



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών
Σπουδών
«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***«ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ
ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ
ΝΕΡΟΜΥΛΟΥ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»***

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Σταμέλου Αντωνίου

Επιβλέπων

Παπαντώνης Δημήτριος, Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων
Μηχανικών

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2016

Ευχαριστώ τον κ. Παπαντώνη για την πολύτιμη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επίσης τον κ. Γιάννη Κασσάνο για τις συμβουλές του και τη βοήθεια που μου έδωσε.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξη που μου παρείχε στα δυο έτη που διήρκησε το μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ABSTRACT	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΑΝ ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΙΝΗΣ ΕΠΟΧΗΣ.....	12
1.1 Η κατάσταση στον κόσμο και την Ευρώπη	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	17
2.1 Γενικά.....	17
2.2 Υδροηλεκτρικά Έργα.....	17
2.3 Δυναμικό και Παραγωγή Υδραυλικής Ενέργειας στην Ελλάδα	20
2.4 Η Υδραυλική ενέργεια στην Ε.Ε.	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΚΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	25
3.1 Υδροστρόβιλοι.....	25
3.1.1 Γενικά περί υδροστροβίλων	25
3.1.2 Υδροστρόβιλοι Δράσεως.....	25
3.1.2.1 Υδροστρόβιλος Pelton.....	26
3.1.2.2 Υδροστρόβιλος Turgo	27
3.1.3 Υδροστρόβιλοι Αντιδράσεως	28

3.1.3.1 Υδροστρόβιλος Francis	29
3.1.3.2 Υδροστρόβιλος Kaplan.....	31
3.1.4 Επιλογή Τύπου Υδροστροβίλου	32
3.2 Γεννήτριες	33
3.2.1 Συνήθεις τύποι γεννητριών.....	33
3.2.2 Επιλογή τύπου γεννήτριας.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο MICRO-RICO ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	35
4.1 Ορισμός των micro - pico υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων	35
4.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση pico υδροηλεκτρικών έργων ανά τον κόσμο.....	36
4.2.1 Το παράδειγμα του χωριού Mae Wei , Ταϊλάνδη	36
4.3 Τα παραδείγματα της περιοχής Thima και Kathambra, στην Κένυα	38
4.4 Το παράδειγμα του Νεπάλ	39
4.5 Το παράδειγμα της Μεγάλης Βρετανίας.....	40
4.5.1 Το παράδειγμα του Settle Hydro	41
4.6 Πρακτικό παράδειγμα επιτυχούς συνεταιρισμού μικρού υδροηλεκτρικού έργου	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο.....	43
5.1 Εισαγωγή.....	43
5.2 Γενική διάταξη υδρόμυλων.....	44
5.3 Τεχνικός σχεδιασμός για αποκατάσταση Υδρόμυλων	44
5.4 Τεχνικές δράσεις επαναλειτουργίας	45
5.4.1 Επισκευή συστήματος προσαγωγής νερού.....	45
5.4.2 Επιδιόρθωση ή αντικατάσταση του υδραυλικού τροχού	46
5.5 Εγκατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού	47
5.5.1 Μηχανική μετάδοση ισχύος	47
5.5.2 Εξοπλισμός για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ	51
6.1	Γενικά.....	51
6.2	Βασικές έννοιες της οικονομικής ανάλυσης	51
6.3	Κριτήρια αξιολόγησης	52
6.3.1	Κόστος παραγόμενης μονάδας ενέργειας.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο	ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΥΔΡΟΜΥΛΟΥ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΩ ΓΙΑΝΝΑΙΟΥΣ , ΑΡΚΑΔΙΑΣ	54
7.1	Γενικά.....	54
7.2	Η Ιστορία του νερόμυλου Μωρογιάννη.....	55
7.3	Νομοθετικό πλαίσιο Ελλάδος	56
7.3.1	Γενικά.....	56
7.3.2	Νομοθεσίες σχετικά με Υδροηλεκτρικά έργα	60
7.4	Διατήρηση οικολογικής παροχής	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο	ΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΟΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΗΕ.....	62
8.1	Προϋπολογισμός του έργου	63
8.2	Τα οικονομικά χαρακτηριστικά του έργου	64
8.3	Έσοδα έργου.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο	ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΡΙΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ ΣΤΟ ΜΥΛΟ ΜΩΡΟΓΙΑΝΝΗ. 65	
9.1	Μεθοδολογία μελέτης.....	65
9.2	Παροχή υδατορέματος	65
9.3	Παροχή Συντήρησης.....	67
9.4	Καμπύλη διάρκειας παροχής.....	68
9.5	Επιλογή υδροστροβίλου και γεννήτριας.....	70
9.5.1	Υδροστρόβιλος	70
9.5.2	Επιλογή ασύγχρονης γεννήτριας	72

9.6 Καμπύλη διάρκειας ισχύος & υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	76
10.1 Κόστος έργου ανακατασκευής μύλου Μωρογιάννη.....	76
10.1.1 Αρχικό και ετήσιο κόστος εγκατάστασης	76
10.1.2 Τα έσοδα του έργου.	78
10.2 Σενάρια για εκτίμηση τελικής χρηματοροής.....	79
10.2.1 Σενάριο 1ο : Η επένδυση πραγματοποιείται χωρίς καμία λήψη δανείου ή επιχορήγησης	79
10.2.2 Σενάριο 2ο :Η επένδυση πραγματοποιείται με την στήριξη από κρατική χρηματοδότηση.....	80
10.2.3 Σενάριο 3ο : Η επένδυση πραγματοποιείται με την στήριξη της κρατικής χρηματοδότησης , με επαυξημένο το κόστος συντήρησης και λειτουργίας κατά +30%	81
10.2.4 Σενάριο 4ο : Η επένδυση πραγματοποιείται με στήριξη από κρατική χρηματοδότηση και εξέταση ευαισθησίας σε πτώση της τιμής πώλησης του ρεύματος.	82
10.3 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από τα υποθετικά σενάρια.....	83
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	84
Βιβλιογραφία	85

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1 Συνοπτική επισκόπηση μορφών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	13
Διάγραμμα 1.2 Παγκόσμια κατανάλωση ενεργείας από το 1965 έως το 2014	13
Διάγραμμα 1.3 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ, ποσοστιαία από το ποσοστό κατανάλωσης.....	16
Διάγραμμα 2.1 Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος παραγόμενη ενέργειας.....	19
Διάγραμμα 2.2 Κατανάλωση ενέργειας ανά είδος παραγόμενης ενέργειας στην Ελλάδα.....	19
Διάγραμμα 3.1 Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Pelton.....	27
Διάγραμμα 3.2 Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου για δεδομένη παροχή και καθαρό υδραυλικό ύψος.....	28

Διάγραμμα 3.3 Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Francis	30
Διάγραμμα 3.4 Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Kaplan.....	32
Διάγραμμα 3.6 Κατηγοριοποίηση υδροστροβίλων με βάση το αξιοποιήσιμο υδραυλικό ύψος..	33
Διάγραμμα 4.1 Ποσοστό ιδιοκτησίας στα διάφορα μικρουδρολεκτρικά έργα στην Μ. Βρετανία	42
Διάγραμμα 5.1 ζεύγος τροχαλιών που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ροπής στην ηλεκτρική γεννήτρια για την περίπτωση ενός υδρόμυλου με τροχό κατακόρυφου άξονα.....	50
Διάγραμμα 9.1 Παροχές υδατορεύματος για 10 χρόνια.....	66
Διάγραμμα 9.2 Παροχές υδατορεύματος χωρίς τη συντήρηση	68
Διάγραμμα 9.3 Καμπύλη Διάρκειας Παροχής.....	70
Διάγραμμα 9.4 Καμπύλη διάρκειας φορτίου.....	74
Διάγραμμα 9.5 Καμπύλες παροχής.....	74

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Χάρτης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε σύγκριση με την κατανάλωση ενέργειας κάθε χώρας	15
Εικόνα 1.2 Παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου αναλογικά με την ένταση της ενεργειακής κατανάλωσης.....	15
Εικόνα 2.1 Υδατικά διαμερίσματα Ελλάδας	20
Εικόνα 2.2 Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (MW) μονάδων	22
Εικόνα 2.3 Υδροηλεκτρικό έργο στην Νορβηγία	24
Εικόνα 2.4 Υδροηλεκτρικά έργα στην Νορβηγία.....	24
Εικόνα 3.1 Υδροστροβίλος Pelton	26
Εικόνα 3.2 Υδροστροβίλος Turgo.....	28
Εικόνα 3.3 Υδροστροβίλος Francis.....	30
Εικόνα 3.4 Υδροστροβίλος Kaplan.....	31
Εικόνα 3.5 Τριφασικός επαγωγικός κινητήρας.....	35

Εικόνα 4.1 Ο υδροστρόβιλος στο χωριό Mae Wei	37
Εικόνα 4.2 Ο υδροστρόβιλος στο χωριό Thima.....	38
Εικόνα 4.3 Ο υδροστρόβιλος στο χωριό Kathamba.....	39
Εικόνα 4.4 Κάτωψη διανομής ηλεκτρικού ρευμάτος για την τροφοδότηση σχολικού χώρου	40
Εικόνα 4.5 Ποσοστιαία κατανομή των υδροηλεκτρικών έργων σύμφωνα με την ισχύς τους.....	40
Εικόνα 4.6 Ο υδροστρόβιλος στο Settle,UK. Φαίνεται ο κοχλίας του Αρχιμήδη	41
Εικόνα 4.7 Ιστορικός νερόμυλος Wassermuhle Karoxbeustel (Verein)	43
Εικόνα 5.1 Παραδοσιακός ξύλινος υδροτροχός	45
Εικόνα 5.2 Πύλη προσαγωγής σε ανοιχτό κανάλι με a) χειροκίνητο και b) ηλεκτροκίνητο θυρόφραγμα	46
Εικόνα 5.3 Διάφοροι τύποι υδραυλικού τροχού κατακόρυφου άξονα Ο τροχός είναι παρόμοιος με σύγχρονους υδροστρόβιλους Turgo(σύμφωνα με B. Moog, 1994)	47
Εικόνα 5.4 Μηχανική μετάδοση κίνηση με τροχαλία μάντα [29]	48
Εικόνα 5.5 Διάταξη συστήματος τροχαλιών και ηλεκτρικής γεννήτρια σε τροχό οριζόντιου άξονα όσο ο υδρόμυλος παραμένει σε λειτουργία	48
Εικόνα 5.6 Μηχανική μετάδοση ισχύος με κιβώτιο ταχυτήτων	49
Εικόνα 7.1 Υφιστάμενος υδροτροχός στο μύλο Μωρογιάννη	55
Εικόνα 7.2 Κτίριο μύλου Μωρόγιαννη	56
Εικόνα 8.1 Εκτίμηση κατανομής κόστους ανάλογα το είδος της εργασίας	63

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Επιφάνεια υδατικών διαμερισμάτων Ελλάδας.....	21
Πίνακας 2.2 Μεγάλα και μικρά Υδροηλεκτρικά έργα της Δ.Ε.Η. στην Ελλάδα	21
Πίνακας 3.1 Κατηγοριοποίηση υδροστροβίλων	25
Πίνακας 4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων στις κοινότητες Thima και Kathamba	38
Πίνακας 7.1 Νομοι που αφορούν τις ΑΠΕ	60

Πίνακας 7.2 Νομοθεσίες που αφορούν τα υδροηλεκτρικά έργα	61
Πίνακας 9.1 Παροχές υδατορεύματος.....	66
Πίνακας 9.2 Παροχές χωρίς τη συντήρηση	67
Πίνακας 9.3 Ελάχιστη και μέγιστη παροχή υδατορεύματος	68
Πίνακας 9.4 Βήματα για τον υπολογισμό του κανονικού σημείου παροχής.....	69
Πίνακας 9.5 Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας	74
Πίνακας 9.6 Υπολογισμός βαθμού αξιοποίησης.....	75
Πίνακας 10.1 Αρχικό κόστος έργου.....	77
Πίνακας 10.2 Τα ετήσια κόστη του έργου.....	78
Πίνακας 10.3 Χρηματοροη – Σενάριο 1 ^ο	79
Πίνακας 10.4 Χρηματοροη – Σενάριο 2 ^ο	81
Πίνακας 10.5 Χρηματοροη – Σενάριο 3 ^ο	81
Πίνακας 10.6 Χρηματοροη – Σενάριο 4 ^ο	82
Πίνακας 10.7 Σύνοψη αποτελεσμάτων	83

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο να εξετάσει την οικονομική βιωσιμότητα ενός pico- υδροηλεκτρικού έργου στην περιοχή των Κάτω Γιανναίων, Αρκαδίας. Η ιδιαιτερότητα του συγκεκριμένου έργου είναι ότι θα αποτελέσει ανακατασκευή ενός παραδοσιακού νερόμυλου. Η ανάπτυξη τέτοιων έργων θα συμβάλει στην ανάπτυξη των τοπικών κοινωνιών και στην αναβίωση των παραδοσιακών νερόμυλων, που αποτελούν πολιτιστική κληρονομιά του τόπου μας. Νερόμυλοι που θα μπορούν να αξιοποιηθούν για επισκέψεις από σχολεία, σαν μουσεία και να συνδέουν το χτες με το σήμερα. Τέλος παρατίθενται επιτυχημένα τέτοια μοντέλα ανά τον κόσμο που είτε βοηθούσαν στην ηλεκτροπαραγωγή απομονωμένων περιοχών, είτε ξαναέφεραν σε λειτουργία και στο επίκεντρο των τοπικών κοινωνιών τα υδροηλεκτρικά έργα. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να αποτελέσουν παράδειγμα για μια αντίστοιχη ανάπτυξη και στην Ελλάδα.

ABSTRACT

This diploma thesis has as goal to study the economic viability of a pico-hydroelectric at the region of Kato Giannaion, Arkadias. The particularity of this pico-hydroelectric is that it will be a reconstruction of a traditional watermill.

The development of such works will contribute to the economic growth of the local societies and to the rebirth of traditional watermills which are a part of the cultural heritage of our country. Those watermills could be utilized as museums which will connect the past with the present for school visits.

Finally, successful models of such constructions around the world are described. Those models serve as an example works that either helped in the production of electric energy in isolated areas or reestablished the operation of hydroelectric power plants and made them the center of the local societies. Such models can be set as examples of similar development in Greece.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και γενικά το ζήτημα της διαχείρισης των πηγών ενέργειας είναι ίσως το σημαντικότερο πρόβλημα της εποχής μας. Η συνεχόμενη αύξηση της ενεργειακής ζήτησης έχει βάλει το θέμα αυτό στο κέντρο της προσοχής. Βασικές παράμετροι που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας και επηρεάζουν την ενεργειακή πολιτική που ακολουθείται σε κρατικό και διεθνές επίπεδο, αποτελούν η διαθεσιμότητα ορυκτών καυσίμων, το κόστος παραγωγής ενέργειας και η προστασία του περιβάλλοντος. Το πρόβλημα φαίνεται να εντείνεται συνεχώς με την αύξηση του ανταγωνισμού και την ανάγκη για πιο οικονομική και αποδοτική εκμετάλλευση των παραγωγικών πόρων. Επίσης η ανάπτυξη χωρών όπως η Κίνα, η Ινδία τα τελευταία χρόνια ανέβασε απότομα την απαίτηση για ηλεκτρική ενέργεια αλλά και αύξηση του ανταγωνισμού των ευρύτερων δυνάμεων για την κατοχή και μοίρασμα των πρώτων υλών.

Μία τάση που κερδίζει αργά αλλά σταθερά έδαφος είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Σημαντικό μέρος αυτής της προσπάθειας καταλαμβάνουν τα Υδροηλεκτρικά Έργα που χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας το νερό. Η υδραυλική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την παραγωγή μηχανικού έργου σε υδροτριβεία, νερόμυλους, κλωστοϋφαντουργεία και πριονιστήρια ξυλείας στις μέρες μας όμως χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, γι' αυτό τον λόγο ονομάζεται πλέον υδροηλεκτρική ενέργεια.

Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση για την εκμετάλλευση όλων των δυνατών πηγών είναι η μετατροπή παραδοσιακών νερόμυλων, που έχουν παύσει την λειτουργία τους, σε πολύ μικρά (ή pico) υδροηλεκτρικά έργα. Τα βασικά πλεονεκτήματα, που θα αναλυθούν και παρακάτω, είναι η παραγωγή ενέργειας με χαμηλό κόστος, με το «καύσιμο»-νερό δεν εξαντλείται (όπως τα ορυκτά καύσιμα) αφού η φυσική διαδικασία αναπλήρωσης του είναι σχετικά γρήγορη. Επιπλέον μπορούν να τροφοδοτήσουν μέρος ενός χωριού, που είναι μη-διασυνδεδεμένο, για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Για παράδειγμα ένα σχολικό συγκρότημα θα μπορούσε να παίρνει την απαιτούμενη γι' αυτό ενέργεια από τέτοιου είδους έργα.

Το παράδειγμα του μύλου Μορωγιάννη στους Κ. Γιανναίους, Αρκαδίας, θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διπλωματική ως πρότυπος νερόμυλος για τέτοιου είδους εφαρμογή.

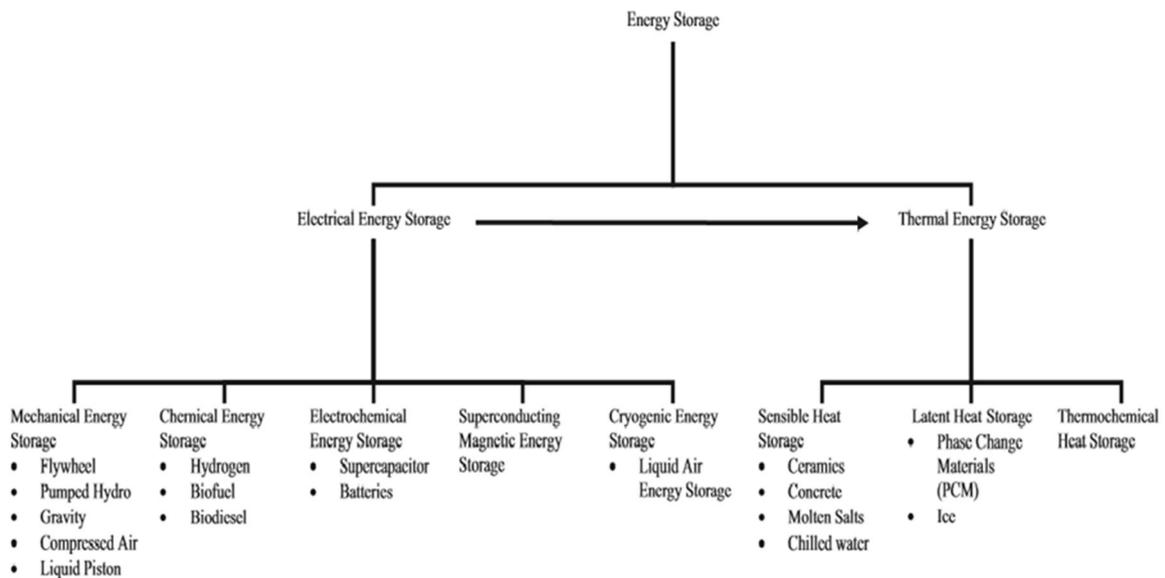
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΑΝ ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΙΝΗΣ ΕΠΟΧΗΣ.

Η ενέργεια σήμερα, η παραγωγή και η διαχείριση της αποτελεί ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα ανά τον κόσμο. Αυτό φαίνεται τόσο από πολλές μελέτες, αρθρογραφία, όσο και καθημερινές κουβέντες. Επίσης η έκταση του ζητήματος φανερώνεται ακόμα περισσότερους με τους περιφερειακούς πολέμους που κατά κύριο λόγο διεξάγονται για τις πηγές ενέργειας (κύρια το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο), όσο και για τους δρόμους ενέργειας. Ο λόγος είναι ότι η ενέργεια, άρα και ότι αυτό συνεπάγεται, είναι απαραίτητη για κάθε μικρή ή μεγαλύτερη πράξη της ανθρώπινης κοινωνίας. Ξεκινώντας από την ίδια την παραγωγή μηχανημάτων, νέων προϊόντων μέχρι για την κατασκευή όπλων. Από την απλή οικιακή χρήση μέχρι εργαστήρια πειραμάτων. Έτσι γίνεται κατανοητό ότι το «παιχνίδι» που έχει στηθεί γύρω από την παραγωγή και διαχείριση της ενέργειας περιλαμβάνει πολλούς μεγάλους «παίχτες», κρύβονται από πίσω του μεγάλες πολυεθνικές εταιρίες που προσπαθούν να διασφαλίσουν φτηνή ενέργεια για να έχουν το μέγιστο δυνατόν κέρδος. Βέβαια η παραγωγή και διαχείριση ενέργειας έχει άμεση επίπτωση στο περιβάλλον, όσο και στην ποιότητα ζωής της τωρινής γενιάς, όσο και της επόμενης (βλ. φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Σε αυτή την κατεύθυνση υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια πρωτοβουλίες που βάζουν στο κάδρο την αξιοποίηση των ΑΠΕ, που ακόμα αποτελούν μικρό (σχετικά) ποσοστό της παγκόσμια παραγωγής. Το σημαντικότερο πρόβλημα των ΑΠΕ βρίσκεται στην ασταθή παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, αφού εξαρτάται από τα καιρικά φαινόμενα, όσο και την αποθήκευση της.

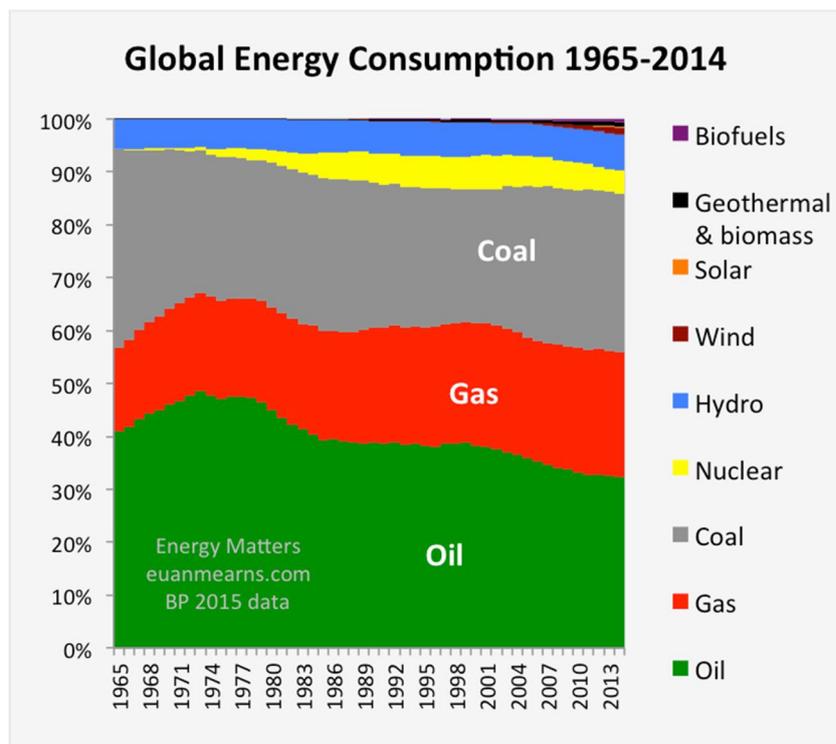
Όσο αφορά την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ νέες τεχνολογίες έρχονται να βοηθήσουν. Τέτοιες ενδεικτικά είναι μπαταρίες, οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου, συστήματα πεπιεσμένου αέρα. Το παρακάτω διάγραμμα 1.1 δείχνει κάποιες από αυτές, κατατάσσοντας τις σύμφωνα με τη κατηγορία ενέργεια αποθηκεύουμε.



Διάγραμμα 1.1 Συνοπτική επισκόπηση μορφών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας [1]

1.1 Η κατάσταση στον κόσμο και την Ευρώπη

Σήμερα η κατάσταση, σε ότι αφορά τις πηγές ενέργειας, χαρακτηρίζεται ακόμα από την κυριαρχία των ορυκτών καυσίμων. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.2 η ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια. Όμως ακόμα παραμένει συνολικά λίγο πάνω από το 10% της παγκόσμια κατανάλωσης.

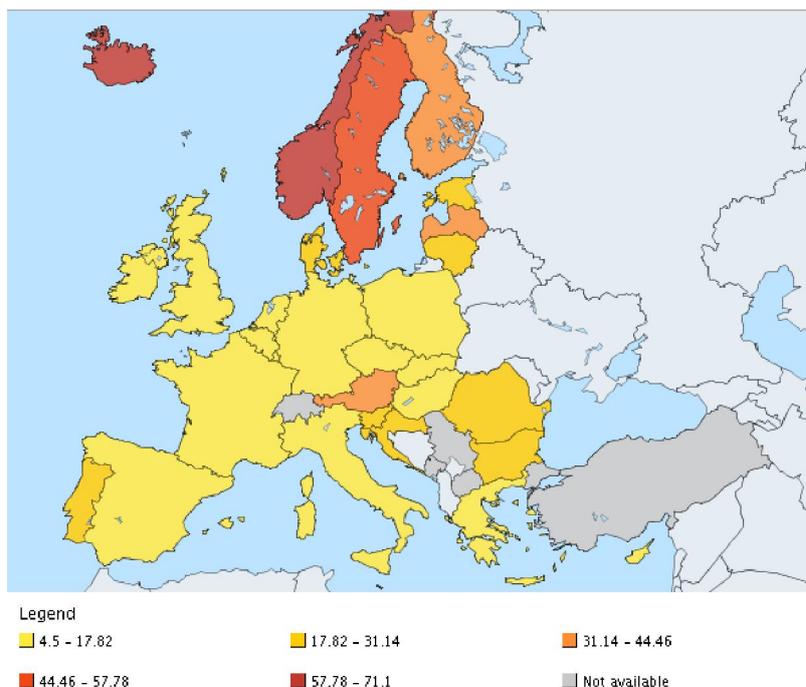


Διάγραμμα 1.2 Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από το 1965 έως το 2014 [2]

Οι χώρες της Ευρώπης, και ειδικότερα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα τελευταία χρόνια έχουν στρέψει περισσότερο την προσοχή τους στις ΑΠΕ. Οι πιο διαδεδομένες ΑΠΕ στην Ε.Ε. αποτελούν τα αιολικά πάρκα και τα υδροηλεκτρικά έργα. Αυτή η στροφή έρχεται να εξυπηρετήσει δύο κυρίως σκοπούς. Αρχικά να μεγαλώσει η ανεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, αφού η πλειοψηφία των ορυκτών καυσίμων δεν βρίσκεται εντός Ε.Ε. αλλά σε άλλες χώρες, πχ Σαουδική Αραβία, Ιράκ. Επομένως η εξάρτηση που δημιουργείται ανάμεσα σε αυτές τις χώρες, παράλληλα με τις μεταβολές στις τιμές, που μπορεί να είναι απότομες, χρειάζεται να μειωθούν στο ελάχιστο. Δεύτερος λόγος αποτελεί η προσπάθεια μείωσης εκπομπής των αέριων ρύπων. Ο στόχος και εδώ είναι διπλός. Από την μία καθαρότερο περιβάλλον, για την τωρινή γενιά – όσο και για τις επόμενες. Από την άλλη οι χώρες δεσμεύονται από τις παγκόσμιες συμφωνίες (βλ. συμφωνία του Κιότο). Τυχόν υπέρβαση αυτών των ορίων σημαίνει άμεση οικονομική επιβάρυνση.

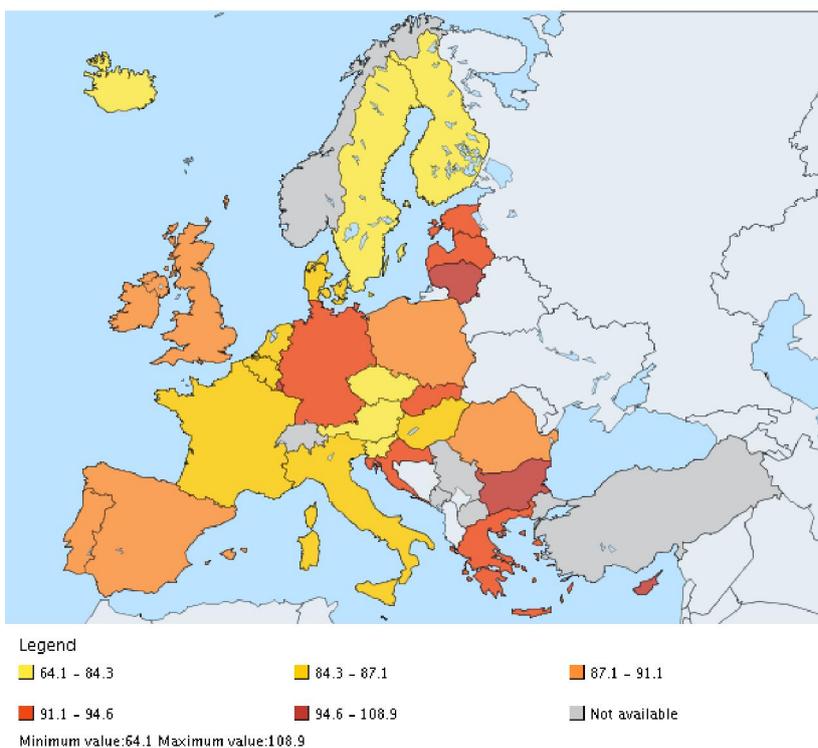
Μέσα στην Ε.Ε. η κατάσταση όμως δεν είναι ίδια παντού. Κάποιες χώρες είναι πρωτοπόρες στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, όπως η Νορβηγία και η Ισλανδία με ποσοστά που ξεπερνάνε το 90% (διάγραμμα 1.3), ενώ η Ελλάδα με ποσοστό περίπου 23% είναι κάτω από τον μέσο όρο των 28 χωρών της Ε.Ε (27%). Βέβαια αν και αυτό είναι ένα ενδεικτικό στατιστικό, δεν λέει όλη την αλήθεια, καθώς η τεχνολογική ανάπτυξη κάθε χώρας εξαρτάται από τους διαθέσιμους πόρους στο έδαφος της. Έτσι η Ελλάδα, που παραδοσιακά βασίζεται στα μεγάλα λιγνιτωρυχεία, θα χρειάζεται μεγαλύτερο διάστημα για να εναρμονιστεί με άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Από την αντίθετη μεριά, χώρες όπως η Ισλανδία (που έχουν και μικρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας), μπορούν να ανταπεξέλθουν με συστήματα πχ γεωθερμία, που πάλι είναι προσοδοφόρα λόγω του αντίστοιχου υπεδάφους.

Η συνεισφορά των ΑΠΕ στην προσπάθεια μείωσης των ρύπων είναι πολύ σημαντική. Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος μπορούμε να συγκρίνουμε από τα στοιχεία της Eurostat από τα παρακάτω διαγράμματα και χάρτες (εικόνες 1.1,1.2,1.3). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Νορβηγία, στην οποία, όπως αναφέραμε παραπάνω, σχεδόν όλη η ηλεκτροπαραγωγή βασίζεται σε ΑΠΕ. Όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.2, η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου στη Νορβηγία είναι σχεδόν μηδενική. Αντίθετα η Ελλάδα που έχει κάτω από 25% παραγωγή από ΑΠΕ, κατατάσσεται στις χώρες με υψηλή εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου.



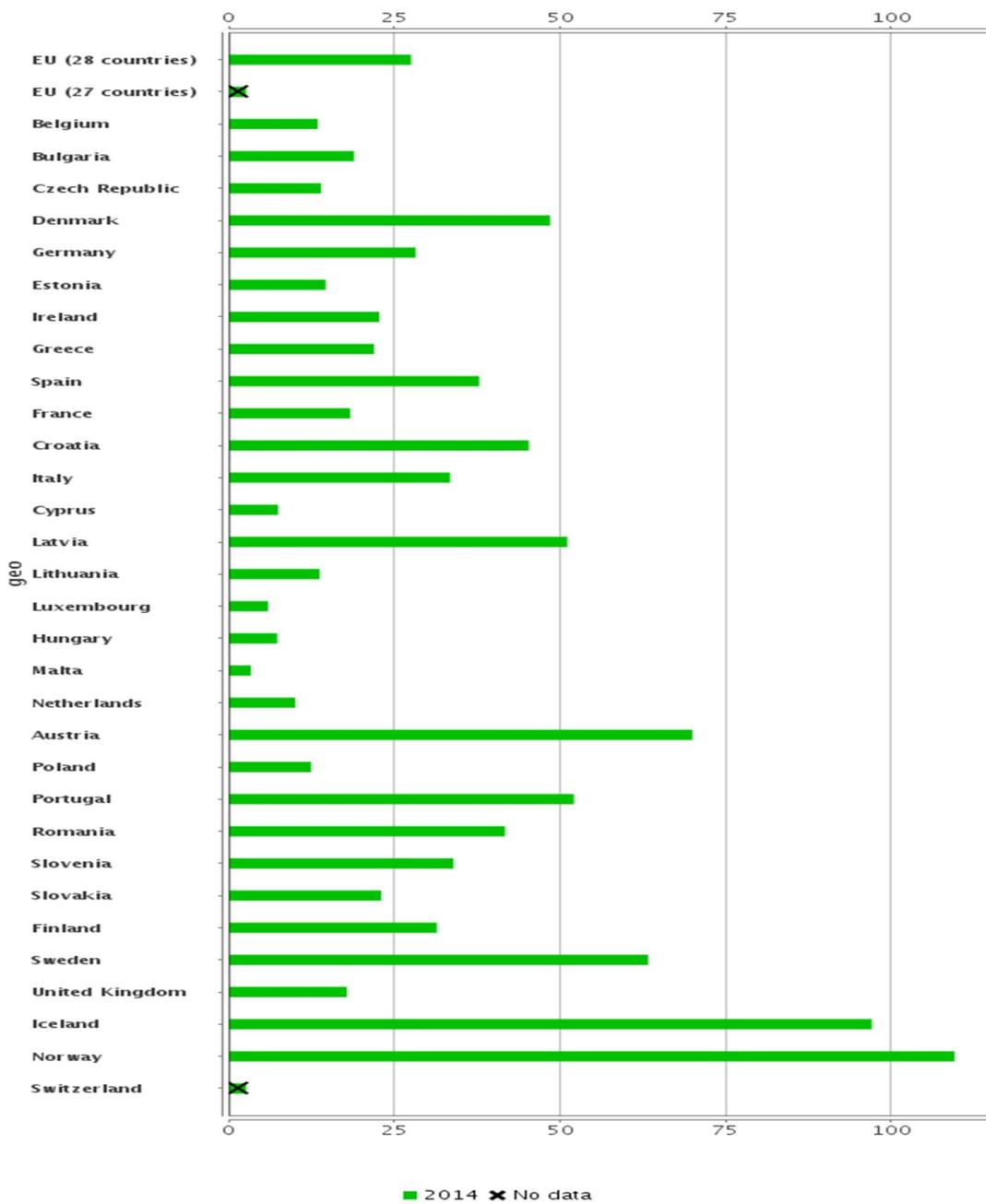
Εικόνα 1.1 Χάρτης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε σύγκριση με την κατανάλωση ενέργειας κάθε χώρας [3]

Greenhouse gas emissions intensity of energy consumption
 Index (2000 = 100) - 2014



Εικόνα 1.2 Παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου αναλογικά με την ένταση της ενεργειακής κατανάλωσης [3]

**Electricity generated from renewable sources
% of gross electricity consumption**



Διάγραμμα 1.3 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ, ποσοστιαία από το ποσοστό κατανάλωσης [3]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 Γενικά

Η Υδραυλική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας που δημιουργείται από την κατάσταση που βρίσκεται το νερό στην φύση. Η ροή των ποταμών εμπερικλείει κινητική ενέργεια, ενώ η πτώσεις νερού από ύψος έχουν δυναμική ενέργεια. Η ενέργεια που περικλείει το νερό μπορεί να μετατραπεί σε έργο κάτω από κατάλληλες συνθήκες.

Η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε έργο ήταν γνωστή από πολύ παλιά και μπορεί να χρονολογηθεί, σύμφωνα με μελέτες, από την εποχή ανάπτυξης του αρχαίου Κινέζικου Πολιτισμού.

Το μέσον που χρησιμοποιήθηκε για αυτήν την μετατροπή ήταν αρχικά ο υδροτροχός, ο οποίος κατασκευαζόταν από ελαφρά υλικά και έφερε πτερύγια στην περίμετρο του, τα οποία, δεχόμενα την πίεση του νερού, έδιναν περιστροφή στον τροχό. Με αυτόν τον τρόπο λειτουργούσαν οι υδρόμυλοι. Υπάρχουν ακόμη αρκετοί παραδοσιακοί νερόμυλοι στην Ελλάδα.

Σήμερα, με την εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, ο παλιός υδροτροχός του νερόμυλου έχει μετεξελιχθεί στον υδροστρόβιλο του υδροηλεκτρικού σταθμού. Επίσης, επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας του νερού με την δημιουργία τεχνητών λιμνών, των οποίων η στάθμη ανέρχεται και το επιθυμητό ύψος καθορίζεται με κατασκευή κατάλληλου φράγματος.

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια.

Στο πρώτο στάδιο, μετατρέπεται η υδραυλική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια δίνοντας περιστροφή στον άξονα της πτερωτής ενός στροβίλου.

Στο δεύτερο στάδιο, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, μέσω της γεννήτριας. Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ) ονομάζεται το σύνολο των έργων και του εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική. [4]

2.2 Υδροηλεκτρικά Έργα

Στις φυσικές και τεχνητές λίμνες δεσμεύεται και αποθηκεύεται νερό για την λειτουργία ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού, το οποίο στην πράξη ισοδυναμεί με αποταμίευση Υδροηλεκτρικής ενέργειας. Οι ποσότητες του νερού αποδεσμεύονται προγραμματισμένα και με την εκτόνωση τους στους υδροστροβίλους παράγεται ελεγχόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Απαραίτητες προϋποθέσεις για την απρόσκοπτη λειτουργία του Υδροηλεκτρικού Σταθμού και την σταθερότητα

της παραγόμενης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ύπαρξη κατάλληλων υδατικών πόρων καθώς και ο επαρκής εφοδιασμός τους με νερό από τις απαραίτητες βροχοπτώσεις. [4]

Τα Υδροηλεκτρικά Έργα παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά έργα παραγωγής ενέργειας. Τα κυριότερα μπορούν να συνοψιστούν στην μεγάλη διάρκεια ζωής των Υδροηλεκτρικών Σταθμών, στην κατά τεκμήριο ανεξάντλητη φυσική πηγή(νερό), στην μικρή ανάγκη απασχόλησης προσωπικού και συντήρησης, στην έλλειψη ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Αποτελούν λοιπόν συμφέρουσα επιλογή για τις χώρες που διαθέτουν το κατάλληλο υδατικό δυναμικό.

Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλα, μικρά και πολύ μικρής κλίμακας.

Τα μεγάλα Υδροηλεκτρικά έργα έχουν δυνατότητα δημιουργίας μεγάλης παραγόμενης ισχύος. Ο λόγος είναι ότι λόγω της παρουσίας του φράγματος, η παροχή νερού στον σταθμό μπορεί να είναι συνεχής και να μην εξαρτάται άμεσα από τις ημερήσιες συνθήκες. Έτσι το υδροηλεκτρικό έργο μπορεί να παράγει ενέργεια σε ένα πολύ μεγάλο εύρος του χρόνου. Παράλληλα συνήθως τέτοια έργα γίνονται σε σημεία που έχουν μεγάλο υδραυλικό ύψος άρα το νερό, μεταφέρει υψηλή κινητική ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Όμως προκαλούν αρκετά σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της κατασκευής φραγμάτων και δημιουργίας τεχνητών λιμνών. Μεταξύ των σημαντικότερων περιλαμβάνεται η δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης και αλλαγή της χρήσης της, πράγμα που επιφέρει την καταστροφή δασικών ή καλλιεργητικών εκτάσεων και κατά συνέπεια καταστροφή οικοσυστημάτων καθώς και ποσοτήτων παραγωγής γεωργικών προϊόντων. Μερικές φορές χρειάζεται και η βύθιση οικισμών και κατά συνέπεια η μετακίνηση πληθυσμών που συνεπάγεται κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα.

Αντίθετα, οι άλλες δύο κατηγορίες υστερούν σε συνολική παραγόμενη ισχύ αφού εκμεταλλεύονται μόνο την ενέργεια ροής των ποταμών., είναι δηλαδή κυρίως "συνεχούς ροής" ,χωρίς ενίσχυση από μεγάλους υδροταμιευτήρες. Όμως ένας μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός είναι έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, αφού το σύνολο των παρεμβάσεων για την εγκατάσταση του μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στο φυσικό και βιοτικό περιβάλλον της περιοχής. [4]

Για όλους τους παραπάνω λόγους παρατηρείται η προτίμηση στην κατασκευή και λειτουργία μικρών Υδροηλεκτρικών Σταθμών σε Διεθνές επίπεδο.

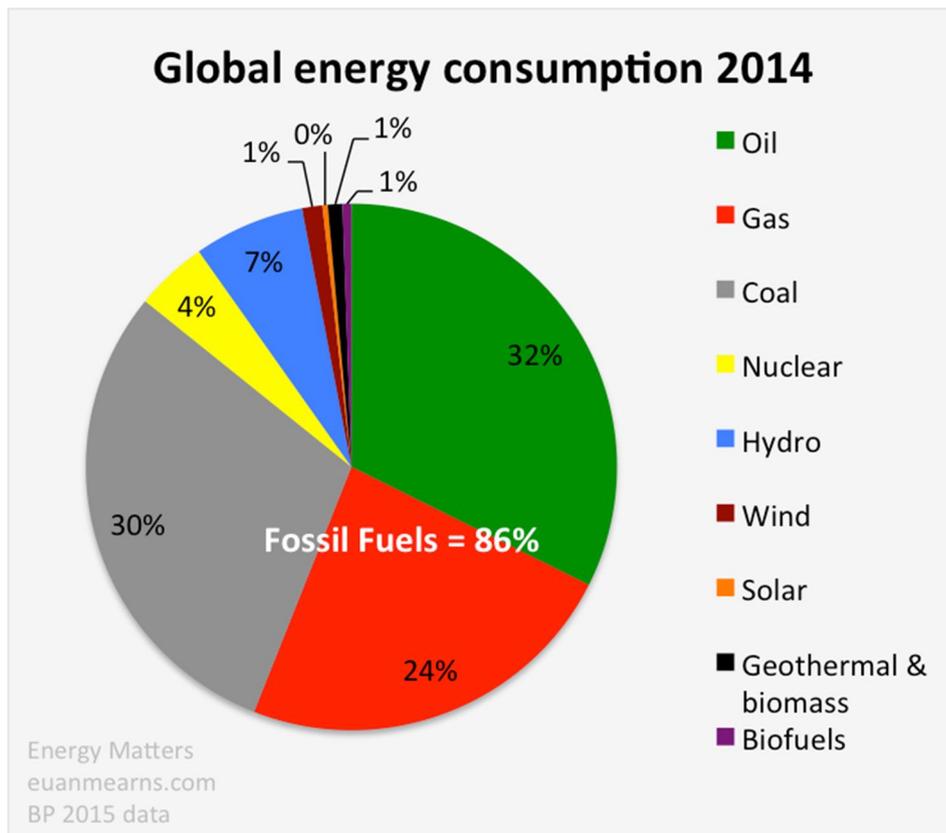
Η ισχύς που παράγεται σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς υπολογίζεται ως εξής:

$$N = n * Q * \rho * g * h \text{ (KW)}$$

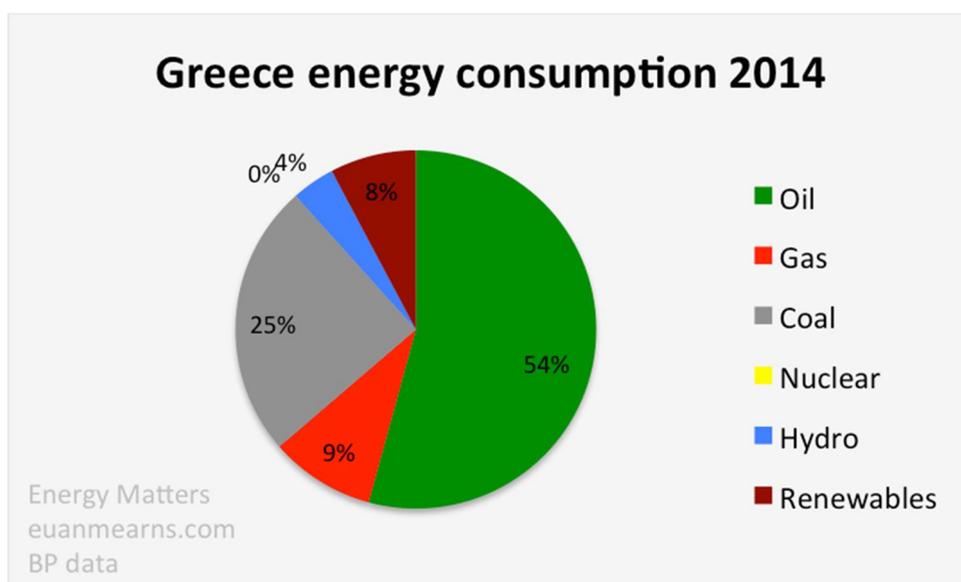
Όπου

- n: ο βαθμός απόδοσης της μηχανικής εκμετάλλευσης της υδατόπτωσης
- Q: η παροχή νερού (m^3 / s)
- ρ : πυκνότητα νερού (kg / m^3)
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2)
- h: ύψος πτώσης του νερού (m)

Σε παγκόσμιο επίπεδο η παραγωγή Υδραυλικής ενέργεια, σε ποσοστό της συνολικής παραγωγής, βρίσκεται περίπου στο 7% (Διάγραμμα 2.1), ενώ στην Ελλάδα προσεγγίζει το 4% (Διάγραμμα 2.2)



Διάγραμμα 2.1 Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος παραγόμενη ενέργειας [2]



Διάγραμμα 2.2 Κατανάλωση ενέργειας ανά είδος παραγόμενης ενέργειας στην Ελλάδα [2]

2.3 Δυναμικό και Παραγωγή Υδραυλικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Η γεωγραφική θέση και το εδαφικό ανάγλυφο της Ελλάδας ευνοούν το πλούσιο υδατικό δυναμικό της. Διαθέτει αρκετούς ποταμούς με ικανοποιητική βασική απορροή, καθώς και φυσικές λίμνες. Είναι χώρα με αξιόλογους ορεινούς όγκους σε μεγάλο μέρος της έκτασης της και κατά συνέπεια υπάρχουν διαμορφωμένες λεκάνες απορροής με αρκετή επιφάνεια. Οι βροχοπτώσεις παρουσιάζουν ικανοποιητικά ύψη βροχής σε ορισμένες περιοχές. Υπάρχουν δηλαδή κατάλληλες προϋποθέσεις για την ύπαρξη αξιόλογου δυναμικού υδραυλικής ενέργειας, ικανό για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο κύριος όγκος βροχοπτώσεων συμβαίνει στην Δυτική Ελλάδα (κατά το μεγαλύτερο μέρος ορεινή) φθάνοντας σε ύψος τα 260 εκατοστά ετήσια, με αξιόλογες όμως βροχοπτώσεις και σε περιοχές της Μακεδονίας-Θράκης και της Πελοποννήσου.

Για την αρτιότερη και αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των υδατικών πόρων η Ελλάδα χωρίζεται σε δέκα τέσσερα (14) υδατικά διαμερίσματα όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1 και η έκταση καθενός φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα 2.1. πόρων. Τα κριτήρια του προσδιορισμού των υδατικών διαμερισμάτων είναι κύρια η γεωγραφική διαμόρφωση (με βάση τις λεκάνες απορροής) αλλά και η διοικητική διαίρεση της χώρας.



Εικόνα 2.1 Υδατικά διαμερίσματα Ελλάδας [5]

α/α	Υδατικό Διαμέρισμα	Επιφάνεια (km ²)
1	Δυτ. Μακεδονία	13404
2	Θεσσαλία	13148
3	Αν. Στερεά Ελλάδα	11923
4	Θράκη	10894
5	Δυτ. Στερεά Ελλάδα	10420
6	Κεν. Μακεδονία	10388
7	Ήπειρος	10275
8	Νήσοι Αιγαίου	9060
9	Αν. Πελοπόννησος	8702
10	Κρήτη	8330
11	Δυτ. Πελοπόννησος	7771
12	Αν. Μακεδονία	7342
13	Βορ. Πελοπόννησος	6596
14	Αττική	3326

Πίνακας 2.1 Επιφάνεια υδατικών διαμερισμάτων Ελλάδας [5]

Η αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού στην Ελλάδα έχει πραγματοποιηθεί από την Δ.Ε.Η. κατά τα τελευταία εξήντα έτη με την κατασκευή μεγάλων και μικρών Υδροηλεκτρικών Σταθμών σε πολλές περιοχές της χώρας, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα 2.2.

Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα	
25 υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ σε λειτουργία	
16 ΜΕΓΑΛΑ ΥΗ ΕΡΓΑ (έτος ένταξης-ωφέλιμος όγκος ταμειευτήρα hm ³)	11 ΜΙΚΡΑ ΥΗ ΕΡΓΑ
➤ ΛΟΥΡΟΣ (1954-0,035)	➤ ΓΛΑΥΚΟΣ (1927)
➤ ΑΓΡΑΣ (1954- 3,8)	➤ ΒΕΡΜΙΟ (1929)
➤ ΛΑΔΩΝΑΣ (1955- 46,2)	➤ ΑΓΙΑ ΚΡΗΤΗΣ (1929)
➤ ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ (1960- 300)	➤ ΑΛΜΥΡΟΣ ΚΡΗΤΗΣ (1931)
➤ ΚΡΕΜΑΣΤΑ (1966- 2805)	➤ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΕΡΡΩΝ (1931)
➤ ΚΑΣΤΡΑΚΙ (1969- 53)	➤ ΓΚΙΩΝΑ (1988)
➤ ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ (1969- 0,46)	➤ ΣΤΡΑΤΟΣ II (1988)
➤ ΠΟΛΥΦΥΤΟ (1974- 1020)	➤ ΜΑΚΡΟΧΩΡΙ (1992)
➤ ΠΟΥΡΝΑΡΙ (1981- 303)	➤ ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ (2008)
➤ ΑΣΩΜΑΤΑ (1985-10)	➤ ΣΜΟΚΟΒΟ (2008)
➤ ΣΦΗΚΙΑ (1985-16)	➤ ΠΑΠΑΔΙΑ (2010)
➤ ΣΤΡΑΤΟΣ (1989-11)	
➤ ΠΗΓΕΣ ΑΩΟΥ (1990-145)	
➤ ΘΗΣΑΥΡΟΣ (1997-570)	
➤ ΠΟΥΡΝΑΡΙ II (1999- 3,6)	
➤ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ (1999- 12)	

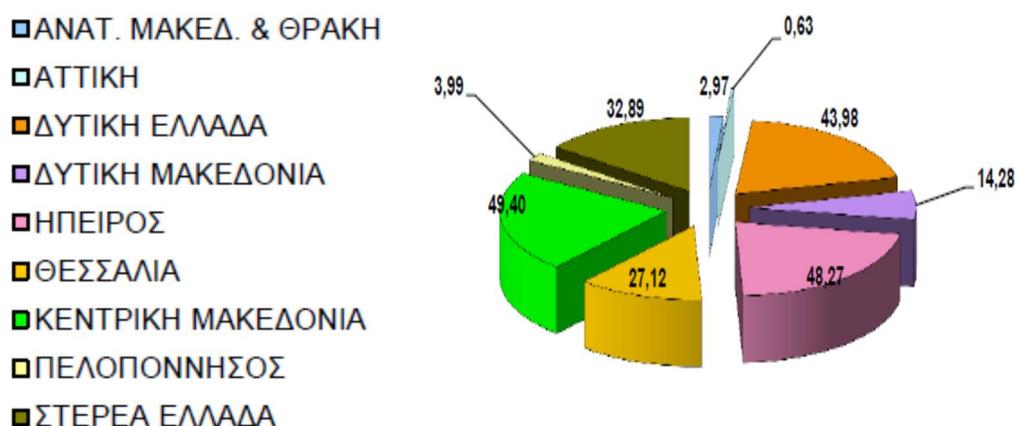
Πίνακας 2.2 Μεγάλα και μικρά Υδροηλεκτρικά έργα της Δ.Ε.Η. στην Ελλάδα [6]

Η Δ.Ε.Η έδωσε στην δημοσιότητα κάποια στοιχεία σύμφωνα με το οποία η συνολική εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύς έφθασε τα 3.600 GW το έτος 2010. Το ποσό αυτό της ισχύος ισούται περίπου με το 22% της συνολικής ισχύος του διασυνδεδεμένου δικτύου. Ο διαθέσιμος ωφέλιμος όγκος όλων των ταμιευτήρων που εξυπηρετούν τους μεγάλους Υδροηλεκτρικούς σταθμούς φθάνει τα 6.700.000.000 m³ [6] Στην Ελλάδα έχει «παγώσει» η κατασκευή μεγάλων Υδροηλεκτρικών Σταθμών. Όσο αφορά τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα υπάρχει ενδιαφέρον από εταιρίες για κατασκευή τους. Το καθένα από αυτά έχει προχωρήσει σε διαφορετικό βαθμό, τουλάχιστον στα διαδικαστικά θέματα.. Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία παραγωγής του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Α.Ε.) για το έτος 2009,στην Ελλάδα παράχθηκε ενέργεια 657.168 MWh. Από την λειτουργία μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων ισχύος 182,61 MW. [7]

Έτσι προβλέπεται για το μέλλον αύξηση της μέσης ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που σήμερα φθάνει τις πέντε εκατομμύρια κιλοβατώρες.

Σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), το έτος 2010 η τιμή της υδροηλεκτρικής ισχύος βρισκόταν στα 87,85 ευρώ ανά μεγαβατώρα (€/MWh), τιμή ακριβώς ίδια με την Αιολική Ενέργεια και πέντε φορές μικρότερη από την Ηλιακή.

Σήμερα με τον νέο νόμο που ψηφίστηκε στην Βουλή , τον Αύγουστο 2016, με ΦΕΚ (αρ.149, τεύχος Α με ημερομηνία 9/8/2016), διαμορφώνεται η τιμή της μεγαβατώρας στα 100 €/MWh για μικρά υδροηλεκτρικά έργα με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη των 3 MWe , ενώ φτάνει τα 97 €/MWh για υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται με μικρούς σταθμούς μέχρι 15 MWe. Η αυξημένη τιμή που καθορίζεται με τον πρόσφατο νόμο δημιουργεί κίνητρα για επενδύσεις στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αξιοποίηση μικρών υδροηλεκτρικών έργων. Αναμένεται όμως ταυτόχρονα αύξηση της τιμής που θα πληρώνει ο καταναλωτής.



Εικόνα 2.2 Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (MW) μονάδων [8]

2.4 Η Υδραυλική ενέργεια στην Ε.Ε.

Η υδραυλική ενέργεια έχει αξιοποιηθεί από τις ισχυρές οικονομικά χώρες σε Παγκόσμιο επίπεδο ήδη από το πρώτο μισό του 20ου αιώνα κύρια σε Η.Π.Α. και Καναδά . Με 1.345 MW, το φράγμα Hoover στον ποταμό του Κολοράντο έγινε η παγκοσμίως μεγαλύτερη υδροηλεκτρική εγκατάσταση το 1936, ενώ ξεπεράστηκε από το μεγάλο φράγμα Coulee στην Ουάσιγκτον το 1942 (1.974 MW τότε, 6.809 MW σήμερα).

Στις δεκαετίες 1960-1980, μεγάλες εξελίξεις της υδραυλικής ενέργειας πραγματοποιήθηκαν στον Καναδά, την ΕΣΣΔ, και τη λατινική Αμερική.

Περί το τέλος του 20ου αιώνα προβάδισμα στην αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας απόκτησαν η Βραζιλία (Φράγμα Itaipu το 1984 με 12.600 MW) και η Κίνα(Το μεγαλύτερο φράγμα στον κόσμο Three Gorges το 2008 με 22.500 MW)

Στην Ευρώπη των 27 η παραγωγή Ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ αυξήθηκε κατά 30% κατά το διάστημα 1990-2007(από 371 TWh το 1997 σε 503 TWh το 2007), με κυρίαρχη πηγή την υδροηλεκτρική ενέργεια που προμήθευε περίπου το 90% από το σύνολο παραγωγής ενέργειας των ΑΠΕ το 1997. Όμως συνέβη μείωση του ποσοστού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς στα επόμενα έτη η οποία διατηρείται ως σήμερα. Δύο λόγοι συνέβαλλαν κυρίως σ' αυτήν την εξέλιξη. Κατ' αρχή οι βροχοπτώσεις ήταν χαμηλότερες από τις αναμενόμενες σε κάποια έτη, ειδικά από το 2002 ως το 2007 και κατά δεύτερο εντάθηκε η αξιοποίηση των υπόλοιπων ΑΠΕ(ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά, βιομάζα). [9]

Είναι φυσικό να κατασκευάζονται Υδροηλεκτρικά έργα στις περιοχές με το εντονότερο εδαφικό ανάγλυφο όπως η Ελβετία, διότι εκεί παρουσιάζονται οι υψηλότερες τιμές υδραυλικού δυναμικού. Με την αξιοποίηση τμήματος του δυναμικού αυτού στο σύνολο των χωρών της ΕΕ δημιουργήθηκε ,ως το τέλος του 2011, υδροηλεκτρική ισχύς της τάξεως των 172 GW. Παρατηρήθηκε αργή αλλά σταθερή εξέλιξη έως αυτήν την ισχύ με μέσο όρο νέας ετήσιας εγκατεστημένης ισχύος, λίγο περισσότερο από το 1GW τα τελευταία χρόνια, με εξαίρεση το 2002 που η αύξηση έφθασε πάνω από 4GW . Από το 2006 παρατηρείται σταδιακή μείωση του ρυθμού οφειλόμενη κύρια στην πολιτική της ΕΕ για την εγκατάσταση σταθμών μικρής κλίμακας, με ισχύ έως 30 MW

Στην Ευρώπη των 27 μελών, σύμφωνα με στοιχεία του 2009, λειτουργούσαν περί τα 21.000 Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (ΜΥΗΕ) με συνολική εγκατεστημένη ισχύ ίση με 13.000 MW, τα οποία είχαν μία παραγωγή ίση με 41.000 GW.

Η Νορβηγία είναι η πρώτη χώρα σε εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύ στην Ε.Ε., η 7η παραγωγός χώρα στον κόσμο για το έτος 2011 με σύνολο περίπου 122 δις κιλοβατώρες . Διαθέτει περισσότερους από 850 υδροηλεκτρικούς σταθμούς μεγάλης και μικρής κλίμακας (Εικόνα 2.4) και καλύπτει το 90% της παραγόμενης ενέργειας της χώρας με αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας πράγμα που της δίνει την πρώτη θέση παγκοσμίως.



Εικόνα 2.3 Υδροηλεκτρικό έργο στην Νορβηγία [10]



Εικόνα 2.4 Υδροηλεκτρικά έργα στην Νορβηγία [11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΚΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

3.1 Υδροστρόβιλοι

3.1.1 Γενικά περί υδροστροβίλων

Οι υδροστρόβιλοι είναι οι μηχανές μέσω των οποίων μετατρέπεται η ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια, δηλαδή σε κινητήρια ροπή στην στρεφόμενη άτρακτο του δρομέα. Ξεχωρίζουμε τους υδροστροβίλους δράσεως και τους υδροστροβίλους αντιδράσεως, ανάλογα με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται, προκειμένου να μετατραπεί το υδραυλικό ύψος και η παροχή νερού, σε μηχανική ισχύ. Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρος ο δρομέας λειτουργεί αξονοσυμμετρικά, ενώ οι υδροστρόβιλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής, και σε κάθε χρονική στιγμή τμήμα μόνο του δρομέα συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή.

Επίσης οι υδροστρόβιλοι κατηγοριοποιούνται σε υδροστροβίλους μεγάλου, μεσαίου και μικρού υδραυλικού ύψους. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3.1) φαίνονται συνδυαστικά οι πιο συνήθεις τύποι υδροστροβίλων, για τις διάφορες κατηγορίες που αναφέρθηκαν.

	Μεγάλο Υδρ. Ύψος	Μεσαίο Υδρ. Ύψος	Μικρό υδρ. Ύψος
Στρόβιλοι Δράσεως	<ul style="list-style-type: none"> • Pelton • Turgo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cross-Flow • Pelton πολλαπλών δέσμεων • Turgo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cross-Flow
Στρόβιλοι Αντιδράσεως	<ul style="list-style-type: none"> • Francis 	<ul style="list-style-type: none"> • Francis • Διαγώνιας ροής- Deriaz 	<ul style="list-style-type: none"> • Αξονικής Ροής • Βολβοειδής • Kaplan

Πίνακας 3.1 Κατηγοριοποίηση υδροστροβίλων

3.1.2 Υδροστρόβιλοι Δράσεως

Οι υδροστρόβιλοι δράσεως, δηλαδή με βαθμό αντιδράσεως ίσο με το μηδέν, βασίζονται στην μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική μέσω δέσμης νερού, η οποία αλληλοεπιδρά με τον δρομέα. Συνήθως οι υδροστρόβιλοι δράσεως χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλο υδραυλικό ύψος αλλά και μικρή παροχή νερού.

Η κατασκευή των υδροστρόβιλων δράσεως είναι πιο απλή και ανθεκτική σε συνθήκες διαβρωτικού νερού απ' ό τι η κατασκευή των υδροστροβίλων αντιδράσεως. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν παρουσιάζεται πτώση πίεσης στο δρομέα, άρα δεν απαιτείται και στεγανοποίηση στα ανοίγματα μεταξύ του κελύφους και του δρομέα του στροβίλου.

Οι υδροστρόβιλοι δράσεως διακρίνονται σε υδροστρόβιλοι Pelton, Turgo και CrossFlow. Ο υδροστρόβιλος Pelton είναι αυτός που έχει επικρατήσει και θεωρείται το σημείο αναφοράς για όλους τους υδροστρόβιλους δράσεως

3.1.2.1 Υδροστρόβιλος Pelton

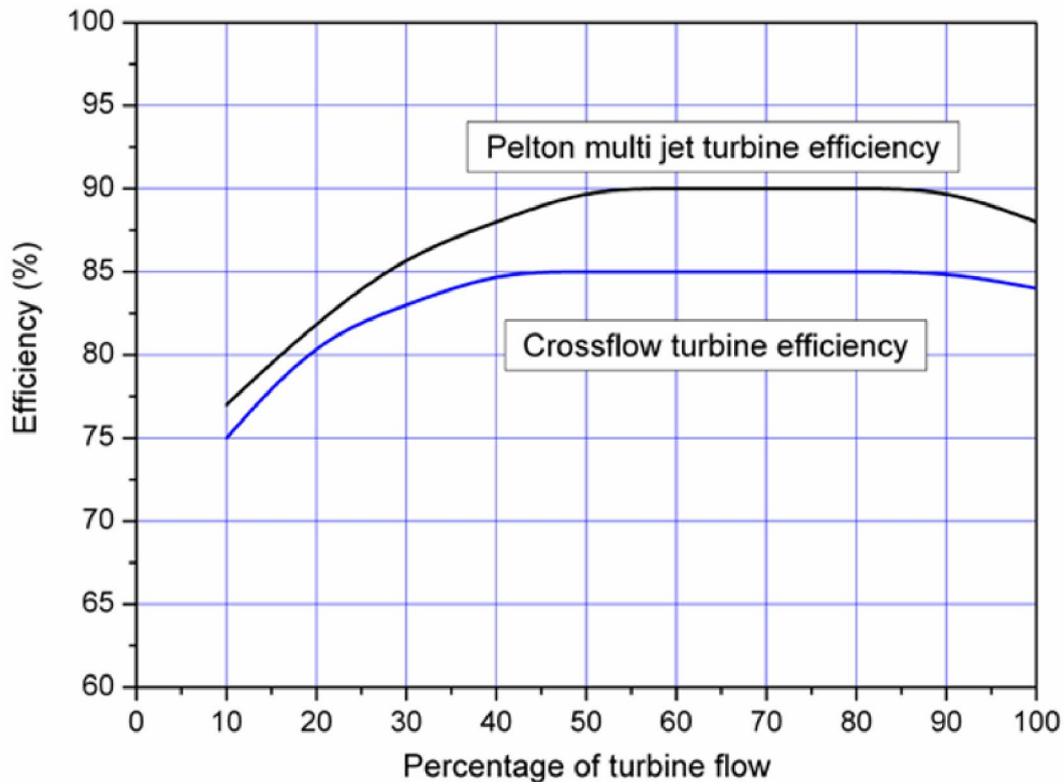
Ο υδροστρόβιλος Pelton πήρε το όνομα ενός εκ των δημιουργών του και είναι ο πιο γνωστός υδροστρόβιλος δράσεως. Το τμήμα εισόδου του αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας, σκοπός των οποίων είναι η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική, μέσω του σχηματισμού μιας ή περισσοτέρων δεσμών κυκλικής διατομής. Κάθε δέσμη προσπίπτει στο δρομέα, δίνοντας σε αυτόν μια ώθηση κατά την περιφερειακή διεύθυνση που δημιουργεί την κινητήρια ροπή. Ο δρομέας είναι τοποθετημένος πάνω από την ελεύθερη στάθμη του κάτω ταμιευτήρα νερού, και έτσι η δέσμη του νερού, μετά την πρόσπτωση της στο δρομέα, πέφτει στην ελεύθερη επιφάνεια του αγωγού απαγωγής χάρη στη βαρύτητα. [12]



Εικόνα 3.1 Υδροστρόβιλος Pelton [13]

Ο άξονας του δρομέα μπορεί να είναι είτε σε οριζόντια είτε σε κατακόρυφη θέση.. Στους υδροστρόβιλους Pelton, που χρησιμοποιούν πάνω από μια δέσμη (jet) προτιμάται η κατακόρυφη διάταξη, για τον λόγο ότι όλα τα ακροφύσια θέλουμε να βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, χωρίς να παρενοχλείται η λειτουργία τους από τα από νερά των σκαφιδίων, που φέρει κατά την περιφέρειά του ο δρομέας Pelton. Σήμερα υπάρχουν κατασκευαστές που πετυχαίνουν την ίδια λειτουργία ακόμα και με οριζόντια διάταξη, με το περιορισμό της χρησιμοποίησης τριών δεσμών νερού.

Σε βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας, με τη χρήση ενός υδροστρόβιλου Pelton, μπορεί να επιτευχθεί βαθμός απόδοσης έως και 90%. (Διάγραμμα 3.1)



Διάγραμμα 3.1 Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Pelton [14]

3.1.2.2 Υδροστρόβιλος Turgo

Ο υδροστρόβιλος Turgo είναι ένας υδροστρόβιλος δράσεως και αποτελεί ουσιαστικά την πιο γνωστή παραλλαγή του υδροστροβίλου Pelton. Ο Turgo μπορεί να τοποθετηθεί σε έργα που έχουμε μικρές σχετικά παροχές νερού αλλά και μικρότερο υδραυλικό ύψος, σε σχέση με τον υδροστροβίλο Pelton. Αυτό οφείλεται ότι από την κατασκευή τους λειτουργούν σε μεγαλύτερο ειδικό αριθμό στροφών. Ο αριθμός στροφών μεγαλώνει όσο μικραίνει το υδραυλικό ύψος όπως φαίνεται και από την σχέση

$$n_s = n * \frac{N^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

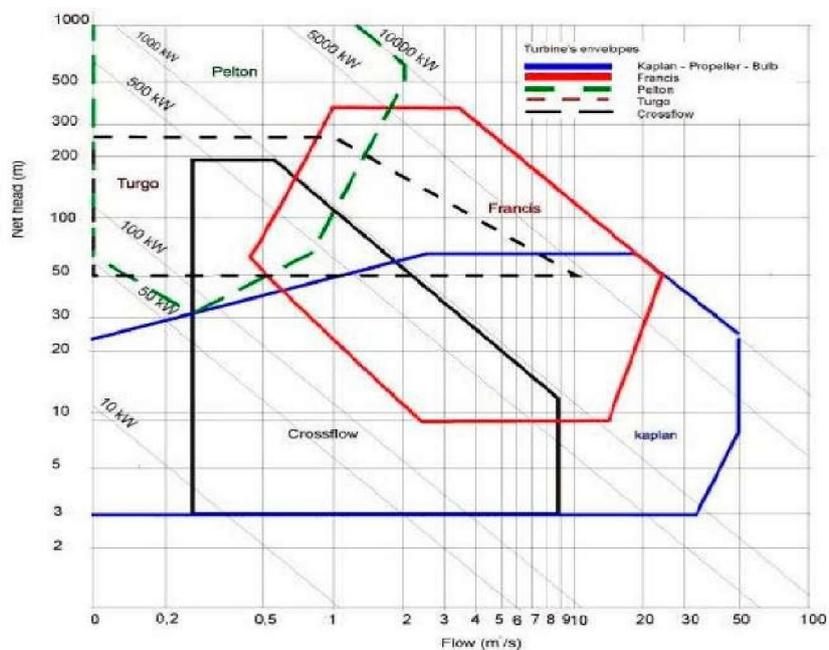
Κατά συνέπεια αποτελεί μια αξιόπιστη επιλογή σε αυτές τις συνθήκες. Έτσι μπορεί να τοποθετηθεί σε αρκετά αναξιοποίητα μέρη σε όλο τον κόσμο. Εδώ ο βαθμός απόδοσης έχει παρατηρηθεί ότι ξεπερνάει το 80% και παραμένει υψηλός ακόμα και για παροχές ίσες με το 25% της παροχής σχεδίασης. [15]



Εικόνα 3.2 Υδροστρόβιλος Turgo [15]

3.1.3 Υδροστρόβιλοι Αντιδράσεως

Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως έχουν βαθμό αντιδράσεως διάφορο του μηδενός. Αυτό σημαίνει ότι η ροή του νερού δια μέσου του δρομέα γίνεται με παράλληλη μεταβολή της στατικής πίεσης. Έτσι ο δρομέας είναι ολικής προσβολής που σημαίνει ότι λειτουργεί ομοιόμορφα κατά την περιφερειακή διεύθυνση. Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μικρότερου υδραυλικού ύψους και μεγαλύτερων τιμών παροχής νερού, αν και υπάρχουν αρκετές τέτοιες περιπτώσεις στην πράξη που και οι δύο τύποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν (Διάγραμμα 3.2)



Διάγραμμα 3.2 Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου για δεδομένη παροχή και καθαρό υδραυλικό ύψος [14]

Βασικό πλεονέκτημα των υδροστροβίλων αντιδράσεως είναι ότι παρουσιάζουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης, στο ονομαστικό σημείο λειτουργία, απ' ότι οι υδροστρόβιλοι δράσεως.

Το μειονέκτημα τους, σε σύγκριση με τους δράσεως είναι ότι απαιτείται στεγανοποίηση. Οπότε μπορεί οι επιδόσεις και η απόδοση τους να υποβαθμιστούν, αφού η άμμος και τα κατακάθια λάσπης προκαλούν μεγαλύτερη τριβή στη στεγάνωση, σε σχέση πάντα με τους υδροστροβίλους δράσεως. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά ζητήματα, όπως να υπάρχει φθορά των λαβυρίθων και φθορά επιφανειών κελύφους-δρομέα. Έτσι μπορεί να οδηγηθούμε σε αλλοίωση των υδραυλικών χαρακτηριστικών του δρομέα, στατική καταπόνηση και σε τελευταίο στάδιο ακόμα και στη θραύση περυγίων.

Η εφαρμογή των υδροστροβίλων αντιδράσεως σε έργα που έχουν μικρό διαθέσιμο υδραυλικό ύψος ενισχύεται και από το γεγονός ότι οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως μπορούν να κατασκευαστούν με μικρότερη διάμετρο, απ' ότι οι δράσεως, λειτουργώντας σε μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής.

Από τους υδροστροβίλους αντιδράσεως που κατασκευάζονται αυτοί που έχουν κυριαρχήσει είναι οι υδροστρόβιλοι Francis, Kaplan, οι υδροστρόβιλοι αξονικής ροής και οι βολβοειδείς υδροστρόβιλοι. Σημαντικότερος απ' αυτούς είναι ο υδροστρόβιλος Francis.

3.1.3.1 Υδροστρόβιλος Francis

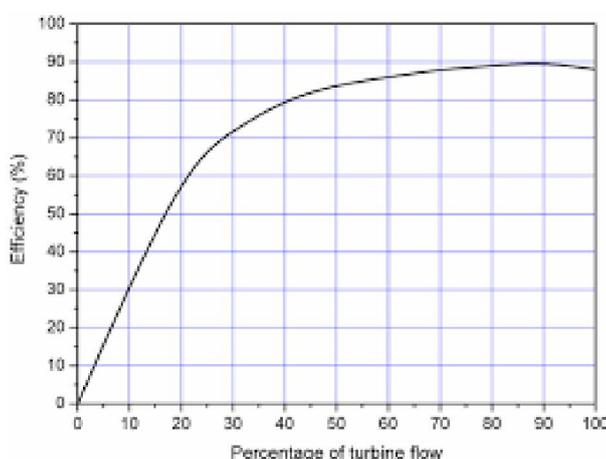
Ο υδροστρόβιλος Francis αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στα τέλη του 19ου αιώνα, από τον James B. Francis στο Lowell της Μασαχουσέτης. Γνώρισε ευρεία αποδοχή και χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο εύρος τιμών υδραυλικού ύψους και χαρακτηριστικών της ροής. Όντας υδροστρόβιλος αντιδράσεως, ο υδροστρόβιλος Francis εκμεταλλεύεται την μεταβολή της συστροφής που δημιουργεί, καθ' όλη την διαδρομή του νερού πάνω στο δρομέα, όπως και την διαφορά πίεσης που θα υπάρξει. Το νερό οδηγείται ακτινικά -κάθετα στον άξονα- στην είσοδο του δρομέα, στρέφεται κατά γωνία 90° μέσα σε αυτόν και βγαίνει τέλος αξονικά (παράλληλα δηλαδή στον άξονα).



Εικόνα 3.3 Υδροστρόβιλος Francis [16]

Η ροή συνήθως ελέγχεται από 12 έως 24 ρυθμιστικά πτερύγια, τα οποία επιτελούν δύο δουλειές. Η πρώτη είναι η ρύθμιση της παροχής ενώ η άλλη έχει να κάνει με την αλλαγή της γωνίας της ροής. Το νερό στις περισσότερες μοντέρνες μονάδες Francis κατανέμεται στα ρυθμιστικά πτερύγια και στο στρόβιλο, μέσω ενός σπειροειδούς κελύφους. Το κέλυφος μικραίνει, δηλαδή μειώνεται η διατομή του, καθώς τυλίγεται γύρω από τον δρομέα.. Το υδραυλικό ύψος που χρησιμοποιούνται κυμαίνεται από 40 έως 600 μέτρα. Αντίστοιχα η ταχύτητα περιστροφής τους αρχίζει από τις 75 στροφές ανά λεπτό έως τις 1500 στροφές ανά λεπτό.

Οι υδροστρόβιλοι Francis μπορούν να τοποθετηθούν είτε οριζόντια είτε κάθετα και μπορούν να επιτύχουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης ακόμα και για παροχές ίσες με το 50% αυτής της σχεδίασης.



Διάγραμμα 3.3 Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Francis [14]

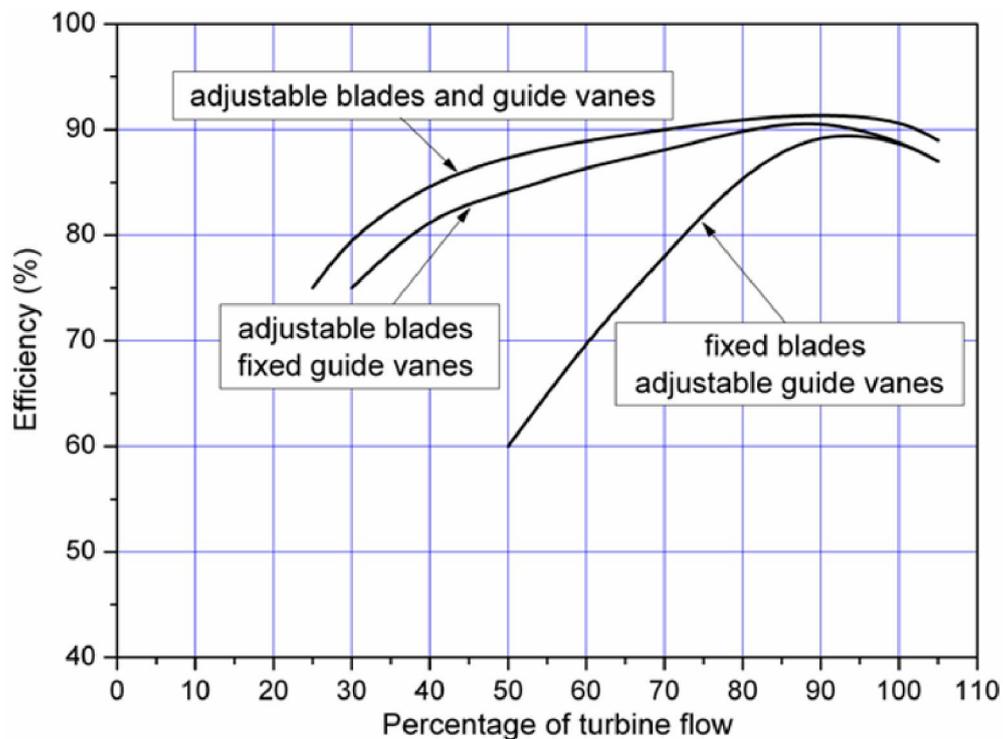
3.1.3.2 Υδροστρόβιλος Karlan

Οι υδροστρόβιλοι Karlan είναι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως. Αναπτύχθηκε το 1913 από τον Αυστριακό καθηγητή Viktor Karlan. Ο υδροστρόβιλος Karlan παρέχει την δυνατότητα αλλαγής της κλίσης των πτερυγίων του δρομέα, με αποτέλεσμα να είναι η δυνατότητα αξιοποίησης ενός πολύ μεγάλου εύρους τιμών παροχής νερού, χωρίς να μειώνεται ο βαθμός απόδοσης τους. Συνήθως, τα πτερύγια του δρομέα επιλέγονται 3 ως 8 με σκοπό την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω τριβών.



Εικόνα 3.4 Υδροστρόβιλος Karlan [17]

Ο δρομέας Karlan αποτελεί εφεύρεση των αρχών του 20ου αιώνα και μπορεί να εγκατασταθεί μόνο με κάθετο προσανατολισμό. Χαρακτηριστικό του είναι ότι ο ειδικός αριθμός στροφών παίρνει πολύ μεγάλες τιμές.



Διάγραμμα 3.4 Καμπύλη βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου Kaplan [14]

3.1.4 Επιλογή Τύπου Υδροστροβίλου

Προκειμένου να επιλεγεί ο πιο αποδοτικός και αξιόπιστος υδροστροβίλος, για μια δεδομένη παροχή και υδραυλικό ύψος, λαμβάνονται υπ' όψιν οι 'περιοχές λειτουργίας' του κάθε τύπου υδροστροβίλου. Οι περιοχές αυτές απεικονίζονται στο Διάγραμμα 3.2 [18]

Η περιοχή εντός της μπλε γραμμής αναπαριστά την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Kaplan ή ενός βολβοειδούς, η περιοχή εντός της κόκκινης γραμμής ενός υδροστροβίλου Francis, εντός της πράσινης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Pelton, εντός της μαύρης διακεκομμένης γραμμής ενός υδροστροβίλου Turgo και η περιοχή εντός της μαύρης γραμμής την περιοχή λειτουργίας ενός υδροστροβίλου Cross-Flow.

Όπως παρατηρούμε σε κάποια σημεία του διαγράμματος η μία περιοχή επικαλύπτει την άλλη. Αυτό σημαίνει ότι πάνω από έναν τύπο υδροστροβίλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δεδομένη παροχή νερού και υδραυλικό ύψος. Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν κάποια κριτήρια που μας βοηθούν να επιλέξουμε τον κατάλληλο υδροστροβίλο. Αυτά τα κριτήρια [19] είναι τα εξής:

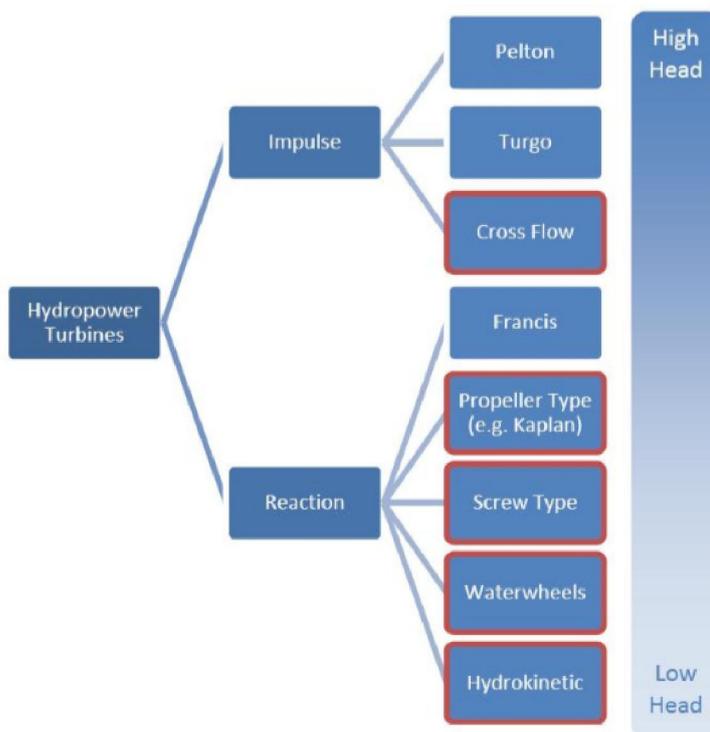
- Αν το νερό που καταλήγει στον υδροστροβίλο δεν είναι καθαρό, αλλά περιέχει άμμο ή λάσπη, τότε είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθεί κάποιος υδροστροβίλος δράσεως, έτσι ώστε να αποφευχθεί εκτεταμένη φθορά στις βρεχόμενες επιφάνειες και τους των υδροστροβίλων αντιδράσεως.

- Αν ο υδροστροβίλος πρέπει να τοποθετηθεί σε ορισμένο ύψος πάνω από τη στάθμη του νερού (παίρνοντας υπ' όψιν τους περιορισμούς που προκύπτουν για να αποφευχθεί το φαινόμενο της σπηλαιώσης) του φράγματος που κατασκευάζουμε, προτιμάται κάποιος υδροστροβίλος

αντιδράσεως με σωλήνα εκροής στην έξοδο, έτσι ώστε να γίνει εκμετάλλευση του μέγιστου διαθέσιμου υδραυλικού ύψους.

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

Στο διάγραμμα 3.6 φαίνεται και παραστατικά η κατηγοριοποίηση με βάση το αξιοποιήσιμο υδραυλικό ύψος, χωρίς να σημαίνει ότι για παράδειγμα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για low head έργα υδροστροβίλοι όπως ο Turgo.



Διάγραμμα 3.5 Κατηγοριοποίηση υδροστροβίλων με βάση το αξιοποιήσιμο υδραυλικό ύψος [5]

3.2 Γεννήτριες

3.2.1 Συνήθεις τύποι γεννητριών

Η γεννήτρια είναι μια ηλεκτρομηχανολογική συσκευή, η οποία μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική, κατά το οποίο εάν ένα πηνίο περιστραφεί μέσα σ' ένα μαγνητικό πεδίο, τότες στις άκρες του πηνίου παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Η γεννήτρια που θα επιλεγθεί σε μία micro/pico-υδροηλεκτρική εγκατάσταση μπορεί να είναι είτε συνεχούς (Direct Current) είτε εναλλασσόμενου ρεύματος (Alternating Current). Οι πιο συνηθισμένοι τύποι γεννητριών που χρησιμοποιούνται στις micro/pico υδροηλεκτρικές

εγκαταστάσεις είναι οι σύγχρονες γεννήτριες και οι επαγωγικοί (ασύγχρονοι) κινητήρες σε ρόλο γεννήτριας. Και οι δύο αυτοί τύποι γεννητριών παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα (AC).

Αρχή λειτουργίας των μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος

Οι βασικές αρχές λειτουργίας των μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος είναι πολύ απλές, αλλά πολλές φορές δεν προτιμούνται λόγω του αυξημένου κόστους τους. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες ηλεκτρικών μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος – οι σύγχρονες και οι επαγωγικές. Στις σύγχρονες γεννήτριες το ρεύμα διέγερσης τροφοδοτείται με επαγωγή στα τυλίγματα. Σύμφωνα με τη ηλεκτρομαγνητική εάν σε μια μηχανή υπάρχουν δύο μαγνητικά πεδία, τότε δημιουργείται ροπή. Αν το ένα μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από τον στάτη μιας ηλεκτρικής μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος και η άλλη από το δρομέα της μηχανής αυτής, τότε η ροπή θα επάγεται στο δρομέα, κάτι που θα κάνει το δρομέα να περιστραφεί και να ευθυγραμμιστεί με το μαγνητικό πεδίο του στάτη. Αν υπήρχε κάποιος τρόπος να περιστρέψουμε το μαγνητικό πεδίο του στάτη, τότε η επαγόμενη ροπή στο δρομέα θα τον έκανε να «κυνηγά» συνεχώς το μαγνητικό πεδίο του στάτη σε κυκλική κατεύθυνση. Έτσι μπορούμε σχηματικά να περιγράψουμε την βασική αρχή λειτουργίας όλων των κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος. [20]

3.2.2 Επιλογή τύπου γεννήτριας

Σε οποιαδήποτε ρίσο υδροηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να επιλεγθεί ο τύπος της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί. Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται κάποια βασικά κριτήρια, όπως τα έθεσε αντίστοιχο υπουργικό τμήμα των ΗΠΑ [21], που βοηθούν στην επιλογή μεταξύ της επαγωγικής γεννήτριας και της σύγχρονης.

Οι λόγοι τώρα που μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή μιας σύγχρονης γεννήτριας

- Ένα κύριο χαρακτηριστικό του επαγωγικού κινητήρα είναι ότι λειτουργεί ως γεννήτρια μόνο όταν μπορεί να δοθεί ηλεκτρική διέγερση για την εκκίνηση του. Αντίθετα η σύγχρονη γεννήτρια λειτουργεί και χωρίς εξωτερική διέγερση. Στα ρίσο υδροηλεκτρικά έργα που χρησιμοποιούνται και σε απομονωμένες περιοχές και χρειαζόμαστε την μέγιστη ανεξαρτησία δεν θέλουμε εξωτερική διέγερση.
- Ακόμα ένας λόγος που μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή σύγχρονης γεννήτριας είναι ότι επιτυγχάνει καλύτερο βαθμό απόδοσης
- Τέλος η σύγχρονη γεννήτρια έχει μεγαλύτερη δυνατότητα εκκίνησης, σε σχέση με τον κινητήρα επαγωγής.

Οι λόγοι τώρα που μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή ενός κινητήρα επαγωγής (εφόσον υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικό δίκτυο ηλεκτρικής ισχύος) είναι

- οι χαμηλές τιμές στις οποίες κυμαίνεται η ταχύτητα λειτουργίας τους,
- το ότι είναι ευρέως διαθέσιμοι στην αγορά
- και το ότι έχουν σαφώς χαμηλότερο κόστος από τις σύγχρονες γεννήτριες.
- Επίσης σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι η απλή και στιβαρή τους κατασκευή, που τους καθιστά ιδιαίτερα ανθεκτικούς ακόμα και σε λειτουργίες πολύ υψηλών ταχυτήτων.



Εικόνα 3.5 Τριφασικός επαγωγικός κινητήρας [22]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

MICRO-PICO ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

4.1 Ορισμός των micro - pico υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες αγγίζουν τα 100kW χαρακτηρίζονται με τον όρο “micro”. Από χώρα σε χώρα οι τιμές kW οι οποίες δίνουν στην υδροηλεκτρική εγκατάσταση τον χαρακτηρισμό αυτό διαφέρουν. Παρ’ όλα αυτά, όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό μέσα από τη βιβλιογραφία, η συνηθέστερη τιμή είναι τα 100kW. Είναι γεγονός ότι διακυμάνσεις στις τιμές παρατηρείται ότι ισχύουν επίσης και στους ορισμούς των mini, μικρών κτλ.

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας της τάξη των 10kW χαρακτηρίζονται ως “pico”. Και στην περίπτωση αυτή παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στις τιμές των kW, καθώς δεν είναι λίγες οι φορές όπου pico- υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν ενέργεια περί τα 5kW, όπως βλέπουμε και σε πληθώρα σχετικών αναφορών.

Σε κάθε περίπτωση, είναι γεγονός ότι τόσο οι micro- υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις όσο και οι pico- υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν πολλά πλεονεκτήματα γεγονός που τις κάνει ιδιαίτερα δημοφιλείς σε παγκόσμιο επίπεδο. Αρχικά, είναι φιλικές προς το περιβάλλον καθώς χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χωρίς να χρειάζονται να καταναλώσουν καύσιμα τα

οποία θα μόλυναν την ατμόσφαιρα μέσα από την εκπομπή αερίων. Επιπλέον, το μικρό τους μέγεθος βοηθά ώστε ακόμα και κατά την εγκατάσταση τους να επηρεάζουν σε ένα πολύ μικρό ποσοστό το περιβάλλον. Επίσης, ο χρόνος ζωής τους σε σχέση με χρόνο απόσβεσης είναι σε μία πολύ συμφέρουσα αναλογία, αν αναλογιστεί κανείς ότι μέσα σε 10 χρόνια μπορεί να έχει γίνει η απόσβεση χρημάτων ενώ η ίδια η εγκατάσταση έχει διάρκεια ζωής 25 χρόνια. Το χαμηλό κόστος, η απλή τους κατασκευή και η σταθερή και συνεχή λειτουργία του για μεγάλες χρονικές περιόδους είναι ακόμα κάποια πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις εγκαταστάσεις αυτές.

Φτωχές χώρες και περιοχές που δυσκολεύονται να έχουν πρόσβαση σε ηλεκτρικά δίκτυα αλλά και ανεπτυγμένες χώρες που λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας και των ηλεκτρομηχανολογικών εξαρτημάτων που τα αποτελούν έχουν αυξημένο ενδιαφέρον για τις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις ως μία πολύ καλή εναλλακτικής πηγή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με την έκθεση της World Bank τα pico- υδροηλεκτρικά έργα είναι η πιο φτηνή επιλογή, για περιοχές που είναι μη-διασυνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο και χρειάζονται έως 5kW ισχύς. Αυτή η έκθεση βασίζεται σε στοιχεία του 2005 και δείχνει ότι μπορεί να είναι έως και 25% φτηνότερα από την αμέσως επόμενη εναλλακτική λύση [23]

4.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση pico υδροηλεκτρικών έργων ανά τον κόσμο

Η εγκατάσταση micro/pico υδροηλεκτρικών έργων ανά τον κόσμο έχει σημειώσει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Η αξιοποίηση των φυσικών πόρων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι πλέον στον προσανατολισμό όλων των κρατών. Αξιοσημείωτο είναι ότι τα pico υδροηλεκτρικά έχουν μεγάλη ανάπτυξη σε χώρες που δεν έχουν τόσο μεγάλο βαθμό ανάπτυξης. Τέτοιες χώρες εντοπίζονται κύρια στη Ασία, όσο και στην Αφρική. Όμως και χώρες με μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στρέφονται σιγά σιγά προς αυτήν την λύση. Ενδεικτικά παρακάτω αναφέρουμε κάποια παραδείγματα τόσο από την Ασία, την Αφρική, όσο και το παράδειγμα της Μεγάλης Βρετανίας.

4.2.1 Το παράδειγμα του χωριού Mae Wei , Ταϊλάνδη

Στο χωριό Mae Wei , το 2008 μια ομάδα φοιτητών από το φοιτητές από το πρόγραμμα Enginneering Studies Program(ESP) εγκατέστησαν ένα pico υδροηλεκτρικό έργο. Η εγκατεστημένη ισχύς του έργου έφτασε τα 3 kW. Το έργο ήρθε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του ομώνυμου χωριού για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η πρωτοβουλία αυτή ήταν πολύ σημαντική εφόσον μιλάμε για μια απομονωμένη περιοχή που το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας δεν είχε φτάσει. Το συγκεκριμένο έργο παράγει ενέργεια για τον φωτισμό 16 αιθουσών, ένα υπνοδωμάτιο, τα σπίτια των δασκάλων. Επίσης τροφοδοτεί 10 PC και εξοπλισμό video [24]

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου:

- Πτώση νερού 35 m
- Τριφασικό ρεύμα 240V
- Εγκατεστημένη ισχύς 3 Kw



Εικόνα 4.1 Ο υδροστρόβιλος στο χωριό Mae Wei [24]

4.3 Τα παραδείγματα της περιοχής Thima και Kathamba, στην Κένυα



Εικόνα 4.2 Ο υδροστρόβιλος στο χωριό Thima [25]

Τον Δεκέμβριο του 2001 , δύο pico υδροηλεκτρικές μονάδες στις κοινότητες Thima και Kathamba στη Κένυα εγκαταστάθηκαν και έγινε η πρώτη σύνδεση τους με τα σπίτια της κοινότητας. . Αυτά τα συστήματα έχουν εγκατασταθεί ως μέρος ενός σχεδίου να αποδείξουν ότι pico υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια βιώσιμη επιλογή για ηλεκτροδότηση των νοικοκυριών με χαμηλό εισόδημα σε περιοχές της Κένυα και άλλες χώρες της υποσαχάριας Αφρικής , όπου υπάρχουν κατάλληλες θέσεις . Περιοχές με σημαντική δυνατότητα εγκατάστασης pico υδροηλεκτρικών σταθμών στην Κένυα περιλαμβάνουν οι περιοχές Mt. Kenya, Aberdare, Nyambene, Mt. Elgon, the Kisii Highlands, Cheragany hills, Kerio and Nandi escarpments .Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου περιγράφονται στον πίνακα 4.1

	Scheme A: Kathamba	Scheme B: Thima
Power output (electrical)	1.1 kW	2.2 kW
Number of houses connected	65 (100 × 10 W light packages)	110 (200 × 10 W light packages)
Penstock (PVC)	160 m/110 mm diameter/Class B	90 m/160 mm diameter/Class B
Type of turbine	Pelton (200 mm p.c.d.)	Pump-as-turbine (centrifugal 'monobloc')
Type of generator	Induction (6 pole)	Induction (2 pole)
Head (net)	28 m	18 m
Flow (design)	8.4 l s ⁻¹	28 l s ⁻¹
Efficiency (turbine+generator)	48%	45%
Distance of furthest house	550 m	800 m

Πίνακας 4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων στις κοινότητες Thima και Kathamba [25]

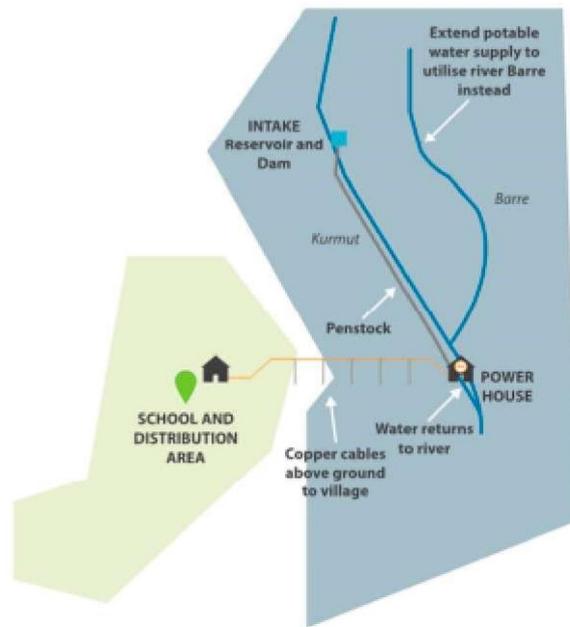


Εικόνα 4.3 Ο υδροστρόβιλος στο χωριό Kathamba [25]

4.4 Το παράδειγμα του Νεπάλ

Το Νεπάλ είναι μια ιδιαίτερη χώρα στο τομέα των υδροηλεκτρικών έργων. Αυτό συνίσταται στο ότι σύμφωνα με τις έρευνές έχει την μεγαλύτερη προοπτική για ανάπτυξη υδροηλεκτρικών έργων αλλά παράλληλα έχει πολύ διεύδυση τέτοιων έργων [21]. Αυτό εξηγείται από δύο βασικές παραμέτρους. Αρχικά η μεγάλη δυνατότητα ανάπτυξη υδροηλεκτρικών έργων εξηγείται λόγω της ύπαρξης πολύ μεγάλων όγκων βουνού, αφού το ίδιο το Νεπάλ είναι χτισμένο μόνο σε βουνό. Τα βουνά αυτά, το πιο γνωστό είναι το Έβερεστ, έχουν πολύ μεγάλο υψόμετρο. Έτσι έχουν πολλές πηγές, ποταμούς και επιπλέον πολύ μεγάλη ροή λόγω και του χιονιού που λιώνει και δημιουργεί ορμητικά ποτάμια. Από την άλλη το Νεπάλ είναι μια χώρα με πολύ μικρή ανάπτυξη παραγωγικών δυνάμεων, ειδικά μηχανών, τεχνολογίας. Επίσης δεν υπάρχει η αντίστοιχη εξειδίκευση και γνώση σε μηχανικούς που είναι από το Νεπάλ. Τέλος πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας δεν φτάνει παντού, αφού υπάρχουν απομονωμένα χωριά που δεν έχουν πρόσβαση.

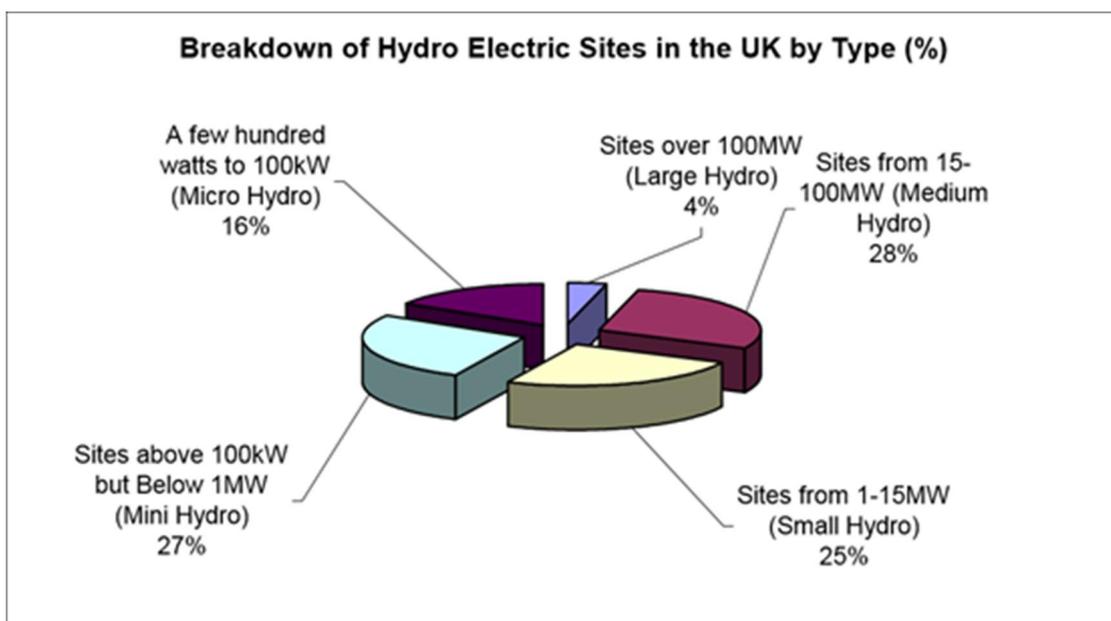
Ενδεικτικό παράδειγμα για την προσπάθεια εγκατάστασης μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών στο Νεπάλ είναι το pico-υδροηλεκτρικό έργο στο χωριό Balmitar, που βρίσκεται στην επαρχία Gorkha. Το ιδιαίτερο σε αυτό το project είναι ότι το συγκεκριμένο χωριό είναι διασυνδεδεμένο στο δίκτυο της χώρας, όμως στις ώρες αιχμής δεν μπορεί να υποστηριχτεί. Περίπου στα 500 μέτρα από το χωριό βρίσκονται δύο κανάλια νερού που έχουν παροχή νερού από 1,6 λίτρα/δευτερόλεπτο μέχρι και 39.9 λίτρα/δευτερόλεπτο! Τα υδραυλικά ύψη αντιστοιχούν στα 71 και 30 μέτρα. Έτσι δημιουργείται ένα pico-υδροηλεκτρικό σύστημα που παράγει περίπου 8362kWh ηλεκτρικής ενέργειας τον χρόνο, με σημείο αιχμής τα 1031W. Το συγκεκριμένο υδροηλεκτρικό έργο μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του νέου ιατρικού σχολείου και ακόμα 27 κτιρίων. [26]



Εικόνα 4.4 Κάτοψη διανομής ηλεκτρικού ρευμάτος για την τροφοδότηση σχολικού χώρου [26]

4.5 Το παράδειγμα της Μεγάλης Βρετανίας

Το Ηνωμένο Βασίλειο έχει θέση έναν φιλόδοξο στόχο. Επιδιώκει μέχρι το 2020 να παράγει το 15% της ενέργειας του από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παράγοντας που μπορεί να βοηθήσει σε αυτήν την κατεύθυνση είναι η ανάπτυξη μικρών υδροηλεκτρικών έργων. Βέβαια το Ηνωμένο Βασίλειο έχει ήδη το know how σε αυτόν τον τομέα.



Εικόνα 4.5 Ποσοστιαία κατανομή των υδροηλεκτρικών έργων σύμφωνα με την ισχύς τους [27]

4.5.1 Το παράδειγμα του Settle Hydro

Το υδροηλεκτρικό έργο του Settle κατασκευάστηκε το 2009 στο σημείο Bridge End Mill, σε έναν από τους πολλούς μύλους που λειτουργούσαν, στην ακτή του ποταμού Ribble, έως τα μέσα του 20ου αιώνα. Το έργο τραβάει νερό κατευθείαν από τον ποταμό και χρησιμοποιεί για τουρμπίνα τον κοχλία του Αρχιμήδη. Το έργο τροφοδοτεί πρώτα τα σπίτια της περιοχής (περίπου το 15% της ολικής παραγόμενης ενέργειας). Η υπολειπόμενη ενέργεια (85%) διοχετεύεται στον εθνικό δίκτυο. Το Settle παράγαγε περίπου 104 MWh για το έτος 2015, σημειώνοντας αύξηση 85% από τις προηγούμενες χρονιές. [28]

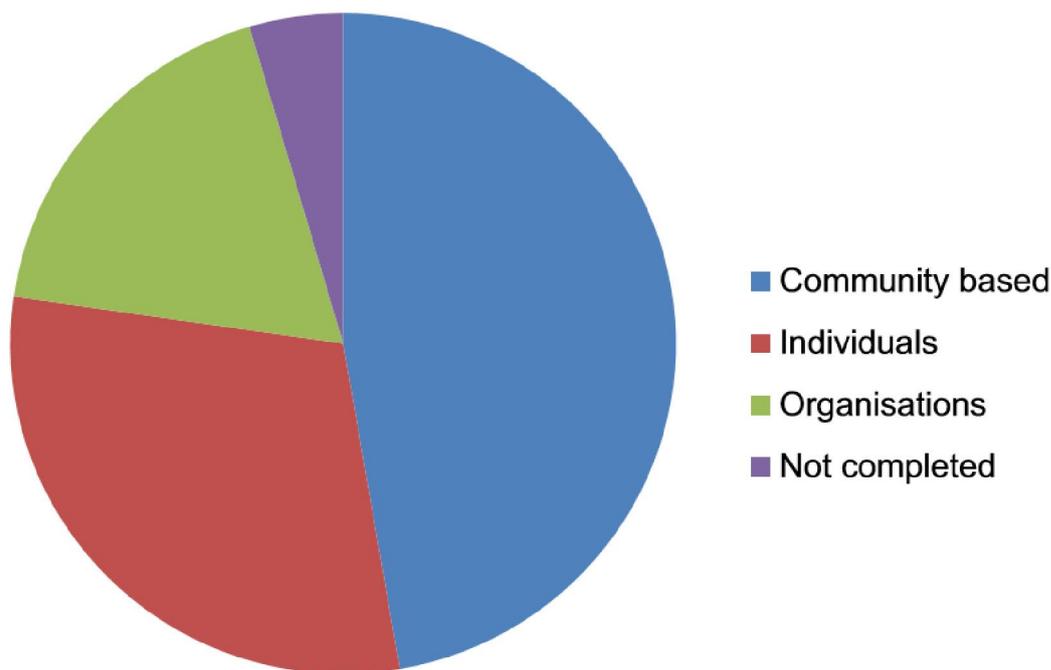
Τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου περιγράφονται ως εξής:

- Εγκατεστημένη ισχύς : 46kW
- Υδραυλικό ύψος : 2m
- Μήκος κοχλία Αρχιμήδη : 7.77m
- Ταχύτητα περιστροφής : 7 – 28 στροφές ανα λεπτό



Εικόνα 4.6 Ο υδροστρόβιλος στο Settle, UK. Φαίνεται ο κοχλίας του Αρχιμήδη [28]

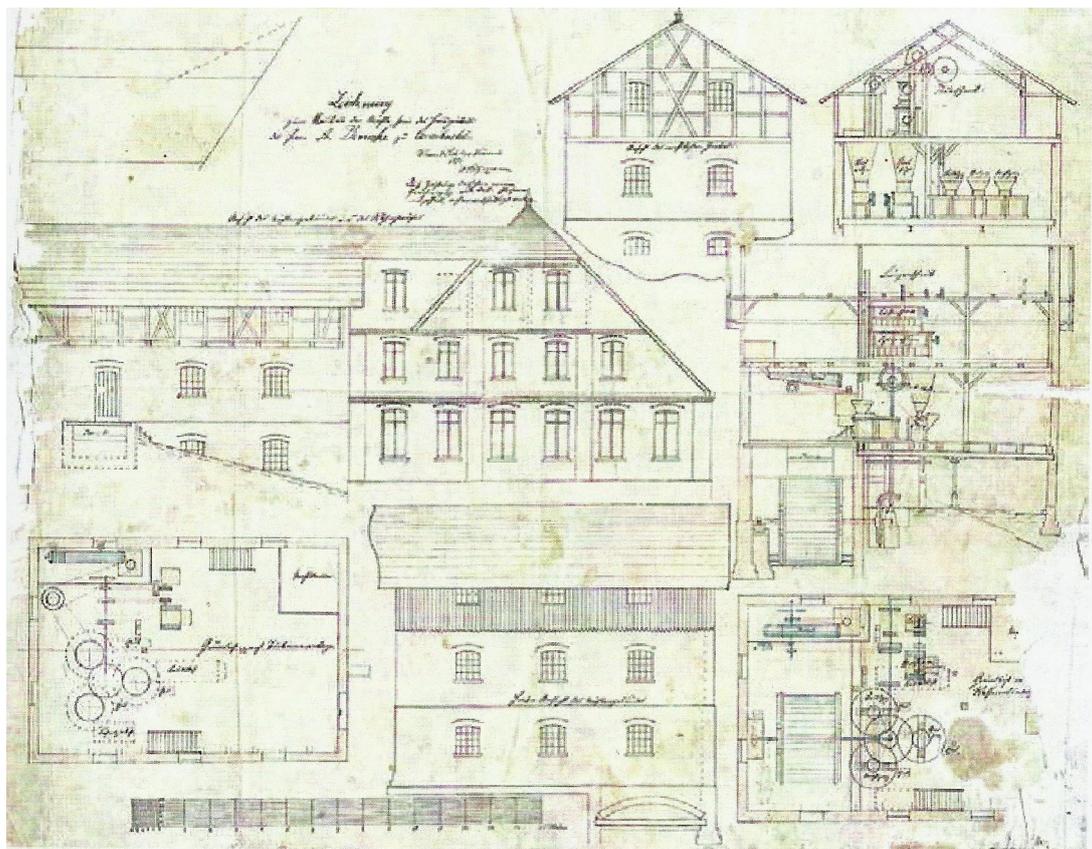
Συνολικά στο Ηνωμένο Βασίλειο υπάρχουν 106 θέσεις στις οποίες έχουν εγκατασταθεί ή είναι υπό κατασκευή μικρά υδροηλεκτρικά έργα [27]. Η μεγάλη ώθηση για την κατασκευή τους άρχισε μετά το 2005. Το πιο εντυπωσιακό στοιχείο είναι ότι το μεγαλύτερο ποσοστό για την εγκατάσταση αυτών των έργων ανήκει σε τοπικές κοινότητες, όπως φαίνεται και από το σχήμα 4.1



Διάγραμμα 4.1 Ποσοστό ιδιοκτησίας στα διάφορα μικροδρολεκτρικά έργα στην Μ. Βρετανία [27]

4.6 Πρακτικό παράδειγμα επιτυχούς συνεταιρισμού μικρού υδροηλεκτρικού έργου

Ο νερόμυλος Wassermuhle Karoxbostel στο Seevetal-Karoxbostel νότια του Αμβούργου αποτελεί παράδειγμα ενός επιτυχούς συνεταιρισμού μικρού υδροηλεκτρικού έργου. Η πρώτη τεκμηριωμένη αναφορά του νερόμυλου χρονολογείται στο έτος 1438 και έχει αναγνωριστεί επισήμως ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο. Μετά το θάνατο του τελευταίου μυλωνά το 2011 το κτίριο έμεινε άδειο, χωρίς καμία περαιτέρω χρήση. Το κτίριο άρχισε να φθείρεται και οι γείτονες ανέφεραν την κλοπή ιστορικών και παλαιών αντικειμένων. Για να αποφευχθούν περαιτέρω ζημιές και να σωθεί ο ιστορικός νερόμυλος, στις αρχές του 2012 πολίτες από το Seevetal και τις γύρω περιοχές δημιούργησαν έναν οργανισμό. Η δραστηριοποίησή τους μέσω αυτής της οργάνωσης έδωσε τη δυνατότητα στα μέλη να υποβάλουν αίτηση για ειδικές επιδοτήσεις (όπως ένα ειδικό ταμείο για τους υδρόμυλους στη Γερμανία). Το έργο λαμβάνει, μεταξύ άλλων, τις δωρεές της Γερμανικής Προστασίας Μνημείων (TrustDeutsche Stiftung Denkmalschutz) και του οργανισμού BINGO-Environment της Κάτω Σαξονίας (Niedersächsische Bingo-Umweltstiftung). Το έργο αυτό δεν είναι ένας συνεταιρισμός, καθώς ο οργανισμός δεν έχει ως στόχο να παράγει και να διανέμει κέρδη στα μέλη του, αλλά χρησιμεύει ως καλό παράδειγμα για το πώς δημιουργείται ένα παρόμοιο πρόγραμμα από πολίτες που θέλουν να συνεργαστούν υπό τη σκεπή κοινού ενδιαφέροντος. [29]



Εικόνα 4.7 Ιστορικός νερόμυλος Wassermühle Karoxbeustel (Verein) [29]

Παλαιότερα ο συγκεκριμένος νερόμυλος παρήγαγε αρκετή ενέργεια για τη λειτουργία ενός αλευρόμυλου και ενός υδρόμυλου ξυλείας. Ακόμα, υπήρχε μια γεννήτρια για παραγωγή ηλεκτρισμού. Αρκετές δεξαμενές τροφοδοτούσαν το νερόμυλο, οι οποίες έχουν συνολική έκταση 8 εκταρίων. Το σχέδιο του οργανισμού είναι να αναπαλαιωθεί ο νερόμυλος μέχρι το έτος 2017.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

5.1 Εισαγωγή

Η κατασκευή των παραδοσιακών υδρόμυλων είχε στόχο, την εποχή που δημιουργήθηκαν, να καλύψουν συγκεκριμένες ανάγκες ισχύος. Οι ανάγκες αυτές σχετίζονταν άμεσα με τα τεχνικά μέσα και την τεχνογνωσία του χρόνου κατασκευής τους. Για το λόγο αυτό παρατηρούμε ότι η μηχανική ισχύς των παλαιών υδραυλικών τροχών στις περιπτώσεις των υδρόμυλων επεξεργασίας σπόρων δεν ξεπερνά το 2kW έως 5Kw ενώ στους υδρόμυλους χαρτοποιίας είναι από 30kW έως 40kW. Είναι σημαντικό όταν ένας παραδοσιακός υδρόμυλος επαναλειτουργεί, με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρεί τα παραδοσιακά στοιχεία τόσο των κτιρίων όσο και της τοποθεσίας στην οποία βρίσκεται. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται και οι κοινωνικές αντιδράσεις οι οποίες ενδεχομένως να προκύπταν από τις μεγάλες αλλαγές.

Η περιορισμένη ισχύς των παραδοσιακών υδραυλικών τροχών επιτρέπει, όταν τεθεί εκ νέου σε λειτουργία με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, να αποδώσει κάποια έσοδα από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας, τα οποία επαρκούν ώστε να στηρίξουν τον κόστος συντήρησης και λειτουργίας του εξοπλισμού. Το γεγονός ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, δεν παρουσιάζει συχνά προβλήματα, ενώ παράλληλα ο υδρόμυλος είναι σε θέση να αυτοσυντηρείται μέσα από την αξιοποίηση των εσόδων του, καθιστά την αποκατάστασή των σταθμών σε οικονομικά βιώσιμα πλαίσια. Παράλληλα, οι εκάστοτε υδρόμυλοι μπορούν να λειτουργήσουν ως χώροι που στόχο έχουν την ενημέρωση του κόσμου για την τεχνολογία, τα οφέλη της υδροηλεκτρικής ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εν γένει. Όλα τα παραπάνω καθιστούν τους υδρόμυλους ιδιαίτερα δημοφιλείς από κοινωνικής και περιβαλλοντικής πλευράς.

Ένας παραδοσιακός υδρόμυλος προκειμένου να τεθεί εκ νέου σε λειτουργία θα πρέπει να υποστεί ορισμένες τεχνικές παρεμβάσεις σε ορισμένα σημεία. Αρχικά, είναι αναγκαίο να ελεγχθούν οι συνιστώσες προσαγωγής του νερού καθώς επίσης και οι διατάξεις ελέγχου της ροής. Επίσης, είναι σημαντικό τόσο το κτίριο όσο και ο χώρος στον οποίο θα γίνει η εγκατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού να μελετηθεί και να γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές. Τέλος, η επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, όπως για παράδειγμα ο υδραυλικός τροχός, το κιβώτιο ταχυτήτων κτλ., είναι σημαντικό να μελετηθούν και να διαμορφωθούν οι κατάλληλες τεχνικές προδιαγραφές.

5.2 Γενική διάταξη υδρόμυλων

Ο τρόπος λειτουργίας των υδρόμυλων είναι βασισμένος στον τρόπο με τον οποίο είναι η υδραυλική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε μηχανικό έργο. Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, λοιπόν, η ροή του νερού, τμηματικά ή εξ' ολοκλήρου, φτάνει στον τροχό μέσα από ένα σύστημα προσαγωγής.

Ανάμεσα στα συστήματα προσαγωγής του νερού υπάρχουν δύο τα οποία είναι τα πιο δημοφιλή. Το πρώτο παρεμβαίνει στη ροή του νερού εφόσον οδηγεί τη φυσική κοίτη να περνά μέσα από τον υδρόμυλο. Το δεύτερο, το οποίο εφαρμόζεται κυρίως σε τροχούς κάτω τροφοδοσίας, οδηγεί τη φυσική ροή σε ένα ανοικτό κανάλι το οποίο καταλήγει στον τροχό. Είναι σημαντικό η θύρα υδροληψίας να βρίσκεται ανάντη του τροχού προκειμένου, όταν ο υδρόμυλος είναι εκτός λειτουργίας, να είναι σε θέση να διακόπτει την παροχή.

5.3 Τεχνικός σχεδιασμός για αποκατάσταση Υδρόμυλων

Έως σήμερα, οι περισσότερες θέσεις των υδρόμυλων έχουν ήδη εντοπιστεί ενώ σε αρκετές περιπτώσεις έχουν ήδη ολοκληρωθεί τα έργα του πολιτικού μηχανικού, τα οποία βρίσκονται σε άμεση συνάφεια με την κατάσταση του σταθμού. Παρ' όλα αυτά, συχνά επικρατούν συνθήκες οι οποίες αποτρέπουν το έργο να προχωρήσει ή ακόμα και να αρχίσει. Σε αρκετές περιπτώσεις

υδρόμυλων προκύπτουν ζητήματα κληρονομιάς που ανακόπτουν την ανοικοδόμηση των σταθμών. Μάλιστα, ακόμα κι αν αυτός ο σκόπελος προσπεραστεί το μεγαλύτερο μειονέκτημα που συναντά κανείς σε αυτές τις εγκαταστάσεις είναι το γεγονός ότι από περιοχή σε περιοχή η κατάσταση της εγκατάστασης διαφέρει και για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να γίνονται εκ νέου μελέτες. Σχετικά με τα έργα του πολιτικού μηχανικού είναι δύσκολο να προκαθοριστούν, εφόσον εκτός από την τρέχουσα κατάσταση, υλικά που χρειάζονται, η προσβασιμότητα στο χώρο κ.ά. επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το κόστος της κατασκευής.



Εικόνα 5.1 Παραδοσιακός ξύλινος υδροτροχός

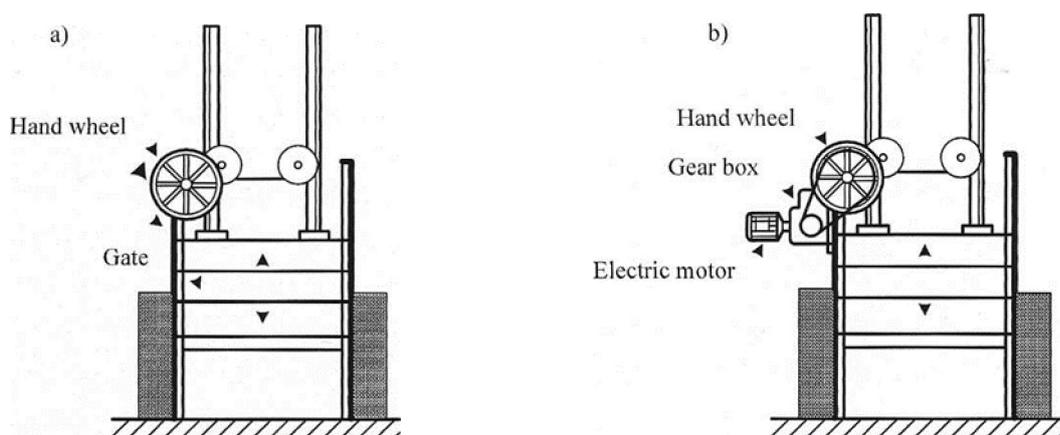
5.4 Τεχνικές δράσεις επαναλειτουργίας

5.4.1 Επισκευή συστήματος προσαγωγής νερού

Εάν παρατηρήσουμε προσεκτικά τις περιγραφές των συστημάτων προσαγωγής νερού στους υδραυλικούς τροχούς θα αντιληφθούμε ότι συχνά τα τμήματα που χρειάζονται να παρέμβουμε με σκοπό να τα επισκευάσουμε, να τα συντηρήσουμε ή ακόμα και να τα αντικαταστήσουμε είναι κυρίως τρία.

Το πρώτο σχετίζεται με το ανοικτό κανάλι, τη διώρυγα, στην οποία συνήθως συσσωρεύονται πληθώρα αντικειμένων τα οποία είναι αναντίρρητη ανάγκη να απομακρυνθούν. Επιπλέον, μελέτες και επισκευές είναι σημαντικό να γίνουν και στις εσωτερικές επιφάνειες της διώρυγας οι οποίες είναι κατασκευασμένες κάποια φορές από πέτρα και κάποιες άλλες από τσιμέντο. Το δεύτερο κομμάτι, που είναι αναγκαίο να εξετασθεί και ορισμένες φορές να αντικατασταθεί με ένα σύγχρονο θυρόφραγμα το οποίο θα λειτουργεί χειροκίνητα ή ηλεκτρικά, είναι η θύρα υδροληψίας. Ενδεικτική είναι η εικόνα 5.2, στην οποία απεικονίζεται ένα θυρόφραγμα σε ανοικτό κανάλι, το οποίο βλέπουμε ότι είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί και με τους δύο τρόπους. Είναι εξοπλισμένο και με τροχό χειρός προκειμένου να λειτουργεί χειροκίνητα αλλά και με ηλεκτρικό μοτέρ με αλυσίδα για χρήση σε αυτόματη λειτουργία.

Το τρίτο και τελευταίο τμήματα είναι η διάταξη (εσχάρα) συγκράτηση φερτών η οποία συχνά χρειάζεται να ελεγχθεί για πιθανή αντικατάστασή της.



Εικόνα 5.2 Πύλη προσαγωγής σε ανοιχτό κανάλι με a) χειροκίνητο και b) ηλεκτροκίνητο θυρόφραγμα

5.4.2 Επιδιόρθωση ή αντικατάσταση του υδραυλικού τροχού

Οι πρώτοι υδραυλικοί τροχοί νερού που κατασκευάστηκαν αλλά και άλλα μέρη των υδρόμυλων, αρχικά, ήταν ξύλινοι, γεγονός που βρίσκεται σε άμεση συνάφεια με την τεχνογνωσία, τα υλικά και τα διαθέσιμα μέσα της εκάστοτε περιόδου και της περιοχής. Καθώς οι εποχές προχωρούσαν άλλαζε και σταδιακά και ο τρόπος κατασκευής τους. Περί τα τέλη του 18ου αι. συναντάμε τροχούς και άλλα εξαρτήματα από σίδηρο χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι οι ξύλινες εγκαταστάσεις είχαν εγκαταλειφθεί εντελώς. Το κρίσιμο στοιχείο με αυτές τις κατασκευές, είτε είναι φτιαγμένες από μέταλλα είτε από ξύλο, είναι ότι δύσκολα μπορούν να επισκευαστούν. Συνήθως λόγω της υγρασίας και άλλων διαβρωτικών συνθηκών χρειάζονται μετά από λίγα χρόνια λειτουργίας να αντικατασταθούν.

Στους υδρόμυλους, ανάλογα με την κατασκευή, μπορεί κανείς να συναντήσει υδραυλικούς τροχούς που είναι τοποθετημένοι είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά του κτηρίου. Στην πρώτη περίπτωση κάνουμε λόγο για τροχούς οριζόντιου άξονα, οι οποίοι λόγω του μεγάλου μεγέθους τους εύκολα γίνονται αντιληπτοί. Οι τροχοί αυτού του τύπου σε περίπτωση που δεν επισκευάζονται είναι απαραίτητο να αντικατασταθούν από παρόμοιο τροχό του ίδιου τύπου και διαστάσεων, ο οποίος θα έχει κατασκευαστεί τόσο ο ίδιος όσο και η άτρακτος και τα έδρανα του με σύγχρονα υλικά. Ακόμα, όταν κάνουμε λόγο για εσωτερικού τύπου ατράκτος, γρανάζια, τροχαλία κλπ. που δεν είναι σε θέση να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχουμε τη δυνατότητα να τους αποκαταστήσουμε και να τους εκθέσουμε.

Στην Ελλάδα συναντάμε κυρίως τροχούς κατακόρυφου άξονα, οι οποίοι είναι κι αυτοί κατασκευασμένοι αρχικά από ξύλο και αργότερα από μεταλλικά φύλλα, και παρουσιάζουν όλοι παρόμοιο τρόπο λειτουργίας. Οι τροχοί αυτού του τύπου έχουν μέτριες διαστάσεις και κατατάσσονται στη δεύτερη περίπτωση τροχών, αυτών δηλαδή που είναι τοποθετημένοι

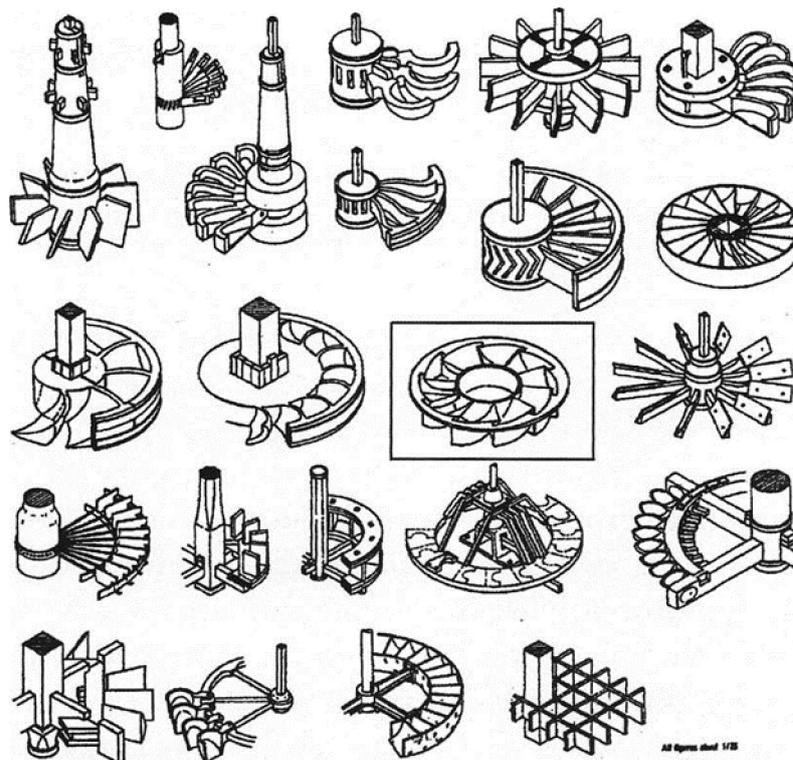
εσωτερικά του κτιρίου και πιο συγκεκριμένα βρίσκονται κάτω από το δάπεδο και δύσκολα γίνονται αντιληπτοί. Με την πάροδο του χρόνου οι τροχοί αυτοί σταδιακά αντικαταστάθηκαν με το δρομέα υδροστρόβιλων Turgo (εικόνα 5.3) Ένας υδρόμυλος για να παράξει εκ νέου ηλεκτρική ενέργεια οφείλει να αντικατασταθεί με έναν ισοδύναμης ισχύος δρομέα τύπου Turgo. Λόγω της θέσης του αρχικού τροχού η αντικατάστασή του από ένα σύγχρονο μέσο δεν επιφέρει αλλαγές στην εικόνα της συγκεκριμένης θέσης.

5.5 Εγκατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού

5.5.1 Μηχανική μετάδοση ισχύος

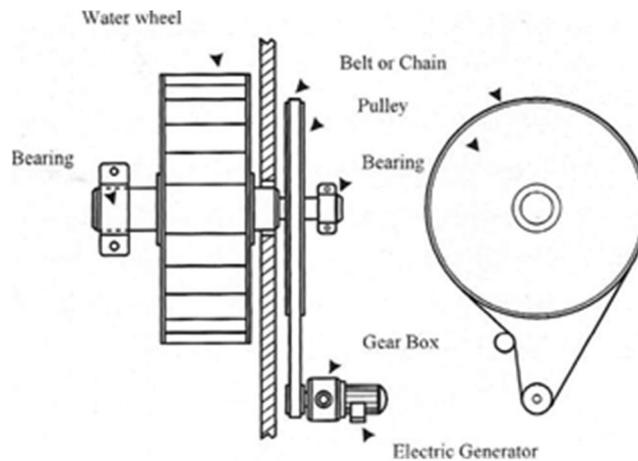
Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρειάζεται να συνδέσουμε ένα κιβώτιο ταχυτήτων (δρομέας-κιβώτιο ταχυτήτων-γεννήτρια). Στις περιπτώσεις των παραδοσιακών υδρόμυλων η ονομαστική ισχύς του τροχού είναι της τάξης 2-5 kW, επομένως ο σύγχρονος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός είναι μικρού μεγέθους. Για την καλύτερη αισθητική του χώρου θα μπορούσε να είναι «κρυμμένος» μέσα σε ένα ξύλινο κιβώτιο, ώστε να μην χαλάσει το παραδοσιακό στοιχείο του κτίσματος.

Το κιβώτιο ταχυτήτων (Gear Box) θα πρέπει να επιλεγεί, όπου χρειάζεται, με προσοχή (αφού έχει υψηλό κόστος και χρειάζεται συντήρηση) ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής του υδροτροχού και της ηλεκτρικής γεννήτριας.

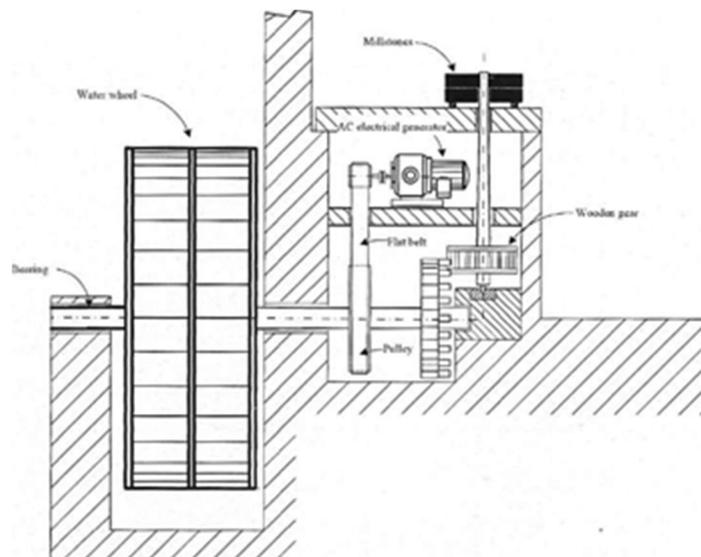


Εικόνα 5.3 Διάφοροι τύποι υδραυλικού τροχού κατακόρυφου άξονα. Ο τροχός είναι παρόμοιος με σύγχρονους υδροστρόβιλους Turgo(σύμφωνα με B. Moog, 1994) [29]

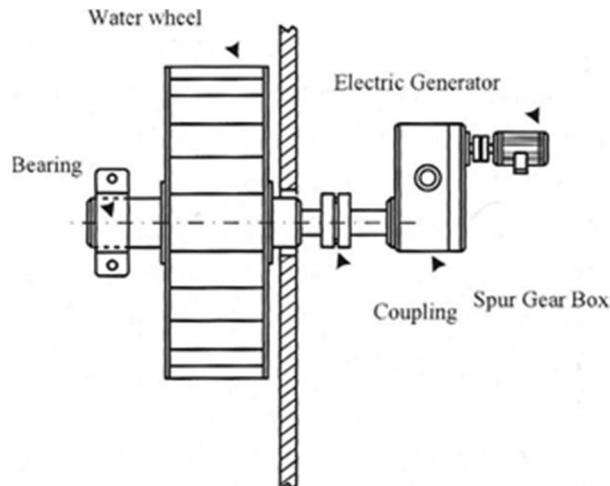
Παλαιότερα για να αυξήσουν την ταχύτητα περιστροφής, πχ της μολόπετρας χρησιμοποιούσαν τα γρανάζια με ξύλινη οδόντωση, ως την πιο συνηθισμένη μέθοδος μετάδοσης κίνησης. Ο εξοπλισμός αυτός, δεν μπορεί να βοηθήσει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο λόγος είναι ότι ακόμα και με μια μικρή αύξηση της ταχύτητας της μολόπετρας, η ταχύτητα της ηλεκτρικής γεννήτριας είναι πολλές φορές μεγαλύτερη. Έτσι, ένα σύστημα με τροχαλίες αλυσίδας ή ιμάντα είναι πιο κατάλληλο. Όμως, είναι αναγκαίο να εισαχθεί ένα κιβώτιο ταχυτήτων, η σχέση μετάδοσης του οποίου πρέπει να είναι της τάξης του 15:1 (λαμβάνοντας υπόψη ότι η συνολική σχέση μετάδοσης είναι ίση με 125:1).



Εικόνα 5.4 Μηχανική μετάδοση κίνηση με τροχαλία ιμάντα [29]

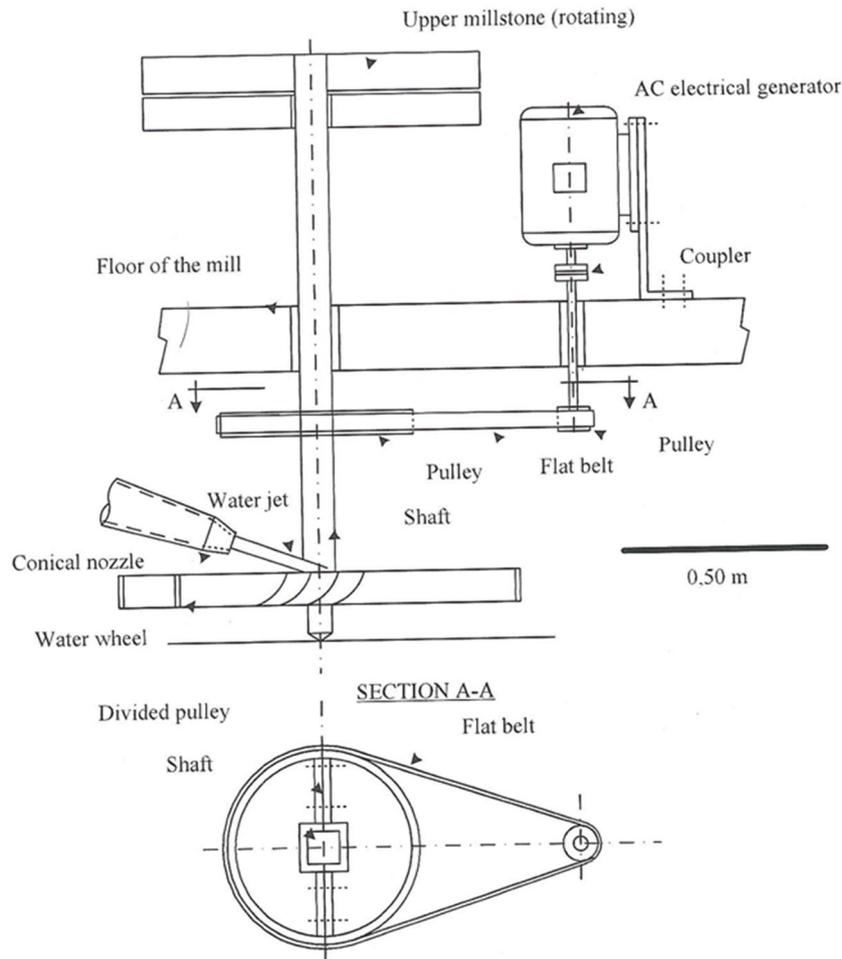


Εικόνα 5.5 Διάταξη συστήματος τροχαλιών και ηλεκτρικής γεννήτρια σε τροχό οριζόντιου άξονα όσο ο υδρόμυλος παραμένει σε λειτουργία [29]



Εικόνα 5.6 Μηχανική μετάδοση ισχύος με κιβώτιο ταχυτήτων [29]

Στο διάγραμμα 5.1 φαίνεται ένα ζεύγος τροχαλιών που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ροπής στην ηλεκτρική γεννήτρια για την περίπτωση ενός υδρόμυλου με τροχό κατακόρυφου άξονα (τύπος Turgo). Η πρώτη τροχαλία διαιρείται σε δύο μέρη, χωρίς καμία άλλη παρέμβαση στο αρχικό σύστημα. Η ηλεκτρική γεννήτρια είναι συνδεδεμένη με τη δευτερεύουσα τροχαλία με ένα σύνδεσμο και τελικά ένα κιβώτιο ταχυτήτων, προκειμένου να επιτευχθεί η ταύτιση της ταχύτητας περιστροφής με τις στροφές της ηλεκτρικής γεννήτριας. Σύμφωνα με αυτήν τη διαμόρφωση, η μηχανική ισχύς του τροχού μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για τη λειτουργία του υδρόμυλου (στην περίπτωση αυτή ο μάντας αφαιρείται ή απλά η γεννήτρια δεν είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο) είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (σε αυτήν την περίπτωση η άνω μολόπετρα ανυψώνεται από την χαμηλότερη, προκειμένου να περιστραφεί ελεύθερα). Ο υδροτροχός θα ήταν καλύτερο να αλλαχθεί με κάποιον σύγχρονο έτσι ώστε να έχουμε μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης του συστήματος.



Διάγραμμα 5.1 ζεύγος τροχαλιών που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ροπής στην ηλεκτρική γεννήτρια για την περίπτωση ενός υδρόμυλου με τροχό κατακόρυφου άξονα [29]

5.5.2 Εξοπλισμός για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η μηχανική ισχύς που παράγεται από την δευτερεύουσα άτρακτο μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια και ύστερα πηγαίνει στο ηλεκτρικό δίκτυο. Για την μετατροπή αυτή εκτός της ηλεκτρικής γεννήτριας είναι απαραίτητο να προβλεφθεί και ο αντίστοιχος ηλεκτρικός πίνακας. Για ονομαστική ισχύ της τάξης των 2 έως 30-40 kW, το μέγεθος της γεννήτριας είναι πολύ μικρό και αυτό οδηγεί και σε χαμηλού κόστους γεννήτριες. Εάν το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα διοχετεύεται σε ένα υπάρχον δίκτυο, ο πιο κατάλληλος τύπος γεννήτριας είναι η ασύγχρονη (επαγωγική) γεννήτρια, διαφορετικά θα πρέπει να εγκατασταθεί μία σύγχρονη γεννήτρια. Η ασύγχρονη γεννήτρια είναι φθηνότερη και απλούστερη στη συντήρηση από τη σύγχρονη, αλλά με χαμηλότερη απόδοση.

Ο ηλεκτρικός πίνακας περιλαμβάνει τις ασφάλειες, διακόπτες, μετρητές και συσκευές ασφαλείας κ.λπ. Το συνολικό μέγεθος του ηλεκτρικού πίνακα είναι πολύ μικρό (της τάξεως των 0.8X0.60X0.30m) και μπορεί εύκολα να στερεωθεί σε έναν πλευρικό τοίχο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

6.1 Γενικά

Η οικονομοτεχνική ανάλυση ενός υδροηλεκτρικού έργου έχει ως αντικείμενο την εξέταση της οικονομικής βιωσιμότητας της επένδυσης αυτής. Το κριτήριο της οικονομικής βιωσιμότητας μιας υδροηλεκτρικής εγκατάστασης εξαρτάται σημαντικά από το εάν η εγκατάσταση τροφοδοτεί ένα διασυνδεδεμένο ή ένα αυτόνομο ηλεκτρικό δίκτυο.

Στην περίπτωση μιας pico υδροηλεκτρικής εγκατάστασης ενδιαφέρει αποκλειστικά η περίπτωση της εν μέρει ή ολικής τροφοδοσίας ενός αυτόνομου ηλεκτρικού δικτύου. Η μονάδα παραγωγής διαστασιολογείται έτσι ώστε να καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του δικτύου, τόσο τις σημερινές όσο και τις αναμενόμενες μετά από μερικά χρόνια (π.χ. μετά από δέκα χρόνια). Βέβαια η διαστασιολόγηση εξαρτάται πρώτα και κύρια από το φυσικό περιβάλλον που αποτελεί και τον τροφοδότη της μονάδας.

Η οικονομική ανάλυση ενός pico υδροηλεκτρικού έργου, μετά την ολοκλήρωση των βελτιστοποιήσεων, συμπληρώνεται με τη χρηματοδοτική ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο χρηματοδότησης του έργου, το ποσοστό της επιδότησης (εάν αυτή υπάρχει) κτλ. Από την ανάλυση αυτή προκύπτει η αναμενόμενη χρηματοροή. Έτσι δημιουργείται η εικόνα αν το έργο μπορεί να καλύψει επαρκώς τις ανάγκες του, τόσο στο τομέα της συντήρησης όσο και λειτουργίας του.

6.2 Βασικές έννοιες της οικονομικής ανάλυσης

Προκειμένου να αξιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα ενός υδροηλεκτρικού έργου, χρειάζεται να ληφθούν υπόψη τα εξής:

Διάρκεια ζωής – Χρονικός ορίζοντας του έργου

Ένα pico υδροηλεκτρικό έργο, έχει συνήθως διάρκεια ζωής 15-30 χρόνια. Μετά το πέρας αυτής της χρονικής περιόδου, αποφασίζεται, ανάλογα με τις συνθήκες, το αν θα ανακατασκευαστεί πλήρως η αν θα ανανεωθεί ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του. Ο μέγιστος αριθμός των χρόνων για τα οποία θα γίνει η οικονομική ανάλυση, τον αποδίδεται με τον όρο «χρονικός ορίζοντας» [30]. Η σωστή επιλογή του χρονικού ορίζοντα του έργου είναι καθοριστική. Ο χρονικός ορίζοντας για τα pico υδροηλεκτρικά έργα είναι συνήθως 20 χρόνια.

Προεξοφλητικό επιτόκιο

Για να είναι δυνατή η ανάλυση της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου, απαιτείται να υπολογιστούν τα μελλοντικά χρηματικά ποσά (έσοδα ή έξοδα) σε σημερινή αξία. Η μετατροπή αυτή λέγεται προεξόφληση.

Υποθέτουμε ότι υπάρχει απουσία κινδύνου, αβεβαιότητας, πληθωρισμού. Το προεξοφλητικό επιτόκιο συνήθως υπολογίζεται τουλάχιστον ίσο με το επιτόκιο που δίνουν οι τράπεζες. Αυτό γίνεται διότι ο επενδυτής θα μπορούσε να προχωρήσει στην κατάθεση των κεφαλαίων σε μια τράπεζα και να εξασφαλίσει ένα ελάχιστο ποσό κέρδους.

Πληθωρισμός

Πληθωρισμός είναι το φαινόμενο της γενικής αύξησης των τιμών των αγαθών και των υπηρεσιών, όχι μόνο ορισμένων προϊόντων, σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ο πληθωρισμός μπορεί να είναι είτε θετικός, είτε αρνητικός (αποπληθωρισμός). Στην οικονομική ανάλυση ενός *risco* υδροηλεκτρικού έργου, που έχει μεγάλο χρονικό ορίζοντα, η επίδραση του πληθωρισμού δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια.

Αναγωγή σε παρούσα αξία

Εξαιτίας του μεγάλου χρονικού ορίζοντα, τα στοιχεία κόστους και οφέλους προκύπτουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, οπότε δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα. Χρειάζεται λοιπόν στην οικονομική ανάλυση να μετατραπεί η αξία των μελλοντικών ποσών σε σημερινές τιμές, δηλαδή στην παρούσα αξία τους.

Η μετατροπή της αξίας των μελλοντικών ποσών στην παρούσα αξία τους υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Ap = \frac{An}{(1 + r)^n}$$

Όπου:

Ap : παρούσα αξία

An : μελλοντικό ποσό που θα προκύψει μετά από n χρόνια

r : προεξοφλητικό επιτόκιο.

6.3 Κριτήρια αξιολόγησης

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται σύμφωνα με το βιβλίο του κ. Παπαντώνη «Μικρά υδροηλεκτρικά έργα» [31] οι τεχνικές και τα κριτήρια που απαιτούνται, προκειμένου να καθορίσουν την οικονομική βιωσιμότητα μίας *risco* υδροηλεκτρικής εγκατάστασης. Για να είναι δυνατή η εφαρμογή μίας μεθόδου οικονομικής ανάλυσης, πρέπει να είναι γνωστά τουλάχιστον τα ακόλουθα μεγέθη:

- Εγκατεστημένη ισχύς
- Ετήσια παραγωγή ενέργειας
- Συνολικό ύψος της επένδυσης (προϋπολογισμός του έργου)
- Τιμολόγιο πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος

- Χρονική περίοδος οικονομικής διαχείρισης
- Ετήσια λειτουργικά έξοδα (συντήρηση, ασφάλεια, μισθοί κτλ.)

Διάρκεια αποπληρωμής

Είναι η χρονική διάρκεια σε έτη, που απαιτείται ώστε τα γίνει ανάκτηση του κόστους της επένδυσης, και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{διάρκεια αποπληρωμής(έτη)} = \frac{\text{αρχικό κόστος επένδυσης}}{\text{ετήσια καθαρά κερδη}}$$

Το κριτήριο αυτό δεν επιτρέπει την κατάταξη διαφόρων υδροηλεκτρικών έργων κατά σειρά οικονομικής απόδοσης, καθώς δε λαμβάνει υπόψη την απόδοση της επένδυσης, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής.

Κριτήριο εσωτερικής απόδοσης της επένδυσης (IRR)

Με το κριτήριο εσωτερικής απόδοσης, εξετάζουμε κατά πόσο είναι οικονομικά βιώσιμο ένα έργο, αναζητώντας το κόστος κεφαλαίου που καθιστά την καθαρή παρούσα αξία μηδενική. Ως εσωτερικός βαθμός απόδοσης, ορίζεται το επιτόκιο (IRR- Internal Rate of Return) που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών. Η διαφορά μεταξύ του προεξοφλητικού επιτοκίου r , που γίνεται η αναγωγή στην παρούσα αξία και του επιτοκίου IRR, αφορά το γεγονός ότι το επιτόκιο r στην διάρκεια ζωής του έργου μπορεί να μεταβληθεί (αν αυξηθεί η καθαρή παρούσα αξία χρηματοροής μειώνεται) ενώ το IRR καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά πίνακα ταμειακών ροών, γι' αυτό λέγεται και εσωτερική απόδοση.

Ο τύπος που δίνει τον IRR είναι ο ακόλουθος:

$$ΚΠΑ = 0 = \sum_{\tau=1}^v \frac{ΚΤΡ_{\tau}}{(1 + IRR)^{\tau}} - E_0$$

όπου: $ΚΤΡ_{\tau}$ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ

E_0 = η αρχική επένδυση το χρόνο $\tau = 0$

v = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

IRR = το επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά την ΚΠΑ = 0

6.3.1 Κόστος παραγόμενης μονάδας ενέργειας

Το κόστος παραγόμενης μονάδας ενέργειας προκύπτει ως το κλάσμα που στο αριθμητή του έχει το σύνολο των ετήσιων δαπανών, ενώ στο παρονομαστή έχει την ενέργεια E (σε kWh) που

αναμένεται να παραχθεί σε ένα έτος. Οι συνολικές δαπάνες είναι το άθροισμα των ετήσιων δαπανών λειτουργίας και συντήρησης του έργου, που συμβολίζεται με A και των λειτουργικών δαπανών που συμβολίζεται με C .

Άρα το κόστος της παραγόμενης ενέργειας (kWh) θα είναι ίσο προς: $Ke = \frac{A+C}{E}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΥΔΡΟΜΥΛΟΥ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΩ ΓΙΑΝΝΑΙΟΥΣ , ΑΡΚΑΔΙΑΣ

7.1 Γενικά

Το case study της παρούσας εργασίας είναι η ανακατασκευή του παλαιού νερόμυλου που είναι γνωστός σαν μύλος Μωρογιάννη. Ο συγκεκριμένος μύλος βρίσκεται στο χωριό Κάτω Γιανναίων Αρκαδίας. Ο μύλος διαθέτει όλα τα προ απαιτούμενα για να θεωρηθεί ένα ενδεικτικό παράδειγμα τόσο από άποψη τεχνικής ανάλυσης όσο και οικονομικής. Ο μύλος Μωρογιάννη είναι κοντά στο ηλεκτρικό δίκτυο. Επίσης σημαντικό είναι ότι δεν είναι μέσα σε προστατευμένη περιοχή ή δεν θεωρείται ιστορικό μνημείο. Βασικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης εγκατάστασης είναι ότι είναι εύκολα προσβάσιμος από τον δρόμο, κάτι το οποίο μειώνει αρκετά τα έξοδα οδοποιίας, χωματουργικά κτλ. Η βασική χρήση του ήταν η άλεση σιταριού μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Από τότε ο μύλος είχε εγκαταλειφθεί και ανακατασκευάστηκε το 2006. Το κέλυφος του κτιρίου βρίσκεται σε εξαιρετική κατάσταση, κάτι που σημαίνει ότι τα έξοδα πολιτικού μηχανικού θα είναι ακόμα λιγότερα. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στο ότι υπάρχουν αρκετοί μύλοι διάσπαρτοι στην Ελλάδα που μπορούν να μοντελοποιηθούν με βάση την έρευνα που θα γίνει στο μύλο Μωρογιάννη.

Ο μύλος παρέχεται με νερά που προέρχεται από πηγή μέσω ενός τσιμεντένιου καναλιού 1500m μήκους και κατευθύνεται στον υδροστρόβιλο μέσω ενός καναλιού προσαγωγής 10 μέτρων.

Η μέγιστη παροχή νερού υπολογίζεται στα $250 \text{ m}^3 / \text{h}$ που πετυχαίνεται στις αρχές της άνοιξης. Η ελάχιστη ροή εντοπίζεται στις αρχές του φθινοπώρου και είναι $50 \text{ m}^3 / \text{h}$. Το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος του έργου υπολογίζεται περίπου στα 8 μέτρα [32]



Εικόνα 7.1 Υφιστάμενος υδροτροχός στο μύλο Μωρογιάννη

7.2 Η Ιστορία του νερόμυλου Μωρογιάννη

Ο νερόμυλος βρίσκεται στο χωριό Κάτω Γιανναίοι , Αρκαδίας. Η τροφοδοσία του έρχεται από τον ποταμό Καρνίων (ή αλλιώς Ξερίλας) , ο οποίος είναι παραπόταμος του ποταμού Αλφειού. Ο Καρνίων έχει συνεχή ροή καθ' όλο το έτος.Ο νερόμυλος Μωρογιάννη είναι λιθόκτιστος, παραδοσιακός υδρόμυλος των αρχών του 19ου αιώνα, ανατολικού τύπου (με οριζόντια φτερωτή) που λειτουργούσε μέχρι το 1973 από την οικογένεια Μωρογιάννη.

Στην Ελλάδα υπάρχουν και άλλοι αντίστοιχοι παραδοσιακοί νερόμυλοι. Οι περισσότεροι εντοπίζονται είτε στην Πελοπόννησο , είτε στη Δυτική Ελλάδα. Κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι ο νερομύλλος Φίλιας, Μεσσηνιας , ο νερόμυλος Πλατανιώτισας, ο νερόμυλος στο Δυρράχι. Επίσης ενδεικτικός αναπαλαιωμένος νερόμυλος είναι ο παραδοσιακός νερόμυλος στον Άγιο Γερμανό, στις Πρέσπες, που διακρίθηκε στα βραβεία Πολιτιστικής Κληρονομιάς.



Εικόνα 7.2 Κτίριο μύλου Μωρόγιαννη

7.3 Νομοθετικό πλαίσιο Ελλάδος

7.3.1 Γενικά

Το συγκεκριμένο έργο συγκαταλέγεται στα άρθρα που αφορούν τα έργα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και ακόμα πιο συγκεκριμένα στα ΜΗΥΕ. Στην παρακάτω ενότητα παρουσιάζονται, συνοπτικά, το νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει στην Ελλάδα.

Το θεσμικό πλαίσιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ) στην Ελλάδα καθοριζόταν μέχρι τον Αύγουστο του 2016 από το νόμο 2244/94. Τον Αύγουστο του 2016 ψηφίστηκε από τον Βουλή ο νόμος Ν.4416/16, που τροποποιεί κάποια άρθρα προηγούμενων νόμων. Οι βασικοί νόμοι που έχουν ψηφιστεί από την δεκαετία του 1990 και μετά είναι οι ακόλουθοι:

- Ν. 4416/2016: «Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης - Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις.»

Από τις 9 Αυγούστου 2016 ο νόμος που είναι σε ισχύ για τα ΑΠΕ είναι ο Ν. 4416/2016. Ο νόμος αυτός έρχεται να συνεχίσει και να εξελίξει την στήριξη στις επενδύσεις των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Μεγαλώνει την τιμή πώλησης της kWh για τις ΑΠΕ, ενώ δίνει νέα bonus – ειδικότερα στις ΑΠΕ

που σχετίζονται με την αιολική ενέργεια. Είναι ακόμα νωρίς για να ξέρουμε πώς ακριβώς τελικά θα επιδράσει στην επιχειρηματική δραστηριότητα.

- Ν. 2244/94 «Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»

Ο νόμος αυτός άλλαξε σημαντικά το τοπίο επιχειρώντας να δώσει ισχυρά οικονομικά κίνητρα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα με την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων. Η βασική κατεύθυνση του ν.2244/94 εναρμονίζεται με τα μέτρα και τις διατάξεις που ισχύουν σχεδόν σε όλες τις χώρες της ΕΕ με σκοπό την αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο. Τα κύρια σημεία του ν. 2244/94 μπορούν να συνοψισθούν στα παρακάτω:

Επιτρέπεται η παραγωγή και διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας από ανεξάρτητους παραγωγούς (ΑΠ) εφ' όσον χρησιμοποιούνται ΑΠΕ.

Επιβάλλεται στη ΔΕΗ η υποχρέωση να αγοράζει την ενέργεια που παράγεται από ανεξάρτητους παραγωγούς.

Προσφέρονται ιδιαίτερα ελκυστικές και σχετικά σταθερές τιμές στους ΑΠ από ΑΠΕ που συνδέονται με τα τιμολόγια των καταναλωτών.

Παρέχεται σταθερό επιχειρησιακό περιβάλλον με τη σύναψη μακροχρόνιων (10ετών) συμβολαίων αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

- Ν. 2773/99 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας- Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις».

Ο νόμος αυτός καθορίζει το βασικό πλαίσιο ρύθμισης της απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και άρχισε να ισχύει από τον Φεβρουάριο του 2001 σύμφωνα με την Οδηγία 96/92 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο νόμος αυτός προβλέπει:

Την σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) ως ανεξάρτητης και αυτοτελούς διοικητικής αρχής που εποπτεύεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης και τις αρμοδιότητές της.

Την σύσταση του Διαχειριστή του Ηλεκτρικού Συστήματος που θα εποπτεύεται από την ΡΑΕ

Την απελευθέρωση της παραγωγής και εκμετάλλευσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, Συμπαράγωγή αλλά και από συμβατικά καύσιμα

Την μετατροπή της ΔΕΗ σε Ανώνυμη Εταιρεία.

Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζονται οι νόμοι σχετικά με ΑΠΕ στην Ελλάδα.

ΑΠΕ-ΓΕΝΙΚΑ			
Έτος	ΦΕΚ	Νόμος	Περιγραφή
2016	A- 149	4414	Νέο καθεστώς στήριξης των ΑΠΕ

2004	B-117	ΥΑ0-5404	Αναπροσαρμογή ετήσιων ανταποδοτικών τελών για το 2004.
2003	B-73	ΥΑ0-2489	Αναπροσαρμογή ετήσιων ανταποδοτικών τελών για το έτος 2003
2003	B-410	ΥΑΔ6/Φ1/5000	Τροπ. της Α 2000/02 Εκδ. αδειών εγκατάστασης-λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρ. ενέργειας
2003	B-654	ΥΑ1644	Συμπλήρωση του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος (ΦΕΚ 654/Β/2001).
2003	B-496	ΥΑ496	Προσδιορισμός ειδικού τέλους άρθρου 40 παρ. 3 εδάφ. (γ) Ν. 2773/1999 για το έτος 2003
2002	A-54	N 2992	Μέτρα για την ενίσχυση της κεφαλαιαγοράς και την ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας και άλλες διατάξεις
2002	A-17	ΠΔ 22	Σύναψη Συμβάσεων ύδατος, μεταφορών, ενέργειας, τηλεπ/νίων
2002	B-158	ΥΑΔ6	Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής Η/Ε, με χρήση ΑΠΕ και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ενέργειας.
2001	B-826	ΥΑΔ6	Ανταποδοτικό τέλος υπέρ ΟΤΑ από παραγωγούς ενέργειας
2001	B-654	ΥΑΔ5	Έγκριση κώδικα διαχ. Συστημ.
2001	B-623	ΥΑΔ5	Έγκριση κώδικα συναλ. Η/Ε
2001	B-508	ΥΑΔ6	Έκδοση αδειών λειτουργίας
2001	B-43	ΥΑΔ5	Τέλη άσκησης δραστηρ/τας Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας
2001	B-360	ΥΑΔ5	Κανονισμός άδειας διαχ/σης
2001	B-270	ΥΑ4524	Κώδικας προμήθειας
2001	B-1423	ΥΑΔ5	Κώδικας Προμήθειας σε Πελάτες, (Μη Επιλέγοντες Πελάτες).
2001	A-201	N2941	Απλοποίηση διαδ. για ΑΠΕ
2001	A-128	N 2919	Έρευνα - Τεχνολογία, ΑΕ, Ιδιωτ. Ασφάλεια, Ιδιωτικοποιήσεις κλπ
2001	A-121	ΠΔ139	Ρυθμ. Αρχή Ενέργειας: Καν/σμός Εσωτ. Λειτουργίας Διαχείρισης

2000	B-764	YA397	Μετάβαση αρ/των Δ/νσεων ΥΠΑΝ
2000	B-1498	YAΔ5	Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας
2000	A-45	ΠΔ57	Προμήθειες σε τομείς ύδατος, ενέργειας, τηλεπικοινωνιών ΕΟΚ
2000	A-268	ΠΔ328	Διαχειριστής Συστ/τος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
2000	A-251	N2860	Διαχείριση Κοινοτικού πλαισίου
2000	A-243	N2854	Δικαστ. προστασία σε συμβάσεις ύδατος, ενέργειας
2000	A-178	N2837	Ρύθμιση θεμάτων ανταγωνισμού ΡΑΕ
1999	B-1560	YAΔ6	Κρήτη Ρόδος κτλ.
1999	B-120	YA2190	Ρύθμιση θεμάτων σύνδεσης στο διασυνδεδεμένο σύστημα της ΔΕΗ σταθμών ανεξάρτητης ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
1999	A-286	N2773	Απελευθέρωση Αγοράς Η/Ε κτλ.
1998	B-527	YA557	Προϋποθέσεις υπαγ. Στον αναπτ.
1998	A-237	N2647	Μετάβαση αρμοδιοτήτων σε περιφέρειες
1997	A-107	N2503	Ρύθμιση θεμάτων Τοπικής αυτοδιοίκησης
1996	B-766	YA13129	Προσδιορισμός παραβάσεων και καθορισμός διαδικασίας επιβολής σχετικών κυρώσεων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.
1996	B-449	YAΔ6	Προγραμμ.συμφωνία ΔΕΗ-τρίτων για μονάδες συμπαραγωγής
1996	B-136	YA305	τροπ.Ν.προστ.περ/ντος
1996	A-81	N2601	Ενισχύσεις ιδ. επενδύσεων κτλ.
1995	B-385	YAΔ6	Σταθμοί Η/Π από ΑΠΕ
1995	B-355	YAΔ6	Σταθμοί Η/Π από ΑΠΕ
1995	A-269	ΠΔ456	Κωδ/ση διατάξεων επενδ. κινήτρων
1995	B- 766	YAΔ6	Τροπ.ΥΑ Δ6/ΦΙ/ΟΙΚ. 8295/95 (ΔΕΗ-ανεξάρτητος παραγωγός)
1994	B-871	YA952	έγκριση περιβ. όρων από νομαρχία
1994	A-90	N 2218	Νομ/κη αυτοδ/ση ΟΤΑ κτλ.

1994	A-75	N 2214	Αντικειμενικό σύστημα φορολογίας εισοδήματος και άλλες διατάξεις.
1994	A-168	N2244	Νόμος για Η/Π από ΑΠΕ
1994	A-142	N2234	Τροπ. Ν. 1892/1990 περί εκσυγχρονισμού και αναπτύξεως
1993	A-38	ΠΔ92	Αρμοδιότητες που διατηρούνται από Υ.Βιομηχ.
1991	B-35	ΥΑ226	Αξιολόγηση κτλ επενδύσεων
1990	B-678	ΥΑ692	Περιβάλλον. Κατηγορίες έργων - Μελέτες Περιβ. Επιπτώσεων κλπ.
1990	A-101	N1892	Επενδυτικός
1987	B-761	ΥΑ2708	Δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση αδειών ίδρυσης, εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής
1987	A-8	ΠΔ35	Αρμόδια όργανα κτλ εκτέλεσης έργων ΔΕΗ
1987	A-167	ΠΔ375	Ίδρυση Νομικού Προσώπου Ιδιωτικού Δικαίου με την επωνυμία Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενεργείας (Κ.Α.Π.Ε.).
1986	B-201	ΥΑ252	Δικαιολογ. Ίδρυσης σταθ. Η/Π

Πίνακας 7.1 Νομοι που αφορούν τις ΑΠΕ [33]

7.3.2 Νομοθεσίες σχετικά με Υδροηλεκτρικά έργα

- Ν. 1739/1987: «Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις».

Με το νόμο αυτό ορίζονται οι έννοιες των υδατικών πόρων, τα μέτρα και οι δραστηριότητες διαχείρισης τους, τα υδατικά διαμερίσματα και τα υδατικά ισοζύγια, καθώς και οι αρμόδιες αρχές κατά κατηγορία χρήσης των υδατικών πόρων.

Ο νόμος αυτός προβλέπει τη διαδικασία προγραμματισμού ανάπτυξης υδατικών πόρων, βασικές διατάξεις έρευνας και έργων αξιοποίησης υδατικών πόρων, χρήσης νερού καθώς και διατήρησης και προστασίας υδατικών πόρων.

- Υ.Α. 12160/30.7.1999 ΥΠΑΝ: «Διαδικασία επιλογής υποψηφίων ηλεκτροπαραγωγών για έκδοση αδειών εγκατάστασης μικρών υδροηλεκτρικών έργων με τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού της χώρας»

Στην απόφαση αυτή:

- προβλέπονται οι απαιτήσεις των τεχνικών προμελετών υδροηλεκτρικών έργων ανεξάρτητων παραγωγών και αυτοπαραγωγών, σύμφωνα με τον Ν.2244/94.
- ορίζεται διαδικασία αξιολόγησης των επενδυτικών σχεδίων σύμφωνα με τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού της χώρας, για υδροηλεκτρικούς σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος έως 10 MW.

Στον πίνακα 7.2 παρουσιάζονται οι νόμοι σχετικά με τα Υδροηλεκτρικά έργα στην Ελλάδα

ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ			
Έτος	ΦΕΚ	Νόμος	Περιγραφή
2003	A - 280	N 3199	Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ
2002	A - 91	N 3010	Εναρμόνιση του Νόμου 1650/86 (προστασία περιβάλλοντος), υδατορέματα κλπ.
2001	B-253	ΥΑοικ	Περιορισμοί για την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος
1999	B-1552	ΥΑ12160	Διαδικασία επιλογής υποψηφίων ηλεκτροπαραγωγών για έκδοση αδειών εγκατάστασης μικρών υδροηλεκτρικών έργων
1996	A-210	N2437	Σύμβαση με ΑΤΡ για έργα εκτροπής Αχελώου κλπ.
1996	B-766	ΥΑ13129	Προσδιορισμός παραβάσεων και καθορισμός διαδικασίας επιβολής σχετικών κυρώσεων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής
1991	B-323	ΥΑ556	Προστασία υδάτινου περιβάλλοντος - υγρά απόβλητα
1989	A -121	ΠΔ 256	Άδεια χρήσης νερού
1989	B-383	ΥΑΦ16/5813	Άδεια εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων από ΝΠΙΔ
1987	A-201	N1739	Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις

Πίνακας 7.2 Νομοθεσίες που αφορούν τα υδροηλεκτρικά έργα [33]

7.4 Διατήρηση οικολογικής παροχής

Η ελάχιστη απαιτούμενη παροχή προσδιορίστηκε σύμφωνα με την ΚΥΑ 49828/2008 (ΦΕΚ Β 2464 // 03.12.2008) περί του «Ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» του (πρώην) Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Συγκεκριμένα, η ελάχιστη απαιτούμενη οικολογική παροχή λαμβάνεται / θεωρείται ως το μέγιστο από τα παρακάτω μεγέθη:

•30% της μέσης παροχής των θερινών μηνών (Ιουνίου - Ιουλίου – Αυγούστου)

•50% της μέσης παροχής του μήνα Σεπτεμβρίου

ή • 30 litre/s σε κάθε περίπτωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο ΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΟΣ ΜΙΚΡΟΥ ΥΗΕ

Το συνολικό κόστος ενός μικρού ΥΗΕ μπορεί να αναλυθεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. Κόστος έργων πολιτικού μηχανικού,
2. Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού
3. Κόστος σύνδεσης με το δίκτυο.

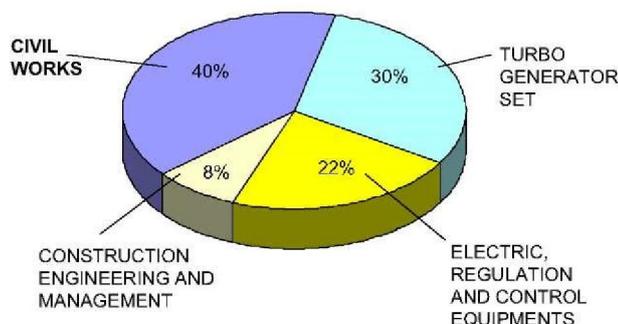
Η περαιτέρω ανάλυση των 3 αυτών συνιστωσών του συνολικού κόστους του ΜΥΗ σταθμού έχει ως εξής:

1. Το κόστος των έργων πολιτικού μηχανικού (ΚΓ) προκύπτει ως άθροισμα του κόστους των ακόλουθων κύριων συνιστωσών :
 - a. κόστος υδροληψίας
 - b. κόστος εκχειλιστή
 - c. κόστος διώρυγας προσαγωγής
 - d. κόστος αγωγού προσαγωγής
 - e. κόστος δεξαμενής φόρτισης
 - f. κόστος οδών προσπέλασης
 - g. κόστος κτηρίου ΥΗΣ.
2. Το κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (ΚΜ) προκύπτει ως άθροισμα του κόστους των ακόλουθων κύριων συνιστωσών:
 - a. κόστος υδροστροβίλων
 - b. κόστος ρυθμιστή στροφών
 - c. κόστος του μετασχηματιστή ισχύος

- d. κόστος γεννήτριας
- e. κόστος των ηλεκτρικών πινάκων.
- f. κόστος οργάνων διακοπής

3. Το κόστος σύνδεσης με το δίκτυο (Κσ) αποτελεί μία γνωστή (φιξαρισμένη) τιμή, η οποία καθορίζεται από τον διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Το συνολικό κόστος επένδυσης Κ προκύπτει ως: $K = KG + KM + Kσ$ [34]



Εικόνα 8.1 Εκτίμηση κατανομής κόστους ανάλογα το είδος της εργασίας [35]

8.1 Προϋπολογισμός του έργου

Στο συγκεκριμένο έργο ανακατασκευής ενός παραδοσιακού νερόμυλου το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι το κόστος του ΥΗΣ που απαιτείται για έργα πολιτικού μηχανικού είναι πολύ μικρότερο από το συνηθισμένο. Ο λόγος είναι το κτίριο είναι υφιστάμενο, όπως και τα κανάλια προσαγωγής και απαγωγής. Το μόνο που χρειάζεται να υπολογιστεί είναι η συντήρηση των καναλιών, που όμως είναι σχεδόν αμελητέο κόστος. Βασική μετατροπή θα γίνει στο κομμάτι του στροβίλου αφού σύμφωνα με τις έρευνες οι παραδοσιακοί νερόμυλοι φτάνουν σε απόδοση το 24%, ενώ οι κλασσικοί οριζόντιου τύπου υδροτροχοί στο 60%. Ακόμα οι σύγχρονοι pico- υδραυλικοί impulse στροβιλομηχανές ξεπερνάνε το 80%. [36]

Για την προγραμματιζόμενη επένδυση θα απαιτηθούν οι παρακάτω συνοπτικά περιγραφόμενες επενδύσεις σε κύριες και βοηθητικές μονάδες:

- υδροστρόβιλος τύπου Turgo,
- υδραυλική μονάδα ελέγχου και υδραυλική βάννα φραγής,
- τριφασική γεννήτρια,
- δοκιμές εγκατάστασης, θέση σε λειτουργία του εξοπλισμού.

Επίσης προβλέπεται η σύνταξη μελετών και η επίβλεψη της εκτέλεσης του έργου, καθώς και η σύνδεση του σταθμού με το δίκτυο χαμηλής τάσης.

8.2 Τα οικονομικά χαρακτηριστικά του έργου

Προκειμένου να εκτιμηθούν τα χρηματοοικονομικά χαρακτηριστικά του έργου, γίνονται ορισμένες υποθέσεις (σενάρια), όπως παρακάτω:

Ανάλυση προβλεπόμενων πρώτων υλών: Δεν υπάρχει υπολογισμός κόστους πρώτων υλών, γιατί το νερό είναι μια μορφή πρωτογενούς ενέργειας, είναι δωρεάν και αξιοποιείται για την μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια.

Κατανάλωση ενέργειας: Για να υπάρχει ομαλή και συνεχής λειτουργία, χρησιμοποιείται τριφασικό ρεύμα από το δίκτυο της ΔΕΗ.

Τέλη & Δημοτικοί Φόροι: Οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ υποχρεούνται στην καταβολή τέλους 3% του κύκλου εργασιών τους στο δήμο της περιοχής εγκατάστασής τους.

Κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης: Προβλέπεται προκειμένου να συμπεριληφθεί στο κόστος παραγωγής και αφορά το κόστος που προκύπτει από την προγραμματισμένη συντήρηση της εγκατάστασης προκειμένου να υπάρχει ομαλή λειτουργία, καθώς επίσης και το κόστος που μπορεί να προκύψει από απρόβλεπτες ζημιές και φθορές μηχανημάτων η άλλων λειτουργικών τμημάτων της μονάδας. Λαμβάνεται δε υπόψη και η απώλεια εσόδων που θα προκύψει όσο η μονάδα παραμένει εκτός λειτουργίας, λόγω συντήρησης.

8.3 Έσοδα έργου

Τα έσοδα του έργου θα έρθουν κατά κύριο λόγο μέσα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας. Η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι συνάρτηση δύο βασικών παραγόντων: της τιμής πώλησης αλλά και του επιπέδου διείσδυσης.

Τιμή πώλησης

Στην χώρα μας τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης του τομέα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Έχουν θεσπιστεί κίνητρα ώστε να πραγματοποιηθούν επενδύσεις, που αφορούν και τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Σημαντικό είναι η σταθερή τιμή πώλησης στο δίκτυο διανομής, για μεγάλο χρονικό διάστημα (20 χρόνια με δυνατότητα επέκτασης). Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται μια μίνιμουμ κερδοφορία στους επενδυτές. Η τιμή πώλησης στο δίκτυο διανομής για το έργο, που ανήκει στην κατηγορία των ΜΥΗΕ με παραγωγή μικρότερη των 5MWh, είναι 100€/ MWh

Διείσδυση στο δίκτυο.

Η διείσδυση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα σύνθετο ζήτημα. Εξαρτάται από το νομικό πλαίσιο, από την ζητούμενη ενέργεια αλλά και από το σύνολο των ήδη εγκατεστημένων μονάδων ΑΠΕ ή μη. Επίσης χρειάζεται διαφορετική προσέγγιση για τα νησιά και διαφορετική για σταθμούς στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Βέβαια και στις δύο προηγούμενες κατηγορίες «κρύβεται» η απόδοση του ΜΥΗΕ. Απόδοση που δεν είναι 100% προβλέψιμη αφού υπάρχει πάντα η τυχαιότητα στη ροή του ποταμού όσο τα ακραία καιρικά φαινόμενα, που βεβαίως δεν μπορούν να προβλεφθούν – ειδικά σε βάθος 20ετίας. Στο συγκεκριμένο σενάριο θα υποθέσουμε ότι δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στην διείσδυση του pico-υδροηλεκτρικού έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο

ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΡΙΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ ΣΤΟ ΜΥΛΟ ΜΩΡΟΓΙΑΝΝΗ.

9.1 Μεθοδολογία μελέτης

Αρχικά θα υπολογίσουμε την ενέργεια που παράγεται ετησίως και θα χαράξουμε την καμπύλη διάρκεια της παραγόμενης ισχύος από το ΥΗΕ.

Τα βήματα που ακολουθούμε είναι:

α) Επιλογή του τύπου του υδροστροβίλου, της τιμής του ολικού βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου και γεννήτριας

β) Η χάραξη της καμπύλης διάρκειας της διαθέσιμης παροχής με 20 σημεία τουλάχιστον από τις τιμές παροχών αφού προηγουμένως αφαιρεθεί την παροχή συντήρησης ίση προς το 30% της μέσης παροχής των μηνών Ιουνίου, Ιουλίου και Αυγούστου.

γ) Καθορισμός του κανονικού σημείου λειτουργίας του υδροστροβίλου επιλέγοντας την κανονική παροχή ίση προς την Q_{40} , δηλ. ίση προς αυτή που αντιστοιχεί στην τιμή 40% της καμπύλης διάρκειας της διαθέσιμης παροχής.

δ) Υπολογισμός της ενέργειας που παράγεται ετησίως

Στους υπολογισμούς αγνοούνται οι υδραυλικές απώλειες. Ο λόγος είναι ότι η διάμετρος του αγωγού προσαγωγής που είναι ήδη υφιστάμενος είναι $D=70\text{cm}$. Έτσι η ταχύτητα μέσα στον αγωγό είναι πολύ χαμηλή, περίπου $0,09\text{ m/s}$, και έτσι δεν επηρεάζει αισθητά το ωφέλιμο υδραυλικό ύψος.

9.2 Παροχή υδατορέματος

Στο πίνακα 9.1 παρουσιάζονται τυπικές τιμές για ροής του ποταμού Καρνέων, από τον οποίο τροφοδοτείται το έργο. Οι τιμές αυτές είναι σε βάθος 10ετίας ώστε να υπάρχει καλύτερη πρόβλεψη και να μην βασιστεί η μελέτη σε μια χρονιά που μπορεί να υπήρχαν ακραία καιρικά φαινόμενα (ξηρασία ή έντονες βροχοπτώσεις)

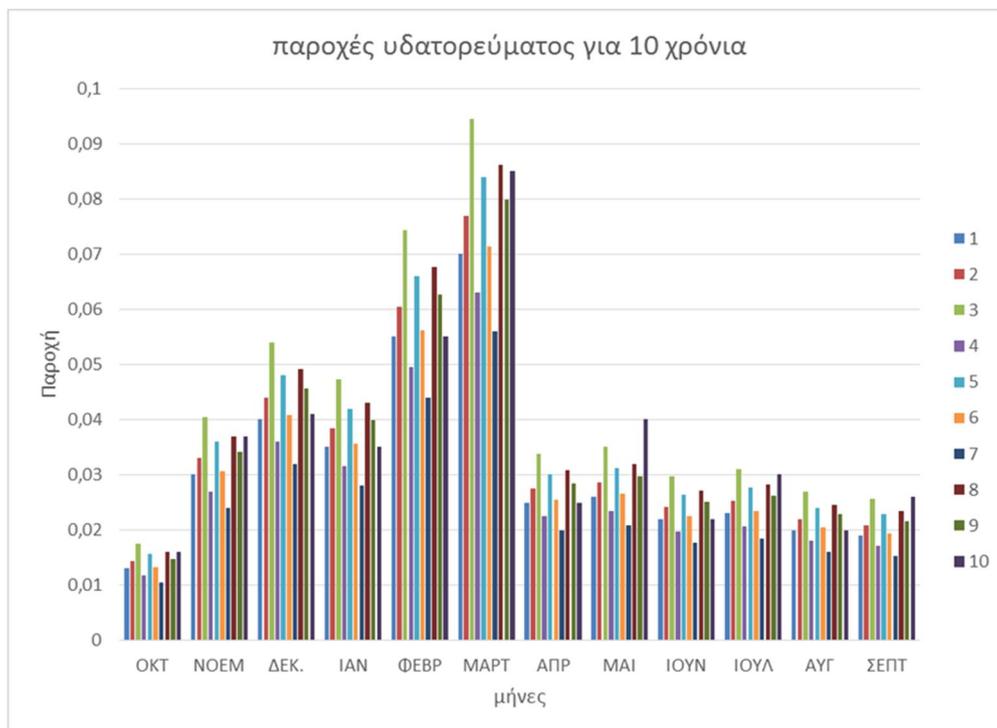
ΠΑΡΟΧΕΣ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΚΤ	0,013	0,0143	0,01755	0,0117	0,0156	0,01326	0,0104	0,01599	0,01482	0,016
ΝΟΕΜ	0,03	0,033	0,0405	0,027	0,036	0,0306	0,024	0,0369	0,0342	0,037
ΔΕΚ.	0,04	0,044	0,054	0,036	0,048	0,0408	0,032	0,0492	0,0456	0,041
ΙΑΝ	0,035	0,0385	0,04725	0,0315	0,042	0,0357	0,028	0,04305	0,0399	0,035
ΦΕΒΡ	0,055	0,0605	0,07425	0,0495	0,066	0,0561	0,044	0,06765	0,0627	0,055
ΜΑΡΤ	0,07	0,077	0,0945	0,063	0,084	0,0714	0,056	0,0861	0,0798	0,085
ΑΠΡ	0,025	0,0275	0,03375	0,0225	0,03	0,0255	0,02	0,03075	0,0285	0,025
ΜΑΙ	0,026	0,0286	0,0351	0,0234	0,0312	0,02652	0,0208	0,03198	0,02964	0,04
ΙΟΥΝ	0,022	0,0242	0,0297	0,0198	0,0264	0,02244	0,0176	0,02706	0,02508	0,022
ΙΟΥΛ	0,023	0,0253	0,03105	0,0207	0,0276	0,02346	0,0184	0,02829	0,02622	0,03
ΑΥΓ	0,02	0,022	0,027	0,018	0,024	0,0204	0,016	0,0246	0,0228	0,02
ΣΕΠΤ	0,019	0,0209	0,02565	0,0171	0,0228	0,01938	0,0152	0,02337	0,02166	0,026
Μ.Ο.	0,0315	0,03465	0,042525	0,02835	0,0378	0,03213	0,0252	0,03875	0,03591	0,036

Πίνακας 9.1 Παροχές υδατορεύματος [37]

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει η συνολική μέση παροχή:

$$\text{Συνολική Μέση Παροχή} = \frac{\Sigma \text{παροχών}}{120} = \mathbf{0,034281} \text{ m}^3/\text{sec}$$

Οπότε προκύπτει και το διάγραμμα 9.1 με τις παροχές του υδατορεύματος για τα 10 χρόνια:



Διάγραμμα 9.1 Παροχές υδατορεύματος για 10 χρόνια

Το υδραυλικό ύψος που εκμεταλλεύεται η εγκατάσταση είναι περίπου 8 μέτρα .Ενώ το μήκος του αγωγού προσαγωγής είναι περίπου 10μέτρα.

9.3 Παροχή Συντήρησης

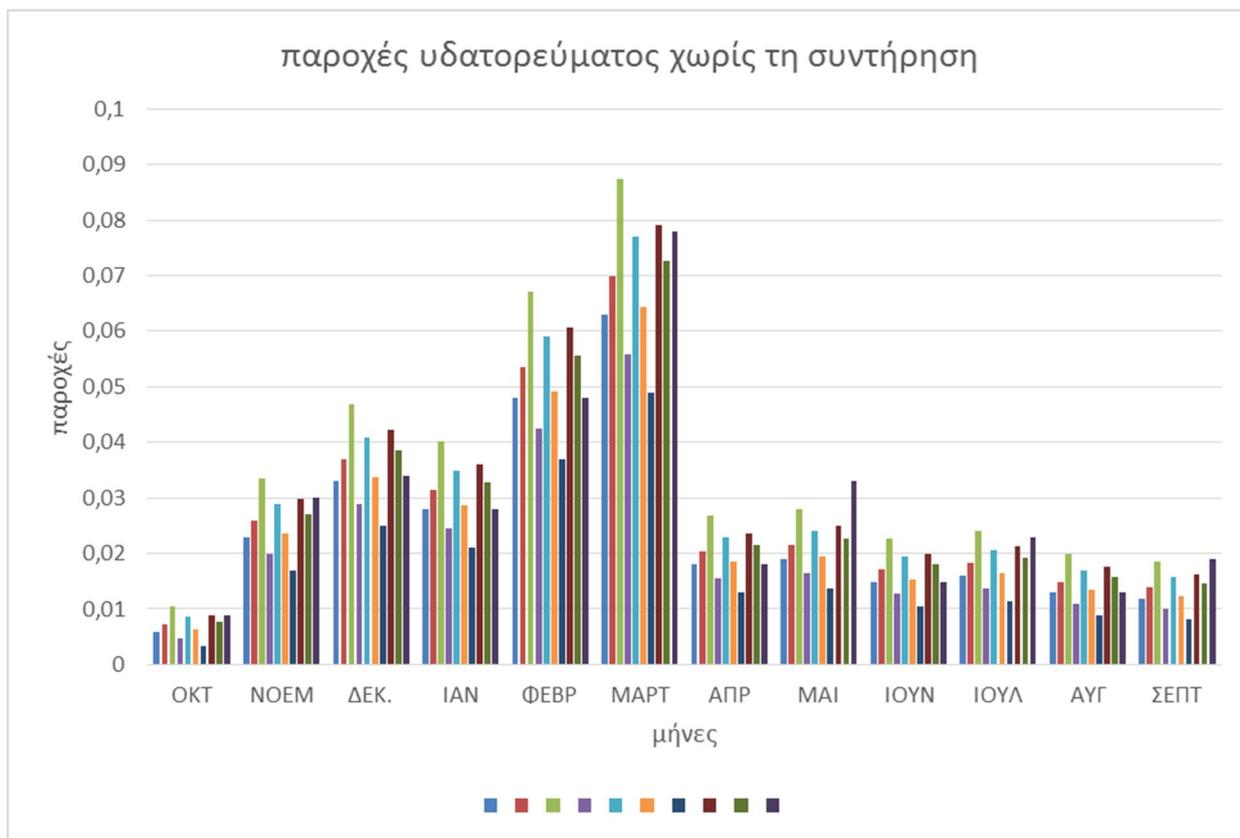
Η παροχή συντήρησης είναι το 30% του αθροίσματος της μέσης παροχής των καλοκαιρινών μηνών (Ιούνιο-Ιούλιο – Αύγουστο) :

- μέση παροχή καλοκαιρινών μηνών: 0,0235m³/s
- παροχή συντήρησης (x 30%): 00705m³/s

ΠΑΡΟΧΕΣ ΧΩΡΙΣ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΟΚΤ	0,0059	0,0072	0,0105	0,0046	0,0085	0,0062	0,0033	0,0089	0,0078	0,0089
ΝΟΕΜ	0,0229	0,0259	0,0334	0,0199	0,0289	0,0235	0,0169	0,0298	0,0271	0,0299
ΔΕΚ.	0,0329	0,0369	0,0469	0,0289	0,0409	0,0337	0,0249	0,0421	0,0385	0,0339
ΙΑΝ	0,0279	0,0314	0,0402	0,0244	0,0349	0,0286	0,0209	0,0360	0,0328	0,0279
ΦΕΒΡ	0,0479	0,0534	0,0672	0,0424	0,0589	0,0490	0,0369	0,0606	0,0556	0,0479
ΜΑΡΤ	0,0629	0,0699	0,0874	0,0559	0,0769	0,0643	0,0489	0,0790	0,0727	0,0779
ΑΠΡ	0,0179	0,0204	0,0267	0,0154	0,0229	0,0184	0,0129	0,0237	0,0214	0,0179
ΜΑΙ	0,0189	0,0215	0,0280	0,0163	0,0241	0,0195	0,0137	0,0249	0,0226	0,0329
ΙΟΥΝ	0,0149	0,0171	0,0226	0,0127	0,0193	0,0154	0,0105	0,0200	0,0180	0,0149
ΙΟΥΛ	0,0159	0,0182	0,0240	0,0136	0,0205	0,0164	0,0113	0,0212	0,0192	0,0229
ΑΥΓ	0,0129	0,0149	0,0199	0,0109	0,0169	0,0133	0,0089	0,0175	0,0157	0,0129
ΣΕΠΤ	0,0119	0,0138	0,0186	0,0100	0,0157	0,0123	0,0081	0,0163	0,0146	0,0189

Πίνακας 9.2 Παροχές χωρίς τη συντήρηση

Η παροχή συντήρησης θα αφαιρεθεί από τον πίνακα της μέσης παροχής υδατορεύματος, και έτσι θα προκύψει ο νέος πίνακας 9.2 τις μέσες παροχές υδατορεύματος χωρίς την παροχή συντήρησης για τα 10 συναπτά υδρολογικά έτη.



Διάγραμμα 9.2 Παροχές υδατορεύματος χωρίς τη συντήρηση

Παρατηρώντας τον πίνακα 9.2 προκύπτει η μέγιστη και η ελάχιστη παροχή, καθώς επίσης και η διαφορά τους.

Μέγιστη παροχή (m ³ /s)	Q _{max}	=0,079
Ελάχιστη παροχή (m ³ /s)	Q _{min}	= 0,003349
Διαφορά (m ³ /s)	ΔQ	= 0,0757

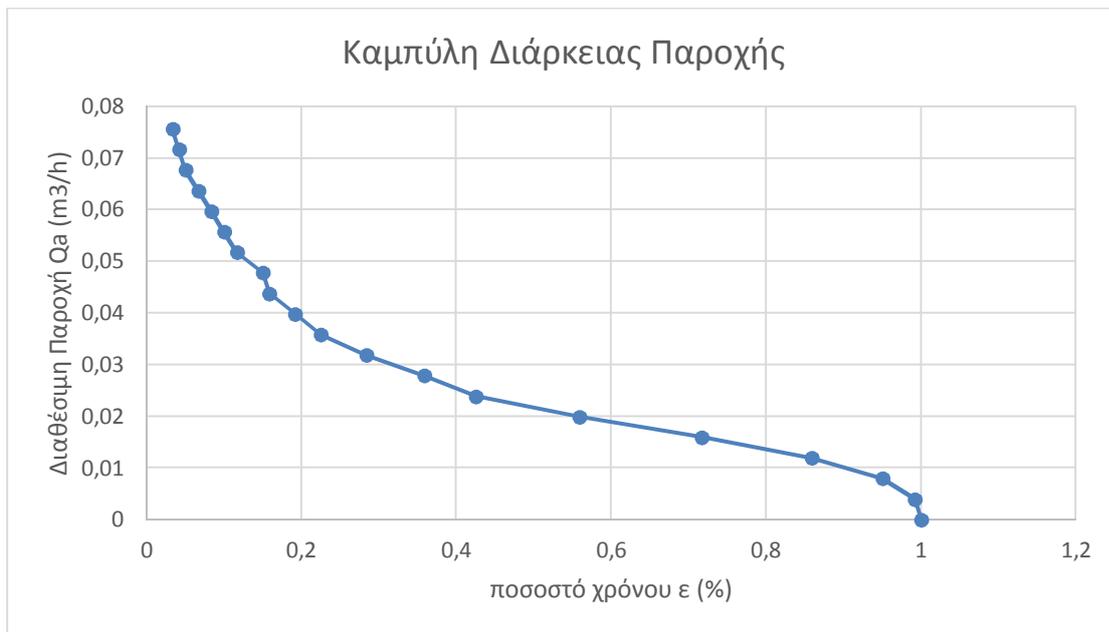
Πίνακας 9.3 Ελάχιστη και μέγιστη παροχή υδατορεύματος

9.4 Καμπύλη διάρκειας παροχής

Για να χαράξουμε την καμπύλη διάρκειας παροχής, διάγραμμα 9.3, (επιλέγουμε 20 σημεία), θα πρέπει να την παροχή μας σε 20 σημεία με βήμα : $(Q_{max} - Q_{min})/19 = 0,0039$

σημείο		ε (%)	Qa
1	120	1	0
2	119	0,991666667	0,003984
3	114	0,95	0,007968
4	103	0,858333333	0,011953
5	86	0,716666667	0,015937
6	67	0,558333333	0,019921
7	51	0,425	0,023905
8	43	0,358333333	0,027889
9	34	0,283333333	0,031874
10	27	0,225	0,035858
11	23	0,191666667	0,039842
12	19	0,158333333	0,043826
13	18	0,15	0,047811
14	14	0,116666667	0,051795
15	12	0,1	0,055779
16	10	0,083333333	0,059763
17	8	0,066666667	0,063747
18	6	0,05	0,067732
19	5	0,041666667	0,071716
20	4	0,033333333	0,0757

Πίνακας 9.4 Βήματα για τον υπολογισμό του κανονικού σημείου παροχής



Διάγραμμα 9.3 Καμπύλη Διάρκειας Παροχής

9.5 Επιλογή υδροστροβίλου και γεννήτριας

9.5.1 Υδροστρόβιλος

Για να επιλέξουμε τον τύπο υδροστροβίλου που θέλουμε, χρειάζεται να καθορίσουμε τα δεδομένα H και Q_k .

- Η κανονική παροχή του υδροστροβίλου είναι ίση με την $Q_k = 0,034 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Η πυκνότητά του νερού στους 20°C είναι $\rho = 1000,52 \text{ kg/m}^3$
- Το ειδικό βάρος του νερού στους 20°C είναι $\gamma = 9815,101 \text{ kg / (m}^3\cdot\text{sec)}^2$
- Το ύψος της υδραυλικής πτώσης για το κανονικό σημείο λειτουργίας είναι : $H=8\text{m}$

Όπως αναφέραμε και στα παραπάνω κεφάλαια υπάρχουν πολλών ειδών υδροστρόβιλοι. Εμείς παίρνοντας υπ' όψιν την παροχή του υδροστροβίλου και το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος καταλήγουμε στην χρησιμοποίηση ενός στροβίλου τύπου Turgo.

Διαστασιολόγηση κύριων παραμέτρων υδροστροβίλου

Η μεθοδολογία, οι τύποι και τα στοιχεία που χρησιμοποιούμε για να καθορίσουμε της κύριες λειτουργικές παραμέτρους του υδροστρόβιλου που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο μας, έχουν παρθεί από το βιβλίο του κ. Παπαντώνη «Υδροδυναμικές μηχανές , αντλίες – υδροστρόβιλου» [12]. Ο καθορισμός των κυρίων διαστάσεων ενός υδροστροβίλου είναι κομβικό κομμάτι, τόσο στους ενεργειακούς υπολογισμούς, όσο και στο τελικό κόστος της επένδυσης. Ο λόγος είναι ότι τα κόστη για διαμορφώσεις του εσωτερικού αλλά και εξωτερικού χώρου του νερόμυλου, το κόστος του νερόμυλου, εξαρτώνται από αυτές τις παραμέτρους. Βασικός στόχος μας είναι να προσδιορίσουμε

την διάμετρο του δρομέα, την διάμετρο της δέσμης, όπως και τον αριθμό στροφών της μηχανής μας. Ο στρόβιλος Turgo μπορεί να διαστασιολογηθεί όπως ο στρόβιλος Pelton, λόγω της παρόμοιας αρχής λειτουργίας τους.

Οι βασικές σχέσεις που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι ακόλουθες:

$$c = \varphi * \sqrt{2gH}$$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} * c$$

$$n_s = n * \frac{\sqrt{N}}{H^{5/4}}$$

$$\frac{d_{akr}}{D} = \frac{n_s}{250,74 - 1,796 * n_s}$$

Όπου:

c : ταχύτητα jet

Q : παροχή νερού

g : επιτάχυνση της βαρύτητας

H : υδραυλικό ύψος

N : Ισχύς

n_s : ειδικός αριθμός στροφών

n : ταχύτητα περιστροφής δρομέα

d : διάμετρος ταχύτητας jet

d_{akr} : διάμετρος ταχύτητας ακροφυσίου

D : διάμετρος του δρομέα.

Με βάση τα δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί και παραπάνω για τον υπολογισμό της ενέργειας έχουμε τα εξής:

$$c = 0,97 * (2 * 9,81 * 8)^{1/2} = 12,15 \text{ m/s}$$

$$d = \sqrt{(4 * 0,034) / (\pi * 12,15)} = 0,059 \text{ m} = 59 \text{ mm}$$

Εφόσον η διάμετρος της δέσμης είναι 59mm εμπειρικά μπορούμε να υπολογίσουμε και την διάμετρο του ακροφυσίου. Η συνήθης σχέση είναι $d_{akr} = 1,25 * d$. Επομένως η διάμετρος του ακροφυσίου βρίσκουμε ότι είναι περίπου $0,075m = 75mm$. Στη συνέχεια επιλέγεται η ταχύτητα περιστροφής ίση με 500RPM ως μια τυπική σύγχρονη τιμή. Με αυτό το δεδομένο ο ειδικός αριθμός στροφών, που είναι απαραίτητος για την διαστασιολόγηση του υδροστροβίλου, υπολογίζεται σε 52,55.

Με τα δεδομένα αυτά είναι δυνατός ο υπολογισμός της διαμέτρου του δρομέα, η οποία στρογγυλοποιείται σε $D=225mm$.

$$\frac{d_{akr}}{D} = \frac{n_s}{250,74-1,796*n_s} = \frac{0,075}{D} = \frac{52,55}{250,74-1,796*52,55} \Rightarrow$$

$$D = 222mm.$$

9.5.2 Επιλογή ασύγχρονης γεννήτριας

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να αξιοποιηθεί είναι συνάρτηση της παροχής στο κανονικό σημείο λειτουργίας, του υδραυλικού ύψους και του βαθμού απόδοσης του στροβίλου. Η τιμή της υπολογίζεται από την σχέση:

$$N = \gamma \cdot H_k \cdot Q$$

Στο συγκεκριμένο έργο υπολογίζεται τελικά $N=2,7 \text{ kW}$

Οι απώλειες μας θα υπάρξουν σε δύο φάσεις. Οι πρώτες λόγω του βαθμού απόδοσης του Turgo και οι δεύτερες λόγω της ηλεκτρικής γεννήτριας. Ένας τυπικός βαθμός απόδοσης ενός Turgo στροβίλου είναι $n_s=0,81$

Όμως δεν θα μετατραπεί όλη η υδραυλική ισχύς σε ηλεκτρική, αφού και το ηλεκτρικό κομμάτι, δηλαδή αυτό της γεννήτριας, παρουσιάζει απώλειες. Οι κύριοι βαθμοί απόδοσης που επηρεάζουν τις απώλειες μια γεννήτριας είναι: ο βαθμός απόδοσης της ασύγχρονης γεννήτριας n_{gm} , ο βαθμός απόδοσης του μετασχηματιστή ισχύος n_{met} , και ο βαθμός απόδοσης λόγω μηχανικών απωλειών της γεννήτριας που ωφείλονται στους μειωτήρες, n_m . Ενδεικτικές τιμές για αυτές τις απώλειες είναι $n_{gm}=0,925$, $n_{met}=0,99$, $n_m=0,95$.

Με βάση όλα τα παραπάνω μπορούμε να βρούμε τον συνολικό βαθμό απόδοσης του υδροηλεκτρικού μας έργου.

$$n_{ολ} = n_{gm} * n_{met} * n_m * n_s = 0,95 * 0,99 * 0,95 * 0,81 = 0,74$$

Πλέον μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ισχύς του υδροηλεκτρικού έργου

$$N_e = N * n_{ολ} = 2,7 * 0,74 = 1,9 \text{ kW}$$

Τελικά $N_e = 1,9 \text{ kW}$

9.6 Καμπύλη διάρκειας ισχύος & υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας

Το εύρος λειτουργίας του υδροστροβίλου Turgo κυμαίνεται από το 30% του κανονικού σημείου λειτουργίας έως το 120% αυτού. Βλέπουμε ότι είναι από $Q_{\min}=0,3Q_k=0,010\text{m}^3/\text{s}$ έως $Q_{\max}=1,2Q_k=0,041 \text{ m}^3/\text{s}$. Οι υπολογισμοί αυτοί μας βοηθάνε να καταλάβουμε το πραγματικό εύρος που ο υδροστροβίλος μας μπορεί να παράξει ενέργεια. Με λίγα λόγια κάτω από την τιμή Q_{\min} ο υδροστροβίλος μας δεν θα λειτουργεί. Ενώ πάνω από την τιμή Q_{\max} , ο υδροστροβίλος θα μπορεί να αξιοποιήσει μόνο ένα μέρος αυτής της παροχής για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένα τα παρακάτω:

$$H = h - \delta h, \text{ όμως } \delta h=0, \text{ οπότε } H=8\text{m}$$

$$N_e = \gamma \cdot H \cdot Q \cdot \eta$$

$$E = \frac{N_t + N_{t+1}}{2} \cdot \frac{\varepsilon_{t+1} - \varepsilon_t}{100} \cdot 8760$$

προκύπτει ο πίνακας 9.5:

σημείο	ε (%)	Q_a (m^3/sec)	Q_T (m^3/sec)	H (m)	N_e (KW)	E (MWh)
1	1,00000	0,00000	0,00000	8	0,00000	0,00000
2	0,99167	0,00398	0,00000	8	0,00000	0,00000
3	0,95000	0,00797	0,00000	8	0,00000	0,27951
4	0,85833	0,01195	0,01195	8	0,69616	1,00793
5	0,71667	0,01594	0,01594	8	0,92822	1,44836
6	0,55833	0,01992	0,01992	8	1,16027	1,49071
7	0,42500	0,02391	0,02391	8	1,39232	0,88088
8	0,35833	0,02789	0,02789	8	1,62438	1,14345
9	0,28333	0,03187	0,03187	8	1,85643	1,00793
10	0,22500	0,03586	0,03586	8	2,08849	0,64372
11	0,19167	0,03984	0,03984	8	2,32054	0,68744
12	0,15833	0,04383	0,04100	8	2,38798	0,17432
13	0,15000	0,04781	0,04100	8	2,38798	0,69729
14	0,11667	0,05179	0,04100	8	2,38798	0,34864
15	0,10000	0,05578	0,04100	8	2,38798	0,34864
16	0,08333	0,05976	0,04100	8	2,38798	0,34864
17	0,06667	0,06375	0,04100	8	2,38798	0,34864
18	0,05000	0,06773	0,04100	8	2,38798	0,17432

$$\sigma_{\varphi} = \frac{E_{ολ}}{N_{κ} \cdot 8760}$$

Ο βαθμός ενεργειακής αξιοποίησης του υδατορεύματος ορίζεται ως :

$$\lambda_A = \frac{\int Q_{εκμεταλλεύσιμη}}{\int Q_{διαθέσιμη}} = \frac{\int QT}{\int Qa}$$

Τα δύο ολοκληρώματα είναι ουσιαστικά το εμβαδόν που περικλείεται από τις καμπύλες των Qa και QT στο διάγραμμα των παροχών.

Υπολογίζοντας τα δύο εμβαδά προσεγγιστικά με βάση τη σχέση :

$$V_{ολ} = \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} * \frac{\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i}{100} * 8760$$

Έχουμε:

σημείο	ε (%)	Qa (m ³ /s)	Voλα	QT (m ³ /s)	VoλT
1	1,00000	0,00000	0,00145	0,00000	0,00000
2	0,99167	0,00398	0,02181	0,00000	0,00000
3	0,95000	0,00797	0,07998	0,00000	0,04799
4	0,85833	0,01195	0,17305	0,01195	0,17305
5	0,71667	0,01594	0,24867	0,01594	0,24867
6	0,55833	0,01992	0,25595	0,01992	0,25595
7	0,42500	0,02391	0,15124	0,02391	0,15124
8	0,35833	0,02789	0,19632	0,02789	0,19632
9	0,28333	0,03187	0,17305	0,03187	0,17305
10	0,22500	0,03586	0,11052	0,03586	0,11052
11	0,19167	0,03984	0,12216	0,03984	0,11803
12	0,15833	0,04383	0,03345	0,04100	0,02993
13	0,15000	0,04781	0,14542	0,04100	0,11972
14	0,11667	0,05179	0,07853	0,04100	0,05986
15	0,10000	0,05578	0,08435	0,04100	0,05986
16	0,08333	0,05976	0,09016	0,04100	0,05986
17	0,06667	0,06375	0,09598	0,04100	0,05986
18	0,05000	0,06773	0,05090	0,04100	0,02993
19	0,04167	0,07172	0,05381	0,04100	0,02993
20	0,03333	0,07570	0,11052	0,04100	0,05986
		Σva	2,27733	ΣVt	1,98364

Πίνακας 9.6 Υπολογισμός βαθμού αξιοποίησης

Άρα προκύπτει ο βαθμός αξιοποίησης $\lambda_a = 0,87$. Η τιμή του βαθμού αξιοποίησης είναι πολύ θετική αφού ουσιαστικά εκμεταλλευόμαστε ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της παροχής μας. Ο

συντελεστής φορτίου του έργου μας υπολογίζεται ως $\sigma_\phi = E_{ολ} / ((N_e * 8760) / 1000)$. Στο δικό μας παράδειγμα ο συντελεστής φορτίου ισούται με $\sigma_\phi = 0,69$. Επίσης αρκετά καλό στοιχείο αφού προσεγγίζει το 70% της μέγιστης δυναμικότητας που θα μπορούσαμε να πάρουμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

10.1 Κόστος έργου ανακατασκευής μύλου Μωρογιάννη

Η σημαντικότερη παράμετρος για την κατασκευή οποιουδήποτε έργου αποτελεί το κόστος που αυτό θα έχει. Η ανακατασκευή υφιστάμενων έργων αποτελεί μια καλή τακτική ώστε να μειώνεται το κόστος. Η μεταποίηση ήδη κτισμένων κτιρίων είναι ο κύριος λόγος, διότι δεν χρειάζεται να κατασκευαστούν υποδομές που είναι πολύ δαπανηρές, πχ το «ανέβασμα» του μπετό.

Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και η ανακατασκευή του μύλου Μωρογιάννη. Το υπάρχον κτίριο είναι ήδη έτοιμο και επιπρόσθετα δεν χρειάζεται κάποια δαπανηρή εργασία, όπως αναστήλωση κολόνων, διότι έχει αναπαλαιωθεί πολύ πρόσφατα. Το επιπλέον θετικό είναι ότι το υφιστάμενο έργο ήταν και αυτό νερόμυλος, οπότε υπάρχουν και περιφερειακά κομμάτια έτοιμα. Τέτοιου είδους είναι το κανάλι προσαγωγής και πτώσης. Αυτά τα τμήματα ίσως χρειαστούν κάποια συντήρηση. Στο παρόν κεφάλαιο θα εξετάσουμε το κόστος που μπορεί να έχει μια τέτοια επένδυση. Επίσης θα εξεταστούν κάποια πιθανά σενάρια, για να υπολογιστεί τελικά και η βιωσιμότητα του.

10.1.1 Αρχικό και ετήσιο κόστος εγκατάστασης

Το σημαντικότερο κομμάτι για το συγκεκριμένο έργο σε επίπεδο κόστους είναι το σύστημα στροβίλου και γεννήτριας. Όσο αφορά την τιμή του στροβίλου μαζί με την γεννήτρια και τα απαραίτητα για την λειτουργία τους εξαρτήματα, θα την υπολογίσουμε προσεγγιστικά από την σχέση [35]:

$$C = a * P^b * h^c$$

όπου P είναι η ονομαστική ισχύς του στροβίλου και h το υδραυλικό ύψος. Οι σταθερές a, b και c παίρνουν τις τιμές 17700, 0.635, -0.28 αντίστοιχα.

Για την παραπάνω σχέση κάνουμε την υπόθεση ότι το κόστος ενός υδροστροβίλου Pelton είναι παρόμοιο με ενός Turgo. Σύμφωνα με εργασία των Ogayar και Vidal, το κόστος ενός υδροστροβίλου μπορεί να συσχετιστεί με το υδραυλικό ύψος που αυτός εκμεταλλεύεται και την ισχύ που παράγει. Οι συγγραφείς συνέκριναν πραγματικά κόστη, με διάφορα μοντέλα εκτίμησης κόστους και διαπίστωσαν τις συγκλίσεις και τις αποκλίσεις που είχαν. Βασίστηκαν σε οχτώ μοντέλα, δύο εκ αυτών ήταν ελληνικά. Μέσω αυτής της συσχέτισης πρότειναν τον παραπάνω τύπο, με τους αντίστοιχους συντελεστές a,b,c ανάλογα με τον τύπο του υδροστροβίλου που

επιλέγουμε. Βέβαια, ο τύπος είναι προσεγγιστικός, αφού ένα σημείο που δεν παίρνεται υπ' όψιν είναι το μέγεθος του εκάστοτε υδροστροβίλου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το κόστος προσεγγίζεται αρκετά καλά, αφού μιλάμε για έναν μικρό υδροστρόβιλο.

Το αρχικό κόστος της ανακατασκευής του νερόμυλου εκτός από το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι και το μεγαλύτερο μέρος, εμπεριέχει και μια σειρά άλλες εργασίες. Αρχικά θα χρειαστεί μια μελέτη του έργου, τόσο από πολιτικό μηχανικό, όσο και για τις ηλεκτρολογικές συνδέσεις από ηλεκτρολόγο μηχανικό. Επίσης τις ημέρες εγκατάστασης θα χρειαστούν τα απαραίτητα συνεργεία εργατών, όπως και η επίβλεψη τους. Συνολικά όλη αυτό το ποσό μπορεί να κοστολογηθεί γύρω στα 1000 ευρώ, με βάση τις σημερινές τιμές της αγοράς.

Μπορεί να υπάρχει το κτίριο, και μάλιστα σε καλή κατάσταση, όμως αυτό δεν σημαίνει ότι τα μόνα έξοδα του έργου είναι τα ηλεκτρομηχανολογικά κομμάτια. Ο αγωγός προσαγωγής, πτώσης και απαγωγής χρειάζονται συντήρηση από καταστροφές που μπορεί να έχουν υπάρξει, αλλά και καθαρισμό από διάφορα βρύα, κλαδιά που μπορεί να μπλοκάρουν την εύρυθμη λειτουργία τους. Το κόστος αυτός μπορούμε να το υπολογίσουμε στα 1.500 ευρώ.

Τέλος ο χώρος διαθέτει ήδη κάποιον εξοπλισμό που είτε δεν θα χρειάζεται, είτε θα ενοχλεί στην τοποθέτηση του νέου υδροστροβίλου. Αυτός ο εξοπλισμός θα πρέπει να αποξηλωθεί και να μεταφερθεί σε γειτονική αποθήκη. Το συνολικό κόστους αυτής της εργασίας μπορεί να εκτιμηθεί στα 500 ευρώ.

Στο παρακάτω πίνακα 10.1 παρουσιάζονται συνοπτικά όλα τα αρχικά κόστη της επένδυσης μας.

Αρχικό κόστος	Ποσό (σε €)	Σχετικό κόστος
Μελέτη και επίβλεψη έργου	1000	5,6%
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας		
Στρόβιλος + Γεννήτρια	15.000	83,3%
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα		
Αρχική συντήρηση αγωγού προσαγωγής και απαγωγής	1.500	8,3%
Αποξήλωση υφιστάμενου εξοπλισμού και διαμόρφωση χώρου	500	2,8%
ΣΥΝΟΛΟ	18.000	100,00%

Πίνακας 10.1 Αρχικό κόστος έργου

Τα ετήσια κόστη του έργου

Μια σημαντική παράμετρος για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας του έργου έχει να κάνει με τα ετήσια κόστη που αυτό θα έχει. Όπως έχουμε αναφέρει, τα χαμηλά ετήσια κόστη των pico-υδροηλεκτρικών έργων είναι ένα από τα πλεονεκτήματά τους. Τα έργα αυτά δεν απασχολούν προσωπικό σε μόνιμη βάση και έτσι τα κόστη που έχουν είναι μόνο λειτουργίας και συντήρησης τους.

Συμφώνα με έρευνες που έχουν γίνει μπορούμε να προσεγγίσουμε το κόστος λειτουργίας και συντήρησης ενός υδροηλεκτρικού έργου με βάση το αρχικό κεφάλαιο που έχει δαπανηθεί. Στην βιβλιογραφία , η πιο σύνηθες τιμή είναι το 1%. [38]

Επιπλέον κόστος που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι το κόστος για την γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού. Συμφώνα με την νομοθεσία κάθε έργου υποχρεούται να δίνει 3% στο δήμο ή την κοινότητα από τις ετήσιες εργασίες του.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να συνοψίσουμε τον πίνακα 9.2 για να έχουμε το συνολικό ετήσιο κόστος της επένδυσης.

Τα ετήσια κόσθη του έργου		
	ποσοστό επι του αρχικού κεφαλαίου	€
Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης ΜΥΗΣ	1,00%	180,00
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού (χρήση)	3% του κύκλου εργασιών	30,00
Σύνολο		210,00

Πίνακας 10.2 Τα ετήσια κόσθη του έργου

10.1.2 Τα έσοδα του έργου.

Το κυρίως έσοδο του έργου αποτελεί η πώληση της ηλεκτρικής ενέργεια στη ΔΕΗ Α.Ε. Τα έσοδα εξαρτώνται από την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας , που στο προηγούμενο κεφάλαιο υπολογίστηκε $E= 11,65$ MWh. Με δεδομένο ότι η πώληση είναι στα 100€ / MWh , τότε τα συνολικά έσοδα της επένδυσης θα είναι 1165 € / χρόνο.

Άλλες πηγές εσόδων μπορούν να αποτελέσουν η κρατική χρηματοδότηση , όπως και οι δωρεές που μπορεί να γίνουν κατά την διάρκεια ζωής της επένδυσης.

Όσο αφορά την κρατική χρηματοδότηση αποτελεί μια ασφαλή και σίγουρη μέθοδο για να προσελκυσθούν επενδύσεις στο χώρο των ΑΠΕ. Τα κεφάλαια προς επένδυση εμπεριέχουν μικρότερο ρίσκο και βέβαια ένα μεγάλο κομμάτι εξόδων καλύπτεται από το κράτος. Έτσι ο χρόνος απόσβεσης των ιδίων κεφαλαίων της επιχείρησης μικραίνει κατά πολύ.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει πολύ συγκεκριμένο πλαίσιο της κρατικής χρηματοδότησης. Όμως η Ε.Ε. ανακοινώνει ανά τακτά χρονικά διαστήματα προγράμματα , που προσφέρουν οικονομικούς πόρους για τέτοιου είδους επένδυσης. Είναι ασφαλές να υποθέσουμε ότι τέτοια έργα, που βοηθάνε στην ηλεκτροπαραγωγή από την μία και παράλληλα αναπτύσσουν την πολιτιστική κληρονομιά της Ελλάδα, μπορούν να χρηματοδοτηθούν από 50% και πάνω, του αρχικού κόστους.

Χρηματοροή του έργου

Η σκοπιμότητα του έργου κρίνεται προσδιορίζοντας την οικονομικότητα της επένδυσης σε βάθος 20 ετών. Για το σκοπό αυτό γίνεται χρήση των δεικτών που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 232313 , όπως η ΚΠΑ και το IRR. Στην συγκεκριμένη εργασία θα εφαρμόσουμε τέσσερα σενάρια και

ύστερα θα αξιολογήσουμε πιο σφαιρικά την επένδυση. Σε κάθε περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε προεξοφλητικό επιτόκιο $r=5\%$. Η επιλογή γίνεται ώστε να συγκριθεί η συγκεκριμένη επένδυση με κάποια άλλη που θα είχε αυτό το ποσοστό κέρδους.

10.2 Σενάρια για εκτίμηση τελικής χρηματοροής

10.2.1 Σενάριο 1ο : Η επένδυση πραγματοποιείται χωρίς καμία λήψη δανείου ή επιχορήγησης

Στο πρώτο σενάριο, επιλέγουμε το αρχικό κόστος να πραγματοποιηθεί με ίδια κεφάλαια, χωρίς καμία στήριξη από το κράτος. Έτσι για τα 20 πρώτα χρόνια μπορούμε να συνοψίσουμε την τελική χρηματοροή στον παρακάτω πίνακα 10.3

Συνολική χρηματοροή επένδυσης			
Χωρίς επιχορήγηση - ΚΠΑ			
Χρόνος (έτη)	Έξοδα (€)	Έσοδα (€)	Έσοδα-έξοδα στο τέλος του χρόνου (€)
0	18000	0	-18.000,00
1	200,00	1.100,32	-17.099,68
2	190,48	1.047,93	-16.242,22
3	181,41	998,03	-15.425,60
4	172,77	950,50	-14.647,87
5	164,54	905,24	-13.907,17
6	156,71	862,13	-13.201,74
7	149,24	821,08	-12.529,91
8	142,14	781,98	-11.890,06
9	135,37	744,74	-11.280,69
10	128,92	709,28	-10.700,33
11	122,78	675,50	-10.147,61
12	116,94	643,34	-9.621,21
13	111,37	612,70	-9.119,87
14	106,06	583,53	-8.642,41
15	101,01	555,74	-8.187,69
16	96,20	529,27	-7.754,61
17	91,62	504,07	-7.342,17
18	87,26	480,07	-6.949,36
19	83,10	457,21	-6.575,25
20	79,15	435,44	-6.218,96

Πίνακας 10.3 Χρηματοροή – Σενάριο 1^ο

Το IRR υπολογίζεται μέσω του τύπου που αναφέρεται στο κεφάλαιο 6.3. Για το συγκεκριμένο σενάριο το IRR= -4,3%. Είναι λογικό να βγαίνει αρνητικό αφού η τελική χρηματοροή είναι αρνητική.

10.2.2 Σενάριο 2ο :Η επένδυση πραγματοποιείται με την στήριξη από κρατική χρηματοδότηση

Στο δεύτερο σενάριο υποθέτουμε ότι η επένδυση θα επιδοτηθεί με το 50% του αρχικού κόστους. Έτσι προκύπτει ο πίνακας 10.4

Συνολική χρηματοροή επιχείρησης			
Με επιχορήγηση - ΚΠΑ			
Χρόνος (έτη)	Έξοδα (€)	Έσοδα (€)	Έσοδα-έξοδα στο τέλος του χρόνου (€)
0	9.000,00	0,00	- 9.000,00
1	200,00	1.100,32	- 8.099,68
2	190,48	1.047,93	- 7.242,22
3	181,41	998,03	- 6.425,60
4	172,77	950,50	- 5.647,87
5	164,54	905,24	- 4.907,17
6	156,71	862,13	- 4.201,74
7	149,24	821,08	- 3.529,91
8	142,14	781,98	- 2.890,06
9	135,37	744,74	- 2.280,69
10	128,92	709,28	- 1.700,33
11	122,78	675,50	- 1.147,61
12	116,94	643,34	-621,21
13	111,37	612,70	-119,87
14	106,06	583,53	357,59
15	101,01	555,74	812,31
16	96,20	529,27	1.245,39
17	91,62	504,07	1.657,83

18	87,26	480,07	2.050,64
19	83,10	457,21	2.424,75
20	79,15	435,44	2.781,04

Πίνακας 10.4 Χρηματοροη – Σενάριο 2^ο

Για το συγκεκριμένο σενάριο υπολογίζουμε IRR= +3,3 %.

10.2.3 Σενάριο 3ο : Η επένδυση πραγματοποιείται με την στήριξη της κρατικής χρηματοδότησης , με επαυξημένο το κόστος συντήρησης και λειτουργίας κατά +30%

Στο σενάριο αυτό εξακολουθούμε να έχουμε κρατική χρηματοδότηση , όμως εξετάζουμε την ευαισθησία του μοντέλου μας εάν το κόστος συντήρησης και λειτουργίας του είναι αυξημένο κατά +30%. Έτσι έχουμε:

Συνολική χρηματοροή επιχείρησης			
Με επιχορήγηση - ΚΠΑ - +30% στο κόστος			
Χρόνος (έτη)	Έξοδα (€)	Έσοδα (€)	Έσοδα-εξοδα στο τέλος του χρόνου (€)
0	9.000,00	0,00	-9.000,00
1	260,00	1.100,32	-8.159,68
2	247,62	1.047,93	-7.359,37
3	235,83	998,03	-6.597,17
4	224,60	950,50	-5.871,26
5	213,90	905,24	-5.179,93
6	203,72	862,13	-4.521,51
7	194,02	821,08	-3.894,45
8	184,78	781,98	-3.297,24
9	175,98	744,74	-2.728,48
10	167,60	709,28	-2.186,80
11	159,62	675,50	-1.670,91
12	152,02	643,34	-1.179,59
13	144,78	612,70	-711,67
14	137,88	583,53	-266,03
15	131,32	555,74	158,40
16	125,06	529,27	562,61
17	119,11	504,07	947,57
18	113,44	480,07	1.314,20
19	108,04	457,21	1.663,37
20	102,89	435,44	1.995,92

Πίνακας 10.5 Χρηματοροη – Σενάριο 3^ο

Για το συγκεκριμένο σενάριο υπολογίζουμε IRR= +2,4 %.

10.2.4 Σενάριο 4ο : Η επένδυση πραγματοποιείται με στήριξη από κρατική χρηματοδότηση και εξέταση ευαισθησίας σε πτώση της τιμής πώλησης του ρεύματος.

Στο τελευταίο σενάριο , υποθέτουμε ότι για εξωγενείς από την επένδυση λόγους τα έσοδα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πέφτουν -30% μετά το 10έτος. Τέτοιος λόγος μπορεί να είναι η αλλαγή του αντίστοιχου νομοσχεδίου σε δυσχερέστερη κατεύθυνση. Έτσι προκύπτει ο πίνακας

Συνολική χρηματορρή επιχείρησης			
Με επιχορήγησή - ΚΠΑ - -30% τιμή πώλησης στο 10 έτος			
Χρόνος (έτη)	Έξοδα (€)	Έσοδα (€)	Έσοδα-εξοδα στο τέλος του χρόνου (€)
0	9.000,00	0,00	-9.000,00
1	200,00	1.100,32	-8.099,68
2	190,48	1.047,93	-7.242,22
3	181,41	998,03	-6.425,60
4	172,77	950,50	-5.647,87
5	164,54	905,24	-4.907,17
6	156,71	862,13	-4.201,74
7	149,24	821,08	-3.529,91
8	142,14	781,98	-2.890,06
9	135,37	744,74	-2.280,69
10	128,92	496,50	-1.913,11
11	122,78	472,85	-1.563,04
12	116,94	450,34	-1.229,64
13	111,37	428,89	-912,12
14	106,06	408,47	-609,72
15	101,01	389,02	-321,71
16	96,20	370,49	-47,42
17	91,62	352,85	213,80
18	87,26	336,05	462,59
19	83,10	320,05	699,53
20	79,15	304,81	925,19

Πίνακας 10.6 Χρηματοροη – Σενάριο 4^ο

Για το συγκεκριμένο σενάριο υπολογίζουμε IRR= +1,3 %.

10.3 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από τα υποθετικά σενάρια.

Η αξιολόγηση των δεδομένων που προκύπτουν από τους πίνακες των χρηματοροών μπορούν να μας οδηγήσουν σε κάποια προκαταρκτικά συμπεράσματα για την βιωσιμότητα ή όχι της επένδυσης. Παραθέτουμε στο Πίνακα 10.7 συνοπτικά τα αποτελέσματα και από τα 4 σενάρια.

A/A	Χρηματοροή στο τέλος του 20ου έτους (€)	IRR (%)	Χρονιά αποπληρωμής
Σενάριο 1ο	-6.218,96	-4,3	-
Σενάριο 2ο	2.781,04	+3,3	14
Σενάριο 3ο	1.995,92	+2,4	15
Σενάριο 4ο	925,19	+1,3	17

Πίνακας 10.7 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Παρατηρώντας τα στοιχεία βλέπουμε αρχικά ότι είναι αναγκαία η στήριξη από το κράτος για την επιτυχία της επένδυσης. Εναλλακτικά θα πρέπει να βρεθεί κάποιου είδους δωρεά προς το έργο. Με την κατάλληλη στήριξη από το κράτος η επένδυση μπορεί να γίνει βιώσιμη. Το θετικό στοιχείο είναι ότι η επένδυση μπορεί να αντέξει σε τυχόν διακυμάνσεις των τιμών. Αυτό αφορά τόσο την αύξηση του κόστους συντήρησης και λειτουργίας , όσο και την μείωση της τιμής πώλησης της παραγόμενης ενέργειας.

Ενδιαφέρον έχει και σε ποιο χρονικό ορίζοντα θα υπάρξει η αποπληρωμή των κεφαλαίων του έργου. Στην περίπτωση 2, η χρονιά αποπληρωμής είναι η δεκατητέταρτη, ενώ στο 3^ο και 4^ο σενάριο είναι η δεκατηπέμπτη και δεκατηέβδομη αντίστοιχα. Η απόσβεση δεν είναι ιδιαίτερα γρήγορη και αυτό εξηγείται διότι το αρχικό κεφάλαιο που δίνεται είναι αρκετά μεγάλο σε σχέση με τα μηνιαία έσοδα. Ακόμα και αν υποθέταμε ότι το έργο δεν έχει κανένα είδους έξοδα τα χρόνια αποπληρωμής θα ανερχόντουσαν στα 9 έτη.

Τέλος βλέπουμε και στις τρεις περιπτώσεις που έχουμε θετικό ισοζύγιο ότι το IRR είναι αρκετά χαμηλό και κυμαίνεται από +1,3% έως 3,3%, ειδικά αν συγκρίνουμε με αντίστοιχες επενδύσεις φωτοβολταϊκών , που συνήθως έχουν εσωτερικό βαθμό απόδοσης από 5-10%. [39]

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με έντονο ανάγλυφο και αρκετές πηγές νερών και ποταμών. Στην ενδοχώρα υπάρχουν αρκετοί διάσπαρτοι παραδοσιακοί νερόμυλοι. Οι περισσότεροι απ' αυτούς έχουν εγκαταληφθεί, αν και αποτελούν πολιτιστική κληρονομιά της Ελλάδας. Η στήριξη, η αναπαλαίωση τους και η ξαναλειτουργία είναι ένας ρεαλιστικός από την μία πλευρά αλλά και λειτουργικός στόχος από την άλλη. Αγκάθι σε κάθε τέτοια προσπάθεια αποτελεί η ανάκτηση κεφαλαίων που θα δαπανηθούν για αυτήν την κατασκευή.

Σε αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει απάντηση, η αναπαλαίωση τους με νέες υδροηλεκτρικές μηχανές. Από την παραπάνω μελέτη, φαίνεται ότι με την κατάλληλη κρατική χρηματοδότηση, αυτό το σενάριο είναι εφικτό. Βασικό πλεονέκτημα αυτής της επένδυσης αποτελεί ότι το «καύσιμό» της, δηλαδή το νερό, δεν εξαρτάται από τις παγκόσμιες διακυμάνσεις, όπως το πετρέλαιο. Επίσης αποτελεί μια πολύ οικολογική επένδυση χωρίς να επηρεάζει την χλωρίδα και την πανίδα.

Σίγουρα, αυτή η επένδυση δεν αποσκοπεί σε υψηλό κέρδος. Όμως με βάση και την παγκόσμια εμπειρία, η τοπική κοινότητα μπορεί να έχει οφέλη, ειδικά κοινωνικά, εφόσον αναλάβει την ανακατασκευή.

Αρχικά σε κάθε χωριό, που είναι η πλειονότητα τέτοιων νερόμυλων, θα φτιαχτεί ένα «κέντρο έλξης», που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μουσείο τόσο για τους ντόπιους, όσο και για τουρίστες. Επιπλέον σε ορισμένες μεμονωμένες περιπτώσεις που το χωριό είναι εκτός δικτύου της ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορεί να αποτελέσει μια εναλλακτική πηγή ενέργειας, έστω και για μικρές ποσότητες.

Βέβαια μια χώρα θα μπορούσε να καταρτίσει πιο ολοκληρωμένα και σωστά τον ενεργειακό της σχεδιασμό, εφόσον όλες οι πηγές ενέργεια δεν ήταν ιδιοκτησία λίγων ομίλων, που πρώτο στόχο έχουν το μέγιστο κέρδος. Η κατεύθυνση που θα πρέπει να ακολουθηθεί είναι ανάπτυξη ενός κεντρικά επεξεργασμένου σχεδιασμού με σαφή αναφορά πρώτα στα λαϊκά συμφέροντα, την προστασία του περιβάλλοντος, την αξιοποίηση όλων των δυνατοτήτων. Προς αυτή την κατεύθυνση πρωτοβουλίες, όπως ανακατασκευή παραδοσιακών νερόμυλων θα μπορούσαν να παίξουν ρόλο, έστω και δευτερεύον. Η αυτονομία που μπορεί να έχει μια περιοχή σε ηλεκτρική ενέργεια θα κάνει πιο ευέλικτη και αποδοτική συνολικά την ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας

Βιβλιογραφία

- [1] SBC, «SBC Energy institute analysis based on US DOE energy storage program planning document,» 2011.
- [2] «euanmearns.com,» BP, 2015. [Ηλεκτρονικό].
- [3] EUROSTAT. [Ηλεκτρονικό].
- [4] ΥΠΕΚΑ, «<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484&language=el-GR>,» [Ηλεκτρονικό].
- [5] Ζ. Ιωάννης, Βέλτιστη οικονομοτεχνική σχεδίαση ΜΥΗΕ στο ποταμό Αγραφιώτη, Αθήνα, 2012.
- [6] Σ. Ι. Μαμάσης Νίκος, Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, 2010.
- [7] Γ. Ζ. Αικατερίνη, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Χρονική Εξέλιξη-Σύγκριση, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2012.
- [8] Λ. Α. Η. Ε. Α. (ΛΑΓΗΕ), ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΣΗΘΥΑ. Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο, 2015.
- [9] C. P. G. R. M. R. G. R. A. H. Reinhard Haas, «A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries.,» *ScienceDirect. Vol 15. Issue 12. Elsevier.*, 2011.
- [10] «<http://econews.com.au/33783/norway-urges-eu-to-spell-out-energy-goals/>,» [Ηλεκτρονικό].
- [11] «<http://en.vedur.is/ces/project/hydropower/>,» [Ηλεκτρονικό].
- [12] Π. Δημήτριος, Υδροδυναμικές μηχανές, αντλίες-υδροστρόβιλοι, Αθήνα: ΣΥΜΕΩΝ, 2002.
- [13] «<http://etam10-10new.blogspot.gr/>,» [Ηλεκτρονικό].
- [14] European Union, «COMPARATIVE STUDY OF SMALL HYDROPOWER STATIONS,» January 2014.
- [15] K. V. S. Bryan R. Cobb, «Impulse (Turgo and Pelton) turbine performance characteristics and their impact on pico-hydro installations,» *Renewable Energy*, pp. 959-964, 2013.
- [16] «https://en.wikipedia.org/wiki/Francis_turbine,» [Ηλεκτρονικό].
- [17] «https://en.wikipedia.org/wiki/Kaplan_turbine,» [Ηλεκτρονικό].
- [18] M. Tamburrini, «A Feasibility Study for a Microhydro Installation for the Strangford Lough Wildfowlers & Conservation Association,» Glasgow, UK, 2004.
- [19] U. O. ENERGY, 'Micro hydropower handbook', U.S.A., 1983.
- [20] S. J. Chapman, Ηλεκτρικές μηχανές AC-DC, ΤΖΙΟΛΑ, 2000.
- [21] U. A. f. I. Development) και 2007, «Nepal: country sector overview,» 2007.

- [22] «<http://hlektrologia.gr/>,» [Ηλεκτρονικό].
- [23] B. S. J. B. S.J. Williamson, «Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis,» *Renewable Energy*, pp. 43-50, 2014.
- [24] P. Tai, 2008. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://palangthai.blogspot.gr/2008/02/3-kw-pump-as-turbine-microhydro-at-mae.html>.
- [25] N. S. A. W. P. Maher, «Assessment of pico hydro as an option for off-grid electrification in Kenya,» *Renewable Energy*, pp. 1357-1369, 2003.
- [26] A. W. K. S. O. E.-T. T. H. B. H. Alastair Laurenson, «Pico Hydropower in Nepal,» Engineers without borders uk, 2013.
- [27] H. B. C. M. L.J. Bracken, «Micro-hydro power in the UK: The role of communities in an emerging energy resource,» *Energy Policy*, pp. 92-101, May 2014.
- [28] Settlehydro, «www.settlehydro.org.uk,» [Ηλεκτρονικό].
- [29] Ε. Υ. Μηχανών, Πλήρες εγχειρίδιο αποκατάστασης υδρόμυλων, ΕΜΠ, 2015.
- [30] Δ. Φ. Κουντούρη, *Αξιολόγηση επενδύσεων και προγραμμάτων*, Αθήνα, 2008.
- [31] Π. Δημήτριος, *Μικρά Υδροηλεκτρικά έργα*, Αθήνα: ΣΥΜΕΩΝ, 2002.
- [32] K. T. George Speis, «The Morogiannis' waterwill: A representative case for the implementation of RESTOR HYDRO project in Greece,» *TIMS E-NEWS*, αρ. 15, pp. 15-17, 2013.
- [33] Κ. Α. Π. Ενέργειας, 2005.
- [34] Ε. SUPPLY, «Τεχνικοοικονομικής μελέτη μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού στην Πελοπόννησο».
- [35] P. V. B. Ogayar, «Cost determination of the electro-mechanical equipment of a small hydro-power plant,» *Renewable Energy*, pp. 6-13, 2009.
- [36] A. V. J. R. D. C. J. V. T. Pujol, «Hydraulic efficiency of horizontal waterwheels: Laboratory data and CFD study for upgrading a western Himalayan watermill,» *Renewable Energy*, pp. 576-586, November 2015.
- [37] Ε. Α.Ε., 2016.
- [38] S. J. R. P. K.H. Motwani, «Cost analysis of pump as turbine for pico hydropower plants - a case study,» *Procedia Engineering*, pp. 721-726, 2013.
- [39] L. M. R. K. A. Arabkoohsar, «Operation analysis of a photovoltaic plant intergrated with a xompressed air energy storage: system and a city gate station.,» January 2016.