



**ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ**  
**ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο:

**“ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ  
ΣΤΑΘΜΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΙΚΑΡΙΑΣ ΚΑΙ  
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ  
ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ ΤΗΣ ΙΚΑΡΙΑΣ ”**

Χρήστου Βλάχος

A.M. 5285

Επιβλέπων Καθηγητής:

Χρηστάκης Δημήτριος

Ιούνιος 2016

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	7
Abstract.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	9
Γενικά.....	9
Κατηγορίες ενεργειακών πόρων .....	9
Συμβατικές μορφές ενέργειας.....	9
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .....	10
Αιολική Ενέργεια.....	12
Ανεμογεννήτριες.....	13
Μικρά υδροηλεκτρικά .....	17
Αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΙΚΑΡΙΑΣ .....	21
Ονομασία .....	21
Ιστορικά στοιχεία.....	21
Γεωμορφολογικός προσδιορισμός.....	22
Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά .....	24
Ενεργειακό Σύστημα νησιών .....	27
Σύστημα παραγωγής ενέργειας Ικαρίας .....	29
Φράγμα Πέζι.....	30
Δίκτυο διανομής.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	34
Γενικά στοιχεία για υβριδικά συστήματα .....	34
Προδιαγραφές συστήματος.....	39
Υπάρχουσα κατάσταση.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ο ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΙΚΑΡΙΑΣ .....	42

Γενικά.....	42
Σκοπός κατασκευής .....	43
Χωροθέτηση .....	44
Τεχνική Περιγραφή.....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΒΣ.....</b>	<b>62</b>
Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.....	62
Τρόποι παραγωγής .....	64
Τρόποι Λειτουργίας .....	65
Μοντέλο λειτουργίας .....	66
Παραγωγική ικανότητα.....	67
Υπολογισμός φορτίου .....	69
Υπολογισμοί λειτουργίας του συστήματος.....	72
Δεδομένα.....	72
ΜΥΗΣ.....	74
Αιολικό Πάρκο.....	78
Αξιολόγηση ΥΒΣ - Συμπεράσματα .....	83
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Έρευνα ερωτηματολογίου στην Ικαρία .....</b>	<b>85</b>
Γενικά.....	85
Γνώση και στάση των κατοίκων απέναντι στο προτεινόμενο έργο.....	87
Συμπεράσματα .....	94
Βιβλιογραφία .....	96

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: τυπικές μορφές ανεμογεννητριών <sup>(2)</sup> .....	14
Εικόνα 2: σχηματική δομή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, <sup>(3)</sup> .....	15
Εικόνα 3: Δορυφορική εικόνα της Ικαρίας, Πηγή: Δασονομείο Ικαρίας .....	22
Εικόνα 4: Υπάρχον σύστημα διασύνδεσης νησιών Αιγαίου .....	27
Εικόνα 5: Άποψη από το φράγμα Πέζι .....	31
Εικόνα 6: Δορυφορική εικόνα του Φράγματος Πέζι από το Google Earth .....	31
Εικόνα 7: Χάρτης του νησιού .....	35
Εικόνα 8: Χωροθέτηση ΥΒΣ και επιμέρους τμήματα .....	37
Εικόνα 9: Φωτό από τμήματα κατασκευής του Έργου .....	37
Εικόνα 10: Σχηματική διάταξη υβριδικού συστήματος στο νησί Μπονέρ .....	40
Εικόνα 11: Χάρτης απεικόνισης θέσεων του Έργου και διασύνδεσης με το δίκτυο .....	44
Εικόνα 12: Πληροφοριακή πινακίδα κατασκευής του Έργου .....	45
Εικόνα 13: Σχηματικό διάγραμμα του ΥΒΣ .....	46
Εικόνα 14: εργασίες κατασκευής και τοποθέτησης αγωγών του έργου .....	48
Εικόνα 15: Δεξαμενή Άνω Προεσπέρας .....	50
Εικόνα 16: Δεξαμενή Κάτω Προεσπέρας .....	50
Εικόνα 17: διάφοροι τύποι στροβίλων Pelton .....	52
Εικόνα 18: ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας .....	54
Εικόνα 19: Δορυφορική εικόνα (Google Earth), του αιολικού πάρκου Στραβοκουντούρας .....	57
Εικόνα 20: Φωτογραφίες αιολικού πάρκου Στραβοκουντούρας .....	58
Εικόνα 21: τεχνικά χαρακτηριστικά επικρατέστερων μοντέλων Α/Γ .....	59
Εικόνα 22: Εργασίες οδοποιίας προς το αιολικό πάρκο .....	61

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κατανομή εκτάσεων Ικαρίας ανά υψόμετρο .....	23
Πίνακας 2: Κατανομή εκτάσεων Ικαρίας ανά κατηγορία χρήσεως .....	23
Πίνακας 3: Πληθυσμιακή εξέλιξη ανά Ο.Τ.Α. στην Ικαρία .....	25
Πίνακας 4: Εξέλιξη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο ΜΔΣ της Ικαρίας .....	29
Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά εγκατεστημένων μονάδων ΤΣΠ Ικαρίας .....	29
Πίνακας 6: Κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών CO <sub>2</sub> ανά εγκαταστάτη για την περίοδο 2008-2012 .....	30

Πίνακας 7: Τεχνικά χαρακτηριστικά ΥΒΣ .....	46
Πίνακας 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά αγωγών του Έργου .....	48
Πίνακας 9: Υψομετρικά στοιχεία του Έργου .....	49
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά ηλεκτρογεννήτριας ΜΥΗΣ Προεσπέρας .....	53
Πίνακας 11: χαρακτηριστικά των 2 ηλεκτρογεννητριών για τον ΜΥΗΔΣ Κάτω Προεσπέρας .....	55
Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά αντλιοστασίου ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας .....	57
Πίνακας 13: Γραμμές μέσης τάσης του Έργου.....	60
Πίνακας 14: Τηλεπικοινωνιακές γραμμές του έργου .....	60
Πίνακας 15: Ονομαστική ισχύς ΥΒΣ σε διάφορες περιόδους.....	68
Πίνακας 16: Προβλεπόμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας του ΥΒΣ Ικαρίας .....	69
Πίνακας 17: Αποτελέσματα υπολογισμού γραμμικών απωλειών, μανομετρικών υψών και ισχύος των ΜΥΗΣ .....	77
Πίνακας 18: Χρηματοδοτικό σχήμα προτεινόμενου έργου .....	82

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Τομεακή διάρθρωση της απασχόλησης .....	25
Σχήμα 2: Κάτοψη ΜΥΗΣ Προεσπέρας .....	51
Σχήμα 3: Κάτοψη ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας .....	54
Σχήμα 4: Τεχνικά Σχέδια (κάτοψη, τομή) Αντλιοστασίου Κάτω Προεσπέρας.....	56
Σχήμα 5: Ωριαία κατανομή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημ/νίες: 22/01, 22/07, 22/09 του 2011 .....	62
Σχήμα 6: Ημερήσια κατανομή ζήτησης για τους μήνες Ιανουάριο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο του 2011 .....	63
Σχήμα 7:Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, χρονικό διάστημα 2000 - 2011 .....	64
Σχήμα 8: Μοντέλο λειτουργίας του ΥΒΣ .....	66
Σχήμα 9: Σχηματική απεικόνιση ΥΒΣ και προβλεπόμενες αποδόσεις.....	71
Σχήμα 10: διάγραμμα Moody .....	74
Σχήμα 11: Χρησιμοποίηση υδροστροβίλου μεταξύ των δεξαμενών Α και Β για την απορρόφηση ενέργειας .....	76
Σχήμα 12: Χρησιμοποίηση αντλίας για την ανύψωση της στάθμης του νερού από την δεξαμενή Α στη Β.....	76

Σχήμα 13: (α) Πιθανοτική κατανομή Weibull ανέμων στο Περδίκι, (β) Διακύμανση της μέσης ταχύτητας του ανέμου ανά μήνα .....	78
Σχήμα 14: Καμπύλη πιθανότητας εμφάνισης ανέμων και καμπύλη ισχύος.....	79
Σχήμα 15: Κατανομή δείγματος ανά ηλικία .....	85
Σχήμα 16: Κατανομή απασχόλησης δείγματος .....	86
Σχήμα 17: Κατανομή ηλικιακών ομάδων δείγματος .....	86
Σχήμα 18: Τόπος καταγωγής ερωτηθέντων .....	87
Σχήμα 19: γνώση για την εξάρτηση του ΤΣΠ ηλεκτρικού ρεύματος από το πετρέλαιο .....	88
Σχήμα 20: Γνώση σχετικά με την εισαγωγή του πετρελαίου από το ΤΣΠ .....	88
Σχήμα 21: εξάρτηση από το ηλεκτρικό ρεύμα .....	89
Σχήμα 22: γνώση ωφελειών συνεκμετάλλευσης αιολικού πάρκου – υδροηλεκτρικού έργου .....	89
Σχήμα 23: ενημέρωση σχετικά με το έργο .....	90
Σχήμα 24: Συμβολή ΥΒΣ στην επίλυση του προβλήματος ηλεκτροδότησης του νησιού .....	91
Σχήμα 25: συμβολή του ΥΒΣ στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας .....	91
Σχήμα 26: θα γίνει το έργο αντικείμενο προβολής και επίσκεψης.....	92
Σχήμα 27: αναγκαιότητα έργου για την Ικαρία .....	92
Σχήμα 28: έχει το έργο αρνητικές επιπτώσεις .....	93
Σχήμα 29: πιθανοί τομείς αρνητικών επιπτώσεων έργου .....	93
Σχήμα 30: Γενικές παρατηρήσεις επί του Έργου .....	94

## Περίληψη

Η συγκεκριμένη Πτυχιακή έχει ως θέμα το υπό κατασκευή υβριδικό έργο της ΔΕΗ στο νησί της Ικαρίας.

Στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές κατηγορίες των βασικών πηγών Ενέργειας συμβατικών και ανανεώσιμων. Η περιγραφή είναι λεπτομερέστερη για τις ανανεώσιμες πηγές και ειδικότερα για την αιολική και τη υδροηλεκτρική που είναι και άμεσα συνδεδεμένες με το υβριδικό έργο.

Το 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο συνεχίζει με το νησί της Ικαρίας εξετάζοντας αρχικά τα γεωγραφικά και χωροταξικά δεδομένα (γεωγραφική θέση, μορφολογία, φυσικό περιβάλλον, πληθυσμός, απασχόληση κ.λ.π.) και συνεχίζει με τη περιγραφή του υπάρχοντος ενεργειακού συστήματος στο νησί και των ενεργειακών μεγεθών.

Παραδείγματα καλών πρακτικών εφαρμογής υβριδικών συστημάτων από τον υπόλοιπο κόσμο αναφέρονται στο επόμενο Κεφάλαιο τα οποία είναι συναφή με το υπό εξέταση έργο. Τα παραδείγματα αφορούν τα νησιά Ελ Ιέρο και Μπονέρ.

Το 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναφέρεται στην περιγραφή του προτεινόμενου έργου αναλυτικά με ανάλυση των επί μέρους τεχνικών χαρακτηριστικών του. Τεχνικές προδιαγραφές και σχήματα κατασκευής παρατίθενται, με σκοπό την όσο το δυνατό πιο ακριβή περιγραφή του

Ακολουθεί ο υπολογισμός και οι παραδοχές των βασικών ενεργειακών μεγεθών του έργου. Ειδικότερα η ανάλυση εμβαθύνει στα ζητήματα ζήτησης και παραγωγής ενέργειας, στο μοντέλο λειτουργίας του έργου, αλλά και στον υπολογισμό των προβλεπόμενων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Με βάση του υπολογισμούς αυτούς επιχειρείται μια εκτίμηση της βιωσιμότητας του έργου τα συμπεράσματα της οποία παρατίθενται στο τέλος του Κεφαλαίου.

Τέλος λαμβάνεται υπόψη και η κοινωνική αποδοχή του Έργου και για το λόγο αυτό παρατίθενται στο Κεφάλαιο 6, τα βασικότερα συμπεράσματα της έρευνας με ερωτηματολόγια που διεξήχθη προς μέρος των κατοίκων του νησιού. Στο τέλος του Κεφαλαίου παρουσιάζονται και τα τελικά συμπεράσματα από την χρησιμότητα ή όχι του Έργου.

## **Abstract**

This present Thesis is about the study and evaluation of the hybrid power plant of Ikaria island and the assessment of its social acceptance by residents. The basic categories of conventional and renewable energy sources which are described, were focused on renewable sources and in particular on wind and hydro sources. The above are directly connected to the hybrid project.

Geographical and spatial data of Ikaria Island are analyzed together with the existing energy system of the island and energy sources. Good practical examples of implementing hybrid systems from the rest of the world are also described concerning the islands El Hierro and Bonaire.

A detailed technical description of the proposed project with analysis of individual technical characteristics follows. Specifications and construction drawings are taken into account for the calculation and assumptions of key energy figures of the project. More specifically, the analysis deepens in demand and energy issues, as well as in operation of the project model and the calculation of the projected amounts of electricity. Based on these calculations, the assessment of the viability of this project is undertaken. Finally taking into consideration the social acceptance of the project (which is based on the main results of the survey with the help of questionnaires conducted for the part of the inhabitants), the final conclusions about the feasibility of the project is presented/analyzed in my master thesis below.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### Γενικά

Ζωή και ενέργεια είναι δυο έννοιες άρρηκτα δεμένες. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί για να επιζήσουν απαιτούν ενέργεια, αλλά και οι φυσικές όπως και οι ανθρωπογενείς διαδικασίες απαιτούν ενέργεια. Οτιδήποτε κινείται ή προκαλεί κίνηση διαθέτει ενέργεια, ο ήλιος ακτινοβολεί την ενέργειά του, όταν καίμε ξύλα στο τζάκι απελευθερώνεται ενέργεια που τη νιώθουμε σαν ζέστη, οι πυλώνες της ΔΕΗ μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια, ακόμη στους πυρηνικούς αντιδραστήρες η πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Δεν μπορούμε πάντοτε να την παρατηρήσουμε, αλλά αισθανόμαστε πάντα την επίδρασή της σε εμάς και γενικότερα στον κόσμο μας. Η ενέργεια λοιπόν υπάρχει παντού, μας περιβάλλει, αλλά εμφανίζεται και μέσα στους οργανισμούς μας<sup>(1)</sup>

### Κατηγορίες ενεργειακών πόρων

Οι ενεργειακοί πόροι/πηγές διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ΑΠΕ (αιολική, ηλιακή, γεωθερμική, εκμετάλλευση των κυμάτων κ.λ.π.)
- Μη ανανεώσιμες πηγές ή συμβατικές (καύσιμα απολιθωμάτων, όπως άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.λ.π.)

Σε αυτές τις δυο κατηγορίες μπορεί να προστεθεί και η πυρηνική ενέργεια σχάσης ή σύντηξης.

### Συμβατικές μορφές ενέργειας

Οι πηγές αυτές χαρακτηρίζονται συχνά και ως καύσιμα ορυκτών ή απολιθωμάτων επειδή έχουν δημιουργηθεί στο εσωτερικό της γης από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης (δέντρα, διάφορα φυτά). Τα καύσιμα αυτά ανάλογα με την κατάσταση που βρίσκονται διακρίνονται σε στερεά, υγρά και αέρια. Στα στερεά καύσιμα περιλαμβάνονται τα διάφορα είδη άνθρακα αποτελούμενα κυρίως από το στοιχείο του άνθρακα, δεσμευμένη υγρασία, διάφορες πτητικές ουσίες (υδρογόνο, άζωτο, θείο, οξυγόνο) και άκαυστα στερεά (τέφρα).

Στα υγρά καύσιμα περιλαμβάνεται το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα του. Το αργό πετρέλαιο δίνει τα διάφορα κύρια υγρά καύσιμα ύστερα από πολύπλοκη κατεργασία στα διυλιστήρια.

Το βασικότερο αέριο καύσιμο είναι το φυσικό αέριο. Αποτελεί αέριο μείγμα υδρογονανθράκων χαμηλού μοριακού βάρους αλλά είναι δυνατό να περιέχει και άλλες ουσίες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε υγροποιημένη μορφή (*Liquefied Natural Gas*)

Άλλοι ενεργειακοί πόροι εκτός από τα καύσιμα υδρογονανθράκων είναι:

- Το υγραέριο (*liquefied petroleum gas*)
- Το υποκατάστατο φυσικού αερίου (*substitute natural gas*)
- Αλκοολούχα καύσιμα (κυρίως με βάση τη μεθανόλη ή αιθανόλη)
- Απευθείας καύση στερεών αποβλήτων ή μετατροπή τους σε δισκία καυσίμου (*refuse derived fuel*)
- Οργανική ύλη (ξύλο, άχυρο, διάφορες καλλιέργειες, φύκια, ζωικά απορρίμματα)

### **Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ορίζονται οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια. (Ο ορισμός αυτός δίδεται στην οδηγία ΕΚ 77/2001 στην οποία παραπέμπει το Κοινοτικό Πλαίσιο σχετικά με τις Κρατικές Ενισχύσεις για την Προστασία του Περιβάλλοντος). Είναι μορφές ενέργειας πολύ φιλικές προς το περιβάλλον και είναι η αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η γη.

Οι συγκεκριμένες πηγές αποτελούν εναλλακτική μορφή ενέργειας, είναι πρακτικά ανεξάντλητες, ενώ ταυτόχρονα η μετατροπή τους σε χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας (θερμική, μηχανική, ηλεκτρική) δεν απαιτεί καύση, αποτελεί την κύρια πηγή παραγωγής ρύπων και έκλυσης θερμότητας. Στις ΑΠΕ συμπεριλαμβάνονται οι παρακάτω:

- **Ηλιακά συστήματα:** διακρίνονται σε δύο βασικές υποκατηγορίες: τα ενεργητικά όπου η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται με ειδικές διατάξεις στοιχείων και στη συνέχεια μεταφέρεται υπό μορφή θερμότητας με κάποιο κατάλληλο ρευστό. Οι κυριότερες εφαρμογές τους είναι η παραγωγή ζεστού νερού, η θέρμανση χώρων και κολυμβητικών δεξαμενών, ο κλιματισμός χώρων, η παραγωγή ηλεκτρισμού και οι γεωργικές χρήσεις. Τα παθητικά συστήματα στα οποία η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται με εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου που δημιουργείται από την κατάλληλη αρχιτεκτονική διάταξη ενός κτιρίου και στη συνέχεια αποθηκεύεται και μεταφέρεται επίσης με κατάλληλη διαμόρφωση των δομικών στοιχείων του κτιρίου. Χρησιμεύουν στη θέρμανση χώρων.
- **Φωτοβολταϊκά συστήματα:** μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ως αποτέλεσμα του φωτοβολταϊκού φαινομένου το οποίο εμφανίζεται σε ημιαγώγιμα υλικά όταν αυτά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι κυριότερες εφαρμογές τους είναι η τροφοδότηση διαφόρων συσκευών μικρής ισχύος όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές τσέπης, η παραγωγή ηλεκτρισμού σε μικρούς οικισμούς ή η διασύνδεση με το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο.
- **Αιολική ενέργεια:** χρησιμοποιείται κυρίως σε εγκαταστάσεις άντλησης και αφαλάτωσης νερού, στη ναυσιπλοΐα, στους παραδοσιακούς ανεμόμυλους και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρισμού επιτυγχάνεται από τις ανεμογεννήτριες που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική και τελικά σε ηλεκτρική. Οι αιολικές εγκαταστάσεις αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών (αιολικά πάρκα), που τροφοδοτούν είτε αυτόνομα δίκτυα είτε είναι διασυνδεδεμένες με το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο.
- **Βιομάζα:** αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Προέρχεται κυρίως από φυτικές ύλες (φυτά και δάση), τα παραπροϊόντα και κατάλοιπα φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής καθώς και της μεταποίησης των υλικών αυτών, και από μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών με βιολογική (οργανική) προέλευση. Οι κυριότερες ενεργειακές εφαρμογές της βιομάζας είναι η τηλεθέρμανση

κατοικημένων περιοχών, η θέρμανση θερμοκηπίων, η παραγωγή υγρών καυσίμων με διάφορες τεχνικές, οι ενεργειακές καλλιέργειες και το βιοαέριο.

- Γεωθερμία: είναι η θερμότητα που εκλύεται στο διάπυρο πυρήνα της γης (μάγμα) η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά. Οι περιοχές που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι κυρίως οι ηφαιστειογενείς και γενικά οι περιοχές όπου διάπυρο υλικό από το εσωτερικό της έχει κινηθεί προς την επιφάνεια. Οι χρήσεις της γεωθερμίας καθορίζονται από τη θερμοκρασία του ρευστού και περιλαμβάνουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την ξήρανση διάφορων υλικών, τη θέρμανση θερμοκηπίων, τις ιχθυοκαλλιέργειες
- Μικρά υδροηλεκτρικά: γίνεται αξιοποίηση των υδατοπτώσεων μετατρέποντας την κινητική και δυναμική ενέργεια του νερού σε ηλεκτρική ή μηχανική. Συνήθως κατασκευάζονται σε φυσικές υδατοπτώσεις ή σε τεχνητές ανάλογα με τη μορφολογία της περιοχής εγκατάστασης
- Η ενέργεια από τα κύματα παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω του ότι τα θαλάσσια κύματα μεταφέρουν ενέργεια η οποία αν και προσφέρεται από τον άνεμο, είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του ανέμου. Οι κυριότερες εφαρμογές τους είναι οι υδρόμυλοι και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία όμως παρουσιάζει σημαντικές τεχνικές δυσκολίες
- Η ενέργεια από την παλίρροια οφείλεται στο φαινόμενο της πλημμυρίδας-άμπωτης και αξιοποιείται ως υδροηλεκτρική, κυρίως σε ποταμούς με την κατασκευή τεχνητών φραγμάτων.

Από τις παραπάνω πηγές θα αναλυθούν περαιτέρω η αιολική ενέργεια και τα υδροηλεκτρικά επειδή είναι άμεσα συνδεδεμένα με το εξεταζόμενο έργο.

### **Αιολική Ενέργεια**

Αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας, η οποία δημιουργείται από τη διαρκή κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος περιβάλλει τη γη, εξαιτίας μιας σειράς παραμέτρων οι οποίες είναι:

- Η ηλιακή ακτινοβολία
- Η ανομοιογένεια του ανάγλυφου του εδάφους
- Η περιστροφική κίνηση της γης γύρω από τον άξονά της.

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, δημιουργεί δηλαδή τους ανέμους.

Ο άνεμος είναι δυνατό να περιστρέφει ανεμοτροχούς, να προωθεί ιστιοφόρα πλοία ή να κινεί αντικείμενα, μπορεί δηλαδή η ενέργεια του να καταστεί εκμεταλλεύσιμη.

Εάν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, εκτιμάται πως μόνο ένα ποσοστό μεταξύ 1,5% έως 2,5% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια αερίων μαζών στην ατμόσφαιρα.

Από θερμοδυναμικής απόψεως, η ενέργεια αυτή είναι υψηλής ποιότητας και γι' αυτόν τον λόγο προσφέρεται ιδιαίτερα για μετατροπή σε ηλεκτρική ή χρήσιμη μηχανική ενέργεια. Αυτό δεν αποκλείει βέβαια τη δυνατότητα να αξιοποιηθεί και για άλλες χρήσεις, όπως η προστασία θερμοκηπίων από τον παγετό κ.λ.π.

Ακόμη, υπολογίζεται ότι το 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ταχύτητας πάνω από 5,1 μέτρα το δευτερόλεπτο, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος. Όταν σε μία περιοχή οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

### **Ανεμογεννήτριες**

Η πρώτη χρήση αιολικής ενέργειας έγινε στη ναυσιπλοΐα, ενώ οι πρώτοι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν για άλεσμα δημητριακών και άντληση νερού. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οικονομικότερων και φιλικότερων προς το περιβάλλον, το ενδιαφέρον στράφηκε προς την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Ο πρώτος ανεμόμυλος για παραγωγή ηλεκτρισμού κατασκευάστηκε το 1888 στο Cleveland του Ohio (Η.Π.Α.), ισχύος 12 KW, ενώ σήμερα οι αιολικές μηχανές που κατασκευάζονται είναι της τάξης των 750-3.000 KW.

Η στροφή αυτή προς την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού έγινε καταρχήν γιατί αποτελεί μια ελεύθερη, άφθονη και ανεξάντλητη

πηγή ενέργειας, ανεξάρτητη από ορυκτά καύσιμα και φιλική στο περιβάλλον. Ακόμη, η χρήση εξελιγμένης τεχνολογίας, η γρήγορη και τυποποιημένη συναρμολόγηση και εγκατάσταση καθώς και το χαμηλό λειτουργικό κόστος είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών (Α/Γ) που τις καθιστούν μια αρκετά ελκυστική και ανταγωνιστική επιλογή ανάμεσα στις υπόλοιπες ΑΠΕ.

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο περιστροφής του δρομέα των πτερυγίων τους σε δύο κατηγορίες.

- Οριζόντιου άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους
- Κατακόρυφου άξονα των οποίων ο δρομέας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους.



A) οριζόντιου τύπου

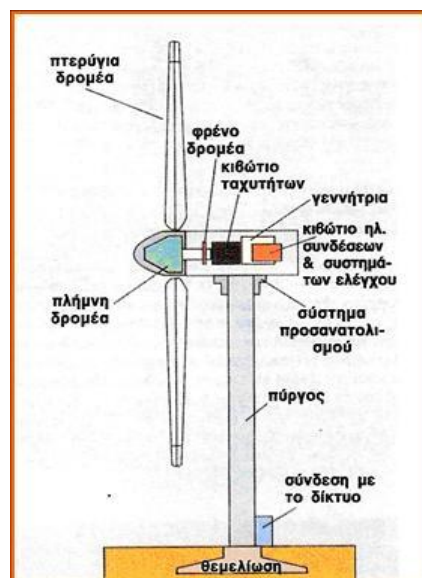
B) κατακόρυφου τύπου

**Εικόνα 1: τυπικές μορφές ανεμογεννητριών <sup>(2)</sup>**

Ο επικρατέστερος τύπος στο εμπόριο είναι οριζόντιου άξονα με τρία πτερύγια, ώστε να επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας τόσο ως προς το βαθμό απόδοσης όσο και προς το κόστος παραγωγής. Επίσης υπάρχουν στο εμπόριο και ανεμογεννήτριες με δύο ή ένα πτερύγια αλλά με περιορισμένη διάδοση. Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη :

- το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα.

- το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.
- την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας. Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας
- το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου
- τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα
- τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της



Εικόνα 2: σχηματική δομή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, <sup>(3)</sup>



Η ανάπτυξη των σύγχρονων ανεμογεννητριών έχει περάσει στη φάση της ωριμότητας και αξιοποίησης της τεχνογνωσίας με αποτέλεσμα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να γίνεται συχνά σε τιμές ανταγωνιστικές των συμβατικών πηγών. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η Δανία και η Γερμανία είναι οι χώρες με τη μεγαλύτερη διάδοση των ανεμογεννητριών την ισχυρότερη εγχώρια βιομηχανία, Παράλληλα, στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπάρχει μια σημαντική κινητικότητα για έρευνα και ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας η οποία επικεντρώνεται κυρίως στους ακόλουθους άξονες:

- στη μελέτη και κατασκευή μεγάλης ισχύος ανεμογεννητριών για την οικονομικότερη παραγωγή ηλεκτρισμού. Οι μηχανές αυτές είναι συνδεδεμένες με το ηλεκτρικό σύστημα, είτε μεμονωμένες είτε σε μορφή συστοιχιών που ονομάζονται αιολικά πάρκα στην παράλληλη λειτουργία ανεμογεννητριών και συμβατικών σταθμών, με μεγάλη διείσδυση της αιολικής ενέργειας ως ποσοστό στις συνολικές παραγόμενες. Η περίπτωση μικρών και απομονωμένων ηλεκτρικών συστημάτων έχει μεγάλο ενδιαφέρον, που οφείλεται στη ιδιομορφία του ελληνικού χώρου λόγω των νησιών τα περισσότερα από τα οποία δεν έχουν διασύνδεση με το κύριο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Η συνεισφορά των αιολικών συστημάτων στα ελληνικά νησιά είναι πολύ μικρή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η τοπική ζήτηση ενέργειας είναι σχετικά μικρή, καθώς και στη στοχαστική συμπεριφορά του ανέμου που συνεπάγεται τη μη-σταθερή, και εν μέρει απρόβλεπτη παροχή ισχύος από τα αιολικά, που έχει οδηγήσει στην επιβολή περιορισμών διείσδυσης της αιολικής ενέργειας για λόγους προστασίας του ηλεκτρικού δικτύου.

Ένας άλλος λόγος είναι ότι έγινε προσπάθεια προσαρμογής της λειτουργίας των Α/Γ στις ιδιαιτερότητες των πετρελαϊκών μονάδων των Αυτόνομων Συστημάτων Παραγωγής στα νησιά, με συνέπεια η οικονομική διείσδυση των παραδοσιακών Α/Γ μέχρι σήμερα να μένει σε ποσοστά κάτω του 10%. Αυτό συμβαίνει διότι οι Α/Γ αυτές είναι ανελαστικές στην λειτουργία τους και λόγω των στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος τους δυσχεραίνουν σε μεγάλο βαθμό την συνεργασία τους με τα αυτόνομα δίκτυα ιδιαίτερα τις περιόδους μειωμένης ζήτησης.



Επιπλέον, η εγκατάσταση παραδοσιακών Α/Γ μεγάλου σχετικά μεγέθους από ιδιώτες επενδυτές στα νησιά επιδεινώνει ακόμη περισσότερο την συνεργασία τους με τα αυτόνομα δίκτυα λόγω των σχετικά αυξημένων στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος τους, και έχει σαν συνέπεια να κάνει τη λειτουργία των πετρελαϊκών μονάδων ακόμη πιο αντικοινωνική (αυξημένη ειδική κατανάλωση, μεγαλύτερη καταπόνηση του εξοπλισμού, συχνότερες βλάβες, παροχή σχετικά μεγαλύτερης αέργου ισχύος λόγω μείωσης της ενεργού ισχύος τους κλπ.).

Το υψηλό κόστος παραγωγής των Αυτόνομων Σταθμών Παραγωγής, η εξάρτηση από το πετρέλαιο που έχει απρόβλεπτες διακυμάνσεις στη τιμή του και υπάρχει κίνδυνος εξάντλησής του σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα καθώς και οι περιβαλλοντικοί προβληματισμοί έχουν αποτελέσει ισχυρά κίνητρα για την αυξανόμενη αξιοποίηση του δυναμικού των ΑΠΕ των νησιών τις τελευταίες δεκαετίες, με την αιολική ενέργεια να αποτελεί μια πιθανή λύση. Όσο τα νησιά παραμένουν μη διασυνδεδεμένα, ως μόνη άμεση και πρακτική λύση για την επίτευξη υψηλής διείσδυσης ΑΠΕ παρουσιάζεται η αποθήκευση της αιολικής ενέργειας (που αλλιώς θα απορριπτόταν λόγω των τεχνικών περιορισμών των συμβατικών μονάδων) και η εν συνεχεία αξιοποίησή της μέσω ελεγχόμενων μονάδων παραγωγής.

Τέτοια συστήματα αποθήκευσης ενέργειας είναι τα υβριδικά συστήματα που συνδυάζουν ανανεώσιμη και συμβατική παραγωγή με διατάξεις αποθήκευσης. Στην παρούσα εργασία θα εξεταστεί το Υβριδικό Σύστημα στο νησί της Ικαρίας.

### **Μικρά υδροηλεκτρικά**

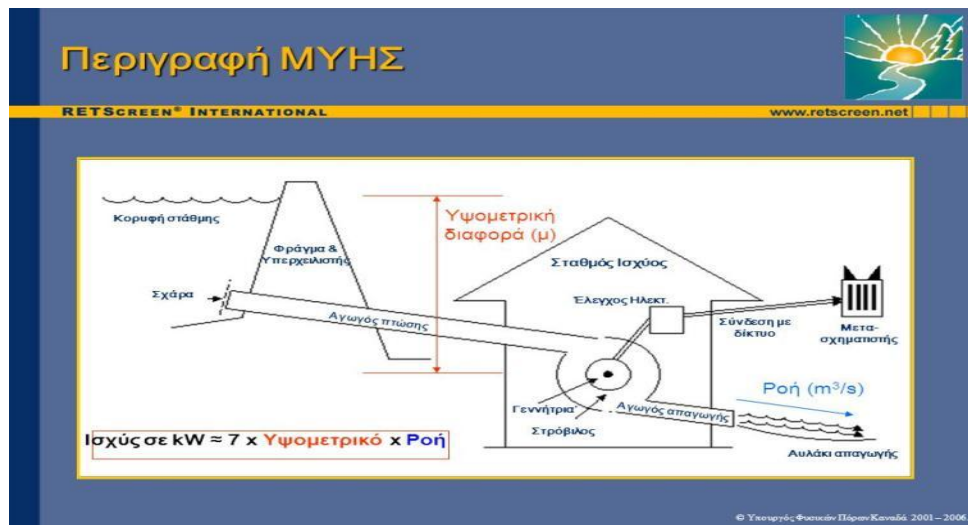
Η υδραυλική ενέργεια αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η και το μετασχηματισμό σε απολήψιμη μηχανική. Η υδραυλική ενέργεια είναι γνωστή ενεργειακή πηγή που έχει τις ρίζες της στα βάθη των αιώνων. Στη χώρα μας πολυάριθμοι υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, υδροτριβεία, πριονιστήρια, κλωστοϋφαντουργία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών της χώρας, με απόλυτα φυσικό τρόπο προς το περιβάλλον.

Το μικρό υδροηλεκτρικό δυναμικό των χιλιάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδας αξιοποιείται από αποκεντρωμένους αναπτυξιακούς μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς πολλαπλής χρησιμότητας που μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα και για την κάλυψη υδρευτικών, αρδευτικών, αλλά και άλλων τοπικών αναγκών αναψυχής, αθλητισμού .κ.λπ. .Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης που μερικές φορές υπερβαίνουν το 90%, αλλά και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής που μπορεί να υπερβαίνει τα 1200 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες ενεργειακής αποτελεσματικότητας και τεχνολογικής ωριμότητας των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών.

Η ονομαστική εγκατεστημένη ισχύς ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αυτό είναι ανάλογη της παροχής που περνά μέσα από τον υδροστρόβιλο και της υψομετρικής διαφοράς που καλύπτει το νερό στην πορεία προς τον υδροστρόβιλο μέσα από τον αγωγό πίεσης. Το νερό του ποταμού ή της πηγής αφήνοντας την αναγκαία αρχική δεξαμενή ή τον αρχικά μικρό ταμιευτήρα οδεύει μέσα από ένα σύστημα ανοιχτών και κλειστών αγωγών στο χαλύβδινο αγωγό υψηλής πίεσης και στη συνέχεια στον υδροστρόβιλο, και από τον αγωγό φυγής στη φυσική κοίτη του ρέματος της περιοχής

Ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο είναι ένα πολυβάθμιο σύστημα με πολλές επιμέρους συνιστώσες, που δεν είναι σημειακά τοποθετημένες στο χώρο, αλλά συνιστούν ένα σύνολο υδραυλικών, υδρολογικών και εδαφολογικών παρεμβάσεων.

Τα κυριότερα τμήματα ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι, όπως φαίνονται και στην Εικόνα



Εικόνα 3: βασικά τμήματα ενός μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού <sup>(4)</sup>

- το φράγμα ή η δεξαμενή νερού που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την αύξηση του ύψους πτώσης του νερού,
- η περιοχή υδροληψίας όπου κατά την είσοδο απομακρύνονται ογκώδη απορρίμματα με την βοήθεια εσχάρων και επιτυγχάνεται η ομαλή είσοδος του νερού,
- ο αγωγός πτώσης που οδηγεί το νερό στους υδροστροβίλους(τουρμπίνες), ο υδροηλεκτρικός
- σταθμός (ΥΗΣ) με όλο τον απαραίτητο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος,
- ο αγωγός φυγής, που οδηγεί το εξερχόμενο νερό από τους υδροστροβίλους, πίσω στο φυσικό περιβάλλον.

Ο κυριότερος μηχανολογικός εξοπλισμός των υδραυλικών έργων είναι οι υδροστροβίλοι και οι αντλίες. Ένας υδροστροβίλος απορροφά την υδραυλική ενέργεια του νερού προκειμένου να την μετατρέψει σε μηχανική ενέργεια κατά την περιστροφική του κίνηση και στη συνέχεια μέσω γεννητριών να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Στην αντίθετη περίπτωση, μια αντλία προσδίδει μηχανική ενέργεια στην ροή του νερού, ώστε να επιτευχθεί η ανοδική του πορεία και τελικά η άντλησή του.

Η ισχύς  $I$  (σε kW) που απαιτεί μια αντλία ή αποδίδει ένας υδροστρόβιλος υπολογίζεται από τις σχέσεις,

$$I = g * Q * H_{man} * nt, \quad \text{για υδροστρόβιλο}$$

$$I = \frac{g * Q * H_{man}}{\eta_p}, \quad \text{για αντλία}$$

όπου  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $Q$  η παροχή στον αγωγό πτώσης ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $H_{man}$  το μανομετρικό ύψος της αντλίας ή του υδροστρόβιλου και  $nt$ ,  $\eta_p$  οι συντελεστές βαθμού απόδοσης του υδροστρόβιλου που λαμβάνεται ίσος με 0,90 και της αντλίας με 0,69 αντίστοιχα.

### **Αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά**

Τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα σκοπό έχουν την αποθήκευση ενέργειας υπό την μορφή υδραυλικής ενέργειας και στη συνέχεια της μετατροπής της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω υδροστρόβιλου με άντληση νερού στον άνω ταμιευτήρα από τον κάτω ταμιευτήρα. Η άντληση γίνεται κατά την διάρκεια των ωρών (π.χ βραδινές ώρες) ή ημερών (π.χ αργίας) με χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που υπάρχει περίσσια ενέργεια από τις μονάδες βάσεις. Επίσης μπορεί να συμβαίνει και το αντίθετο όπου η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα υπερβαίνει τις τιμές παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι το σύστημα θα αποδίδει την ενέργεια μέσω του υδροστρόβιλου χρησιμοποιώντας την αποθηκευμένη ενέργεια του νερού.

Φυσικά η διαδικασία αυτή μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε υδραυλική (άντληση) και στη συνέχεια εκ νέου μετατροπή της σε ηλεκτρική (υδροστρόβιλο) συνοδεύεται με απώλειες της τάξεως 25%.

Εντούτοις όμως η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα λόγω της σημαντικής διαφοράς στο κόστος της μονάδας ενέργειας αιχμής και βάσεων όσον αφορά τα συμβατικά αναστρέψιμα έργα. Το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό αποθηκεύει ποσότητες ενέργειας που με καμία άλλη μέθοδο δεν μπορούν να επιτευχθούν.

Και το ποίο σημαντικό με αυτό το σύστημα συνδυάζεται εύκολα με τις υπόλοιπες μονάδες παραγωγής και έτσι αντιμετωπίζονται τα πολύ σοβαρά προβλήματα ασυνέχειας της αιολικής ενέργειας και ευστάθειας του συστήματος αφού έτσι μπορεί και παρέχει εγγυημένη ηλεκτρική ισχύ στο δίκτυο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΙΚΑΡΙΑΣ

### Ονομασία

Υπάρχουν διάφορες θεωρίες για την προέλευση της ονομασίας του νησιού. Το πρώτο όνομα του νησιού λέγεται ότι ήταν Δολύχη που σημαίνει “ μακριά” λόγω του μακρόστενου σχήματος. Μια άλλη εκδοχή είναι ότι η λέξη Ικαρία προέρχεται από την φοινικική ρίζα –καρ. Όμως σύμφωνα με την Ελληνική μυθολογία η Ικαρία χρωστάει το όνομα της στον Ίκαρο, γιό του Δαίδαλου του αρχιτέκτονα που είχε προσλάβει ο Μίνωας για να χτίσει το πασίγνωστο Λαβύρινθο όπου ζούσε ο Μινώταυρος. Όμως ο βασιλιάς Μίνωας τους απαγόρευσε να φύγουν από την Κρήτη για να μην διαρρεύσουν τα σχέδια του Λαβύρινθου. Έτσι ο Δαίδαλος έφτιαξε φτερά από κερί για να πετάξουν μακριά από το νησί. Ο Ίκαρος όμως πέταξε πολύ κοντά στον ήλιο, τα φτερά του έλιωσαν και έπεσε στη βαθιά θάλασσα της Ικαρίας που πήρε το όνομα του.

### Ιστορικά στοιχεία

Η Ικάρια κατοικείται από το 7000 π.Χ. Γύρω το 750 π.Χ. αποίκησαν Έλληνες από τη Μίλητο (μια από τις δώδεκα Ιωνικές πόλεις της Μικράς Ασίας) ιδρύοντας εγκαταστάσεις στην περιοχή Κάμπος που υπάρχει και μουσείο. Μετά τους Περσικούς πολέμους η Ικαρία έγινε μέρος της Δηλιακής Συμμαχίας και άρχισε να πλουτίζει. Αυτή η άνθιση άρχισε να μειώνεται μετά τους Πελοποννησιακούς πολέμους 431-404 π.Χ.. Στο τέλος του 4<sup>ου</sup> αιώνα π.χ. έγινε μέρος της Δεύτερης Αθηναϊκής Ένωσης. Όμως το 230 π.Χ έγινε μέρος της Ρωμαϊκής επικράτειας της Ασίας. Στο τέλος του 5<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ έπεσε υπό την κυριαρχία της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας, αλλά στο τέλος του 12<sup>ου</sup> αιώνα αποτράβηξε την ναυτική δύναμη, έτσι το νησί δέχθηκε πολλές επιθέσεις από τους πειρατές. Μετά την πτώση του Βυζαντίου 1204 η Ικαρία τον 14 αιώνα μ.Χ. έγινε μέρος της Γενοβέζικης Αυτοκρατορίας. Μετά έπεσε στα χέρια των Ιπποτών του Άγιου Ιωάννη μέχρι το 1521 όπου το νησί πάρθηκε από τους Τούρκους. Το 1827 η Ικαρία αποσπάστηκε από την Οθωμανική Αυτοκρατορία. Όμως το πρωτόκολλο του Λονδίνου που υπογράφει το 1830 δήλωνε ότι τα νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου θα παρέμεναν υπό την Τουρκική κυριαρχία. Στις 17 Ιουλίου 1912 επαναστάτησαν και ανάγκασαν τους Τούρκους να φύγουν. Όμως λόγω

των Βαλκανικών πολέμων αδυνατούσε να συνενωθεί με την Ελλάδα και έτσι παρέμεινε πέντε μήνες ανεξάρτητη πολιτεία με τις δικές τις ένοπλες δυνάμεις, σφραγίδες, ύμνο και το όνομα «Ελευθέρα Πολιτεία Ικαρίας». <sup>(5)</sup>

## Γεωμορφολογικός προσδιορισμός

Η Ικαρία είναι ένα από τα μεγαλύτερα νησιά του ανατολικού Αιγαίου (Εικόνα 3), μεταξύ της Σάμου και της Μυκόνου. Η έκταση του είναι 255 km<sup>2</sup> και με 160km (102 μίλια) ακτογραμμή. Οι συντεταγμένες του Δυτικού άκρου είναι 37° 30' Βόρειο, και 25° 55' ανατολικά και του Ανατολικού άκρου είναι 37° 42' Βόρειο και 26° 35' Ανατολικό. Εκτείνεται από ΒΑ προς ΝΔ. Έχει μήκος 39 km και το μέσο πλάτος στο δυτικό μέρος είναι 10km ενώ στο ανατολικό 6 km.



**Εικόνα 3: Δορυφορική εικόνα της Ικαρίας, Πηγή: Δασονομείο Ικαρίας**

Έχει έντονο και ιδιαίτερο ανάγλυφο. Διαμορφώνεται από μια οροσειρά με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ, με την ονομασία Αθήρας (Πράμνος) ο οποίος χωρίζει το νησί σε βόρειο και νότιο τμήμα, με ψηλότερη κορυφή τα 1041m.

Η τοπογραφία της παρουσιάζει αντιθέσεις καθώς εμφανίζει καταπράσινες πλαγιές και γυμνούς απότομους βράχους. Το ανάγλυφο είναι πολύ έντονο στο νότιο τμήμα με κλίσεις 80% ενώ στο βόρειο τμήμα οι κλίσεις κυμαίνονται από 30%-50%. Ειδικότερα η κατανομή των εκτάσεων του νησιού ανα βαθμίδα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα:

**Πίνακας 1: Κατανομή εκτάσεων Ικαρίας ανά υψόμετρο**

Κατηγορία	Υψομετρική βαθμίδα	Ποσοστό
Πεδινές περιοχές	0 -200	26,17 %
Λοφώδεις περιοχές	201- 600	47,4 %
Ημιορεινές περιοχές	601 - 1000	26,4 %
Ορεινές περιοχές	1000 - 1500	0,03 %

Πηγή: Δασονομείο Ικαρίας

Σύμφωνα με γεωλογικά δεδομένα του ΙΓΜΕ, η Ικαρία αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα (π.χ. γνεύσιοι), τα οποία διασχίζονται από γρανίτες. Συγκεκριμένα, η περιοχή υλοποίησης (δήμος Ραχών) του ΥΒΕ Ικαρίας, που βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του νησιού, αποτελείται αποκλειστικά από γρανιτογνεύσιους και γρανίτες που καλύπτουν περίπου τη μισή έκταση του νησιού. <sup>(6)</sup>

Το μεγαλύτερο ποσοστό των εκτάσεων της είναι θαμνώδεις (37%) αρκετά υποβαθμισμένοι εξαιτίας της υπερβόσκησης όπως και οι βοσκότοποι που ακολουθούν με 30%. Οι δασώδεις εκτάσεις αποτελούνται κυρίως από πεύκα ενώ οι αγροτικές καλλιεργούμενες εκτάσεις είναι περιορισμένες λόγω του έντονου ανάγλυφου. Αναλυτικά η κατανομή των χρήσεων γης ανά κατηγορία αποτυπώνεται στον παρακάτω Πίνακα:

**Πίνακας 2: Κατανομή εκτάσεων Ικαρίας ανά κατηγορία χρήσεως**

Κατηγορία	Έκταση σε km <sup>2</sup>	Ποσοστό
Δασώδεις	38,49	19,5%
Θαμνώδεις	73,20	37%
Βοσκότοποι	59,40	30%
Αγροτικές	25,90	13,5%

Πηγή: Δασονομείο Ικαρίας (7),

Το κλίμα της Ικαρίας βρίσκεται στον κλιματικό τύπο του παράκτιου μεσογειακού (csb κατά korpen), δηλαδή ξηρό και σχετικά θερμό καλοκαίρι και υγροί και ήπιοι χειμώνες. Στο ανατολικό μέρος και συγκεκριμένα στο χωριό Θέρμα υπάρχουν τα Ιαματικά λουτρά που δημιουργούνται από το γεωθερμικό πεδίο.

Η Ικαρία θεωρείται ένα από τα νησιά με το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό, με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε ένα μέσο υψόμετρο, σύμφωνα με το κλιματικό δελτίο της ΕΜΥ, να εκτιμάται στα 7 m/sec.



Οι ανάγκες της Ικαρίας σε αρδευτικό νερό υπολογίζονται σε 566.312 m<sup>3</sup>/έτος (εκ των οποίων τα 450.000 m<sup>3</sup>/έτος περίπου προσφέρονται στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού), ενώ οι ανάγκες σε υδρευτικό νερό ανέρχονται σε 700.000 m<sup>3</sup>/έτος. Οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης του νησιού είναι της τάξης του 30%. Σημαντικό ρόλο, στην ύδρευση του νησιού, παίζουν οι φυσικές πηγές και οι υπάρχουσες γεωτρήσεις στην ανατολική, κεντρική και δυτική Ικαρία.

Το υδρογραφικό δίκτυο της Ικαρίας χαρακτηρίζεται γενικά αδρομερές (πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου 1,6-5,2 km/km<sup>2</sup>). Τα μεγαλύτερο μήκος μισγάγγειας, που φτάνει τα 12,5 km, παρατηρείται στην λεκάνη απορροής του ρέματος Χάλαρης, που είναι και η λεκάνη απορροής της περιοχής του έργου. Η λεκάνη αυτή εκτιμάται ότι έχει έκταση 20,85km<sup>2</sup>, μέσο υψόμετρο 669,2 m και μέση κλίση 22,1%.<sup>(6)</sup>

Η Ικαρία μαζί με τους Φούρνους έχει ενταχτεί στο καθεστώς προστασίας της φύσης Natura 2000 με κωδικούς: GR4120004 (τοπία κοινοτικής σημασίας) GR4120005 (Ζώνες ειδικής προστασίας ορνιθοπανίδας). Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από τον υψηλό βαθμό βιοποικιλότητας όπου συναντώνται 19 είδη βιοτόπων, 21 είδη τοπικών και ενδημικών φυτών, πολλά είδη ασπόνδυλων. Στα τοπία κοινοτικής σημασίας εντάσσονται:

- Η περιοχή γύρω από το ακρωτήριο Δράκανον
- Η περιοχή του όρους Αθέρας σε όλο σχεδόν το μήκος της κορυφογραμμής

### **Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά**

Διοικητικά ανήκει στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου και στην Περιφερειακή ενότητα Ικαρίας αποτελείται από τους Δήμους Ικαρίας και Φούρνων. Σύμφωνα με το Νόμο Καλλικράτη στο νησί δημιουργήθηκε ο δήμος Ικαρίας με έδρα τον Άγιο Κήρυκα μετά την συνένωση των 3 προϋπαρχόντων δήμων Αγίου Κηρύκου, Ευδήλου και Ραχών.

Κατά την απογραφή του 2011 ο συνολικός μόνιμος πληθυσμός στις Ικαρίας ήταν 8.423 κάτοικοι. Αναλυτικότερα η πληθυσμιακή εξέλιξη του νησιού ανά Ο.Τ.Α. (Καποδιστριακοί Δήμοι) αποτυπώνεται στον παρακάτω Πίνακα:



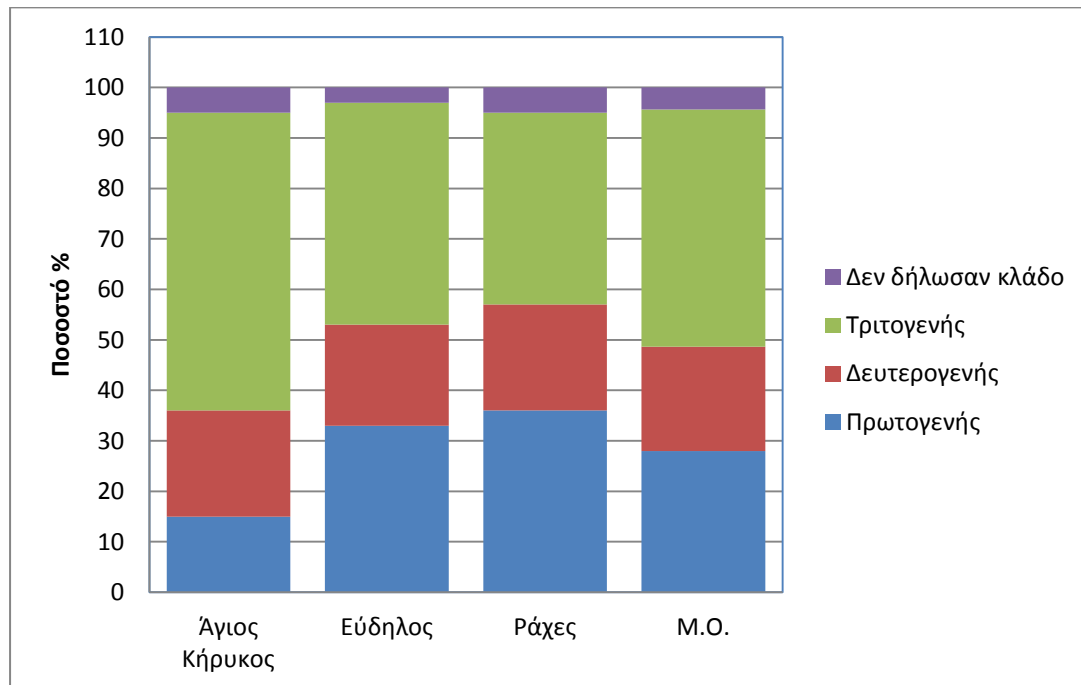
**Πίνακας 3: Πληθυσμιακή εξέλιξη ανά Ο.Τ.Α. στην Ικαρία**

Ο.Τ.Α.	Έτη			Μεταβολές		
	1991	2001	2011	2001-1991	2011-2011	2011-1991
Άγιος Κήρυκος	3093	3243	3521	4,8%	8,6%	13,8%
Εύδηλος	2398	2831	2749	18,1%	-2,9%	14,6%
Ράχες	2055	2238	2153	8,9%	-3,8%	4,8%
<b>Σύνολο</b>	<b>7546</b>	<b>8312</b>	<b>8423</b>	<b>10,2%</b>	<b>1,3%</b>	<b>11,6%</b>

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ – Απογραφή 2011

Παρά τις μειώσεις που εμφανίζει ο πληθυσμός στους πρώην Δήμους Ευδήλου και Ραχών το διάστημα 2001-2011, συνολικά ο πληθυσμός του νησιού εμφανίζει μικρή αύξηση στο ίδιο διάστημα. Συνολικά για την περίοδο 1991-2011 παρατηρείται αύξηση του πληθυσμού τόσο επιμέρους σε κάθε δήμο όσο και συνολικά στο νησί σε ποσοστό 11,6%.

Στην τομεακή διάρθρωση της απασχόλησης με βάση τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ αποτυπώνεται η σημαντική συμμετοχή του πρωτογενή και του τριτογενή τομέα. Αναλυτικότερα η τομεακή διάρθρωση της απασχόλησης ανά τομέα σε επίπεδο πρώην Δήμων αλλά και ο Μέσος Όρος συνολικά αποτυπώνεται παρακάτω:



**Σχήμα 1: Τομεακή διάρθρωση της απασχόλησης**

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ – Απογραφή 2001

Στον πρωτογενή τομέα κυριαρχεί η κτηνοτροφία η οποία αναπτύσσεται στις ορεινές περιοχές, ενώ οι αγροτικές καλλιέργειες λόγω του κατακερματισμού τους

εμφανίζουν τάσεις περιορισμού. Η αλιεία είναι αρκετά σημαντική καλύπτοντας τις ανάγκες της τοπικής αγοράς σε αντίθεση με παλιότερα που κάλυπτε και τις ανάγκες των γειτονικών νησιών.

Ο δευτερογενής τομέας στηρίζεται είτε στη μεταποίηση των τοπικών παραδοσιακών προϊόντων είτε στην οικοδομική δραστηριότητα. Η μεταποίηση αφορά κυρίως προϊόντα όπως το μέλι, το κρασί, διάφορα γλυκά του κουταλιού, ξηροί καρποί. Η οικοδομική δραστηριότητα λόγω της αυξανόμενης τουριστικής κίνησης είναι σχετικά σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Στον τριτογενή τομέα περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων οι τουριστικές δραστηριότητες, οι εμπορικές δραστηριότητες, η παροχή υπηρεσιών και η δημόσια διοίκηση. Αποτελεί τον σημαντικότερο παραγωγικό τομέα στο νησί με ποσοστό 47%, ενώ στον πρώην Δήμο Αγίου Κήρυκος ανέρχεται σε ποσοστό 59%.

## Ενεργειακό Σύστημα νησιών

Σε περιπτώσεις Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) που δεν είναι εφικτή η διασύνδεση, το δίκτυο καλείται να λειτουργεί αυτόνομα. Τέτοια συστήματα συναντώνται ευρέως σε ελληνικά νησιά, όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα διασύνδεσης στο Εθνικό δίκτυο. Στο Αιγαίο υφίστανται σήμερα περισσότερα από 50 νησιά, μη διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό σύστημα. Αυτά τα νησιωτικά συστήματα, απομονωμένα ή διασυνδεδεμένα μεταξύ τους σε ομάδες, παρουσιάζουν αιχμή φορτίου από μερικές εκατοντάδες Κ W μέχρι περίπου 700 MW στην περίπτωση της Κρήτης, όπου έχουμε και το πιο μεγάλο απομονωμένο ΣΗΕ. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται το υπάρχων σύστημα διασύνδεσης των νησιών του Αιγαίου.<sup>(8)</sup>



Εικόνα 4: Υπάρχον σύστημα διασύνδεσης νησιών Αιγαίου

Οι κύριες διαφορές των αυτόνομων ενεργειακά συστημάτων σε σχέση με το διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ενέργειας είναι οι εξής:

- είναι πιο επιρρεπή σε απότομες μεταβολές του φορτίου με αποτέλεσμα οι επιμέρους διατάξεις του πρέπει να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε αυτές.
- δεν υπάρχει η δυνατότητα κατανομής του φορτίου που πραγματοποιείται στο διασυνδεδεμένο σύστημα, δηλαδή μία ζήτηση φορτίου μπορεί να εξυπηρετηθεί από ένα σταθμό παραγωγής που βρίσκεται μακριά γεωγραφικά από το σημείο ζήτησης. Λόγω της γεωγραφικής απομόνωσης των αυτόνομων συστημάτων, πρέπει να παράγεται επιτόπου η απαιτούμενη ενέργεια.
- Ο συντελεστής φορτίου είναι συνήθως, σχετικά με το μέγεθος του συστήματος, αρκετά χαμηλός. Αυτό οφείλεται στην υψηλή ζήτηση που παρουσιάζεται κάποιες μέρες τον χρόνο και χαμηλής ζήτησης τον υπόλοιπο. Ο χαμηλός συντελεστής φορτίου προϋποθέτει και αυξημένο ενεργειακό απόθεμα, το οποίο με τη σειρά του οδηγεί σε υψηλό επενδυτικό κόστος.<sup>(9)</sup>
- Εξαιτίας του συγκεντρωτικού χαρακτήρα της παραγωγής, μειώνεται η αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές, ιδιαίτερα σε καταναλωτές που είναι απομακρυσμένοι από το σημείο παραγωγής της ενέργειας.

Η παραγωγή ενέργειας στα μη διασυνδεδεμένα νησιά βασίζεται κυρίως στους Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής (ΑΣΠ). Το καύσιμο που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το πετρέλαιο που όμως είναι ιδιαίτερα ακριβό αλλά προτιμάται λόγω της εύκολης μεταφοράς του με πλοίο. Συγκρινόμενα με τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται στην ηπειρωτική Ελλάδα, το κόστος του πετρελαίου για ισοδύναμη θερμαντική αξία είναι πολλαπλάσιο. Τα χαρακτηριστικά των νησιών επιβάλλουν μικρή σχετικά κατανάλωση, άλλα εκτεταμένο δίκτυο διανομής. Επιπλέον τους περισσότερους μήνες η παραγωγή υπολειτουργεί σε σχέση με το καλοκαίρι. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά των ΑΣΠ συνιστούν ασύμφορη την εγκατάσταση και την λειτουργία τους, σε σχέση με το ηπειρωτικό σύστημα, αλλά δεν παύουν να είναι αναγκαία.

## Σύστημα παραγωγής ενέργειας Ικαρίας

Η Ικαρία ανήκει στα μη διασυνδεδεμένα νησιά και ηλεκτροδοτείται από το Αυτόνομο Σύστημα Παραγωγής (ΑΣΠ) το οποίο βασίζεται στον Τοπικό Σταθμό Παραγωγής (ΤΣΠ) που λειτουργεί από το 1967 στον Άγιο Κήρυκο. Πρόκειται για έναν θερμικό σταθμό της ΔΕΗ, με στρεφόμενες εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης, που λειτουργούν με πετρέλαιο. Στις εγκαταστάσεις του περιλαμβάνει τις μηχανές παραγωγής, συστήματα δεξαμενών, ένα παραθαλάσσιο αντλιοστάσιο, εξοπλισμό μέσης τάσης, αποθήκες και μηχανουργεία. Επίσης εκεί στεγάζεται το Κέντρο Έλεγχου και Ενέργειας (ΚΕΕ) του συστήματος του νησιού. Κάθε μηχανή καλείται μονάδα ή Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (Η/Ζ), γιατί συνδυάζει ένα πετρελαιοκινητήρα και μια ηλεκτρογεννήτρια. Οι πετρελαϊκές μονάδες έχουν απόδοση μέχρι 40% ή 50% και εκκινούν γρήγορα σε σχέση με άλλου είδους θερμικές μηχανές, αλλά με μειονέκτημα το ακριβό καύσιμο.

Οι ανάγκες του νησιού σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα:

**Πίνακας 4: Εξέλιξη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο ΜΔΣ της Ικαρίας**

	2008	2009	2010	2011	2012
Ζήτηση (MWh)	28.110	28.506	28.545	29.096	27.613
Αιχμή (MW)	7.140	7.980	8.030	8.120	7.380

Πηγή: ΔΕΗ Α.Ε.

Στον παρακάτω Πίνακα αποτυπώνονται οι εγκατεστημένες μονάδες και τα χαρακτηριστικά τους, όπως καταγράφονται στα ημερήσια δελτία σταθμού του ΤΣΠ για τον Δεκέμβριο του 2010.

**Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά εγκατεστημένων μονάδων ΤΣΠ Ικαρίας**

Αρ.	Τύπος	Ειδική Κατανάλωση (gr/kWh)	Ονομαστική Ισχύς (kW)	Αποδιδόμενη Ισχύς (kW)	Διαθέσιμη Ισχύς (kW)	Τεχνικό Ελάχιστο (kW)
1	FIAT B308ESS	244,8	975	750	750	250
2	FIAT B308ESS	243,6	975	750	750	250
3	SULZER 12 ATV 25		2260	2260	2000	1050
4	FIAT B308ESS	267,1	975	750	750	250
5	FIAT B308ESS	256,4	975	750	750	250
6	CKD 627 5B8S	264,7	1280	1100	950	250
7	CKD 627 5B8S	262,4	1280	1100	950	250
8	SULZER 12 ATV 25	207,64	3104	2900	2800	1400
9	SACM V12DS HR 240	226,7	1200	700	700	300
10	SACM V12DS HR 240	226,7	1200	700	700	300
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			1424	11760	11100	

Πηγή: Κατσάφαρος Ιωάννης – Διπλωματική Εργασία

Για την περίοδο 2008-2012 η χώρα μας συνέταξε Εθνικό Σχέδιο εκπομπών CO<sub>2</sub>, με βάση τα κριτήρια και τις κατευθυντήριες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Μέσα από αυτό καθορίζονται τα δικαιώματα εκπομπών CO<sub>2</sub> και η κατανομή τους μεταξύ των υπόχρεων εγκαταστάσεων.

**Πίνακας 6: Κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών CO<sub>2</sub> ανά εγκαταστάτη για την περίοδο 2008-2012**

A/A	ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ 2008-2012 (t CO <sub>2</sub> )	Από τα οποία ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΝΕΟΕΙΣΕΡΧΟΜΕ ΝΟΥ 2005-2007 (t CO <sub>2</sub> )	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤ Α 2008-2012 (t CO <sub>2</sub> )	Από τα οποία ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΝΕΟΕΙΣΕΡΧΟΜΕ ΟΥ 2005-2007 (t CO <sub>2</sub> )
1	ΑΣΠ ΛΕΣΒΟΥ	133.036		665.180	
2	ΑΣΠ ΣΥΡΟΥ	77.684	23.752	388.420	118.760
3	ΑΣΠ ΧΙΟΥ	119.899	37.029	599.495	185.145
4	ΑΣΠ ΣΑΜΟΥ	111.524	50.534	557.620	252.670
5	ΑΣΠ ΠΑΡΟΥ	106.844	26.449	534.220	132.245
6	ΑΣΠ ΘΗΡΑΣ	90.312	41.297	451.560	206.485
7	ΑΣΠ ΔΗΜΝΟΥ	29.358		146.790	
8	ΑΣΠ ΜΗΛΟΥ	48.799	28.015	243.995	140.075
9	ΤΣΠ ΙΚΑΡΙΑΣ	19.684	6.293	98.420	31.465
10	ΤΣΠ ΣΙΦΝΟΥ	6.232		31.160	
11	ΤΣΠ ΠΑΤΜΟΥ	7.024		35.120	
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ &gt; 20 MWth</b>		<b>750.396</b>	<b>213.369</b>	<b>3.751.980</b>	<b>1.066.845</b>

Πηγή: ΑΔΜΗΕ

### Φράγμα Πέζι

Το φράγμα «Πέζι» (Εικόνες 5, 6) κατασκευάστηκε στον δήμο Ραχών Ικαρίας, στην περιοχή Πέζι από όπου πήρε και το όνομά του. Λειτουργεί από το 1995 και κατασκευάστηκε κυρίως για την ύδρευση και άρδευση του δήμου.

### Τεχνικά χαρακτηριστικά φράγματος:

το φράγμα είναι χωμάτινο με αργιλικό πυρήνα και τροφοδοτείται από τον χείμαρρο της Χάλαρης (ή Πέζι). Ο αρχικός ωφέλιμος όγκος ήταν 1.000.000m<sup>3</sup>, ο οποίος λόγω προσχώσεων και φερτών υλών μειώθηκε στα 910.000m<sup>3</sup>. Η επιφάνεια του ταμιευτήρα ανέρχεται στα 100.000 m<sup>2</sup>. Για την στεγανοποίηση του ταμιευτήρα δεν χρειάστηκαν πρόσθετα αναχώματα και ειδικές κατασκευές, αφού ο γρανίτης, το πέτρωμα πάνω στο οποίο κατασκευάστηκε το φράγμα, συντελεί από μόνο του στη φυσική στεγανότητα



του ταμιευτήρα. Το ύψος του αναχώματος είναι 29 m, το μήκος στέψης 235m και το πλάτος στέψης 10m. Ο όγκος αναχώματος που χρησιμοποιήθηκε υπολογίστηκε στα 163.100 m<sup>3</sup> και το συνολικό κόστος κατασκευής του έργου εκτιμάται στα 4.223.000 €.



**Εικόνα 5: Άποψη από το φράγμα Πέζι**



**Εικόνα 6: Δορυφορική εικόνα του Φράγματος Πέζι από το Google Earth**

Στο νησί υπάρχει εγκατεστημένη μία σύγχρονη ανεμογεννήτρια (Α/Γ) οριζοντίου άξονα, της εταιρίας Enercon, γερμανικής κατασκευής, τύπου E-40, ονομαστικής ισχύος 600kW. Εγκαταστάθηκε το 2004 στο ύψωμα Κεφάλα, στο χωριό Περδίκι, σε υψόμετρο 596m. Είναι διασυνδεδεμένη απευθείας στο δίκτυο μέσης

τάσης. Ανήκει σε ιδιώτη επενδυτή (Αντώνης Λακιάς), Κατά το παρελθόν υπήρξε και ένα πιλοτικό Αιολικό Πάρκο (Α/Π) της ΔΕΗ στην γειτονική θέση Φυρινάσπα. Περιελάμβανε 7 ασύγχρονες ανεμογεννήτριες, ελληνικής κατασκευής, 55kW η καθεμία, σύνολο 385kW. Σταδιακά εγκαταλείφθηκε και βρίσκεται εκτός λειτουργίας από το 2006.

Υπάρχουν μήνες του χρόνου με υψηλό αιολικό δυναμικό, λόγω εποχιακών ανέμων. Τον Αύγουστο αρκετές ημέρες επικρατούν συνεχείς βορειοανατολικοί άνεμοι (μελτέμια) που όμως το βράδυ έχουν την τάση να ελαττώνονται. Το χειμώνα εμφανίζονται δυνατοί νοτιάδες. Όμως η παραγόμενη αιολική ενέργεια εξαρτάται και από την υπόλοιπη παραγωγή του συστήματος. Σε περιόδους χαμηλής κατανάλωσης δεν θα μπορεί να απορροφηθεί πάντα όλη η αιολική ενέργεια, γιατί οι διακυμάνσεις στην αιολική ισχύ δεν γίνεται να εξισορροπηθούν από τις υπόλοιπες θερμικές μονάδες που λειτουργούν.

Το 2009, η συνεισφορά της αιολικής ενέργειας στην ενέργεια που καταναλώθηκε στο νησί κυμάνθηκε από 6,5% έως 9,5% με μέσο όρο 7,9%. Όσον αφορά την παραγωγή έργου ισχύος, γνωρίζουμε ότι η συγκεκριμένη Α/Γ δεν συνεισφέρει παραπάνω στο σύστημα, αφού η εμπορική συμφωνία με την ΔΕΗ αφορά παραγωγή ενέργειας μόνο. Ο συντελεστής ισχύος διατηρείται σταθερά στο 0,9 και η Α/Γ λειτουργεί χωρητικά χωρίς να αναλαμβάνει επιπλέον έργο φορτίο. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της εξόδου της Α/Γ είναι η παραγωγή ανώτερων αρμονικών συχνοτήτων στο ρεύμα εξόδου της, λόγω των ηλεκτρονικών ισχύος. Αυτές είναι ανεπιθύμητες στο κοινόχρηστο δίκτυο και αποκόβονται με βαθυπερατά φίλτρα στην έξοδο του inverter, ενώ ελέγχονται περιοδικά από το συνεργείο συντήρησης. Άλλες προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται κατά την σύνδεση με το δίκτυο αφορούν την διακύμανση της τάσης, της συχνότητας, το ρυθμό μεταβολής της παρεχόμενης ισχύος, συμπεριφορά σε βραχυκυκλώματα, κλπ

### **Δίκτυο διανομής**

Το δίκτυο διανομής της νήσου Ικαρίας είναι ακτινικό και περιλαμβάνει τρεις γραμμές που αναχωρούν από τον Τοπικό Σταθμό Παραγωγής του Αγ. Κήρυκου, οι οποίες είναι:



- α. **Γραμμή «Αγ. Κήρυκος» 15 kV** (Γραμμή R210), κατά μήκος της ακτής στην πλευρά του Αγ. Κήρυκου.
- β. **Γραμμή «Καραβόσταμο - Εύδηλος» 15 kV** (Γραμμή R220), μέχρι τον Εύδηλο, πάνω στην οποία είναι συνδεδεμένες όλες οι ανεμογεννήτριες.
- γ. **Γραμμή «Χρυσόστομος-Καρκινάγρι» 15 kV** (Γραμμή R230), η οποία τροφοδοτεί ολόκληρη την περιοχή δυτικά του Εύδηλου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

### Γενικά στοιχεία για υβριδικά συστήματα

Με τον όρο Υβριδικός Σταθμός (ΥΒΣ) εννοούμε το συνδυασμένο σταθμό, που αποτελείται από ένα ή περισσότερα Α/Π και διατάξεις αντλησιοταμίευσης.

Η εξασφάλιση της ευστάθειας και της ασφάλειας σε ένα απομονωμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελεί έργο σημαντικά δυσκολότερο από ότι στα διασυνδεδεμένα συστήματα. Τούτο προκύπτει εξαιτίας του ότι τα απομονωμένα ενεργειακά συστήματα χαρακτηρίζονται από τις ακόλουθες ιδιαιτερότητες:

- τις συχνά απαιτούμενες έντονες διακυμάνσεις στη ζήτηση ισχύος
- τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των θερμοηλεκτρικών γεννητριών του συστήματος παραγωγής (τεχνικά ελάχιστα, ρυθμός ανάληψης φορτίου, κλπ)
- την αδυναμία υποστήριξης τους από άλλα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας (Σ.Η.Ε.) μέσω έγχυσης ισχύος σε καταστάσεις ανάγκης (emergency states) ή ακραίες καταστάσεις (in extremis states)
- τη σημαντική διείδυση μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) μη εγγυημένης παραγωγής ισχύος.

Ειδικότερα για τον ελλαδικό χώρο, το σύνολο των απομονωμένων ενεργειακών νησιωτικών συστημάτων στηρίζει την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος σε αυτόνομους πετρελαϊκούς σταθμούς παραγωγής. Η σημαντική διείδυση Α.Π.Ε. μη εγγυημένης παραγωγής ισχύος στα συστήματα αυτά, και ειδικότερα αιολικής ισχύος, δυσχεραίνει σημαντικά τη διατήρηση της ευστάθειας και της ασφάλειάς τους. Ωστόσο, η διείδυση Α.Π.Ε. στα ελληνικά απομονωμένα ενεργειακά συστήματα, επιβάλλεται για διάφορους λόγους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

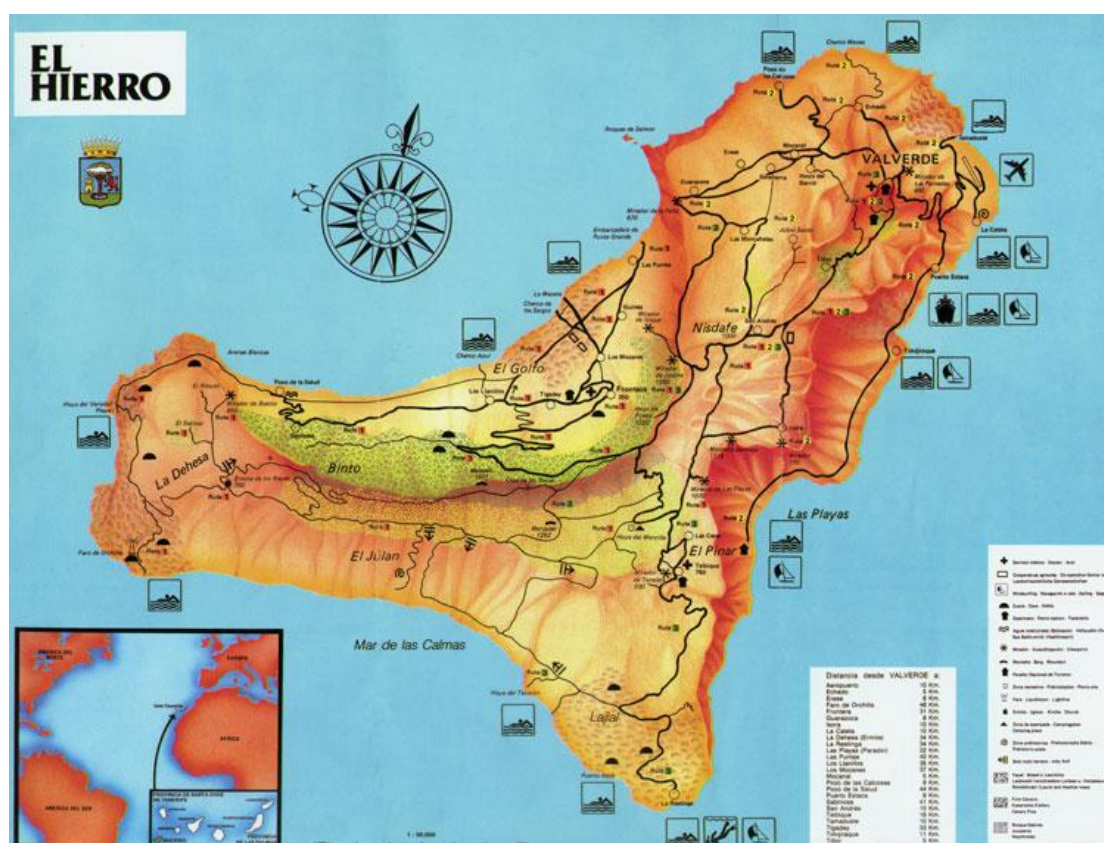
- η επίτευξη των εθνικών στόχων του Κιότο
- η απεξάρτηση από τη χρήση εισαγόμενων πρωτογενών μορφών ενέργειας
- η μείωση του κόστους παραγωγής.

Η επίτευξη των ανωτέρω στόχων αντιπαρατίθεται με την ανάγκη της ασφαλούς παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος. Ο περιορισμός της διείδυσης μη

εγγυημένης ισχύος Α.Π.Ε. στα απομονωμένα ενεργειακά συστήματα προκύπτει ως αναπόφευκτη συνέπεια.

### Υβριδικό σύστημα του νησιού «El Hierro»

Το Ελ Ιέρο είναι το μικρότερο από τα Κανάρια νησιά στα Νοτιοδυτικά με πληθυσμό 10.500 κατοίκους και συνολική έκταση 278 km<sup>2</sup>. Βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 27ο 43' και έχει μόλις 105 mm ετήσια βροχόπτωση, σε 5-6 μέρες βροχής το χρόνο.



Εικόνα 7: Χάρτης του νησιού

Η ηλεκτροδότησή τους το 2005 χρειαζόταν περίπου 35GWh και γινόταν με ένα αυτόνομο πετρελαϊκό σταθμό, ισχύος 10,1MW, που ήδη είναι 11,36MW. Η ζήτηση είχε ετήσια αύξηση 7-8% και, σύμφωνα με το σχεδιασμό του 2006, αναμένεται να προσεγγίσει τις 48GWh το 2015. Το φορτίο αιχμής ήταν 7,5MW και η ελάχιστη ζήτηση 3MW. Η παραγωγή με πετρέλαιο είχε πολύ υψηλό κόστος (€0,242/kWh) και αποφάσισαν να κάνουν το υβριδικό αιολικό-υδροηλεκτρικό έργο «Gorona del Viento» που είναι το δεύτερο μεγαλύτερο υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας στον κόσμο (το 1<sup>ο</sup> βρίσκεται στην περιοχή στην περιοχή Yamnashi-Ken της Ιαπωνίας, ισχύος 1600 MW).

Το υβριδικό σύστημα θα αποτελείται από 5 ανεμογεννήτριες των 2,3MW, συνολικής ισχύος 11,5MW, που θα ηλεκτροδοτούν ένα αντλητικό σταθμό 6MW, προκειμένου να αντλούν νερό από ένα κάτω ταμιευτήρα, χωρητικότητας 150.000 m<sup>3</sup>, για να γεμίζουν ένα κρατήρα παλιού ηφαίστειου σε υψόμετρο 700-715m., μετατρέποντάς τον σε άνω ταμιευτήρα, μέγιστης χωρητικότητας 556.000 m<sup>3</sup>. Στη συνέχεια από τον ταμιευτήρα το νερό θα τροφοδοτεί ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, 11,32MW το οποίο με τη σειρά του θα καλύπτει τις ανάγκες της ζήτησης στο δίκτυο. Το σύστημα θα παράγει το 80% των ενεργειακών αναγκών του νησιού. Το υπόλοιπο 20% θα παράγεται μέσα από τους ηλιακούς συλλέκτες και διασυνδεδεμένων με το δίκτυο φωτοβολταϊκών συστημάτων

Κεντρικό ρόλο στη λειτουργία του συστήματος παίζει το σύστημα αυτόματης ρύθμισης της παραγωγής το οποίο θα ξεκινήσει να απελευθερώνει το νερό από την άνω δεξαμενή για την παραγωγή ενέργειας στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, όταν η αιολική ενέργεια που θα παράγεται δεν θα επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση. Αντίθετα όταν θα υπάρχει περίσσεια αιολικής ενέργειας θα χρησιμοποιείται για την άντληση νερού στην άνω δεξαμενή σε περιπτώσεις χαμηλής έντασης αιολικού δυναμικού.

Το έργο προϋπολογίστηκε αρχικά να κοστίσει 54 εκατ. ευρώ και το ανέλαβε η Gorona del Viento El Hierro S.A., μια εταιρεία που δημιουργήθηκε απ' την τοπική κυβέρνηση (60%), την Ισπανική Endesa (30%) και το Τεχνολογικό Ινστιτούτο των Καναρίων Νήσων (10%). Το κόστος αναθεωρήθηκε σε 65 εκατ. ευρώ και τελικά κόστισε περίπου 80 εκατ. ευρώ, τα 35 απ' τα οποία τα έδωσε το Ισπανικό δημόσιο ως επιδότηση



Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η χωροθέτηση του Έργου καθώς και τα επιμέρους τμήματά του:



Εικόνα 8: Χωροθέτηση ΥΒΣ και επιμέρους τμήματα

Πηγή: <http://greekignite.blogspot.gr/2014/05/1-0.html>

Η κατασκευή ξεκίνησε τον Ιούνιο 2009 και ολοκληρώθηκε το 2014. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικές εικόνες από τα επιμέρους τμήματα του Έργου:



Εικόνα 9: Φωτό από τμήματα κατασκευής του Έργου

Στην τελική διαμόρφωση του έργου η χωρητικότητα του άνω ταμιευτήρα περιορίστηκε σε 379,6 χιλιάδες  $m^3$ , με το υψόμετρο μέγιστης στάθμης στα 709,5m και επένδυση του πυθμένα με γεωμεμβράνη πάχους 2mm. Ο κάτω ταμιευτήρας

διαμορφώθηκε με ένα χωμάτινο φράγμα μέγιστου ύψους 23m., επένδυση του πυθμένα με γεωμεμβράνη πάχους 2mm και με το υψόμετρο μέγιστης στάθμης στα 56m. Το αιολικό πάρκο θα τροφοδοτεί ενέργεια απευθείας στο δίκτυο και η ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και ζήτησης θα καλύπτεται απ' το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, (όπως φαίνεται στη 2η φωτογραφία, το Ελ Ιέρο είναι ένας βράχος που ξεπροβάλλει απότομα απ' τη θάλασσα, με πολύ ευνοϊκό ανάγλυφο για συνεχή ρεύματα ανέμου). Υπάρχουν δυο αγωγοί μεταφοράς του νερού ανάμεσα στους δυο ταμιευτήρες: ο ένας διαμέτρου 0,8m και μήκους 3015m για την άντληση προς τον άνω ταμιευτήρα και ο άλλος διαμέτρου 1,0m και μήκους 2350m για την προσαγωγή νερού και την παραγωγή ενέργειας. Οι 2 αγωγοί είναι παράλληλοι και διέρχονται από μια στοά μήκους 530m.

Συμπληρωματικά προς το υβριδικό σύστημα κατασκευάστηκαν και συστήματα θέρμανσης νερού με ηλιακούς συλλέκτες για τη θέρμανση των κατοικιών.

### **Στο νησί Μπονέρ**

Το νησί Bonaire έχει πληθυσμό 14.500 κατοίκους, έκταση 250 km<sup>2</sup> και βρίσκεται 80km βόρεια των ακτών της Βενεζουέλας.

Η μέγιστη ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια υπολογίζεται σε 11MW περίπου και η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε 75.000 MWh. Για την κάλυψη των αναγκών του νησιού χρησιμοποιούνται δύο συστήματα γεννητριών ντίζελ, συνολικής ισχύος 12MW.

Το υβριδικό έργο σχεδιάστηκε με σκοπό να αντικαταστήσει το υπάρχον ανεπαρκές σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μετά από μια πυρκαγιά που εκδηλώθηκε στις γεννήτριες ντίζελ) και να λειτουργήσει ως ένα υβριδικό έργο παραγωγής «καθαρής» ηλεκτρικής ενέργειας.

Υπολογίστηκε με βάση τις αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου και του ντίζελ ότι το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το προτεινόμενο σύστημα θα είναι πολύ χαμηλότερο.

Οι προτεινόμενες γεννήτριες ντίζελ τύπου MAN χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης και εξαιρετικά χαμηλές εκπομπές CO<sub>2</sub> σε συνδυασμό με την

σταθερή τους απόδοση σε περίπτωση ανεπάρκειας του φορτίου, γεγονός που σημαίνει ότι γίνεται βέλτιστη χρήση το καύσιμου. Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης μια συστοιχία μπαταριών 2 MW που μπορεί να αναπληρώσει μια ένα δφιάστημα άπνοιας τουλάχιστο 2 λεπτών και ηλεκτρικές γεννήτριες έκτακτης ανάγκης που μπορούν να λειτουργήσουν ως stand-ins σε περίπτωση οι γεννήτριες MAN καταρρεύσουν. Η χρήση πολλών μικρότερων γεννητριών επιτρέπει την αποτελεσματικότερη και ταχύτερη ανταπόκριση στη ζήτηση και τη σταθεροποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω των διακυμάνσεων το αιολικού δυναμικού.

### **Προδιαγραφές συστήματος**

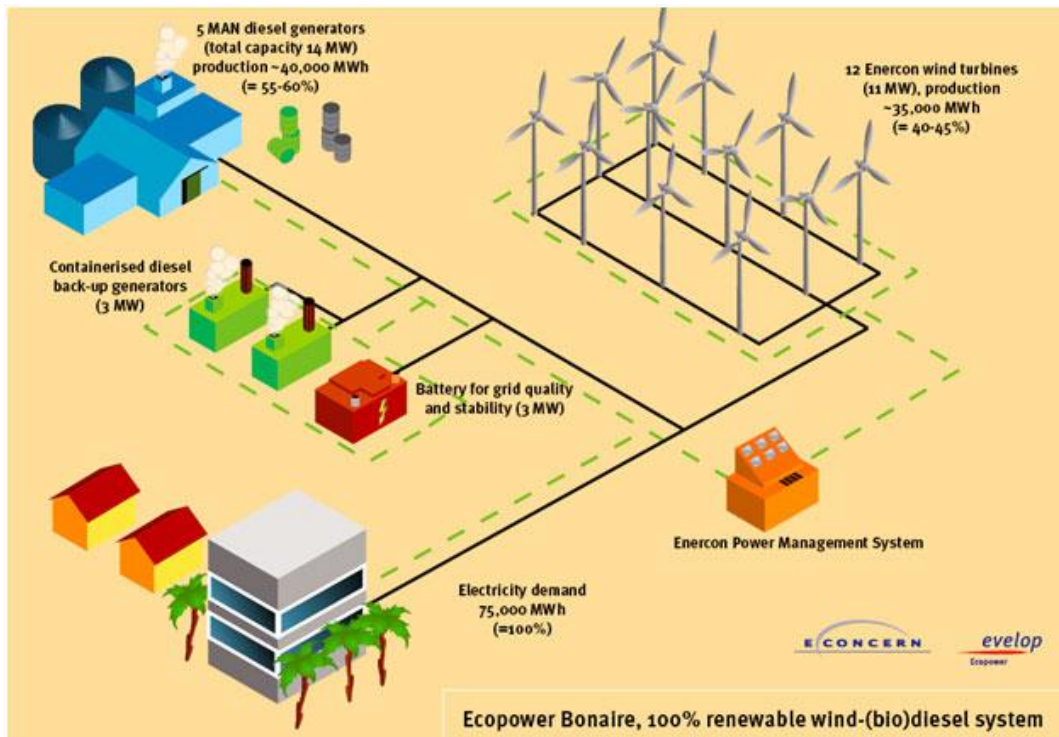
- Ντήζελ Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η συνολική δυναμικότητα του αιολικού πάρκου είναι 11 MW. Αρχικά τοποθετήθηκε μια Α/Γ Enercon E-33 δυναμικότητας 330 KW. Το αιολικό πάρκο αποτελείται από 12 ανεμογεννήτριας δυναμικότητας 900 KW η κάθε μια, μοντέλου Enercon E-44. Κάθε Α/Γ αναμένεται να λειτουργήσει 3.500 ώρες πλήρους φορτίου περίπου

- Ντήζελ Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η συνολική δυναμικότητα της μονάδας θα είναι 14 MW, από τα οποία 3 MW αποτελούν αποθηκευμένη ενέργεια στην εφεδρική μπαταρία.

- Το σύστημα διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από καλώδιο 10km από το αιολικό πάρκο στο σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ένα σταθμό μετασχηματισμού 30KV.



**Εικόνα 10: Σχηματική διάταξη υβριδικού συστήματος στο νησί Μπονέρ**

Το κόστος του υβριδικού συστήματος ανέρχεται περίπου σε 60 εκ. δολάρια, με αναμενόμενα ετήσιο όφελος από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα 15 εκ. δολάρια. Μέρος του κόστους της επένδυσης εκτιμάται ότι θα καλυφθεί από την πώληση των δικαιωμάτων εκπομπών CO<sub>2</sub>. Στο χρηματοδοτικό σχήμα το 20% προέρχεται από ίδια κεφάλαια των μετόχων και το 80% μέσω δανειακής σύμβασης με την Ολλανδική τράπεζα Rabobank. Οι Μέτοχοι του Έργου είναι η Ecofys (90%), η MAN (5%), και Enercon (5%).

Κατά τη φάση υλοποίησης του έργου υπήρξε σημαντική πολιτική στήριξη από την κυβέρνηση του Μπονέρ. Οι σημαντικότερες δυσκολίες εντοπίστηκαν στην υπογραφή των συμβάσεων (οι οποίες έγιναν το 2007 και 2008 με τις υψηλότερες τιμές) και η εξασφάλιση της χρηματοδότησης. Παρόλα αυτά όμως, το 2009 η Ecofys (κύριος μέτοχος) χρεοκόπησε λόγω της πιστωτικής κρίσης. Η Rabobank ανέλαβε τη συνέχιση και ολοκλήρωση του έργου.

Επιπλέον, οι τοπικές διαδικασίες αδειοδότησης ήταν ανεπαρκείς στην υποστήριξη ενός τέτοιου σύνθετου έργου. Παρά αυτά τα εμπόδια, ωστόσο, το έργο ολοκληρώθηκε, αποδεικνύοντας υπήρχε ετοιμότητα σε επίπεδο σχεδιασμού και υλοποίησης από τους εταίρους.



### **Υπάρχουσα κατάσταση**

- Η νέα μονάδα παραγωγής ενέργειας έχει τεθεί σε λειτουργία από τον Αύγουστο του 2010 και αποδίδει καλά
- Το αιολικό πάρκο έχει μπει σταδιακά σε εφαρμογή, αλλά η μέγιστη στιγμιαία συμμετοχή της αιολικής ενέργειας στη συνολική παραγωγή ανέρχεται ήδη σε πάνω από 80%
- Ο στόχος της μέσης συμμετοχής σε ποσοστό 45%-50% της αιολικής ενέργειας στη συνολική παραγωγή φαίνεται να επιτυγχάνεται
- Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας και η μπαταρία έχουν επιδόσεις πάνω από τις προσδοκίες. Η ποιότητα ισχύος και την ευστάθεια του δικτύου είναι καλή.
- Το ποσοστό αξιοπιστίας της αρχικής τουρμπίνας Enercon E-33 ανήλθε σε 99% το 2007, χωρίς κάποια σημαντική συντήρηση γεγονός που δικαιώνει την επιλογή για τις ελαφρώς πιο ακριβές Α/Γ Enercon, με το χαμηλότερο κόστος συντήρησης και την ανώτερη ποιότητα του ρεύματος
- Η προμηθεύτρια εταιρεία έχει εγγυηθεί την εξοικονόμηση καυσίμων και το σύστημα έχει ήδη μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί
- Επιπλέον, το νησί έχει τώρα μια ισχυρή αντιστάθμιση έναντι μελλοντικών αυξήσεων των τιμών ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και είναι σε καλό δρόμο για την επίτευξη της κατά 100% αυτάρκειας μέσω της επιλογής φυκιών ως βιοκαύσιμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ο ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΙΚΑΡΙΑΣ

### Γενικά

Η ιδέα υλοποίησης του υβριδικού ενεργειακού έργου στην Ικαρία ανήκει στη ΔΑΥΕ/ΔΕΗ (νυν ΔΥΗΠ) και στην Αναπτυξιακή Εταιρεία του πρώην δήμου Ραχών Ικαρίας, οι οποίες από το 1999 σε συνεργασία με ευρωπαϊκές εταιρείες πρότειναν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τη χρηματοδότηση της μελέτης. Η πρόταση έγινε αποδεκτή αλλά, λόγω αδυναμίας συνεργασίας των εταιρειών, το όλο εγχείρημα δεν ευοδώθηκε.

Αργότερα, εκτιμώντας την αξία του έργου, η ΔΑΥΕ/ΔΕΗ προχώρησε στον σχεδιασμό και στις μελέτες δημοπράτησης, με την συνδρομή και του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) στον σχεδιασμό του ηλεκτρικού δικτύου. Το 2006 εγκρίθηκε η Διακήρυξη της Σύμβασης και έγινε ο διαγωνισμός.

Το 2007 το έργο μεταβιβάστηκε στη ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΑΕ, μετά την απόσχιση του κλάδου των ΑΠΕ από την ΔΕΗ ΑΕ. Το 2008 υπεγράφη η σύμβαση κατασκευής του με Ανάδοχο την εταιρεία ΕΝΕΤ ΑΕ. Η επίβλεψη του έργου πραγματοποιείται από τη ΔΥΗΠ/ΔΕΗ, με τον ρόλο της ως τεχνικού συμβούλου του κυρίου του έργου.

Τον Νοέμβριο του 2009 υποβλήθηκε στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) αίτηση για μεταβίβαση της Άδειας Παραγωγής του έργου, με προσαρμογή του τρόπου λειτουργίας του στο υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο για τους υβριδικούς σταθμούς, με βάση μελέτη που εκπονήθηκε από το ΕΜΠ. Η τιμή πώλησης της υβριδικής ενέργειας ορίστηκε από τη ΡΑΕ ίση με 295 €/MWh<sup>(10)</sup>

Οι εργασίες ξεκίνησαν το Μάιο του 2009 και έχει υλοποιηθεί μεγάλο μέρος των εργασιών στην Ανω Δεξαμενή στην Προεσπέρα (ολοκλήρωση εκσκαφών, εφαρμογή μέτρων προστασίας πρανών, διάνοιξη της σήραγγας διέλευσης των αγωγών προσαγωγής-κατάθλιψης, έναρξη εργασιών σκυροδετήσεων κ.λπ.). Ακόμη έχουν πραγματοποιηθεί εκσκαφές και τοποθέτηση στις θέσεις θεμελίωσης των Ανεμογεννητριών και του κτιρίου ελέγχου του Αιολικού Πάρκου, έχει ολοκληρωθεί το μεγαλύτερο μέρος των εκσκαφών της δημοτικής οδοποιίας στην περιοχή του έργου, ενώ βρίσκονται σε πλήρη εξέλιξη οι εκσκαφές στο χώρο της Κάτω Δεξαμενής.

Επιπροσθέτως έχει επιθεωρηθεί στην Αυστρία ο κύριος Η/Μ εξοπλισμός (στρόβιλοι, γεννήτριες, δικλείδες) των δύο ΜΥΗΕ και τοποθετηθεί.

Ακόμα, ολοκληρώνονται οι εργασίες κατασκευής του δικτύου ηλεκτροδότησης, με έμφαση στο τμήμα μεταξύ ΑΠ και ΜΥΗΕ Προεσπέρας, ενώ ολοκληρώνεται η εκσκαφή των υπογείων τμημάτων του ηλεκτρικού δικτύου και οπτικών ινών στις περιοχές Ξυλοσύρτη και Πλαγιά προς Άγιο Κήρυκο.<sup>(11)</sup>

### **Σκοπός κατασκευής**

Βασικός σκοπός είναι η εκμετάλλευση των ΑΠΕ και η αύξηση του ποσοστού διείσδυσης τους στην παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση πετρελαίου από τον ΤΣΠ. Στην υφιστάμενη κατάσταση η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με πετρελαιομηχανές έχει πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας και δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση πέρα από τον Αύγουστο.

Η επιτυχής κατασκευή και λειτουργία του καινοτόμου Υβριδικού Ενεργειακού έργου Ικαρίας μπορεί να λειτουργήσει ως πιλότος για την υιοθέτηση παρόμοιας μορφής

Η αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος από το υβριδικό έργο θα δημιουργήσει σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη:

- Ενεργειακή επάρκεια του νησιού κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα του έτους μειώνοντας την εξάρτηση από το πετρέλαιο
- Σημαντική μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από την ελαχιστοποίηση της λειτουργίας του τοπικού Θερμικού Σταθμού επιτυγχάνοντας αποφυγή εκπομπής CO<sub>2</sub> της τάξεως των 13.600 τόνων/έτος.
- Στα άμεσα οφέλη του είναι και η ώθηση που αναμένεται να δώσει στην ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας μιας «ξεχασμένης» περιοχής της χώρας, αφού θα εξασφαλίσει, σε αυτήν την εξαιρετικά δυσμενή οικονομική συγκυρία, έναν σημαντικό αριθμό θέσεων εργασίας για τους κατοίκους του νησιού, τόσο στη φάση κατασκευής όσο και στη φάση της λειτουργίας.
- Βελτίωση υπάρχοντων και ανάπτυξη νέων τοπικών υποδομών (δίκτυο ηλεκτροδότησης και οδικό δίκτυο)
- Όλα αυτά αναμένεται να αναβαθμίσουν και το τουριστικό προφίλ του ακριτικού νησιού του Ανατολικού Αιγαίου και να επιτρέψουν και την προσέλκυση επιπλέον αριθμού τουριστών καθώς και να βάλουν την Ικαρία, ψηλά στη λίστα προορισμών του επιστημονικού τουρισμού, κάτι που αποδεικνύεται ήδη από πρόσφατες επισκέψεις φοιτητών και καθηγητών Πολυτεχνικών Σχολών.

Από την επιτυχή λειτουργία του πιλοτικού αυτού έργου που συνδυάζει δύο μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας εξασφαλίζοντας επάρκεια και αυτονομία με

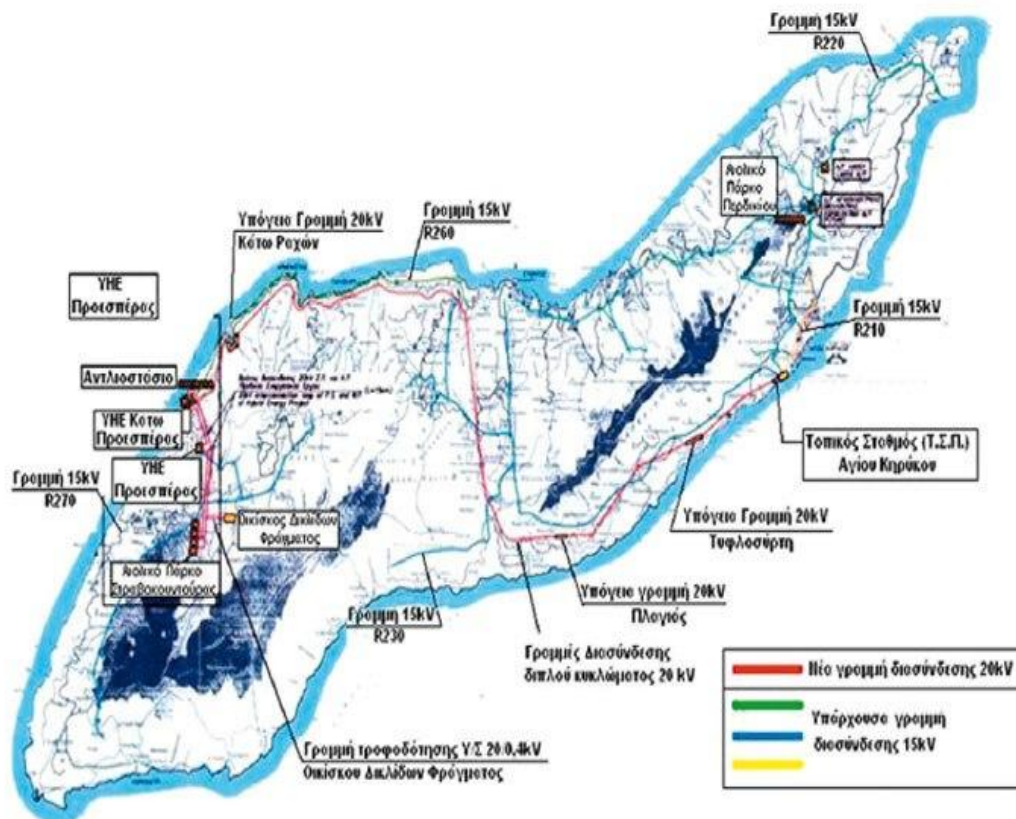
χαμηλό κόστος, θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό και το μέλλον της ενεργειακής αγοράς στην Ευρώπη. Ήδη μάλιστα η κυβέρνηση της Δανίας επισήμως έχει δηλώσει ότι από την επιτυχία της Ικαρίας θα εξαρτηθεί και η αλλαγή πλεύσης της δανικής πολιτικής στα υβριδικά ενεργειακά έργα. Οι Δανοί ήδη εξετάζουν τη δυνατότητα κατασκευής μικρού τεχνητού νησιού έξω από την Κοπεγχάγη για την εγκατάσταση υβριδικού σταθμού. Με ανάλογο ενδιαφέρον αντιμετωπίζουν το έργο κι άλλες ευρωπαϊκές κυβερνήσεις.

### Χωροθέτηση

Το Έργο χωροθετείται στον πρώην Δήμο Ραχών, στη βορειοδυτική πλευρά του νησιού, στη θέση Προεσπέρα, και αφορά ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής, ο οποίος αποτελεί συνδυασμό ενός Υδροηλεκτρικού συστήματος με ένα αιολικό πάρκο.

Στην παρακάτω Εικόνα απεικονίζεται η χωροθέτηση του έργου και η διασύνδεση του με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί.

**Εικόνα 11: Χάρτης απεικόνισης θέσεων του Έργου και διασύνδεσης με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού**



Πρόκειται για έναν συνδυασμό δύο βασικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της αιολικής και της υδροηλεκτρικής και μπορούν να εξασφαλίσουν μεγαλύτερη ενεργειακή αυτονομία καθώς το έργο θα λειτουργεί ως «φυσική μπαταρία» αποθήκευσης ενέργειας. Μετά την ολοκλήρωση του έργου, το νησί της Ικαρίας θα είναι ενεργειακά αυτόνομο μόνο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το έργο θα συνδυάζει αποτελεσματικά την εκμετάλλευση των υδάτων που υπερχειλίζουν από το υφιστάμενο φράγμα στο Πέζι, με την αξιοποίηση της αιολικής παραγωγής.

### Κόστος κατασκευής

Το συνολικό κόστος του υβριδικού ενεργειακού έργου ανέρχεται περίπου σε 40 εκ. €, στο οποίο εκτός από την κατασκευή των βασικών μερών του έργου, της επίβλεψής του κ.λ.π., συμπεριλαμβάνονται και τα έξοδα για την κατασκευή καινούργιας οδοποιίας αλλά και την βελτίωση της υπάρχουσας στην περιοχή, καθώς και για την αναβάθμιση και ανακατασκευή του δικτύου ηλεκτροδότησης του νησιού, όπως περιγράφονται παρακάτω στην τεχνική περιγραφή



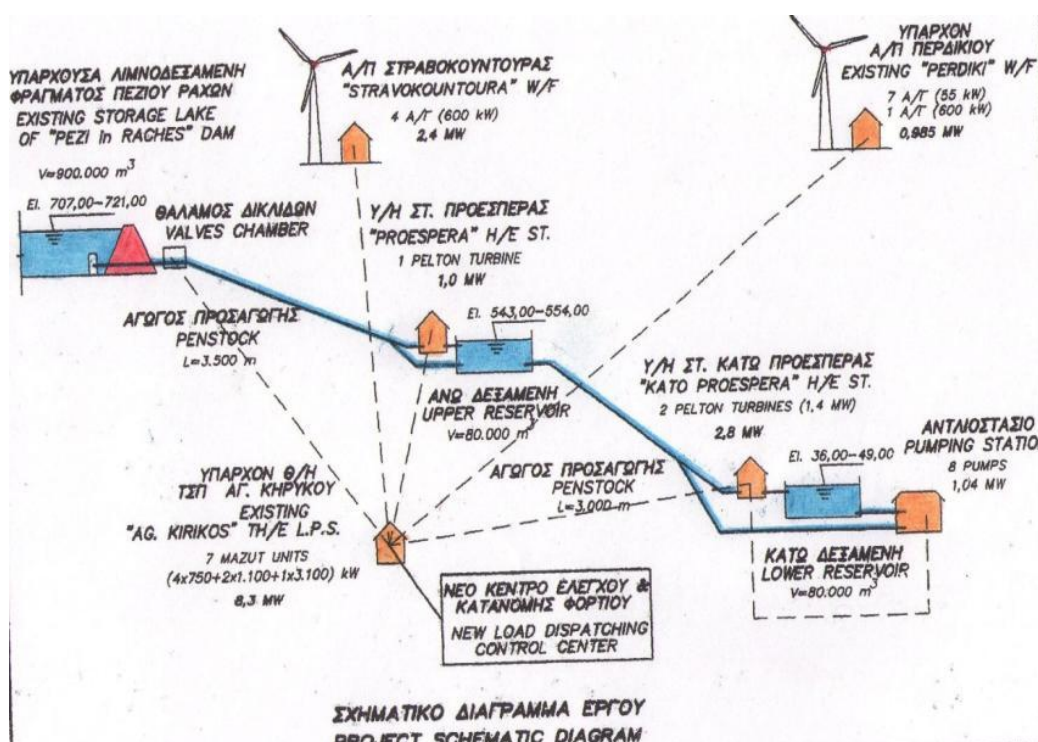
Εικόνα 12: Πληροφοριακή πινακίδα κατασκευής του Έργου

Θα περιλαμβάνει δύο τεχνητές λιμνοδεξαμενές, άνω και κάτω, χωρητικότητας 80.000 m<sup>3</sup> η καθεμία, που θα γεμίζουν από την υπερχειλίση του ήδη υπάρχοντος αρδευτικού ταμιευτήρα στο Πέζι. Θα έχει συνολική δυνατότητα υδροηλεκτρικής παραγωγής 4,1 MW, με δύο Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς (ΜΥΗΣ) δεξαμενής, υψηλής πίεσης (>100 m), με στροβίλους μικρής παροχής τύπου Pelton. Ο πρώτος σταθμός (υδροηλεκτρικός) θα βρίσκεται μετά την υπερχειλίση του



φράγματος, πριν την άνω δεξαμενή, με ισχύ 1 MW. Ο δεύτερος (υδραντλητικός) θα βρίσκεται πριν την κάτω δεξαμενή, με ισχύ παραγωγής  $2 \times 1,55 = 3,1$  MW. Στην συνέχεια το νερό θα ανυψώνεται, μέσω ενός αντλιοστασίου (με 12 αντλίες των 250 KW έκαστη) επιστρέφοντας στην άνω δεξαμενή. Αυτή η ισχύς θα καλύπτεται από ένα αιολικό πάρκο ισχύος 2,4 MW στη τοποθεσία Στραβοκουντούρα Ραχών.<sup>(12)</sup>

Η σχηματική διάταξη των εγκαταστάσεων του συστήματος παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 13: Σχηματικό διάγραμμα του ΥΒΣ

Συνοπτικά τα στοιχεία των επιμέρους μονάδων παραγωγής, άντλησης και αποθήκευσης του ΥΒΣ, βάσει των τεχνικών προδιαγραφών του έργου, είναι τα εξής:

Πίνακας 7: Τεχνικά χαρακτηριστικά ΥΒΣ

Περιγραφή	Ισχύς σε MW
Αιολικό Πάρκο Στραβοκουντουρας Ραχών	2,4
ΜΥΗΣ Άνω Προεσπέρας	1,05
ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας	3,1
ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας – Αντλιοστάσιο	2
<b>Μέγιστη Συνολική Ισχύς</b>	<b>6,55</b>

Πηγή: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ

Να σημειωθεί εδώ ότι η εικόνα 13 και πίνακας 7 ήταν οι αρχικές εκτιμήσεις.

## Τεχνική Περιγραφή

Το προτεινόμενο Έργο αποτελείται από τα εξής Υποέργα:

1. το αιολικό πάρκο στην περιοχή του λόφου Στραβοκουνδούρα, αποτελούμενο από τρεις Α/Γ Enercon E-44 των 900 kW η κάθε μία, με ύψος πρήμνης 55 m,
2. το αντλιοστάσιο Κάτω Προεσπέρας που αποτελείται από 12 αντλίες ονομαστικής ισχύος 250 kW έκαστη, εκ των οποίων οι τέσσερις είναι εφεδρικές,
3. Δύο δεξαμενές και έναν ταμιευτήρα: τον ταμιευτήρα Πεζίου, συνολικού όγκου 910.000 m<sup>3</sup> περίπου, η περίσσεια υδάτων του οποίου θα αξιοποιείται, και τις δύο μικρότερου μεγέθους δεξαμενές στην Προεσπέρα και Κάτω Προεσπέρα αντίστοιχα, με εκμεταλλεύσιμο όγκο νερών περίπου 80.000m<sup>3</sup>, που θα εξυπηρετούν τις ανάγκες της αντλησιοταμίευσης για την απορρόφηση της αιολικής ενέργειας.
4. τον Μικρό Υδροηλεκτρικό Σταθμό (ΜΥΗΣ) Προεσπέρας με έναν υδροστρόβιλο, τύπου Pelton, ισχύος 1,05 MW που θα αξιοποιεί μόνο την περίσσεια νερών του ταμιευτήρα Πεζίου (αφού πρώτα ικανοποιηθούν οι υποχρεώσεις για ύδρευση, οικολογική παροχή και άρδευση)
5. τον ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας, με δύο υδροστρόβιλους, τύπου Pelton, ισχύος 2×1,55 MW, που θα αξιοποιεί τόσο την περίσσεια νερών του ταμιευτήρα όσο και τα νερά που προέρχονται από αντλησιοταμίευση (Παπαευθυμίου κ.α., 2009).
6. Κέντρο Ελέγχου και κατανομής φορτίου Αγίου Κηρύκου

Η λειτουργία των δύο ΜΥΗΣ διέπεται και από υποχρεώσεις που τίθενται στην περιβαλλοντική αδειοδότηση του έργου και έχουν σκοπό την εξασφάλιση της αρδευτικής επάρκειας του ταμιευτήρα. Συγκεκριμένα, δεν επιτρέπεται η λειτουργία του ΜΥΗΣ Προεσπέρας την θερινή περίοδο (Μαΐου-Οκτωβρίου), ενώ το υπόλοιπο διάστημα τίθενται απαιτήσεις ελάχιστης στάθμης νερού στον ταμιευτήρα Πεζίου

Για την διαχείριση των διαφόρων μονάδων παραγωγής, θα εγκατασταθούν σε κάθε ΥΗΣ, στο αντλιοστάσιο και στο αιολικό πάρκο, τοπικά συστήματα που θα επικοινωνούν με το κεντρικό σύστημα διαχείρισης, το οποίο θα εγκατασταθεί στο Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου στον Τοπικό Σταθμό Παραγωγής (ΤΣΠ) Ικαρίας. Το κεντρικό σύστημα ανάλογα με το φορτίο του ηλεκτρικού συστήματος θα ορίζει τις μονάδες που θα τίθενται σε λειτουργία σύμφωνα με την διαθεσιμότητά τους και την σειρά προτεραιότητάς τους, σε τρόπο που να ικανοποιείται η ζήτηση. Η όλη

λειτουργία των μονάδων θα είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και θα ελέγχεται από το σύστημα αυτοματισμού που θα διαθέτει SCADA με το απαραίτητο PLC. Η ανάδοχος εταιρεία θα αναλάβει την υλοποίηση των παρακάτω εργασιών:

#### Κατασκευή αγωγών προσαγωγής και κατάθλιψης

Θα γίνει προμήθεια, εγκατάσταση και δοκιμές χαλύβδινων αγωγών, ελικοειδούς ραφής, βαμμένοι εσωτερικά και εξωτερικά, επιχωμένοι σε όρυγμα. Οι αγωγοί προσαγωγής θα διοχετεύουν τον νερό προς τους ΥΗΣ ενώ οι αγωγοί κατάθλιψης θα αντλούν το νερό προς τα πάνω. Στην εκκίνηση των λιμνοδεξαμενών διέρχονται από σήραγγες μέχρι να ξανασυναντήσουν την επιφάνεια του εδάφους. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αγωγών αποτυπώνονται στον παρακάτω Πίνακα:

**Πίνακας 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά αγωγών του Έργου**

Είδος	Από	Έως	Μήκος	Διάμετρος	Κατασκευή
Αγωγοί προσαγωγής	Φράγμα Πέζι (νέος οικίσκος δικλίδων)	ΜΥΗΣ Προεσπέρας	1.842m	800mm	St37-2
			1.680m	600mm	
	Άνω δεξαμενή	ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας	780m	600mm	St37-2
			2.196m	600mm	St52-3
	Λοιπά τμήματα (εκκένωση, υπερχειλίση, διακλαδώσεις, αντλιοστάσιο)		24m	600mm	St52-3
			24m	400mm	
132m			300mm		
Αγωγοί κατάθλιψης	Άνω δεξαμενή	Αντλιοστάσιο (οικίσκος δικλίδας απομόνωσης)	1.300m	500mm	St37-2
			1.782m		St52-3

Πηγή: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ, ίδια επεξεργασία

στις παρακάτω εικόνες αποτυπώνονται χαρακτηριστικά οι εργασίες εκσκαφής ορυγμάτων για την τοποθέτηση αγωγών του έργου



**Εικόνα 14: εργασίες κατασκευής και τοποθέτησης αγωγών του έργου**



Οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των σημείων του Έργου πού θα καταλήγουν οι αγωγοί παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα:

**Πίνακας 9: Υψομετρικά στοιχεία του Έργου**

<b>Από το φράγμα μέχρι των Άνω ΜΥΗΣ</b>	
Μήκος αγωγού	3,5km
Υψομετρική διαφορά (721m - 554m)	167m
<b>Από την άνω δεξαμενή έως τον κάτω ΜΥΗΣ</b>	
Μήκος αγωγού	3,06km
Υψομετρική διαφορά (543m - 49m)	494m
<b>Από κάτω έως άνω δεξαμενή (άντληση)</b>	
Μήκος αγωγού	3,1km
Υψομετρική διαφορά (721m - 36m)	685m

Πηγή: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ, ίδια επεξεργασία

#### **Κατασκευή οικίσκου δικλίδων φράγματος**

Κατασκευή του οικίσκου δικλίδων σε επαφή με τον υπάρχοντα οικίσκο δικλίδων φράγματος Πεζίου, που περιλαμβάνει διακλάδωση προς τον αγωγό προσαγωγής ΥΗΣ Προσπέρας, δικλίδες καθώς και πυροσβεστικό κρουνό.

### Δεξαμενές

Θα κατασκευαστούν δύο δεξαμενές που θα περιλαμβάνουν υπερχειλιστή ασφάλειας, καθώς και σύστημα εκκένωσης με τις αντίστοιχες δικλίδες καταστροφής ενέργειας :

- δεξαμενή Άνω Προεσπέρας, χωρητικότητας  $80.000 \text{ m}^3$  σε υψόμετρο 555,10m με εκσκαφή και επένδυση του πυθμένα και των πρανών από σκυρόδεμα. Οι αρμοί θα είναι στεγανοί, η επένδυση θα στεγανοποιηθεί επιφανειακά και κάτω από αυτή θα



κατασκευαστούν στραγγιστήρια

**Εικόνα 15: Δεξαμενή Άνω Προεσπέρας**

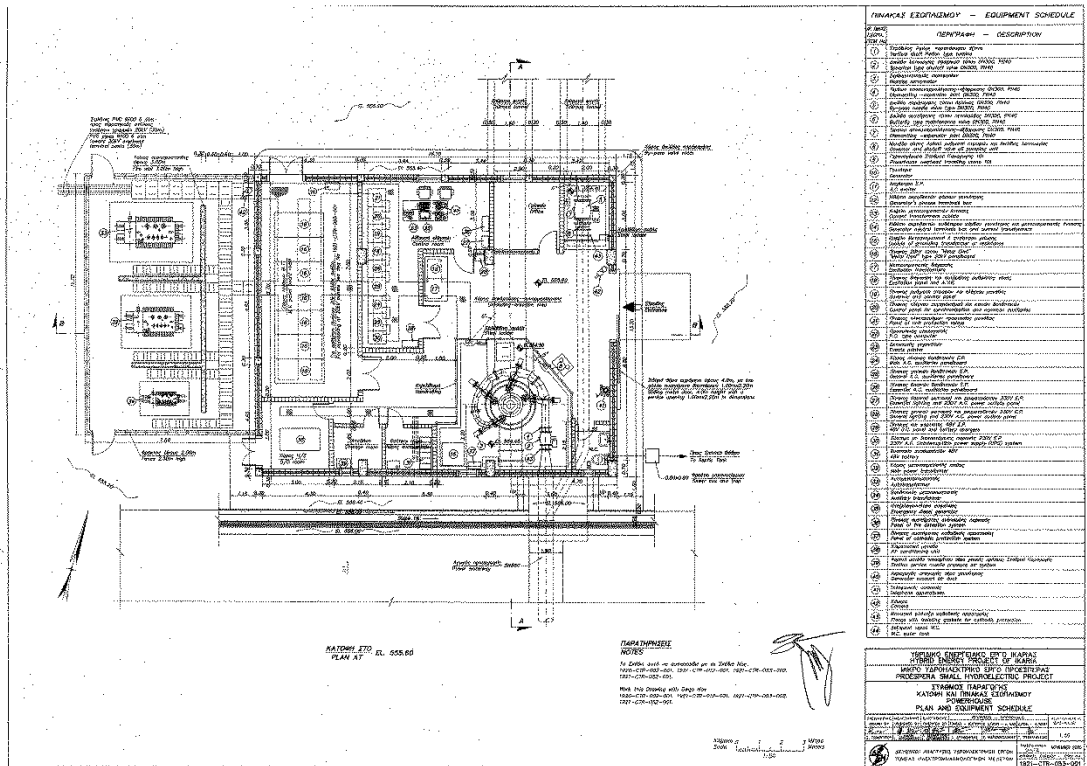
- δεξαμενή Κάτω Προεσπέρας, χωρητικότητας  $80.000 \text{ m}^3$  σε υψόμετρο 50,20m, με το ίδιο τρόπο κατασκευής της άλλης δεξαμενής



**Εικόνα 16: Δεξαμενή Κάτω Προεσπέρας**

## ΜΥΗΣ Προσπέρας

Η κατασκευή του Υδροηλεκτρικού Σταθμού Προεσπέρας θα περιλαμβάνει κτίριο, διαστάσεων 16,10X13,50m εντός του οποίου θα τοποθετηθούν:



Σχήμα 2: Κάτοψη ΜΥΗΣ Προεσπέρας

α) μία μονάδα αποτελούμενη από υδροστρόβιλο τύπου Pelton κατακόρυφου άξονα, τεσσάρων ακροφυσίων, ισχύος 1.000KW περίπου σε καθαρό ύψος πτώσης  $H_p=167,20m$  και γεννήτρια σύγχρονη τριφασική 1.300kVA, 6,3kV,  $n=600$  rpm, με το σχετικό σύστημα διεγέρσεως και το συναφή εξοπλισμό

β) ένα ρυθμιστή στροφών

γ) μια δικλίδα τύπου μπίλιας, μια τύπου πεταλούδας και μια τύπου βελόνας, όλες διαμέτρου DN=300mm και μέγιστης πίεσης σχεδιασμού PN=40 bar

δ) σύστημα εποπτείας, ελέγχου και απόκτησης πληροφοριών (SCADA),

ε) ένα μετασχηματιστή ισχύος 1.300kVA και ένα βοηθητικό 75kVA, 0,4/20kV, Πίνακες Μ.Τ, Ε.Ρ, Σ.Ρ και Η/Ζ

στ) μια εσωτερική γερανογέφυρα 10tn

ζ) σύστημα φωτισμού και ρευματοδοτών

η) λοιπό βοηθητικό Η/Μ εξοπλισμό



α) πτερύγια δρομέα στροβίλου τύπου Pelton

β) στρόβιλος Pelton κατακόρυφου άξονα

**Εικόνα 17: διάφοροι τύποι στροβίλων Pelton**

Η αρχή λειτουργίας του σταθμού είναι η εξής: η κινητική ενέργεια του νερού μεταδίδεται στο στρόβιλο μέσω παλμικής κρούσης. Το νερό επιδρά σε ένα πτερύγιο για κάποιο χρονικό διάστημα αλλά ο πίδακας διακόπτεται από το επόμενο πτερύγιο, καθώς αυτά περιστρέφονται. Ο σχεδιασμός των πτερυγίων, σε συνδυασμό με τη ρύθμιση της ταχύτητας της δέσμης επιτρέπει ομαλή μεταφορά ενέργειας με τη βέλτιστη απόδοση. Η περιστροφή του στροβίλου γίνεται με σταθερή ταχύτητα, και η ρύθμιση της ισχύος εισόδου της μονάδας (μηχανική ροπή) ελέγχεται με την παροχή νερού. Τα στόμια των ακροφυσίων διαθέτουν δικλίδες ελέγχου της παροχής (βελονοειδείς βαλβίδες) και πτέρυγες εκτροπής του πίδακα.

Το νερό κατέρχεται από το φυσικό ταμιευτήρα στο Πέζι με πίεση λόγω υψομετρικής διαφοράς. Ο αγωγός στενεύει αυξάνοντας την ταχύτητα του νερού. Το νερό διοχετεύεται στο στρόβιλο κατακόρυφου άξονα μέσω των ελεγχόμενων ακροφυσίων διατεταγμένων περιμετρικά στου στροβίλου. Δημιουργούνται ελεύθεροι πίδακες στον αέρα, μέσα στο κάλυμμα του στροβίλου που κινούν το δρομέα μέσω αντίδρασης. Στη συνέχεια το νερό φεύγει από το κάτω μέρος του στροβίλου και καταλήγει στην άνω δεξαμενή, αμέσως μετά το σταθμό. Για την εκτόνωση του νερού σε περίπτωση ταχείας απελευθέρωσης, υπάρχουν κανάλια παράκαμψης του στροβίλου.

Για τον έλεγχο της ροής του νερού στον ΜΥΗΣ υπάρχουν τρεις δικλίδες: (α) μια τύπου μπίλιας, (β) μια τύπου πεταλούδας, (γ) μια τύπου βελόνας. Οι δικλίδες αυτές έχουν διάμετρο σωλήνα 300mm και είναι σχεδιασμένες να αντέχουν μέγιστη πίεση 40bar.

Η λιμνοδεξαμενή μετά το σταθμό έχει βάθος περίπου 10m, επιφάνεια περίπου 9.000m<sup>3</sup> και κατασκευάζεται με εκσκαφή και εσωτερική επένδυση με σκυρόδεμα. Διαθέτει επαφή με τον αγωγό προσαγωγής από το φράγμα τον αγωγό κατάθλιψης από

την κάτω δεξαμενή , τον αγωγό υπερχειλίσης και μικρότερους αγωγούς που εξυπηρετούν δευτερεύοντες σκοπούς όπως πυρόσβεση και άρδευση. Κάτω από την στεγανοποίηση προβλέπεται στραγγιστικό σύστημα.

Ο στρόβιλος είναι συνδεδεμένος απευθείας με το δρομέα σύγχρονης γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά της περιγράφονται στον παρακάτω Πίνακα:

**Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά ηλεκτρογεννήτριας ΜΥΗΣ Προεσπέρας**

Κατασκευαστής	HITZINGER (Αυστρία)	Αντίσταση Δρομέα	3,017 Ω
Τύπος	SGA 1D 08T	Ονομ. ισχύς	1.300 kVA
Άξονας	Κάθετος	Συντ. ισχύος cosφ	0,8
Διάταξη	V1	Απόδοση	0,96
Είδος γεννήτριας	Σύγχρονη τριφασική AC	Ον. ενεργός ισχύς P	1.040 Kw
Σύνδεση	Αστέρας	Ον. Τάση εξόδου	6,3 kV
Διάρκεια ζωής	150.000 hrs	Ον. Ρεύμα εξόδου	119,14A
Στάθμη θορύβου	< 90dB(στάθμιση A)	Συχνότητα	50 Hz
Βάρος εναλλάκτη	12,1 tn	Ον. Ταχ. Περιστροφής	N= 750 rpm
Βάρος στρόβιλου	360 kg	Πόλοι	8
Ροπή αδράνειας	475 kgm <sup>2</sup> (+20 kgm <sup>2</sup> Στρόβιλου)	Ρεύμα διεγ. Χωρίς φορτίο	11,6 A
ροή αέρα ψύξης	1,9 m <sup>3</sup> /sec	Ρεύμα βραχ. Δρομέα	24,7 A

Πηγή: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ, ίδια επεξεργασία

Μετά τη γεννήτρια η τάση θα ανυψώνεται στα 20 kV με ένα μετασχηματιστή ισχύος 1.300 kVA ροπή αδράνειας. Ο σταθμός θα περιλαμβάνει τα βοηθητικά συστήματα της γεννήτριας, ένα ρυθμιστή στροφών, που ελέγχει μέσω δικλίδων και των ακροφυσίων την είσοδο του νερού, το σύστημα SCADA της μονάδας και θα τροφοδοτείται από ένα βοηθητικό μετασχηματιστή υποβιβασμού της τάσης 20 kV /0,4 kV (διανομής), ισχύος 75 kVA.

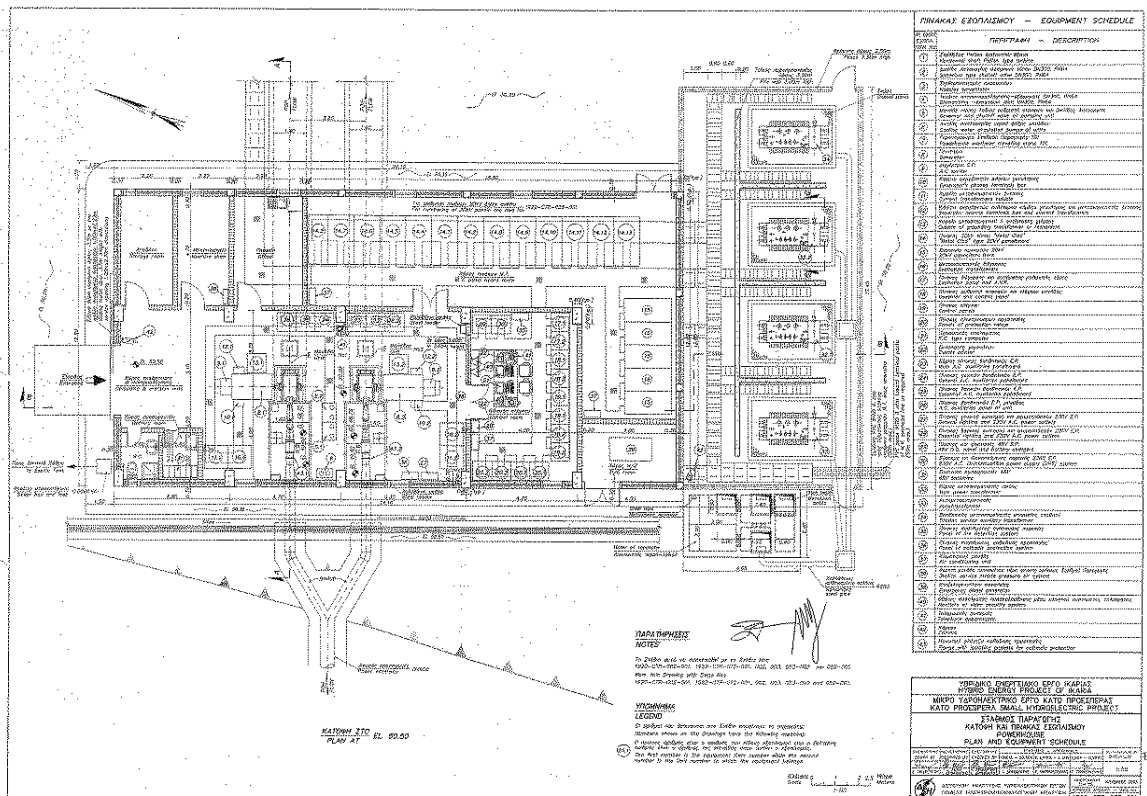


## ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας

Η κατασκευή του Υδροηλεκτρικού Σταθμού Κάτω Προεσπέρας περιλαμβάνει κτίριο, διαστάσεων 24,10X12,80m όπου θα τοποθετηθούν:



Εικόνα 18: ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας



Σχήμα 3: Κάτοψη ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας

- δύο μονάδες αποτελούμενες από υδροστρόβιλους τύπου Pelton οριζόντιου άξονα, ισχύος 1.550KW περίπου σε καθαρό ύψος πτώσης  $H_n=503,40m$  και



γεννήτριες σύγχρονες τριφασικές 1.900kVA, 6,3kV, n=1.500 rpm, με το σχετικό σύστημα διεγέρσεως και το συναφή εξοπλισμό

- δύο ρυθμιστές στροφών
- δυο δικλίδες τύπου μπίλιας, διαμέτρου DN=300mm και μέγιστης πίεσης σχεδιασμού PN=63 bar
- σύστημα εποπτείας, ελέγχου και απόκτησης πληροφοριών (SCADA),
- δύο μετασχηματιστές ισχύος 1.900kVA και ένα βοηθητικό 160kVA, 0,4/20kV, Πίνακες Μ.Τ, Ε.Ρ, Σ.Ρ και Η/Ζ
- μια εσωτερική γερανογέφυρα 10tn
- σύστημα φωτισμού και ρευματοδοτών
- λοιπό βοηθητικό Η/Μ εξοπλισμό

το νερό κατεβαίνει από την άνω δεξαμενή, διακλαδίζεται, κινεί τους δύο στροβίλους και καταλήγει στην κάτω δεξαμενή (όμοια με την άνω), αμέσως μετά τον σταθμό. Για τον έλεγχο του νερού υπάρχουν 2 δικλίδες τύπου μπίλιας, διαμέτρου σωλήνα 300mm και μέγιστη πίεση 63bar. Οι δυο ανεξάρτητες φτερωτές κινούν τους δρομείς δύο γεννητριών, που διαθέτουν στον άξονα τους σφόνδυλο (περιστρεφόμενο βάρος) για αυξημένη αδράνεια.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρογεννητριών περιγράφονται στον παρακάτω Πίνακα:

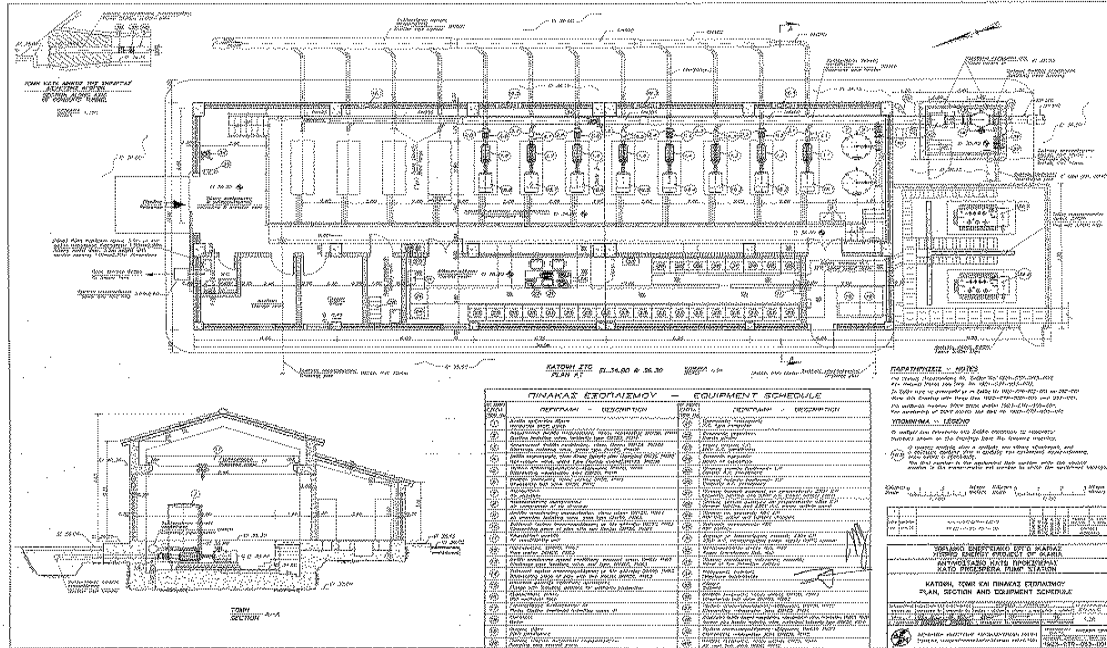
**Πίνακας 11: χαρακτηριστικά των 2 ηλεκτρογεννητριών για τον ΜΥΗΔΣ Κάτω Προεσπέρας**

Κατασκευαστής	HITZINGER (Αυστρία)	Αντίσταση Δρομέα	1,027 Ω
Τύπος	SGT 1D 04T	Όνομ. ισχύς	1.900 kvA
Άξονας	Οριζόντιος	Συντ. ισχύος cosφ	0,8
Διάταξη	B3, με σφόνδυλο	Απόδοση	0,958
Είδος γεννήτριας	Σύγχρονη τριφασική AC	Όν. ενεργός ισχύς P	1.520 Kw
Σύνδεση	Αστέρας	Όν. Τάση εξόδου	6,3 kV
Διάρκεια ζωής	150.000 hrs	Όν. Ρεύμα εξόδου	174,12A
Στάθμη θορύβου	< 90dB(στάθμιση A)	Συχνότητα	50 Hz
Βάρος εναλλάκτη	8,75 tn	Όν. Ταχ. περιστροφής	N= 1.500 rpm
Βάρος στροβίλου – σφονδύλου	250 kg - 600 kg	Πόλοι	4
Ροπή αδράνειας	183 kgm <sup>2</sup> (+12 kgm <sup>2</sup> Στροβίλου)	Ρεύμα διεγ. Χωρίς φορτίο	29,5 A
ροή αέρα ψύξης	3 m <sup>3</sup> /sec	Ρεύμα βραχ. Δρομέα	48,6 A

Πηγή: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ, ίδια επεξεργασία

### Αντλιοστάσιο Κάτω Προεσπέρας

Μετά την κάτω δεξαμενή υπάρχει ο αντλητικός σταθμός που επιστρέφει το νερό πίσω στην άνω, μέσω του αγωγού κατάθλιψης. Ο αγωγός αυτός είναι αποκλειστικά για την άντληση. Η κατασκευή του Αντλιοστασίου Κάτω Προεσπέρας περιλαμβάνει κτίριο, διαστάσεων 30,50X12,00m όπου θα τοποθετηθούν:



Σχήμα 4: Τεχνικά Σχέδια (κάτοψη, τομή) Αντλιοστασίου Κάτω Προεσπέρας

- οκτώ αντλητικά συγκροτήματα αποτελούμενα από πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες οριζόντιου άξονα, παροχής 85m<sup>3</sup>/h στο μέγιστο καθαρό ύψος πτώσης H<sub>n</sub>=521,00m και κινητήρα ασύγχρονο τριφασικό ισχύος 200kW, 400V, n=3.000 rpm. Οι αντλίες είναι μεταβλητών στροφών και εντάσσονται ανάλογα με την επιθυμητή ισχύ άντλησης.
- μια δικλίδα τύπου μπίλιας, διαμέτρου DN=400mm και μέγιστης πίεσης σχεδιασμού PN=63 bar
- δυο δικλίδες τύπου πεταλούδας, διαμέτρου DN=600mm και μέγιστης πίεσης σχεδιασμού PN=10 bar
- ένα παροχόμετρο διαμέτρου DN=400mm και μέγιστης πίεσης σχεδιασμού PN=63 bar
- σύστημα εποπτείας, ελέγχου και απόκτησης πληροφοριών (SCADA),
- δύο μετασχηματιστές υποβιβασμού της τάσης (20 kV/0,4 kV), ισχύος 2\*2MW
- μια εσωτερική γερανογέφυρα 5tn
- σύστημα φωτισμού και ρευματοδοτών
- λοιπό βοηθητικό H/M εξοπλισμό

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αντλητικών μονάδων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά αντλιοστασίου ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας**

Χαρακτηριστικά μονάδας		Σύνολο (8 μονάδες)
Αντλία	Πολυβάθμια, φυγοκεντρική, οριζόντιου άξονα	-
Παροχή	85 m <sup>3</sup> /h στο μέγιστο ύψος: Hn = 521m	680 m <sup>3</sup> /h
Κινητήρας	Ασύγχρονος, τριφασικός. Τάσης 400 Volt	-
Ονομ. ισχύς κινητήρα	250 Kw	2000 kW
Ονομ. ταχύτητα περιστροφής	n = 3.000 rpm	-

Πηγή: Πηγή: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ, ίδια επεξεργασία

Οι αντλίες είναι μεταβλητών στροφών και εντάσσονται ανάλογα με την επιθυμητή ισχύ άντλησης.

#### Αιολικό Πάρκο Στραβοκουντούρας

Δυτικά του ταμιευτήρα Πέζι, στη ράχη του υψώματος Στραβοκουντούρα σε υψόμετρο περίπου 800m κατασκευάζεται το Αιολικό Πάρκο (Εικόνα 19) με συνολική εγκατεστημένη ισχύος 2,4-2,7 MW και θα περιλαμβάνει:



**Εικόνα 19: Δορυφορική εικόνα (Google Earth), του αιολικού πάρκου Στραβοκουντούρας**



**Εικόνα 20: Φωτογραφίες αιολικού πάρκου Στραβοκουντούρας**

- υπέργειο κτίριο, διαστάσεων 14,00X8,80m κατασκευασμένου από σκυρόδεμα, τοιχοποιία και κεραμοσκεπή όπου θα εγκατασταθεί σύστημα εποπτείας, ελέγχου και απόκτησης πληροφοριών (SCADA), μια εφεδρική γεννήτρια ισχύος 30kVA και εξοπλισμός υποσταθμού τάσης.
- τρεις ίδιες ανεμογεννήτριες ισχύος 900kW η καθεμία, οριζόντιου άξονα, μεταβλητού βήματος πτερυγίων (variable blade pitch) και μεταβλητής ταχύτητας περιστροφής (variable speed) με εύρος ρύθμισης τουλάχιστο 40% της μέγιστης επιλέξιμης ταχύτητας περιστροφής συνεχούς λειτουργίας. Προτάθηκε η εγκατάσταση ανεμογεννητριών της Enercon, και τα επικρατέστερα μοντέλα με τα αντίστοιχα τεχνικά χαρακτηριστικά αποτυπώνονται στην Εικόνα 21. Οι ανεμογεννήτριες αυτές θα συνδέονται με τρεις μετασχηματιστές ισχύος που θα έχουν κλίμακα από 700kVA έως 1000kVA ο καθένας. Οι μετασχηματιστές θα έχουν δυνατότητα εισόδου 400-690 Volt και έξοδο 20KV για να συνδεθούν με τις γραμμές μέσης τάσης που θα χρησιμοποιηθούν για τις ανάγκες του έργου.



E-44		E-48		E-53	
Rated power	900 kW	Rated power	800 kW	Rated power	800 kW
Rotor diameter	44 m	Rotor diameter	48 m	Rotor diameter	52.9 m
Swept area	1,521 m <sup>2</sup>	Swept area	1,810 m <sup>2</sup>	Swept area	2,198 m <sup>2</sup>
Hub height	45 / 55 / 65 m	Hub height	50 / 60 / 75 / 76 m	Hub height	60 / 73 / 75 m
Variable speed	12 – 34 rpm	Variable speed	16 – 31 rpm	Variable speed	12 – 28.3 rpm
Cut-out wind speed	28–34 m/s	Cut-out wind speed	28–34 m/s	Cut-out wind speed	28 – 34 m/s
Wind zone (DIBt)		Wind zone (DIBt)	WZ III	Wind zone (DIBt)	WZ II exp
Wind class (IEC)	IEC/NVN IA	Wind class (IEC)	IEC/NVN IIA	Wind class (IEC)	IEC/NVN Class S (V <sub>ref</sub> = 7.5 m/s, V <sub>cut</sub> = 57 m/s)

Εικόνα 21: τεχνικά χαρακτηριστικά επικρατέστερων μοντέλων Α/Γ

#### Κέντρο έλεγχου και κατανομής φορτίου Αγίου Κηρύκου

Ο εξοπλισμός για το Κέντρο Ελέγχου & Κατανομής φορτίου του Αγίου Κηρύκου θα εγκατασταθεί στην υπάρχουσα αίθουσα έλεγχου του τοπικού Σταθμού Παραγωγής Αγίου Κηρύκου, η οποία θα ανακαινισθεί. Οι εργασίες ανακαίνισης και ο εξοπλισμός που θα απαιτηθεί είναι οι παρακάτω:

- Εργασίες ανακαίνισης αίθουσας ελέγχου και δημιουργίας χώρου γραφείων
- Μελέτη, Κατασκευή, Εγκατάσταση, δοκιμές και θέση σε λειτουργία του παρακάτω Η/Μ εξοπλισμού που αποτελείται από:
- Σύστημα εποπτείας, ελέγχου και απόκτησης πληροφοριών (SCADA)
- Σύστημα κλιματισμού αίθουσας ελέγχου
- Πίνακες Ε,Ρ και Σ,Ρ
- Σύστημα φωτισμού και ρευματοδοτών
- Λοιπό βοηθητικό Η/Μ εξοπλισμό

#### Καλώδια οπτικών ινών

Με το έργο θα εγκατασταθούν γραμμές μέσης τάσης 20 kV, ενώ το δίκτυο μέσης τάσης του νησιού λειτουργεί στα 15,5 kV, για αυτό προβλέπεται η χρήση αυτομετασχηματιστών προσαρμογής της τάσης, στα μεταξύ τους σημεία διασύνδεσης. Το διπλό εναέριο κύκλωμα 32 km, από ΤΣΠ Αγίου Κηρύκου μέχρι ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας, θα αποτελείται από δύο γραμμές μέσης τάσης πάνω στους

ίδιους πυλώνες. Στους παρακάτω Πίνακες παρατίθενται τα στοιχεία των γραμμών μέσης τάσης, καθώς και οι τηλεπικοινωνιακές γραμμές του Έργου:

**Πίνακας 13: Γραμμές μέσης τάσης του Έργου**

		Μήκος
ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας	Διπλή εναέρια γραμμή διασύνδεσης με τον ΤΣΠ Αγίου Κηρύκου	32 km
ΜΥΗΣ Άνω Προεσπέρας	Εναέρια γραμμή διασύνδεσης με τον κάτω ΜΥΗΣ	3,5 km
Αντλιοστάσιο	Υπόγεια γραμμή από τον ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας	0,1 km
Αιολικό πάρκο Στραβοκουντούρας	Εναέρια γραμμή διασύνδεσης με τον Άνω ΜΥΗΣ	7,5 km
Συνολικό μήκος		43,1 km

Πηγή: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ, ίδια επεξεργασία

**Πίνακας 14: Τηλεπικοινωνιακές γραμμές του έργου**

Περιγραφή	Μήκος
Γραμμή ένωσης του Έργου (ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας) με ΚΕΚΦ Αγίου Κηρύκου (εναέρια)	32 km
Οπτικές ίνες για τη λειτουργία του έργου, από φράγμα Πέζι μέχρι κάτω ΜΥΗΣ (υπόγειες)	7 km
Γραμμή για τον έλεγχο του Α/Π, από κάτω ΜΥΗΣ μέχρι Στραβοκουντούρα	11 km
Συνολικό μήκος	50 km

Πηγή: ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ, ίδια επεξεργασία

Για την αξιόπιστη και ασφαλή μεταφορά δεδομένων και εντολών από τα Τοπικά Κέντρα Ελέγχου των επιμέρους έργων προς το Κέντρο Ελέγχου και κατανομής Φορτίου, θα εγκατασταθούν τα παρακάτω καλώδια οπτικών ινών:

- εναέριο καλώδιο οπτικών ινών (OPGW: *Optical Ground Wire*), στην κορυφή των πυλώνων των γραμμών μέσης τάσης, μέσα σε ουδέτερο γειωμένο αγωγό, σε συνολικό μήκος 43 km.
- Υπόγειο καλώδιο οπτικών ινών εντός σωλήνα HDPE (πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας) και ακολουθούν παράλληλα τους αγωγούς νερού σε συνολικό μήκος 8,5 km.

#### **Κατασκευή οδών προσπέλασης:**

Για την ασφαλή και ομαλή πρόσβαση στο Έργο θα εκτελεστούν τα παρακάτω έργα οδοποιίας:

- Βελτίωση υπάρχουσας δημοτικής οδού ΥΗΣ Προεσπέρας – ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας, σε μήκος 5.000m



- Κατασκευή οδού προσπέλασης στον ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας και Αντλιοστασίου σε μήκος 1.000m
- Βελτίωση υπάρχουσας αγροτικής οδού προς το αιολικό πάρκο Στραβοκουντούρας σε μήκος 2.000m



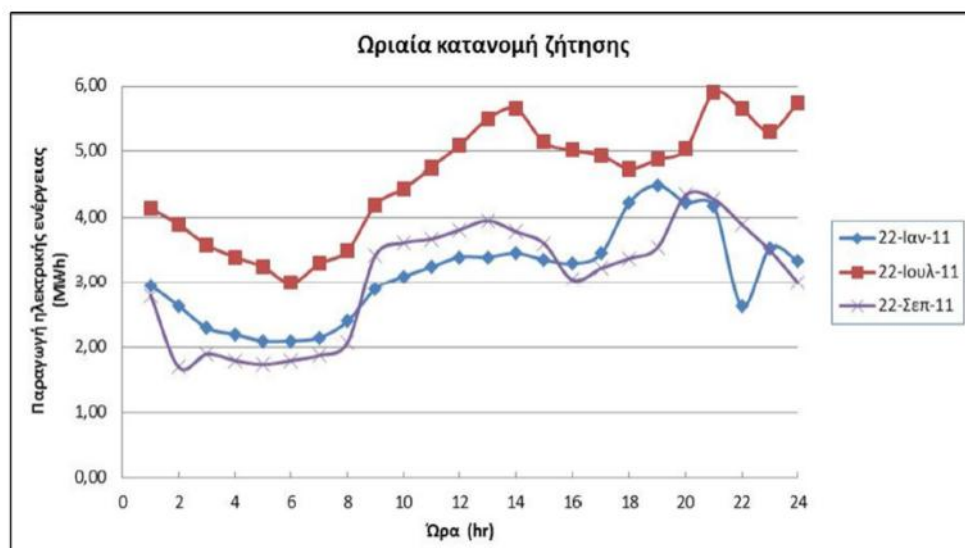
**Εικόνα 22: Εργασίες οδοποιίας προς το αιολικό πάρκο**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΒΣ

### Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

Για τον υπολογισμό της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα παραγωγής συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας σε ημερήσια βάση για την περίοδο 2000-2011. (ΤΣΠ Αγίου Κηρύκου). Η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για την περίοδο αυτή προέκυψε σαν άθροισμα της παραγόμενης ενέργειας από τον τοπικό σταθμό νηζελογεννητριών, το εγκατεστημένο αιολικό πάρκο της ΔΕΗ για την περίοδο 2000-8/2006 και την ανεμογεννήτρια ιδιώτη (ΛΑΚΙΟΣ ΑΕ) για την περίοδο 2004-2011.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν, απεικονίζουν την κατανομή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας μέσα στο χρόνο:



Σχήμα 5: Ωριαία κατανομή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημ/νίες: 22/01, 22/07, 22/09 του 2011

Πηγή: ΑΔΜΗΕ - ΤΣΠ Αγίου Κηρύκου

Στο Σχήμα 5 απεικονίζεται η ωριαία κατανομή της ζήτησης για τις ημερομηνίες 22 Ιανουαρίου, 22 Ιουλίου και 22 Σεπτεμβρίου του έτους 2011. Οι δύο πρώτες ημερομηνίες επιλέχθηκαν ώστε να είναι ένα μήνα μετά από το χειμερινό και το θερινό ηλιοστάσιο αντίστοιχα, ενώ η τρίτη είναι η φθινοπωρινή ισημερία. Οι περίοδοι των ηλιοστασίων και των ισημεριών είναι σημαντικές καθώς κατά την διάρκεια αυτών καθορίζεται η κλίση της γης προς την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Στο παραπάνω σχήμα παρατηρείται μια απότομη πτώση στις 22 Ιανουαρίου και ώρα 22:00. Αυτό φυσικά δεν οφείλεται στην ξαφνική πτώση της

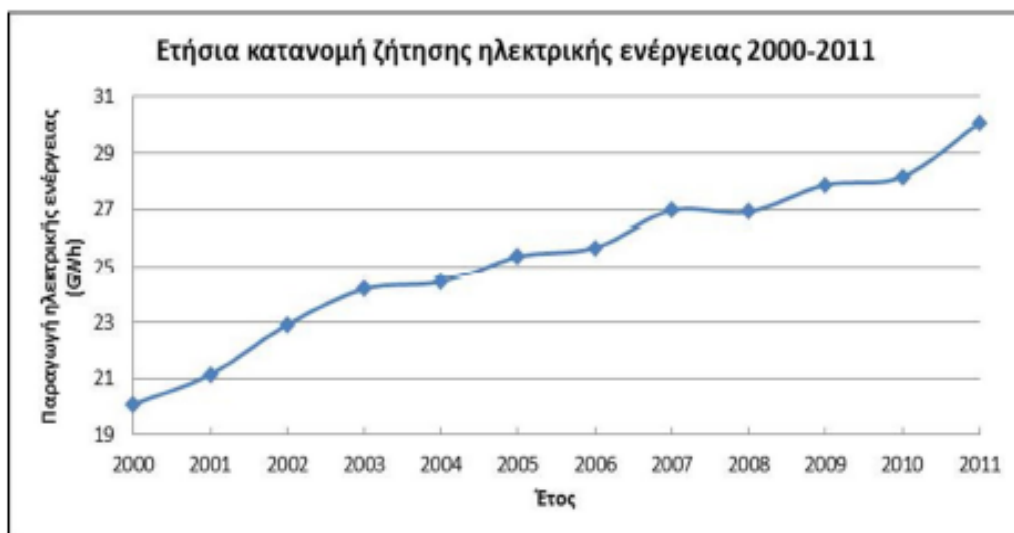
ζήτησης, αλλά σε διακοπή ρεύματος λόγω βλάβης σε κάποιες γραμμές του δικτύου. Το φαινόμενο αυτό ήταν πιο συχνό μερικά χρόνια πριν, το πρόβλημα όμως παραμένει ακόμα και σήμερα. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί η αναμενόμενη συμβολή του υπό κατασκευή υβριδικού έργου στην εξάλειψη τέτοιων προβλημάτων. Τέλος, από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι ώρες αιχμής εμφανίζονται κυρίως τις μεσημεριανές (12:00-14:00) και τις βραδινές (19:00-22:00) ώρες.



Σχήμα 6: Ημερήσια κατανομή ζήτησης για τους μήνες Ιανουάριο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο του 2011

Πηγή: ΑΔΜΗΕ - ΤΣΠ Αγίου Κηρύκου

Στο Σχήμα 6 απεικονίζεται η ημερήσια κατανομή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για τους μήνες Ιανουάριο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο. Παρατηρούμε την καθοδική πορεία της ζήτησης τον Σεπτέμβριο καθώς τελειώνει η τουριστική περίοδο και την ανοδική της πορεία, από την άλλη, τον Ιούλιο. Ιδιαίτερα στο τέλος Ιουλίου και στις αρχές Αυγούστου η ζήτηση εμφανίζει την αιχμή της, καθώς τότε μεγιστοποιείται και η άφιξη τουριστών.



Σχήμα 7:Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για το χρονικό διάστημα 2000 - 2011

Πηγή: ΑΔΜΗΕ - ΤΣΠ Αγίου Κηρύκου

Από το Σχήμα 7 παρατηρείται η ετήσια αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας με την πάροδο του χρόνου, η οποία οφείλεται κυρίως στην αύξηση της ζήτησης τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα του Αυγούστου, πράγμα που πιθανώς δηλώνει και την αύξηση του τουρισμού στο νησί. Κατά την χειμερινή περίοδο η ζήτηση παραμένει σχετικά στα ίδια επίπεδα.

Στο νησί υπήρχε εγκαταστημένο από το 2000 μέχρι τον Αύγουστο του 2006, μικρό αιολικό πάρκο της ΔΕΗ ισχύος 385 KW (7 ανεμογεννήτριες ισχύος 55 KW η κάθε μια), ενώ από τον Απρίλιο του 2004 μέχρι και σήμερα υπάρχει ανεμογεννήτρια ισχύος 600 KW, που ανήκει στην ιδιωτική εταιρεία ΛΑΚΙΟΣ ΑΕ. Συνολικά οι δύο παραπάνω εφαρμογές ΑΠΕ συμμετείχαν κατά 12% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την περίοδο 04/04 – 08/06

### Τρόποι παραγωγής

Για τη λειτουργία του Έργου σε 1η φάση χρησιμοποιείται το νερό που θα κατέληγε στη θάλασσα. Ειδικότερα εκμεταλλεύεται την ποσότητα των υδάτων που υπερχειλίζουν ( $7.000.000\text{m}^3$ ) από το φράγμα στο Πέζι προς το φαράγγι της Χάλαρης. Ένα μέρος τους μέσω υπόγειων αγωγών οδηγείται στις δύο τεχνητές δεξαμενές.

Κατά τη χειμερινή περίοδο το έργο θα λειτουργεί σαν απλό υδροηλεκτρικό, με τους δύο ΜΥΗΣ και στη συνέχεια το νερό θα καταλήγει στην θάλασσα ενώ ταυτόχρονα θα συνεισφέρει και το Αιολικό Πάρκο.

Το διάστημα 15 Απριλίου έως 15 Οκτωβρίου θα σταματάει η τροφοδοσία με νερό από το Πέζι, ώστε να μη μειωθεί η στάθμη του, και η υπερχειλίση του φράγματος θα διοχετεύεται αποκλειστικά στο φυσικό φαράγγι. Ο άνω ΜΥΗΣ θα παύει τη λειτουργία του και οι δυο λμνοδεξαμενές θα κρατούν απόθεμα νερού. Έτσι το σύστημα μετατρέπεται σε υδραντλητικό κλειστού τύπου, με δυο δεξαμενές.

Κατά τη θερινή λειτουργία μέρος του νερού της άνω δεξαμενής θα αδειάζει προς την κάτω, θέτοντας σε λειτουργία τον κάτω ΜΥΗΣ. Τις βραδινές ώρες που η ζήτηση είναι μικρή, ποσότητα νερού θα επιστρέφει στην άνω δεξαμενή, αντλούμενο με αιολική ενέργεια που θα έμενε ανεκμετάλλευτη, η με την περίσσεια του δικτύου γενικότερα.

### **Τρόποι Λειτουργίας**

Η συνολική απόδοση του Έργου και από τους δύο κύκλους άντλησης και παραγωγής φτάνει στο 70%, γιατί στις απώλειες παραγωγής προστίθενται οι μηχανικές και ηλεκτρικές απώλειες των κινητήρων άντλησης και απώλειες μεταφοράς του νερού στην άνω δεξαμενή. Η εκκίνηση και ρύθμιση, καθώς και η παύση της λειτουργίας γίνεται μέσα σε 2 λεπτά ενώ σε 2-4 λεπτά μπορεί να αντιστραφεί η ροή του νερού. Μπορεί αν εμφανιστεί καθυστέρηση στις αλλαγές ισχύος λόγω καταπόνησης των σωληνώσεων από τις απότομες αυξομειώσεις της πίεσης του νερού (υδραυλικά πλήγματα).

Η λειτουργία του έργου εκτός από την αξιοποίηση των φυσικών πηγών ενέργειας, θα προσφέρει επιπλέον τις παρακάτω δυνατότητες στο σύστημα του νησιού:

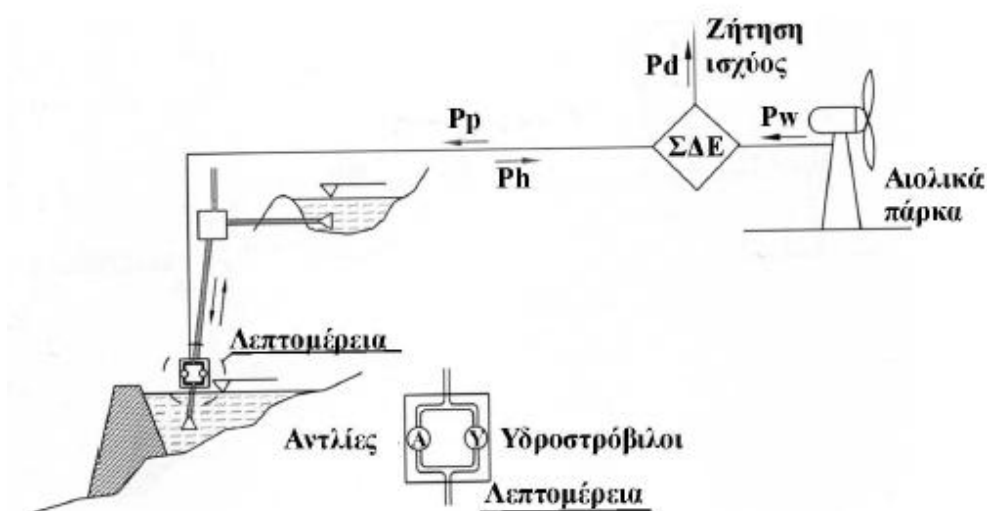
- Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας , με τη μορφή δυναμικής ενέργειας του νερού λόγω ύψους (ανλησιοσταμίευση), Επειδή η ενέργεια αυτή θα προέρχεται από τον αέρα, αυξάνεται η απορρόφηση του αιολικού δυναμικού, Μπορεί όμως να προκύπτει και από άλλες πηγές, είτε ΑΠΕ είτε από πλεόνασμα θερμικής ισχύος. Η τεχνολογία αποθήκευσης αντιμετωπίζει το κυριότερο πρόβλημα των ΑΠΕ, που είναι από τη φύση τους μεταβλητές, μη ελεγχόμενες και συχνά μη διαθέσιμες όταν πραγματικά χρειάζονται.
- Η χρήση της αποθηκευμένης ενέργειας γίνεται είτε στο φορτίο αιχμής, είτε ως εφεδρεία σε περίπτωση ανάγκης αντικαθιστώντας τη χρήση επιπλέον καυσίμου. Η

διαχείριση του πλεονάσματος ενέργειας είναι πλέον αποκομμένη από τη στιγμή της παραγωγής της. Μπορεί να χρησιμοποιείται επικουρικά, για ρύθμιση της παρεχόμενης ισχύος στο δίκτυο, αντισταθμίζοντας τις μεταβολές των ΑΠΕ κατά τη διάρκεια της ημέρας (ρύθμιση συχνότητας)

- Εφόσον υπάρχει μελλοντικά διασύνδεση του συστήματος του νησιού σε μεγαλύτερο δίκτυο, η χρήση της αποθηκευμένης ενέργειας μπορεί να συνεισφέρει φθηνά στο φορτίο αιχμής του ευρύτερου συστήματος που συνήθως καλύπτεται με αντιοικονομικές μονάδες. Αργότερα αυτή η ενέργεια αναπληρώνεται από το υπόλοιπο δίκτυο, όχι μόνο με ΑΠΕ, αλλά ακόμα και με φθηνότερες θερμικές μονάδες βάσης. Τέτοιες είναι οι μεγάλες ατμοηλεκτρικές με λιγνίτη, που λειτουργούν αδιάκοπα κατά τις περιόδους χαμηλής ζήτησης,. Μπορεί ακόμα αν γίνεται αποθήκευση εισαγόμενης ενέργειας, που αγοράζεται φθηνά λόγω πλεονάσματος, ή ανταλλάσσεται κατόπιν συμφωνιών (συνεργασίες ισχύος)

### Μοντέλο λειτουργίας

Το υπό μελέτη σύστημα απεικονίζεται γραφικά στο σχήμα 5 που ακολουθεί όπου με  $P_d$  συμβολίζεται η ζήτηση ισχύος,  $P_w$  η παραγόμενη ισχύ από το αιολικό πάρκο,  $P_{wd}$  η ισχύ 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



Σχήμα 8: Μοντέλο λειτουργίας του ΥΒΣ

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 ισχύ διείσδυσης που θα προσφέρει το αιολικό πάρκο στη ζήτηση με μέγιστο ποσοστό διείσδυσης το 40%. Αν  $P_w < 0,4 * P_d$  τότε θα χρησιμοποιείται ολόκληρη η παραγωγή από το αιολικό πάρκο  $P_w = P_{wd}$  ενώ σε αντίθετη περίπτωση το ποσό διείσδυσης θα ισούται με το 40% της ζήτησης και θα δημιουργείται περίσσεια ισχύος ίση με  $P_w - P_{wd}$ . Για την κάλυψη της ζητούμενης 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 σε αντίθετη περίπτωση 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 40% 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 σε άλλες περιπτώσεις που δεν μελετούνται εδώ) και η ζητούμενη ισχύ καλύπτεται από τους υδροστρόβιλους αντικαθιστώντας τα θερμοηλεκτρικά.

### **Παραγωγική ικανότητα**

Κατά τη χειμερινή περίοδο ο ΤΣΠ Αγίου Κηρύκου θα τίθεται σε ψυχρή εφεδρεία επειδή το φορτίο κατανάλωσης θα υπερκαλύπτεται από την μέγιστη παραγόμενη ισχύ του ΥΒΣ. Παρόλα αυτά όμως κάποιες θερμικές μονάδες θα παραμένουν προθερμασμένες και έτοιμες για χρήση σε περίπτωση ανάγκης ενώ ίσως και κάποια μονάδα να λειτουργεί βοηθητικά για τη ρύθμιση της ισχύος παραγωγής κατά τις μεταβολές της ζήτησης ή την πτώση των ανέμων.

Κατά την καλοκαιρινή περίοδο το έργο μπορεί να συνεισφέρει έως 5,5MW κατά τη διάρκεια της ημέρας, αφού θα λειτουργεί μόνο ο κάτω ΜΥΗΣ και το αιολικό πάρκο. Τη νύχτα η συνεισφορά θα είναι μηδενική, αφού τότε θα γίνεται άντληση υδάτων. Έτσι θα πρέπει να λειτουργεί και θερμικός σταθμός καλύπτοντας το νυχτερινό φορτίο βάσης, αλλά και κάποιο ποσοστό της ημερήσιας κατανάλωσης, όποτε η ζήτηση αυξάνεται πάνω από την ικανότητα του υβριδικού.

Αναλυτικότερα η ονομαστική ισχύς του ΥΒΣ ανά χρονική περίοδο και ανά επιμέρους τμήματα παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα:

**Πίνακας 15: Ονομαστική ισχύς ΥΒΣ σε διάφορες περιόδους**

Εποχή	Άνεμος	Αιολικό πάρκο	Άνω ΜΥΗΣ	Κάτω ΜΥΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ
Χειμερινή περίοδος (15/10 – 15/04)	-	-	1,05 MW	3,1 MW	4,15 MW
Χειμερινή περίοδος (15/10 – 15/04)	Ναι	2,7 MW	1,05 MW	3,1 MW	6,85 MW
Καλοκαίρι μέρα	-	-	-	3,1 MW	3,1 MW
Καλοκαίρι μέρα	Ναι	2,7 MW	-	3,1 MW	5,8 MW
Καλοκαίρι νύχτα	-	-	-	-2,4 MW	-2,4 MW (κατανάλωση από το δίκτυο για την άντληση υδάτων)
Καλοκαίρι νύχτα	Ναι	2,7 MW	-	-2,4 MW	0,3 MW

Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες (2008),

Το έργο θα λειτουργεί ως σταθμός βάσης το χειμώνα και ως αιχμής το καλοκαίρι, ενώ ο θερμικός σταθμός ως αιχμής το χειμώνα και ως βάσης το καλοκαίρι. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της ΔΕΗ/ΔΑΥΕ αλλά και τα διάφορα στοιχεία η μέγιστη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα φτάνει τις 8,26 GWh από τις ΜΥΗΣ και τις 6,23 GWh από το Αιολικό πάρκο. Συνολικά η μέση ετήσια παραγωγή θα ανέρχεται σε 10,96 GWh και θα επαρκεί για την πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κατά τους χειμερινούς μήνες και την μερική κάλυψη κατά 45% κατά τους θερινούς

**Πίνακας 16: Προβλεπόμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας του ΥΒΣ Ικαρίας**

Πηγή Ενέργειας	MWh	Απόδοση	Παραγόμενη ενέργεια εγκατεστημένου ισχύος (MWh/ MW)	Ισχύς παραγωγής (MW)
Υδροηλεκτρική από φυσική ροή νερού	6.000	-	-	4,15
Υδροηλεκτρική από νερό που αντλήθηκε	2.858	69%		
Συνολική αιολική παραγωγή	6.250	30%	2.604	2,4
Αιολική για άντληση	4.150		1.729	
Αιολική για δίκτυο	2.100		-	
Συνολική παραγωγή	15.110		-	
Καθαρή προσφορά στο δίκτυο	10.960			

Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες (2008),

### Υπολογισμός φορτίου

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας <sup>(13)</sup> που εκπόνησε η ΔΕΥΑΝ σε συνεργασία με το ΕΜΠ, προτείνεται εξής ο 24ωρος προγραμματισμός λειτουργίας του ΑΣΠ:

- Ο διαχειριστής του ΣΠ (στον ΤΣΠ Αγίου Κηρύκου) απαιτεί από το διαχειριστή του υβριδικού έργου ένα ποσό εγγυημένης ενέργειας και ισχύος για την επόμενη μέρα
- Ο διαχειριστής του έργου απαντά με προσφορά ενέργειας ίση η μεγαλύτερη από την αίτηση, ανάλογα με το διαθέσιμο όγκο νερού της άνω δεξαμενής, την περίσσεια νερού του φράγματος στο Πέζι, και του προβλεπόμενου αιολικού δυναμικού (βραχυπρόθεσμος προγραμματισμός)
- Στην περίπτωση που η δυνατή προσφορά είναι μικρότερη από την αίτηση, τότε ο διαχειριστής του Έργου απαντά και με δήλωση φορτίου που θα απορροφήσει το έργο, ώστε να αντληθεί νερό, με το οποίο θα αυξηθεί η παραγωγή, για την κάλυψη της αιτηθείσας εγγυημένης ενέργειας και ισχύος. Σε αυτή την περίπτωση η προσφορά ενέργειας του έργου δεν θα ξεπερνά την αρχική αίτηση
- Στη συνέχεια ο διαχειριστής του ΑΣΠ Ικαρίας καταρτίζει ημερήσια δελτία παραγωγής και άντλησης του Έργου, που ανταποκρίνονται στις ανάγκες του ΤΣΠ κάθε ώρα, αλλά και στις καμπύλες της ζήτησης φορτίου από την κατανάλωση. Προσαρμόζεται έτσι η συνεισφορά του Έργου στην υψηλή ζήτηση ενώ η άντληση στη χαμηλή

- Τέλος ο διαχειριστής του ΤΣΠ προγραμματίζει την ωριαία ένταξη των δικών του θερμικών μονάδων και έπειτα τα επιθυμητά όρια παραγωγής των υπόλοιπων αιολικών μονάδων του νησιού<sup>(13)</sup>

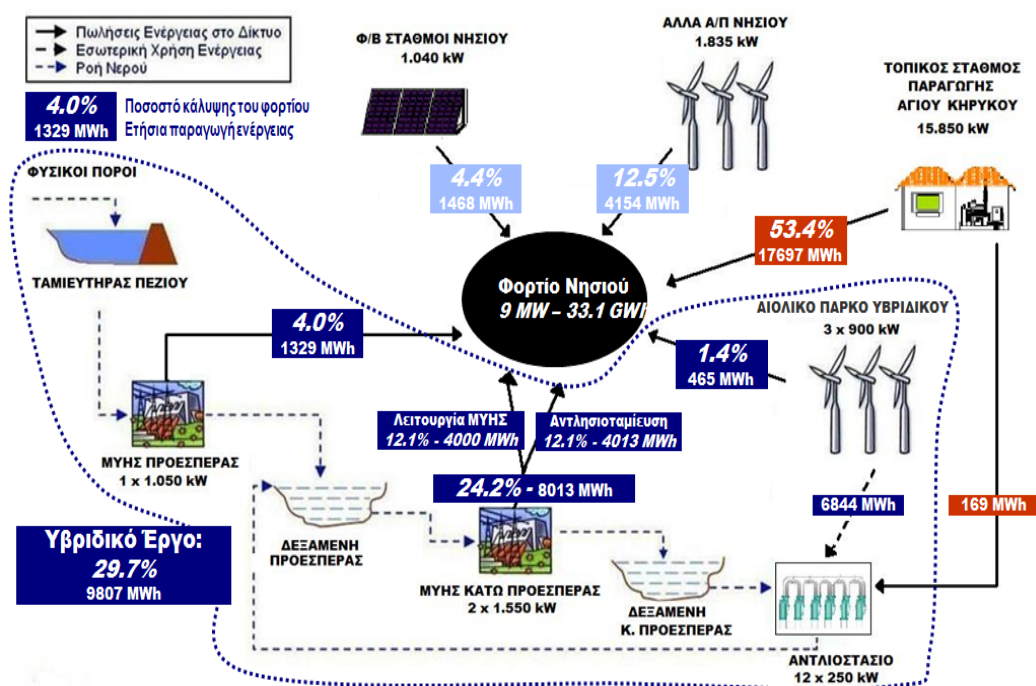
Σύμφωνα με την ίδια δημοσίευση, ο διαχειριστής του Έργου κατανέμει το φορτίο του Έργου στους επιμέρους σταθμούς του, δηλαδή άνω ΜΥΗΣ, κάτω ΜΥΗΣ και Α/Π, με γνώμονα το λειτουργικό κόστος παραγωγής της κάθε κιλοβατώρας. Αυτό το κόστος εξαρτάται από την τιμολογιακή πολιτική των ΑΠΕ. Διαχωρίζονται οι δύο εποχιακές περίοδοι λειτουργίας:

**(α) Θερινή περίοδος.** Ο άνω ΜΥΗΣ δεν λειτουργεί και το φορτίο αναλαμβάνει ο ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας. Οι υδροστρόβιλοι γενικά λειτουργούν με μεγαλύτερη απόδοση στην ονομαστική τους ισχύ. Ανάλογα εντάσσονται ο ένας, ή και οι δύο στρόβιλοι του σταθμού, ώστε η ισχύς να υπερκαλύπτει την συμφωνημένη ισχύ του Έργου κάθε στιγμή. Η διαθέσιμη αιολική παραγωγή αφιερώνεται στην άντληση, και μόνο η περίσσεια του αιολικού δυναμικού διατίθεται στο δίκτυο. Το πλεόνασμα της αιολικής ισχύος μπορεί να συνυπολογίζεται στην συμπαραγωγή του Έργου, επηρεάζοντας το φορτίο των στροβίλων, ή να αντιμετωπίζεται ως ανεξάρτητη παραγωγή, μαζί με τις υπόλοιπες ανεμογεννήτριες του νησιού. Εάν όμως κρίνεται ότι το κόστος της αιολικής ενέργειας είναι ακριβότερο από το κόστος της υδροηλεκτρικής, συμπεριλαμβανόμενης της άντλησης, τότε θα πρέπει ολόκληρο το αιολικό δυναμικό του Α/Π Στραβοκουντούρας να διατίθεται στο δίκτυο, εξ αρχής. Οι ανάγκες της άντλησης τότε θα καλύπτονται καταρχήν με την περίσσεια του αιολικού δυναμικού που δεν απορροφάει το δίκτυο.

**(β) Χειμερινή περίοδος.** Την χειμερινή περίοδο, εφόσον δεν υπάρχει περίσσεια νερού από τον ταμιευτήρα στο Πέζι, το έργο συμπεριφέρεται σαν να βρίσκεται στην θερινή περίοδο. Όταν υπάρχει περίσσεια νερού, αξιοποιείται πρώτα στον άνω ΜΥΗΣ και μετά διαδοχικά για την πλήρωση της άνω λιμνοδεξαμενής, την παραγωγή του κάτω ΜΥΗΣ και την απορρόφηση αιολικού δυναμικού μέσω άντλησης. Η συμμετοχή του κάτω ΜΥΗΣ στην παραγωγή γίνεται έτσι ώστε η άνω λιμνοδεξαμενή (συνολικού όγκου 80.000 m<sup>3</sup>) να διατηρείται πάντα γεμάτη κατά 85% (68.000 m<sup>3</sup> νερού). Η στάθμη επομένως της άνω δεξαμενής ρυθμίζεται με την κατανομή φορτίου στους δύο ΜΥΗΣ (εισροή - εκροή). Ταυτόχρονα, το υπόλοιπο 15% της δεξαμενής διατίθεται για την αντλησιοταμίευση, περίπου 12.000 m<sup>3</sup> νερού. Το αιολικό δυναμικό του Α/Π

διατίθεται με προτεραιότητα στην άντληση του νερού, και το κυμαινόμενο πλεόνασμα του αέρα διατίθεται στο δίκτυο και όχι μέσα στην συμφωνημένη (μαζί με την υδροηλεκτρική), ούτως ώστε οι διακυμάνσεις του πλεονάσματος να μην υποφορτίζουν τους υδροστροβίλους. Αυτό υπαγορεύεται για λόγους οικονομίας νερού του φράγματος, αφού οι στρόβιλοι σε χαμηλότερη ισχύ λειτουργούν με μειωμένη απόδοση.<sup>(9)</sup>

Το υπό μελέτη σύστημα απεικονίζεται γραφικά στο σχήμα 9 που ακολουθεί.



Σχήμα 9: Σχηματική απεικόνιση ΥΒΣ και προβλεπόμενες αποδόσεις

Πηγή: Παπαευθυμίου Σ. και άλλοι (2009), "Αρχές Διαχείρισης Υβριδικών Σταθμών: Εφαρμογή στο Σύστημα της Ικαρίας",

## Υπολογισμοί λειτουργίας του συστήματος

### Γενικά

Ένα περίπλοκο υβριδικό έργο, που επιτρέπει την συνεργασία ενός τεχνητού υδροσυστήματος με άλλες ανανεώσιμες και μη μορφές ενέργειας, απαιτείται να λειτουργεί με αρκετά καλή αξιοπιστία, δεδομένου ότι τυχόν αστοχία στην ικανοποίηση της προβλεπόμενης ζήτησης, αναμένεται να έχει αρνητικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις.

Προκειμένου να ελεγχθεί η αξιοπιστία και η ενεργειακή απόδοση, απαιτείται η προσομοίωση δεδομένων για 50 χρόνια, μέσω σύνθετων αλγόριθμων αναπαράστασης του ενεργειακού ισοζυγίου του υβριδικού συστήματος, κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό να γίνει μέσα από την τρέχουσα εργασία η οποία θα περιοριστεί στα αποτελέσματα από προηγούμενες μελέτες που υλοποιήθηκαν καθώς και σε μια ανάλυση οικονομικών δεδομένων

Η αξιολόγηση της συμβολής του ΥΒΣ στο ενεργειακό ισοζύγιο του νησιού που θα επιχειρηθεί στην παρούσα μελέτη θα περιοριστεί στην σύνθεση τεχνικών χαρακτηριστικών και δεδομένων των επιμέρους μονάδων του, λαμβάνοντας υπόψη τα διάφορα μοντέλα προσομοίωσης από άλλες μελέτες

### Δεδομένα

$L_{1-2}$ : 3.500m, μήκος αγωγού προσαγωγής Πέζι – Προεσπέρα

$L_{2-3}$ : 3.060 m, μήκος αγωγού προσαγωγής Προεσπέρα– Κάτω Προεσπέρα

$L_{3-2}$ : 3.100 m, μήκος αγωγού κατάθλιψης Κάτω Προεσπέρα – Προεσπέρα

$H_1$ : 721 m, ανώτατη στάθμη νερού στο Πέζι

$H_2$ : 554 m, ανώτατη στάθμη νερού στην Προεσπέρα

$H_3$ : 50 m, ανώτατη στάθμη νερού στην Κάτω Προεσπέρα

$f$ : 0,012 συντελεστής τριβών Darcy (σχήμα 10 )

$V_p$ : όγκος νερού από Πέζι προ εκμετάλλευση: 18.933,58 m<sup>3</sup>/h

$Q_d$ : παροχή σχεδιασμού = 0,73 m<sup>3</sup>/sec

$Q_{min}$ : ελάχιστη παροχή για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας από υδροστρόβιλο

Pelton: 0,13\*  $Q_d$



$D_{1-1,5}$ : διάμετρος αγωγού προσαγωγής διαδρομής 1-1,5 = 0,800m

$D_{1,5-2}$ : διάμετρος αγωγού προσαγωγής διαδρομής 1,5 - 2 = 0,700m

$D_{2-3}$ : διάμετρος αγωγού προσαγωγής διαδρομής 2 - 3 = 0,600m

$D_{3-2}$ : διάμετρος αγωγού προσαγωγής διαδρομής 3 - 2 = 0,500m

nt: συντελεστής βαθμού απόδοσης του υδροστροβίλου = 0,90

nr: συντελεστής βαθμού απόδοσης του αντλίας = 0,69

*Να σημειωθεί ότι επειδή στα μέσα της διαδρομής 1-2, η διάμετρος του αγωγού προσαγωγής αλλάζει από 0,8 m, στα 0,7 m, θεωρήθηκε και η διαδρομή 1-1,5 και 1,5-2, προκειμένου να δηλωθεί αυτή η αλλαγή.*

### **Ζητούμενα**

$h_{f(1-2)}$ : από σχέση 1

$h_{f(2-3)}$ : από σχέση 1

$h_{f(3-2)}$ : από σχέση 1

$H_{man(1-2)}$ : από σχέση 5

$H_{man(2-3)}$ : από σχέση 5

$H_{man(3-2)}$ : από σχέση 4

Για την εκτίμηση των γραμμικών απωλειών (σε m) έχει χρησιμοποιηθεί η εξίσωση

### **Darcy-Weisbach**

$$hf = f*(L/D)*(V^2/2*g) \quad (1)$$

όπου

L το μήκος του αγωγού (m),

D η διάμετρος του αγωγού (m),

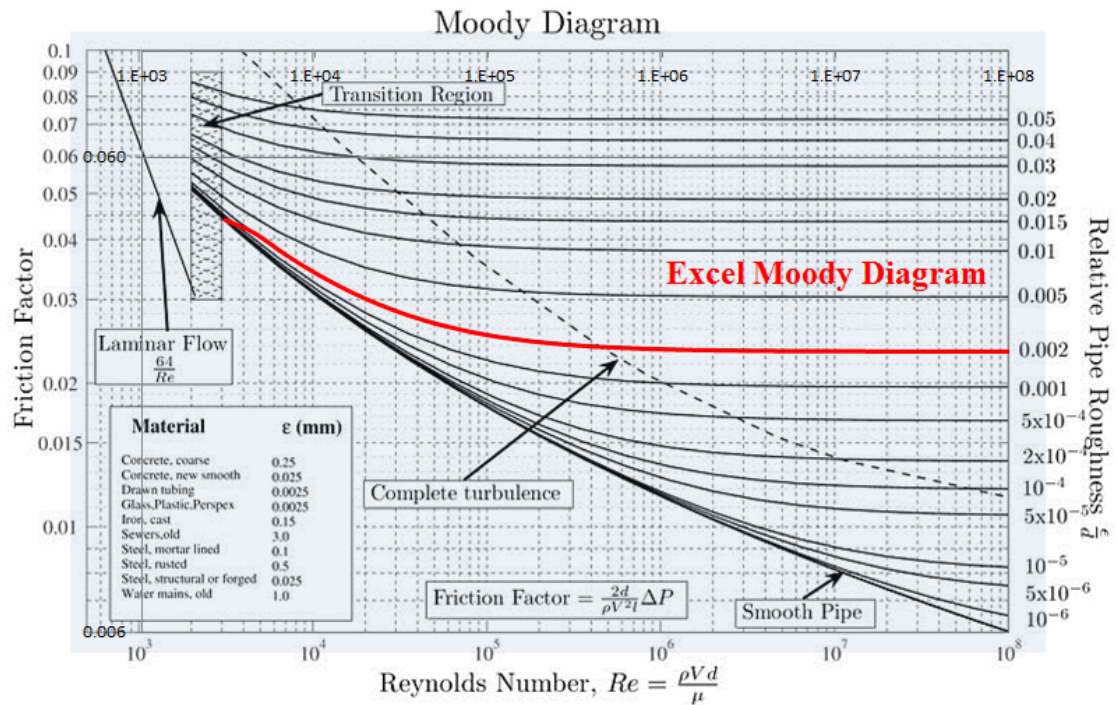
g η επιτάχυνση της βαρύτητας 9,81 m/sec<sup>2</sup> και

V η ταχύτητα του νερού στον αγωγό (m/sec) η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$V = Q*D/\pi*r^2 \quad (5.6) \quad \text{όπου}$$

Qd η παροχή σχεδιασμού του αγωγού (m<sup>3</sup>/s) και r η ακτίνα του αγωγού (m).

Οι τοπικές απώλειες, εξαιτίας έλλειψης στοιχείων σχετικά με την ακριβή γεωμετρία των αγωγών, θεωρήθηκαν ως ένα ποσοστό, 10%, των γραμμικών απωλειών.



Σχήμα 10: διάγραμμα Moody

$$\epsilon = 0,1 \text{ mm για χαλύβδινο σωλήνα} \quad \frac{\epsilon}{D} = \frac{0,1 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} = 0,17 \times 10^{-3}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \times 0,6 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ Pas} \times \text{Sec}} = \frac{1200}{0,001} = 1.200.000 = 1,2 \times 10^6$$

Άρα με βάση τον παραπάνω πίνακα το f προκύπτει 0.012

## ΜΥΗΣ

### Ισχύς υδροστροβίλου και αντλίας

Ο κυριότερος μηχανολογικός εξοπλισμός των υδραυλικών έργων είναι οι υδροστροβίλοι και οι αντλίες. Ένας υδροστροβίλος απορροφά την υδραυλική ενέργεια του νερού προκειμένου να την μετατρέψει σε μηχανική ενέργεια κατά την περιστροφική του κίνηση και στη συνέχεια μέσω γεννητριών να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Στην αντίθετη περίπτωση, μια αντλία προσδίδει μηχανική ενέργεια στην ροή του νερού, ώστε να επιτευχθεί η ανοδική του πορεία και τελικά η άντλησή του (Στάμος, 2009).

Η ισχύς  $I$  (σε kW) που απαιτεί μια αντλία ή αποδίδει ένας υδροστροβίλος υπολογίζεται από τις σχέσεις,

$$I = g \cdot Q \cdot H_{man} \cdot n_t, \quad \text{για υδροστροβίλο (2)}$$

$$I = g \cdot Q \cdot H_{man} / n_p, \quad \text{για αντλία (3)}$$

Όπου:

$g$ : η επιτάχυνση της βαρύτητας  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,

$Q$ : η παροχή στον αγωγό πτώσης ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),

$H_{man}$ : το μανομετρικό ύψος της αντλίας ή του υδροστροβίλου (m) και

$n_t$ ,  $n_p$  οι συντελεστές βαθμού απόδοσης του υδροστροβίλου και της αντλίας

Η εξίσωση ενέργειας για τον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους γράφεται ως εξής:

$$H_A + H_{man} = H_B + \Sigma hf_{(A-B)} + \Sigma hm_{(A-B)}, \quad \text{για αντλία (4)}$$

$$H_A = H_{man} + H_B + \Sigma hf_{(A-B)} + \Sigma hm_{(A-B)}, \quad \text{για υδροστροβίλο (5)}$$

όπου  $H_{man}$  είναι το μανομετρικό ύψος της αντλίας ή του υδροστροβίλου αντίστοιχα,

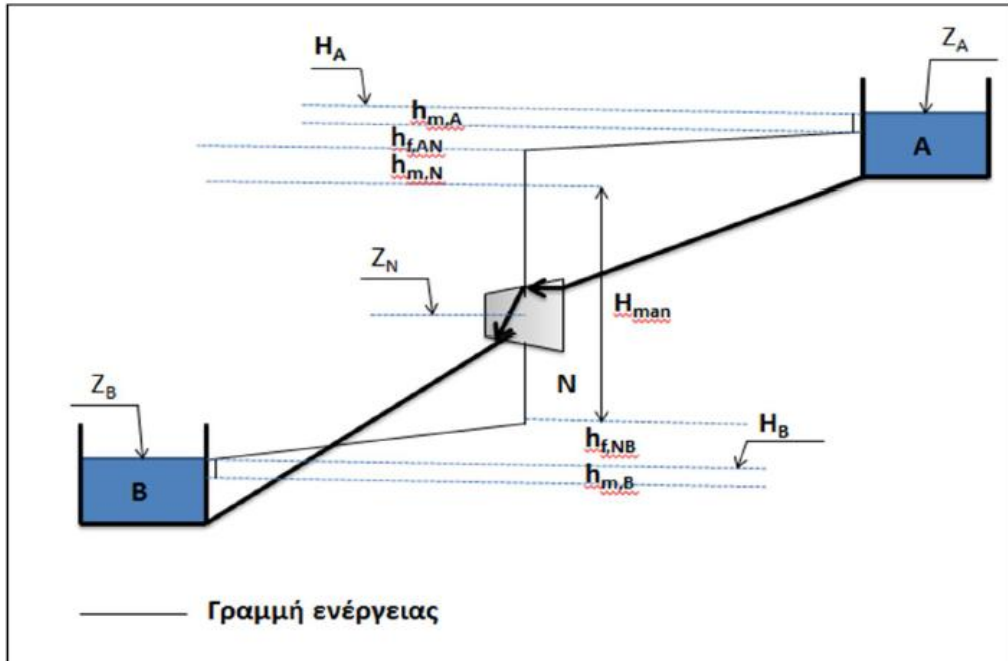
$H_A$  είναι η στάθμη στην δεξαμενή A,

$H_B$  η στάθμη στη δεξαμενή B,

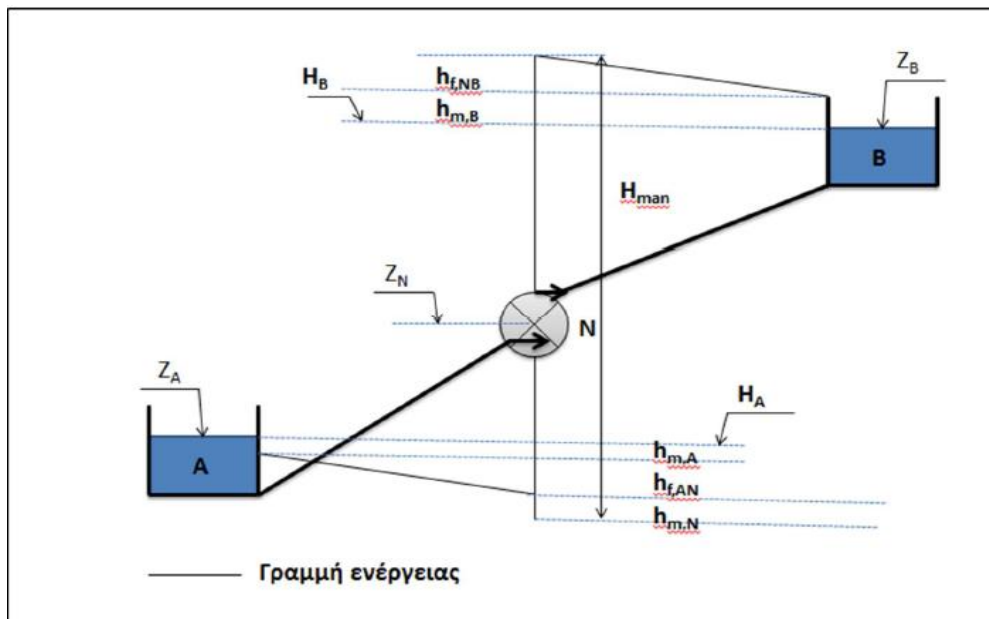
$\Sigma hf_{(A-B)}$  το άθροισμα των γραμμικών απωλειών των σωλήνων και

$\Sigma hm_{(A-B)}$  το άθροισμα των τοπικών απωλειών,

όπως φαίνονται στα Σχήματα 11 και 12.



Σχήμα 11: Χρησιμοποίηση υδροστροβίλου μεταξύ των δεξαμενών A και B για την απορρόφηση ενέργειας



Σχήμα 12: Χρησιμοποίηση αντλίας για την ανύψωση της στάθμης του νερού από την δεξαμενή A στη B

Στη συνέχεια, σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα και θεωρώντας παροχή σχεδιασμού  $Q_{D(1-2)} = Q_{D(2-3)} = 0,73 \text{ m}^3/\text{s}$ , για τους αγωγούς προσαγωγής και  $Q_{D(3-2)} = 0,27 \text{ m}^3/\text{s}$ , για τον αγωγό κατάθλιψης, προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα του Πίνακα 17

Τέλος, θεωρήθηκε ότι η ελάχιστη παροχή νερού με την οποία ο υδροστρόβιλος Pelton μπορεί να παράγει υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ίση με  $Min=0,13*QD$ . Αυτό σημαίνει ότι παροχές μικρότερες από την  $Min$  δεν παράγουν υδροηλεκτρική ενέργεια.

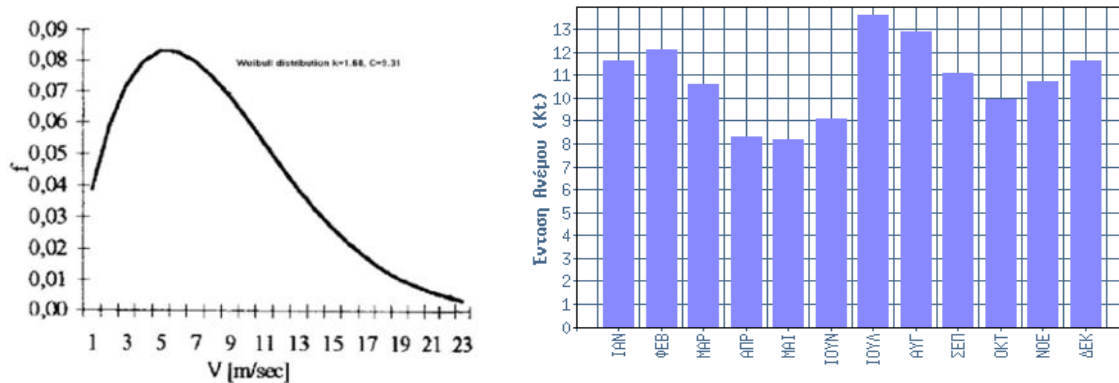
**Πίνακας 17: Αποτελέσματα υπολογισμού γραμμικών απωλειών, μανομετρικών υψών και ισχύος των ΜΥΗΣ**

Μεταβλητή	Τιμή	Περιγραφή
$\Sigma hf_{(1-2)} = hf_{(1-1,5)} + hf_{(1,5-2)}$	8,33m	γραμμικές απώλειες στη διαδρομή 1-2
$hf_{(2-3)}$	20,81m	γραμμικές απώλειες στη διαδρομή 2-3
$hf_{(3-2)}$	7,17m	γραμμικές απώλειες στη διαδρομή 3-2
$H_{man(1-2)}$	157,83m	Μανομετρικό ύψος στη διαδρομή 1-2
$H_{man(2-3)}$	481,10m	Μανομετρικό ύψος στη διαδρομή 2-3
$H_{man(3-2)}$	511,89m	Μανομετρικό ύψος στη διαδρομή 3-2
$I_{(1-2)}$	1,017 Mw	Ονομαστική ισχύς υδροστρόβιλου στον ΥΗΣ Προεσπέρας
$I_{(2-3)}$	3,1 Mw	Ονομαστική ισχύς υδροστρόβιλων στον ΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας
$I_{(3-2)}$	1,97 Mw	Ονομαστική ισχύς αντλιών

## Αιολικό Πάρκο

Η Ικαρία συγκεντρώνει υψηλό αιολικό δυναμικό, λόγω της γεωγραφικής θέσης στο Αιγαίο και του ορεινού χαρακτήρα της (οροσειρά Αθήρας με μέγιστο υψόμετρο 1041m). Το γεωγραφικό ανάγλυφο διαφοροποιεί κατά πολύ τα χαρακτηριστικά του ανέμου, οπότε πραγματικές τιμές μπορούν να εξαχθούν μόνο με επιτόπιες αναλυτικές μετρήσεις κατά την διάρκεια ετών. Από τις μετρήσεις προκύπτουν χαρακτηριστικές χρονοσειρές ανέμου, οι οποίες λαμβάνονται υπόψιν στον υπολογισμό του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού ή στην μελέτη μιας Α/Γ.

Ενδεικτικά, στην Ικαρία η πιθανοτική κατανομή Weibull της μέσης ταχύτητας  $V$  του ανέμου σε ένα έτος, δίνει παράμετρο κλίμακας  $c=9.31$  (είναι η μέση τιμή ταχύτητας σε m/sec), και παράμετρο μορφής  $k=1.68$  (το σχήμα της καμπύλης, ή το “κέντρο βάρους”, όπου για μεγαλύτερα  $k$  η συχνότερη τιμή πλησιάζει την μέση). Η τιμή αυτή είναι για την τοποθεσία της Α/Γ στο Περδίκι, και αφορά το ύψος του άξονα.



**Σχήμα 13:** (α) Πιθανοτική κατανομή Weibull ανέμων στο Περδίκι, ύψος του άξονα Α/Γ. Μέση τιμή 9,31 m/sec. (β) Διακύμανση της μέσης ταχύτητας του ανέμου ανά μήνα, σε κόμβους (ναυτικά μίλια ανά ώρα, 1 kt = 0.514 m/sec). Στατιστικά στοιχεία ετών για την Σάμο, μετρήσεις σε κορυφή υψόμεatos, 7 m από το έδαφος. Μέση τιμή 5,5 m/sec.

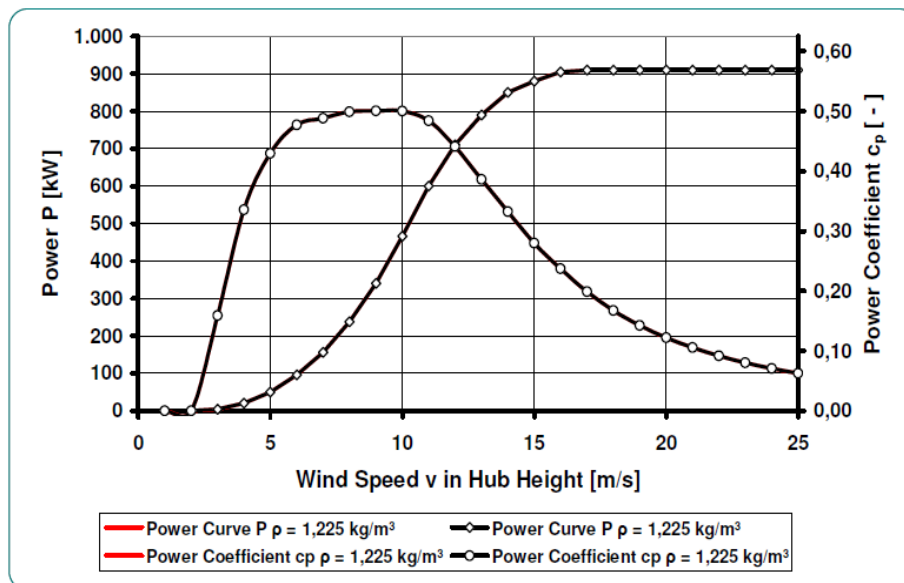
Για την υλοποίηση των υπολογισμών του έργου επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ένα χαρακτηριστικό μοντέλο ανεμογεννήτριας της γνωστής εταιρίας Enercon με ονομαστική ισχύ 900 KW. Η ονομασία του μοντέλου αυτού είναι E-44 , με τρία περύγια, διάμετρο πτερωτής 44 m και ασύγχρονη γεννήτρια μεταβλητών στροφών. Η καμπύλη ισχύος που παρουσιάζει η συγκεκριμένη μηχανή, συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου, φαίνεται στο σχήμα 14 που ακολουθεί:



Η καμπύλη πιθανότητας εμφάνισης ανέμων, συνδυαζόμενη με την καμπύλη ισχύος της Α/Γ σε διαφορετικές ταχύτητες, μας δίνει προσεγγιστικά την αναμενόμενη παραγωγή ενέργειας σε ένα έτος

Wind [m/s]	Standard Air Density $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$		Modified Air Density $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$	
	Power Curve P $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ [kW]	Power Coefficient $c_p$ $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ [-]	Power Curve P $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ [kW]	Power Coefficient $c_p$ $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ [-]
1	0,0	0,00	0,0	0,00
2	0,0	0,00	0,0	0,00
3	4,0	0,16	4,0	0,16
4	20,0	0,34	20,0	0,34
5	50,0	0,43	50,0	0,43
6	96,0	0,48	96,0	0,48
7	156,0	0,49	156,0	0,49
8	238,0	0,50	238,0	0,50
9	340,0	0,50	340,0	0,50
10	466,0	0,50	466,0	0,50
11	600,0	0,48	600,0	0,48
12	710,0	0,44	710,0	0,44
13	790,0	0,39	790,0	0,39
14	850,0	0,33	850,0	0,33
15	880,0	0,28	880,0	0,28
16	905,0	0,24	905,0	0,24
17	910,0	0,20	910,0	0,20
18	910,0	0,17	910,0	0,17
19	910,0	0,14	910,0	0,14
20	910,0	0,12	910,0	0,12
21	910,0	0,11	910,0	0,11
22	910,0	0,09	910,0	0,09
23	910,0	0,08	910,0	0,08
24	910,0	0,07	910,0	0,07
25	910,0	0,06	910,0	0,06

Power Curve E-44 with Standard Air Density



Σχήμα 14: Καμπύλη πιθανότητας εμφάνισης ανέμων και καμπύλη ισχύος

### Εμπειρία από προηγούμενες μελέτες

Οι «Θεωδορόπουλος–Ζερβός–Μπέτζιος,» σε μελέτη τους υπολογίζουν με ένα μοντέλο προσομοίωσης τα τεχνικά υποσυστήματα του ΥΒΣ και συνεχίζουν στην οικονομοτεχνική ανάλυση προσδιορίζοντας το ύψος της επένδυσης και το χρόνο αποπληρωμής. Διαπιστώνουν ότι η συμμετοχή του αιολικού πάρκου στο ηλεκτρικό σύστημα του νησιού μπορεί να φτάσει ετήσια σε ποσοστό 82%. Υπολογίζεται μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου από τον ΤΣΠ από 6.654 τόννους σε 988 τόνους η οποία θα επιφέρει μείωση στις ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 18.130 τόνους. Επιπλέον υπολογίζεται μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από 0,08€/KWh σε 0,05€/KWh, το οποίο αντιστοιχεί σε ετήσιο κέρδος 768.900€. Καταλήγουν έτσι στο συμπέρασμα ότι το Έργο είναι απαραίτητο για την Ικαρία.<sup>(14)</sup>

Οι «Παπαευθυμίου-Καραμάνου-Παπαθανασίου» διερευνούν και αναλύουν τις ενεργειακές επιπτώσεις από την ένταξη του έργου στο ηλεκτρικό σύστημα της Ικαρίας. Με τη χρήση διάφορων μοντέλων προσομοίωσης διαπιστώνουν τη σημαντική αύξηση της αιολικής διείσδυσης στο σύστημα παραγωγής και κατ' επέκταση τη μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας σε ποσοστά έως και 40%. Προτείνουν δε η προσφερόμενη ενέργεια του ΥΒΣ να χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την διευκόλυνση λειτουργίας των συμβατικών μονάδων στο νησί και η λειτουργία του να μην επηρεάζει τη λειτουργία άλλων συστημάτων ΑΠΕ στο Νησί. Με αυτή την υπόθεση δημιουργείται σημαντική αύξηση της δυνατότητας διείσδυσης συστημάτων ΑΠΕ έως και 52% ετησίως στο νησί.<sup>(13)</sup>

Οι «Πολατίδης-Χαραλαμπόπουλος», εφάρμοσαν μια μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων για ΑΠΕ δημιουργώντας εναλλακτικά σενάρια. Προσδιορίζοντας οικονομικά, ενεργειακά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά και τεχνολογικά κριτήρια καθώς και συντελεστές βαρύτητας, για την αξιολόγηση των σεναρίων, κατέληξαν πως το επικρατέστερο είναι το σενάριο υψηλής ένταξης με την ύπαρξη του ΥΒΣ δυναμικότητας 4 MW και 8 ανεμογεννητριών δυναμικότητας 4,8 MW.<sup>(15)</sup>

Ο Κατσάφαρος Ιωάννης στη Διπλωματική του εργασία, μέσα από τη χρήση μοντέλων εξομοίωσης προχωρά σε μια σύγκριση το υπάρχοντος συστήματος με το Υβριδικό Έργο που κατασκευάζεται. Το ειδικό μοντέλο προσομοίωσης κατέληξε ότι

το κόστος του συστήματος, με το υβριδικό γίνεται μικρότερο, άρα η κατασκευή του συμφέρει. Η τιμή της κιλοβατώρας μειώνεται, εξοικονομούνται καύσιμα, μειώνονται οι ρύποι και εξαλείφεται το πρόστιμο, και γίνεται μεγάλη χρήση ΑΠΕ, σε ποσοστό 57%. Η εξοικονόμηση σε καύσιμα, υπολογίζεται στα 3.167.536 λίτρα ή αλλιώς 1.672.172€ το χρόνο, σε σχέση με το υπάρχον σύστημα. Τα αποτελέσματα υβριδικού είναι καλύτερα ακόμα και από την απλή χρήση επιπλέον ΑΠΕ, στο υπάρχον σύστημα<sup>(9)</sup>

### Οικονομική Ανάλυση Έργου

Η οικονομική αξιολόγηση του υβριδικού σταθμού βασίζεται σε προσεγγιστικά μεγέθη, με το αρχικό κόστος εγκατάστασης και τα ειδικά κόστη και λοιπά έξοδα που προκύπτουν να υπολογίζονται από τις παραδοχές που παρουσιάζονται παρακάτω:

- Το συνολικό κόστος της επένδυσης το οποίο ανέρχεται σε 23.000.000,00€
- τις δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης, όπως περιγράφονται αναλυτικά στους Πίνακες βιωσιμότητας του Παραρτήματος
- τα επιτόκια αναγωγής και δανεισμού,

για την εκτίμηση των ετήσιων εξόδων επιπλέον έγιναν οι παρακάτω παραδοχές:

- Δημοτικά τέλη το 3% των συνολικών ακαθάριστων εσόδων
- Συντήρηση αιολικού πάρκου 30.000
- Συντήρηση αναστρέψιμου ΥΗΕ σταθμού 120.000
- Ασφάλεια εξοπλισμού 0,4% του αρχικού κόστους του έργου
- Μισθοδοσία εργαζομένων 120.000
- Λοιπά έξοδα 50.000
- Μέσος όρος απόσβεσης 5% με διάρκεια 20 ετών, όσο ορίζεται και η διάρκεια ζωής του έργου
- Μακροπρόθεσμος δανεισμός 15 ετών με σταθερό επιτόκιο 7%

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές και τους Πίνακες βιωσιμότητας του Παραρτήματος προκύπτει το χρηματοδοτικό σχήμα του Έργου:

**Πίνακας 18: Χρηματοδοτικό σχήμα προτεινόμενου έργου**

	Ποσοστό	Ποσό	Μονάδα
Κόστος επένδυσης		23.000.000,00	€
Ίδια Κεφάλαια	43,50%	10.000.000,00	€
Δάνειο	56,50	13.000.000,00	€
Επιτόκιο Δανεισμού	7%		
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής		15	Έτη
Συνολική πωλούμενη ενέργεια		10.960.000,00	KWh/έτος
Τιμή πώλησης		0,22	€/KWh

Η επένδυση ενός τέτοιου έργου με βάση το καλό αιολικό δυναμικό και την υψηλή τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας στο νησί χαρακτηρίζεται κερδοφόρα και οικονομικά βιώσιμη όπως μελετήθηκε με αρχικό κόστος επένδυσης 23.000.000 €, ετήσια έσοδα ύψους 2.411.200 €, περίοδο αποπληρωμής ιδίων Κεφαλαίων 15 έτη.

### **Αξιολόγηση ΥΒΣ - Συμπεράσματα**

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου ήταν η διερεύνηση των αναμενόμενων επιπτώσεων από την ένταξη και λειτουργία του ΥΒΣ στο ενεργειακό ισοζύγιο και την οικονομικότητα του συστήματος παραγωγής. Επίσης πραγματοποιήθηκε ενδεικτική αξιολόγηση της βιωσιμότητας της επένδυσης για τον ΥΒΣ. Από την ανάλυση του παρόντος κεφαλαίου προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Γενικά οι ΥΒΣ θεωρούνται ιδιαίτερα αποδοτικές επενδύσεις ιδιαίτερα σε νησιά με ακριβές μονάδες παραγωγής. Στην Ικαρία το κόστος παραγωγής είναι ιδιαίτερα υψηλό. Αντί των συμβατικών σταθμών η δημιουργία του ΥΒΣ θα μειώσει το συνολικό κόστος παραγωγής ενέργειας.
- Δεύτερο και εξίσου σημαντικό πρόβλημα είναι οι μεγάλες αυξομειώσεις ζήτησης που έχει η Ικαρία και κατ' επέκταση τα περισσότερα νησιά του Αιγαίου. Η αύξηση του φορτίου αιχμής από τη ζήτηση είναι ραγδαία και για να επιτευχθεί η διαθεσιμότητα ενέργειας, απαιτείται η εγκατάσταση νέων ενεργειακών σταθμών ώστε να καλυφθούν τα απαιτούμενα εποχιακά υψηλά φορτία. Έτσι θα μειωθεί σημαντικά ο συντελεστής χρησιμοποίησης της συμβατικής μονάδας κατά την περίοδο αιχμής
- Η λειτουργία του ΥΒΣ μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αύξηση της διείσδυσης ενέργειας ΑΠΕ και συνεπώς στη μείωση της συμβατικής παραγωγής και των εκπομπών ρύπων. Η εκτιμώμενη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου είναι της τάξης του 18% - 36%, ανάλογα με τις επικρατούσες υδρολογικές και ανεμολογικές συνθήκες, με αντίστοιχη αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο του νησιού, η οποία φτάνει συνολικά μέχρι και 50%, επίπεδα διείσδυσης εξαιρετικά υψηλά, που αν επιτευχθούν στην πράξη θα συνιστούν παγκόσμια πρωτοπορία.
- Ο ΥΒΣ μπορεί να παρέχει εγγυημένη ισχύ, υποκαθιστώντας την συμβατική μονάδα αιχμής και αποτρέποντας την εγκατάσταση νέων συμβατικών μονάδων αντίστοιχης ισχύος.
- Η προσφερόμενη ενέργεια του ΥΒΣ πραγματοποιείται κατά τρόπο απόλυτα προσαρμοσμένο στην ημερήσια καμπύλη φορτίου του νησιού, με σημαντική

- εξομάλυνση των αιχμών ή και των κοιλάδων της, διευκολύνοντας και καθιστώντας οικονομικότερη τη λειτουργία των συμβατικών μονάδων παραγωγής.
- επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση της απορροφούμενης ενέργειας από το δίκτυο για άντληση. Αυτό διότι ο ΔΜΔΝ απαιτεί εγγυημένη ενέργεια από τον ΥΒΣ μόνο τις μέρες που κρίνει ότι είναι απαραίτητη προκειμένου να καλυφθεί αξιόπιστα το προβλεπόμενο φορτίο ζήτησης και όχι σε ημερήσια βάση. Επιπλέον, η δήλωση φορτίου του ΥΒΣ δεσμεύεται από την απαίτηση εγγυημένης ενέργειας που θέτει ο ΔΜΔΝ, αποτρέποντας έτσι την άντληση με απορρόφηση συμβατικής παραγωγής και τη συνακόλουθη απόδοση της ενέργειας αυτής με σημαντικές απώλειες.
  - Η διαμόρφωση ΥΒΣ με δυνατότητα ταυτόχρονης παραγωγής και άντλησης (δηλ. με ξεχωριστές υδραυλικές μηχανές για παραγωγή και άντληση) είναι σαφώς προτιμητέα, αφού επιτυγχάνεται σε κάθε περίπτωση ικανοποιητικός βαθμός αξιοποίησης της παραγωγής των Α/Π του ΥΒΣ. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής χρησιμοποίησης των αιολικών του ΥΒΣ προσεγγίζει αυτόν των λοιπών Α/Π του νησιού (της τάξης του 30%), ενώ η καθαρή προσφερόμενη ενέργεια στο σύστημα, μετά τη διακίνηση της αιολικής παραγωγής μέσω των συστημάτων αποθήκευσης και ανάκτησης, αντιστοιχεί σε ισοδύναμες τιμές συντελεστή χρησιμοποίησης της τάξης του 20%.
  - Η επένδυση του ΥΒΣ, χαρακτηρίζεται από υψηλό εσωτερικό βαθμό απόδοσης (IRR) και μικρή περίοδο αποπληρωμής, ακόμη και με μηδενικό ποσοστό επιδότησης του επενδυτικού του κόστους. Επισημαίνεται ότι η αναμενόμενη ανοδική πορεία των τιμών των συμβατικών καυσίμων, καθώς και των δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων, θα βελτιώσει περαιτέρω τους οικονομικούς δείκτες της επένδυσης.

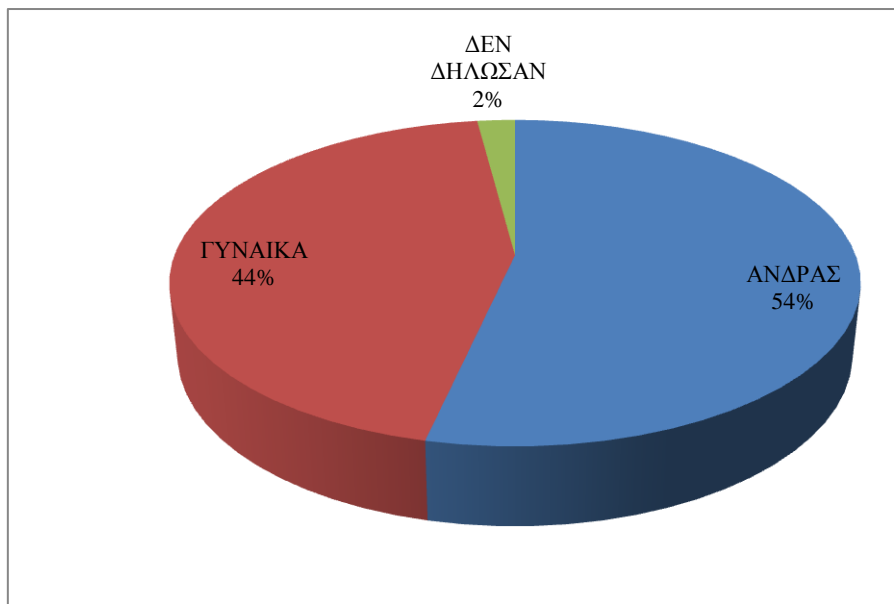
Όλα τα παραπάνω καθιστούν την επένδυση οικονομικά βιώσιμη και συμφέρουσα, κα απομένει να εξεταστεί στο επόμενο Κεφάλαιο ο βαθμός αποδοχής του Έργου από την κοινωνία του νησιού.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Έρευνα ερωτηματολογίου στην Ικαρία

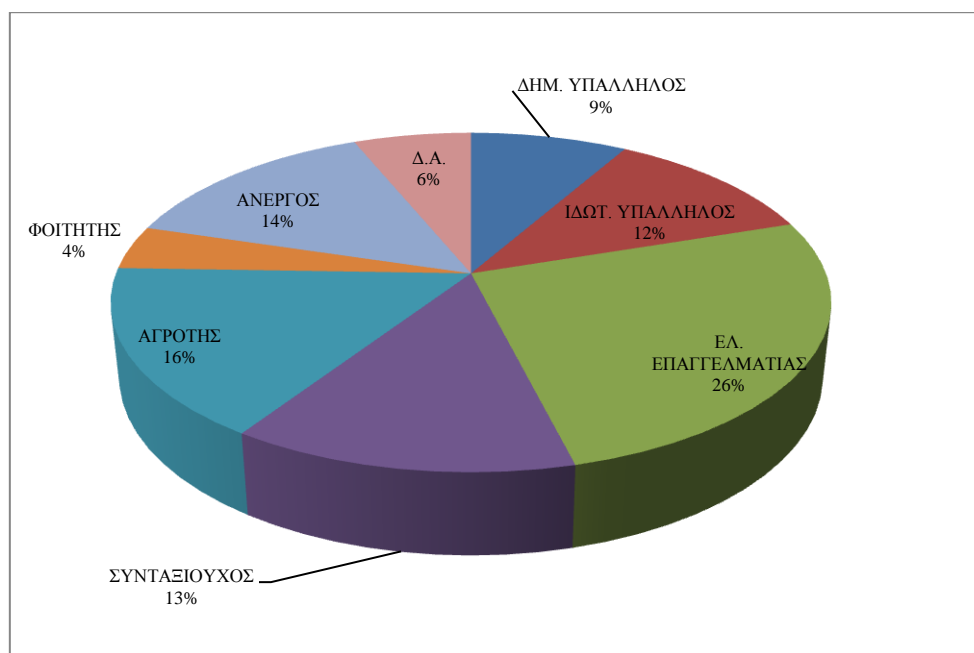
### Γενικά

Η έρευνα με τη χρήση ερωτηματολογίων διενεργήθηκε κατά τα χρονικό διάστημα Ιουνίου 2015 , μέσω δειγματοληψίας 250 ατόμων, εκ των οποίων τα 111 αποτελούν γυναίκες (45% ), 133 άνδρες (54%) ενώ 6 άτομα (2%) δεν δήλωσαν φύλλο



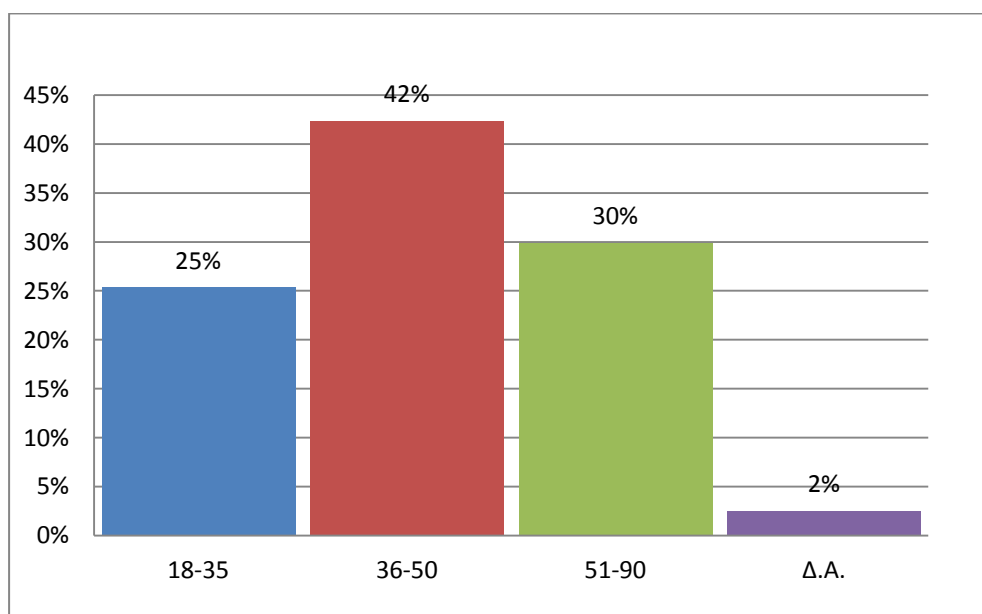
Σχήμα 15: Κατανομή δείγματος ανά ηλικία

Σχετικά με το επάγγελμα το 26% δηλώσαν ελεύθεροι επαγγελματίες, ακολουθούν οι αγρότες με 16% , οι άνεργοι με 14%, οι συνταξιούχοι με 13% και οι ιδιωτικοί υπάλληλοι με 12%. Οι δημόσιοι υπάλληλοι ανέρχονται στο 9% του δείγματος, οι φοιτητές σε 4% ενώ δεν απάντησε στην ερώτηση το 6%



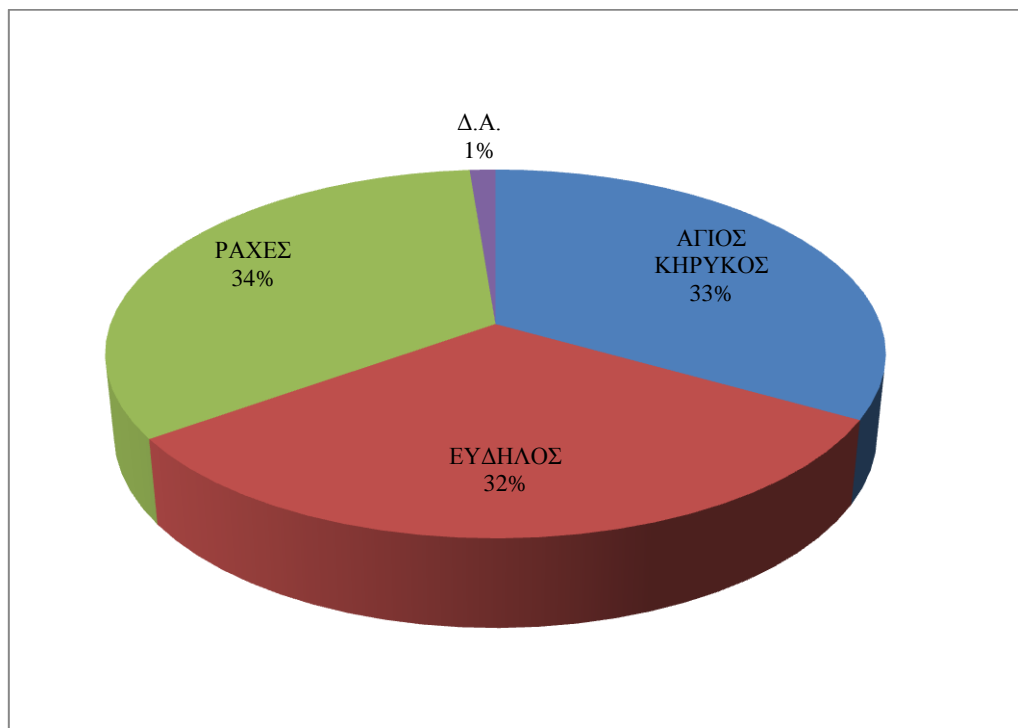
**Σχήμα 16: Κατανομή απασχόλησης δείγματος**

Η ηλικιακή κατανομή των ατόμων του δείγματος αποτυπώνεται στο παρακάτω Σχήμα. Στην ομάδα 18-35 ανήκουν 64 άτομα (25%), 105 άτομα (42%) ηλικίας 36-50 ετών, στην ομάδα 51-90 ετών 75 άτομα (30%) ενώ δεν απάντησαν στην ερώτηση 6 άτομα (3%).



**Σχήμα 17: Κατανομή ηλικιακών ομάδων δείγματος**

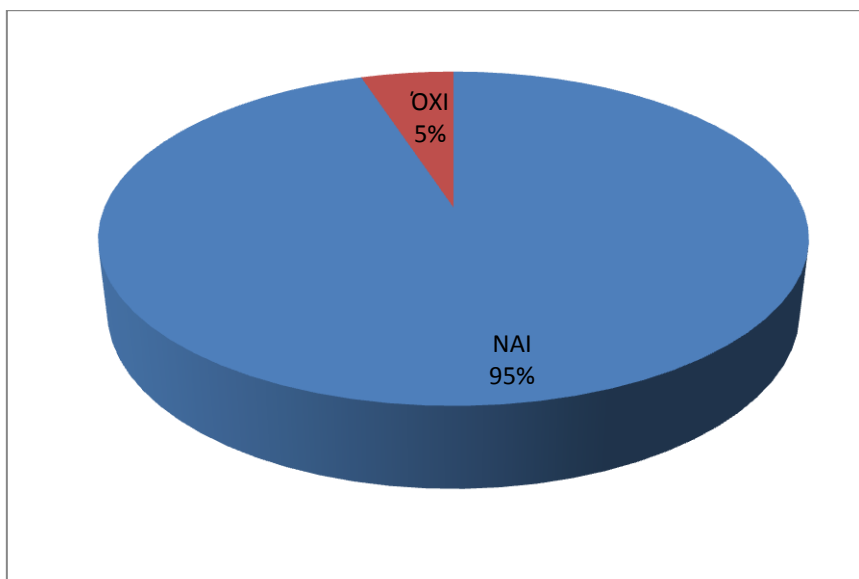
Στην ερώτηση σχετικά με τον τόπο διαμονής των ερωτηθέντων υπάρχει μια ισοκατανομή μεταξύ των τριών βασικών περιοχών του νησιού όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα. 83 άτομα είναι από Άγιο Κήρυκο, 81 από Εύδηλο, 82 διαμένουν στις Ράχες, ενώ δεν απάντησαν 4 άτομα.



Σχήμα 18: Τόπος καταγωγής ερωτηθέντων

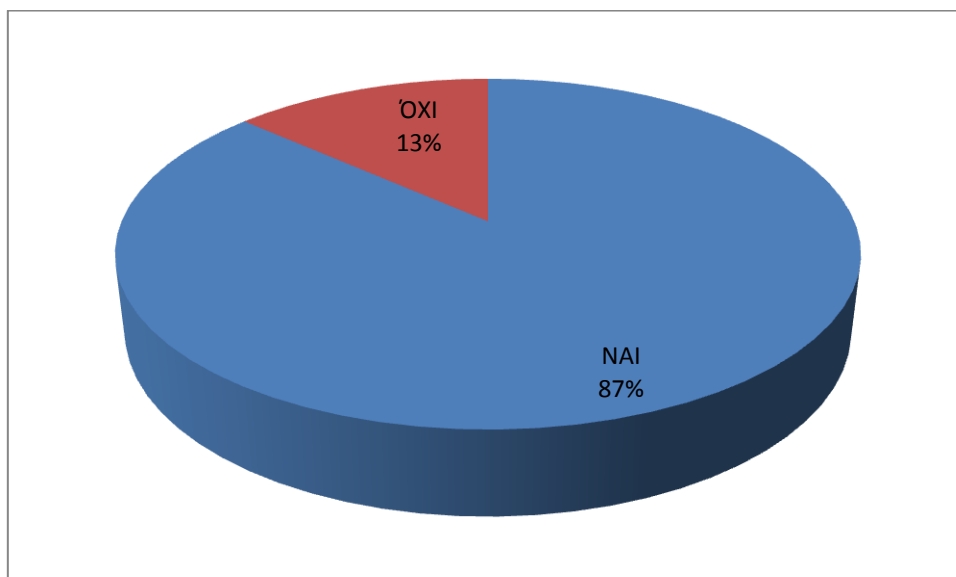
#### **Γνώση και στάση των κατοίκων απέναντι στο προτεινόμενο έργο.**

Στην ενότητα αυτή αναλύονται οι απαντήσεις των συμμετεχόντων σχετικά με το υφιστάμενο ενεργειακό σύστημα στο νησί και την γνώση και στάση των ερωτηθέντων απέναντι στο υβριδικό έργο. Στην Ερώτηση 1 σχετικά με τον αν γνωρίζουν ότι η ηλεκτροδότηση του νησιού εξαρτάται από την καύση πετρελαίου, η συντριπτική πλειοψηφία (238 άτομα - 95%) το γνώριζε και μόνο 12 άτομα (5%) απάντησε αρνητικά.



**Σχήμα 19:** γνώση για την εξάρτηση του ΤΣΠ ηλεκτρικού ρεύματος από το πετρέλαιο

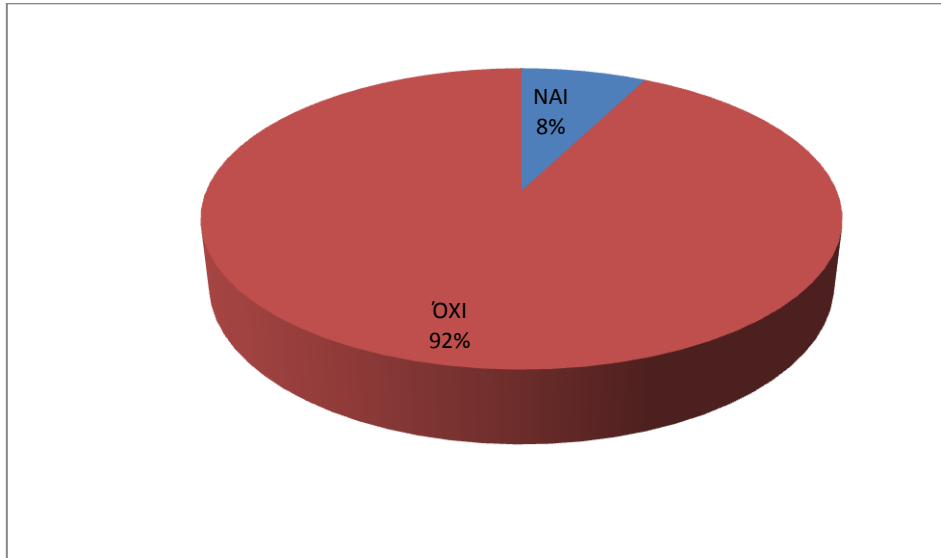
Σημαντικό ποσοστό των ερωτηθέντων γνωρίζει μάλιστα ότι αυτό το πετρέλαιο που απαιτείται για την ηλεκτροδότηση του νησιού είναι εισαγόμενο, σύμφωνα με την ερώτηση 2. Αναλυτικότερα και σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα 212 άτομα (ποσοστό 87%) το γνωρίζει ενώ τα υπόλοιπα 13% (38 άτομα) απάντησαν αρνητικά



**Σχήμα 20:** Γνώση σχετικά με την εισαγωγή του πετρελαίου από το ΤΣΠ

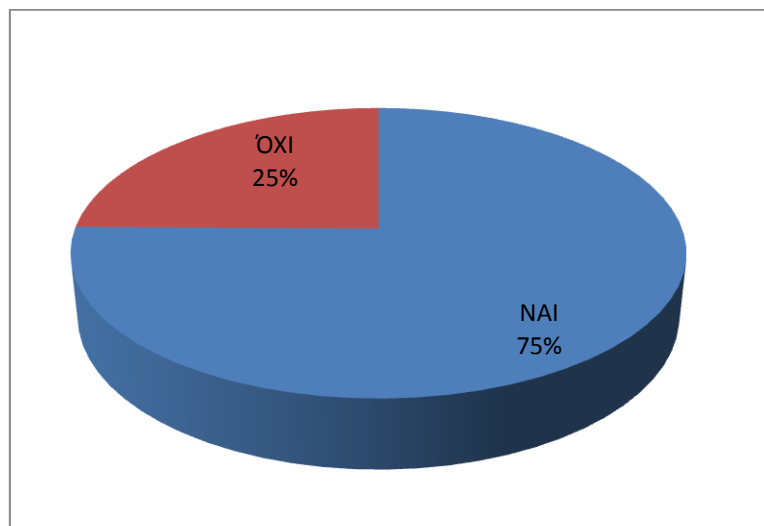
Αναμενόμενη είναι και η στάση των ερωτηθέντων σχετικά με τον μπορούν να οργανώσουν τη ζωή τους χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα. Σύμφωνα με το επόμενο σχήμα,

226 άτομα (92%) απάντησαν ότι κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό ενώ 24 άτομα (8%) δήλωσαν ότι θα μπορούσαν να ζήσουν και χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα



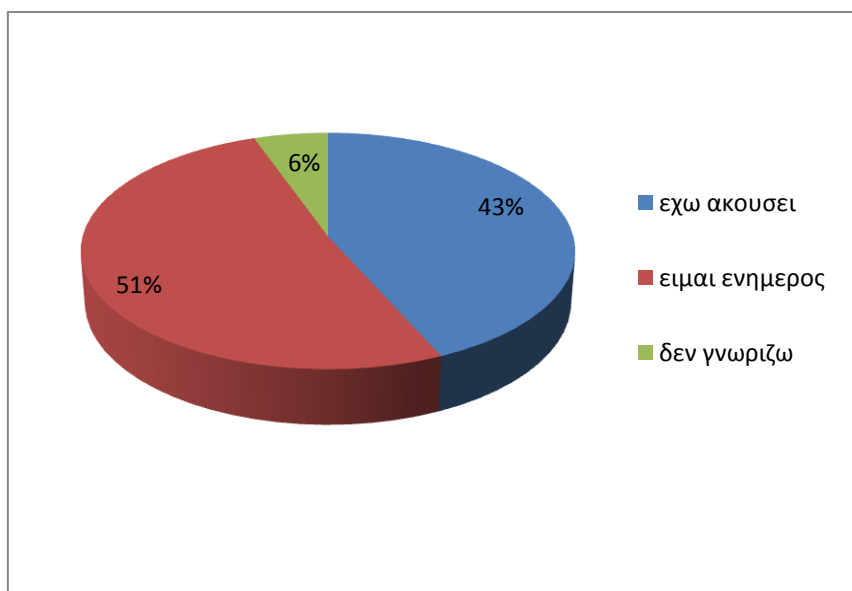
**Σχήμα 21: εξάρτηση από το ηλεκτρικό ρεύμα**

Η ερώτηση 4 διερευνά εάν υπάρχει η γνώση στου ερωτηθέντες σχετικά με τις δυνατότητες ενεργειακής αυτονομίας που μπορεί να προσφέρει η συνεκμετάλλευση αιολικού πάρκου και υδροηλεκτρικού έργου. Οι απαντήσεις κρίνονται ιδιαίτερα ενθαρρυντικές αφού 185 άτομα (75%) έχει γνώση ενώ 65 άτομα (25%) απάντησαν αρνητικά.



**Σχήμα 22: γνώση ωφελειών συνεκμετάλλευσης αιολικού πάρκου – υδροηλεκτρικού έργου**

Από την επόμενη ερώτηση διαπιστώνουμε ότι η τοπική κοινωνία είναι πληροφορημένη καλά σχετικά με το προτεινόμενο έργο. Ειδικότερα 107 άτομα (43%) απάντησαν ότι έχουν ακούσει σχετικά, 126 άτομα (51%) ότι είναι ενήμεροι και 17 άτομα (6%) ότι δεν γνωρίζουν κάτι, Συνολικά 233 άτομα (93%) έχει πληροφόρηση σχετικά με το έργο

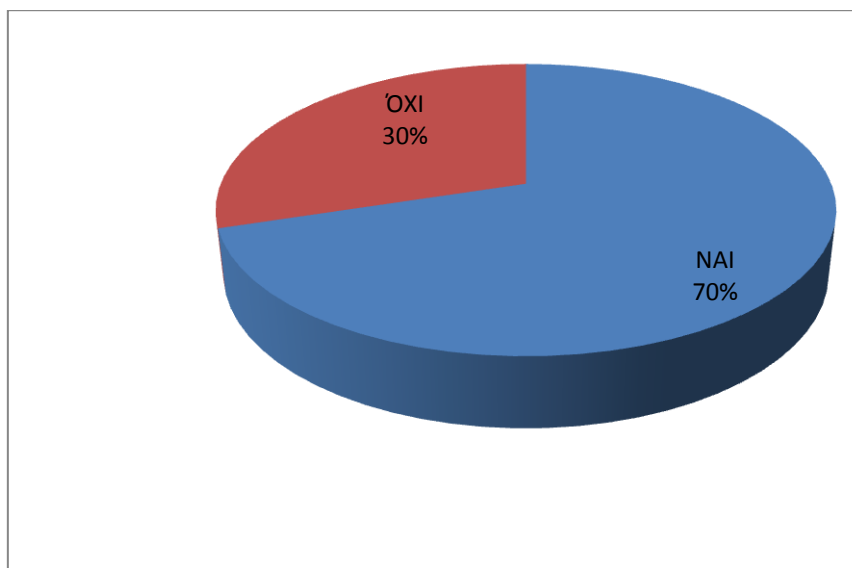


Σχήμα 23: ενημέρωση σχετικά με το έργο

Η ερώτηση 6 είναι δομημένη σε τρία υποερωτήματα σχετικά με το αν το έργο μπορεί να επιφέρει κάποια οφέλη σε συγκεκριμένα πεδία.

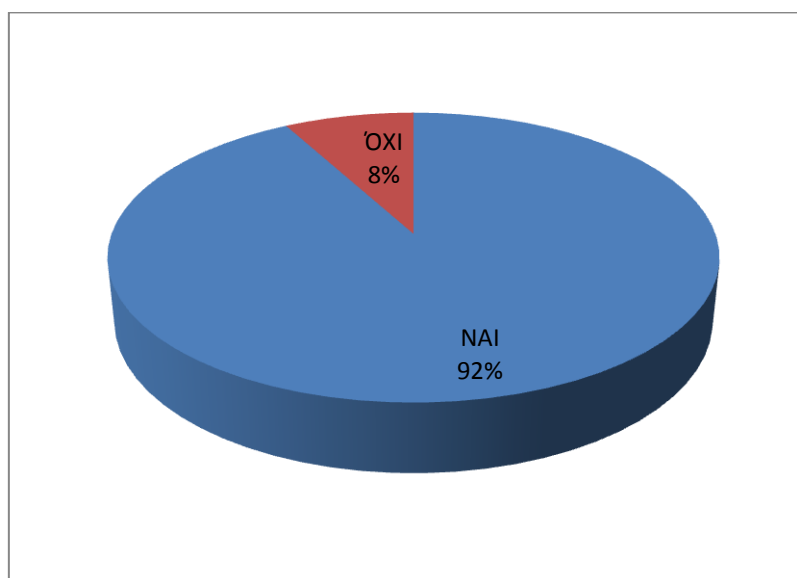
Αρχικά ζητείται η άποψη των ερωτηθέντων εάν το έργο θα λύσει για αρκετές δεκαετίες το πρόβλημα ηλεκτροδότησης του νησιού, όπου όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, 172 άτομα (70%) απάντησαν θετικά και 77 άτομα (30%) αρνητικά. Μπορεί μεν η πλειοψηφία να εκφράστηκε θετικά αλλά είναι σημαντικό και το ποσοστό των κατοίκων που έχουν αντίθετη άποψη





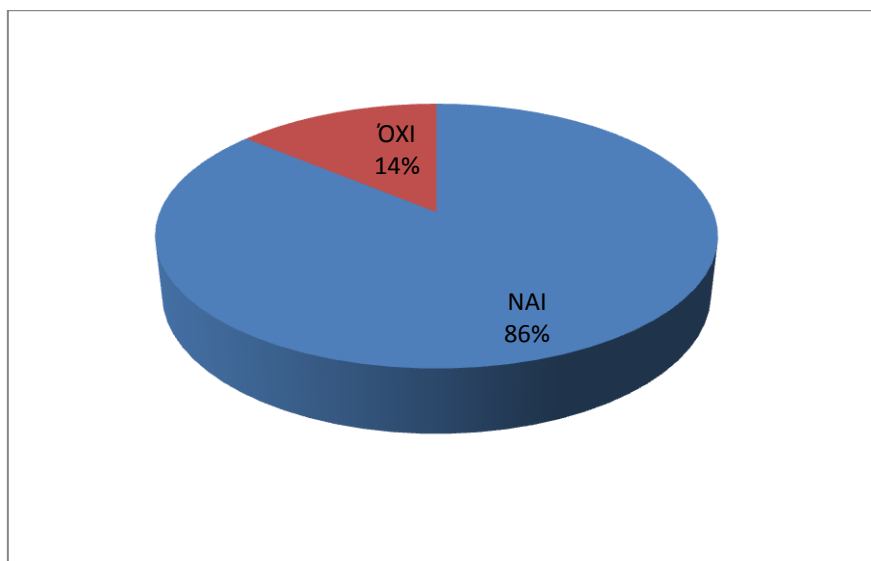
**Σχήμα 24:** Συμβολή ΥΒΣ στην επίλυση του προβλήματος ηλεκτροδότησης του νησιού

Στη επόμενο Υποερωτήμα για την συμβολή του έργου στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας τα αποτελέσματα είναι πιο εμφανή.: 224 άτομα (92%) πιστεύουν ότι το έργο θα δώσει δουλειά σε ντόπιους τεχνίτες και μηχανικούς και 25 άτομα (8%) θεωρούν αυτό δεν θα γίνει όπως φαίνεται και το παρακάτω σχήμα



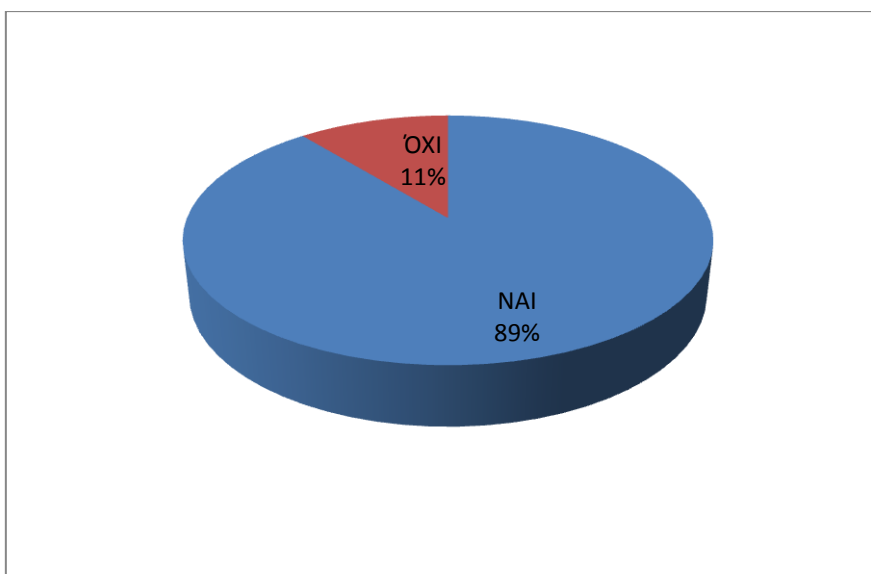
**Σχήμα 25:** συμβολή του ΥΒΣ στη δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας

Το τρίτο υποερώτημα εξετάζει τη γνώμη των ερωτηθέντων για το αν το έργο θα αποτελέσει αντικείμενο προβολής και επίσκεψης του νησιού, σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα. 210 άτομα (86%) έχουν θετική γνώμη ενώ 40 άτομα (14%) θεωρούν ότι κάτι τέτοιο δε θα συμβεί



**Σχήμα 26: θα γίνει το έργο αντικείμενο προβολής και επίσκεψης**

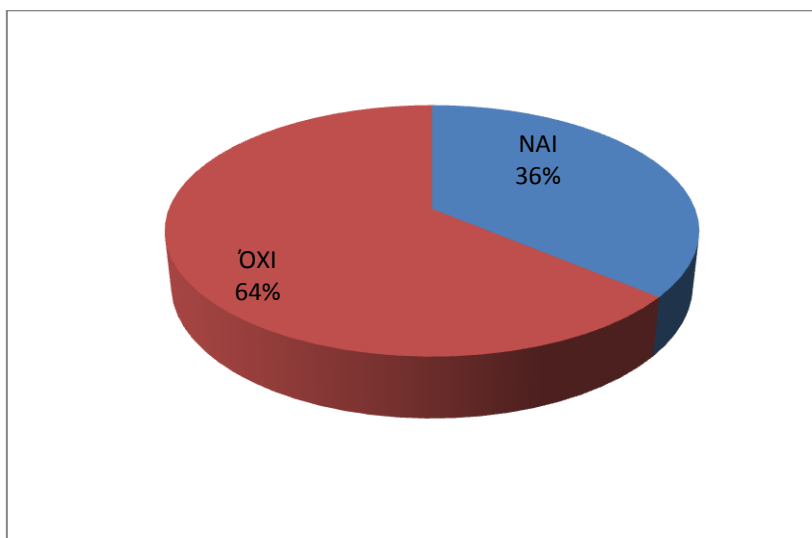
Το ερώτημα 7 εξετάζει την άποψη των συμμετεχόντων για το αν το έργο είναι αναγκαίο για την Ικαρία. Τα αποτελέσματα παριστάνονται στο παρακάτω σχήμα, όπου το 89% (218 άτομα) απάντησαν θετικά ενώ 32 άτομα (11%) θεώρησε ότι δεν υπάρχει ανάγκη για την κατασκευή του.



**Σχήμα 27: αναγκαιότητα έργου για την Ικαρία**

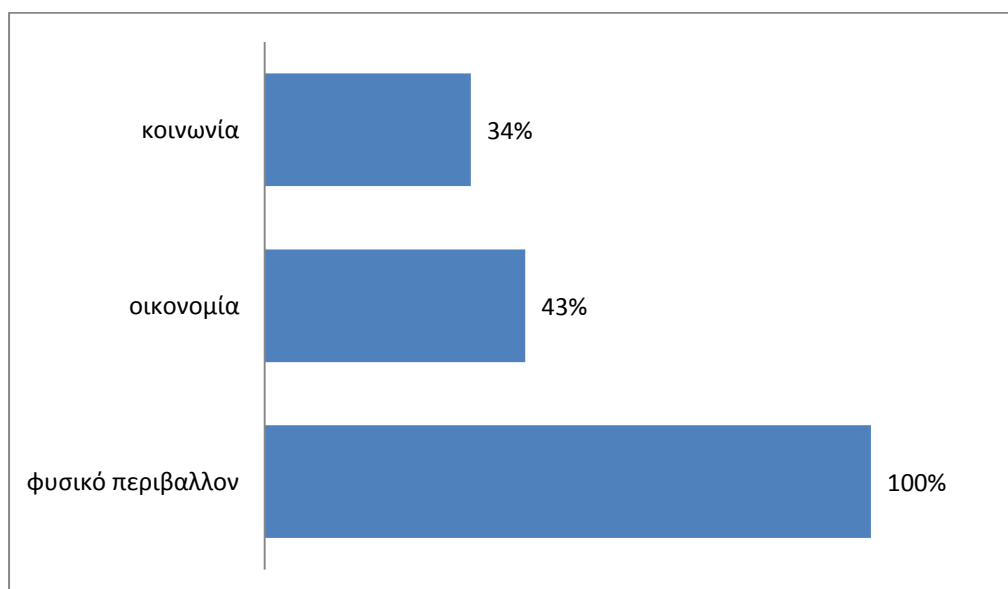
Στο τελευταίο ερώτημα εξετάζεται η γνώμη των κατοίκων σχετικά με το εάν το προτεινόμενο έργο θα έχει θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις, σε ποιον τομέα και αν αυτές μπορούν να προσδιοριστούν. Σύμφωνα με το επόμενο σχήμα 158 άτομα (64%)

πιστεύουν ότι δεν θα υπάρξουν επιπτώσεις και οι υπόλοιποι 92 (36%) θεωρούν ότι θα υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις.



Σχήμα 28: έχει το έργο αρνητικές επιπτώσεις

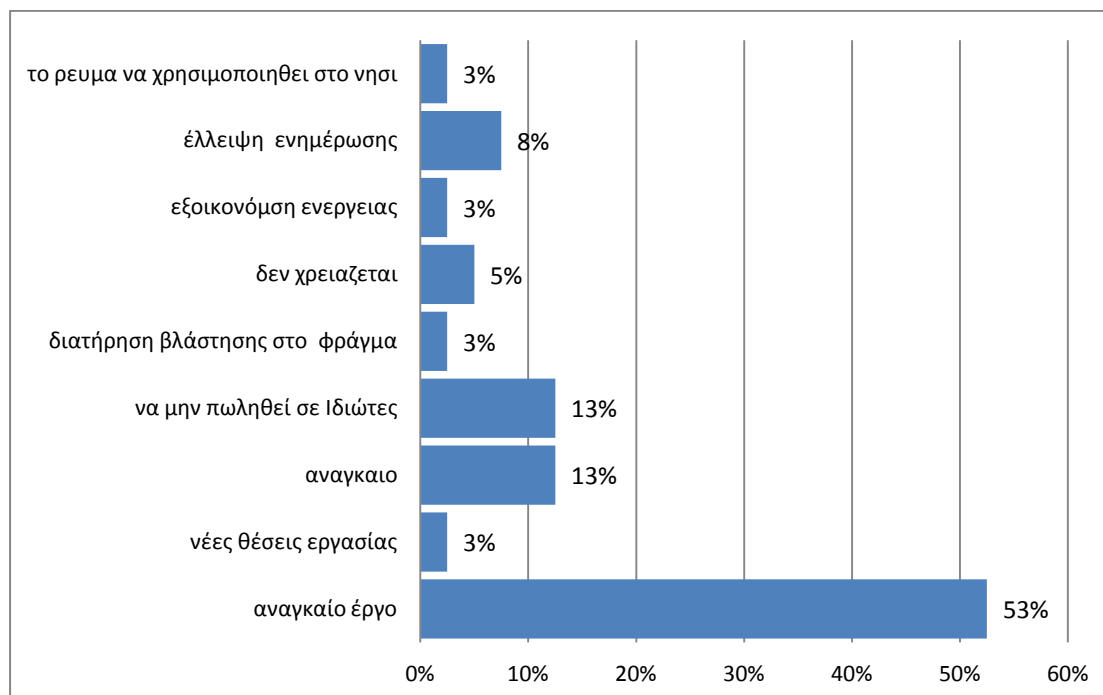
Όσοι απάντησαν ότι αναμένονται αρνητικές επιπτώσεις από το έργο ζητήθηκε να προσδιορίσουν και σε ποιον τομέα θα υπάρξουν αυτές, έχοντας τρεις επιλογές: φυσικό περιβάλλον, οικονομία και κοινωνία. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα όπου διαπιστώνεται ότι το σύνολο των απαντήσεων αφορά το φυσικό περιβάλλον ενώ 43% την οικονομία και 34% την κοινωνία



Σχήμα 29: πιθανοί τομείς αρνητικών επιπτώσεων έργου

Από τα 86 άτομα που απάντησαν ότι αναμένονται αρνητικές επιπτώσεις μόνο 25 εξ' αυτών (30%) προσδιόρισε και τις επιπτώσεις αυτές με τα σύνολο να αναφέρεται στην αλλοίωση και υποβάθμιση του τοπίου.

Στις γενικές παρατηρήσεις τέλος συμμετείχαν μόνο 40 άτομα (16%) με τις περισσότερες να τονίζουν την αναγκαιότητα του έργου και να μην πωληθεί σε Ιδιώτες,. Αναλυτικά οι παρατηρήσεις τους αποτυπώνονται στο παρακάτω Σχήμα:



Σχήμα 30: Γενικές παρατηρήσεις επί του Έργου

## Συμπεράσματα

Η προώθηση νέων τεχνολογιών εναλλακτικών μορφών ενέργειας σε ορεινές και απομακρυσμένες περιοχές είναι ιδιαίτερη σημαντική τόσο για την τοπική ανάπτυξη όσο και για την ενεργειακή βιωσιμότητά τους.

Μέσω του ερωτηματολογίου επιχειρείται να «μετρηθεί» ο βαθμός γνώσης των κατοίκων για τις ΑΠΕ, η επίδραση τους στην τοπική ανάπτυξη, η διερεύνηση της γνώσης και αποδοχής της τοπικής κοινωνίας σχετικά με τη λειτουργία και εγκατάσταση του ΥΒΣ στην περιοχή και τέλος ο προσδιορισμός των επιπτώσεων του Έργου.

Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε 250 κατοίκους έδειξε η συμμετοχή των ανδρών ήταν μεγαλύτερη από αυτή των γυναικών. Επίσης σε αυτά συμμετείχαν περισσότεροι νέοι και ειδικότερα οι ηλικιακές ομάδες κάτω των 50 ετών, με κύρια απασχόληση ελεύθερου επαγγελματία και αγρότη ενώ σημαντικό είναι και το ποσοστό των ανέργων. Στην έρευνα συμμετείχαν ισομερώς και από τις τρεις περιοχές του νησιού (Άγιος Κήρυκος, Εύδηλος, Ράχες).

Η μεγάλη πλειονότητα των ερωτηθέντων γνωρίζει για την ενεργειακή εξάρτηση του νησιού από την εισαγωγή πετρελαίου, καθώς επίσης και για τη δυνατότητα που υπάρχει για μείωση της εξάρτησης αυτής μέσω της εισαγωγής τεχνολογιών ΑΠΕ στο νησί.

Οι ερωτηθέντες γνωρίζουν πολύ καλά για το υβριδικό έργο μιας και αυτό έχει αρχίσει να κατασκευάζεται από το 2008 περίπου. Μάλιστα επικροτούν την κατασκευή του θεωρώντας ότι αυτό θα έχει πολύ σημαντικές θετικές επιπτώσεις στην τοπική κοινωνία και οικονομία και το θεωρούν αναγκαίο.

Παρόλα αυτά όμως ένα σημαντικό ποσοστό διατυπώνει την αγωνία σχετικά με τις αρνητικές επιπτώσεις του έργου ως προς το φυσικό περιβάλλον κυρίως.

Το έργο αποτελεί αναμφισβήτητα μια καινοτόμο τεχνολογία ΑΠΕ που θα συμβάλλει αποτελεσματικά στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης του νησιού και η τοπική κοινωνία το θεωρεί αναγκαίο και το έχει αποδεχθεί παρόλες τις πιθανές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Με τον κατάλληλο ενεργειακό σχεδιασμό το έργο μπορεί να ενσωματωθεί στο ενεργειακό σύστημα του νησιού και να συνδυαστεί με μελλοντικές τεχνολογίες ΑΠΕ που θα εγκατασταθούν στο νησί με σκοπό την ενεργειακή αυτονομία του.

## Βιβλιογραφία

1. <http://users.sch.gr/imarinakis/energy.htm>. [Ηλεκτρονικό]
2. [Ηλεκτρονικό] <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=484346>.
3. [Ηλεκτρονικό] [http://users.sch.gr/omixara/eco\\_energy/ananeosimes/aioliki.htm](http://users.sch.gr/omixara/eco_energy/ananeosimes/aioliki.htm).
4. [Ηλεκτρονικό] [www.retscreen.net](http://www.retscreen.net).
5. [www.ikaria.gr](http://www.ikaria.gr). [Ηλεκτρονικό]
6. **Ρίππη, Αικατερίνη.** *Μαθηματική προσομείωση υβριδικών συστημάτων, το παράδειγμα της Ικαρίας.* Αθήνα : s.n., 2013.
7. <http://www.oikoskopio.gr/map/>. [Ηλεκτρονικό]
8. **ΑΔΜΗΕ.** [Ηλεκτρονικό] 2013.  
[http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS\\_DSS/Meleti\\_eparkeias\\_final.pdf](http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS_DSS/Meleti_eparkeias_final.pdf).
9. **Κατσάφαρος, Ιωάννης.** *Μελέτη Ενεργειακού συστήματος Ικαρίας.* Πάτρα : s.n., 2011.
10. [www.dei.gr](http://www.dei.gr). [Ηλεκτρονικό]
11. **Ανανεώσιμες, ΔΕΗ.** Το υβριδικό Έργο της Ικαρίας. 2008.
12. **Σχίζα, Μ.Β.** *Το υβριδικό ενεργειακό έργο της Ικαρίας. Η συμβολή του στην τοπική ανάπτυξη.* Αθήνα : s.n., 2012.
13. **ΠΑΠΑΕΥΘΥΜΙΟΥ, Σ.** *Αρχές διαχείρισης Υβριδικών σταθμών, εφαρμογή στο σύστημα της Ικαρίας.* Αθήνα : ΕΜΠ, ΔΕΗΑΝ, ΔΕΗ, 2009.
14. **Theodoropoulos, P., Zervos, A. και Betzios, G.** hybrid systems using pumping storage. Implementation in Icaria Island. Chania : s.n., 2001.
15. **Polatidis, H. και Haralambopoulos, D.** a web based multicriteria decision analysis software tool for renewable energy projects. 2001.



16. <http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26515&subid=2&pubid=112797094>
17. <http://www.goronadelviento.es/index.php?accion=articulo&IdArticulo=121&IdSeccion=104>
18. [http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/Hybrid\\_Renewable\\_Energy\\_Systems\\_Case\\_Studies.html](http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/Hybrid_Renewable_Energy_Systems_Case_Studies.html)
19. <http://www.edinenergy.org/bonaire.html>
20. [http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/Hybrid\\_Renewable\\_Energy\\_Systems\\_Case\\_Studies\\_files/Liddell%20Solar%20Thermal%20Station.pdf](http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/Hybrid_Renewable_Energy_Systems_Case_Studies_files/Liddell%20Solar%20Thermal%20Station.pdf)
21. [http://www.rae.gr/site/categories\\_new/electricity/market/mdn.csphttp://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=4318&lang=1&catid=2](http://www.rae.gr/site/categories_new/electricity/market/mdn.csphttp://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=4318&lang=1&catid=2)

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

ΦΥΛΛΟ

ΑΝΔΡΑΣ	
ΓΥΝΑΙΚΑ	

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ

ΔΗΜ.ΥΠΑΛΛΗΛ.	
ΙΔΙΩΤ.ΥΠΑΛΛΗΛ.	
ΕΛΕΥΘ.ΕΠΑΓΓΕΛΜ	
ΣΥΝΤΑΞΙΟΥΧΟΣ	
ΑΓΡΟΤΗΣ	
ΦΟΙΤΗΤΗΣ	
ΑΝΕΡΓΟΣ	

ΗΛΙΚΙΑ

18-35	
36-50	
51-90	

ΤΟΠΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

ΑΓΙΟΣ	
ΚΗΡΥΚΟΣ	
ΕΥΔΗΛΟΣ	
ΡΑΧΕΣ	

1) Γνωρίζετε ότι η ηλεκτροδότηση της Ικαρίας εξαρτάται από την καύση πετρελαίου;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

2) Γνωρίζεται ότι το πετρέλαιο που καταναλώνει η ΔΕΗ στην Ικαρία είναι εισαγόμενο;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

3) Μπορείτε να οργανώσετε τη ζωή σας χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

4) Γνωρίζεται ότι ο συνδυασμός αιολικού πάρκου και υδροηλεκτρικού έργου μπορεί να δώσει εγγυημένη ηλεκτρική ενέργεια χωρίς εισαγωγές οποιουδήποτε καυσίμου για πολλές δεκαετίες;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

5) Γνωρίζεται για το υβριδικό έργο που είναι υπό κατασκευή στην Ικαρία.

Έχω ακούσει.  Είμαι ενήμερος.  Δεν γνωρίζω.

6) Γνωρίζετε ότι ο υβριδικός σταθμός

Θα λύσει για πολλές δεκαετίες το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης του νησιού;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Θα δώσει δουλειά σε μερικούς ντόπιους τεχνίτες και μηχανικούς.

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Θα γίνει αντικείμενο προβολής και επίσκεψης του νησιού;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

7) Πιστεύεται το έχει ανάγκη αυτό το υβριδικό έργο η Ικαρία

ΝΑΙ  ΟΧΙ

8) Πιστεύετε ότι υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις του έργου

Στο φυσικό τοπίο;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ΝΑΙ, ποιες είναι αυτές; \_\_\_\_\_

---

Στην οικονομία;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ΝΑΙ, ποιες είναι αυτές; \_\_\_\_\_

---

Στην κοινωνική ζωή του νησιού;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ΝΑΙ, ποιες είναι αυτές; \_\_\_\_\_

---

Γενικές παρατηρήσεις: \_\_\_\_\_

---