

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΑ Α.Π.Ε. ΚΑΙ  
ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΛΗΜΝΟ**



Του Μεταπτυχιακού φοιτητή :

**Χατζάκη Ζαχαρία**

Επιβλέπων:

**Δρ Κατσαπρακάκης Δημήτριος,**

**Αν. Καθηγητής Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών**

---

**Ηράκλειο, Μάιος 2022**

Ευχαριστώ θερμά για την υποστήριξη τους, τον καθηγητή μου κ Κατσαπρακάκη  
και την κα Δακανάλη για τις πολύτιμες συμβουλές και καθοδήγηση τους.

## Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	1
1.1 Γενικά .....	1
1.3 Αλγόριθμος λειτουργίας του συστήματος .....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΗΜΝΟΣ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΛΗΜΝΟΥ .....	7
3.1 Ζήτηση ισχύος από το δίκτυο.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΛΗΜΝΟ .....	11
4.1 Περιγραφή υβριδικού σταθμού .....	11
4.2 Πλεονεκτήματα χρήσης θαλασσινού νερού .....	11
4.3 Μειονεκτήματα χρήσης θαλασσινού νερού .....	12
4.4 Θέση εγκατάστασης υδροηλεκτρικού σταθμού .....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	15
5.1 Γενικά .....	15
5.2 Άνω ταμιευτήρας αποθήκευσης νερού .....	15
5.3 Σωλήνωση.....	18
5.3.1 Όδευση αγωγών .....	18
5.3.2 Κατασκευή σωληνώσεων .....	19
5.4 Αιολικό πάρκο .....	21
5.5 Υδροδυναμικές μηχανές .....	26
5.6 Αντλίες.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	32
.....	33
.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .....	36
7.1 Αρχικό κόστος.....	36
7.1.1. Αιολικό πάρκο .....	36
7.1.2. Υδροστρόβιλοι, Γεννήτριες και ΥΗΣ .....	36
7.1.3. Αντλίες, Κινητήρες και Αντλιοστάσιο .....	36
7.1.4. Άνω Ταμιευτήρας .....	37
7.1.5. Σωληνώσεις .....	37
7.1.6. Δίκτυο Διασύνδεσης.....	38
7.1.7. Έργα Οδοποιίας.....	38
7.1.8. Λιμενικά Έργα.....	39
7.1.9. Δευτερεύον ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός .....	39
7.1.10. Αμοιβές.....	39

7.1.11. Απρόοπτα .....	39
7.1.12. Χρηματοδοτικό σχήμα.....	40
7.1.13. Ανάλυση χρηματορροών.....	40
7.1.14. Οικονομικοί Δείκτες Επένδυσης .....	43
7.1.15. Ανάλυση Ευαισθησίας .....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο : ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	46
8.1 Αξιολόγηση έργου .....	46
8.2 Συμπεράσματα .....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	47

## Περίληψη

Τον τελευταίο καιρό, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κερδίζουν ολοένα και περισσότερο έδαφος στην κάλυψη της ζήτησης ισχύος σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Ο λόγος που συμβαίνει αυτό, έγκυται στο γεγονός ότι πλέον ο άνθρωπος σαν καταναλωτής, ενημερώνεται και μελετά τις αρνητικές επιπτώσεις της χρήσης ενεργοβόρων μέσων για την παραγωγή του πλέον αναγκαίου αγαθού, του ηλεκτρισμού.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, διαστασιολόγηση και οικονομική ανάλυση ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο μη διασυνδεδεμένο με το ηπειρωτικό σύστημα νησί της Λήμνου.

Το προς μελέτη έργο αποτελείται από ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό σταθμό παραγωγής ενέργειας, ένα αιολικό πάρκο και έναν ταμιευτήρα αποθήκευσης θαλασσινού νερού .

Σκοπός μας είναι η εξ ολοκλήρου κάλυψη της ζήτησης ισχύος του νησιού από το υβριδικό σύστημα και η χρήση των ήδη εγκατεστημένων συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ως μονάδων εφεδρείας όταν απαιτείται. Με τον τρόπο αυτό προσπαθούμε να αυξήσουμε το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού και ελαχιστοποιήσουμε τις εκπομπές ρύπων των μονάδων βάσεων συμβάλλοντας στην προσπάθεια της χώρας μας να ανταπεξέλθει στην δέσμευση της ως προς το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο για την μείωση των εθνικών ορίων βασικών ρύπων μέχρι το 2030.

## Abstract

Recently, renewable energy sources are increasingly gaining ground in meeting demand for power compared to conventional energy sources.

The reason for this is that man as a consumer, is now being informed and studying the negative effects of the use of energy-consuming means to produce the most needed commodity, electricity.

The subject of this diploma thesis is the study, dimensioning and economic analysis of a hybrid electric power generation system on the non-interconnected island system of Lemnos.

The project to be studied consists of a reversible hydroelectric power station, a wind park and a reservoir for the storage of thawed water.

Our aim is to fully meet the island's demand for power from the hybrid system and to use existing conventional power plants as backup units when required. In this way, we are trying to increase the share of renewable energy in electricity production and minimize base unit pollutant emissions by helping our country to meet its commitment to the European Parliament to reduce national pollutant thresholds to 2030.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ****1.1 Γενικά**

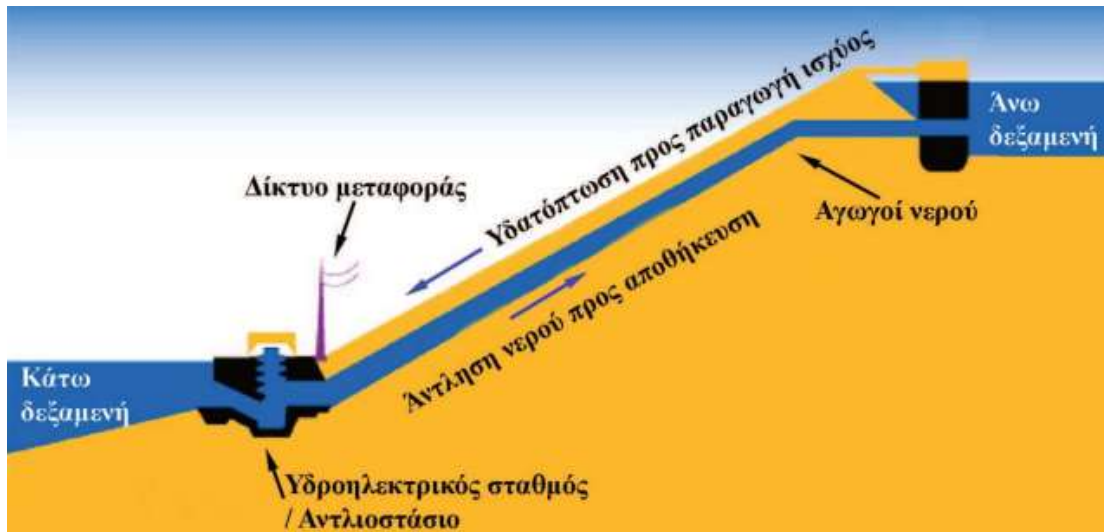
Ένα υβριδικό σύστημα ισχύος είναι ένα δυναμικό σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια.

Αποσκοπεί στην μεγιστοποίηση της κάλυψης μιας συγκεκριμένης ζήτησης ενέργειας από τις μονάδες που το απαρτίζουν (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας), καθιστώντας εφεδρικές τις μονάδες εγγυημένης παραγωγής. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, (κυρίως τοπικές και ανανεώσιμες) όπως ανεμογεννήτριες, μικροϋδροηλεκτρική ισχύ, υδροηλεκτρική ισχύ ποταμών, βιομάζα. Το πιο συνηθισμένο σχήμα είναι να συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - H/Z), μπαταρίες και γεννήτριες μετατροπής.

Γενικά τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται ως δυναμικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εναλλάσσονται ανάμεσα στις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή και να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κ.τ.λ.



## 1.2 Περιγραφή υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού και αιολικού πάρκου.



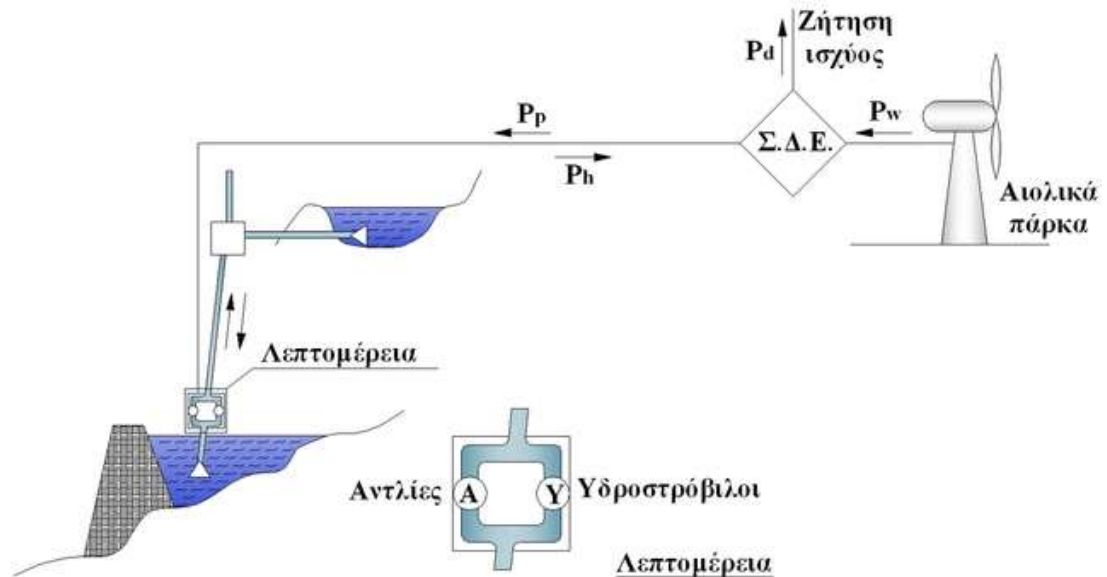
Σχήμα 1.1 Δομή και λειτουργία αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού σταθμού.

Ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό σύστημα αποτελείται από δύο δεξαμενές νερού, κατασκευασμένες σε κοντινές γεωγραφικές θέσεις, με ικανή υψομετρική διαφορά μεταξύ τους, συνήθως μερικών εκατοντάδων μέτρων. Οι χωρητικότητες των δεξαμενών νερού μπορεί να κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες χιλιάδες κυβικά μέτρα, έως μερικά εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το νερό μπορεί να μεταφέρεται ανάμεσα στις δύο δεξαμενές είτε μέσω μόνης σωλήνωσης, η οποία χρησιμοποιείται τόσο για άντληση όσο και για πτώση νερού, είτε μέσω δύο ανεξάρτητων σωληνώσεων, μία για άντληση και μία για πτώση. Το αν θα κατασκευαστούν μία ή δύο ανεξάρτητες σωληνώσεις νερού, μέσω των οποίων θα συνδέονται οι δύο δεξαμενές του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, εξαρτάται από τον αλγόριθμο λειτουργίας του υβριδικού σταθμού, από τον οποίο προκύπτει αν θα υπάρχει η ανάγκη για ταυτόχρονη πτώση και άντληση νερού, δηλαδή, για ταυτόχρονη φόρτιση και εκφόρτιση της μονάδας αποθήκευσης. Τα κάτω άκρα των σωληνώσεων νερού καταλήγουν σε ένα αντλιοστάσιο και σε ένα υδροηλεκτρικό σταθμό.

Όταν, κατά τη λειτουργία του υβριδικού σταθμού, υπάρχει περίσσεια ισχύος από τη μονάδα ΑΠΕ που πρέπει να αποθηκευτεί, η ισχύς αυτή οδηγείται στις αντλίες του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, μέσω των οποίων το νερό αντλείται από την κάτω και αποθηκεύεται στην άνω δεξαμενή. Με αυτό τον τρόπο, η περίσσεια ενέργειας αποθηκεύεται στην άνω δεξαμενή με τη μορφή δυναμικής ενέργειας, λόγω του βαρυτικού πεδίου της γης. Στην περίπτωση που, κατά τη λειτουργία του υβριδικού σταθμού, προκύψει ανάγκη παραγωγής ισχύος από τη μονάδα αποθήκευσης, το αποθηκευμένο νερό στην άνω δεξαμενή ελευθερώνεται, διέρχεται μέσω των σωληνώσεων και καταλήγει στους υδροστροβίλους του υδροηλεκτρικού σταθμού, παρέχοντας έτσι την επιπρόσθετη απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ.

### 1.3 Αλγόριθμος λειτουργίας του συστήματος

Ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απεικονίζεται γραφικά στο σχήμα 1.2 που ακολουθεί:



Σχήμα 1.2 Συνδυασμός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικό και αιολικού πάρκου.

όπου με  $P_d$  συμβολίζεται η ζήτηση ισχύος,  $P_w$  η παραγόμενη ισχύ από το αιολικό πάρκο,  $P_{wd}$  η ισχύς διείσδυσης από το αιολικό πάρκο,  $P_p$  και  $P_h$  αντίστοιχα η παραγωγή ισχύος από τις αντλίες και τους υδροστρόβιλους και τέλος  $P_t$  η ισχύς των θερμοηλεκτρικών.

Η μέθοδος λειτουργίας του υβριδικού σταθμού ελέγχεται από το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (Σ.Δ.Ε) με βάση την παραγόμενη ισχύ  $P_w$  από το αιολικό πάρκο και την ζήτηση ισχύος

$P_d$  από το δίκτυο για κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Ανάλογα τα 2 αυτά μεγέθη προγραμματίζει την λειτουργία του σταθμού η οποία περιγράφεται ως εξής:

1) Αν  $P_w < P_d$ , θα πρέπει να υπολογιστεί η ισχύς διείσδυσης  $P_{wd}$ , που θα προσφέρει το αιολικό πάρκο στη ζήτηση με μέγιστο ποσοστό διείσδυσης το 80%. Επομένω έχουμε ότι αν  $P_w \leq 0,8 * P_d$ , τότε θα χρησιμοποιείται ολόκληρη η παραγωγή από το αιολικό πάρκο  $P_w = P_{wd}$ , ενώ αν  $P_w > 0,8 * P_d$ , το ποσό διείσδυσης θα ισούται με το 80% της ζήτησης και θα δημιουργείται περίσσεια ισχύος ίση με  $P_w - P_{wd}$ . Για την κάλυψη της υπόλοιπης ζήτησης ισχύος, θα ελέγχεται αν η στάθμη της άνω δεξαμενής έχει αποθέματα νερού για να καλύψει την ισχύ τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αν αυτό είναι εφικτό, τότε οι υδροστρόβιλοι θα παράγουν το έλλειμμα με ισχύ  $P_h = P_d - P_{wd}$ , ενώ αν δεν επαρκεί το απόθεμα νερού της άνω δεξαμενής, τότε το έλλειμμα θα



καλύπτεται από την ισχύ των θερμοηλεκτρικών και η περίσσεια από το αιολικό πάρκο θα καταναλώνεται για αποθήκευση νερού στην άνω δεξαμενή με  $P_p = P_w - P_{wd}$ .

2) Αν  $P_w > P_d$ , τότε η ισχύ διείσδυσης θα αποτελεί το 80% της ζήτησης και για την περίσσεια  $P_w - P_{wd}$ , θα πρέπει να γίνει έλεγχος της άνω δεξαμενής αν υπάρχει διαθέσιμος όγκος για αποθήκευση

νερού, όγκου ανάλογου με την περίσσεια ισχύος την δεδομένη χρονική στιγμή. Στην περίπτωση που είναι δυνατή η αποθήκευση του νερού, οι αντλίες θα χρησιμοποιούν την περίσσεια ισχύ και τα θερμοηλεκτρικά θα καλύπτουν την υπόλοιπη ζήτηση ισχύος  $P_w - P_{wd}$ . Αντίθετα αν η στάθμη του νερού πρόκειται να ξεπεράσει την μέγιστη επιτρεπόμενη, τότε η περίσσεια από το αιολικό πάρκο χάνεται (θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για αφαλάτωση ή παραγωγή υδρογόνου) και η ζητούμενη ισχύ καλύπτεται από τους υδροστρόβιλους αντικαθιστώντας τα θερμοηλεκτρικά.



*Βίντεο 1.1 Λειτουργία υδροηλεκτρικού σταθμού*

Η σκοπιμότητα της συνδυασμένης λειτουργίας μιας μονάδας αποθήκευσης ενέργειας όπως το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό και μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες είναι:

1. Η μέγιστη αξιοποίηση της παραγωγής του συστήματος αιολικού πάρκου – αποθήκη ενέργειας, η οποία επιτυγχάνεται με την εναλλαγή της λειτουργίας της μονάδας αποθήκευσης σε παραγωγό ενέργειας ή σε αποθηκευτικό χώρο ενέργειας.
2. Την βελτίωση της απόδοσης των μονάδων βάσεων λόγω λιγότερου φόρτου εργασίας.
3. Την μείωση κόστους παραγωγής ενέργειας λόγω μικρότερης κατανάλωσης ορυκτού καυσίμου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΗΜΝΟΣ**

Η Λήμνος είναι το όγδοο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας με έκταση 476 τετραγωνικά χιλιόμετρα και το τέταρτο σε μήκος ακτών (260 χιλιόμετρα). Βρίσκεται στο βόρειο Αιγαίο όπως φαίνεται και στις εικόνες 2.1, στο Θρακικό πέλαγος, ανάμεσα στο Άγιον Όρος, τη Σαμοθράκη, την Ίμβρο και τη Λέσβο. Μαζί με τον Άγιο Ευστράτιο αποτελούν την επαρχία Λήμνου του νομού Λέσβου. Πρωτεύουσα και κύριο λιμάνι της Λήμνου είναι η Μύρινα, που πήρε το όνομα της γυναίκας του πρώτου βασιλιά του νησιού, του Θόαντα. Ως το 1955 η Μύρινα ονομαζόταν Κάστρο, ονομασία που επικράτησε κατά την ύστερη βυζαντινή περίοδο και άτυπα ακόμα έτσι αποκαλείται από τους παλιότερους Λημιούς.

Η Λήμνος είναι ηφαιστειογενές νησί. Αν και δεν έχει δάση, έχει εκτεταμένες εύφορες πεδιάδες καλλιεργημένες με σιτηρά κι αμπέλια. Επίσης, έχει υπέροχες και καθαρές παραλίες και είναι ένα νησί ιδανικό για ήρεμες διακοπές. Οι βασικές ασχολίες των κατοίκων είναι η κτηνοτροφία, η γεωργία και η αλιεία. Επίσης, ο τουρισμός, το εμπόριο και τα ναυτικά επαγγέλματα. Ο πληθυσμός του νησιού ανέρχεται σε 17.000 κατοίκους περίπου βάσει της απογραφής του 2011 (το 2001 ο πληθυσμός είχε βρεθεί περίπου 18.000).

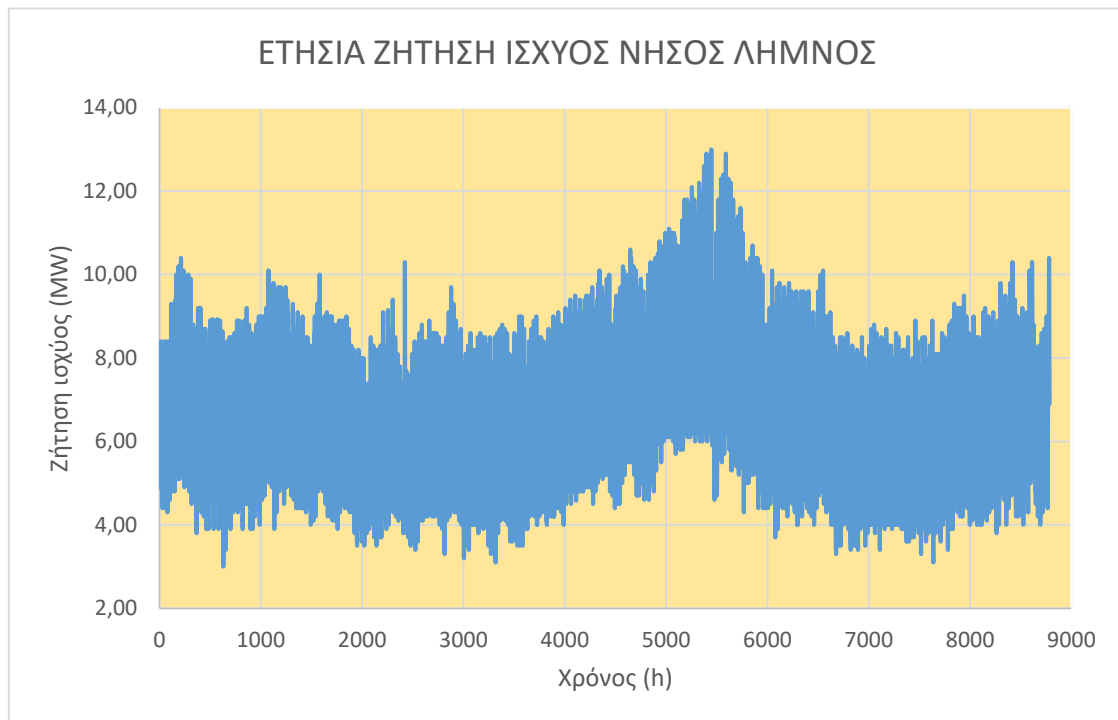


Εικόνες 2.1 η Νήσος Λήμνος

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΛΗΜΝΟΥ****3.1 Ζήτηση ισχύος από το δίκτυο**

Για να διαστασιολογήσουμε το υπό διερεύνηση σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χρειαζόμαστε μια ετήσια χρονοσειρά ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος για το νησί.

Για τις ανάγκες της παρούσης διπλωματικής, έχουμε μια καταγραφή μετρήσεων μέσω ωριαίων τιμών της ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος για το έτος 2014, όπως φαίνονται και στο *διάγραμμα 3.1*.

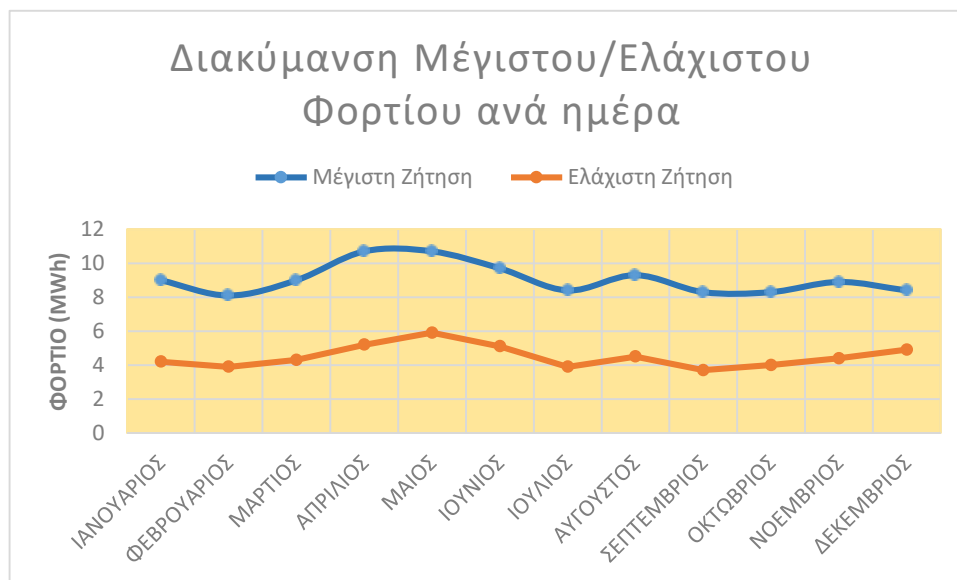


*Διάγραμμα 3.1* Ετήσια ζήτηση ισχύος νήσος Λήμνος

Βασικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν από το παραπάνω χρονοδιάγραμμα, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3.1 για ευκολία.

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά ζήτησης ισχύος Λήμνου	
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	57,22
Μέγιστη ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	13,00
Ελάχιστη ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	3,00
Μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	6,51

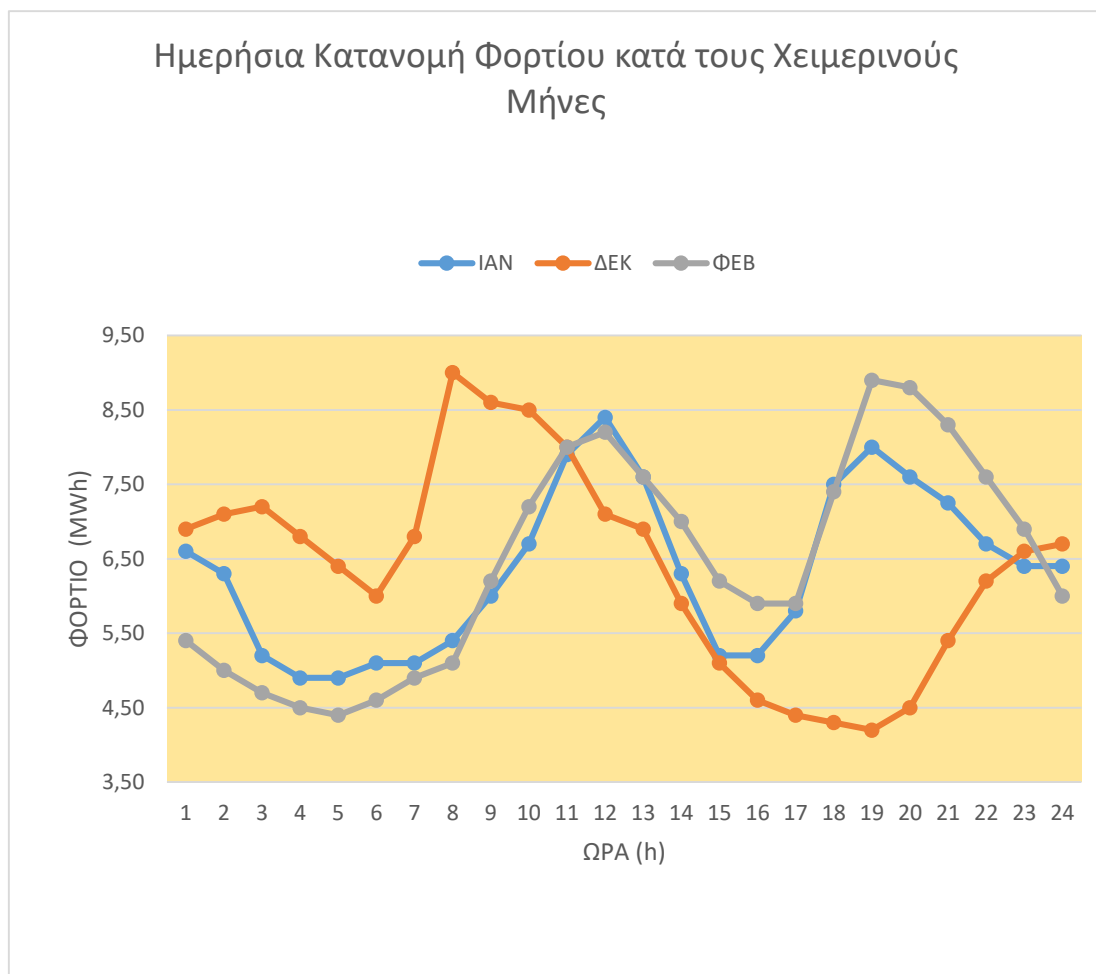
Η διακύμανση του μέγιστου και ελάχιστου φορτίου ανά ημέρα για τους μήνες του έτους 2014 παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα 3.2.



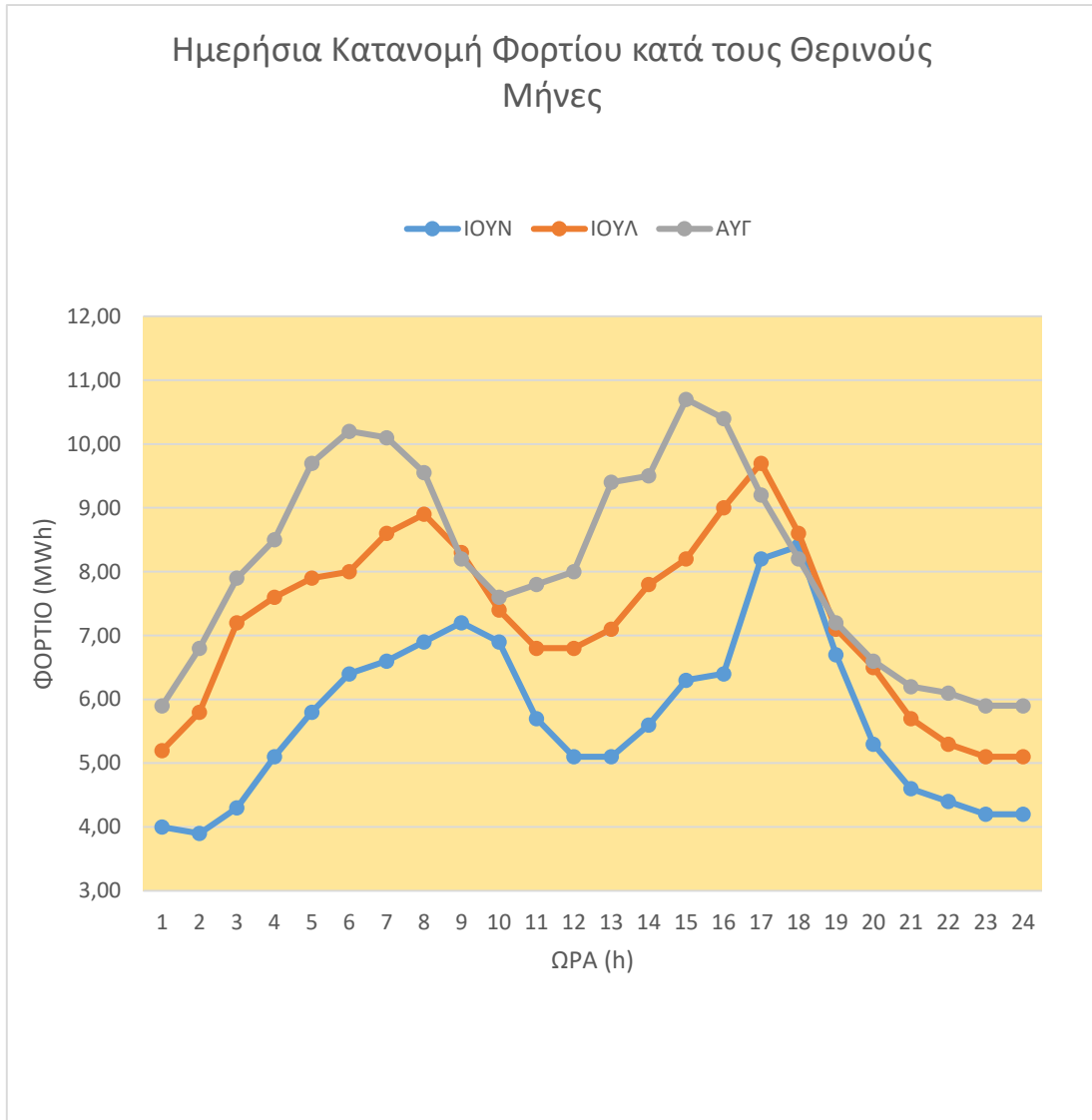
Διάγραμμα 3.2 Διακύμανση μέγιστου & ελάχιστου φορτίου ανά ημέρα

Επίσης οι διακυμάνσεις του φορτίου ζήτησης κατά τον χειμώνα και κατά το καλοκαίρι παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα, όπου παρατηρείται ότι η μέγιστη ζήτηση φορτίου κατά την περίοδο του χειμώνα εμφανίζεται τον Δεκέμβριο (9 MWh) και αντίστοιχα για τους καλοκαιρινούς μήνες εμφανίζεται τον Αύγουστο (10,7 MWh).

Η μικρή διαφορά τους οφείλεται στο γεγονός ότι από την μια το καλοκαίρι υπάρχει άνοδος ζήτησης ισχύος λόγω της λειτουργίας των τουριστικών καταλυμάτων και από την άλλη το χειμώνα η μεγάλη ζήτηση ισχύος οφείλεται στην θέρμανση των οικιών λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών.



Διάγραμμα 3.3 Κατανομή φορτίου κατά τους χειμερινούς μήνες ανά ημέρα



Διάγραμμα 3.4 Κατανομή φορτίου κατά τους θερινούς μήνες ανά ημέρα

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΛΗΜΝΟ****4.1 Περιγραφή υβριδικού σταθμού**

Όπως προαναφέρθηκε, σκοπός μας είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη της ζήτησης ισχύος του νησιού από το υβριδικό σύστημα και η χρήση των ήδη εγκατεστημένων συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ως μονάδων εφεδρείας όταν απαιτείται.

Το υβριδικό σύστημα που μελετάται, θα χρησιμοποιεί αιολικό πάρκο ως μονάδα βάσης, που θα τροφοδοτεί απευθείας την ζήτηση και για λόγους ασφαλείας με μέγιστο ποσοστό διείσδυσης το 80% της ζήτησης.

Ως εγγυημένη παραγωγή, θα χρησιμοποιηθεί αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό όπου θα αποθηκεύει την περίσσεια αιολικής ενέργειας και θα καλύπτει την ζήτηση αντικαθιστώντας τις συμβατικές θερμοηλεκτρικές μονάδες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν ως μονάδες εφεδρείας. Τον ρόλο του κάτω ταμιευτήρα αποθήκευσης νερού τον έχει η θάλασσα, ενώ ο άνω ταμιευτήρας θα κατασκευαστεί βάσει των μελετών σε ικανοποιητικό υψόμετρο πάνω από την θάλασσα. Η σύνδεση άνω ταμιευτήρα με τον υδροηλεκτρικό σταθμό θα είναι ανεξάρτητη με αυτή του άνω ταμιευτήρα και της θάλασσας (διπλή σωλήνωση). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε την ταυτόχρονη άντληση νερού από την θάλασσα και την ταχεία κάλυψη του ελλείμματος ενεργειακής ζήτησης ισχύος από το δίκτυο.

**4.2 Πλεονεκτήματα χρήσης θαλασσινού νερού**

1. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι το χαμηλό κόστος της επένδυσης σε σχέση με το αντίστοιχο με γλυκό νερό, λόγω του ότι δεν απαιτείται η κατασκευή του κάτω ταμιευτήρα.
2. Επιπλέον επειδή δεν υπάρχει ο κάτω ταμιευτήρας, δεν παρουσιάζεται διακύμανση νερού και δεν παρατηρείται βύθιση των μηχανών λόγω σπηλαίωσης. (Με τον όρο «σπηλαίωση» (cavitation) χαρακτηρίζουμε το φαινόμενο όπου παρατηρείται ο σχηματισμός κενών χώρων κοντά στα φτερά της προπέλας, που διακόπτουν τη συνεχή ροή του νερού προς την έλικα. Με άλλα λόγια, τα φτερά της προπέλας δεν «δουλεύουν» μέσα σε μια συμπαγή μάζα νερού, αλλά μέσα σε ένα μίγμα μάλλον αφρώδες, με μικρότερη πυκνότητα, αυξάνοντας έτσι την ολίσθηση και μειώνοντας την απόδοση της προπέλας)
3. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα για κατασκευή μεγαλύτερων μονάδων σε ισχύ και όγκο αποθήκευσης συναρτήσει μόνο του πάνω ταμιευτήρα.



4. Μπορούν να εγκατασταθούν πιο κοντά σε κατοικημένες περιοχές αφού δεν έχουν τον περιορισμό του κάτω ταμιευτήρα και έτσι μειώνεται και το κόστος διασύνδεσης.

#### 4.3 Μειονεκτήματα χρήσης θαλασσινού νερού

1. Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμβατικές μηχανές γλυκού νερού λόγω της έντονης διάβρωσης.
2. Επίσης τα παρελκόμενα εξαρτήματα υπόκεινται ειδικές επεξεργασίες – βαφές ώστε να αντέξουν στην διάβρωση ή χρησιμοποιούνται κατά κόρον ανοξείδωτα και έτσι αυξάνεται το κόστος συγκριτικά με μια συμβατική μηχανή γλυκού νερού.
3. Πρέπει να γίνουν μελέτες για την επιρροή του θαλασσινού νερού στο υπέδαφος και στην χλωρίδα της περιοχής από τυχόν διαρροή του άνω ταμιευτήρα.
4. Πρέπει να ληφθεί υπόψιν η επιρροή σε θαλάσσιους οργανισμούς και στην μορφολογία της ακτής, της απορρόφησης και της απόρριψης του θαλασσινού νερού ξανά στην θάλασσα.
5. Τέλος πρέπει να προστατευτεί ο αγωγός μέσα στην θάλασσα από τυχόν φύκια ή απορρίμματα που θα εμποδίζουν την ομαλή διέλευση του νερού.

#### 4.4 Θέση εγκατάστασης υδροηλεκτρικού σταθμού

Για την εγκατάσταση του συστήματος μας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι προστατευόμενες περιοχές δικτύου NATURA 2000.

Στην Λήμνο οι περιοχές αυτές βρίσκονται στην βορειοανατολική πλευρά του νησιού, όπου υπάρχουν οι δύο υγρότοποι: η Χορταρολίμνη και η Αλυκή όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1. Η μπλε διαγράμμιση αντιπροσωπεύει χώρους κοινοτικής σημασίας SCI και η κόκκινη διαγράμμιση ζώνες ειδικής προστασίας για την ορνιθοπανίδα SPA.

Η Χορταρολίμνη αποτελεί φυσικό σταθμό ανάπαυσης μεταναστευτικών πουλιών και φιλοξενεί αρκετά απειλούμενα είδη.

Η Αλυκή είναι ίσως η μόνη φυσική αλμυρή λίμνη σε αρκετά μεγάλη έκταση η οποία δεν έχει παρέμβει ο άνθρωπος για εμπορική εκμετάλλευση.



Εικόνα 4.1 Περιοχές Natura 2000 νήσου Λήμνου

Τέλος το συγκεκριμένο τμήμα του νησιού έχει αρκετά σημαντικά αρχαιολογικά ευρήματα όπως την αρχαία Ηφαιστεία.

Ένας ακόμη παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν για την εγκατάσταση του συστήματος, είναι ότι η περιοχή δεν θα πρέπει να κατοικείται για να μην δημιουργεί όχληση και να είναι κοντά σε οδικό δίκτυο για να έχει άμεση πρόσβαση. Είναι απαραίτητο να επιλεγεί ένας χώρος τέτοιος ώστε να υπάρχει μια ικανοποιητική υψομετρική διαφορά του άνω ταμιευτήρα και των παράκτιων εγκαταστάσεων αλλά ταυτόχρονα να διαθέτει και μια σχετική ομαλότητα το έδαφος για την διέλευση των αγωγών.

Όσον αφορά το αιολικό πάρκο, θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στο σταθμό για την αποφυγή μεγάλων απωλειών ισχύος λόγω καλωδίων αλλά και να διαθέτει η περιοχή ένα ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό για τις ανάγκες των ανεμογεννητριών.

Έχοντας τα παραπάνω υπόψιν, επιλέξαμε ένα σημείο εγκατάστασης του συστήματος μας βορειοδυτικά του υψώματος ‘Βίγλα’. Μια πρόχειρη εκτίμηση του μήκους των αγωγών μέχρι την θάλασσα, είναι περίπου 1 χιλιόμετρο.

Στην παρακάτω εικόνα 4.2 παρουσιάζεται το ανάγλυφο της επιλεγμένης περιοχής.



*Εικόνα 4.2 Ανάγλυφο περιοχής εγκατάστασης υδροηλεκτρικού σταθμού*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 5.1 Γενικά

Για την διαστασιολόγηση του έργου, χρησιμοποιήθηκαν το υπολογιστικό πρόγραμμα Microsoft Excel, το Wind Power Production για την εισαγωγή ανεμολογικών δεδομένων, το WAsP για την εξομοίωση των στατιστικών των ανέμων κοντά στην επιφάνεια, το σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad και το πρόγραμμα προσομοίωσης Solidworks.

Σκοπός της διερεύνησης, μέσα από τα υπολογιστικά φύλλα, είναι η μεγιστοποίηση της εγγυημένης ισχύος από τον υβριδικό σταθμό, η μείωση του κόστους εγκατάστασης και η γρηγορότερη απόσβεση του.

### 5.2 Άνω ταμιευτήρας αποθήκευσης νερού

Ο πάνω ταμιευτήρας νερού ως μονάδα αποθήκευσης, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τον τύπο του σταθμού και τον τρόπο λειτουργίας του. Στο υπό μελέτη έργο μας, θα εγκατασταθεί σε ύψος 380 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το ανάγλυφο παρουσιάζει μια σχετική ομαλότητα και η όδευση των αγωγών δεν επιφέρει κινδύνους καταστροφής τους. Η μορφολογία του ταμιευτήρα δεν είναι κατακόρυφη αλλά παρουσιάζει μια κλίση των 72 μοιρών ως προς το οριζόντιο επίπεδο όσο βαθαίνει, σε μορφή δηλαδή αντεστραμμένης πυραμίδας για λόγους κατασκευαστικής ευστάθειας.

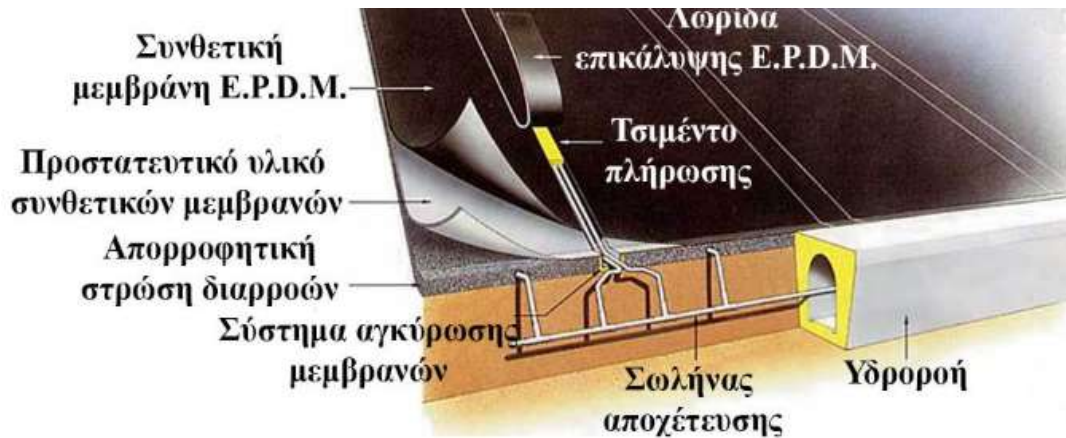
Για την στεγανοποίηση του ταμιευτήρα και για να εξαλειφθούν πιθανές διαρροές θαλασσινού νερού προς το υπέδαφος, θα χρησιμοποιηθεί συνθετική μεμβράνη E.P.D.M..

Πάνω από την μεμβράνη αυτή, θα τοποθετηθεί ένα στρώμα μπετονίτη πάχους 40 εκ. το οποίο θα προστατεύσει την μεμβράνη από τυχόν τρυπήματα.

Αν τυχόν προκύψουν διαρροές νερού, τότε αυτές θα συλλέγονται από ένα περιμετρικό αποχετευτικό σύστημα αφρώδους απορροφητικού υλικού και θα επιστρέφουν στον ταμιευτήρα.

#### Μεμβράνες E.P.D.M.

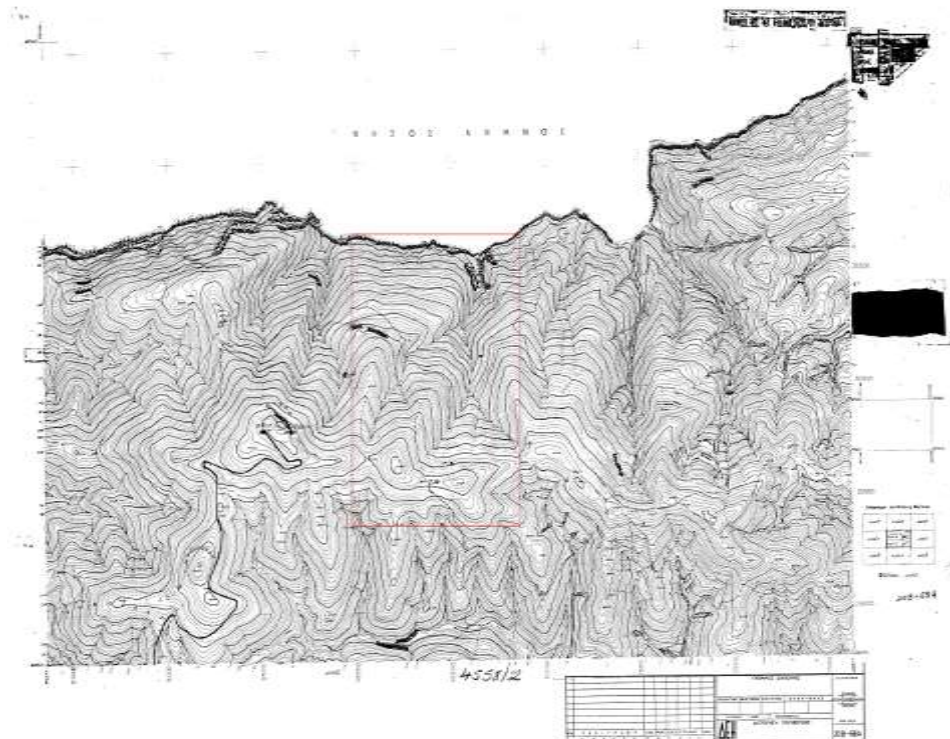




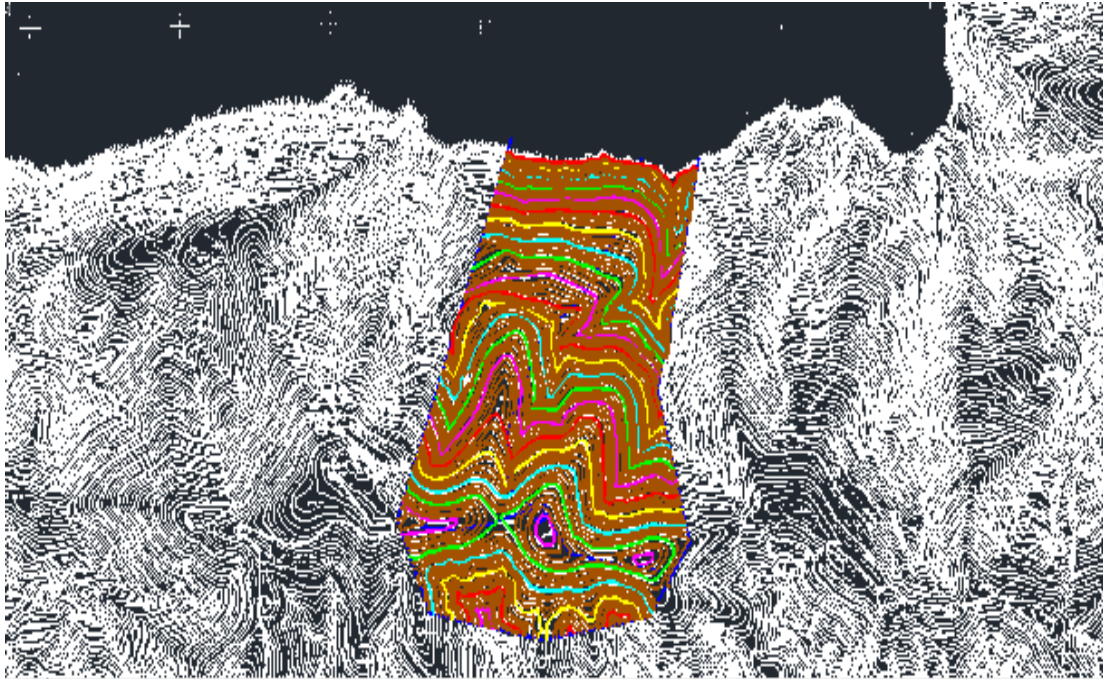
Εικόνα 5.1 Στεγάνωση και απορρόφηση διαρροών νερού άνω ταμιευτήρα

Η υδροληψία από την δεξαμενή θα γίνεται από ένα πυργίσκο ύψους 1 μ. που θα εγκατασταθεί στον πυθμένα του ταμιευτήρα και θα φιλτράρει το νερό που θα ρέει προς τον σταθμό.

Αρχικά έγινε ψηφιοποίηση της περιοχής με το Autocad έχοντας προηγουμένως αποκτήσει τους χάρτες με τις ισοϋψείς καμπύλες από την γεωγραφική υπηρεσία στρατού σε κλίμακα 1:50000 όπως φαίνεται στην εικόνα 5.2.

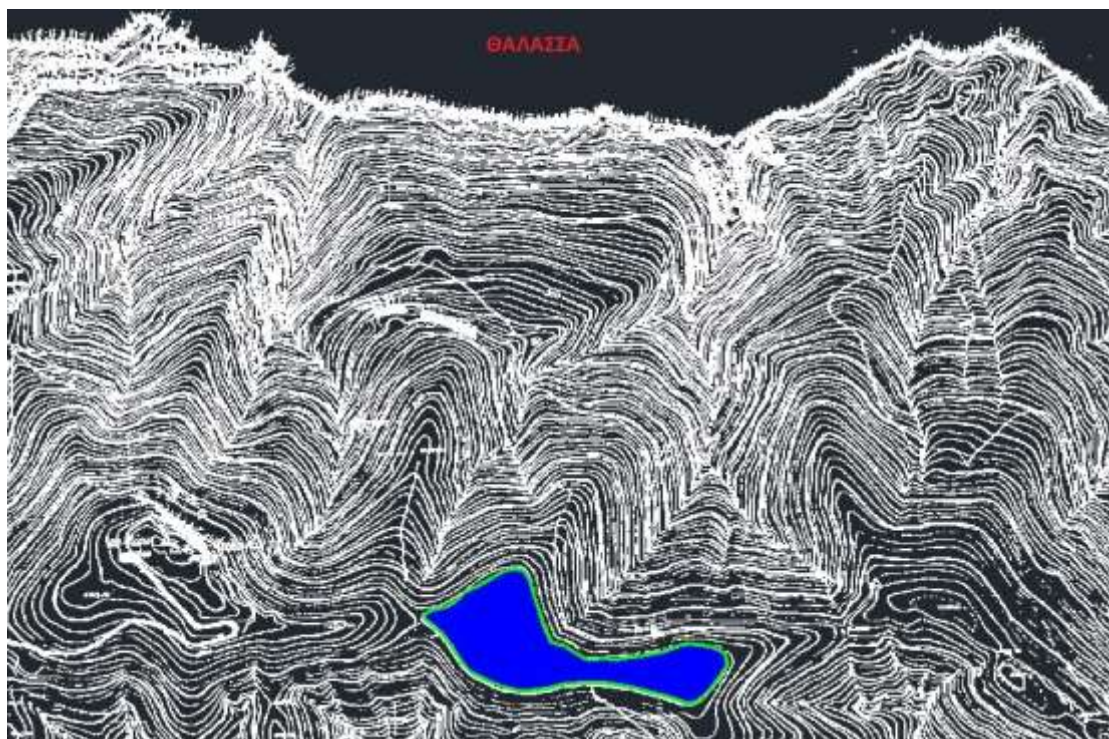


Εικόνα 5.2 Χάρτης με ισοϋψείς καμπύλες περιοχής υδροηλεκτρικού σταθμού

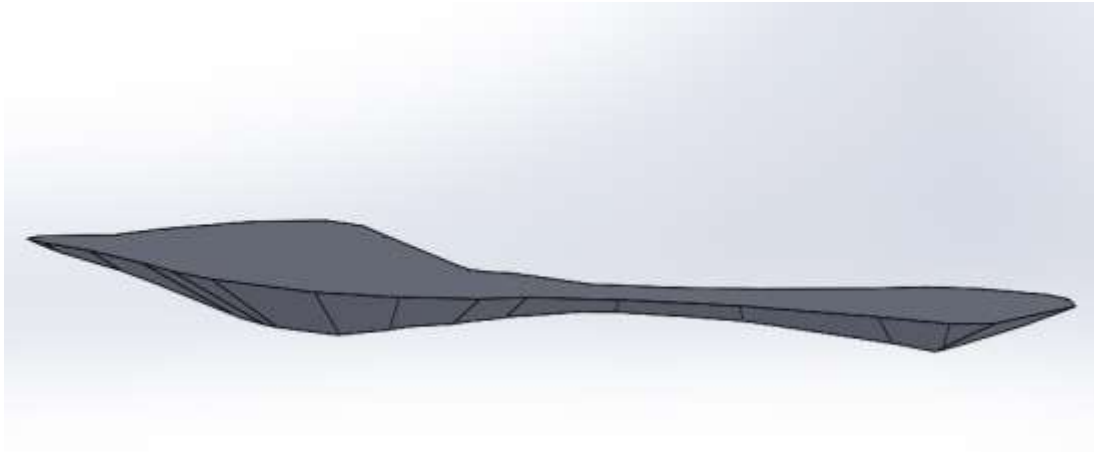


Εικόνα 5.3 Διαγράμμιση ισοψών καμπύλων περιοχής υδροηλεκτρικού σταθμού

Έπειτα, έγινε εισαγωγή της επιλεγείσας ισοψούς καμπύλης των 380 μέτρων στο πρόγραμμα Solidworks και σχεδιάστηκε η βέλτιστη δεξαμενή, λαμβάνοντας υπόψη την εσωτερική κλίση και το συγκεκριμένο ανάγλυφο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 5.4



Εικόνα 5.4 Άνω ταμιευτήρας υδροηλεκτρικού σταθμού



Εικόνα 5.5 Τρισδιάστατη απεικόνιση άνω ταμιευτήρα



Εικόνα 5.6 Κλίσεις και βάθος άνω ταμιευτήρα

Η δεξαμενή αυτή έχει σχετικά ρηχό βάθος 24 μέτρων και συνολικό όγκο 500.000 κυβικών μέτρων.

Αυτό οφείλεται για λόγους κατασκευαστικής ευστάθειας, στην κλίση των 72 μοιρών που πρέπει να έχει η δεξαμενή καθώς και στο ανάγλυφο του εδάφους στο συγκεκριμένο σημείο.

### 5.3 Σωλήνωση

#### 5.3.1 Όδευση αγωγών

Η όδευση των αγωγών, υλοποιείται όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 5.7, έτσι ώστε να αποφευχθούν μεγάλες κλίσεις εδάφους και συνάμα μικρότερο συνολικό μήκος σωληνώσεων μέχρι τα παράκτια. Έτσι αφενός οι σωλήνες και τα εξαρτήματα δεν καταπονούνται και αφετέρου ελαχιστοποιούμε το κόστος τους.



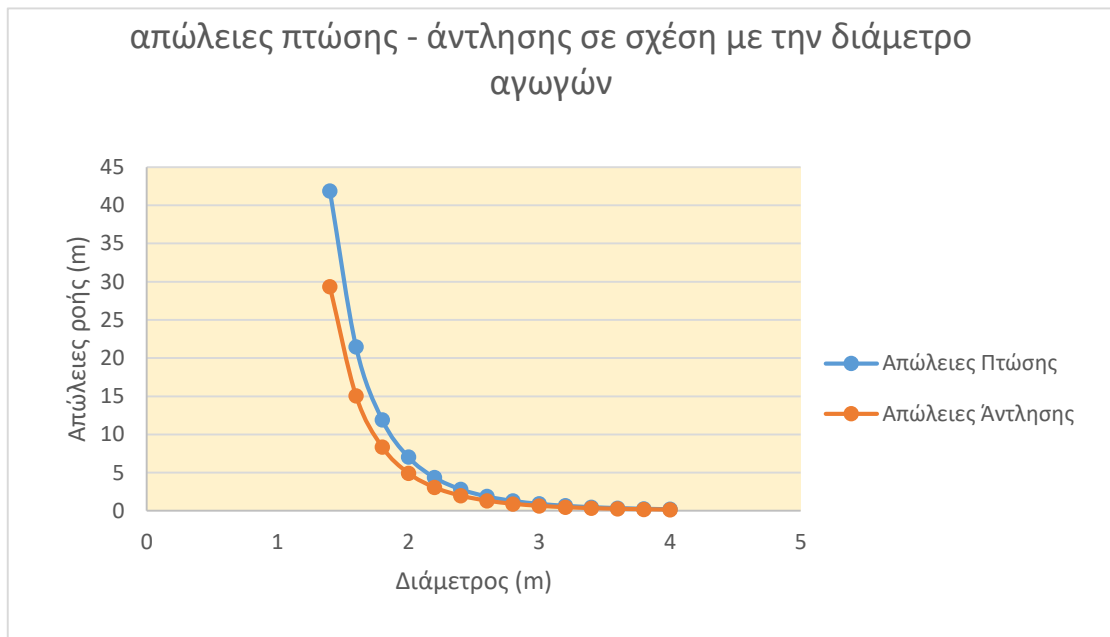
*Εικόνα 5.7 Όδευση αγωγών υδροηλεκτρικού σταθμού*

### **5.3.2 Κατασκευή σωληνώσεων**

Για την κατασκευή των σωληνώσεων του νερού, υπολογίστηκε η κατάλληλη διάμετρος των αγωγών για την ελαχιστοποίηση των απωλειών ροής και μάζας του.

Το παρακάτω *διάγραμμα 5.1* παριστάνει τις απώλειες ροής του νερού συναρτήσει της διαμέτρου των αγωγών.





*Διάγραμμα 5.1 Απώλειες πτώσης – άντλησης σε σχέση με διάμετρο αγωγών*

Κατά κανόνα, οι δεκτές απώλειες τόσο για την άντληση όσο και για την υδατόπτωση είναι μέχρι 5%. Στην περίπτωση μας, έχουμε υπολογίσει απώλειες φυσικής υδατόπτωσης 17,5 μέτρα και απώλειες άντλησης 19 μέτρα.

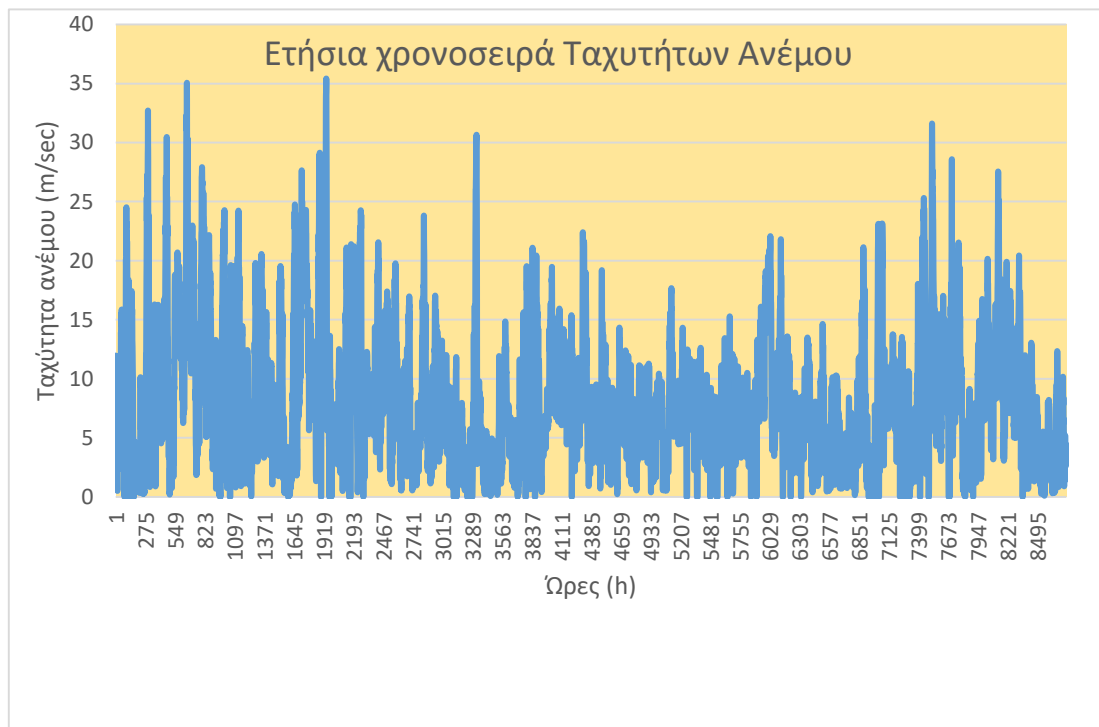
Δεδομένου του παραπάνω κριτηρίου και έχοντας υπόψιν τις εξωτερικές διαμέτρους των ετοιμοπαράδοτων σωληνώσεων, διερευνούμε και καταλήγουμε στην βέλτιστη επιλογή των 1,6 μέτρων εξωτερικής διαμέτρου όπως φαίνεται στον πίνακα 5.1

	Υδραυλική πτώση	Άντληση
Μήκος σωληνώσεων (m)	1107	1131
Συντελεστής απωλειών	0,1014	0,1014
Μέγιστη παροχή όγκου (m <sup>3</sup> /s)	3,50	2,80
Ταχύτητα ροής (m/s)	0,92	0,74
Εσωτ. διάμετρος σωληνώσεων (m)	Απώλειες πτώσης	Απώλειες άντλησης
1	225,268195	157,7959458
1,2	90,53023527	63,41465157
1,4	41,88511391	29,33969957
1,6	21,48324919	15,04859407
1,8	11,92167707	8,350900619
2	7,039631095	4,931123306

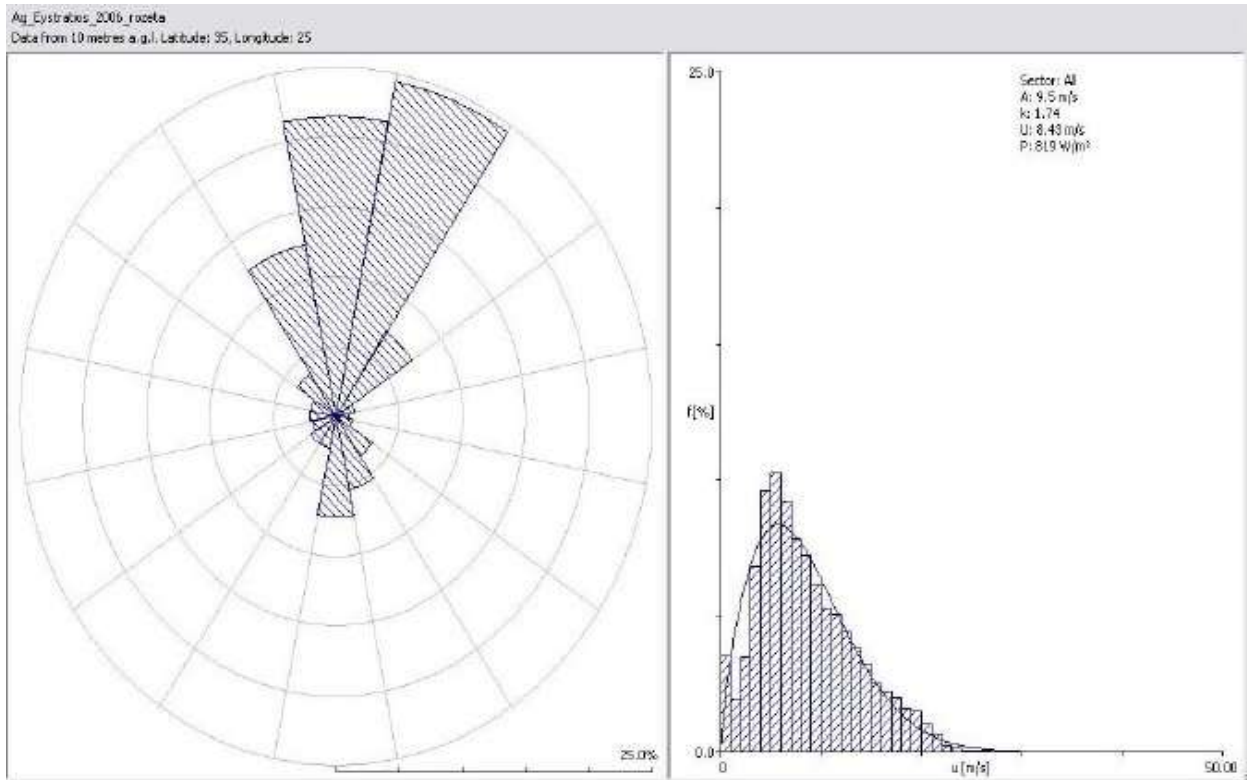
## 5.4 Αιολικό πάρκο

Για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου, είναι απαραίτητη η ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων της περιοχής που περιλαμβάνει την μέση ταχύτητα του ανέμου, την κύρια διεύθυνση του, τα διαστήματα νηνεμίας και την πιθανότητα εμφάνισης των τιμών ταχύτητας του. Γίνεται σε βάθος τουλάχιστον ενός έτους με την τοποθέτηση ανεμολογικών ιστών πάνω στους οποίους εγκαθίστανται μετρητικά όργανα καταγραφής ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου με βήμα 10 λεπτών συνήθως. Έπειτα, έχοντας τις μετρήσεις δημιουργούμε την καμπύλη Weibull που μας προσδιορίζει την πιθανότητα εμφάνισης κάθε τιμής της ταχύτητας ανέμου, το ροδόγραμμα της κύριας διεύθυνσης του ανέμου και την ετήσια χρονοσειρά με τις μέσες ωριαίες τιμές των ταχυτήτων.

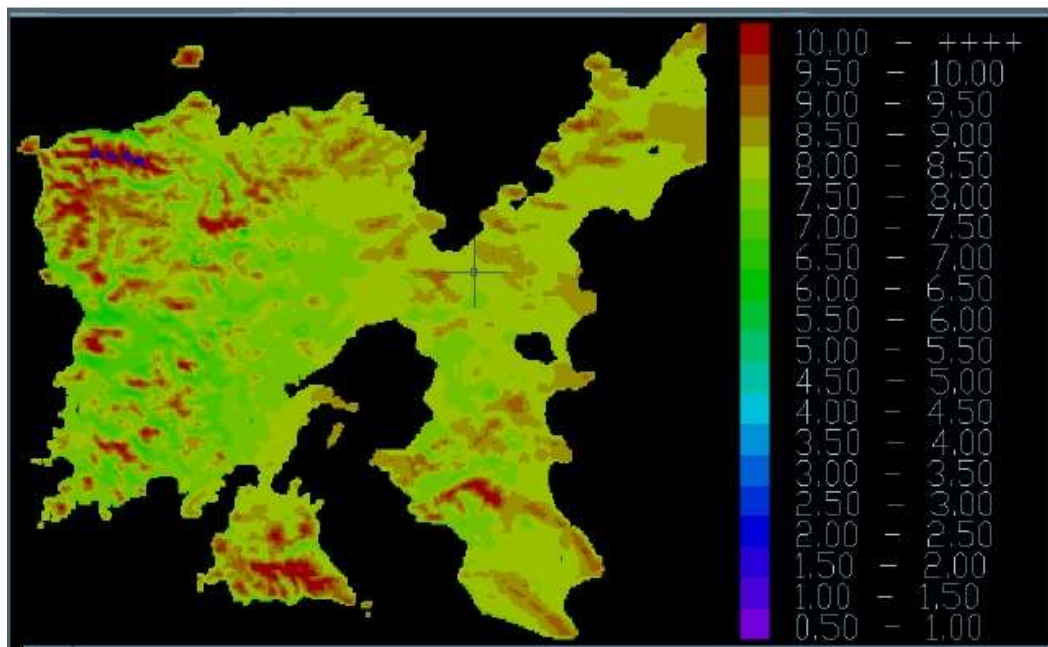
Στο *διάγραμμα 5.2*, παρουσιάζεται η ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ταχυτήτων ανέμου.



Διάγραμμα 5.2 Ετήσια χρονοσειρά ταχυτήτων ανέμου νήσου Λήμνου



Διάγραμμα 5.3 Ροδόγραμμα και κατανομή Weibull νήσου Λήμνου



Εικόνα 5.8 Αιολικός χάρτης Λήμνου

Παρατηρείται ότι οι κύριες κατευθύνσεις του ανέμου είναι Βόρειες και Βορειοανατολικές, γεγονός που μας επιβεβαιώνει την θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου.

Για την διαστασιολόγηση του πάρκου, επιλέχτηκε να εγκατασταθούν ανεμογεννήτριες της εταιρείας Enercon της σειράς E-82 με ονομαστική ισχύ 2MW.

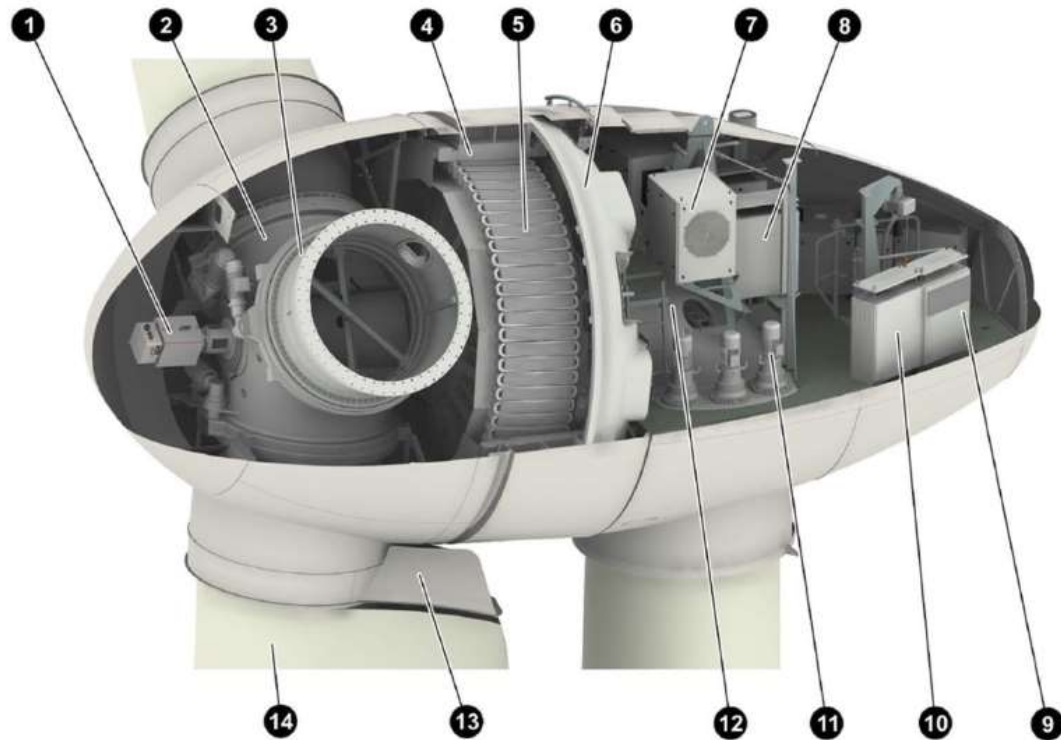
Στον παρακάτω πίνακα 5.2, φαίνονται τα τεχνικά στοιχεία της ανεμογεννήτριας



*Πίνακας 5.2 Τεχνικά στοιχεία επιλεγμένης ανεμογεννήτριας*

Κατασκευαστής / Τύπος	Enercon / E-82 E2
Ονομαστική Ισχύς (kW)	2
Διάμετρος δρομέα (m)	82
Ύψος νασέλας (m)	78
Τάξη ανέμου (IEC)	II A
Αριθμός πτερυγίων	3
Ταχύτητα έναρξης (m/sec)	2
Ταχύτητα λειτουργίας (m/sec)	12,5
Ταχύτητα αποκοπής (m/sec)	34
Τάση γεννήτριας (V)	690

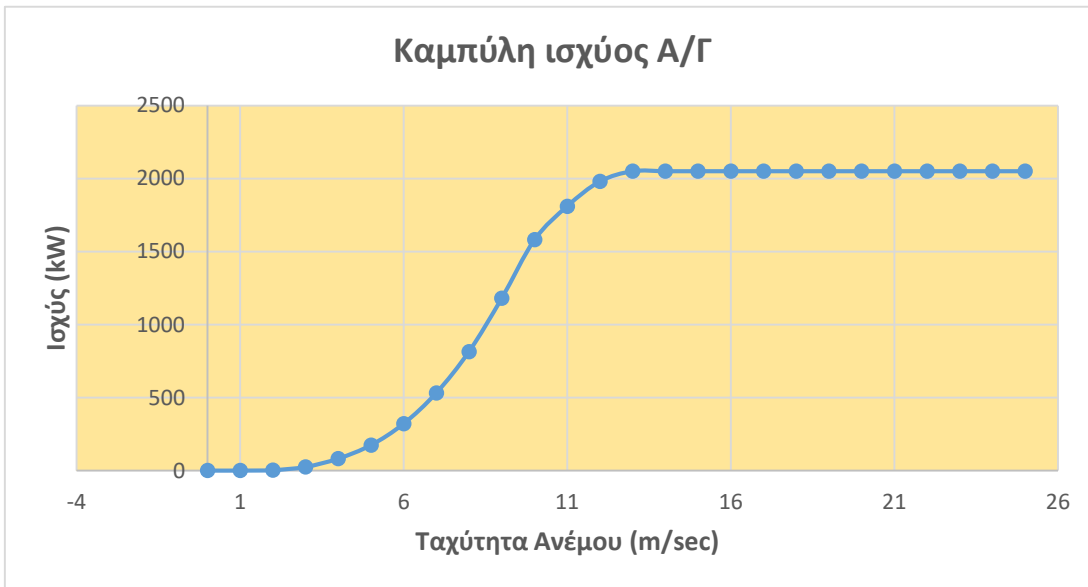
Στην παρακάτω εικόνα 5.9 φαίνεται το εσωτερικό της νασέλας της ανεμογεννήτριας



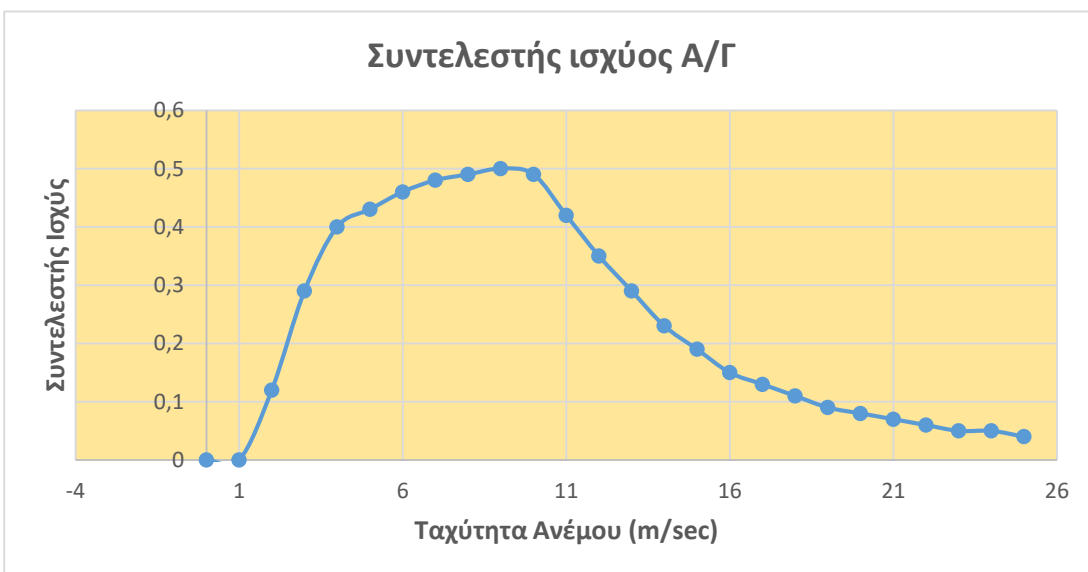
1	Δακτύλιος ολίσθησης	8	Κιβώτιο φίλτρου γεννήτριας
2	Πλόμνη	9	Κιβώτιο ελεγκτή διέγερσης
3	Προσαρμογέας πτερυγίου	10	Κιβώτιο μετασχηματιστή νασέλας
4	Στάτορας γεννήτριας	11	Κινητήρας συστήματος προσανεμισμού
5	Ρότορας γεννήτριας	12	Κέλυφος νασέλας
6	Προστασία στάτορα	13	Επέκταση πτερυγίου
7	Κιβώτιο ανορθωτή	14	Πτερόγιο

Εικόνα 5.9 Απεικόνιση εσωτερικού της νασέλας της ανεμογεννήτριας

Τα διαγράμματα της καμπύλης ισχύος και του συντελεστή ισχύος της επιλεγμένης ανεμογεννήτριας παρουσιάζονται στα διαγράμματα 5.4 και 5.5.



Διάγραμμα 5.4 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας Epercon E-82 E2



Διάγραμμα α 5.5 Καμπύλη συντελεστή ισχύος ανεμογεννήτριας Epercon E-82 E2

Για την χωροθέτηση τους στην περιοχή, λαμβάνουμε υπόψιν την επικρατούσα διεύθυνση ανέμου την μεταξύ τους απόσταση να μην είναι μικρότερη από 2 διαμέτρους φτερωτής. Οι θέσεις των ανεμογεννητριών φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 5.10.



Εικόνα 5.10 Χωροθέτηση ανεμογεννητριών αιολικού πάρκου

Ο αριθμός ανεμογεννητριών που θα εγκατασταθούν, προκύπτει μετά από την παραδοχή η συμμετοχή των θερμικών μονάδων του νησιού καθώς επίσης και η ετήσια απόρριψη ενέργειας από το αιολικό πάρκο να μην υπερβαίνει το 10%.

Συγκεκριμένα εδώ μετά από διερεύνηση, θα τοποθετηθούν 8 ανεμογεννήτριες. Με την επιλογή αυτή, οι θερμικές μονάδες έχουν συμμετοχή 22% και η απόρριψη ενέργειας είναι 8%. Αυτό συμβαίνει λόγω του μικρού όγκου του άνω ταμιευτήρα που μας δεσμεύει.

### 5.5 Υδροδυναμικές μηχανές

Οι υδροδυναμικές μηχανές είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια του νερού σε ενέργεια περιστροφής ενός άξονα. Χωρίζονται σε δυο κύριες κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό αντιδράσεως τους, τους υδροστρόβιλους δράσεως και τους υδροστρόβιλους αντιδράσεως.

Οι υδροστρόβιλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής, δηλαδή σε κάθε χρονική στιγμή ένα μόνο τμήμα τους συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή. Ο μόνος τύπος υδροστρόβιλου τέτοιας κατηγορίας που έχει επικρατήσει είναι ο Pelton.

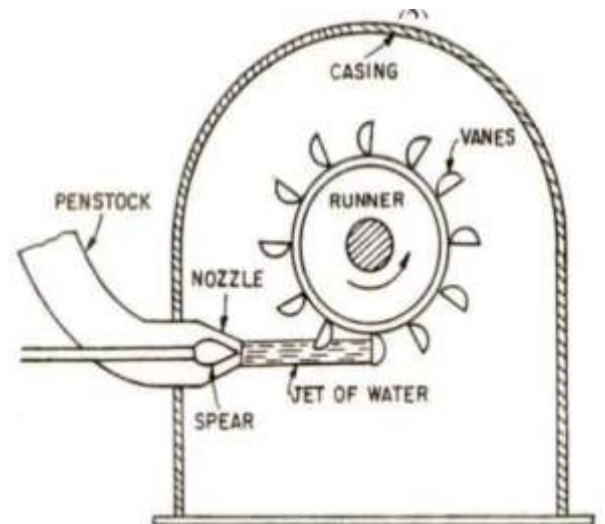
Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής που σημαίνει ότι ολόκληρη η περωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά. Τέτοιοι υδροστρόβιλοι είναι ο Francis και ο Kaplan.

Για να επιλέξουμε τον τύπο των αναστρέψιμων υδραυλικών μηχανών θα πρέπει να γνωρίζουμε την υδραυλική πτώση του νερού. Δηλαδή την διαφορά στάθμης του νερού μεταξύ του άνω και του κάτω ταμιευτήρα, στην περίπτωση μας της στάθμης της θάλασσας. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της υδραυλικής πτώσης, τόσο η ανά μονάδα μάζας ενέργειας του νερού είναι υψηλή ( $g \cdot h$  σε  $Kj \cdot Kg$ ). Επομένως οι διαστάσεις των αγωγών θα είναι μικρότερες καθώς επίσης και το μέγεθος των ταμιευτήρων. Κατά κανόνα δεν εξετάζουμε περιπτώσεις όπου η υδραυλική πτώση είναι μικρότερη από 300 μέτρα. Μια αναστρέψιμη υδραυλική μηχανή, σχεδιάζεται λαμβάνοντας υπόψιν τις απαιτήσεις λειτουργίας ως αντλία και όχι σαν υδροστρόβιλο. Ο λόγος είναι ότι σαν αντλία έχει περισσότερες απαιτήσεις η λειτουργία της όπως για παράδειγμα την σπηλαιώση, κινδύνους αποκόλλησης και επιβραδυνόμενη ροή.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε συγκεντρωτικά ορισμένα χαρακτηριστικά από τους υδροστρόβιλους Pelton και Francis.

Ο Pelton έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Δέσμευση του 100% της κινητικής ενέργειας του νερού σε χαμηλές ταχύτητες λόγω των σκαφιδίων, επιτυγχάνοντας σταθερό βαθμό απόδοσης
2. Με την αύξηση των ακροφυσίων, μέγιστος αριθμός μέχρι 6, αυξάνουμε την δέσμευση ενέργειας του νερού και έτσι αυξάνεται η απόδοση του στρόβιλου.
3. Έχει εύρος μανομετρικού : 30 – 1500 μέτρα.
4. Παροχή από 0.01 – 5m<sup>3</sup>/s



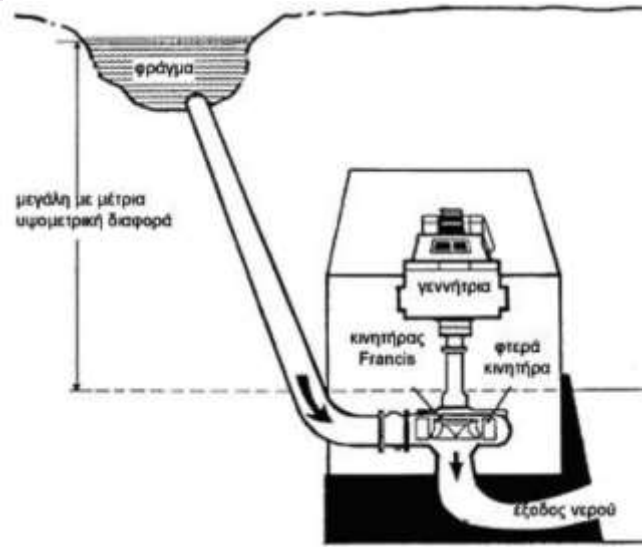
Εικόνα 5.11 Υδροστρόβιλος δράσεως Pelton

Ο Francis έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. Έχει υψηλή απόδοση αλλά δεν διατηρείται σταθερή σε μεγάλο πεδίο τιμών, έξω από το ονομαστικό σημείο λειτουργίας.

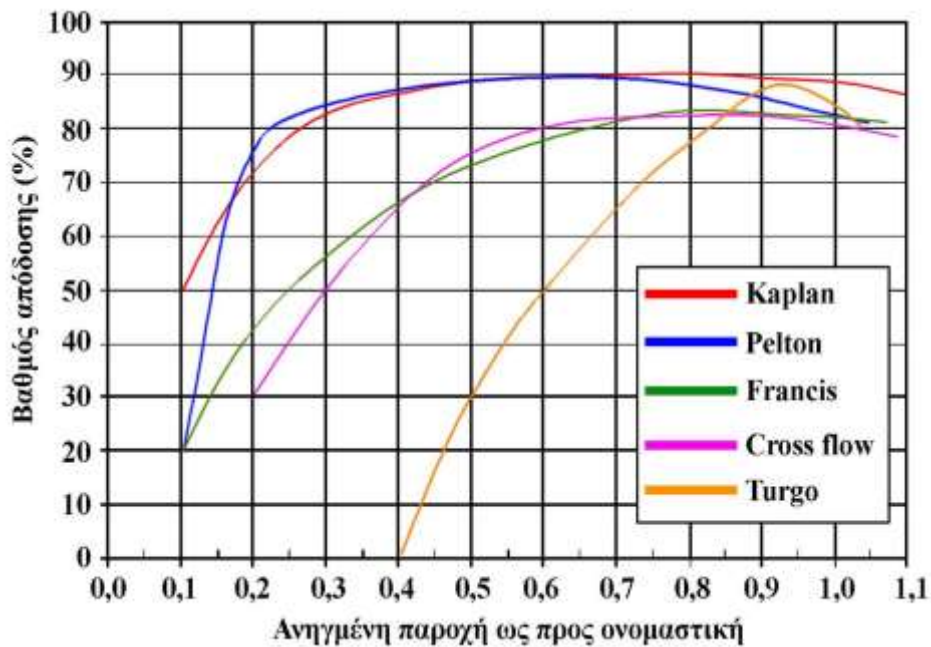


2. Έχει εύρος μανομετρικού: 40 – 600 μέτρα
3. Παροχή: 0.15 – 10 m<sup>3</sup>/s

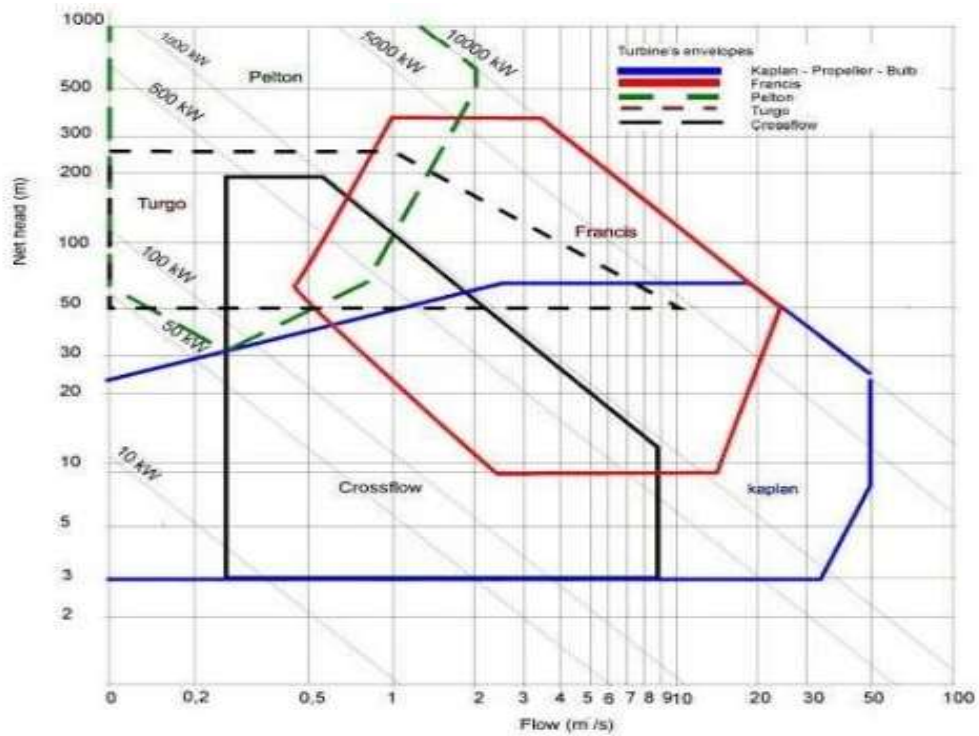


Εικόνα 5.12 Υδροστρόβιλος αντιδράσεως Francis

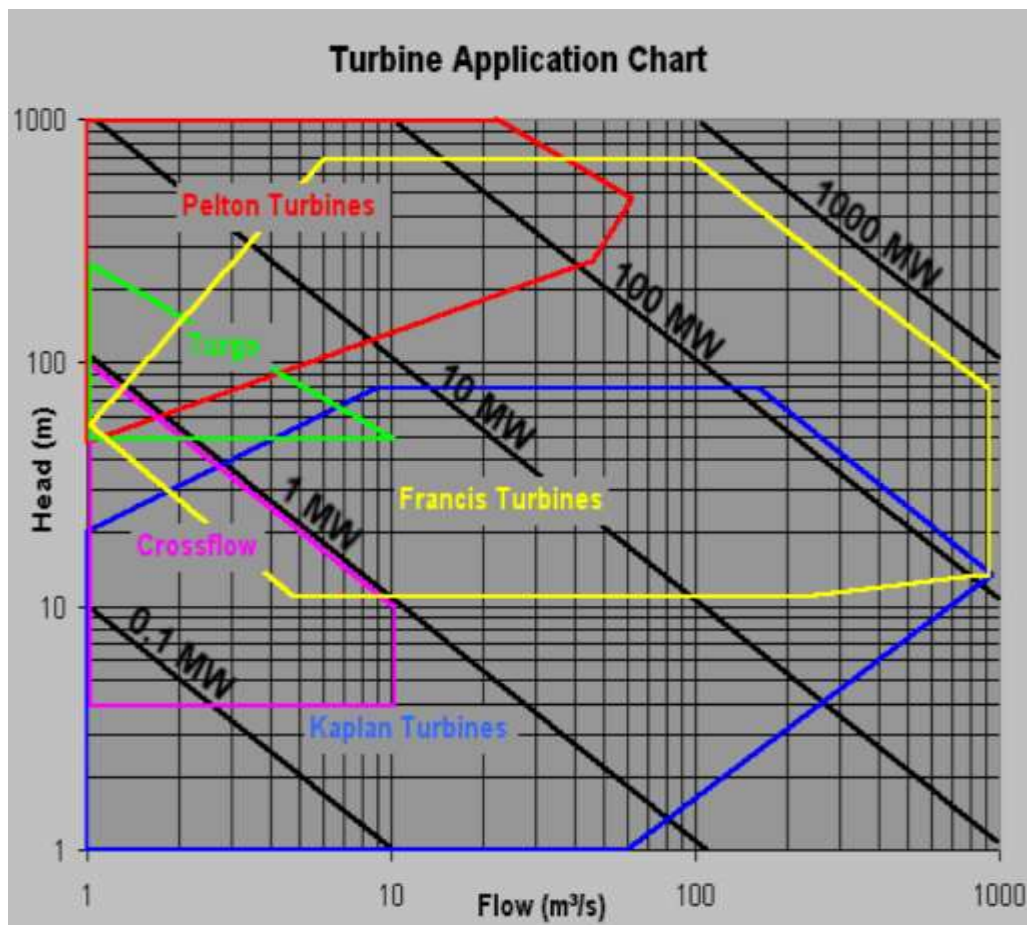
Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα της εταιρείας European Small Hydropower Association σχετικά με την απόδοση και την επιλογή του υδροστροβίλου.



Εικόνα 5.13 Απόδοση υδροστροβίλων



Εικόνα 5.14 Επιλογή υδροστροβίλων



Εικόνα 5.15 Επιλογή υδροστροβίλων

Βάσει των παραπάνω διαγραμμάτων και έχοντας υπόψιν το μανομετρικό μας ύψος (380 m) αλλά και την μέγιστη παροχή όγκου νερού ( $3,44 \text{ m}^3/\text{sec}$ ), επιλέξαμε για το έργο μας την τοποθέτηση ενός υδροστρόβιλου τύπου Francis.

Σε γενικές γραμμές τα πλεονεκτήματα του Francis είναι περισσότερα από του Pelton λόγω αντοχής υλικών, βαθμού απόδοσης, ταχύτητας περιστροφής και κόστους οπότε και η τεχνολογική – κατασκευαστική έρευνα επιδιώκει την αύξηση των ανώτατων τιμών υδραυλικής στάθμης για να χρησιμοποιείται περισσότερο ο Francis.

## 5.6 Αντλίες

Για την επιλογή της αντλίας του αντλιοστασίου, απευθυνθήκαμε στην εταιρεία KSB.

Βάσει των αναγκών μας (μέγιστη παροχή όγκου αντλιών =  $2,8 \text{ m}^3/\text{sec} \rightarrow 10080 \text{ m}^3/\text{h}$ ) και της γκάμας αντλιών που προσφέρει η παραπάνω εταιρεία, επιλέξαμε αντλία τύπου RDLP.

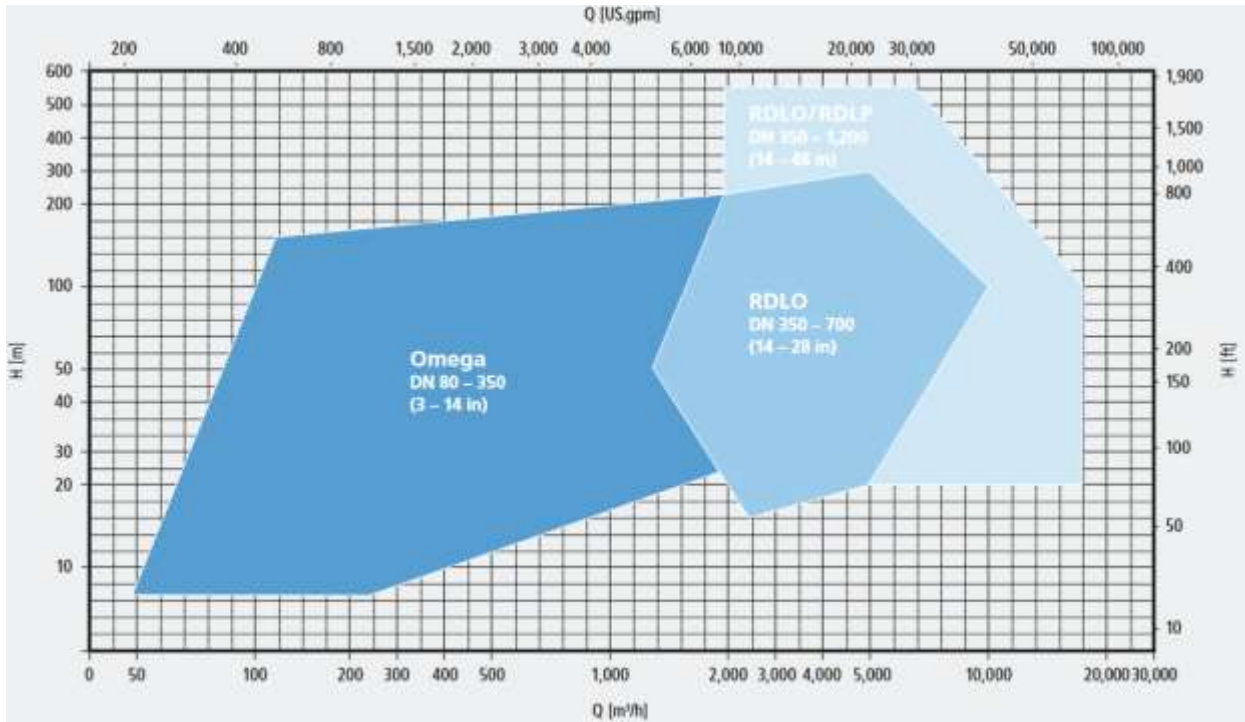
Η συγκεκριμένη σειρά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την άντληση θαλασσινού νερού.

Παρακάτω παρουσιάζονται στοιχεία και διαγράμματα της εν λόγω αντλίας.



Εικόνα 5.16 cad μορφή αντλίας KSB/RDLP

Πίνακας 5.3 Τεχνικά στοιχεία επιλεγμένης αντλίας	
Κατασκευαστής / σειρά	KSB / RDLP
Ονομαστική παροχή ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	18000 (max)
Μανομετρικό (m)	550 (max)
Πίεση (bar)	70 (max)



Εικόνα 5.17 Διάγραμμα επιλογής αντλιών συναρτήσει μανομετρικού ύψους

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

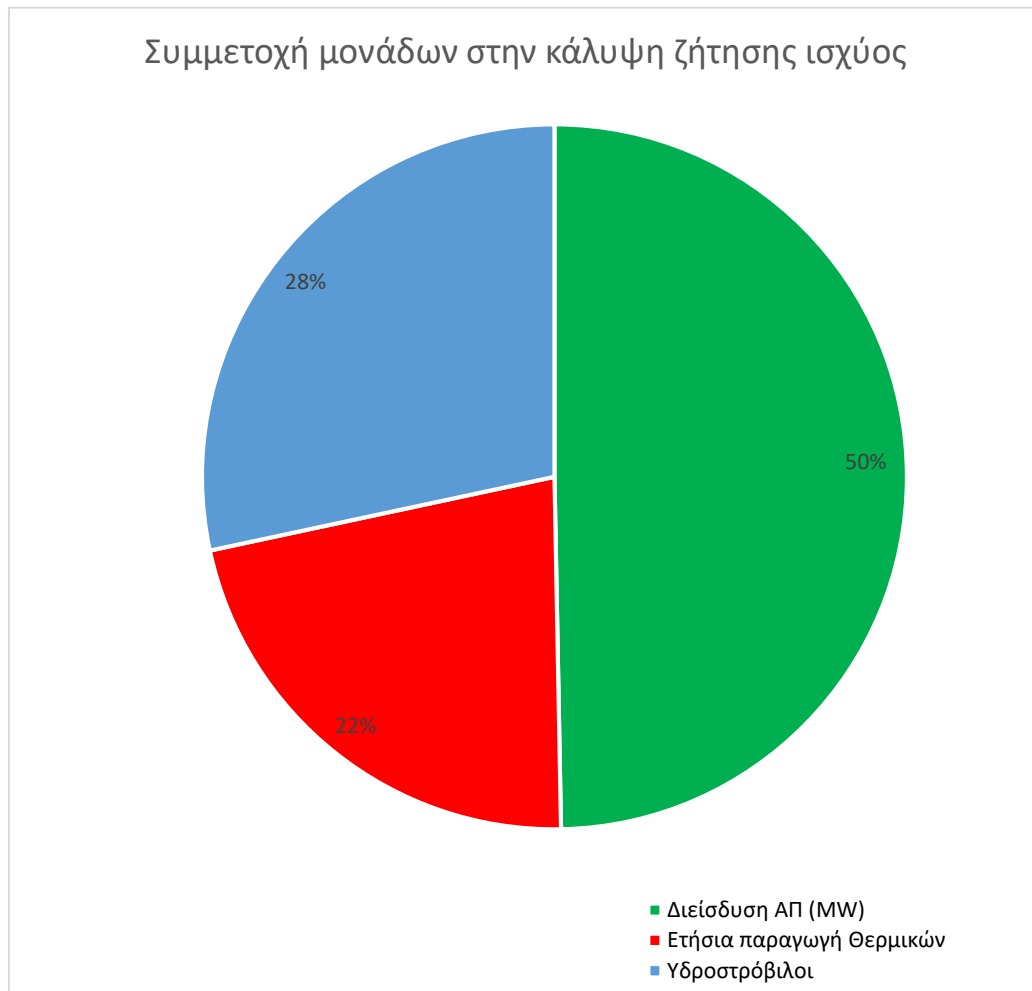
Από την μελέτη και διαστασιολόγηση του υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτουν κάποια θετικά αποτελέσματα ως προς την μείωση της χρήσης των θερμοηλεκτρικών μονάδων στην κάλυψη της ζήτησης ισχύος του νησιού.

Στους παρακάτω πίνακες, παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση των βασικών μεγεθών του υβριδικού σταθμού καθώς και η ποσότητες ενέργειας του, ενώ στα διαγράμματα φαίνεται η ετήσια κάλυψη του ενεργειακού φορτίου από τις επιμέρους μονάδες του υβριδικού σταθμού.

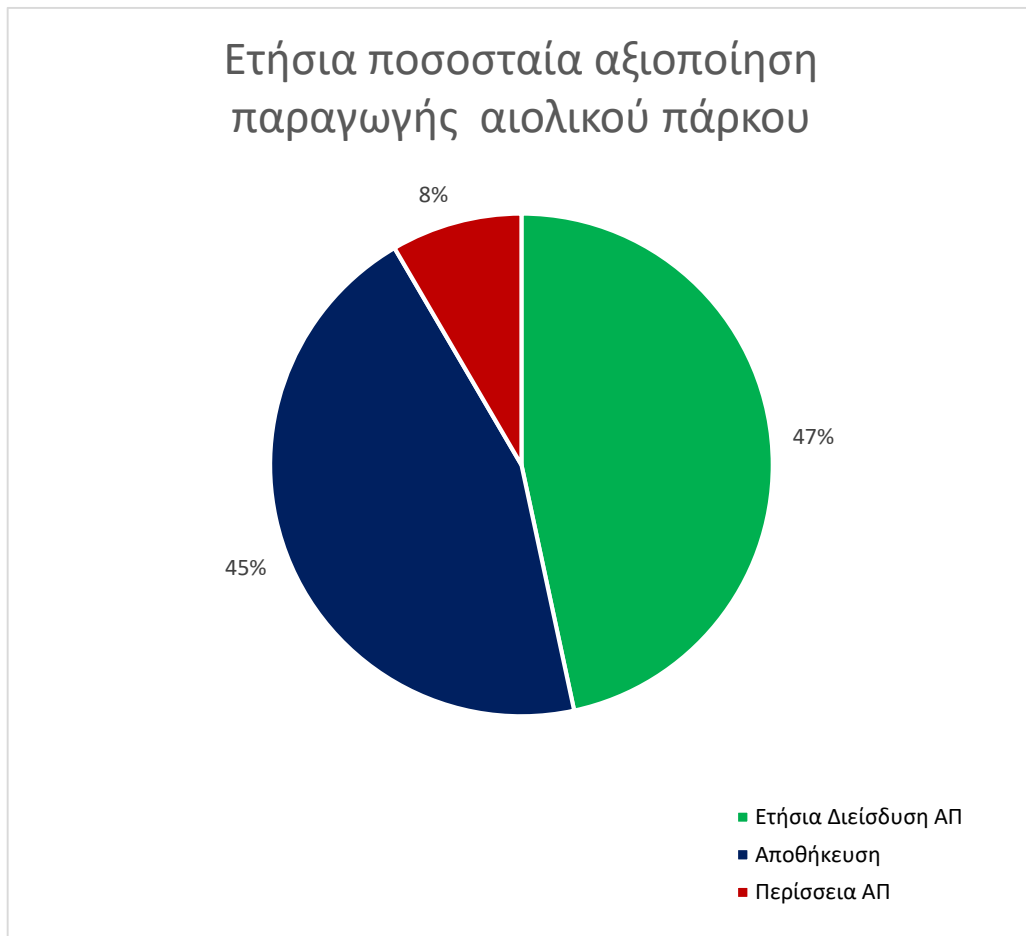
Ονομαστική ισχύς αιολικού πάρκου (MW)	16
Μέγιστη ετήσια παραγωγή ισχύος από υδροστρόβιλους (MW)	10,2
Μέγιστη ετήσια ισχύς λειτουργίας αντλιών (MW)	13,92
Μέγιστη ετήσια παροχή υδατόπτωσης (m <sup>3</sup> /s)	3,44
Μέγιστη ετήσια παροχή άντλησης (m <sup>3</sup> /s)	2,8
Ελάχιστη απαιτούμενη διάμετρος σωληνώσεων υδατόπτωσης (m)	1,6
Μέγιστη ταχύτητα ροής υδατόπτωσης (m/s)	1,57
Μέγιστη ταχύτητα ροής άντλησης (m/s)	1,12
Μέγιστες απώλειες ροής υδατόπτωσης (m)	10,44
Μέγιστες απώλειες ροής άντλησης (m)	6,94

Πίνακας 6.2: Ετήσιες ποσότητες ενέργειας για τη βέλτιστη διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού

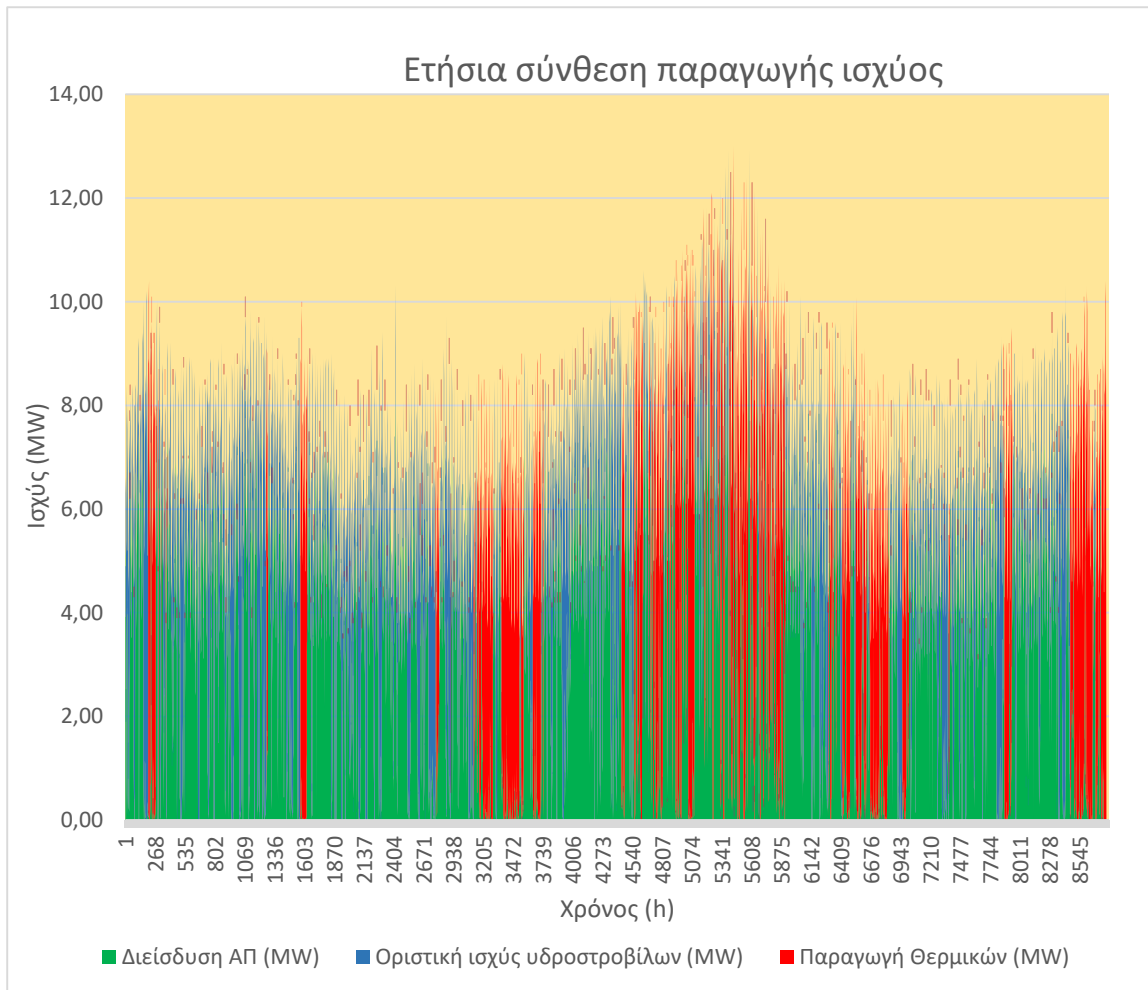
Ετήσια διείσδυση αιολικής ενέργειας (MWh)	28,439
Ετήσια παραγωγή από υδροστρόβιλους (MWh)	16,388
Συνολική ετήσια διείσδυση Α.Π.Ε. (MWh)	44,827
Ετήσια παραγωγή θερμικών μονάδων (MWh)	12,391
Ετήσια αποθήκευση ενέργειας (MWh)	27,169
Ετήσια απόρριψη ενέργειας (MWh)	5,374
Αρχική ετήσια παραγωγή αιολικού πάρκου (MWh)	60,983
Ποσοστό ετήσιας απόρριψης αιολικής ενέργειας (%)	8.81



Διάγραμμα 6.1 Συμμετοχή μονάδων στην κάλυψη ζήτησης ισχύος



Διάγραμμα 6.2 Ετήσια ποσοστιαία αξιοποίηση παραγωγής ενέργειας αιολικού πάρκου



Διάγραμμα 6.3 Ετήσια σύνθεση παραγωγής ισχύος



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Η οικονομική ανάλυση του υβριδικού σταθμού στηρίζεται σε:

1. Οικονομικές προσφορές που κατατέθηκαν από διάφορες κατασκευαστικές εταιρείες
2. Από δεδομένα παλαιότερων έργων.

### **7.1 Αρχικό κόστος**

#### **7.1.1. Αιολικό πάρκο**

Το αρχικό κόστος της εγκατάστασης του αιολικού πάρκου παρέχεται βάσει τιμών της εταιρείας Enercon για 8 ανεμογεννήτριες τύπου E-82/2000kW. Το κόστος αγοράς μεταφοράς και εγκατάστασης δίνεται συνολικά ίσο με 17.843.360 € ή 1.115,21 €/kW.

#### **7.1.2. Υδροστρόβιλοι, Γεννήτριες και ΥΗΣ**

Το αρχικό κόστος εγκατάστασης των υδροστρόβιλων, των γεννητριών, Μ/Σ και του λοιπού εξοπλισμού παρέχεται από την οικονομικότερη προσφορά που δόθηκε και αφορά αυτήν της εταιρείας Geppert ίσο με 9.743.285,66 €.

Το συνολικό αρχικό κόστος του υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ) σε ότι περιλαμβάνει κτίρια, διαμόρφωση χώρου κλπ., εκτιμάται στα 500.000 €.

#### **7.1.3. Αντλίες, Κινητήρες και Αντλιοστάσιο**

Το αρχικό κόστος των αντλιών, κινητήρων κλπ παρέχεται από την οικονομική προσφορά της εταιρείας KSB ίσο με 142.000 € ανά αντλία.

Το συνολικό αρχικό κόστος του αντλιοστασίου που περιλαμβάνει το κτίριο, την διαμόρφωση του εξωτερικού χώρου, υποθαλάσσιος αγωγός αναρρόφησης, φρεάτια κλπ., εκτιμάται στα 500.000 €.

#### 7.1.4. Άνω Ταμιευτήρας

Το αρχικό κόστος εγκατάστασης της άνω δεξαμενής του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, εκτιμάται από βάσει προηγούμενων έργων και περιλαμβάνει:

Περιγραφή συνιστώσας κόστους	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Συνολικό κόστος (€)
Κόστος εκσκαφής	703,72 m <sup>3</sup>	4€/m <sup>3</sup>	2.814,86
Διαμόρφωση και στεγανοποίηση πυθμένα	119.520,9 m <sup>2</sup>	10€/m <sup>2</sup>	1.195.209
Διαμόρφωση όχθης δεξαμενής και περιφερειακής οδοποιίας	20.000 m <sup>2</sup>	20€/m <sup>3</sup>	400.000
Λοιπές διαμορφώσεις χώρου, απομάκρυνση προϊόντων εκσκαφής		200.000€	200.000
<b>Σύνολο</b>			<b>1798023,6</b>

#### 7.1.5. Σωληνώσεις

Το αρχικό κόστος εγκατάστασης των σωληνώσεων του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, παρέχεται από την εταιρεία Amiantit.

Το κόστος εγκατάστασης των αγωγών εκτιμάται στο 30% επί του συνολικού κόστους προμήθειας αγωγών.

Τα στοιχεία της έρευνας παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Περιγραφή συνιστώσας κόστους	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Συνολικό κόστος (€)
Κόστος προμήθειας αγωγών GRP διαμέτρου 1,6m, με μεταβαλλόμενη ονομαστική πίεση	607.914,55	1,1 €/kgr	1.337.412
Κόστος μεταφοράς σωλήνων – εγκατάστασης			401.223,6
Κόστος εκσκαφής σωληνώσεων	1.829,66 m <sup>3</sup>	10 €/m <sup>3</sup>	36.593,24
<b>Σύνολο</b>			<b>1.775.228,85</b>

### 7.1.6. Δίκτυο Διασύνδεσης

Τα τελικά κόστη για την διασύνδεση του έργου στο δίκτυο παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 7.3: Κόστος καλωδιακών διασυνδέσεων ΑΠ και σταθμού ΥΔΜ και νέου ΥΣ.							
Κόστος καλωδιακών διασυνδέσεων ΑΠ και σταθμού ΥΔΜ							
Διαδρομή	Μήκος (m)	Αριθμός καλωδίων	Είδος καλωδίου	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Κόστος προμήθειας (€/m)	Κόστος εγκατάστασης (€/m)	Συνολικό κόστος (€)
ΥΣ ΑΠ – ΥΣ ΥΔΜ	2000	4	N2XS(F)2Y 12/20KV	1x70/16	15,32	30	919.200
ΥΣ ΑΠ – ΥΣ	11.996	4	N2XS(F)2Y 12/20KV	1x70/16	15,32	30	1.094.995
Συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης καλωδίων διασύνδεσης							1.190.748
Κόστος ΥΣ							
ΥΣ 15kV/20kV							500.000
ΥΣ 20kV ΥΔΜ							800.000
Συνολικό κόστος ΥΣ							1.500.000
Συνολικό κόστος διασύνδεσης εγκαταστάσεων ΥΣ με το σύστημα							2.690.748

### 7.1.7. Έργα Οδοποιίας

Το κόστος για τα έργα οδοποιίας είναι σχετικά μικρό λόγω του ότι υφίσταται ήδη αγροτικό δίκτυο που οδηγεί στο αιολικό πάρκο από τον σταθμό υδροδυναμικών μηχανών (ΥΔΜ).

Τα κόστη αυτά συνοψίζονται παρακάτω πίνακα 7.4:

Πίνακας 7.4: Ανάλυση κόστους παρεμβάσεων οδοποιίας.			
Κατηγορία οδοποιίας	Μήκος (km)	Ειδικό κόστος βελτιώσεων – διάνοιξης (€/km)	Κόστος (€)
Αιολικό Πάρκο			
Νέα εσωτερική οδοποιία ΑΠ	1,7	60.000	102000
Επιμέρους συνολικό κόστος			90.000
ΥΗΣ και αντλιοστάσιο			
Νέα εσωτερική οδοποιία ΑΠ	5,2	60.000	312.000
Επιμέρους συνολικό κόστος			312.000

Συνολικό κόστος παρεμβάσεων οδοποιίας	402.000
---------------------------------------	---------

### 7.1.8. Λιμενικά Έργα

Τα έργα αυτά αφορούν παρεμβάσεις στο παράκτιο χώρο του έργου και εκτιμώνται στα 1.500.000 €

### 7.1.9. Δευτερεύον ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Ο δευτερεύον Η/Μ εξοπλισμός αφορά τις καλωδιώσεις ασθενών ρευμάτων, τα κέντρα ελέγχου, τα καλώδια μεταφοράς ισχύος κλπ και εκτιμάται βάσει παλαιότερων έργων στα 500.000 €.

### 7.1.10. Αμοιβές

Περιλαμβάνονται οι αμοιβές συμβούλων και μελετητών του έργου και εκτιμώνται στα 800.000 €.

### 7.1.11. Απρόοπτα

Για τον απρόβλεπτο παράγοντα που τυχόν εμφανιστεί στην πορεία υλοποίησης του έργου, διατίθεται το ποσό των 500.000 €.

Από τα παραπάνω συνοψίζουμε το κόστος του έργου στον επόμενο πίνακα:

A/A	Συνιστώσα αρχικού κόστους συστήματος	Κόστος (€)
1	Αιολικό πάρκο	17.843.360
2	Υδροστρόβιλοι και γεννήτριες (ΥΗΣ)	10.243.285,66
3	Αντλίες και κινητήρες (αντλιοστάσιο)	642.000
4	Άνω δεξαμενή	1.798.023,86
5	Σωληνώσεις	1.775.228,85
6	Ηλεκτρικό δίκτυο διασύνδεσης	2.690.748
7	Έργα οδοποιίας	402.000
8	Λιμενικά έργα	1.500.000
9	Διάφορα έργα υποδομής	500.000
10	SCADA	500.000
11	Αμοιβές συμβούλων και μελετών	800.000
12	Διάφορα άλλα κόστη	500.000
	<b>Συνολικό κόστος υβριδικού σταθμού</b>	<b>39.194.646,37</b>

### 7.1.12. Χρηματοδοτικό σχήμα

Για τις ανάγκες της μελέτης θεωρούμε το παρακάτω χρηματοδοτικό σχήμα του πίνακα:

*Πίνακας 7.6: Χρηματοδοτικό σχήμα επένδυσης.*

	Ποσοστό (%)	Ποσό (€)
Ίδια κεφάλαια	25	9.798.661,59
Δάνειο	45	17.637.590,86
Επιχορήγηση	30	11.758.393,91
Επιτόκιο δανεισμού	0,05	
Έτη αποπληρωμής	7,19	
Τιμή πώλησης	0,14	
Απόδοση ιδίων κεφαλαίων	322,51	
Απόδοση επένδυσης	80,63	
Συνολική ετήσια πωλούμενη ενέργεια (kWh)		44.677.327,52

### 7.1.13. Ανάλυση χρηματοροών

Τα ετήσια έσοδα και έξοδα, οι συντηρήσεις του εξοπλισμού, τα δημοτικά τέλη και λοιπά οικονομικά στοιχεία προήλθαν από στατιστικά δεδομένα παλαιότερων επενδύσεων και από βιβλιογραφικές πηγές.

Τα παραπάνω συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Έτος	Ετήσια έσοδα (€)	Δημοτικά τέλη (€)	Συντήρηση (€)	<a href="#">Πληρωμή δανείου (€)</a>
1	6.254.825,85	1.876.447,76	300.000,00	1.699.245,85
2	6.254.825,85	1.876.447,76	300.000,00	1.699.245,85
3	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
4	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
5	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
6	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
7	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85

Έτος	Ετήσια έσοδα (€)	Δημοτικά τέλη (€)	Συντήρηση (€)	<a href="#">Πληρωμή δανείου (€)</a>
8	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
9	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
10	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
11	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
12	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
13	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
14	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
15	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	1.699.245,85
16	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	0,00
17	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	0,00
18	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	0,00
19	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	0,00
20	6.254.825,85	1.876.447,76	909.826,06	0,00

Έτος	Ασφάλεια εξοπλισμού (€)	Μισθοδοσία (€)	Ενοίκιο γης (€)	Διάφορα (€)
1	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
2	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
3	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
4	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
5	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
6	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
7	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
8	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
9	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
10	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
11	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
12	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
13	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
14	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
15	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
16	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
17	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
18	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
19	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00
20	125.422,87	150.000,00	100.000,00	50.000,00

Έτος	Απόσβεση (€)	Φόροι (€)	Συνολικά έξοδα (€)	Κέρδη (€)
				-9.798.661,59
1	1.097.450,10	255.237,36	4.556.353,83	1.698.472,02
2	1.097.450,10	255.237,36	4.556.353,83	1.698.472,02
3	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
4	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
5	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
6	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
7	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
8	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
9	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
10	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
11	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
12	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
13	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
14	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
15	1.097.450,10	96.682,58	5.007.625,12	1.247.200,73
16	1.097.450,10	538.486,50	3.750.183,19	2.504.642,66
17	1.097.450,10	538.486,50	3.750.183,19	2.504.642,66
18	1.097.450,10	538.486,50	3.750.183,19	2.504.642,66
19	1.097.450,10	538.486,50	3.750.183,19	2.504.642,66
20	1.097.450,10	538.486,50	3.750.183,19	2.504.642,66

Έτος	Κέρδη στην παρούσα αξία (€)	Αθροιστικά κέρδη (€)	Αθροιστικά κέρδη στην παρούσα αξία (€)
	-9.798.661,59		
1	1.649.001,96	1.698.472,02	1.649.001,96
2	1.600.972,78	3.396.944,04	3.249.974,74
3	1.141.365,35	4.644.144,77	4.391.340,09
4	1.108.121,70	5.891.345,51	5.499.461,78
5	1.075.846,31	7.138.546,24	6.575.308,09
6	1.044.510,98	8.385.746,98	7.619.819,07
7	1.014.088,33	9.632.947,71	8.633.907,40
8	984.551,78	10.880.148,44	9.618.459,18
9	955.875,51	12.127.349,18	10.574.334,69
10	928.034,48	13.374.549,91	11.502.369,17
11	901.004,35	14.621.750,65	12.403.373,52
12	874.761,50	15.868.951,38	13.278.135,02
13	849.283,01	17.116.152,12	14.127.418,03
14	824.546,61	18.363.352,85	14.951.964,64

Έτος	Κέρδη στην παρούσα αξία (€)	Αθροιστικά κέρδη (€)	Αθροιστικά κέρδη στην παρούσα αξία (€)
15	800.530,69	19.610.553,59	15.752.495,34
16	1.560.810,50	22.115.196,25	17.313.305,84
17	1.515.350,00	24.619.838,92	18.828.655,84
18	1.471.213,60	27.124.481,58	20.299.869,44
19	1.428.362,71	29.629.124,24	21.728.232,15
20	1.386.759,92	32.133.766,91	23.114.992,07

#### 7.1.14. Οικονομικοί Δείκτες Επένδυσης

Οι οικονομικοί δείκτες της επένδυσης μας θα υπολογιστούν επί της χρηματορροής των καθαρών ετήσιων κερδών και αφορούν τα ίδια κεφάλαια για το αρχικό κόστος επένδυσης και με δεδομένη τιμή κιλοβατώρας στα 0,165 €.

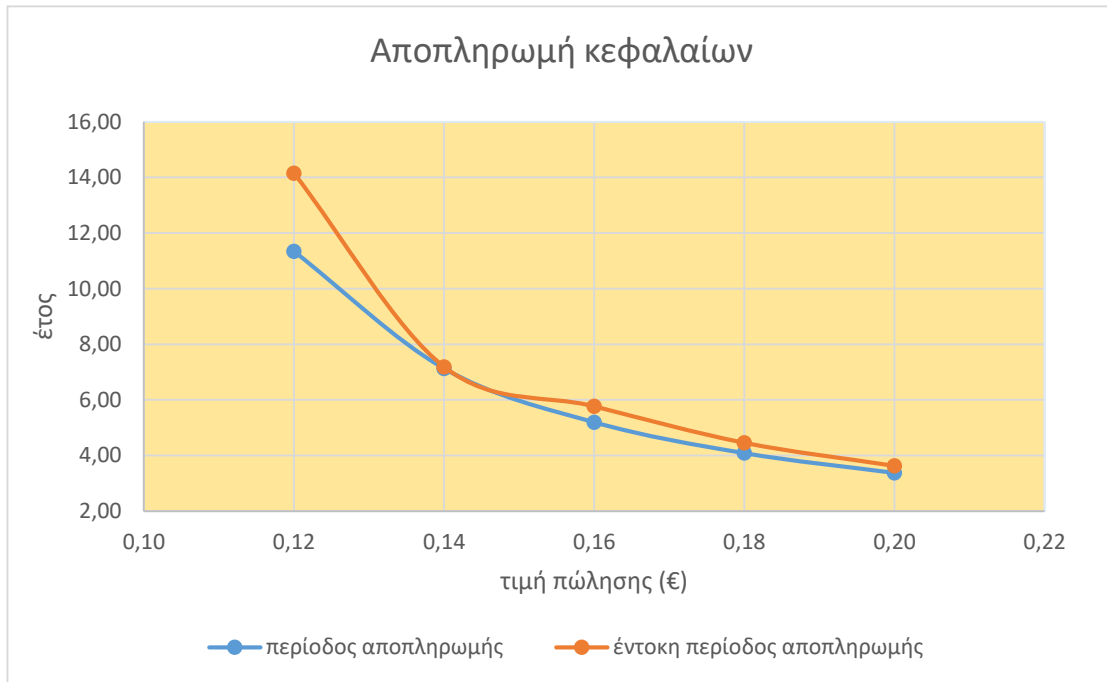
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι οικονομικοί δείκτες αυτοί.

<i>Πίνακας 7.8: Οικονομικοί δείκτες επένδυσης ως προς τα ίδια κεφάλια της επένδυσης</i>	
Καθαρή παρούσα αξία ιδίων κεφαλαίων (€)	13.316.330,48
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης ιδίων κεφαλαίων (%)	13,68
Περίοδος έντοκης αποπληρωμής ιδίων κεφαλαίων (έτη)	7,19
Απόδοση ιδίων κεφαλαίων (R.O.E) (%)	235,9
Απόδοση επένδυσης (R.O.I) (%)	58,97

#### 7.1.15. Ανάλυση Ευαισθησίας

Στα παρακάτω διαγράμματα γίνεται μια ανάλυση της ευαισθησίας παραμέτρων όπως η περίοδος αποπληρωμής των ιδίων κεφαλαίων, η έντοκη περίοδος αποπληρωμής ιδίων κεφαλαίων και της απόδοσης ιδίων κεφαλαίων ως προς την εκάστοτε τιμή πώλησης.





Διάγραμμα 7.1 Αποπληρωμή κεφαλαίων



*Διάγραμμα 7.2 Απόδοση ιδίων κεφαλαίων*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο : ΕΠΙΛΟΓΟΣ

### 8.1 Αξιολόγηση έργου

Σε ότι αφορά την διαστασιολόγηση των κύριων τμημάτων του υβριδικού σταθμού, είναι ανάλογα την εγκατεστημένη ισχύ των υδροστροβίλων συγκεκριμένα έχουμε την ίδια σχεδόν αναλογία.

Για την εγκατάσταση μονού αγωγού αντί για διπλό δεν τίθεται ενδοιασμός γιατί τα ενεργειακά αποτελέσματα της πρώτης περίπτωσης υστερούν έναντι αυτής με του δυο αγωγούς. Επιτυγχάνεται έτσι μεγαλύτερος βαθμός αξιοποίησης της παραγωγής του αιολικού πάρκου.

Η οικονομική αποδοτικότητα του έργου έχει μια σταθερή αυξητική τάση αποσβένοντας τα έξοδα της επένδυσης αρκετά γρήγορά.

Η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στο αυτόνομο νησιώτικο σύστημα της Λήμνου είναι σημαντική γιατί με τον σταθμό παρατηρείται αύξηση της διείσδυσης ενέργειας από ΑΠΕ.

Η παροχή της προσφερόμενης ενέργειας του σταθμού πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξομαλύνονται οι αιχμές και οι κοιλάδες της ημερήσιας ζήτησης ισχύος οπότε και οι συμβατικές μονάδες λειτουργούν πιο οικονομικά.

### 8.2 Συμπεράσματα

Κρίνοντας από την παραπάνω ανάλυση ευαισθησίας, η επένδυση μας είναι απολύτως βιώσιμη. Βάσει αυτού, θα αποτελέσει για το νησί μια σημαντική πηγή ενέργειας, η οποία θα συμβάλει σημαντικά στην κάλυψη της ζήτησης ισχύος μειώνοντας την λειτουργία των μονάδων βάσης και θα μειώσει σημαντικά το ενεργειακό αποτύπωμα της παραγωγής ενέργειας για την κάλυψη της ζήτησης ισχύος του νησιού.

Επίσης, θα δημιουργηθούν εποχικές θέσεις εργασίας κατά την κατασκευή, αλλά και μόνιμες για την συντήρηση και την λειτουργία του, αναβαθμίζοντας έτσι το βιοτικό επίπεδο του νησιού.

Ακόμα, το έργο αυτό θα αποτελέσει πόλο έλξης τόσο σε ότι αφορά τον τομέα της έρευνας όσο και στο επενδυτικό τομέα.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- <http://www.rae.gr/geo/>
- [http://www.limnos.gov.gr/files/007/Anakoinwseis/rae\\_ape\\_2.pdf](http://www.limnos.gov.gr/files/007/Anakoinwseis/rae_ape_2.pdf)
- <http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=GR4110001>
- <http://www.learnengineering.org/2014/01/how-does-francis-turbine-work.html>
- <https://www.gerenewableenergy.com/hydro-power/small-hydropower-solutions/small-hydro-turbines.html>
- Σύνθεση Ενεργειακών Συστημάτων. Συγγραφή Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης  
<https://eclass.hmu.gr/modules/document/file.php/TM166/%CE%A3%CF%8D%CE%BD%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7%20%CE%95%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8E%CE%BD%20%CE%A3%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD.pdf>