία των ακροφυσίων είναι ανεξάρτητη λαμβάνοντας εντολή από το σύστημα ελέγχου του

υδροηλεκτρικού σταθμού και ο στρόβιλος είναι δυνατόν να λειτουργεί με ένα ή περισσότερα ακροφύσια ανάλογα με την υπό εκμετάλλευση παροχή.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του στρόβιλου είναι τα ακόλουθα:

- Καθαρό ύψος πτώσης (στην μέγιστη παροχή) : 218,7 m
- Μέγιστη παροχή : 1,0 m³/sec
- Ταχύτητα περιστροφής : 750 r.p.m.
- Ισχύς : 1900 KW
- Αριθμός ακροφυσίων : 4

Ο ρυθμιστής στροφών αποτελείται από το υδραυλικό και το ηλεκτρονικό μέρος. Το υδραυλικό μέρος αποτελείται από μονάδα πίεσης ελαίου που τροφοδοτεί τους υδραυλικούς κυλίνδρους των ακροφυσίων καθώς και του υδραυλικού κυλίνδρου της δικλείδας εισόδου και του υδραυλικού κυλίνδρου των εκτροπέων.

Η μονάδα είναι εφοδιασμένη με συγκρότημα αντλίας υψηλής πίεσης-κινητήρα, χειροκίνητη αντλία, συρταρωτές δικλείδες τροφοδοσίας των υδραυλικών κυλίνδρων, φίλτρα, δικλείδες ανακουφιστικές, αντεπιστροφής και ρυθμιζόμενες στραγγαλιστικές, αισθητήριο στάθμης ελαίου, πιεζοστάτες, κατάλληλα όργανα πίεσης και θερμοκρασίας, δοχείο αζώτου-λαδιού, δικλείδες πλήρωσης και εκκένωσης, κλπ.

Το ηλεκτρονικό μέρος αποτελείται από ηλεκτρονικές κάρτες εισόδου-εξόδου, επεξεργασίας, 19'', που εγκαθίστανται στον πίνακα ελέγχου της μονάδας. Στον ρυθμιστή στροφών καταλήγουν όλα τα σήματα λειτουργίας και δίνονται από αυτόν οι κατάλληλες εντολές για την αυτόματη λειτουργία της μονάδας. Εκτός από την αυτόματη λειτουργία υπάρχει και δυνατότητα για χειροκίνητη λειτουργία, απαραίτητη κατά τις δοκιμές και θέση σε λειτουργία της μονάδας.

Η δικλείδα εισόδου (ασφαλείας) είναι σφαιρική διαμέτρου DN 450 PN 40 και ανοίγει με υδραυλικό κύλινδρο, που κινείται με το λάδι υπό πίεση του ρυθμιστή στροφών, και κλείνει με αντίβαρο. Κατάντη της δικλείδας υπάρχει σύνδεσμος αποσυναρμολόγησης. Η δικλείδα έχει φλάντζες για την σύνδεσή της ανάντη με τον αγωγό προσαγωγής και κατάντη με την δικλείδα αποσυναρμολόγησης.

Η γεννήτρια είναι σύγχρονη, τριφασική, αερόψυκτη κατακόρυφου άξονα. Συνδέεται κατευθείαν στο στροφέιο του στρόβιλου και στερεώνεται στο κάλλυμα του στρόβιλου. Ο άξονας της γεννήτριας είναι εφοδιασμένος με έδρανα κύλισης λιπαινόμενα με γράσο. Η

γεννήτρια είναι εφοδιασμένη με ανιχνευτές θερμοκρασίας (PT 100), στα έδρανα και στα τυλίγματα της για την προστασία της έναντι υπερθέρμανσης. Επίσης έχει αγείοτο κόμβο και είναι σύμφωνα με τους Κανονισμούς IEC 34 και VDE 0530 εφοδιασμένη με αυτόματο ρυθμιστή τάσης περιστρεφόμενων διόδων χωρίς ψύκτρες, καθώς και με ρυθμιστή διόρθωσης του συντελεστή ισχύος.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της γεννήτριας είναι:

- Τάση λειτουργίας : 6,3 KV
- Συχνότητα : 50 Hz
- Ταχύτητα περιστροφής : 750 r.p.m.
- Ισχύς : 2250 KVA
- Συντελεστής ισχύος : 0,8
- Βαθμός προστασίας : IP 23
- Μέγιστη θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος : 40°C
- Κλάση μόνωσης : F
- Υψόμετρο εγκατάστασης : μέχρι 1000 m
- Περιοχή ρύθμισης τάσης : $\pm 5 \%$
- Ακρίβεια ρύθμισης : $\pm 1 \%$

Στους πίνακες ελέγχου εγκαταστάθηκε σύστημα αυτοματισμού και ρύθμισης της ισχύος της μονάδας, οι προστασίες της γεννήτριας, καθώς και η τροφοδότηση των βοηθητικών της μονάδας. Για την ασφαλή λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού το σύστημα αυτοματισμού τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα 24 V, που προέρχεται από ανορθωτή και συσσωρευτή. Στην πρόσοψη των πινάκων υπάρχουν όργανα, ενδεικτικές λυχνίες, επιλογικοί διακόπτες και κομβία πίεσης για την εποπτεία και τον έλεγχο της λειτουργίας της μονάδας.

Τα όργανα που υπάρχουν στους πίνακες είναι τα εξής:

- Βολτόμετρο με επιλογικό διακόπτη
- Τρία αμπερόμετρα
- Ενδεικτικό όργανο συχνότητας
- Ενδεικτικό όργανο ταχύτητας περιστροφής
- Ενδεικτικό όργανο ενεργού ισχύος

- Ενδεικτικό όργανο αέργου ισχύος
- Ενδεικτικό όργανο συντελεστή ισχύος
- Ενδεικτικό όργανο ωρών λειτουργίας
- Ενδεικτικά όργανα ανοίγματος βελόνων ακροφυσίων
- Ενδεικτικό όργανο ανάντη στάθμης φράγματος

Για την λειτουργία της μονάδας εγκαταστάθηκε ανάντη, στο φράγμα εκτροπής, ηλεκτρονικό σταθμόμετρο λήψης πίεσης που θα συνδέεται με τον ρυθμιστή στροφών της μονάδας. Το αισθητήριο του σταθμημέτρου τοποθετήθηκε μέσα σε σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του σταθμημέτρου είναι τα ακόλουθα:

- Τύπος σταθμημέτρου : Ηλεκτρονικό πιεζοηλεκτρικού τύπου
- Ακρίβεια μέτρησης : ± 1 cm

Ο μετασχηματιστής ανύψωσης είναι αερόψυκτος, τριφασικός ελαίου. Ο μετασχηματιστής εγκαταστάθηκε σε ειδικά διαμορφωμένο μέρος στο εξωτερικό του υδροηλεκτρικού σταθμού. Το δοχείο του μετασχηματιστή έχει φίλτρο αφύγρανσης, δικλείδα εκκένωσης και πλήρωσης και στηρίζεται πάνω σε σιδηροτροχιές. Για την τροφοδότηση των βοηθητικών, όταν δεν λειτουργεί η μονάδα εγκαθίσταται βοηθητικός μετασχηματιστής ισχύος 50 KVA. Οι μετασχηματιστές είναι κατασκευασμένοι σύμφωνα με τους Κανονισμούς IEC 67.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή ανύψωσης είναι τα ακόλουθα:

- Τύπος : εξωτερικού χώρου
- Τάση λειτουργίας : 6,3/20KV
- Ισχύς : 2500 KVA
- Αλλαγή τάσης : $\pm 2 \times 2,5$ %
- Τρόπος ψύξης : ONAN
- Προστασία : Buchholz relay
- Σύνδεση : YnD1

Οι πίνακες Μ.Τ. είναι σύμφωνα με τον Κανονισμό IEC 193 και συνδέουν την πλευρά Μ.Τ. του μετασχηματιστή ανύψωσης, καθώς επίσης και του μετασχηματιστή τροφοδοσίας των βοηθητικών με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.. Στους πίνακες έχουν εγκατασταθεί για μεν τον

μετασχηματιστή ανύψωσης αυτόματος διακόπτης και αποζεύκτης, για δε τον μετασχηματιστή τροφοδοσίας των βοηθητικών ασφαλειοδιακόπτης καθώς και οι μετασχηματιστές μέτρησης τάσης και έντασης για το σύνολο της εγκατάστασης. Οι πίνακες Μ.Τ. είναι κατασκευασμένοι για μέγιστη ισχύ βραχυκυκλώματος 250 MVA, έχουν εγκατασταθεί σε ιδιαίτερο χώρο στο κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού και προστατεύονται επίσης από αλεξικέραυνα Μ.Τ. που βρίσκονται στο πεδίο εξόδου προς το δίκτυο.

Για την συντήρηση του εξοπλισμού έχει εγκατασταθεί βαρούλκο απλής τροχιάς ανυψωτικής ικανότητας 15 τόνων. Το βαρούλκο κινείται πάνω σε σιδηροτροχιά από μορφοέλασμα “Η”, κατά μήκος του σταθμού πάνω από τη μονάδα.

Το σύστημα γείωσης αποτελείται από πλέγμα γείωσης με χάλκινους γυμνούς αγωγούς διατομής 50 mm² και ηλεκτρόδια γείωσης κατά DIN 48852 αποτελούμενα από χάλυβα κατά DIN 17100 επιψευδαργυρωμένο εν θερμό και φέροντα ακροδέκτη για την ένωση των αγωγών. Κάθε ηλεκτρική συσκευή και κάθε πίνακας, έχει κοχλία ικανής διαμέτρου για την σύνδεση με το δίκτυο γείωσης.

Στον υδροηλεκτρικό σταθμό έχουν εγκατασταθεί τα εξής βοηθητικά συστήματα:

- Το σύστημα φωτισμού
- Το σύστημα ρευματοδοτών
- Το σύστημα αλεξικεραυνικής προστασίας

Επίσης για την πυροπροστασία του υδροηλεκτρικού σταθμού έχουν εγκατασταθεί φορητοί πυροσβεστήρες. Η μονάδα συνδέεται με το δίκτυο Μ.Τ. μέσω του μετασχηματιστή ανύψωσης. Η γραμμή για την σύνδεση στο δίκτυο Μ.Τ. (20 KV) είναι εναέρια και έχει μήκος περίπου 300 m.

6.3.4 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Φραστών

Το έργο αφορά τη λειτουργία Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου ισχύος 1,2 MW στο ρέμα Σγάρας του οικισμού Φραστά του Δήμου Αγνάντων του Νομού Άρτας. Το έργο αποτελείται από:

- Υδροληψία (σημείο 9 του συνημμένου Χάρτη 1): Για την απόληψη των νερών στο ρέμα Σγάρας έχει κατασκευαστεί μικρό υπερπηδητό φράγμα με κατάντη κεκλιμένες εσχάρες σε ένα τμήμα της στέψης του και προστατευτικοί τοίχοι για την προστασία των πρανών και την εξασφάλιση των υδάτων. Το μήκος του φράγματος είναι 10,0 m και το υψόμετρο στέψης του στα 362 m.

- Υπόγειο αγωγό προσαγωγής μήκους 2.600 m. Ο αγωγός είναι διαμέτρου 900 mm, αποτελείται από σωλήνες GRP (Glass Reinforced Polyester) και εγκαθωπίστηκε σε όρυγμα κάτω από τη στάθμη της φυσικής κοίτης, έτσι ώστε να μην περιοριστεί η φυσική διατομή του ρέματος.
- Το κτίριο του σταθμού παραγωγής (σημείο 10 του συνημμένου Χάρτη 1) που έχει κατασκευαστεί πλησίον του οικισμού Φραστά. Ο οικίσκος που στεγάζει την στροβιλογεννήτρια και τον απαραίτητο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, εξωτερικά φέρει λιθοδομή εναρμονισμένη με τον περιβάλλοντα χώρο. Τα προς χρήση ορυκτέλαια φυλάσσονται σε κλειστά δοχεία σε στεγασμένο χώρο. Επίσης, έχει κατασκευαστεί κατάλληλη στεγανή δεξαμενή, η οποία συγκεντρώνει τις τυχόν διαρρέουσες ποσότητες. Περιμετρικά του γηπέδου της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής πραγματοποιήθηκε κατάλληλης πυκνότητας φύτευση υδροχαρών φυτών.
- Τον επαρχιακό δρόμο που συνδέει τα Άγναντα με τη Ραμιά, ο οποίος χρησιμοποιείται για την προσπέλαση της υδροληψίας.

Το καθαρό ύψος πτώσεως (~120 m) και η μέγιστη εκμεταλλεύσιμη παροχή οδήγησε στην επιλογή ενός υδροστροβίλου Turgo με δύο ακροφύσια για την κάλυψη του μέγιστου δυνατού ποσοστού της διαθέσιμης παροχής. Στο Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο των Φραστών έχει εγκατασταθεί ένας υδροστροβίλος με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Τύπος στροβίλου : Turgo – 2 jets, οριζοντίου άξονα
- Μέγιστη ισχύς στροβίλου : 1.200 KW
- Στροφές λειτουργίας : 1.000 r.p.m.

Το στροφείο του στροβίλου στερεώνεται πάνω στον άξονα της γεννήτριας. Το όλο περιστρεφόμενο μέρος της μονάδας (στροφείο και ρότορας γεννήτριας) στηρίζεται στα έδρανα της γεννήτριας. Προ του στροβίλου υπάρχει δικλείδα ασφαλείας εφοδιασμένη με δικλείδα παράκαμψης για την προπλήρωση του στροβίλου πριν την εκκίνηση, καθώς και την απομόνωσή του για συντήρηση. Για την εκκένωση του στροβίλου και του αγωγού προσαγωγής υπάρχουν αντίστοιχες δικλείδες, που οδηγούν το νερό στην διάφυγα φυγής. Τα ακροφύσια του στροβίλου για την κίνησή τους έχουν υδραυλικούς κυλίνδρους διπλής ενέργειας που λειτουργούν με λάδι υπό πίεση.

Μετά την υδροηλεκτρική αξιοποίηση το σύνολο της ποσότητας του νερού που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή αποδίδεται στο ρέμα. Επίσης έχουν ληφθεί μέτρα

ώστε η απόδοση του νερού μετά τον υδροηλεκτρικό σταθμό να γίνεται ομαλά και η ταχύτητα ροής του νερού να διατηρείται σε επίπεδο που δεν επηρεάζει την κοίτη του ρέματος από διάβρωση. Επιπλέον έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα ηχομόνωσης, ώστε η στάθμη θορύβου που οφείλεται στη λειτουργία του σταθμού, να μην υπερβαίνει τα 65 dB(A) μετρούμενη στο όριο του γηπέδου, όπου βρίσκεται ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΝΕΟΥ Μ.Υ.Η.Ε.

ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΡΑΧΘΟΥ (CASE STUDY)

7.1 Προτεινομένη θέση εγκατάστασης νέου Μικρού Υδροηλεκτρικού Εργοστασίου

Στο παρόν Κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εφαρμογή του σχεδιασμού ενός Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Αράχθου (case study). Σε διαφορετικά σημεία κατά μήκος του ποταμού Αράχθου εκβάλλουν τέσσερις χείμαρροι οι οποίοι έχουν τις εξής άτυπες ονομασίες Αγναντίτης, Καταρράκτης, χείμαρρος Μικροσπηλιάς και χείμαρρος Λεπιανών. Κατά μήκος του Καταρράκτη έχουν ήδη κατασκευαστεί τέσσερα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, τα οποία περιγράφονται αναλυτικά στο 6^ο Κεφάλαιο.

Η θέση που προτείνεται για την κατασκευή νέου Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου βρίσκεται στον χείμαρρο Αγναντίτη, ο οποίος δεν έχει άλλα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα στο μήκος του. Σύμφωνα με τον χάρτη που επισυνάπτεται, η θέση της υδροληψίας είναι το σημείο 11 του συνημμένου Χάρτη, σε υψόμετρο 600 m, και η θέση εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού σταθμού είναι το σημείο 12 σε υψόμετρο 500 m. Συνεπώς, ο υδροηλεκτρικός σταθμός θα εκμεταλλεύεται μια δημιουργούμενη πτώση 100 m.

7.2 Υπολογισμός Καμπύλης Διάρκειας των Παροχών

Το πρώτο στάδιο για το σχεδιασμό ενός Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου είναι η κατασκευή της καμπύλης διάρκειας των παροχών, για την οποία απαιτούνται ημερήσιες τιμές παροχής για δέκα έτη τουλάχιστον. Μέσα στη λεκάνη απορροής του ρέματος Αγναντίτη στη

θέση του προτεινόμενου μικρού Υ.Η.Ε. Αγναντίτη δεν υπάρχει υδρομετρικός σταθμός. Ο πλησιέστερος στη θέση προτεινόμενου μικρού Υ.Η.Ε. Αγναντίτη υδρομετρικός σταθμός ευρίσκεται στη θέση Άγιος Νικόλαος του ποταμού Αράχθου. Ο σταθμός του Αγίου Νικολάου ανήκει στη Δ.Ε.Η. και είναι εξοπλισμένος με σταθμήμετρα και σταθμηγράφο και μόνιμη εγκατάσταση για την μέτρηση παροχής και λειτουργεί συνέχεια από το 1984.

Για τις ανάγκες της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής χρησιμοποιήθηκαν από το αρχείο της Δ.Α.Υ.Ε./Τ.Σ.Μ.Υ.Σ. της Δ.Ε.Η. σύμφωνα με τη νόμιμη διαδικασία οι ημερήσιες παροχές στον Άγιο Νικόλαο σε m^3/s για τρία χρόνια (1989-1990 έως 1991-1992), οι οποίες πινακοποιούνται στους πίνακες του Παραρτήματος.

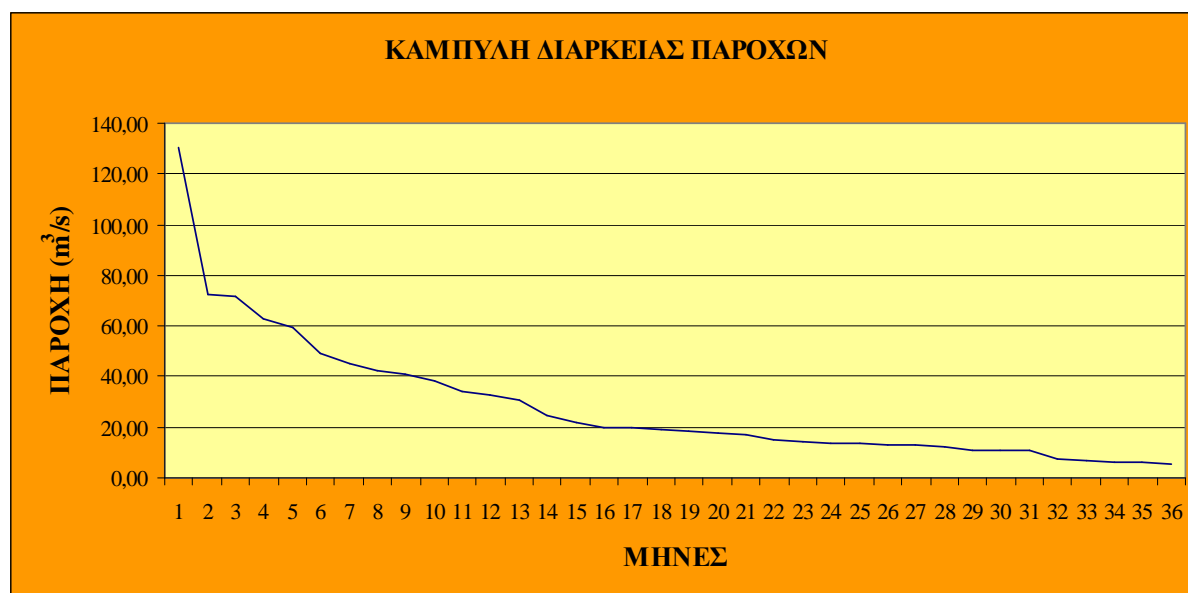
Σύμφωνα με την απόφαση Δ6/Φ1/οικ.12160/ΦΕΚ Β/1552/3.8.1999 για τη χάραξη της καμπύλης διάρκειας ημερησίων παροχών απαιτούνται υδρομετρικά στοιχεία τουλάχιστον δεκαετούς διάρκειας εφόσον υπάρχουν ή για όσα έτη υφίσταται ο υδρομετρικός σταθμός.

Η καμπύλη διάρκειας είναι μια συνάρτηση των παροχών καταταγμένων κατά φθίνουσα σειρά, με την συχνότητα εμφάνισής τους. Για τον υπολογισμό της καμπύλης διάρκειας απαιτείται μια χρονοσειρά παροχών για μια χρονική περίοδο. Για την περιοχή μελέτης διατίθενται οι παροχές του ποταμού για τρία έτη (1989-1992) και γι' αυτό ο σχεδιασμός του νέου Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου είναι ενδεικτικός.

Πίνακας 7.1: Μέσες μηνιαίες τιμές παροχών

Υδρολογικό Έτος	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΗΣΙΟΣ Μ.Ο.
1989-1990	42,60	59,60	49,12	18,57	15,04	12,12	21,92	17,15	10,64	6,17	6,00	5,71	22,05
1990-1991	10,83	32,70	130,66	30,65	72,26	40,75	62,50	71,45	33,92	19,87	12,98	11,22	44,15
1991-1992	17,56	38,44	19,85	13,45	19,43	12,78	44,99	24,49	13,59	7,56	6,81	14,39	19,45

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η καμπύλη διάρκειας παροχών για την μελετώμενη περιοχή. Για την χάραξη της καμπύλης οι τιμές των παροχών της 3ετίας τοποθετήθηκαν με φθίνουσα σειρά.



Διάγραμμα 7.1: Καμπύλη διάρκειας παροχών για τα έτη 1989-1990-1991-1992.

7.3 Υπολογισμός Βέλτιστης Ισχύος

Αφού κατασκευαστεί η καμπύλη διάρκειας των παροχών, υπολογίζεται η ισχύς που θα αποδίδει το έργο ανάλογα με την τιμή της παροχής με την οποία λειτουργεί. Η συνολική υδραυλική ισχύς σε μια μικρή υδροηλεκτρική εγκατάσταση εξαρτάται από δύο παράγοντες, από το υδραυλικό ύψος και από την παροχή του νερού. Το υδραυλικό ύψος (σε m) είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του υψηλότερου σημείου του αγωγού νερού και του σημείου που το νερό εγκαταλείπει τον υδροστρόβιλο, ενώ η παροχή νερού είναι η ποσότητα του νερού (σε lit ή σε m³) που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού στη χρονική διάρκεια ενός δευτερολέπτου (1 sec). Έχοντας υπολογίσει το υδραυλικό ύψος και την παροχή του νερού, η υδραυλική ισχύς της εγκατάστασης υπολογίζεται εύκολα από τη σχέση:

$$\text{Ισχύς (σε KWatt)} = 9,81 * (\text{Συντελεστής απόδοσης των υδοστροβίλων}) * (\text{Υδραυλικό Ύψος σε m}) * (\text{Παροχή σε m}^3/\text{sec})$$

Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερο είναι το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος και όσο μεγαλύτερη η παροχή, τόσο μεγαλύτερο γίνεται και το γινόμενο τους, οπότε και η υδραυλική ισχύς του συστήματος. Ακόμα αξίζει να αναφερθεί ότι είναι σημαντικό το να μετρηθεί πολύ προσεκτικά το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος και τιμή της παροχής του νερού. Σε μερικές περιπτώσεις η παροχή είναι εμφανώς μεγαλύτερη από την απαιτούμενη, οπότε οι μετρήσεις

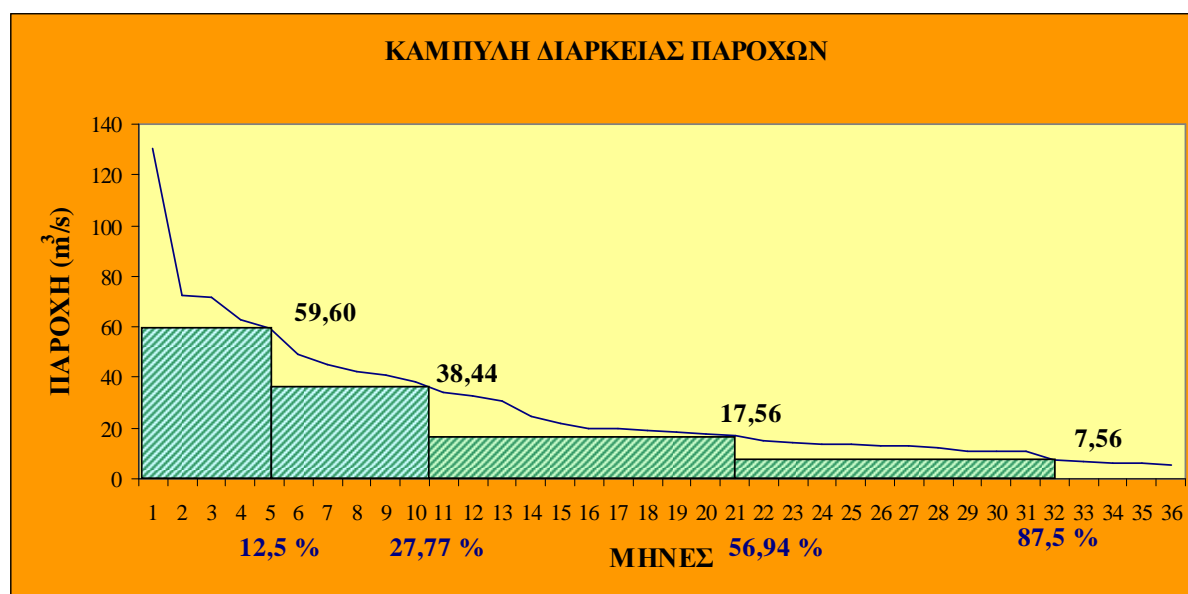
που γίνονται πάνω σε αυτή, δεν είναι απαραίτητες. Τέλος αναφέρεται ότι είναι προτιμότερο να υποτιμηθούν οι τιμές της παροχής και του υδραυλικού ύψους παρά να υπερεκτιμηθούν.

Στην καμπύλη διάρκειας παροχών το εμβαδόν μεταξύ της καμπύλης και του άξονα των τετμημένων δίνει την ενέργεια που μπορεί να παραχθεί σε μια χρονική περίοδο. Η ωφέλιμη ενέργεια που προκύπτει δίνεται από τον τύπο:

$$E \text{ (σε KWh)} = 9,81 \cdot n \cdot H \cdot Q \cdot t \text{ (σε ώρες)}$$

Είναι σαφές ότι η ενέργεια που παράγεται είναι ανάλογη της παροχής Q . Στόχος λοιπόν είναι να καλυφθεί κατά το δυνατόν η καμπύλη σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα με ένα ιστόγραμμα, στο οποίο η διαφορά των υψών δείχνει την παροχή που πρέπει να έχει μια μονάδα, και το πλάτος το χρόνο λειτουργίας αυτής.

Γνωρίζοντας την καμπύλη διάρκειας των παροχών, την χωρίζουμε σε επιμέρους τμήματα προκειμένου να αξιοποιήσουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του εμβαδού κάτω από την καμπύλη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ο αριθμός των εγκαταστημένων υδροτροβίλων είναι ανάλογος του αριθμού των τμημάτων στα οποία θα χωριστεί η καμπύλη διάρκειας.



Διάγραμμα 7.2: Υπολογισμός εμβαδού της καμπύλης διάρκειας παροχών

Από το γράφημα συμπεραίνουμε ότι το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο που πρόκειται να κατασκευασθεί θα αποτελείται από 4 μονάδες, εκ των οποίων:

- Για ποσοστό χρόνου 12,5 % λειτουργούν και οι 4 μονάδες με συνολική ισχύ $I = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 59,60 \cdot 100 = 49.697 \text{ KW}$ αξιοποιώντας παροχή $Q = 59,60 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Για ποσοστό χρόνου 15,27 % λειτουργούν οι 3 εκ των 4 μονάδων με συνολική ισχύ $I = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 38,44 \cdot 100 = 32.053 \text{ KW}$ αξιοποιώντας παροχή $Q = 38,44 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Για ποσοστό χρόνου 29,17 % λειτουργούν οι 2 εκ των 4 μονάδων με συνολική ισχύ $I = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 17,56 \cdot 100 = 14.642 \text{ KW}$ αξιοποιώντας παροχή $Q = 17,56 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Για ποσοστό χρόνου 30,56 % λειτουργεί μόνο η μία μονάδα ισχύος $I = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 7,56 \cdot 100 = 6.304 \text{ KW}$ αξιοποιώντας παροχή $Q = 7,56 \text{ m}^3/\text{sec}$.

7.4 Επιλογή Βέλτιστης Διαμέτρου Αγωγού

Επόμενο στάδιο στο σχεδιασμό ενός Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου είναι η επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου του αγωγού που θα μεταφέρει το νερό από τη θέση της υδροληψίας στον υδροηλεκτρικό σταθμό. Για τον υπολογισμό της βέλτιστης διαμέτρου του αγωγού στηριζόμαστε σε οικονομικά κριτήρια και συνυπολογίζονται οι εξής δύο παράμετροι:

- Το κόστος του αγωγού, το οποίο μεγαλώνει όσο μεγαλώνει η διάμετρος του.
- Το κόστος των απωλειών της ενέργειας οι οποίες μειώνονται καθώς η διάμετρος του αγωγού μεγαλώνει.

Κατ' αρχήν για να υπολογίσουμε το ετήσιο κόστος των απωλειών ενέργειας για μια σειρά τιμών της διαμέτρου σχηματίζουμε τους παρακάτω πίνακες για κάθε επιμέρους μονάδα.

- Στην στήλη **D** έχουμε όλες τις πιθανές διαμέτρους των σωλήνων.
- Στην στήλη **Q** φαίνεται η παροχή με την οποία δουλεύει η κάθε μονάδα.
- Στην στήλη Δh_E έχουμε το ύψος των απωλειών εισόδου στον αγωγό οι οποίες υπολογίζονται από τον τύπο:

$$\Delta h_E = K_E \cdot U^2 / 2g$$

όπου K_E είναι ο συντελεστής απωλειών εισόδου ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 0,5 και g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ίση με $9,81 \text{ m/sec}^2$.

- Η ταχύτητα **U** για τις διάφορες τιμές της διαμέτρου των σωλήνων υπολογίζεται από τον τύπο:

$$U=Q/D$$

- Στην στήλη **Δh_A** έχουμε τις απώλειες εξόδου στο τμήμα προσαρμογής, οι οποίες υπολογίζονται από τον τύπο:

$$\Delta h_A = K_A \cdot U^2 / 2g$$

όπου K_A είναι ο συντελεστής απωλειών εξόδου ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 1.

- Στη στήλη **Δh_L** έχουμε τις γραμμικές απώλειες στον αγωγό οι οποίες υπολογίζονται από τον τύπο:

$$\Delta h_L = n^2 \cdot U^2 \cdot L / (D/4)^{4/3}$$

όπου n ο συντελεστής τραχύτητας κατά Manning του αγωγού ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 0,012 και L είναι το μήκος του αγωγού ο οποίος λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα, αφού οι υπολογισμοί που γίνονται αναφέρονται σε ένα μέτρο.

- Στην στήλη **Σh** έχουμε το συνολικό ύψος των απωλειών και ισούται με:

$$\Sigma h = \Delta h_e + \Delta h_A + \Delta h_L$$

- Στην στήλη **I_A** παρουσιάζονται οι τιμές της απολεσθείσης ισχύος με δεδομένη διάμετρο που υπολογίζονται από τον εξής τύπο:

$$I_A = 9,81 \cdot n \cdot Q \cdot \Sigma h$$

όπου n ο συντελεστής απόδοσης των υδροτροβίλων $n=0,85$.

- Στην στήλη **E** παρατίθενται οι τιμές της ενέργειας που χάνεται για κάθε αντίστοιχη τιμή της διαμέτρου στη διάρκεια ενός έτους. Η απώλεια της ενέργειας υπολογίζεται ως εξής:

$$E = I_A \cdot t$$

όπου $t = 365 \cdot 24 \text{ h} = 8760 \text{ h}$.

Επισημαίνεται ότι η απώλεια της ενέργειας πολλαπλασιάζεται κάθε φορά με το αντίστοιχο ποσοστό του χρόνου που λειτουργούν οι μονάδες.

- Στην στήλη K_a υπολογίζεται το κόστος της ενέργειας που χάνεται, δηλαδή τα απολεσθέντα κέρδη από την πώληση της ενέργειας αυτής. Η τιμή πώλησης της υδροηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 0,07 €/KWh.

Στην περίπτωση που ο υδροηλεκτρικός σταθμός λειτουργεί με παροχή $Q = 59,60 \text{ m}^3/\text{sec}$, το ετήσιο κόστος των απωλειών ενέργειας για τις διάφορες τιμές της διαμέτρου του αγωγού παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.2.

Πίνακας 7.2: Κόστος απωλειών ενέργειας για παροχή $Q=59,60 \text{ m}^3/\text{sec}$

ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ $Q=59,60 \text{ m}^3/\text{sec}$								
D (m)	Q	Δh_e	Δh_A	Δh_L	Σh	I_A	E (KWh)	K_a (ευρώ)
2	59,60	22,63	45,26	0,32	68,21	33901,22	37121,84	2598,53
1,9	59,60	25,08	50,15	0,38	75,61	37576,24	41145,98	2880,22
1,8	59,60	27,94	55,88	0,46	84,28	41883,18	45862,08	3210,35
1,7	59,60	31,32	62,65	0,55	94,52	46975,74	51438,43	3600,69
1,6	59,60	35,36	70,72	0,68	106,76	53057,36	58097,81	4066,85

Στην περίπτωση που ο υδροηλεκτρικός σταθμός λειτουργεί με παροχή $Q = 38,44 \text{ m}^3/\text{sec}$, το ετήσιο κόστος των απωλειών ενέργειας για τις διάφορες τιμές της διαμέτρου του αγωγού παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.3: Κόστος απωλειών ενέργειας για παροχή $Q=38,44 \text{ m}^3/\text{sec}$

ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ $Q=38,44 \text{ m}^3/\text{sec}$								
D (m)	Q	Δh_e	Δh_A	Δh_L	Σh	I_A	E (KWh)	K_a (ευρώ)
2	38,44	9,41	18,83	0,13	28,38	9095,50	12166,62	851,66
1,9	38,44	10,43	20,86	0,16	31,45	10081,49	13485,52	943,99
1,8	38,44	11,62	23,24	0,19	35,06	11237,02	15031,22	1052,19
1,7	38,44	13,03	26,06	0,23	39,32	12603,32	16858,86	1180,12
1,6	38,44	14,71	29,42	0,28	44,41	14234,99	19041,46	1332,90
1,5	38,44	16,74	33,47	0,35	50,56	16205,49	21677,31	1517,41
1,4	38,44	19,21	38,42	0,44	58,08	18615,64	24901,25	1743,09
1,3	38,44	22,28	44,56	0,56	67,41	21606,73	28902,29	2023,16
1,2	38,44	26,15	52,30	0,74	79,19	25381,77	33951,98	2376,64
1,1	38,44	31,12	62,24	0,98	94,35	30240,93	40451,84	2831,63

1	38,44	37,66	75,31	1,35	114,32	36643,21	49015,86	3431,11
---	-------	-------	-------	------	--------	----------	----------	---------

Στην περίπτωση που ο υδροηλεκτρικός σταθμός λειτουργεί με παροχή $Q = 17,56 \text{ m}^3/\text{sec}$, το ετήσιο κόστος των απωλειών ενέργειας για τις διάφορες τιμές της διαμέτρου του αγωγού παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.4: Κόστος απωλειών ενέργειας για παροχή $Q=17,56 \text{ m}^3/\text{sec}$

ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ $Q=17,56 \text{ m}^3/\text{sec}$								
D (m)	Q	Δh_e	Δh_A	Δh_L	Σh	I_A	E (KWh)	K_a (ευρώ)
2	17,56	1,96	3,93	0,03	5,92	867,06	2215,60	155,09
1,9	17,56	2,18	4,35	0,03	6,56	961,05	2455,78	171,90
1,8	17,56	2,43	4,85	0,04	7,32	1071,21	2737,25	191,61
1,7	17,56	2,72	5,44	0,05	8,21	1201,46	3070,07	214,91
1,6	17,56	3,07	6,14	0,06	9,27	1357,00	3467,54	242,73
1,5	17,56	3,49	6,99	0,07	10,55	1544,85	3947,54	276,33
1,4	17,56	4,01	8,02	0,09	12,12	1774,60	4534,63	317,42
1,3	17,56	4,65	9,30	0,12	14,07	2059,74	5263,24	368,43
1,2	17,56	5,46	10,91	0,15	16,52	2419,61	6182,81	432,80
1,1	17,56	6,49	12,99	0,21	19,69	2882,83	7366,46	515,65
1	17,56	7,86	15,72	0,28	23,86	3493,15	8926,01	624,82
0,9	17,56	9,70	19,40	0,40	29,50	4320,21	11039,41	772,76
0,8	17,56	12,28	24,56	0,59	37,43	5480,39	14004,01	980,28
0,7	17,56	16,04	32,07	0,93	49,04	7180,17	18347,44	1284,32
0,6	17,56	21,83	43,66	1,55	67,03	9815,12	25080,49	1755,63

Στην περίπτωση που ο υδροηλεκτρικός σταθμός λειτουργεί με παροχή $Q = 7,56 \text{ m}^3/\text{sec}$, το ετήσιο κόστος των απωλειών ενέργειας για τις διάφορες τιμές της διαμέτρου του αγωγού παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.5.

Πίνακας 7.5: Κόστος απωλειών ενέργειας για παροχή $Q=7,56 \text{ m}^3/\text{sec}$

ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ $Q=7,56 \text{ m}^3/\text{sec}$								
D (m)	Q	Δh_e	Δh_A	Δh_L	Σh	I_A	E (KWh)	K_a (ευρώ)
2	7,56	0,36	0,73	0,01	1,10	69,19	185,22	12,97
1,9	7,56	0,40	0,81	0,01	1,22	76,69	205,30	14,37
1,8	7,56	0,45	0,90	0,01	1,36	85,48	228,84	16,02

1,7	7,56	0,50	1,01	0,01	1,52	95,87	256,66	17,97
1,6	7,56	0,57	1,14	0,01	1,72	108,29	289,89	20,29
1,5	7,56	0,65	1,29	0,01	1,96	123,28	330,02	23,10
1,4	7,56	0,74	1,49	0,02	2,25	141,61	379,10	26,54
1,3	7,56	0,86	1,72	0,02	2,61	164,36	440,01	30,80
1,2	7,56	1,01	2,02	0,03	3,06	193,08	516,89	36,18
1,1	7,56	1,20	2,41	0,04	3,65	230,04	615,84	43,11
1	7,56	1,46	2,91	0,05	4,42	278,75	746,22	52,24
0,9	7,56	1,80	3,60	0,07	5,47	344,74	922,90	64,60
0,8	7,56	2,28	4,55	0,11	6,94	437,32	1170,74	81,95
0,7	7,56	2,97	5,94	0,17	9,09	572,96	1533,86	107,37
0,6	7,56	4,05	8,09	0,29	12,42	783,23	2096,74	146,77

Το ύψος των συνολικών ετήσιων απωλειών ενέργειας καθώς και τα συνολικά ετήσια διαφυγόντα κέρδη από την πώληση της ενέργειας αυτής στη Δ.Ε.Η., για κάθε ενδεικτική τιμή της διαμέτρου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και προέκυψαν από την πρόσθεση των στηλών E και K_{α} των παραπάνω πινάκων για κάθε μονάδα.

Πίνακας 7.6: Κόστος συνολικών ετήσιων απωλειών ενέργειας

ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		
D (m)	ΣΕ (KWh)	ΣΚ_α (ευρώ)
2	51689,27503	3618,249252
1,9	57292,58522	4010,480966
1,8	63859,38522	4470,156965
1,7	71624,01953	5013,681367
1,6	80896,69425	5662,768597
1,5	25954,86208	1816,840345
1,4	29814,98007	2087,048605
1,3	34605,53558	2422,387491
1,2	40651,6758	2845,617306
1,1	48434,14989	3390,390492
1	58688,09248	4108,166473
0,9	11962,30999	837,3616992
0,8	15174,7512	1062,232584
0,7	19881,29772	1391,690841
0,6	27177,22699	1902,405889

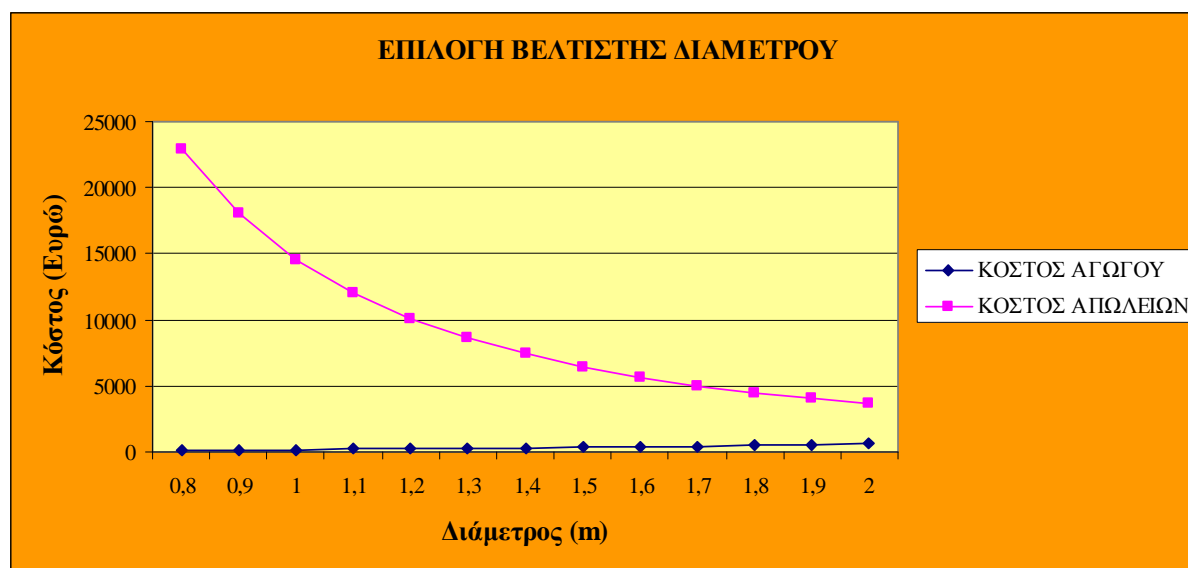
Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται η τιμή του αγωγού ανά μέτρο μήκους, όπως αυτό διαμορφώνεται στο εμπόριο.

Πίνακας 7.7: Κόστος αγωγού

ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΩΓΟΥ	
D (m)	K/m (ευρώ)
2	600
1,9	550
1,8	500
1,7	450
1,6	400
1,5	360
1,4	320
1,3	290
1,2	250
1,1	220
1	190
0,9	155
0,8	122

(Πηγή: <http://www.petzetakis.gr>)

Αν κατασκευάσουμε τις γραφικές παραστάσεις Κόστος Απωλειών Ενέργειας – Διάμετρος και Κόστος Αγωγού – Διάμετρος και τις προσαρμόσουμε στο ίδιο διάγραμμα, το σημείο τομής των δύο καμπυλών που προκύπτουν θα αντιστοιχεί στην βέλτιστη διάμετρο του αγωγού με την οποία επιτυγχάνουμε μεγαλύτερη οικονομία, εξισορροπώντας το κόστος του αγωγού με το κόστος απωλειών ενέργειας.



Διάγραμμα 7.3: Επιλογή βέλτιστης διαμέτρου

Από το διάγραμμα που προκύπτει είναι φανερό ότι οι δύο καμπύλες δεν τέμνονται. Αυτό συμβαίνει γιατί το κόστος του αγωγού κυμαίνεται σε πολύ χαμηλές τιμές. Συνεπώς η βέλτιστη διάμετρος, με βάση οικονομικά κριτήρια, θα είναι αυτή που εξασφαλίζει τις μικρότερες απώλειες ενέργειας, δηλαδή η μεγαλύτερη δυνατή. Στην περίπτωσή μας για κατασκευαστικούς λόγους επιλέγεται διάμετρος 2 m.

7.5 Υπολογισμός Ισχύος Υδροτροβίλων

Η ισχύς κάθε υδροστροβίλου υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$I = n \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (\text{σε KW})$$

Για την τιμή της παροχής Q για την οποία λειτουργεί ο υδροστροβίλος απαιτείται ο υπολογισμός της τιμής του H. Για τον υπολογισμό του H πρέπει να γνωρίζουμε την υψομετρική διαφορά μεταξύ του σημείου υδροληψίας και του σημείου εγκατάστασης. Η υψομετρική διαφορά του υπό μελέτη έργου είναι 100 m.

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.3, παρατηρούμε ότι το άθροισμα των επιμέρους μονάδων ξεπερνά τα 10 MW που είναι το όριο για τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Άρα το υπό μελέτη έργο θα λειτουργεί με μία μονάδα ισχύος $I = 6.304 \text{ KW}$, θα παράγει ενέργεια σε ετήσια βάση $E = I_A \cdot t = 6.304 \cdot 365 \cdot 24 = 55.223.040 \text{ KWh}$ και θα αξιοποιεί παροχή $Q = 7,56 \text{ m}^3/\text{sec}$. Τα ετήσια έσοδα από την πώληση της υδροηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζονται ως γινόμενο της καθαρής παραγόμενης ενέργειας με το εκάστοτε ισχύον

τιμολόγιο αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτό καθορίζεται από το κράτος (Παπαντώνης Δημήτριος, 2001). Επομένως θα είναι:

$$\text{Ετήσια Έσοδα} = 55.223.040 \text{ KWh} \times 0,07 \text{ €KWh} = 3.865.613 \text{ €}$$

$$\text{Ετήσια Κέρδη} = \text{Ετήσια Έσοδα} - \text{Ετήσια Έξοδα}$$

Η διερεύνηση για το πόσες τουρμπίνες είναι η πιο συμφέρουσα επιλογή με οικονομικά κριτήρια, είναι μια σύνθετη διαδικασία που αποτελείται από πολλούς παράγοντες. Έτσι το κόστος μιας μικροϋδροηλεκτρικής μονάδας χωρίζεται στα ακόλουθα τμήματα:

Συνολικό Κόστος = Κόστος Έργων Πολιτικού Μηχανικού + Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού + Κόστος Εγκατάστασης Εξοπλισμού + Κόστος Λειτουργίας + Κόστος Συντήρησης + Κόστος διαθεσιμότητας

Το κόστος των έργων Πολιτικού Μηχανικού είναι το ίδιο είτε χρησιμοποιήσουμε μία τουρμπίνα ή περισσότερες. Τα κόστη τα οποία διαφοροποιούνται είναι αυτά της αγοράς του εξοπλισμού, το κόστος λειτουργίας που περιλαμβάνει το μηχανολογικό και το ηλεκτρολογικό κόστος, το κόστος συντήρησης και το κόστος από τη διαθεσιμότητα του σταθμού. Σε όλα αυτά θα πρέπει να συνυπολογιστεί το ότι ο βαθμός απόδοσης δύο ή περισσότερων υδροστροβίλων είναι μικρότερος από ότι ο βαθμός απόδοσης ενός υδροστροβίλου, και αυτό μεταφράζεται σε οικονομική ζημία. Επίσης θα πρέπει να υπολογιστούν τα κέρδη που προκύπτουν από τη λειτουργία ενός ή περισσότερων εφεδρικών υδροστροβίλων σε περίπτωση βλάβης του ενός.

Γίνεται αντιληπτό ότι η βέλτιστη επιλογή του αριθμού των τουρμπινών είναι μια πολυκριτηριακή διαδικασία, για την οποία χρειαζόμαστε στοιχεία για το κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (υδροστρόβιλοι, αντλιοστάσια, μετασχηματιστές, γεννήτριες κ.λ.π.), το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, αλλά και για τη ζημία από την ενδεχόμενη παύση λειτουργίας του ενός υδροστροβίλου.

7.6 Μελέτη Βιωσιμότητας της Επένδυσης

Για να είναι οικονομικά βιώσιμη η λειτουργία του υδροηλεκτρικού εργοστασίου θα πρέπει τα κέρδη προ φόρων να είναι περισσότερα από τα χρήματα που δαπανούμε κάθε χρόνο και για τα 30 χρόνια που είναι ο χρονικός ορίζοντας της οικονομικής ανάλυσης.

Το συνολικό κόστος κατασκευής του υδροηλεκτρικού εργοστασίου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα κόστη:

- του κύριου μηχανολογικού εξοπλισμού
- του μετασχηματιστή ισχύος
- του πίνακα χαμηλής τάσης, ελέγχου και αυτοματισμού
- του συστήματος τηλεμετάδοσης και τηλεχειρισμού
- λοιπού μηχανολογικού εξοπλισμού
- της κατασκευής κτιρίου για στέγαση των υδροστροβίλων
- των προσπελάσεων
- των αγωγών
- των δοκιμών και της εκπαίδευσης προσωπικού
- των μελετών επίβλεψης
- άλλες δαπάνες και απρόβλεπτα
- της σύνδεσης με τη Δ.Ε.Η.

7.7 Συμπεράσματα

Η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού των χιλιάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορρευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδος συμβάλλει στην υλοποίηση αποκεντρωμένων, αναπτυξιακών μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών πολλαπλής σκοπιμότητας, που μπορούν να λειτουργούν και για την ταυτόχρονη κάλυψη υδρευτικών, αρδευτικών και άλλων τοπικών αναγκών.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόξευξης στο δίκτυο, ή η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής, ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και

λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού (ύδρευσης, άρδευσης, κλπ.), η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις, κ.α.

Ένα μειονέκτημα των Μ.Υ.Η.Ε. αποτελεί το γεγονός ότι η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες όπου οι βροχοπτώσεις είναι συχνές, ενώ η αιχμή της ζήτησης σημειώνεται κατά τους θερινούς μήνες όπου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι δεν γίνεται αποθήκευση ενέργειας στα Μ.Υ.Η.Ε. και το ότι το σύνολο της ενέργειας αποδίδεται στο δίκτυο, εντείνει το πρόβλημα της ενεργειακής αυτονομίας.

Εξ' ορισμού, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, που μπορεί να συμβάλει ακόμη και στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας στα ανάντη των μικρών ταμιευτήρων. Το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.

Η ανάγκη αντικατάστασης των βλαβερών συμβατικών πηγών ενέργειας με ανανεώσιμες, καθιστά τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα μία καθαρή μορφή ενέργειας, όταν αυτή παράγεται κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Για το λόγο αυτό δεν πρέπει να οδηγηθούμε άκριτα σε φαινόμενα εντατικής εκμετάλλευσης του νερού χωρίς όρια, αλλά να τηρούμε τα κριτήρια για την προστασία του περιβάλλοντος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα Μ.Υ.Η.Ε. συντελεί στην ενεργειακή αυτονομία της τοπικής κοινωνίας και, σε μεγάλη κλίμακα και σε συνδυασμό με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αμβλύνει την εξάρτηση της εθνικής οικονομίας και πολιτικής από εξωγενείς παράγοντες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Π-1: Μέσες ημερήσιες παροχές ποταμού Αράχθου στη θέση Άγιος Νικόλαος σε (m³/s) για το υδρολογικό έτος 1989-1990.

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ 1989-1990												
Ημέρα	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.
1	7,40	12,80	34,70	30,40	16,30	15,90	10,60	22,06	21,60	7,00	5,50	6,20
2	7,18	11,80	31,80	29,00	16,30	15,00	10,30	21,32	16,30	6,50	5,50	5,70
3	7,18	11,50	30,40	29,00	15,00	14,50	9,90	20,58	15,00	6,50	5,50	6,20
4	7,18	11,50	29,00	27,10	15,00	14,10	9,60	19,84	16,80	6,50	6,20	6,20
5	7,18	12,80	28,40	25,90	15,00	13,30	9,30	19,10	15,90	6,50	7,20	5,50
6	7,18	23,20	27,10	25,30	15,00	13,30	9,90	18,36	14,10	6,50	6,20	5,50
7	7,18	224,00	25,90	24,70	15,00	13,30	10,30	17,62	12,10	6,50	6,20	5,50
8	8,11	120,00	52,90	25,90	15,00	13,30	10,90	16,88	11,70	6,20	6,20	5,50
9	65,10	75,40	271,00	17,80	14,50	11,30	11,30	16,14	11,70	6,00	6,20	5,50
10	456,00	53,10	148,00	17,80	14,50	11,70	11,70	15,40	10,90	6,20	6,20	5,50
11	200,00	43,80	69,10	16,80	14,50	11,70	33,20	15,57	10,90	6,00	6,50	5,50
12	89,80	39,60	59,30	16,80	15,00	11,70	33,20	15,74	10,90	6,00	6,50	6,20
13	62,50	33,30	54,80	16,80	17,30	11,70	24,70	15,92	10,60	6,00	5,10	6,20
14	44,70	31,90	51,70	16,80	16,80	12,40	20,50	16,09	10,60	6,00	5,10	6,20
15	26,50	30,50	47,60	15,90	16,30	12,40	18,90	16,26	10,60	6,00	5,10	6,20
16	25,90	29,80	46,70	15,90	17,30	12,40	25,30	16,44	9,60	6,00	5,10	5,50
17	24,10	28,40	42,10	15,00	18,30	11,70	19,90	16,61	10,60	6,20	5,10	5,50
18	22,50	28,40	39,50	15,40	16,80	12,10	29,40	16,78	8,60	6,20	5,10	5,50
19	21,40	27,10	37,10	15,40	15,40	12,10	26,00	16,95	8,10	6,20	5,10	5,50
20	18,90	34,10	36,30	15,40	14,50	11,70	41,80	17,13	8,10	6,20	5,10	5,50
21	18,00	35,60	34,00	15,40	14,50	12,10	41,80	17,30	8,10	6,20	5,10	5,50
22	18,00	35,60	34,00	14,10	13,30	11,70	34,00	16,66	8,10	6,20	5,10	5,50
23	18,00	241,00	31,80	14,10	13,30	10,60	34,00	16,01	8,10	6,20	8,10	5,50
24	18,00	141,00	30,40	14,10	12,80	10,90	26,60	15,37	8,10	5,70	8,10	5,50
25	18,00	122,00	30,40	14,10	12,80	10,90	25,30	14,73	7,00	5,70	7,20	5,50
26	18,50	103,00	30,40	14,10	12,80	10,90	26,60	14,09	7,00	6,20	6,70	5,50
27	18,50	75,40	29,00	14,50	12,80	10,60	25,30	13,44	7,00	6,20	6,20	5,50
28	18,50	58,20	30,40	14,50	15,00	10,60	22,80	12,80	7,00	6,20	6,20	6,00
29	15,80	49,30	42,10	15,90		10,60	21,60	13,70	7,00	6,50	6,20	6,20
30	13,90	43,80	36,30	15,90		10,60	22,80	22,20	7,00	5,50	6,20	5,50
31	12,80		30,40	15,90		10,60		24,70		5,50	6,20	
Max	456,00	241,00	271,00	30,40	18,30	15,90	41,80	24,70	21,60	7,00	8,10	6,20
Min	7,18	11,50	25,90	14,10	12,80	10,60	9,30	12,80	7,00	5,50	5,10	5,50
Μέση	42,60	59,60	49,12	18,57	15,04	12,12	21,92	17,15	10,64	6,17	6,00	5,71
Μέση ετήσια παροχή: 22,04 m ³ /s												

Πίνακας Π-2: Μέσες ημερήσιες παροχές ποταμού Αράχθου στη θέση Άγιος Νικόλαος σε (m³/s) για το υδρολογικό έτος 1990-1991.

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ 1990-1991												
Ημέρα	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.
1	5,52	27,10	109,00	44,60	19,40	39,00	61,00	68,50	46,60	15,40	18,00	9,10
2	5,52	19,90	90,90	51,80	19,40	35,60	48,60	62,20	46,60	23,40	18,50	9,10
3	5,52	18,00	69,10	63,40	21,00	39,90	50,70	62,20	42,70	25,30	15,40	10,50
4	5,52	18,90	57,00	50,70	25,70	34,80	50,70	61,00	42,70	29,00	13,50	9,10
5	5,10	34,00	49,60	47,60	30,40	30,90	39,90	63,40	44,60	27,70	13,50	9,10
6	5,10	32,50	217,00	39,00	35,10	30,90	39,00	69,90	44,60	29,90	24,70	9,10
7	4,69	24,10	230,00	39,00	39,80	29,40	69,00	68,50	41,80	23,00	18,90	8,90
8	5,31	32,50	114,00	39,90	44,50	29,40	54,00	65,90	42,70	21,90	13,50	8,40
9	5,31	25,90	95,00	35,60	49,20	30,90	56,20	58,60	46,60	19,40	13,20	7,60
10	5,31	21,90	105,00	34,80	53,90	31,60	52,90	67,20	41,80	20,90	12,80	7,60
11	5,31	21,40	304,00	29,40	58,60	36,50	44,60	127,00	36,50	22,50	11,20	7,60
12	5,31	19,40	325,00	27,30	50,70	35,60	44,60	84,20	39,00	23,00	11,20	7,40
13	5,31	18,90	252,00	28,00	110,00	33,20	87,40	61,00	50,70	20,90	11,20	7,40
14	5,31	20,90	308,00	24,00	98,70	35,60	84,90	61,00	38,20	20,90	10,00	7,40
15	5,31	24,10	235,00	26,00	244,00	37,30	68,50	61,00	35,60	20,90	10,20	7,40
16	5,31	30,40	193,00	25,30	139,00	38,20	59,70	58,60	34,00	23,00	13,50	7,90
17	5,31	48,80	194,00	24,70	146,00	44,60	59,70	116,00	32,40	18,50	13,50	8,40
18	5,31	34,70	176,00	25,30	136,00	44,60	61,00	141,00	31,60	18,50	12,10	11,80
19	5,31	33,20	148,00	22,20	102,00	44,60	82,70	98,10	30,10	18,00	10,80	12,80
20	5,31	32,50	125,00	21,00	89,40	48,60	68,50	74,00	31,10	15,80	11,50	12,50
21	5,31	30,40	120,00	21,00	87,80	46,60	63,40	71,20	29,40	12,50	13,20	12,80
22	5,75	25,90	76,80	28,00	83,30	48,60	81,20	61,00	24,70	14,60	16,70	13,20
23	6,70	25,30	51,80	24,00	75,40	47,60	69,90	59,70	23,40	20,40	14,30	14,60
24	5,31	30,40	57,40	23,40	71,20	50,70	71,20	59,70	20,50	19,40	12,10	17,10
25	5,31	39,50	57,40	24,70	55,10	47,60	63,40	95,30	19,40	16,70	12,10	19,40
26	6,96	32,50	39,90	23,40	55,10	48,60	61,00	77,70	23,40	17,10	9,70	19,90
27	8,05	31,80	41,80	22,20	41,80	47,60	56,20	61,00	24,00	20,40	9,70	15,00
28	7,49	48,60	59,70	22,20	40,80	45,60	64,70	57,40	18,90	13,90	9,79	16,20
29	25,90	47,60	52,90	22,20		50,70	75,40	48,60	18,30	13,50	9,40	15,00
30	91,90	134,00	45,60	20,50		50,70	84,20	47,60	16,80	17,10	9,10	14,30
31	61,20		50,70	18,90		47,60		46,60		20,40	9,10	
Max	9,90	134,00	325,00	63,40	244,00	50,70	87,40	141,00	50,70	29,00	24,70	19,90
Min	4,69	18,00	39,90	18,90	19,40	29,40	39,00	46,60	16,80	12,50	9,10	7,40
Μέση	10,83	32,70	130,66	30,65	72,26	40,75	62,50	71,45	33,92	19,87	12,98	11,22
Μέση ετήσια παροχή: 44,02 m ³ /s												

Πίνακας Π-3: Μέσες ημερήσιες παροχές ποταμού Αράχθου στη θέση Άγιος Νικόλαος σε (m³/s) για το υδρολογικό έτος 1991-1992.

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ 1991-1992												
Ημέρα	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.
1	9,40	14,70	29,10	12,20	19,00	10,50	20,60	33,30	21,10	9,30	7,10	16,00
2	15,40	15,10	27,80	9,00	20,00	8,60	22,80	30,50	22,80	9,30	6,80	25,20
3	15,40	16,00	25,80	8,70	24,60	7,86	22,80	26,50	17,50	9,30	6,40	24,60
4	15,40	17,50	30,50	14,30	26,50	7,40	19,00	22,80	21,10	9,00	6,30	23,20
5	15,40	17,50	29,80	15,60	25,80	6,96	18,00	25,20	20,00	8,70	6,60	22,10
6	14,60	62,30	28,40	14,70	20,00	6,96	20,00	28,40	15,10	8,10	6,70	21,00
7	8,86	49,60	25,20	12,20	21,10	6,96	20,60	24,60	13,40	7,80	6,10	20,00
8	9,40	39,50	20,00	12,20	22,20	7,18	27,10	22,80	11,80	8,10	5,90	19,10
9	9,96	31,80	21,10	12,60	25,80	7,40	28,40	21,10	12,60	7,80	5,80	18,30
10	10,20	31,80	19,00	18,00	27,80	9,70	42,90	22,20	12,60	8,40	5,70	17,60
11	8,35	19,90	24,00	13,80	18,50	10,40	115,00	21,70	11,40	7,50	5,70	17,00
12	6,96	19,90	27,80	11,80	13,40	16,50	76,90	22,80	11,40	7,50	5,70	16,50
13	6,96	20,40	24,00	10,40	14,30	19,00	47,40	22,80	11,40	8,70	5,70	20,00
14	6,96	20,90	21,10	9,00	13,80	17,50	37,10	18,50	11,40	8,10	5,90	14,30
15	6,53	21,40	20,00	9,30	19,00	17,50	31,90	18,50	11,40	8,10	5,90	18,00
16	6,53	21,90	15,10	9,30	21,10	16,50	29,80	18,00	11,40	8,70	5,90	20,00
17	6,53	77,50	17,00	13,00	22,20	16,50	27,10	15,60	11,40	7,20	5,70	16,50
18	17,00	127,00	18,50	12,20	20,60	18,50	46,50	14,70	13,40	6,70	6,40	17,50
19	15,10	49,60	20,60	11,10	17,00	20,60	141,00	26,50	15,60	6,70	5,70	12,00
20	14,70	31,10	21,70	12,20	22,20	10,40	118,00	33,30	12,20	6,40	5,40	9,00
21	89,70	25,90	20,00	16,50	22,20	9,00	76,60	27,80	11,40	5,90	9,00	6,70
22	60,60	24,10	18,00	16,50	22,20	9,30	57,20	21,10	9,70	5,90	6,90	6,20
23	37,90	23,60	14,70	14,30	20,60	8,10	48,30	19,50	9,70	5,90	6,90	6,20
24	26,50	28,40	14,30	13,80	18,50	8,40	47,40	18,00	11,40	6,20	5,90	5,90
25	29,50	90,90	14,30	12,20	18,00	10,00	45,60	21,70	13,40	6,20	7,20	7,20
26	17,50	74,20	13,40	11,40	15,40	10,40	38,70	37,10	15,10	7,50	6,90	6,20
27	17,50	56,20	12,60	10,70	14,60	13,00	34,80	47,40	17,50	7,20	10,70	6,20
28	14,30	50,20	10,70	21,70	13,20	18,00	31,20	31,10	11,40	6,90	10,40	6,40
29	13,40	37,90	10,70	21,10	3,97	26,50	25,20	24,60	9,70	6,90	9,00	6,40
30	13,40	36,40	10,40	19,50		21,10	31,90	20,60	9,30	7,60	6,90	6,40
31	14,30		9,70	17,50		19,50		20,60		6,90	10,00	
Max	89,70	127,00	30,50	21,70	27,80	26,50	141,00	47,40	22,80	9,30	10,70	25,20
Min	6,53	14,70	9,70	8,70	3,97	9,96	18,00	14,70	9,30	5,90	5,40	5,90
Μέση	17,56	38,44	19,85	13,45	19,43	12,78	44,99	24,49	13,59	7,56	6,81	14,39
Μέση ετήσια παροχή: 19,35 m ³ /s												

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική:

Δουρίδης, Π. Χ., 2006. «*Ανάπτυξη συστήματος πληροφοριών για τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα στην ελληνική επικράτεια*». Ε.Μ.Π., Μεταπτυχιακή εργασία, Αθήνα.

Μπέλλος, Κ., 2002. «*Στοιχεία Τεχνικής Υδρολογίας*». Δ.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Ξάνθη.

Μπέλλος, Κ., 2000. «*Υδροδυναμικά Έργα*». Δ.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Ξάνθη.

Παπαντώνης, Δ., 2001. «*Μικρά υδροηλεκτρικά έργα*». ΕΜΠ, Αθήνα.

Σακκάς, Ι., 2004. «*Τεχνική Υδρολογία*», Τόμος 1: *Υδρολογία επιφανειακών υδάτων*. Εκδόσεις Αιβάζη, Θεσσαλονίκη.

Σιούτη, Π. Γλ., 1993. *Δίκαιο Περιβάλλοντος*. Εκδόσεις Αντ. Ν. Σάκκουλα, Αθήνα.

Σούλης, Ι. Β., 1995. «*Υδραυλικαί Στροβιλομηχαναί*», Πρώτος Τόμος, Εκδόσεις Αιβάζη, Ξάνθη.

Σούλης, Ι. Β., 1995. «*Υδραυλική Κλειστών Αγωγών*», Εκδόσεις Αιβάζη, Ξάνθη.

Σούλης, Ι. Β., 1994. «*Μικρά Υδροδυναμικά Έργα*». Δ.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Ξάνθη.

Τσακίρης, Γ., 1995. «*Τεχνική Υδρολογία*», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Χατζημπίρος, Κ., 2007. «*Οικολογία. Οικοσυστήματα και Προστασία του Περιβάλλοντος*», Γ' Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Χρυσάνθου, Βλ., 2000. «*Υδροδυναμικά Έργα*». Δ.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Ξάνθη.

Ξένη:

Andaroodi, M., “*Standardization of Civil Engineering Works of Small Hydropower Plants*”. Presentation, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 2005.

ESHA, “*Layman’s Guidebook on How to Develop a Small Hydro Site*”, 2nd Edition, 1998.

Ramos, H., Betamio, A., “*Small Hydropower Schemes as an Important Renewable Energy Source*”, HIDROENERGIA'99 - Int. Conf. on Small and Medium Hydropower, Vienna, Austria, 1999

Δικτυακοί Τόποι

www.answers.com/topic/kaplan-turbine

www.ansys.com/industries/tm-water-turbines.asp

www.canhydropower.org

www.cres.gr

www.cres.gr/kape/pdf/press/MYD_KAPE.pdf

www.dsa.gr

www.ecoway.com

www.eere.energy.gov/RE/hydropower.html

www.eia.doe.gov/oiaf/ieo98/hydro.html

www.energolab.gr

www.energotech.com

www.Energy.Saving.nu.com

www.epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/

www.esru.strath.ac.uk

www.europa.eu

www.fluid.mech.ntua.gr

www.geocities.com

www.geocities.com/imarinakis_aeolianenergy/

www.greenpeace.org

www.hydro.org

www.hydroenergy.gr

<http://www.hydrogeneration.co.uk>

<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/technologia.htm>

<http://sfrang.com/historia/selida625.htm>
www.hydropower-dams.com/ansum.html
www.hydropower.inel.gov/more.html
www.hydropower.inel.gov/facts/costs-graphs.html
www.hydrosolarenergy.gr
www.in.gr
www.library.tee.gr
www.microhydropower.com
<http://www.petzetakis.gr>
www.power-technology.com/projects/ertan/
www.pramanta.gr/t/potamia.htm
www.rae.gr
www.reneable.com
www.small-hydro.com
www.statistics.gr
www.toshiba.co.jp
www.turbogen-engineering.com
www.waterpowermagazine.com
www.wikipedia.com
www.ypan.gr

Εγχειρίδια

Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες

Υπηρεσίες

Δήμος Αγνάντων

Δήμος Πραμάντων

Ι.Γ.Μ.Ε. Περιφερειακή Μονάδα Ηπείρου

Υπουργείο Ανάπτυξης (2005), Οδηγός Ενεργειακών Επενδύσεων, Αθήνα

Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Υ.Π.Ε.ΧΩ.ΔΕ.)

Άλλες Πηγές

Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας