Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανολογίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη αυτόνομων συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στη νήσο Ψέριμο .



Μάγκος Σακελλάρης (ΑΜ 5418)

Επιβλέπων Καθηγητής: κος Κατσαπρακάκης Δημήτρης (Καθηγητής Ε.Μ.Π.)

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΜΑΙΟΣ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου Εργασίας κ. Κατσαπρακάκη Δημήτρη Καθηγητή Ε.Μ.Π. για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με την παρούσα εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τον αδερφό μου Κώστα, για την ηθική υποστήριξη αλλά και την υπομονή που έδειξαν όλο αυτό τον καιρό.

Τέλος με αυτόν τον τρόπο θα ήθελα να αφιερώσω αυτήν την εργασία σε όλους τους κατοίκους της Νήσος Ψέριμος που τον Χειμώνα που μας πέρασε στο νησί έζησαν εικόνες βιβλικής καταστροφής ύστερα από καταστροφικές πλημύρες που έπληξαν όλο το νησί εκφράζοντας την συμπαράσταση μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία θα εστιάσει στη μελέτη δύο ανεξάρτητων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στην Νήσο Ψέριμο από συστήματα Α.Π.Ε. Για την ηλεκτρική ενέργεια τα συστήματα που θα εξεταστούν είναι: ανεμογεννήτριες μικρού μεγέθους, φωτοβολταϊκά ,ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές για αποθήκευση. Στόχος του έργου ήταν να εξεταστεί η απαιτούμενη σύνθεση και διαστασιολόγηση του υβριδικού συστήματος, προκειμένου να επιτευχθούν η μέγιστη διείσδυση ΑΠΕ επί της ετήσιας ζήτησης ενέργειας του νησιού.

Για τη θερμική ενέργεια θα εξεταστεί σύστημα: ηλιακών συλλεκτών για την χρήση ζεστού νερού χρήσης και για την θέρμανση χώρου καυστήρας βιομάζας με την χρήση ως καύσιμο την ελιά ύστερα από καλλιέργεια και κατάλληλη επεξεργασία . Θα εκπονηθεί τεχνική μελέτη (χωροθέτηση και διαστασιολόγηση) καθώς και οικονομική αξιολόγηση των συστημάτων.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να απεξαρτηθεί από τα ορυκτά καύσιμα η Νήσος της Ψερίμου, να καλυφτούν οι ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ηλεκτρισμού, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και να δημιουργηθεί ένα νησί το οποίο θα είναι ενεργειακά αυτάρκες.

SUMMARY

The project will focus on the study of two independent systems producing electricity and thermal energy in the Isle of Pserimos through renewable energy systems (RES). Electricity systems taken into confederation are: small wind turbines, photovoltaics and electrochemical batteries for storage. The aim of the project was to examine the required composition and design of the hybrid system in order to achieve maximum penetration of RES into the annual energy demand of the island.

Solar panels for hot water use and the a heating biomass boiler using olive wood as fuel will be considered for the thermal energy system. A technical study (including sitting and sizing as well as an economic evaluation of the systems will be conducted.

The purpose of this project is the isle of pserimos to be freed from fossil fuels, to cover its energy needs for heat and electricity from Renewable Energy Sources (RES) and eventually become a self-sufficient island energy-wise.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ 1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ 2
SUMMARY 3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 4
Πίνακας Σχημάτων 8
Πινακας Γραφηματων 9
Πινάκας Πινάκων 10
Πίνακας Εικόνων 11
1. Κεφάλαιο- Εισαγωγή 12
1.1. Ενέργεια και πηγές ενέργειας 12
1.2. Η ανάγκη αποθήκευσης της ενέργειας 13
1.3. Διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης 14
1.4. Σύγκριση μεθόδων με βάση την ταχύτητα εκφόρτισης 16
1.5. Τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης 16
1.6. Αποθήκευση ενέργειας σε χημική μορφή-τεχνολογία μπαταριών 17
1.6.1. Εισαγωγή 17
1.6.1.1. Μπαταρίες μολύβδου – οξέος (Lead – Acid Batteries). 18
1.6.1.2. Αλκαλικές μπαταρίες. 19
1.6.2. Προηγμένες μπαταρίες. 19
1.6.2.1. Μπαταρίες λιθίου (Lithium Batteries). 19
1.6.2.2. Μπαταρίες νατρίου – θείου (Sodium Sulphur Batteries, NaS). 20
1.6.2.3. Μπαταρίες ροής (Flow Batteries). 21
1.6.2.4. Μπαταρίες μετάλλου - αέρα (Metal – Air Batteries) 21
1.6.3. Διαστασιολόγηση μπαταριών σε εφαρμογές ΑΠΕ. 22
1.7. Σκοπός έργου(Αναπτυσσόμενες μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενεργείας στην νήσο Ψέριμο). 22
2. Κεφάλαιο -Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας 23
2.1. Εισαγωγή 23
2.2. Αιολική Ενέργεια. 24
2.2.1. Άνεμος. 24
2.2.2. Ανεμογεννήτριες. 25

2.2.2.1. Γενικά..... 25
2.2.2.2. Τύποι ανεμογεννητριών..... 26
2.2.2.3. Παραγωγή ενέργειας..... 28
2.3. Ηλιακή Ενέργεια..... 31
2.3.1. Ο Ήλιος..... 31
2.3.2. Φωτοβολταικα..... 31
2.3.2.1. Γενικά..... 31
2.3.2.2. Ιστορία των Φωτοβολταϊκών Στοιχείων..... 31
2.3.2.3. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο..... 32
2.3.2.4. Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων..... 32
2.3.2.5. Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων..... 33
2.3.3. Ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού..... 34
2.3.3.1. Εισαγωγή..... 34
2.3.3.2. Είδη ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού..... 34
2.3.3.3. Αποθήκευση θερμότητας σε ηλιακές δεξαμενές..... 36
3. Κεφάλαιο -Βιομάζα..... 37
3.1. Γενικά..... 37
3.1.1. Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας..... 38
3.1.2. Μετατροπές της βιομάζας..... 40
3.1.3. Η βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας..... 41
3.2. Κάυση της βιομάζας..... 42
3.2.1. Γενικά..... 42
3.2.2. Μηχανισμοί μεταφοράς της θερμικής ενέργειας..... 43
3.3. Χρήσεις της βιομάζας..... 44
3.3.1. Θέρμανση κτιρίων με βιομάζα..... 44
3.3.2. Εφαρμογές στον οικιακό τομέα..... 45
3.3.2.1. Βιομάζα στον οικιακό τομέα..... 45
3.3.2.2. Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για θέρμανση..... 46
3.3.3. Προϋποθέσεις Εγκατάστασης..... 51
3.3.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση βιομάζας στον οικιακό τομέα 51
3.4. Σύγκριση διαφορετικών πρακτικών θέρμανσης κατοικίας στην Κύπρο..... 52
3.5. Περιβαλλοντικό όφελος..... 54
4. Κεφάλαιο -Περιγραφή της νήσου Ψέριμος..... 54
4.1. Γενικά..... 54

4.1.1. Ιστορία-Πολιτισμός-Δραστηριότητες στην νήσο Ψέριμο 55
4.2. Κλιματολογικές συνθήκες της Νήσος Ψέριμος 57
4.3. Παρούσες και Μελλοντικές Ανάγκες της Ψερίμου 59
4.3.1. Προσδιορισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο μη διασυνδεμένο σύστημα παραγωγής αυτού του συμπλέγματος νήσων 59
Fincantieri BL230.12P 61
4.3.2. Ζήτηση ισχύος από το δίκτυο 63
5. Κεφάλαιο - Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας 67
5.1. Γενικά 67
5.1.1. Πλεονεκτήματα υβριδικών συστημάτων 67
5.1.2. Τρόποι λειτουργίας υβριδικών συστημάτων 68
5.2. Εμπειρία Εφαρμογής Υβριδικών Συστημάτων 69
5.2.1. Νησί Utsira 69
5.2.2. Νησί King 70
5.2.3. Κοινότητα Wales στην Αλάσκα 71
5.2.4. Νησί Samso 73
5.2.5. Ελλάδα: 74
5.2.5.1. Το παράδειγμα της Κύθνου 74
6. Κεφάλαιο - Αναλυτική Προσομοίωση του υβριδικού ενεργειακού συστήματος για τη Ψέριμο 77
6.1. Γενίκα 77
6.2. Σημαντικές αποφάσεις για το ενεργειακό σύστημα 78
6.2.1. Μέρη υβριδικού συστήματος 78
6.2.2. Μέσο αποθήκευσης 78
6.2.3. Στοιχεία προσομοίωσης 78
6.2.4. Εργαλείο προσομοίωσης 79
6.3. Υπολογιζόμενα μεγέθη 81
6.4. Υπολογίσμοι 83
6.4.1. Ενεργειακά στοιχεία 83
6.4.2. Φωτοβολταϊκά 85
6.4.3. Ανεμογεννήτριες 86
6.4.4. Δίκτυο 87
6.4.4.1. Ηλεκτρικοί συσσωρευτές 87
6.4.5. Αντιστροφέας 88

6.4.6. Οικονομικά στοιχεία 89
7. Κεφάλαιο -Αναλυτική μελέτη για την κάλυψη θερμικής ενέργειας και ζεστού νερού χρήσης για την νήσο Ψέριμο 92
7.1. Γενικα 92
7.1.1. Υπολογισμος στεγαζομένης επιφάνειας του νησιού 93
7.1.2. Υπολογισμός των αναγκών θέρμανσης 93
7.1.3. Υπολογισμός κόστος καυσίμου 94
7.1.4. Οικονομίκη μέλετη για την καλλιέργεια βιομάζας (ελιά) 94
7.2. Αναλύτικη μελέτη για την κάλυψη του νησιού για ζεστό νερό χρήσης 98
7.2.1. Εισαγωγη 98
7.2.2. Κάλυψη αναγκών για ζεστό νερό χρήσης 98
7.2.3. Οικονομικα στοιχεία για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών 102
7.2.4. Οικονομική αξιολόγηση στην υπό μελέτη εγκατάσταση 103
8. Κεφάλαιο -Επίλογος 105
8.1. Αξιολόγηση του έργου 105
8.2. Συμπεράσματα: 105
Βιβλιογραφία 107

Πίνακας Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 1 .Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ. 14
ΣΧΗΜΑ 2.ΜΕΘΟΔΟΣ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΗΓΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ 15
ΣΧΗΜΑ 3.ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 25
ΣΧΗΜΑ 4.ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Α/Γ 26
ΣΧΗΜΑ 5. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ 27
ΣΧΗΜΑ 6.ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ. 29
ΣΧΗΜΑ 7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΚΑΜΠΥΛΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΠΝΟΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ. 30
ΣΧΗΜΑ 8. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ 32
ΣΧΗΜΑ 9.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 41
ΣΧΗΜΑ 10.ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΙΟΜΑΖΑ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ 41
ΣΧΗΜΑ 11.Η ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΙΘΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΨΕΡΙΜΟ. 58
ΣΧΗΜΑ 12.Η ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗΝ ΨΕΡΙΜΟ. 59
ΣΧΗΜΑ 13.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ. 75
ΣΧΗΜΑ 14.ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΗΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ 80
ΣΧΗΜΑ 15.ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 83
ΣΧΗΜΑ 16.ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΡΟΗ ΧΡΗΜΑΤΩΝ ΑΝΗΓΜΕΝΗ ΣΕ ΚΠΑ ΑΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 90
ΣΧΗΜΑ 17.ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΡΟΗ ΧΡΗΜΑΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΕΝΗ ΣΕ ΚΠΑ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΕΞΟΔΟΥ 90
ΣΧΗΜΑ 18.ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΡΟΗ ΧΡΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ ΑΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 91
ΣΧΗΜΑ 19.ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΡΟΗ ΧΡΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΕΞΟΔΟΥ 91
ΣΧΗΜΑ 20.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΡΟΗΣ 92

Πινακας Γραφηματων

ΓΡΑΦΗΜΑ 1.ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΩΡΙΑΙΑΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ MW. 63
ΓΡΑΦΗΜΑ 2.ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ/ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ 64
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 64
ΓΡΑΦΗΜΑ 4.ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΨΕΡΙΜΟ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ 65
ΓΡΑΦΗΜΑ 5.ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΥΘΝΟΥ, ΣΥΝΘΕΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΙΣ 14/10/2000 76
ΓΡΑΦΗΜΑ 6.ΜΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ..... 84
ΓΡΑΦΗΜΑ 7.ΜΗΝΙΑΙΟ ΠΟΣΟ ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ84
ΓΡΑΦΗΜΑ 8.ΠΡΟΣΔΟΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΕ ΩΡΙΑΙΑ ΒΑΣΗ 85
ΓΡΑΦΗΜΑ 9.ΠΡΟΣΔΟΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΕ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΑΣΗ 86
ΓΡΑΦΗΜΑ 10.ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ – ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ 88
ΓΡΑΦΗΜΑ 11.ΜΗΝΙΑΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ..... 88
ΓΡΑΦΗΜΑ 12.ΠΡΟΣΔΟΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ INVERTER ΣΕ ΩΡΙΑΙΑ ΒΑΣΗ ΓΙΑ ΟΛΗ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ. 89
ΓΡΑΦΗΜΑ 13.ΠΡΟΣΔΟΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ RECTIFIER ΣΕ ΩΡΙΑΙΑ ΒΑΣΗ ΓΙΑ ΟΛΗ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 89

Πινάκας Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.ΜΟΡΦΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΩΝ. 15
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ 17
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΧΩΡΕΣ 39
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΟΙΚΙΑΣ 200 Μ2 ΣΤΗ ΛΕΥΚΩΣΙΑ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΜΕ PELLET. 53
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΟΙΚΙΑΣ 200 Μ2 ΣΤΗ ΛΕΥΚΩΣΙΑ ΜΕ ΤΥΠΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΣΤΙΑ. 53
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΨΕΡΙΜΟΥ 57
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΑΛΥΜΝΟΥ 59
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΩ 60
ΠΙΝΑΚΑΣ 9.ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ. 62
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 63
ΠΙΝΑΚΑΣ 11.ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ ΕΠΟΜΕΝΑ ΧΡΟΝΙΑ. 66
ΠΙΝΑΚΑΣ 12.ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΝΗΣΙΟΥ UTSIRA 69
ΠΙΝΑΚΑΣ 13.ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΝΗΣΙΟΥ KING 71
ΠΙΝΑΚΑΣ 14.ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ WALES 72
ΠΙΝΑΚΑΣ 15.ΚΟΣΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥ 79
ΠΙΝΑΚΑΣ 16.ΑΠΟΔΙΔΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ 80
ΠΙΝΑΚΑΣ 17.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 83
ΠΙΝΑΚΑΣ 18.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 84
ΠΙΝΑΚΑΣ 19.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ 85
ΠΙΝΑΚΑΣ 20.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ 86
ΠΙΝΑΚΑΣ 21.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ 87
ΠΙΝΑΚΑΣ 22.ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ 87
ΠΙΝΑΚΑΣ 23.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ 88
ΠΙΝΑΚΑΣ 24.ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 89
ΠΙΝΑΚΑΣ 25.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΚΟΣΤΗ 90
ΠΙΝΑΚΑΣ 26.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΙΑΣ 94
ΠΙΝΑΚΑΣ 27.ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΕΛΙΑΣ 97
ΠΙΝΑΚΑΣ 28.ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ 98
ΠΙΝΑΚΑΣ 29.ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ 98
ΠΙΝΑΚΑΣ 30.ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ 99
ΠΙΝΑΚΑΣ 31.ΒΑΘΜΟΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΚΑΙ ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΣΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΚΩ 100
ΠΙΝΑΚΑΣ 32.ΟΛΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΑ ΕΠΙΠΕΔΑ 15, 45 ΚΑΙ 65 ΜΟΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΩ 100
ΠΙΝΑΚΑΣ 33.ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΛΛΕΚΤΗ LOGASOL SKN 3.0 – S 101
ΠΙΝΑΚΑΣ 34.ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΔΟΧΕΙΟΥ 102
ΠΙΝΑΚΑΣ 35.ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 102
ΠΙΝΑΚΑΣ 36.ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 103
ΠΙΝΑΚΑΣ 37.ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΤΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ 104

Πίνακας Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ 18
ΕΙΚΟΝΑ 2.ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΙΟΝΤΟΣ ΛΙΘΙΟΥ ΤΩΝ 100 KW 20
ΕΙΚΟΝΑ 3.ΔΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ NAS 20
ΕΙΚΟΝΑ 4.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΡΟΗΣ. 21
ΕΙΚΟΝΑ 5 .ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Α/Γ ΚΑΙ Φ/Β 23
ΕΙΚΟΝΑ 6.ΒΙΟΜΑΖΑ ΑΠΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΛΙΑΣ 23
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ 27
ΕΙΚΟΝΑ 8.ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΕ ΣΩΛΗΝΩΤΟ ΧΑΛΥΒΔΙΝΟ ΠΥΡΓΟ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΤΟ ΠΥΡΓΟ (ΔΕΞΙΑ). 28
ΕΙΚΟΝΑ 9. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΗΛΙΑΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ICS (Α) ΚΑΙ ΘΕΡμΟΣΙΦΩΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗμΑ (Β) 35
ΕΙΚΟΝΑ 10.ΘΕΡμΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗμΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ 36
ΕΙΚΟΝΑ 11.ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ 45
ΕΙΚΟΝΑ 12.ΘΡΥΜΜΑΤΑ ΞΥΛΩΝ (WOODCHIPS) 46
ΕΙΚΟΝΑ 13.ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (PELLETS) 46
ΕΙΚΟΝΑ 14.ΤΥΠΙΚΟ ΤΖΑΚΙ(ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ) 47
ΕΙΚΟΝΑ 15.ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΤΖΑΚΙΟΥ 48
ΕΙΚΟΝΑ 16.ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΜΕ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ. 49
ΕΙΚΟΝΑ 17.ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ 50
ΕΙΚΟΝΑ 18.ΣΟΜΠΑ ΜΕ PELLETS. 51
ΕΙΚΟΝΑ 19.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΝΗΣΟΥ ΨΕΡΙΜΟΣ ΜΕΣΩ GOOGLE EARTH 55
ΕΙΚΟΝΑ 20.ΠΑΝΟΡΑΜΙΚΗ ΘΕΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΣ ΨΕΡΙΜΟΣ 56
ΕΙΚΟΝΑ 21.ΕΙΚΟΝΑ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΟ(GOOGLE EARTH) ΣΤΗΝ ΝΗΣΟ ΨΕΡΙΜΟΣ 57
ΕΙΚΟΝΑ 22.ΟΙ ΖΩΝΕΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ. 58
ΕΙΚΟΝΑ 23.ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΥΘΝΟΥ 75
ΕΙΚΟΝΑ 24.ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΘΑ ΥΛΟΠΟΙΗΘΕΙ 77
ΕΙΚΟΝΑ 25.ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ(GOOGLE EARTH) 87

1. Κεφάλαιο- Εισαγωγή

1.1. Ενέργεια και πηγές ενέργειας

Τον όρο ενέργεια το συναντάμε για πρώτη φορά στον Αριστοτέλη ο οποίος τον χρησιμοποιεί με πολύ ασάφεια. Έπρεπε να περάσουν 2500 περίπου χρόνια για να δώσει ο μεγάλος φυσικός του αιώνα μας Max Plank τον ακόλουθο συνοπτικό ορισμό: «Ενέργεια είναι αυτό που βρίσκεται μέσα στο σύστημα και το κάνει ικανό να προκαλεί εξωτερικές δράσεις». Ενέργεια λοιπόν ορίζεται η ικανότητα-δυνατότητα ενός σώματος να παράγει έργο, ενώ παραγωγή έργου σημαίνει αυτόματα και κατανάλωση ενέργειας. Η έννοια αυτή είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ζωή καθώς σε αυτήν οφείλονται όλες οι φυσικές και ζωτικές διαδικασίες που συμβαίνουν γύρω μας. Τα φυσικά φαινόμενα είναι αποτέλεσμα ενέργειας που αντλήθηκε από τον ήλιο ενώ όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί απαιτούν ενέργεια για να επιζήσουν. Δεν είναι πάντα ορατή υπάρχει όμως παντού γύρω μας όπου εμφανίζεται και χρησιμοποιείται σε διάφορες μορφές όπως κινητική , δυναμική, θερμική, μηχανική, χημική, μαγνητική, πυρηνική και ηλεκτρική.

Η ενέργεια δεν δημιουργείται εκ του μηδενός ούτε εξαφανίζεται αλλά συνεχώς μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη. Ως πηγή ενέργειας ορίζεται κάθε τι που μπορεί άμεσα ή έμμεσα να προσφέρει ενέργεια σε ένα σύστημα. Οι ενεργειακές αυτές αποθήκες ή πηγές ενέργειας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την διαθεσιμότητα τους με την πάροδο του χρόνου, ως ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Επίσης η ενέργεια αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την οικονομική και όχι μόνο ανάπτυξη σε τοπικό και διεθνές επίπεδο. Μάλιστα η σχέση μεταξύ ακαθάριστου εθνικού προϊόντος (που απεικονίζει τον πλούτο μιας χώρας) και της κατανάλωσης ενέργειας είναι ευθέως ανάλογη. Το περιβαλλοντικό κόστος όμως μιας τέτοιας ανάπτυξης υπήρξε ιδιαίτερα βαρύ. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι αυτό το κόστος ποτέ δεν αντιμετωπίσθηκε σοβαρά. Τα τελευταία μόνο χρόνια έχει αρχίσει να επισημαίνεται δειλά το γεγονός ότι το εξωλογιστικό μέχρι τώρα κόστος της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης είναι απαγορευτικό προκειμένου να αποκατασταθούν οι ζημιές.

Η συνειδητοποίηση αυτών των προβλημάτων έκανε πιο επίκαιρη την λήψη των αναγκαίων μέτρων όσον αφορά στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Πως όμως μπορεί να αποτυπωθεί το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα σήμερα: Τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου επαρκούν για τα επόμενα 50 χρόνια, ίσως και για 100-150 χρόνια με τις πιο αισιόδοξες προβλέψεις. Η πυρηνική ενέργεια, ιδιαίτερα μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, διαφημίστηκε σαν λύση φθηνής και καθαρής ενέργειας. Δυστυχώς με πολύ τραγικό τρόπο, μετά το ατύχημα του Τσερνομπίλ, αποδείχθηκε ακριβώς το αντίθετο. Αλλά ακόμα και αν ξεπεραστεί το πρόβλημα της ασφάλειας των πυρηνικών εργοστασίων τα ίδια τα πυρηνικά καύσιμα έχουν ορατό ορίζοντα εξάντλησης.

Οι λύσεις επομένως που έχουν μείνει είναι μόνο δύο

1. Η προσπάθεια για αποτελεσματικότερη χρήση των πρωτογενών ενεργειακών πόρων και εξοικονόμηση ενέργειας.
2. Την χρήση των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ή εναλλακτικές πηγές ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας είναι θεωρητικά ανεξάντλητες. Δεν παρουσιάζουν περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά μόνο, πιστεύω προς το παρόν, οικονομικούς και τεχνολογικούς περιορισμούς.

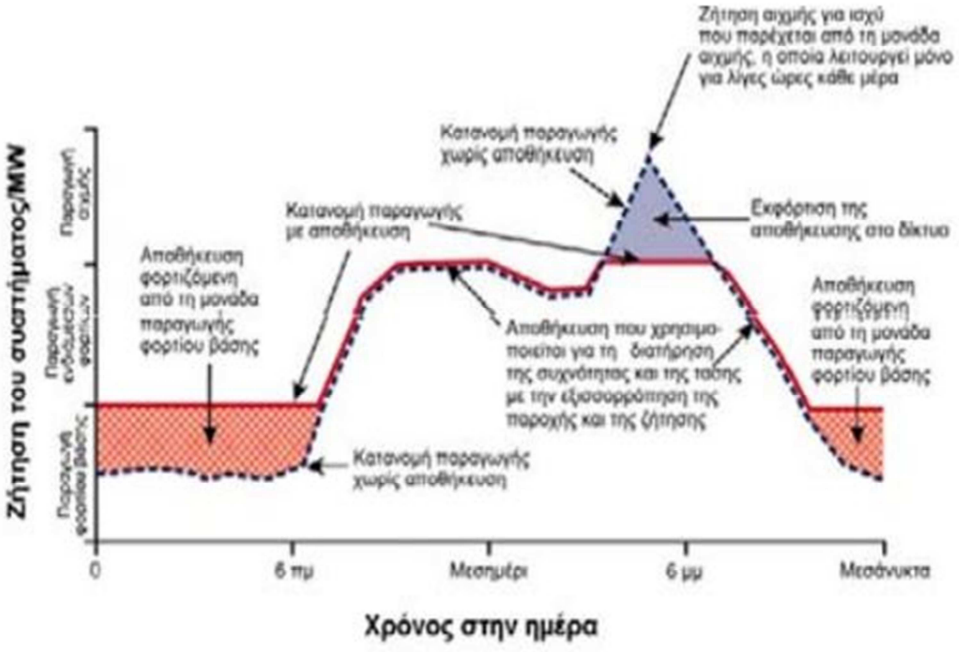
Δύο κύρια από αυτές, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχουν μεγάλο ενδιαφέρον και εκτιμάται ότι αποτελούν την ενεργειακή λύση του μέλλοντος. Η αιολική ενέργεια και η ηλιακή ενέργεια. Και για τις δύο αυτές μορφές ενέργειας ο χορηγός είναι ο ήλιος. Διαφέρουν μόνο στο μέσο, στο φορέα, δια μέσου του οποίου τις παίρνουμε και τις χρησιμοποιούμε.

1.2. Η ανάγκη αποθήκευσης της ενέργειας

Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, είτε αυτό είναι ένα ισχυρό διασυνδεδεμένο δίκτυο (όπως αυτό της ηπειρωτικής χώρας) είτε είναι αυτόνομο (μεγάλης ή μικρότερης ισχύος, όπως τα νησιά ανάλογα με το μέγεθός τους) σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο της ισχύος, δηλ. η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές, το φορτίο, πρέπει να είναι ίση, με μικρές αποκλίσεις, προς αυτή που παράγουν οι σταθμοί παραγωγής (θερμικοί, υδροηλεκτρικοί κλπ). Η χρονική διακύμανση του φορτίου είναι σχετικά προβλέψιμη ώστε να προσαρμόζεται σε αυτή η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Για τεχνικούς λόγους και σε περιόδους χαμηλού φορτίου, οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί δεν μπορούν να μειώσουν την παραγωγή τους κάτω από ένα τεχνικό ελάχιστο όριο οπότε τις χρονικές αυτές περιόδους φαίνεται να περισσεύει ισχύς στο δίκτυο. Η αύξηση της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από τις ΑΠΕ προκαλεί νέα τεχνικά προβλήματα στην διαχείριση ενός ηλεκτρικού δικτύου, τα οποία οφείλονται στην έντονη χρονική διακύμανση που παρουσιάζει η παραγωγή των αιολικών πάρκων και στην αδυναμία πρόγνωσης της παραγωγής από τα αιολικά πάρκα.

Άρα στην ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που υπήρχε παραδοσιακά λόγω των τεχνικών ελαχίστων των μεγάλων θερμικών σταθμών παραγωγής και την κάλυψη των αιχμών ενός δικτύου προστίθεται μία καινούργια που προέρχεται από την αύξηση της συμμετοχής των αιολικών πάρκων στο σύστημα παραγωγής. Η ανάγκη αποθήκευσης μέρους της ενέργειας που προέρχεται από την παραγωγή υβριδικών σταθμών γίνεται τόσο πιο επιτακτική, ακόμη και σε ισχυρά διασυνδεδεμένα δίκτυα, όσο η συμμετοχή της αιολικής ενέργειας αρχίζει να πλησιάζει κάποια όρια πέρα από τα οποία προκαλείται αστάθεια στο ηλεκτρικό δίκτυο. Ήδη κάποιες χώρες έχουν φθάσει στο όριο αυτό οπότε η περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας μπορεί να γίνει μόνο μέσω αποθήκευσης. Προφανώς το πρόβλημα της διαχείρισης της ενέργειας που προέρχεται από τα αιολικά πάρκα γίνεται τόσο πιο έντονο και ανελαστικό όσο μικρότερο είναι το δίκτυο που τροφοδοτείται, όπως συμβαίνει στα νησιά. Ο διαχειριστής ενός ηλεκτρικού δικτύου έχει να αντιμετωπίσει δύο ακραία προβλήματα:

a. Στις περιόδους χαμηλού φορτίου την καλύτερη δυνατή ενσωμάτωση στο δίκτυο της παραγωγής από τα υβριδικά πάρκα (προβλήματα ευστάθειας από την υψηλή διείσδυση)
b. Στις χρονικές περιόδους υψηλού φορτίου (υψηλής ζήτησης) και ιδιαίτερα στις αιχμές του φορτίου τη διαθεσιμότητα μεγάλης ισχύος και ενέργειας μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Από τα προηγούμενα προκύπτει η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας τις ώρες που υπάρχει αυτή διαθέσιμη και η δυνατότητα πρόσδοσης ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο κατά τις περιόδους αιχμής.



Σχήμα 1 .Η αρχή της ενεργειακής αποθήκευσης.

1.3. Διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης

Το ενδιαφέρον για την ενεργειακή αποθήκευση εστιάζεται στην αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της εύκολης μεταφοράς της σε μεγάλες αποστάσεις Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικά. Επειδή, όμως, δεν είναι εφικτή (οικονομικά) η απευθείας αποθήκευσή της, απαιτείται να μετατραπεί πρώτα σε άλλη μορφή και όταν χρειαστεί να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρική. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές ενεργειακής αποθήκευσης, βασιζόμενες σε σχεδόν όλες τις μορφές ενέργειας (Ioannis Hadjipaschalis, Andreas Poullikkas, Venizelos Efthimiou, “Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications”).

Έτσι, η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί στις ακόλουθες μορφές:

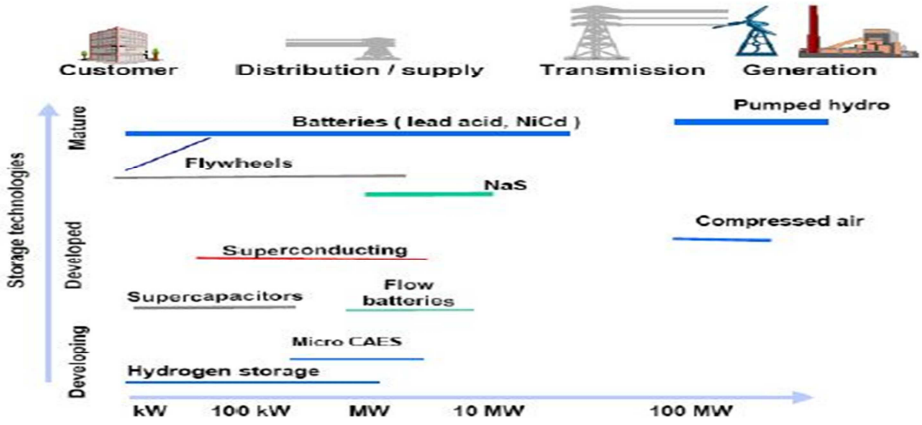
- Σε χημική μορφή (μπαταρίες).
- Σε μηχανική μορφή υπό την μορφή κινητικής ενέργειας σε σφόνδυλο.
- Υπό μορφή ηλεκτροστατικού πεδίου, λόγω διαφορετικού ηλεκτρικού φορτίου στους οπλισμούς (υπέρ-πυκνωτές).
- Υπό μορφή μαγνητικού πεδίου (υπεραγώγιμο μαγνητικό σύστημα ενεργειακής αποθήκευσης).
- Υπό μορφή πεπιεσμένου αέρα (συστήματα αποθήκευσης ενέργειας συμπιεσμένου αέρα).
- Σε υδραυλική μορφή (συστήματα αντλησιοταμίευσης).
- Υπό μορφή υδρογόνου (κυψέλες καυσίμου).

Μορφή μετατροπής	Αντιπροσωπευτική διάταξη
Ηλεκτρική	Πυκνωτές και υπέρ-πυκνωτές
Μαγνητική	Υπεραγώγιμα πηνία(SMES)
Χρήση μηχανικής ενέργειας (δυναμική η περιστροφική)	Αντλησιοταμίευση (PHS)
	Συστήματα με συμπιεσμένο αέρα(CAES)
	Στρεφόμενοι Σφόνδυλοι(Flywheels)
Χημικές μέθοδοι	Μπαταρίες, μπαταριές ροής, προχωρημένου τύπου μπαταρίες(BESS)

Πίνακας 1.Μορφές μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας και αντιπροσωπευτικές διατάξεις αυτών.

Οι διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης είναι προφανώς διαφορετικών τύπων, αφού απαντούν σε συγκεκριμένα τεχνικά και οικονομικά κριτήρια, τα οποία ποικίλουν σημαντικά ανάλογα με τις εφαρμογές και τις ανάγκες. Επομένως, μια συγκριτική μελέτη των τεχνολογιών αυτών καθίσταται δύσκολη, δεδομένου ότι, μεταξύ των άλλων, τα επίπεδα ανάπτυξή τους διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, οι διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να διαιρεθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την κλίμακα αποθήκευσης και την εφαρμογή τους :

1. Διατάξεις βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας , οι οποίες χρησιμοποιούνται σε κατανεμημένες εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής (όταν δηλαδή η παραγωγή λαμβάνει χώρα κοντά ή στην ίδια τη θέση της ζήτησης) και έχουν την ικανότητα να ανταποκρίνονται στα αιτήματα για μικρά χρονικά διαστήματα.
2. Διατάξεις μακροπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας , οι οποίες είναι κυρίως μεγάλες, κεντρικές εγκαταστάσεις και έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν και να παρέχουν την ηλεκτρική ενέργεια για μεγάλες χρονικές περιόδους



Σχήμα 2.Μέθοδος, εφαρμογές και τεχνολογική ωριμότητα των διαφόρων πηγών αποθήκευσης

1.4. Σύγκριση μεθόδων με βάση την ταχύτητα εκφόρτισης

Με κριτήριο την ταχύτητα εκφόρτισης, πρώτα στην κλίμακα είναι τα υπεραγώγιμα πηνία και οι υψηλής ισχύος πυκνωτές με χρόνο εκφόρτισης λίγα δευτερόλεπτα. Η ισχύς των πυκνωτών υψηλής ισχύος κυμαίνεται από 100kW έως 1MW. Με χρόνο εκφόρτισης αρκετά δευτερόλεπτα έως και μερικά λεπτά ακολουθούν οι!υψηλής ισχύος στρεφόμενοι σφόνδυλοι (flywheels), για συστήματα ισχύος από 10 έως λίγες εκατοντάδες kW. Στη συνέχεια ακολουθούν με τη σειρά οι μπαταρίες λιθίου_ιόντος, νικελίου_καδμίου, μολύβδου_οξέως και οι υψηλής ενέργειας υπέρπυκνωτές με χρόνο εκφόρτισης αρκετά λεπτά έως και μία ώρα αντίστοιχα. Η ισχύς των συστημάτων με μπαταρίες λιθίου_ιόντος κυμαίνεται από 1 έως 100kW, μπαταρίες νικελίου_καδμίου από 1kW έως 5MW,με μπαταρίες μολύβδου_οξέως από 1kW έως 10MW και τέλος για τους υψηλής ενέργειας υπέρ_πυκνωτές από 5 έως 100kW.Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι μακράς διάρκειας στρεφόμενοι σφόνδυλοι για συστήματα ισχύος έως και 5kWπερίπου. Στην τελευταία κατηγορία με χρόνο εκφόρτισης της τάξεως κάποιων ωρών βρίσκονται τα συστήματα συμπιεσμένου αέρα και η αντλησιοταμίευση για συστήματα 1GW.

1.5. Τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης

Έγινε φανερό ότι η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε διάφορες μορφές ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη κάθε φορά διάταξη. Οι διαφορετικές αυτές μορφές αποθήκευσης της ενέργειας έχουν ως αποτέλεσμα οι διάφορες διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης να εμφανίζουν διαφορετικά τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά.Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά προβαίνουμε σε σύγκριση των τεχνολογιών αποθήκευσης, ώστε να επιλέγουμε, ανάλογα με την εφαρμογή, τη βέλτιστη κάθε φορά τεχνολογία.

Κρίθηκε, επομένως, σκόπιμο να παρουσιάσουμε συνοπτικά μερικούς ιδιαίτερα σημαντικούς όρους_που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των χαρακτηριστικών των διατάξεων ενεργειακής αποθήκευσης. Οι όροι αυτοί είναι οι ακόλουθοι :

- Η ενεργειακή πυκνότητα (energy density)
- Η αποθηκευτική ικανότητα (storage capacity)
- Η εκτιμώμενη ενέργεια
- Η ενεργειακή απόδοση (energy efficiency)
- Ο χρόνος εκφόρτισης (discharge time)
- Η αυτο-εκφόρτιση (self-discharge)
- Η διάρκεια ζωής (life-time)
- Τα κόστη (costs)

- Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις (environmental impacts).

Τέλος, στον Πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζεται μια σύνοψη των σημαντικότερων τεχνικών απαιτήσεωντων συστημάτων ενεργειακής αποθήκευση για εφαρμογές ισχύος και ενέργειας. Υπενθυμίζουμε ότι σε εφαρμογές ισχύος οι διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης αποδεσμεύουν μεγάλο ποσό ισχύος σε σύντομο χρονικό διάστημα (δευτερόλεπτα ή λεπτά), ενώ σε ενεργειακές εφαρμογές οι διατάξεις ενεργειακής αποθήκευσης αποδεσμεύουν μεγάλο ποσό ενέργειας για μεγαλύτερη χρονική περίοδο (ώρες και μέρες).

Απαιτήσεις	Εφαρμογές Ισχύος	Εφαρμογές Ενέργειας
Μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα(MWh)	-	+
Υψηλή χωρητικότητα ισχύος(MW)	-	+
Πυκνότητα ισχύος(kW/kg)	+	+
Ενεργειακή πυκνότητα(kWh/kg)	+	-
Ενεργειακή απόδοση(%)	+	+
Διάρκεια ζωής (σε έτη)	+	+
Διάρκεια ζωής (σε κύκλους)	+	+
Χρόνος Πρόσβασης(ms)	++	-
Χαμηλή αυτό-εκφόρτιση	-	+
++πολύ σημαντικό	+ σημαντικό	-λιγότερο σημαντικό

Πίνακας 2.Απαιτήσεις συστημάτων ενεργειακής αποθήκευσης

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας είναι τα ηλεκτροχημικά συστήματα με εσωτερική αποθήκευση (μπαταρίες) ειδικότερα σε συστήματα μικρής ισχύος και σε αυτήν θα αναφερθούμε παρακάτω αναλυτικότερα.

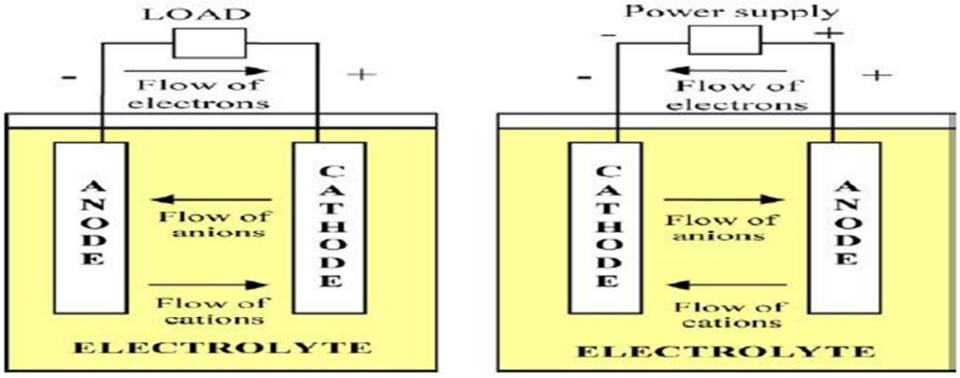
1.6. Αποθήκευση ενέργειας σε χημική μορφή-τεχνολογία μπαταριών

1.6.1. Εισαγωγή

Τελευταία, η εξέλιξη της τεχνολογίας αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας επικεντρώνεται κυρίως στις διατάξεις αποθήκευσης μπαταριών.

Μια μπαταρία (ή αλλιώς συσσωρευτής) είναι μια χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια, αφού τη μετατρέψει σε χημική, και όταν χρειαστεί να την αποδώσει σε εξωτερικό κύκλωμα. Σχηματίζεται από ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα ή και τα δύο, ανάλογα με την επιθυμητή παραγόμενη τάση. Το ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο πλάκες, φτιαγμένες από διαφορετικά μέταλλα και βυθισμένες σε ένα δοχείο με

υγρό. Η εκφορτισμένη ηλεκτρική μπαταρία φορτίζεται όταν περάσει από αυτήν συνεχές ρεύμα από άλλη πηγή, ενώ ταυτόχρονα αντίστροφες χημικές διεργασίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική.Στο Σχήμα που ακολουθεί, παρατίθεται σχηματικά η δομή κάθε ηλεκτρικού στοιχείου.



Εικόνα 1.Διάγραμμα μπαταρίας

Σήμερα χρησιμοποιούνται ή τελούν υπό ανάπτυξη μια πληθώρα τεχνολογιών ενεργειακής αποθήκευσης μπαταρίας. Στις υποενότητες που ακολουθούν, θα εξετάσουμε ξεχωριστά κάθε τεχνολογία ενεργειακής αποθήκευσης μπαταρίας, παρουσιάζοντας παράλληλα τις ιδιαίτερες δυνατότητες και αδυναμίες καθεμίας από αυτές.

1.6.1.1. Μπαταρίες μολύβδου – οξέος (Lead – Acid Batteries).

Οι μπαταρίες εμβάπτισης μολύβδου – οξέος είναι ο παλαιότερος τύπος επαναφορτιζόμενων μπαταριών. Βασίζονται σε χημικές αντιδράσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν διοξείδιο του μολύβδου (PbO2) για το σχηματισμό του ηλεκτροδίου καθόδου, μόλυβδο (Pb) για το σχηματισμό του ηλεκτροδίου ανόδου και θειικό οξύ (H2SO4) που ενεργεί ως ηλεκτρολύτης. Η τάση ενός ηλεκτρικού στοιχείου μολύβδου – οξέος εκτιμάται στα 2 Volt και η τυπική ενεργειακή πυκνότητα είναι περίπου 30 Wh/kg, με πυκνότητα ισχύος γύρω στα 180 W/kg. Επιπρόσθετα, οι μπαταρίες εμβάπτισης μολύβδου σε οξύ παρουσιάζουν ικανοποιητικές ενεργειακές αποδόσεις, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 60 και 95%, εγκαθίστανται εύκολα, απαιτούν χαμηλού επιπέδου συντήρηση και παρουσιάζουν χαμηλό κόστος επένδυσης. Ακόμα, τα ποσοστά αυτό-εκφόρτισης για αυτό το είδος μπαταριών είναι πολύ χαμηλά (γύρω στο 2-5% ανά μήνα), καθιστώντας τις μπαταρίες μολύβδου – οξέος ιδανικές για εφαρμογές μακροπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας

Εντούτοις, οι περιοριστικοί παράγοντες για αυτό το είδος μπαταριών είναι ο σχετικά χαμηλός αριθμός κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης και η λειτουργική διάρκεια ζωής τους. Η τυπική διάρκεια ζωής των μπαταριών κυμαίνεται μεταξύ 300 και 1500 κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης.

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας μολύβδου – οξέος, λόγω του χαμηλού τους κόστους, έχουν κυριαρχήσει στην αγορά. Συγκεκριμένα. είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μπαταρίες για εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων. Για μεγάλης κλίμακας εφαρμογές της αιολικής ενέργειας, έχει προταθεί η αποθήκευση ισχύος της τάξης των 100 MW ή περισσότερο σε τέτοιου είδους μπαταρίες.

1.6.1.2. Αλκαλικές μπαταρίες.

Οι αλκαλικές μπαταρίες είναι κυρίως οι μπαταρίες νικελίου – καδμίου (NiCd), νικελίου – υδριδίου μετάλλου (NiMH) και οι νικελίου – ψευδαργύρου (NiZn). Και οι τρεις αυτοί τύποι χρησιμοποιούν το ίδιο υλικό για το θετικό ηλεκτρόδιο και τον ηλεκτρολύτη, το οποίο είναι υδροξείδιο του νικελίου και υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου με υδροξείδιο του λιθίου αντίστοιχα. Όσον αφορά στο αρνητικό ηλεκτρόδιο, η μπαταρία νικελίου – καδμίου (NiCd) χρησιμοποιεί υδροξείδιο του καδμίου ως αρνητικό ηλεκτρόδιο, η νικελίου – υδριδίου μετάλλου (NiMH) ένα κράμα μετάλλων και η νικελίου – ψευδαργύρου (NiZn) υδροξείδιο του ψευδαργύρου.

Η τάση για τις αλκαλικές μπαταρίες εκτιμάται γύρω στα 1,2 Volt (1,65 Volt για τον τύπο NiZn), ενώ οι τυπικές μέγιστες ενεργειακές πυκνότητες είναι υψηλότερες από τις μπαταρίες μολύβδου – οξέος. Συγκεκριμένα, η μπαταρία NiCd παρουσιάζει ενεργειακή πυκνότητα 50 Wh/kg, η NiMH 80 Wh/kg και η NiZn 60 Wh/kg. Η τυπική διάρκεια ζωής λειτουργίας και ο αριθμός κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης των μπαταριών NiCd και NiMH οξέος (1000 - 2000 κύκλοι) είναι επίσης υψηλότεροι των μπαταριών μολύβδου - οξέος, ενώ η μπαταρία NiZn εμφανίζει παρόμοια ή μικρότερη διάρκεια ζωής από τις μπαταρίες μολύβδου – οξέος. Τέλος, και τα τρία αυτά είδη μπαταριών νικελίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες (έως και τους -50 oC), ενώ παράλληλα μπορούν να επαναφορτιστούν ταχέως.

Παρά τα ανωτέρω πλεονεκτήματα των μπαταριών νικελίου (κυρίως των NiCd και NiMH) έναντι των μπαταριών μολύβδου – οξέος, και τα τρία αυτά είδη μπαταριών νικελίου παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα συγκριτικά με τις μπαταρίες μολύβδου – οξέος από την άποψη της βιομηχανικής χρήσης, καθώς και της εφαρμογής για την ενίσχυση ηλεκτρικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

1.6.2. Προηγμένες μπαταρίες.

1.6.2.1. Μπαταρίες λιθίου (Lithium Batteries).

Η τεχνολογία των μπαταριών λιθίου δεν έχει εφαρμοσθεί ακόμα για ενεργειακή αποθήκευση στα πλαίσια ενός συστήματος αδιάκοπης παροχής ισχύος, αν και τέτοιες εφαρμογές αναπτύσσονται. Μέχρι σήμερα, χρησιμοποιούνται για τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης και άλλο φορητό εξοπλισμό σε μεγέθη μικρού κομβίου και κυλινδρικού πρίσματος, ενώ στο άμεσο μέλλον προβλέπεται να εφαρμοστούν στα υβριδικά ή ηλεκτρικά οχήματα. Οι μπαταρίες λιθίου διακρίνονται στις μπαταρίες ιόντος λιθίου (lithium-ion batteries, Li-ion) και τις μπαταρίες πολυμερούς λιθίου (lithium-polymer batteries).Και για τα δύο αυτά είδη μπαταριών λιθίου η ενεργειακή απόδοση κυμαίνεται από 90-100%

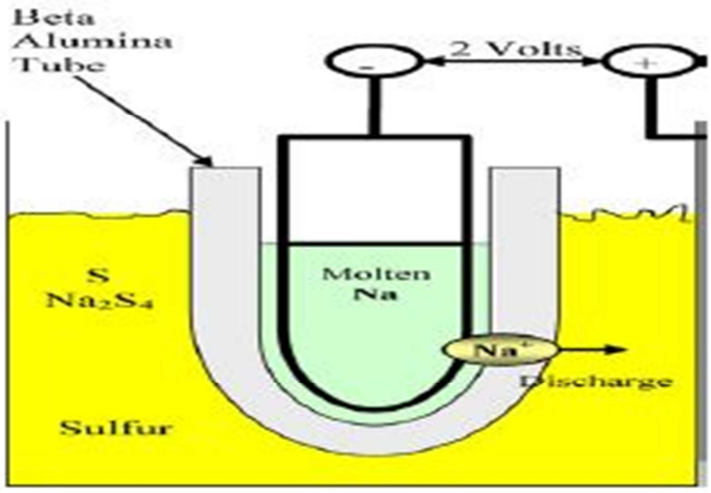


Εικόνα 2.Σύστημα ενεργειακής αποθήκευσης μπαταρίας ιόντος λιθίου των 100 kW

.

1.6.2.2. Μπαταρίες νατρίου – θείου (Sodium Sulphur Batteries, NaS).

Η μπαταρία νατρίου – θείου (NaS)είναι ο πιο εξελιγμένος τύπος υψηλής θερμοκρασίας μπαταρίας. Χρησιμοποιεί υγρό (λιωμένο) θείο ως υλικό για το θετικό ηλεκτρόδιο και υγρό λιωμένο νάτριο για το αρνητικό ηλεκτρόδιο. Τα δύο ηλεκτρόδια διαχωρίζονται από ένα στερεό ηλεκτρολύτη από αλουμίνιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα .



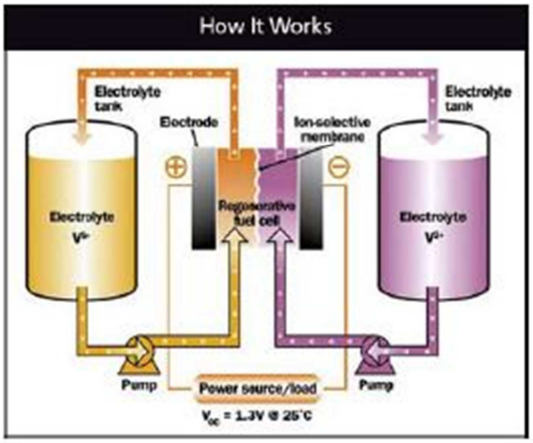
Εικόνα 3.Δομή ηλεκτρικού στοιχείου NaS

Οι μπαταρίες NaS παρουσιάζουν σχετικά υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 150 – 240 Wh/kg. Ακόμα, η διάρκεια ζωής τους εκτιμάται στα 15 έτη (ή 2500-4500 κύκλοι), ενώ η ενεργειακή τους απόδοση φθάνει και το 90%. Οι μπαταρίες NaS μπορούν επίσης να αποτελέσουν μια οικονομικά αποδεκτή διάταξη ενεργειακής αποθήκευσης, η οποία χαρακτηρίζεται από πολύ μικρό χρόνο εκφόρτισης. Τα ικανοποιητικά αυτά χαρακτηριστικά λειτουργίας τους τις καθιστούν κατάλληλες για την αποθήκευση μεγάλου ποσού αιολικής ενέργειας.

1.6.2.3. Μπαταρίες ροής (Flow Batteries).

Σε μεγάλα συστήματα εφαρμογής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας η παραγωγή ενέργειας (προσφορά) πρέπει να βρίσκεται σε διαρκή ισορροπία με την κατανάλωση ενέργειας (ζήτηση). Για την πλήρη όμως αντιστοιχία προσφοράς-ζήτησης, απαιτείται η μεγάλης κλίμακας και μακράς διάρκειας αποθήκευσης ενέργειας. Μια πολλά υποσχόμενη λύση αποτελούν οι μπαταρίες ροής.

Οι μπαταρίες ροής είναι κατάλληλες για αποθηκεύουν υψηλές ποσότητες ισχύος, κυμαινόμενες από 5 – 500 MW, για περιόδους διάρκειας από 1 δευτερόλεπτο μέχρι 12 ώρες. Οι μπαταρίες αυτού του είδους αποθηκεύουν και αποδεσμεύουν την ενέργεια μέσω μιας αντίστροφης ηλεκτροχημικής αντίδρασης μεταξύ δύο ηλεκτρολυτών. Ο ηλεκτρολύτης αποθηκεύεται σε χωριστές δεξαμενές, από τις οποίες ρέει μέσα σε σωλήνες, συγκρατώντας τη συναρμολόγηση των ηλεκτροδίων της μπαταρίας (Σχήμα).



Εικόνα 4.Διάγραμμα μπαταρίας ροής.

1.6.2.4. Μπαταρίες μετάλλου - αέρα (Metal – Air Batteries)

Οι μπαταρίες μετάλλου – αέρα_είναι υπό συνεχή έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη ώστε να γίνουν εμπορικά διαθέσιμες. Σε αυτές τις μπαταρίες, ως αρνητικό ηλεκτρόδιο (άνοδος) χρησιμοποιούνται συνήθως κατάλληλα μέταλλα, όπως είναι το αλουμίνιο, ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος ή ακόμη και σίδηρος, τα οποία τοποθετούνται σε ρευστό ή πολυμερή ενσωματωμένο ηλεκτρολύτη π.χ. από κάλιο, και απελευθερώνουν ηλεκτρόνια κατά τη μετέπειτα αντίδραση οξείδωσης. Τα ηλεκτρόνια καθώς έλκονται από την κάθοδο καταλύτη και άνθρακα και καθώς ρέουν σε ένα εξωτερικό κύκλωμα, δημιουργούν διαφορά δυναμικού στα άκρα της μπαταρίας.

Οι ενεργειακές πυκνότητες των μπαταριών μετάλλου αέρα είναι υψηλές (συγκριτικά με τις μπαταρίες μολύβδου οξέος) και κυμαίνονται μεταξύ 110-420 Wh/kg. Ακόμα, είναι από τις πιο φθηνές μπαταρίες και παρουσιάζουν περιβαλλοντική «συμβατότητα», αφού κανένα τοξικό υλικό δεν περιλαμβάνεται στην κατασκευή τους. Σημαντικό όμως μειονέκτημά τους είναι η δυσκολία τους να επαναφορτιστούν, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν χαμηλή ενεργειακή απόδοση της τάξης του 50%, καθώς και το ότι το εύρος των θερμοκρασιών λειτουργίας τους είναι περιορισμένο.

1.6.3. Διαστασιολόγηση μπαταριών σε εφαρμογές ΑΠΕ.

Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις στη διαστασιολόγηση των μπαταριών σε εφαρμογές ΑΠΕ (ΚΑΠΕ, "Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ"):

- Σε αυτόνομες εφαρμογές, μερικοί υπεύθυνοι ανάπτυξης συστημάτων έχουν διαστασιολογήσει τις μπαταρίες ώστε να παρέχουν υποστήριξη 3 έως 7 ημερών.
- Σε διασυνδεδεμένες στο δίκτυο εφαρμογές, η στρατηγική διαστασιολόγησης εξαρτάται αφενός από τις χρήσεις του συστήματος και αφετέρου από τα τιμολόγια της τοπικής εταιρείας ηλεκτρισμού. Για παράδειγμα, στις εφαρμογές ποιότητας ισχύος απαιτούνται μπαταρίες διαστασιολογημένες ώστε να παρέχουν σχεδόν στιγμιαίες εκφορτίσεις πλήρους ισχύος για μόνο 15 λεπτά υποστήριξης. Από την άλλη, μια εφαρμογή εξομάλυνσης αιχμών για ένα σύστημα ΑΠΕ μπορεί να απαιτεί από την μπαταρία της ενίσχυση της παραγωγής της γεννήτριας ώστε να ανταποκρίνεται στα φορτία αιχμής για 1-2 ώρες ημερησίως. Εάν δεν είναι σημαντική η διαφορά μεταξύ της κοστολόγησης του ηλεκτρισμού εντός και εκτός των ωρών αιχμής, τότε η μπαταρία μπορεί να διαστασιολογηθεί για μία ώρα λειτουργίας και, όταν δεν είναι διαθέσιμη η μονάδα ΑΠΕ, ο ιδιοκτήτης της εγκατάστασης μπορεί να αγοράζει ενέργεια από το δίκτυο. Πάντως, σε περίπτωση σημαντικής διαφοράς μεταξύ των εντός και εκτός αιχμής τιμολογίων, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή μιας οικονομικής ανάλυσης για να καθοριστεί το βέλτιστο μέγεθος του συστήματος μπαταριών.

Διάφοροι υπεύθυνοι βελτιστοποιούν την εγκατάσταση ΑΠΕ, αλλά όχι το σύστημα των μπαταριών, επιλέγοντας 7-10 ώρες υποστήριξης με μπαταρίες στις περιπτώσεις διακοπής της λειτουργίας. Σε πληθώρα περιπτώσεων, οι εγκαταστάσεις ΑΠΕ απαιτούν μόνο ελάχιστη υποστήριξη από μπαταρίες ώστε να προστεθεί αξία στην παραγόμενη από ΑΠΕ ηλεκτρική ενέργεια. Όταν το σύστημα μετάδοσης έχει μεγάλο φορτίο, ο μπαταρίες μπορούν να αποθηκεύσουν την ανανεώσιμη ενέργεια που θα χανόταν κατά τις ώρες στις οποίες περιορίζεται η υπηρεσία μετάδοσης, αποδίδοντας αργότερα την ηλεκτρική ενέργεια.

1.7. Σκοπός έργου(Αναπτυσσόμενες μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενεργείας στην νήσο Ψέριμο).

Ο σκοπός και η πρόκληση αυτής της εργασίας είναι είναι η μελέτη, διαστασιολόγηση και χωροθέτηση ενός συστήματος παραγωγής ενέργειας (υβριδικός σταθμός <<συνδυασμός ηλιακής και αιολικής ενεργείας>>, αποθήκευση σε μπαταρίες), για την επαρκή τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην νήσο Ψέριμο. Η Ψέριμος υπάγεται στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα Κω-Καλύμνου και τροφοδοτείται ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται αποκλειστικά σχεδόν μόνο από συμβατικές μονάδες. Έτσι στόχος είναι η μεγιστοποίηση όσο το δυνατόν παράγωγη και αυτονομία όλης της νήσου από μονάδες ΑΠΕ και ελαχιστοποίηση στην χρήση των μονάδων ορυκτού καυσίμου .Το έργο που μελετάται, θα χρησιμοποιήσει ως μονάδα βάσης το υβριδικό σύστημα αποτελούμενο από αιολικό και ηλιακό πάρκο με στόχο την κάλυψη και αυτονομία όλου του νησιού. Όταν υπάρχει παράγωγη που ξεπερνά την ζήτηση τότε θα αποθηκεύεται σε ηλεκτροχημικούς συσσωρευτές και θα χρησιμοποιείται ως μονάδα

εφεδρείας όταν το σύστημα μας υστερεί σε παραγωγή. Και τέλος ως μονάδα εγγυημένης παραγωγής θα χρησιμοποιηθεί το δίκτυο της ΔΕΗ(Κω-Καλύμνου) με συμβατικές θερμοηλεκτρικές μονάδες σε περιόδους μεγάλης αιχμής η μη κάλυψης των προηγούμενων μας μονάδων.



Εικόνα 5 .Συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ και Φ/Β

Επίσης θα μελετηθεί και θα διασταλογηθει η αυτονομία του νησιού σε θέρμανση και ζέστο νερο χρήσης. Για κομμάτι της θέρμανσης θα χρησιμοποιηθούν καυστήρες βιομάζας κατά την διάρκεια του χειμώνα. Οι οποίοι θα χρησιμοποιήσουν ως καύσιμο το πυρηνόξυλο (ελαιοπυρήνας). Η καύσιμη ύλη που θα εξασφαλίζεται από τις καλλιέργειες βιομάζας εφόσον υποστεί κατάλληλη επεξεργασία, θα χρησιμοποιηθεί για καύσιμο υλικό όπου θα καλείτε να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Επίσης για την θέρμανση ΖΝΧ θα χρησιμοποιηθούν ηλιακοί συλλέκτες.



Εικόνα 6.Βιομάζα από καλλιέργειες Ελιάς

Στην συνέχεια της εργασίας αυτής όσο αφόρα την λειτουργία των παραπάνω συστημάτων θα δοθούν περισσότερα στοιχειά αναλυτικότερα καθώς και οικονομική αξιολόγηση και σύγκριση των συστημάτων αυτών.

2. Κεφάλαιο -Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας

2.1. Εισαγωγή

Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η υποβάθμιση του περιβάλλοντος και η εξάντληση των συμβατικών, μη ανανεώσιμων καυσίμων αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα ο πλανήτης μας. Το θέμα αυτό βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος Παγκόσμιων Οργανισμών, Κυβερνήσεων, Ερευνητικών Κέντρων, των ενδιαφερόμενων παραγωγών και χρηστών ενέργειας, αλλά και όλων των ενημερωμένων πολιτών.

Η αναζήτηση της απαραίτητης ενέργειας από τον άνθρωπο, η επάρκεια των αποθηκευτικών πηγών της, η βέβαια και ταχεία εξάντληση μερικών από αυτές, οι βέλτιστοι τρόποι εκμετάλλευσης και εξοικονόμησής της, τα οικονομικά, κοινωνικά και ηθικά προβλήματα που δημιουργούνται από την ανισοβαρή, άλλοτε αλόγιστη χρήση της, καθώς και η μεγάλη και αυξανόμενη τα τελευταία χρόνια επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τους μηχανισμούς και τα συστήματα μετατροπής και μεταφοράς της ενέργειας, συνιστούν το «ενεργειακό/περιβαλλοντικό» πρόβλημα. Ένα από τα κρισιμότερα, σήμερα, προβλήματα του ανθρώπου.

Για τον λόγο αυτόν, έχει ξεκινήσει μια παγκόσμια προσπάθεια για τη μείωση αυτών των επιπτώσεων, με την ορθολογική χρήση της ενέργειας και την εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησής της. Επιπρόσθετα, με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων αυτών, προωθείται η εκμετάλλευση φιλικών προς το περιβάλλον (και τον άνθρωπο) Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), συμβάλλοντας οριστικά στην αειφόρο ανάπτυξη. Πηγές ενέργειας, όπως η αιολική, η ηλιακή και η υδάτινη χαρακτηρίζονται ως ανανεώσιμες, αφού ανανεώνονται συνεχώς και είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμες από τον άνθρωπο.

Οι ΑΠΕ έχοντας ξεπεράσει τα μειονεκτήματα του παρελθόντος, κρίνονται πλέον ανταγωνιστικές για την παραγωγή ενέργειας. Η μαζικότερη παραγωγή και εκτεταμένη έρευνα στο χώρο, έχουν οδηγήσει σε μείωση του κόστους παραγωγής και αύξησης της απόδοσης των συστημάτων. Η τάση για εφαρμογή πειραματικών μελετών τεχνολογιών ΑΠΕ, θα συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους πόρους (κυρίως τα ορυκτά καύσιμα), ενώ παράλληλα θα συνεισφέρει στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού, καθώς και στην ανάπτυξη και αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών. Τέλος, θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας, και το σπουδαιότερο θα αντικατασταθούν οι ρυπογόνοι τρόποι παραγωγής ενέργειας με φιλικά προς το περιβάλλον συστήματα.

Αν και είναι γνωστό ότι η Ελλάδα είναι μια χώρα με συγκριτικά πλεονεκτήματα ως προς τις μορφές ΑΠΕ, εντούτοις δεν παρουσιάζει ποσοστό αξιοποίησής τους σε ικανοποιητικό βαθμό. Μεταξύ των παραγόντων που συμβάλλουν στη μη επιθυμητή αξιοποίηση των ΑΠΕ, μπορεί να αναφερθεί η άγνοια – καχυποψία για την περιβαλλοντική «συμβατότητα» των έργων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αυτά επιφέρουν.

Βέβαια, αξίζει να αναφέρουμε ότι σε παγκόσμιο επίπεδο, γίνεται όλο και πιο έντονα αποδεκτό το γεγονός ότι η αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ συνδυάζεται και συνεισφέρει στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και την αειφόρο ανάπτυξη, σε αντίθεση και συγκριτικά πάντα με τα προβλήματα που προκαλούνται από την εξόρυξη και χρήση των συμβατικών καυσίμων

Σήμερα, οι πιο ελπιδοφόρες τεχνολογίες ΑΠΕ βασίζονται κυρίως στην αιολική ενέργεια και ηλιακή ενεργεία για ηλεκτροπαραγωγή. Για το λόγο αυτό, στην επόμενη υποενότητα θα εστιάσουμε στην αιολική ενέργεια και ηλιακή ενέργεια.

2.2. Αιολική Ενέργεια.

2.2.1. Άνεμος.

Η αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια του κινούμενου αέρα. Η ακανόνιστη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τους ανέμους. Η θερμότητα που απορροφάται από το έδαφος ή το νερό, μεταφέρεται στον αέρα όπου προκαλεί διαφορές στη θερμοκρασία, την πυκνότητα και την πίεσή του. Με τη σειρά τους, οι διαφορές αυτές προκαλούν δυνάμεις που ωθούν τον αέρα ολόγυρα. Σύμφωνα

με τη Μηχανική των Ρευστών, ο αέρας κινείται από τις υψηλής πίεσης προς τις χαμηλής πίεσης περιοχές του πλανήτη.

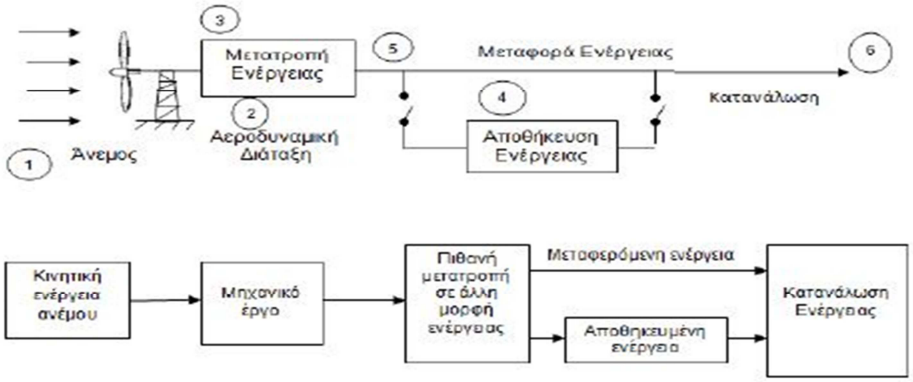
Σε παγκόσμια κλίμακα, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ισημερινού και των πόλων προκαλεί τους αληγείς ανέμους, οι οποίοι δρουν ως γιγαντιαίος εναλλάκτης θερμότητας εμποδίζοντας την περαιτέρω θέρμανση του ισημερινού και ψύξη των πόλων. Σε πολύ μικρότερη κλίμακα, οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του εδάφους και της θάλασσας και μεταξύ των βουνών και των κοιλάδων δημιουργούν συχνά ισχυρές αύρες. Η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζονται επίσης και από άλλους παράγοντες, όπως είναι η περιστροφή της Γης, τα τοπικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά και η τραχύτητα του εδάφους.

2.2.2. Ανεμογεννήτριες.

2.2.2.1. Γενικά.

Η αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου γίνεται μέσω των ανεμογεννητριών. Οι ανεμογεννήτριες από την εποχή της εμφάνισής τους μέχρι σήμερα έχουν περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο τους (οριζοντίου ή κατακόρυφου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματα τους. Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από τις ανεμογεννήτριες σε άλλη «αναβαθμισμένη» μορφή ενέργειας.

Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, καθώς και της ροής της ενέργειας δίνεται στο Σχήμα που ακολουθεί.

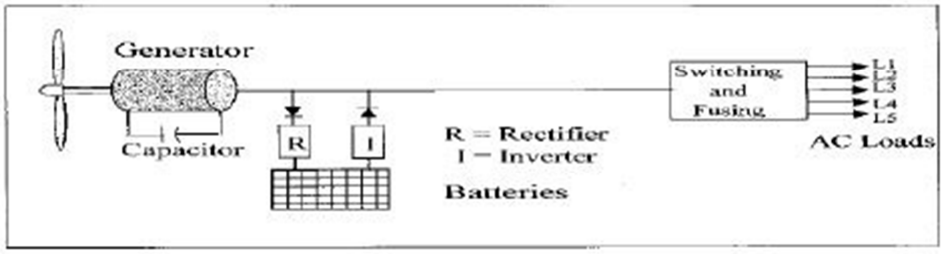


Σχήμα 3.Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας

Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια μιας αεροδυναμικής διάταξης. Αυτό το μηχανικό έργο μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμο επί τόπου (π.χ. άντληση νερού) και να αποφευχθούν οι απώλειες από τη μετατροπή του σε άλλη μορφή ενέργειας. Στη γενικότερη όμως περίπτωση απαιτείται η μετατροπή του μηχανικού έργου σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας, είτε γιατί δεν χρειαζόμαστε μόνο μηχανικό έργο είτε γιατί ο τόπος άντλησης δεν συμπίπτει με τον τόπο που είναι εγκατεστημένη η ανεμογεννήτρια. Σε αυτήν την περίπτωση, η πιο πρόσφορη διάταξη είναι αυτή που μπορεί να μετατρέπει το μηχανικό έργο σε ηλεκτρική ενέργεια, λόγω της εύκολης μεταφοράς της στον τόπο κατανάλωσης και της ικανότητας αποθήκευσής της στις διάφορες αποθηκευτικές διατάξεις.

Η ακολουθία των συμβάντων για την παραγωγή μέχρι την αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας, χονδρικά, για ένα τυπικό αυτόνομο σύστημα (Σχήμα που ακολουθεί) μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

- Καθώς ο άνεμος αλληλεπιδρά με το δρομέα της Α/Γ παράγεται μια ροπή.
- Η σχετικά χαμηλή συχνότητα περιστροφής του δρομέα αυξάνεται μέσω ενός μετατροπέα στροφών, του οποίου ο άξονας εξόδου περιστρέφει μια γεννήτρια.
- Η γεννήτρια παράγει ρεύμα μεταβλητής συχνότητας, το οποίο μετατρέπεται σε συνεχές (DC) μέσω ενός μετατροπέα (rectifier) και φορτίζει τις μπαταρίες, που αποτελούν το πιο κλασικό μέσο αποθήκευσης. Οι μπαταρίες συμβάλλουν στη σταθερότητα του συστήματος.
- Στη συνέχεια, ένας άλλος μετατροπέας (inverter) μετατρέπει το ανορθωμένο συνεχές ρεύμα, αποφορτίζοντας τις μπαταρίες, σε ορισμένης τάσης και συχνότητας εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), το οποίο είναι άμεσα αξιοποιήσιμο από το τοπικό σύστημα



Σχήμα 4.Αυτόνομο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες οφείλουν την κίνηση των πτερυγίων τους στην άνωση που ασκείται πάνω τους από τον άνεμο. Σε αυτή την ιδέα στηρίχθηκε γενικά η ανάπτυξη των ανεμογεννητριών και ειδικότερα των ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα, οι οποίες έχουν γνωρίσει την μεγαλύτερη εμπορική ανάπτυξη. Μια τυπική ανεμογεννήτρια σήμερα είναι οριζόντιου άξονα με ισχύ από 800 kW έως 3000 kW.

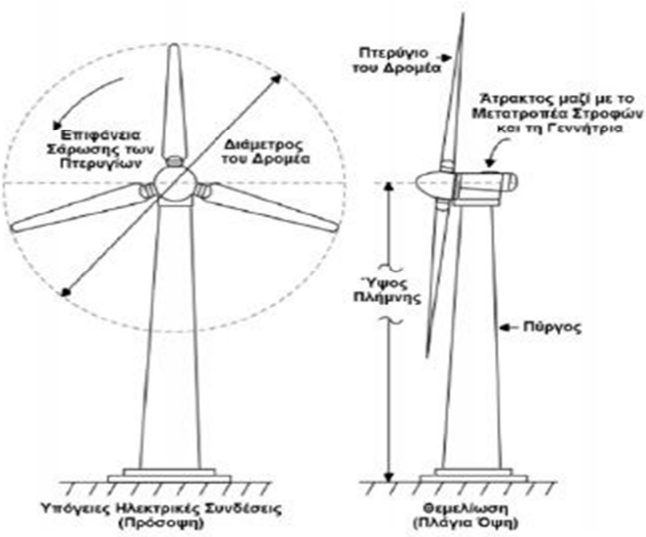
2.2.2.2. Τύποι ανεμογεννητριών.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου σε δύο:

- Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα,_στις οποίες ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι είτε παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου είτε παράλληλος προς την επιφάνεια της γης, αλλά κάθετος στην κατεύθυνση ροής του ανέμου.
- Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, στις οποίες ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στην επιφάνεια της γης και κάθετος στη ροή του ανέμου.

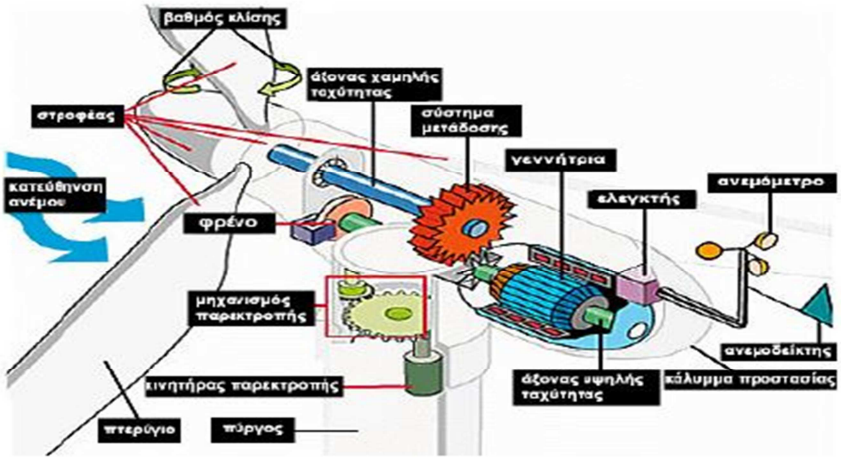
  - Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα δεν έχουν γνωρίσει την εμπορική ανάπτυξη που έχουν οι οριζοντίου άξονα και για το λόγο αυτό θα αναλυθούν μόνο οι δεύτερες στην παρούσα διπλωματική εργασία.
  - Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα αποτελούνται στη συντριπτική τους πλειοψηφία από τρία ή δύο πτερύγια και θυμίζουν έντονα έλικα αεροπλάνου ή ελικοπτέρου.

Στο Σχήμα παρακάτω απεικονίζεται ένα γενικό σύστημα ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα.



Σχήμα 5. Σχηματική αναπαράσταση μια ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Τα κύρια μέρη των ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα είναι ο δρομέας, το σύστημα αύξησης στροφών (κιβώτιο ταχυτήτων), το σύστημα πέδησης, τα έδρανα του άξονα και οι ελαστικοί σύνδεσμοι, η ηλεκτρική γεννήτρια, το σύστημα προσανατολισμού, ο πύργος στήριξης και τα θεμέλια.



Εικόνα 7. Τα κύρια μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Ο δρομέας είναι ίσως το πιο βασικό ζήτημα στη σχεδίαση του όλου συστήματος. Αποτελείται από την πλήμνη και τα πτερύγια. Το πτερύγιο έχει αεροδυναμικό σχήμα και μπορεί να είναι ενιαίο ή να διαθέτει ακροπτερύγιο. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πτερυγίων (αριθμός πτερυγίων, κατανομή πλάτους, επιλογή αεροτομής, συστροφή) προκύπτουν από τη βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής σχεδίασης

Η ηλεκτρική γεννήτρια μπορεί να είναι ασύγχρονη ή σύγχρονη γεννήτρια. Αν και οι σύγχρονες γεννήτριες έχουν καλύτερη συμπεριφορά σε σύγχρονα δίκτυα,

συνήθως προτιμούνται οι ασύγχρονες γεννήτριες λόγω της απλότητας της κατασκευής τους.

Το σύστημα προσανατολισμού είναι ένας σερβοκινητήρας, ο οποίος ελέγχεται από τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου και αναγκάζει το δρομέα να παρακολουθεί την κατεύθυνση του ανέμου και να παραμένει κάθετος σε αυτήν

Ο πύργος της ανεμογεννήτριας στηρίζει τη νασέλλα και το δρομέα. Μπορεί να είναι τύπου δικτυώματος, σωληνωτός και σπανιότερα από σκυρόδεμα (Σχήμα). Η θεμελίωση γίνεται με οπλισμένο σκυρόδεμα πάνω στο οποίο τοποθετείται με βίδες ο πύργος. Ο πύργος έχει σχήμα κώνου που εξυπηρετεί στην αύξηση της αντοχής και στην εξοικονόμηση υλικών με τη διάμετρο να αυξάνεται όσο πλησιάζουμε τη βάση.



Εικόνα 8.Ανεμογεννήτριες με σωληνωτό χαλύβδινο πύργο (αριστερά) και δικτυωτό πύργο (δεξιά).

Τέλος, μεγάλης σημασίας είναι η γείωση που πρέπει να έχει η μεταλλική κατασκευή της ανεμογεννήτριας

2.2.2.3. Παραγωγή ενέργειας.

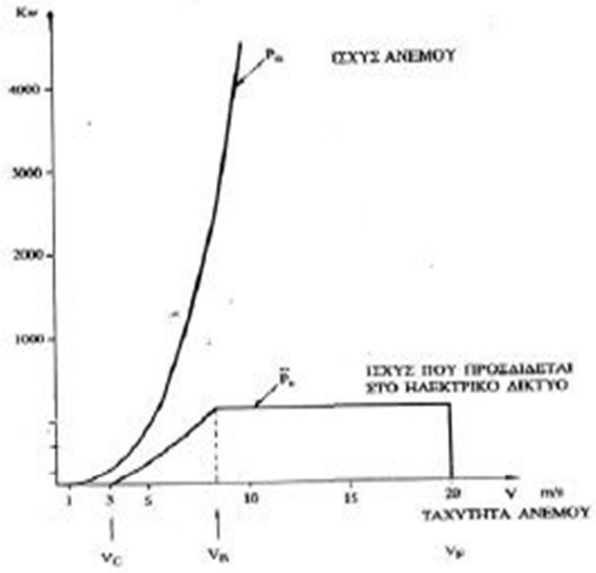
Καμπύλη ισχύος.

Η παραγωγή ισχύος μιας ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται με την ταχύτητα του ανέμου, και κάθε μηχανή χαρακτηρίζεται από την καμπύλη ισχύος της, η οποία εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και το σχεδιασμό της. Η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας χαρακτηρίζεται από τρεις τιμές ταχύτητας:

- Την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας (Vcut-in), όπου η ανεμογεννήτρια ξεκινάει να παράγει ισχύ.
- Την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (VF), όπου η μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας για να προστατευθεί από τον πολύ δυνατό άνεμο.
- Την ονομαστική ταχύτητα (VR), που είναι η μικρότερη ταχύτητα για την οποία η μηχανή παράγει την ονομαστική της ισχύ (PR). Στην ονομαστική ισχύ, η ανεμογεννήτρια παρέχει τη μέγιστη ροπή.

Το Σχήμα που ακολουθεί, είναι χαρακτηριστικό της παραγόμενης ισχύος από την ανεμογεννήτρια σε σχέση με την ταχύτητα και την ισχύ του ανέμου. Γνωρίζοντας

δηλαδή τη στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου μπορούμε να πούμε πόση ισχύ μπορεί να παράγει μια ανεμογεννήτρια, μέσω της καμπύλης ισχύος της.



Σχήμα 6.Καμπύλη ισχύος ανέμου και ανεμογεννήτριας.

Παραγόμενη ενέργεια αιολικής μηχανής.

Η παραγόμενη ενέργεια μιας αιολικής μηχανής εξαρτάται τόσο από την καμπύλη ισχύος της μηχανής, όσο και από το ρόδο ανέμου στην περιοχή.

Για κάθε ταχύτητα ανέμου εντός των ορίων της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας, δηλαδή ανάμεσα στην ταχύτητα έναρξης λειτουργίας Vcut-in και την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας VF, η παραγόμενη ενέργεια προκύπτει από το γινόμενο του αριθμού των ωρών εμφάνισης της συγκεκριμένης ταχύτητας ετησίως με την ισχύ που αντιστοιχεί (για δεδομένη καμπύλη ισχύος). Με τον τρόπο αυτό φτιάχνεται η καμπύλη κατανομής της παραγόμενης ενέργειας. Η συνολική ετήσια ενέργεια προκύπτει από το άθροισμα της παραγόμενης ενέργειας για όλες τις ταχύτητες του ανέμου που είναι σε λειτουργία.

Η παραγόμενη ενέργεια επηρεάζεται επίσης από τη διαθεσιμότητα της μηχανής, τις ενεργειακές απώλειες (απώλειες ενέργειας ανέμου, απώλειες μεταφοράς και μετατροπής) και το βαθμό απόδοσης του αιολικού πάρκου.

Διαθεσιμότητα ανεμογεννήτριας:

Η διαθεσιμότητα εκφράζει το ποσοστό του χρόνου που είναι διαθέσιμη η ανεμογεννήτρια να λειτουργήσει και εκφράζει το συντελεστή διαθεσιμότητας (ΣΔ). Ο συντελεστής διαθεσιμότητας σχετίζεται δηλαδή με το ποσοστό του χρόνου που η ανεμογεννήτρια προορίζεται για συντήρηση. Υπάρχει βέβαια και η πιθανότητα να σημειωθεί κάποια βλάβη, οπότε η μηχανή μένει αναγκαστικά εκτός λειτουργίας μέχρι να επισκευαστεί. Τυπικές τιμές του συντελεστή διαθεσιμότητας είναι 0,96-0,99.

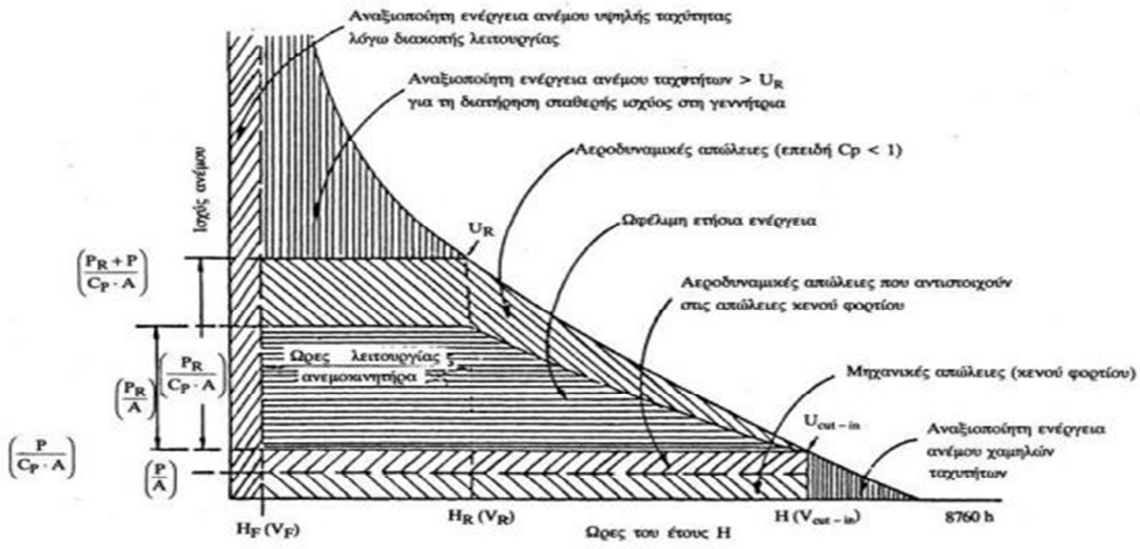
Απώλειες ενέργειας

Μια ανεμογεννήτρια δεν μπορεί να αξιοποιήσει όλη την ετήσια ενέργεια του ανέμου για τους εξής λόγους:

- Η ανεμογεννήτρια αποδίδει ωφέλιμη ισχύ μόνο όταν η ισχύς του ανέμου είναι μεγαλύτερη από τις απώλειες κενού φορτίου (τριβές, άξονα, μειωτήρα

γεννήτριας). Έτσι, σε περιόδους με ταχύτητες μικρότερες της Vcut-in, η ενέργεια του ανέμου μένει ανεκμετάλλευτη, αφού δεν είναι σε θέση δώσει ροπή στον δρομέα.

- Όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνει μεγαλύτερη της ονομαστικής, επιδιώκεται να διατηρηθεί σταθερή η ισχύς του ανέμου. Αυτό επιτυγχάνεται με αλλαγή της γωνίας κλίσης των πτερυγίων ή με τα μικροπτερύγια (flats) ή με την αλλαγή της γωνιακής θέσης του δρομέα ως προς τον άνεμο ή την αλλαγή της γωνιακής ταχύτητας του δρομέα, ανάλογα φυσικά με την γεννήτρια που έχει το σύστημα. Άρα για ταχύτητες μεγαλύτερες της VR χάνεται ένα ποσό του αιολικού δυναμικού.
- Όταν ο άνεμος φθάσει σε υψηλές ταχύτητες ενδείκνυται η διακοπή λειτουργίας της εγκατάστασης για λόγους ασφαλείας. Επομένως, η ενέργεια του ανέμου για ταχύτητες μεγαλύτερες της VF παραμένει τελείως αναξιοποίητη.
- Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας έχουμε αεροδυναμικές απώλειες.
- Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας έχουμε πρόσθετα μηχανικές απώλειες στον άξονα, στον μειωτήρα και στη γεννήτρια, που μπορούν να θεωρηθούν σταθερές και ίσες με τις απώλειες κενού φορτίου. Οι συνολικές απώλειες κενού φορτίου μπορεί να ανέρχονται και στο 10% της ονομαστικής ισχύος της μηχανής.Το Σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζει τις ετήσιες ενεργειακές απώλειες μιας τυπικής ανεμογεννήτριας, σύμφωνα με την προηγούμενη περιγραφή των απωλειών.



Σχήμα 7. Ενεργειακές απώλειες στην καμπύλη διάρκειας πνοής του ανέμου.

Ενεργειακές απώλειες παρατηρούνται επίσης και κατά τη μεταφορά της αραγόμενης ενέργειας από την ανεμογεννήτρια, αλλά και την μετατροπή του ηλεκτρικού ρεύματος (αναστροφείς, συστήματα ελέγχου), προκειμένου να μπορεί να εκμεταλλευτεί με ασφάλεια και αξιοπιστία από τα φορτία.

2.3. Ηλιακή Ενέργεια

2.3.1. Ο Ήλιος

Ο ήλιος είναι ένας τυπικός αστέρας μάζας 2 x 1030 Kg, διαμέτρου 1.39 x 109 m και ηλικίας περίπου 5 x 109 χρόνια. Η θερμοκρασία της επιφάνειας του ήλιου είναι περίπου 5800 K ενώ η θερμοκρασία στο εσωτερικό του υπολογίζεται ότι είναι 15.000.000 K. Η θερμοκρασία αυτή προκύπτει από την μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιο μέσω της αντίδρασης 141H→ 2H*e* + Ενέργεια . Έχει υπολογιστεί ότι για κάθε γραμμάριο υδρογόνου που μετατρέπεται σε Ήλιο παράγεται ενέργεια ίση με U=1.67 x 105 kWh. Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στην επιφάνεια και στη συνέχεια διαχέεται στο διάστημα με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.
Αν μελετήσει κανείς το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας θα παρατηρήσει ότι εκτείνεται σε όλα τα μήκη κύματος. Αναλυτικότερα, το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη: το υπεριώδες φάσμα (λ<380nm), το ορατό φάσμα (380 nm<λ<700 nm) και το υπέρυθρο φάσμα (λ>780 nm). Εκτός από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ο ήλιος εκπέμπει και μια ασθενής σωματιδιακή ακτινοβολία που αποτελείται από φορτισμένα σωματίδια, κυρίως πρωτόνια και ηλεκτρόνια, και ονομάζεται ηλιακός άνεμος.

2.3.2. Φωτοβολταικα

2.3.2.1. Γενικά

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούν τα κύρια συστατικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων (PV modules) μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τα στοιχεία αυτά, είναι δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή συνήθως δίσκου, οι οποίες όταν δεχθούν στην επιφάνειά τους ηλιακή ακτινοβολία, εμφανίζουν μία διαφορά δυναμικού. Η παραγόμενη τάση κυμαίνεται από 0.5 V έως 1V, ενώ η πυκνότητα ρεύματος είναι μεταξύ 20 και 40 mA/cm2 ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας

2.3.2.2. Ιστορία των Φωτοβολταϊκών Στοιχείων

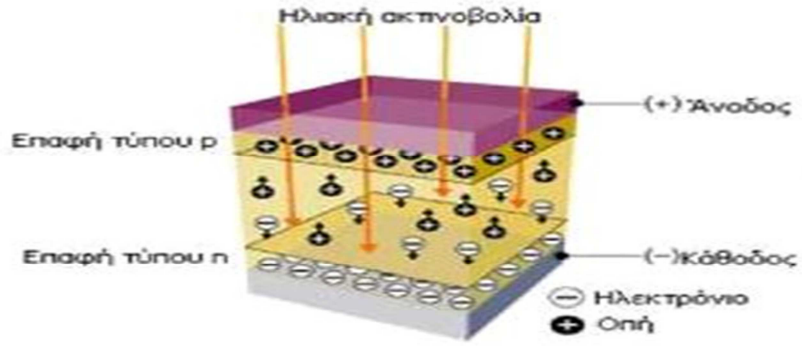
Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων αναπτύχθηκε σε μεγάλο βαθμό μετά τα μέσα του εικοστού αιώνα, παρόλο που το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είχε παρατηρηθεί από τον Edmond Becquerel το 1839. Η πρώτη αναφορά για το φωτοβολταϊκό φαινόμενο δημοσιεύτηκε το 1877 από δύο ερευνητές του πανεπιστημίου του Cambridge τους Adams και Days, ενώ το 1883 κατασκευάστηκε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο από selenium παρόμοιο με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου με απόδοση μικρότερη από 1%. Αργότερα, οι Chapin, Fuller και Pearson το 1954 κατασκεύασαν το πρώτο ηλιακό στοιχείο επαφής p-n με απόδοση 6%. Το 1956 διατέθηκαν στην αγορά τα πρώτα εμπορικά φωτοβολταϊκά πλαίσια με κόστος 1000$/Wp, κατασκευασμένα από κρυσταλλικό πυρίτιο και με απόδοση μεταξύ 5-10%.Σήμερα η απόδοση των κρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων έχει αγγίξει το 25% για διαστημικές εφαρμογές ενώ εκείνων που προορίζονται για επίγειες βιομηχανικές και οικιακές χρήσεις δεν ξεπερνά το 16%.

2.3.2.3. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως κατασκευάζονται από ημιαγωγά υλικά, τα οποία μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλκά ή ακόμα και άμορφα. Ανεξάρτητα από την κρυσταλλική τους δομή, όλα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία εμπεριέχουν μία δίοδο ημιαγωγού που εκτείνεται σε όλο το πλάτος του στοιχείου. Συνήθως η δίοδος αυτή δημιουργείται από την επαφή ενός στρώματος τύπου-n με ένα στρώμα τύπου-p ή ακόμα από την επαφή μεταξύ ενός ημιαγωγού και ενός κατάλληλα επιλεγμένου μετάλλου (δίοδος Schottky).

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων βασίζεται στη δημιουργία ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού στο υλικό που δέχεται την ακτινοβολία. Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει την δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ζεύγος φορέων (ενός ηλεκτρονίου στη ζώνη αγωγιμότητας και μιας οπής στη ζώνη σθένους). Από τα παραγόμενα ζεύγη φορέων, εκείνα που θα βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n δέχονται τη δύναμη του ηλεκτροστατικού πεδίου της διόδου με σκοπό την μείωση της δυναμικής τους ενέργειας. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μετακίνηση των ηλεκτρονίων προς την επαφή τύπου-n και των οπών προς την επαφή τύπου-p, δημιουργώντας μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου

(σχήμα). Η παραπάνω διάταξη συμπεριφέρεται ως ορθά πολωμένη δίοδος και ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος για όσο διάστημα δέχεται την ακτινοβολία. Η διαδικασία της δημιουργίας διαφοράς δυναμικού στις όψεις ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.



Σχήμα 8. Μηχανισμός φωτοβολταϊκού φαινομένου

2.3.2.4. Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ΦΒ μπορούν να κατασκευαστούν με πολλούς τρόπους, αλλά και με διάφορα υλικά. Ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να διακριθούν σε δύο διαφορετικές ομάδες. Η πρώτη ομάδα, η οποία χρησιμοποιείται συνήθως σε οικιακές χρήσεις, χρησιμοποιεί την τεχνολογία thick film ενώ η δεύτερη ομάδα χρησιμοποιεί την τεχνολογία thin film. Το υλικό που χρησιμοποιείται κατά κόρον σήμερα για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων στη βιομηχανία είναι το πυρίτιο (Si). Φωτοβολταϊκά στοιχεία όμως κατασκευάζονται από συνδυασμό άλλων υλικών, όπως θειούχος κάδμιο (CdS),αρσενιούχο γάλλιο (GaAs), τελουριούχο κάδμιο (CdTe) και χαλκού-

ινδίου-σεληνίου(CuInSe2), χαλκού-γάλλιου-δισεληνίου (CuGaSe2), χαλκού-ινδίου-θείου (CuInS2) κ.α..

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων.

1. Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single-Crystalline Silicon, Sc-Si)

Το βασικό υλικό κατασκευής των φωτοβολταϊκών αυτών είναι το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Το πάχος των υλικών αυτών είναι σχετικά μεγάλο, περίπου 300μm. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού πυριτίου με τη μορφή πλαισίων κυμαίνεται από 13-18% και χαρακτηρίζονται από το υψηλό κόστος κατασκευής.

2. Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi-crystalline Silicon, mc-Si)

Η κατασκευή φωτοβολταϊκών πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι πιο γρήγορη και έχει μικρότερο κόστος σε σχέση με αυτή των φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία αυτά κόβονται σε τετραγωνική μορφή και αποτελούνται από λεπτά στρώματα πάχους 10 έως 50 μm. Γενικά όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μονοκρυσταλλικών περιοχών του πολυκρυσταλλικού φ/β τόσο υψηλότερη απόδοση παρουσιάζει. Τα φωτοβολταϊκά αυτού του είδους έχουν αποδόσεις από 10 έως 14% υπό την μορφή πλαισίου.

3. Ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Τα ΦΒ ταινίας πυριτίου είναι κατασκευασμένα από ταινία τηγμένου κρυσταλλικού πυριτίου. Το πάχος τους είναι περίπου 3mm και η απόδοση αγγίζει το 13%. Παρόλο που η κατασκευή αυτών των στοιχείων προσφέρει μείωση 50% στη χρήση του πυριτίου, το κόστος κατασκευής είναι πολύ υψηλό.

4. Άμορφου πυριτίου (Amorphous Silicon, a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά αυτού είδους έχουν χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τα προηγούμενα είδη. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων πάχους συνήθως 10-4mm οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση πυριτίου πάνω σε ένα υπόστρωμα από γυαλί ή αλουμίνιο πάχους 1-3 mm. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου κυμαίνεται από 6-8% ενώ σε εργαστηριακό περιβάλλον έχουν επιτευχθεί μεγαλύτερες αποδόσεις που αγγίζουν το 15%.

5. Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτών επιστρώσεων (Thin Film Photovoltaic)

Στην κατηγορία αυτή εκτός από τα ΦΒ στοιχεία πυριτίου λεπτής επίστρωσης,ανήκουν και ΦΒ στοιχεία κατασκευασμένα από άλλα υλικά. Τα σημαντικότερα υλικά κατασκευής των ΦΒ αυτών είναι η ένωση Cu2S/CdS, ο Διselenoινδιούχος Χαλκός (CuInSe2 ή CIS), το Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe) και το Αρσενικό Γάλλιο (GaAs). Η απόδοση των παραπάνω στοιχείων κυμαίνεται από 10 έως 25 % και παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το πυρίτιο.

2.3.2.5. Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα ε σχέση με τις συμβατικές τεχνολογίες ισχύος. Τα ΦΒ συστήματα

είναι δυνατόν να χεδιαστούν για ποικίλες εφαρμογές και για διάφορες λειτουργικές απαιτήσεις ενώ έχουν το σημαντικό πλεονέκτημα ότι δεν έχουν κανένα κινούμενο μέρος και είναι εύκολα επεκτάσιμα. Παράλληλα χαρακτηρίζονται από την περιβαλλοντική τους συμβατότητα και την ενεργειακή τους ανεξαρτησία καθώς η λειτουργία τους στηρίζεται στο φυσικό φως και δεν δημιουργούν κανένα θόρυβο.

Από την άλλη πλευρά, το κόστος των ΦΒ πλαισίων είναι πολύ υψηλό σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Αυτός είναι ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας, ωστόσο μελέτες δείχνουν ότι τα επόμενα χρόνια το κόστος θα μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Τέλος ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα των ΦΒ πλαισίων είναι η χαμηλή απόδοση μετατροπής του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια. Η χαμηλή απόδοση μετατροπής δεν οδηγεί μόνο σε χαμηλότερες ενεργειακές απολαβές αλλά συνδέεται άμεσα με την ανάγκη εγκατάστασης μεγαλύτερης ποσότητας ΦΒ πλαισίων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της απαιτούμενης επιφάνειας εγκατάστασης.

2.3.3. Ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού

2.3.3.1. Εισαγωγή

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού μπορούν να παρέχουν ένα μεγάλο μέρος σε ποσότητα ζεστού νερού για οικιακή χρήση με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας. Η ποσότητα και η θερμοκρασία του ζεστού νερού που παρέχουν τα συστήματα αυτά,εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος του συστήματος, την τοποθεσία εγκατάστασης και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την άμεση ή έμμεση θέρμανση νερού με χρήση ηλιακών συλλεκτών και την αποθήκευσή του σε θερμομονωτικά δοχεία.

2.3.3.2. Είδη ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: (α) σε συστήματα φυσικής κυκλοφορίας και (β) σε συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Στα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας, η κυκλοφορία του ρευστού απολαβής θερμότητας πραγματοποιείται με φυσικά κυκλοφορία χωρίς να απαιτείται εξωτερική παρέμβαση, ενώ στα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας για την κυκλοφορία του νερού χρησιμοποιούνται ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα θερμοσιφωνικά συστήματα (Thermosiphon systems) και οι ηλιακές συσκευές ολοκληρωμένου συλλέκτη (Integrated Collector Storage, ICS) ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα ηλιακά θερμικά συστήματα με κύκλωμα διαφορικού ελέγχου.

- **<u>Θερμοσιφωνικό σύστημα</u>**

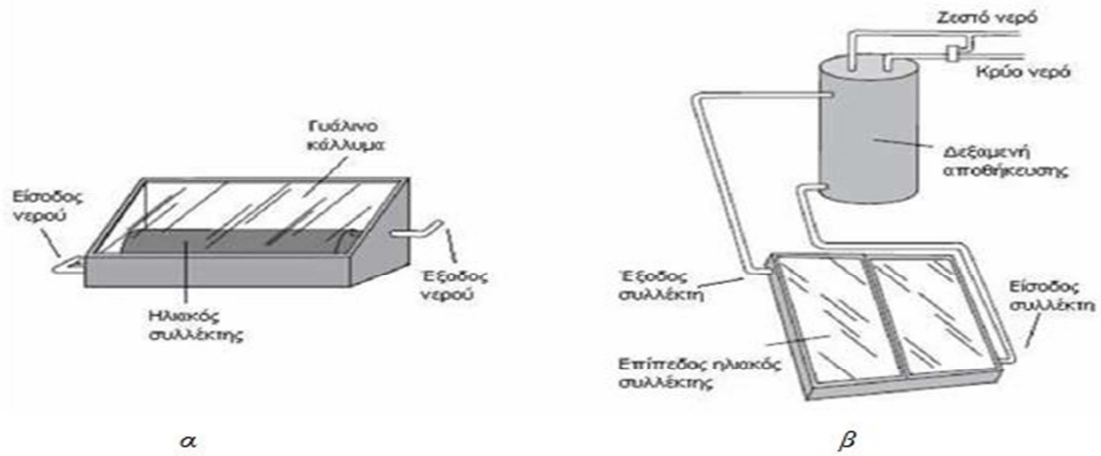
Τα θερμοσιφωνικά συστήματα (Thermosiphon systems) είναι τα πιο διαδεδομένα θερμικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού και αποτελούνται από έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη μέσα στον οποίο κυκλοφορεί το ρευστό και απολαβής θερμότητας και μια δεξαμενή αποθήκευσης θερμικά μονωμένη (εικόνα). Η είσοδος του ρευστού απολαβής θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας γίνεται από το κάτω μέρος του της

δεξαμενής και η έξοδός του από τον συλλέκτη οδηγείται στο επάνω μέρος της δεξαμενής. Το κύκλωμα αυτό είναι ανεξάρτητο και δεν έρχεται σε επαφή με το νερό χρήσης το οποίο εισάγεται από το δίκτυο ύδρευσης στο κάτω μέρος της δεξαμενής και αφού θερμανθεί εξάγεται από το πάνω μέρος. Η κυκλοφορία του ρευστού μέσα στο συλλέκτη και η μεταφορά θερμότητας επιτυγχάνεται με τη φυσικά κυκλοφορία που δημιουργείται όταν ο ηλιακός συλλέκτης και το ρευστό το οποίο περιέχει θερμανθούν με την ηλιακή ακτινοβολία. Το θερμό νερό στον σωλήνα εξόδου είναι ελαφρότερο από το κρύο νερό στον σωλήνα εισόδου κάτι που δημιουργεί μια συνεχή ροή λόγω διαφοράς πυκνότητας στα δύο

τμήματα. Για αυτό το λόγο στα θερμοσιφωνικά συστήματα η δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετείται σε υψηλότερο σημείο από τον ηλιακό συλλέκτη. Επίσης σε ορισμένες μέσα στο δοχείο αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρική αντίσταση για θέρμανση του νερού χρήσης στην περίπτωση που δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια.

- **Ολοκληρωμένη ηλιακή συσκευή ICS**

Σε μια ολοκληρωμένη ηλιακή συσκευή (Integrated Collector Storage), ο ηλιακός συλλέκτης αποτελεί ταυτόχρονα και το δοχείο αποθήκευσης του νερού. Το δοχείο αποθήκευσης είναι συνήθως κυλινδρικό για να αντέχει την πίεση του δικτύου ύδρευσης ενώ η εξωτερική του επιφάνεια βάφεται με μαύρο χρώμα ή επιστρώνεται με ειδική επιλεκτική επιφάνεια για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε πολλές περιπτώσεις, τοποθετούνται περισσότερα από ένα δοχεία σε σειρά με την έξοδο του καθενός να συνδέεται με την είσοδο του επόμενου αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την συνολική απόδοση της συσκευής. Στις συσκευές αυτές, επειδή το δοχείο αποθήκευσης είναι ταυτόχρονα και η απορροφητική επιφάνεια παρουσιάζουν σημαντικές θερμικές απώλειες. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις διάφανα θερμομονωτικά υλικά, διπλά διάφανα καλύμματα ή και ακόμα χρήση κενού μεταξύ του απορροφητή και του γυάλινου καλύμματος.



Εικόνα 9. Ολοκληρωμένη ηλιακή συσκευή ICS (α) και θερμοσιφωνικό σύστημα (β)

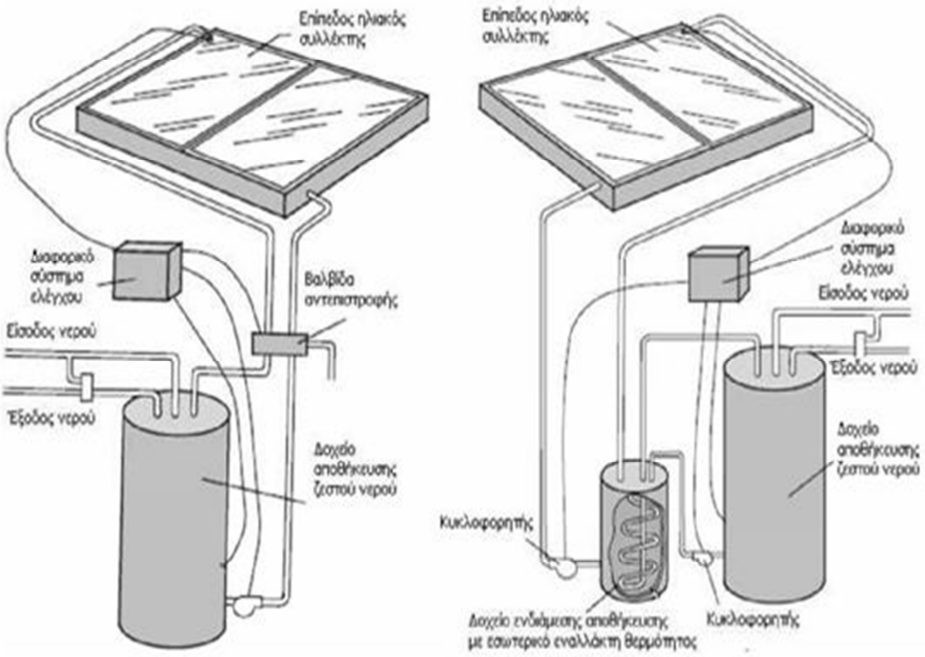
- **Ηλιακά θερμικά συστήματα διαφορικού ελέγχου**

Τα ηλιακά θερμικά συστήματα διαφορικού ελέγχου (Differential controller operated pump systems) αποτελούνται από τους συλλέκτες, μία ή δύο θερμικές δεξαμενές αποθήκευσης και ένα δίκτυο διανομής του ρευστού με κυκλοφορητή. Τα συστήματα αυτά έχουν ένα διαφορικό σύστημα ελέγχου το οποίο καταγράφει τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ρευστού του συλλέκτη και του νερού στην

δεξαμενή αποθήκευσης. Όταν η θερμοκρασία του ρευστού του συλλέκτη είναι υψηλότερη από αυτή του νερού στην δεξαμενή, ο κυκλοφορητής τίθεται σε λειτουργία με σκοπό να κυκλοφορήσει το ρευστό έως η διαφορά θερμοκρασίας να γίνει πολύ μικρή.

Επιπλέον το διαφορικό σύστημα ελέγχου διακόπτει την λειτουργία της κυκλοφορίας σε περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα κέρδους ενέργειας από τον ήλιο, ενώ σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών, εκκινεί μια βάνα, η οποία τροφοδοτεί τους συλλέκτες με ζεστό νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης.

Επίσης σε αυτά τα συστήματα επειδή η κυκλοφορία δεν γίνεται με φυσική κυκλοφορία, η σχετική θέση δεξαμενής-συλλεκτών δεν έχει σημασία από λειτουργικής πλευράς.



Εικόνα 10.Θερμικά Ηλιακά συστήματα διαφορικού ελέγχου

2.3.3.3. Αποθήκευση θερμότητας σε ηλιακές δεξαμενές

Η αποθήκευση θερμότητας γίνεται με τη βοήθεια θερμικών δεξαμενών, οι οποίες χωρίζονται ανάλογα με τη γεωμετρία κατασκευής τους, το θερμικό φορέα που χρησιμοποιείται ως αποθηκευτικό μέσο και τον προσανατολισμό τους. Η θερμική δεξαμενή αποτελεί σημαντικό τμήμα ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού καθώς θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες του χρήστη αλλά ταυτόχρονα να φροντίζει για την μέγιστη αποδιδόμενη ενέργεια.

Οι κύριοι παράμετροι που επηρεάζουν την συμπεριφορά μιας ηλιακής δεξαμενής και κατ' επέκταση την απόδοση όλου του συστήματος είναι το μέγεθος τους, οι θερμικές απώλειες από τα τοιχώματα προς το περιβάλλον και η θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση του νερού μέσα στην δεξαμενή.

Το μέγεθος μιας θερμικής ηλιακής δεξαμενής καθορίζεται από το πηλίκο του όγκου (V) περιεχόμενου νερού της δεξαμενής προς την επιφάνεια ανοίγματος (Αα) του ηλιακού συλλέκτη. Για συνήθεις εφαρμογές εκμετάλλευσης της θερμικής ενέργειας, το μέγεθος των ηλιακών δεξαμενών επιλέγεται τηρώντας μια αναλογία της

τάξης των 50-100 l/m2.

Οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον μιας δεξαμενής εξαρτάται από το σχήμα της δεξαμενής, το πάχος της και τις θερμομονωτικές ιδιότητες των υλικών κατασκευής. Οι ολικές θερμικές απώλειες μιας δεξαμενής εκφράζονται από τον συντελεστή θερμικών απωλειών Us, οποίος είναι συνάρτηση της μάζας, της μέσης θερμοκρασίας και της θερμοχωρητικότητας του νερού εντός της δεξαμενής.

Σημαντικό ρόλο στη λειτουργία μιας ηλιακής δεξαμενής έχει προσπάθεια επίτευξης όσο το δυνατόν καλύτερης θερμοκρασιακής διαστρωμάτωσης του νερού έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη ενεργειακή απολαβή.

3. Κεφάλαιο -Βιομάζα

3.1. Γενικά

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Όλα τα υλικά όπως ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.), που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια) είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, είναι το νερό και ο άνθρακας, που είναι άφθονα στη φύση.

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της

είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς

απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την

παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της.

Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό.

3.1.1. Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας

Μία από τις πιο διαδεδομένες χρήσεις της βιομάζας, ιδίως σε υπανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου, είναι για παραγωγή ενέργειας. Οι αναπτυσσόμενες χώρες παράγουν περίπου το ένα τρίτο της ενέργειάς τους από βιομάζα. Περίπου 2,5 δις άνθρωποι ουσιαστικά εξαρτώνται από τη βιομάζα για την κάλυψη των αναγκών τους σε θέρμανση, φωτισμό και μαγείρεμα. Στον πίνακα που παρατίθεται φαίνεται η κατανάλωση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς σε διάφορες χώρες του κόσμου.

Αλλά και στις ανεπτυγμένες χώρες η βιομάζα καλύπτει σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών τους. Έτσι στις ΗΠΑ η βιομάζα καλύπτει περίπου το 4% των πρωτογενών αναγκών τους σε ενέργεια, ενώ στη Σουηδία το 13% και στον Καναδά το 7-8% της τελικής ζήτησης σε ενέργεια.

Η χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε 4 ενότητες.

Α. ΚΑΥΣΙΜΑ ΑΠΟ ΤΟ ΞΥΛΟ
- Α.1 Καυσόξυλα
- Α.2 Κάρβουνο
- Α.3 Υπολείμματα ξύλου, υπολείμματα δασών

Β. ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ, ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ

Γ. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΖΩΩΝ, ΙΛΥΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ, ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΣΚΟΥΠΙΔΙΩΝ

Δ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΦΥΤΕΙΕΣ

Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας μετριέται με τη καθαρή θερμιδική της αξία

Πίνακας 3.Χρήση βιομάζας σε διάφορες αναπτυσσόμενες χώρες

Χώρα	Κατά κεφαλή κατανάλωση βιομάζας (TN ισοδύναμου ξύλου)	Βιομάζα σαν % της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας
Βραζιλία	0.79	33
Κόστα Ρίκα	0.79	43
Γουατεμάλα	0.87	72
Τζαμάικα	0.26	11
Μεξικό	0.34	9
Νικαράγουα	0.93	61
Γουϊάνα	1.44	55
Ουρουγουάη	0.51	28
Μποτσουάνα	1.72	74
Αίγυπτος	0.52	28
Γκάνα	0.46	63
Κένυα	1.32	86
Άγ. Μαυρίκιος	0.96	46
Μοζαμβίκη	1.06	94
Νιγηρία	1.55	82
Ρουάντα	1.60	97
Σιέρρα Λεόνε	0.64	82
Σουδάν	2.61	95
Τανζανία	2.84	97
Ζαμπία	0.94	63
Ζιμπάμπουε	1.15	43

Ινδία	0.75	57
Ινδονησία	1.08	66
Πακιστάν	0.86	60
Ταϊλάνδη	1.61	21
Φιλιππίνες	1.05	66
Νησιά Φίτζι	1.25	62
Μπαγκλαντές	1.02	88
Κίνα	0.59	28
Κολομβία	1.22	42
Αιθιοπία	0.80	94
Νεπάλ	0.71	97
Περού	1.00	46
Ζαϊρ	0.79	86

3.1.2. Μετατροπές της βιομάζας

Μόνο λίγοι τύποι της βιομάζας όπως το ξύλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ'ευθείας με καύση για παραγωγή ενέργειας. Συνήθως απαιτείται η επεξεργασία και ο εξευγενισμός της βιομάζας για τη μετατροπή της σε χρήσιμο καύσιμο.

Διακρίνουμε τρεις κατηγορίες διεργασιών επεξεργασίας της βιομάζας :

Α. ΤΗ ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες :

Α.1 Ανθρακοποίηση π.χ. παραγωγή κάρβουνου.
Α.2 Πυρόλυση π.χ. παραγωγή υδρολυτικών ελαίων.
Α.3 Αεριοποίηση π.χ. παραγωγή αερίου.

Β. ΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες :

Β.1 Αναερόβια ζύμωση π.χ. παραγωγή βιοαερίου.
Β.2 Υδρόλυση-Αναερόβια ζύμωση π.χ. παραγωγή αιθανόλης.

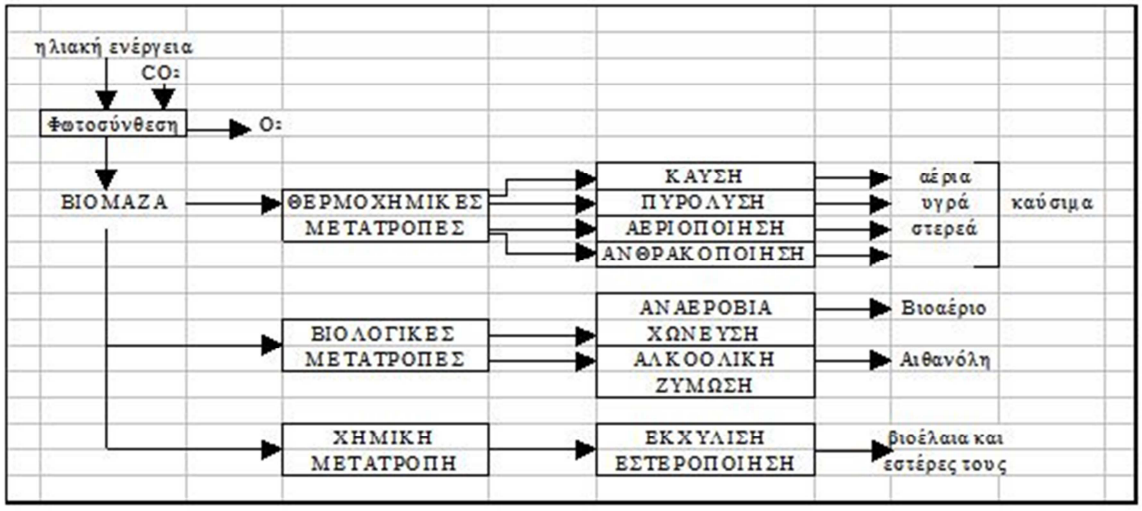
Γ. ΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Περιλαμβάνει την :

Γ.1 Εκχύλιση ελαίων και εστεροποίηση των τριγλυκεριδίων
π.χ. παραγωγή βιολογικού καυσίμου.



Σχήμα 9.Ενεργειακοί μετασχηματισμοί κατά τη δημιουργία και ενεργειακή χρήση της βιομάζας



Σχήμα 10.Παραγωγή ενέργειας από την βιομάζα με διαφορές διεργασίες

3.1.3. Η βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε κάθε συγκέντρωση οργανικής ουσίας μέρη, ή απορριπτέα τμήματα ζωντανών ή φυτικών οργανισμών που έχουν τελειώσει τον κύκλο ζωής τους ή τον κύκλο συνεισφοράς τους στην επιβίωση κάποιου οργανισμού. Διακρίνουμε σε φυτικές μορφές βιομάζας (αγροτικά υπολείμματα, τμήματα νεκρών φυτών, δασικά υπολείμματα), οργανικές μορφές (ζωικά απόβλητα, τροφές, οργανικά υγρά), και βιομηχανικές μορφές (όλες οι οργανικές ουσίες που απορρίπτονται μετά τη χρησιμοποίησή τους από τη βιομηχανία, όπως απόβλητα εκκοκκιστηρίων, σπορελαιουργείων, βιομηχανιών διατροφής και ρουχισμού, βιοαέρια κλπ).

Η βιομάζα χρησιμοποιείται εδώ και πάρα πολλά χρόνια από τον άνθρωπο για την παραγωγή ενέργειας. Ιστορία του ανθρώπου ήταν τα ξύλα που χρησιμοποιούσαν για τη φωτιά. Ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται κατά κόρον η βιομάζα στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες για την ικανοποίηση των βασικών ανθρώπινων ενεργειακών αναγκών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια στροφή των τεχνολογικά και οικονομικά ανεπτυγμένων χωρών του πλανήτη προς τη αξιοποίηση της βιομάζας με νέες τεχνολογίες ώστε η ενέργεια να παράγεται με υψηλό βαθμό απόδοσης, με ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τα παραγόμενα ενεργειακά προϊόντα να είναι υψηλής αξίας, όπως ο ηλεκτρισμός. Οι εκτιμήσεις των ερευνητών για τη μελλοντική χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι πολύ αισιόδοξες. Βέβαια, οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση για χρήση της βιομάζας για μια συγκεκριμένη εφαρμογή παραγωγής ενέργειας είναι πολλοί και απαιτούνται ειδικές μεθοδολογίες για τη λήψη απόφασης από τους επενδυτές.

Όσον αφορά την Ελλάδα, η χρήση βιομάζας για παραγωγή ενέργειας το έτος 1998 αφορούσε το 3,4% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας στη χώρα, ποσοστό σημαντικό σε σχέση με το 0,4% των υπόλοιπων ανανεώσιμων πηγών

(εξαιρουμένων των υδροηλεκτρικών). Η βιομάζα αυτή αφορά καυσόξυλα που καταναλώνονται για οικιακή θέρμανση και όχι για παραγωγή ηλεκτρισμού. Υπάρχουν όμως στη χώρα μας σημαντικές ποσότητες βιομάζας από αγροτικά υπολείμματα , οι οποίες μένουν κατά κύριο λόγο αναξιοποίητες. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι έχουν γίνει ερευνητικές προσπάθειες για διάφορα είδη βιομάζας που απαντώνται στον ελληνικό χώρο .

3.2. Κάυση της βιομάζας

3.2.1. Γενικά

Η απ'ευθείας καύση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας είναι ο απλούστερος τρόπος για την ενεργειακή αξιοποίησή της. Για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης στη καύση είναι επιθυμητό η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία να είναι χαμηλή συνήθως κάτω του 20%. Πολλές φορές απαιτείται τεμαχισμός της βιομάζας σε μικρά κομμάτια για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες συσκευές και φούρνους για καύση. Όταν η βιομάζα βρίσκεται υπό μορφή πολύ μικρών κόκκων είναι επιθυμητό πολλές φορές να μετατραπεί σε μπρικέτες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μορφοποίησή της σε κατάλληλα μηχανήματα με υψηλή πίεση. Για την παραγωγή ατμού η βιομάζα καίγεται σε κατάλληλους καυστήρες και βραστήρες με ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας.Οι περισσότερες μορφές βιομάζας συνίστανται από τρεις σύνθετες χημικές ενώσεις :

- Κυτταρίνες
- ημικυτταρίνες και
- λιγνίνες

Περιέχουν επίσης νερό, μικρές ποσότητες ρητινών και άλατα.
Η τυπική σύνθεση της βιομάζας είναι :

- 50% άνθρακας
- 43% οξυγόνο
- 6% υδρογόνο

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος καύσης της βιομάζας πρέπει να ληφθεί υπ'όψη ότι η φωτιά απαιτεί τρεις παράγοντες για να αρχίσει και να συνεχίσει να υπάρχει δηλαδή καύσιμο, οξυγόνο και θερμότητα. Ο έλεγχος της φωτιάς γίνεται με τον έλεγχο των τριών αυτών παραγόντων.

Η θερμότητα που παράγεται κατά τη καύση της βιομάζας διαδίδεται με τρεις τρόπους και μηχανισμούς
α) Με αγωγιμότητα
β) Με ακτινοβολία
γ) Με μεταφορά

Η καύση του ξύλου έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

1. Το ξύλο καίγεται σε δύο φάσεις

Καταρχάς παράγονται πτητικά αέρια που καίγονται, δημιουργώντας το κάρβουνο που καίγεται στη συνέχεια.

2. Οξυγόνο θα πρέπει να μεταφερθεί από το περιβάλλον στη ζώνη καύσης

3. Το μέγεθος, η πυκνότητα και η τοποθέτηση του ξύλου στην εστία της φωτιάς επηρεάζουν τη ταχύτητα και τη πληρότητα της καύσης.

Οι απώλειες θερμότητος προς το περιβάλλον μπορούν να ελαχιστοποιηθούν κατά τη καύση της βιομάζας, εφόσον η εστία καύσης περικλείεται σε κάποια τοιχώματα. Έτσι ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητος με μεταφορά. Ταυτόχρονα τα τοιχώματα θαπρέπει να απορροφούν την ακτινοβολούμενη θερμότητα, μέρος της οποίας θα πρέπει να ακτινοβολούν πάλι.

Η θερμότητα που χάνεται με τα αέρια καύσης μπορεί να ανακτηθεί σε σημαντικό βαθμό, εφόσον χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εναλλάκτης θερμότητας.

Σήμερα υπάρχουν σόμπες και τζάκια που επιτυγχάνουν βαθμούς απόδοσης από 20% έως 80%, ανάλογα με το βαθμό που εξοικονομούν θερμότητα.

Η τυπική χημική αντίδραση κατά τη καύση της βιομάζας είναι :

$$C_{6n}(H_2O)_{5n} + 6_nO_2 \rightarrow 6_nCO_2 + 5_nH_2O$$

$$\downarrow$$

(τυπική βιομάζα)

Οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνεται η καύση της βιομάζας κυμαίνονται στους 1000-1500°C.

3.2.2. Μηχανισμοί μεταφοράς της θερμικής ενέργειας

Η θερμότητα που παράγεται κατά την καύση της βιομάζας μεταφέρεται με τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς και συγκεκριμένα :

α) Με αγωγιμότητα

β) Με ακτινοβολία

γ) Με μεταφορά

Η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγιμότητα όταν διέρχεται δια μέσου μιας στερεάς επιφάνειας από μία θερμή περιοχή σε μία ψυχρή.

Η εξίσωση που δίδει τη μεταφερόμενη θερμότητα είναι :

$$\text{Μεταφερόμενη θερμότητα} = \frac{K*A*(T_1-T_2)}{L}$$

Όπου K = θερμική αγωγιμότητα του στερεού σώματος

A = επιφάνεια εναλλαγής θερμότητος

L = απόσταση μεταξύ θερμής και ψυχρής θερμοκρασίας

T_1 = υψηλότερη θερμοκρασία

T_2 = χαμηλότερη θερμοκρασία

Η μεταφορά της θερμότητας με ακτινοβολία οφείλεται στο γεγονός ότι όλα τα σώματα ακτινοβολούν θερμότητα. Η ποσότητα της ακτινοβολούμενης θερμότητος είναι ανάλογη της διαφοράς της τετάρτης δύναμης της απολύτου θερμοκρασίας του ακτινοβολούντος σώματος και του λαμβάνοντος τη θερμότητα σώματος.

Τέλος μεταφορά θερμότητας προκαλείται με τη ροή κάποιου ρευστού (αέρα ή νερού) είτε με φυσικό τρόπο είτε με βεβιασμένο.

Στη περίπτωση αυτή η εξίσωση μεταφοράς θερμότητας είναι :

$$\text{Μεταφερόμενη θερμότητα} = a * T * (T_1 - T_2)$$

Όπου a = συντελεστής μεταφοράς θερμότητας

A = επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας

T_1 = θερμοκρασία επιφάνειας

T_2 = θερμοκρασία ρευστού

3.3. Χρήσεις της βιομάζας

3.3.1. Θέρμανση κτιρίων με βιομάζα

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση κτιρίων με τζάκι, σόμπα ή σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Η καύση ξύλων σε σόμπες είναι ευρύτατα διαδεδομένη σήμερα σε αγροτικά σπίτια, όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες βιομάζας, κυρίως από το κόψιμο δένδρων και κυρίως ελιάς.

Πολλά σπίτια χρησιμοποιούν για θέρμανση τζάκια με την καύση ξύλων. Ενώ τα παλαιότερα τζάκια είχαν χαμηλούς βαθμούς απόδοσης, σήμερα τα σύγχρονα τζάκια
έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση

ολόκληρης της κατοικίας.

Αρκετά διαδεδομένα είναι επίσης σήμερα τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης με χρήση ξύλων ή πυρηνόξυλου. Αυτά χρησιμοποιούνται σαν εναλλακτική λύση των συστημάτων θέρμανσης με καυστήρα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Ο καυστήρας τους είναι διαφορετικός από εκείνο του πετρελαίου και αποτελείται από έναν έλικα, που μεταφέρει το πυρηνόξυλο από το σιλό στην εστία καύσης, ενώ ένας ανεμιστήρας χρησιμοποιείται για την παροχή αέρα, που υποβοηθεί την καύση. Στην περίπτωση αυτή ο
ιδιοκτήτης αγοράζει το πυρηνόξυλο σε σακιά από ένα πυρηνελαιουργείο και κατά τακτά χρονικά διαστήματα γεμίζει το σιλό του καυστήρα. Επειδή το πυρηνόξυλο είναι διαβρωτικό, λόγω του ότι περιέχει υπολείμματα οξέων, θα πρέπει το σύστημα καύσης να κατασκευάζεται από ανθεκτικά υλικά. Το κόστος του καυστήρα για χρήση πυρηνόξυλου είναι ελαφρά μεγαλύτερο από εκείνο του πετρελαίου (μαζούτ ή ντίζελ) ή του υγραερίου. Όμως, το κόστος του πυρηνόξυλου σε σχέση με την ενεργειακή του αξία είναι χαμηλότερο από του πετρελαίου ή του υγραερίου.

3.3.2. Εφαρμογές στον οικιακό τομέα

3.3.2.1. Βιομάζα στον οικιακό τομέα

Η βιομάζα στον οικιακό τομέα χρησιμοποιείται, κυρίως με τη μορφή καυσόξυλων, για μαγείρεμα, θέρμανση χώρων και νερού. Σήμερα είναι δυνατή η παραγωγή εξευγενισμένων καυσίμων βιομάζας όπως θρύμματα ξύλου (woodchips) και συσσωματώματα ή συμπυκνώματα (pellets), με δυνατότητα αυτοματοποιημένης τροφοδοσίας και ικανοποιητικής απόδοσης.
Η βιομάζα ξυλείας χρησιμοποιείται κυρίως σε δύο μορφές:

- ακατέργαστη μορφή όπως καυσόξυλα, πυρηνόξυλα, κουκούτσια κα.
- επεξεργασμένη μορφή για ευκολότερη χρήση, αποθήκευση και μεταφορά, όπως μπρικέτες, θρύμματα ξύλων (woodchips) ή συσσωματώματα βιομάζας (pellets).

Το πυρηνόξυλο είναι το ξυλώδες υπόλειμμα που προκύπτει, λόγω της απομάκρυνσης υγρασίας και εναπομείναντος ελαίου (πυρηνέλαιο) από την ημιστερεά πάστα που παρέμεινε μετά την παραγωγή ελαιόλαδου στο ελαιουργείο (Εικόνα).



Εικόνα 11.Πυρηνόξυλο

Τα θρύμματα ξύλων (woodchips) είναι μικρά τεμάχια ξύλου, μήκους 5-50 mm. Η ποιότητα των θρυμμάτων βιομάζας εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής και συνήθως προέρχονται από δασικά υπολείμματα (κλαδιά, κορυφές, ολόκληρα δένδρα), υπο-λείμματα από πριονιστήρια κα (Εικόνα).



Εικόνα 12.Θρύμματα ξύλων (woodchips)

Τα συσσωματώματα βιομάζας (pellets) είναι τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο που παρασκευάζεται με τη συμπίεση ξηρών, πριονιδιών και τεμαχηδόν από καθαρά υπολείμματα ξύλου βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (Εικόνα). Στην παραγωγική διαδικασία δεν χρησιμοποιούνται χημικά πρόσθετα παρά μόνο υψηλή πίεση και ατμός. Επίσης η καύση των pellets είναι ολοκληρωτική σε υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να μην παράγεται σχεδόν καθόλου καπνός.



Εικόνα 13.Συσσωματώματα βιομάζας (pellets)

Τα συσσωματώματα ξύλου έχουν πολύ υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. Το γεγονός ότι συμπιέζονται (πρεσάρονται) σημαίνει ότι καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο, άρα έχουν περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα όγκου. Η μείωση του όγκου συμβάλει και στην ευκολότερη και οικονομικότερη αποθήκευση τους. Η διαδικασία της καύσης τους είναι υψηλής ποιότητας, χωρίς μεγάλο υπόλειμμα στο τέλος. Τα συσωματώματα έχουν διάμετρο 5-8 mm και μήκος ως 30 mm, ενώ το ενεργειακό τους περιεχόμενο είναι 4.5-5.2 kWh/kg. 2 kg pellets ισοδυναμούν με 1 Lt πετρελαίου θέρμανσης.

3.3.2.2. Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για θέρμανση

Για την καύση της βιομάζας, με σκοπό την παραγωγή θερμότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- **τυπικό τζάκι**, με απόδοση 10-20%
- **ενεργειακό τζάκι** (το οποίο μπορεί να θερμαίνει και άλλους χώρους ή νερό), με απόδοση 80-85%
- **λέβητας ξύλου ή pellets**, για κεντρική θέρμανση, με απόδοση 70-90%.
- **σόμπα ξύλου ή συσσωματωμάτων** (pellets), με απόδοση 90%

Η χρήση συστημάτων αξιοποίησης βιομάζας μπορούν να καλύψουν μέχρι και το 100 % των θερμικών αναγκών μίας οικίας.

Οι διάφορες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για θέρμανση των κτιρίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Ως μεμονωμένες μονάδες πηγής θερμότητας για τη θέρμανση ενός δωματίου
- Μοναδική πηγή θέρμανσης του σπιτιού και παροχή ζεστού νερού

- Σε συνδυασμό με λέβητα πετρελαίου και παροχή ζεστού νερού.

Τυπικό (παραδοσιακό) τζάκι

Το τζάκι αξιοποιείται ως μέσο θέρμανσης κυρίως στις ορεινές περιοχές αλλά και ως δευτερεύουσα πηγή θέρμανσης για αρκετές κατοικίες σε χαμηλότερα υψόμετρα.

Τα τυπικά (χτιστά) ή παραδοσιακά τζάκια κατασκευάζονται από πέτρα η τούβλο και συνήθως έχουν μεγάλα σταθερά ανοίγματα στην περιοχή της φωτιάς (περιοχή καύσης) και καπνοσύρτη, στην καμινάδα, για να περιορίσει τον αέρα του δωματίου και τις απώλειες θερμότητας όταν το τζάκι δεν χρησιμοποιείται (Εικόνα). Μερικά παραδοσιακά τζάκια τοιχοποιίας έχουν μετασκευαστεί με πόρτες ή περσίδες για τη μείωση πρόσληψης του αέρα καύσης, κατά τη διάρκεια της χρήσης. Παρά το γεγονός αυτό, ένα σημαντικό μέρος της θερμότητας που παράγεται από τα τζάκια χάνεται στα καυσαέρια και μέσα από την τοιχοποιία κατά την έναρξη καύσης του ξύλου. Επιπλέον, τα περισσότερα παραδοσιακά τζάκια, αν και ζεσταίνουν το χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένα, απορροφούν παράλληλα τον υφιστάμενο ζεστό αέρα και τον διοχετεύουν στην καμινάδα με αποτέλεσμα οι υπόλοιποι χώροι μιας οικίας να κρυώνουν σταδιακά.

Τέλος, υπάρχουν τα προκατασκευασμένα τζάκια, που αποτελούνται από μεταλλικά φύλλα και βάσεις ή από μαντέμι , τα οποία φέρουν στο εσωτερικό τους επένδυση από πυρότουβλο και περιβάλλονται από πολλά φύλλα χάλυβα με χώρους για την κυκλοφορία του αέρα. Ορισμένα έχουν εφαρμοστές πόρτες, όμως η απόδοση τους σε θερμότητα δεν είναι μεγαλύτερη από αυτή των παραδοσιακών τζακιών.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, το κόστος ενός παραδοσιακού τζακιού κυμαίνεται από 1.200 έως 1.800 €.



Εικόνα 14.Τυπικό τζάκι(παραδοσιακό)

Ενεργειακά τζάκια ή ενεργειακές εστίες

Ενεργειακό ονομάζεται το τζάκι που εκμεταλλεύεται το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας από την καύση του ξύλου, διοχετεύοντας την στον εσωτερικό χώρο. Ο βαθμός απόδοσης των εστιών αυτών είναι υψηλότερος από αυτό των συμβατικών τζακιών και κυμαίνεται από 80-85%, εξαιτίας του θαλάμου δευτερογενούς καύσης (Εικόνα). Κύρια χαρακτηριστικά του είναι η:

- Υψηλή θερμική απόδοση (έως και 85 %).
- Οικονομία στην κατανάλωση ξύλου (έως και 2 kg/h). Με τη μετατροπή των παραδοσιακών τζακιών σε ενεργειακά, βελτιώνεται κατά πολύ ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση καυσόξυλου, στην προκειμένη περίπτωση της βιομάζας ξυλείας.
- Περιορισμένη εκπομπή καυσαερίων (PM_{10} <20 mg/m^3). Αυτό επιτυγχάνεται, λόγω της δευτερογενούς καύσης για την καύση του μονοξειδίου του άνθρακα, το οποίο μπορεί να βρίσκεται στα υπό-προϊόντα της πρωτογενούς καύσης.
- Δυνατότητα ελέγχου της καύσης ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια, λόγω της πόρτας που καλύπτει την περιοχή καύσης.

- Δυνατότητα μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο με μηχανική ή φυσική ροή.
- Ελαχιστοποίηση οσμών και καπνού στο χώρο θέρμανσης.

Η μέγιστη απόδοση ενός ενεργειακού τζακιού επιτυγχάνεται όταν η πόρτα του είναι κλειστή. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και με ανοιχτή πόρτα, προκειμένου να μη στερήσει τις απολαύσεις του τζακιού, όπως τη θέα της φωτιάς και το ψήσιμο. Επιπλέον ενσωματώνεται εύκολα στη θέση του παραδοσιακού τζακιού.

Έχει παρατηρηθεί ότι τα ενεργειακά τζάκια ζεσταίνουν έως και τέσσερις φορές περισσότερο από τα τζάκια με πυρότουβλο. Διαθέτουν μηχανισμό ρύθμισης της παροχής του εξωτερικού αέρα που επιτυγχάνει την αυξομείωση της έντασης της φλόγας και κατά συνέπεια της έντασης της θέρμανσης. Επιπλέον, εκμεταλλεύονται τις επιφάνειες που βρίσκονται στο πίσω μέρος της εστίας προκειμένου να δημιουργήσουν κύκλωμα αέρα. Με τον τρόπο αυτό διοχετεύεται στο κάτω μέρος της εστίας ψυχρός, υγροποιημένος, καθαρός αέρας ο οποίος στη συνέχεια θερμαίνεται στο πίσω μέρος του τζακιού και διοχετεύεται μέσω αεραγωγών είτε στο χώρο που βρίσκεται το τζάκι, είτε σε άλλους χώρους.

Τα ενεργειακά τζάκια ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

- Ενεργειακό τζάκι αέρα, το οποίο λειτουργεί ως αερόθερμο, εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που παράγεται στο χώρο καύσης και διοχετεύει θερμό αέρα -μέσω των αεραγωγών και των περσίδων του- στο χώρο.
- Ενεργειακό τζάκι νερού το οποίο λειτουργεί ως πλήρης, αυτόνομη μονάδα παραγωγής ζεστού νερού που διοχετεύεται στα θερμαντικά σώματα (ή υποδαπέδια) για θέρμανση όλων των χώρων μίας οικίας.



Εικόνα 15.Γραφική απεικόνιση της λειτουργίας ενός ενεργειακού τζακιού

Λέβητας ξύλου ή pellets

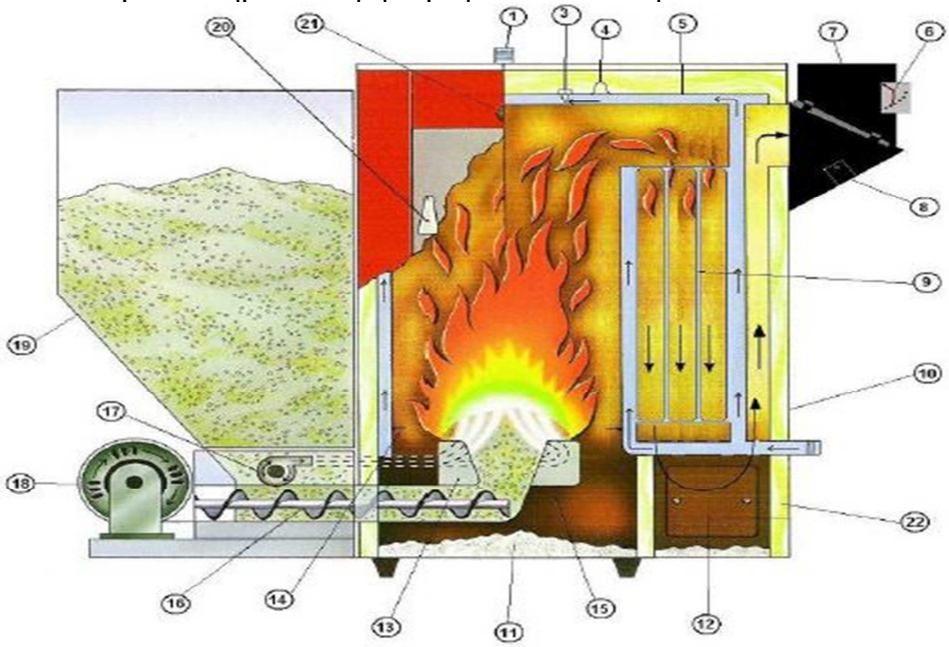
Οι σύγχρονοι λέβητες που χρησιμοποιούν τεμαχίδια ξύλου (wood chips), συσσωματώματα (pellets), ή τεμάχια από ξύλα, είναι συσκευές υψηλής τεχνολογίας με αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου. Λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες, με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη παροχή αέρα και μπορούν να αποδώσουν πάνω από το 90% της ενέργειας που περιέχεται στο ξύλο για θέρμανση (Εικόνες 11, 12 και 13).

Οι σύγχρονοι λέβητες έχουν τη δυνατότητα να ζεστάνουν οποιονδήποτε χώρο εύκολα, γρήγορα και οικονομικά. Αποτελούν μια πολύ καλή επιλογή, ιδιαίτερα αν τους συγκρίνουμε με το παραδοσιακό τζάκι που η απόδοση του φτάνει το 10% ή ένα

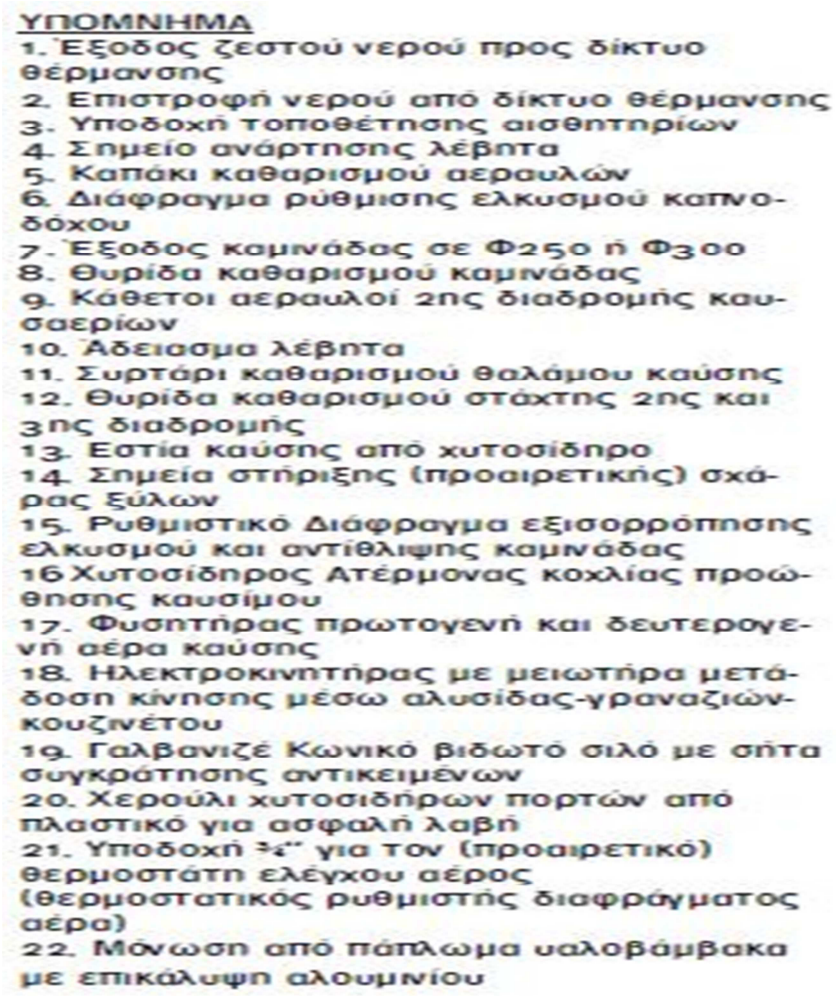
συμβατικό λέβητα ξύλου που αποδίδει ως 50%. Μπορούν να συνδεθούν με θερμαντικά σώματα και έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ανεξάρτητα ως κύρια πηγή ενέργειας ή σε παράλληλη σύνδεση με λέβητα κεντρικής θέρμανσης – πετρελαίου, στερεών καυσίμων κ.α. Παρέχουν εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του ζεστού νερού που παράγεται (το οποίο έχει την ικανότητα να θερμαίνει τα θερμικά σώματα μέσω κυκλώματος). Επιπλέον, δεν παράγουν ορατό καπνό και οι εκπομπές τους είναι πολύ χαμηλές, όσο αυτές ενός λέβητα φυσικού αερίου.

Οι πιο εξελιγμένοι τεχνολογικά λέβητες διαθέτουν αυτόματο σύστημα για τον καθαρισμό των εναλλακτών θερμότητας και την απομάκρυνση της στάχτης. Ορισμένοι έχουν τη δυνατότητα συμπίεσης της στάχτης , ώστε το καθάρισμα γίνεται αναγκαίο μόνο δύο φορές το χρόνο λειτουργία τους είναι αυτόματη όπως ακριβώς στους λέβητες πετρελαίου. Στο λέβητα συσσωματωμάτων η τροφοδοσία γίνεται μια φορά τη μέρα. Διαθέτει χώρο αποθήκευσης ο οποίος παρέχει αυτονομία για 10 - 30 ημέρες ανάλογα με το μέγεθός του. Ο λέβητας ξύλου τροφοδοτείται 3-4 φορές / μέρα (όχι αυτόματα).

Η αποδιδόμενη ενέργεια του λέβητα ξύλου ή pellets είναι 18.000 kcal/ h-150.000 kcal/h ανάλογα με το μέγεθος του. Τα κύρια μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι οι απαιτήσεις για χώρο αποθήκευσης και η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης. Το κόστος αγοράς ενός λέβητα ξύλου υπολογίζεται περίπου 2.500€, ενώ του αυτοματοποιημένου λέβητα με pellets είναι περίπου 4.500€.



Εικόνα 16.Λέβητας βιομάζας με αυτόματη τροφοδοσία.



Εικόνα 17.Επεξηγηματικό υπόμνημα

Σόμπα ξύλου ή pellets

Σε αντίθεση με τα τζάκια, οι σόμπες ξύλου τοποθετούνται στο δάπεδο (επιδαπέδια συσκευή). Συνήθως κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο και ο σχεδιασμός τους επιτρέπει χρήση καυσόξυλων μήκους 25 – 38 cm . Οι συμβατικές σόμπες ξύλου είναι εξοπλισμένες με τρεις θύρες.

Η θύρα που είναι στην κορυφή χρησιμεύει για τη φόρτωση των καυσόξυλων, η μεσαία θύρα χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό της σχάρας και η τρίτη για την απομάκρυνση της στάχτης.

Η παροχή αέρα στο θάλαμο καύσης, για τον έλεγχο της έντασης καύσης, μπορεί να ρυθμιστεί χειροκίνητα από κινούμενο διάφραγμα. Στις απλές σόμπες ξύλου, δεν υπάρχει ο διαχωρισμός πρωτογενούς και δευτερογενούς καύσης με αποτέλεσμα η απόδοση τους να κυμαίνεται από 30 έως 60%. Η τροφοδοσία ξύλου γίνεται χειρωνακτικά, ενώ ο έλεγχος της θερμοκρασίας γίνεται δύσκολα.

Οι σόμπες pellets (συσσωματωμάτων) είναι κατάλληλες για συνεχή χρήση, καθώς προσφέρουν ελεγχόμενη θερμότητα, όποτε αυτή χρειάζεται. Η φόρτωση του καυσίμου στο θάλαμο καύσης γίνεται χειρωνακτικά. Η πρωτογενής και δευτερογενής καύση των αερίων ελέγχεται από ανεμιστήρα χαμηλού θορύβου. Η απόδοση τους φτάνει στο 80-90% της ενέργειας που περιέχεται στο ξύλο για θέρμανση. Η αποθήκευση των pellets γίνεται στο πίσω μέρος της σόμπας το οποίο έχει χωρητικότητα έως 50 kg pellets. Ο χώρος αποθήκευσης προσφέρει αυτονομία 18 - 32

ώρες, ενώ η απόδοση της σόμπας υπολογίζεται σε 6.000 kcal/h-12.000 kcal/h (Εικόνα).Το κόστος για τις σόμπες ξύλου ή pellets ξεκινά από 700€.



Εικόνα 18.Σόμπα με pellets.

3.3.3. Προϋποθέσεις Εγκατάστασης

Κατά την καύση βιομάζας, είναι δυνατόν, διάφορες πτητικές ουσίες να διαφύγουν μέσω της καπνοδόχου χωρίς να αναφλεγούν, λόγω του ότι η θερμοκρασία καύσης τους είναι μεγαλύτερη από του τζακιού. Τα υλικά αυτά επικάθονται σταδιακά στην εσωτερική πλευρά της καπνοδόχου τα οποία λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε άνθρακα και της χαμηλής υγρασίας είναι δυνατόν, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, να αναφλεγούν. Έτσι κατά την τοποθέτηση μιας καπνοδόχου δεν πρέπει να δημιουργούνται γωνίες ή διαβαθμίσεις προκειμένου να αποφεύγεται η συγκέντρωση επικαθίσεων στα σημεία αυτά.

Έτσι, τόσο στις παραδοσιακές όσο και στις ενεργειακές εστίες, πρέπει να διασφαλίζεται η έξοδος της καπνοδόχου. Σε περιπτώσεις διαμερισμάτων ή εφαπτόμενων οικιών χωρίς πρόνοια (ή δυνατότητα) για έξοδο καπνοδόχου, η εγκατάσταση παραδοσιακής ή ενεργειακής εστί-ας δεν είναι εφικτή.

Επισημαίνεται ότι, δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση φουγάρων:

- σε κλιμακοστάσια και διαδρόμους που χρησιμεύουν ως δρόμοι δια-φυγής
- κοντά σε εύφλεκτα υλικά οικοδομής (π.χ πλαστικό, ξύλο, πολυστερίνη).
- κοντά σε εύφλεκτα ή εκρηκτικά υλικά (π.χ δεξαμενές καυσίμων).

Επιπλέον, τα φουγάρα δεν πρέπει να εφάπτονται σε δομικά υλικά μιας κατοικίας, ενώ τα εξωτερικά πρέπει να μονώνονται για να περιορίζεται η υγροποίηση των καπναερίων.

3.3.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση βιομάζας στον οικιακό τομέα

Η καύση της βιομάζας δε συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς οι ποσότητες του CO2 που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδι-ασμού. Όμως ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίησή της.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης βιομάζας ξυλείας είναι:

- Εξοικονόμηση στην κατανάλωση συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο κλπ)
- Η καύση της έχει μηδενικό ισοζύγιο CO2 εάν και εφόσον η ξυλεία που υλοτομείται αντικαθίσταται στη φύση.
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου συμβάλει σημαντικά στο περιορισμό των εκπομπών θειου (SO2) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, συνεισφέρει στην ανάπτυξη του αγροτικού και αγροτοβιομηχανικού τομέα και στην τόνωση του αγροτικού εισοδήματος.

Τα μειονεκτήματα της, όσον αφορά την ενεργειακή της αξιοποίηση είναι:

- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη.
- Έχει μικρότερη θερμαντική της ικανότητα σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα.
- Η δυσκολία στη συλλογή, τη μεταποίηση, τη μεταφορά αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής της αξιοποίησης.
- Οι σύγχρονες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.
- Χρειάζεται μεγαλύτερος χώρος αποθήκευσης καύσιμης ύλης σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.
- Η επάρκεια καυσίμων από τοπικούς προμηθευτές (ξυλείας, pellets κλπ) δεν είναι διασφαλισμένη.
- Η παραγόμενη στάχτη πρέπει να απομακρύνεται από την εστία ανά τακτά διαστήματα.
- Στις περιπτώσεις μη αυτοματοποιημένων συστημάτων, η τροφοδοσία καυσίμων πρέπει να γίνεται χειροκίνητα.

3.4. Σύγκριση διαφορετικών πρακτικών θέρμανσης κατοικίας στην Κύπρο

Στο παράδειγμα που ακολουθεί, μία οικία 200 m2 στη Λευκωσία με ικανοποιητική θερμομόνωση εκτιμάται ότι χρειάζεται ενέργεια για θέρμανση περίπου 18.000 kWh το χρόνο. Οι Πίνακες συγκρίνουν οικονομικά και ενεργειακά δεδομένα για διαφορετικά συστήματα θέρμανσης της κατοικίας αυτής για περίοδο χρήσης 15

ετών.

Στον Πίνακα γίνεται σύγκριση λέβητα πετρελαίου με λέβητα pellets (απόδοση συστήματος θέρμανσης 80 % ->συνολικό ποσό απαιτούμενης πρωτογενούς ενέργειας 22.500 kWh/χρόνο) και στον Πίνακα γίνεται σύγκριση τυπικής και ενεργειακής εστίας.

Πίνακας 4.Σύγκριση οικονομικών και ενεργειακών στοιχείων για θέρμανση οικίας 200 m2 στη Λευκωσία με πετρέλαιο και με pellet.

Πηγή καύσης	Pellets	Πετρέλαιο
Κόστος καυσίμου	0,30 €/ kg	0,80 €/ L
Ενέργεια καυσίμου	4,8 kWh / kg	10,7 kWh/L
Κόστος ανά kWh	0,06 € / kWh	0,075 € /kWh
Ετήσιο κόστος	1.350 €/ το Χρόνο	1687 €/ το χρόνο
Εξοικονόμηση	337 € / το χρόνο σε καύσιμα	
Κόστος εγκατάστασης Συστήματος	4.200€	1.200€
Χρόνος αποπληρωμής		8-9 έτη

Πίνακας 5.Σύγκριση οικονομικών και ενεργειακών στοιχείων για θέρμανση οικίας 200 m2 στη Λευκωσία με τυπική και ενεργειακή εστία.

	Τυπική εστία	Ενεργειακή εστία
Απόδοση	30%	70%
Αποδιδόμενη ενέργεια	1,26 kWh/kg	2,94 kWh/kg
Κόστος ξυλείας	0,15€/kg	
Κόστος ανά kWh	0,12 €/kWh	0,05 €/kWh
Κόστος ξυλείας	2.160 €/έτος	900 €/έτος
Εξοικονόμηση	1.260 €/έτος	
Κόστος εγκατάστασης Συστήματος	1.500€	3.200€
Χρόνος αποπληρωμής	1-2 έτη	

3.5. Περιβαλλοντικό όφελος

Η χρήση βιομάζας για θέρμανση συμβάλλει στη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO2. Γενικά, η καύση βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο CO2 και δε συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αφού θεωρητικά οι ποσότητες του CO2 που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της.

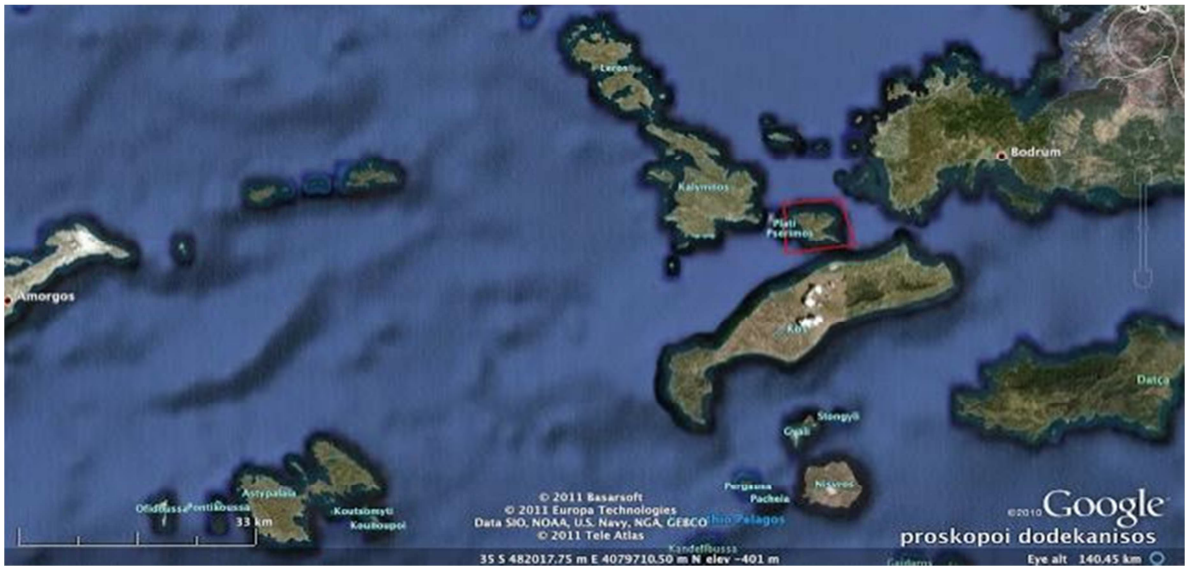
Δεν πρέπει όμως να υποτιμάται το γεγονός ότι οι εκπομπές από την καύση της βιομάζας σε μικρές εφαρμογές μπορεί να επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα μιας κατοικίας και αυτό πρέπει να είναι αντικείμενο συνεχούς προσοχής και επεξεργασίας. Αυτό όμως πρέπει να υπερβληθεί με τη χρήση των ενεργειακά αποδοτικών τζακιών στα οποία επικρατούν συνθήκες καλύτερης καύσης.

Σε σχέση με την καύσιμη ύλη, επιλέγοντας συσσωματώματα ως καύσιμη ύλη υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα. Για τη δημιουργία τους δεν απαιτείται να κοπούν δέντρα καθώς παρασκευάζονται από τα κατάλοιπα των ξυλουργικών και υλοτομικών διαδικασιών. Η καύση τους βοηθά ουσιαστικά στη μείωση των δασικών αποβλήτων από την παραγωγή ξυλείας και από τη βιομηχανία επίπλων. Δεν χρησιμοποιούνται πρόσθετα για να παρατείνουν το χρόνο καύσης τους ή να καίγονται πιο αποτελεσματικά. Τα συσσωματώματα δεν καπνίζουν ούτε εκλύουν επικίνδυνα αέρια κατά την καύση τους.

4. Κεφάλαιο -Περιγραφή της νήσου Ψέριμος

4.1. Γενικά

Η Ψέριμος, είναι ελληνικό νησί του Νοτίου Αιγαίου του συμπλέγματος Δωδεκανήσου και ανήκει διοικητικά στην γειτονική Κάλυμνο με περίπου 100 κατοίκους και βρίσκεται βόρεια της Κω και νοτιοανατολικά της Καλύμνου. Η επιφάνεια του νησιού είναι 14,6 τετραγωνικά χιλιόμετρα με μέγιστο υψόμετρο 268 μ. (879 πόδια). Το βόρειο άκρο της νήσου ονομάζεται "Άκρα Βασιλική", ενώ το νοτιότερο άκρο "Άκρα Ρούσσα". Μεταξύ των παραπάνω επί της ανατολικής πλευράς της νήσου σχηματίζεται κόλπωση, όπου ο όρμος Βασιλική. Στη δυτική ακτή, περίπου 3,5 με 5,5 στάδια του μιλίου ΒΒΔ. του Άκρου Σφυρί βρίσκεται ο όρμος Ψερίμου στο μυχό του οποίου υφίσταται το ομώνυμο χωριό. Περίπου 2 μίλια βορειότερα του όρμου Ψερίμου είναι το βορειοδυτικό άκρο της νήσου που λέγεται Άκρα Κοράκι (ή Ακρωτήριο Κοράκι), από το οποίο σε απόσταση 6 στάδια νοτιοδυτικά βρίσκεται η βραχονησίδα Πλάτη ή Πλατύ. Έχει πολλούς χαμηλούς λόφους και μικρές κοιλάδες με άφθονα ελαιόδεντρα. Πεντακάθαρες ήσυχες παραλίες αποτελούν πόλο έλξης των επισκεπτών τους καλοκαιρινούς μήνες. Στο νησί δεν υπάρχουν δρόμοι και αυτοκίνητα δεν κυκλοφορούν. Ο μοναδικός οικισμός του νησιού είναι τα Αυλάκια, όπου βρίσκεται και το λιμάνι του νησιού.



Εικόνα 19.Γεωγραφική Τοποθεσία Νήσου Ψέριμος μέσω Google Earth

4.1.1. Ιστορία-Πολιτισμός-Δραστηριότητες στην νήσο Ψέριμο

Η Ψέριμος αποτελούσε μαζί με τα γύρω νησάκια ένα σύμπλεγμα, τις «νήσους τε Καλύδνας» όπως μνημονεύονται από τον Όμηρο. Ο Πλίνιος την ονομάζει Pserema, κι έτσι ξέρουμε ότι το όνομά της κρατάει από παλιά και διατηρήθηκε στους αιώνες.

Αποτέλεσε ήδη από την Αρχαιότητα έναν από τους δήμους της Ομοπολιτείας Κω και Καλύμνου, γεγονός που μας είναι γνωστό από ψήφισμα του πρώτου μισού του 3ου αι. μ.Χ. Σε επιγραφή του 3ου αιώνα αναγραφόταν η ονομασία Ψήριμος μαζί με κατάλογο αρχόντων της Κω, πράγμα που μαρτυρά την εξάρτηση του νησιού από την Κω. Στα νεότερα χρόνια, ακολουθώντας τη μοίρα των υπολοίπων νησιών της Δωδεκανήσου, υποτάσσεται στην Οθωμανική Αυτοκρατορία στις αρχές του 16ου αιώνα. Το 1912 περιέρχεται στα χέρια των Ιταλών, ενώ το 1948 ενσωματώνεται στο Ελληνικό κράτος.

Η Ψέριμος τους χειμερινούς μήνες ζει μέσα σε απόλυτη απομόνωση. Συνδέεται με την Κάλυμνο καθημερινά το καλοκαίρι και δυο φορές τη βδομάδα το χειμώνα (40’). Έχει καλό λιμάνι και σχετικά αραιή ακτοπλοϊκή σύνδεση που πυκνώνει το καλοκαίρι, κυρίως με τα γύρω νησιά. Στο μόλο μπορούν να αράξουν μικρά σκάφη, οπότε μπορείτε να έρθετε με το σκάφος σας για διακοπές ή για εξερεύνηση.

Το νησί είναι ορεινό, με χαμηλή βλάστηση, ενώ στο φυσικό περιβάλλον αφθονεί η αυτοφυής εξαιρετικά αρωματική κάππαρη, για την οποία ήταν φημισμένο από την αρχαιότητα.

Το νησί είναι άγονο και οι περίπου 100 κάτοικοι ασχολούνται με την κτηνοτροφία και την καλλιέργεια της ελιάς, αφού σχετικά πρόσφατα, με πρωτοβουλία του δήμου, φυτεύτηκαν περίπου 6.000 ελαιόδεντρα. Η Ψέριμος διαθέτει αλιευτικό καταφύγιο. Δε λείπουν και οι στοιχειώδεις τουριστικές υποδομές για τους λιγοστούς καλοκαιρινούς επισκέπτες που έρχονται για να χαρούν τις αμμουδιές του και ένα τοπίο που πραγματικά σε γαληνεύει.

Ο σύγχρονος οικισμός συμπίπτει με αυτόν της αρχαιότητας, καθώς διατηρούνται κατάλοιπα του αρχαίου, δηλαδή υπολείμματα τοίχων, όστρακα από χρηστικά αγγεία, τμήματα ελληνιστικών βωμών και κάποια διάσπαρτα αρχιτεκτονικά μέλη. Επίσης, λείψανα παλαιοχριστιανικών βασιλικών και αρχιτεκτονικών μελών (αρράβδωτοι κίονες, θωράκια, κιονόκρανα, πεσσίσκοι, θωράκια άμβωνα, στυλοβάτες

του τέμπλου) εντοπίζονται στις σημερινές εκκλησίες του Ταξιάρχη Μιχαήλ στο Λετρί, της Κοίμησης της Παναγίας μέσα στον οικισμό στο νεκροταφείο, και στις θέσεις Άγιος Κωνσταντίνος και Παναγία Γραφιώτισσα. Ανάμεσα στα παλαιοχριστιανικά μνημεία και στα σχεδόν σύγχρονα δεν έχουν ανευρεθεί κατάλοιπα της βυζαντινής και της μεσαιωνικής περιόδου. Είναι πολύ πιθανόν το νησί να είχε εγκαταλειφθεί και να μην κατοικούνταν κατά τους Βυζαντινούς χρόνους και το Μεσαίωνα.

Το νησί δεν έχει δρόμους, αλλά μπορείτε να το εξερευνήσετε εύκολα περπατώντας .Η μεγαλύτερη και ωραιότερη αμμουδιά του νησιού είναι τα Αυλάκια, κι επειδή είναι μπροστά στον μοναδικό οικισμό την προτιμούν οι περισσότεροι παραθεριστές. Τα νερά της θάλασσας είναι αβαθή, διάφανα και πεντακάθαρα. Είναι σαν μια απέραντη πισίνα. Αν θελήσετε να γνωρίσετε και τις υπόλοιπες όμορφες ακρογιαλιές που διαθέτει η Ψέριμος, περπατώντας από 10' μέχρι το πολύ 1 ώρα μπορείτε να φτάσετε σε κάποια από τις άλλες πανέμορφες παραλίες του νησιού.

Δίπλα ακριβώς από την Ψέριμο βρίσκεται η νησίδα Πλάτη, με δυο μόνον κατοίκους (ένα ζευγάρι). το βόρειο άκρο της νησίδας Πλάτης, αλλά και στο νότιο, βρίσκονται βυθισμένα δύο γερμανικά πλοία, που μετέφεραν πολεμοφόδια στις 14 Μαΐου του 1944. Οπότε είναι μια καλή ευκαιρία, για όσους αγαπούν τις καταδύσεις, να κάνουν και μια μικρή υποβρύχιαεξερεύνηση.

Στην Ανατολική ακτή της Ψερίμου, στο βυθό, κείτεται το κουφάρι ενός βυθισμένου πλοίου. Το Thor Star ήταν ένα πλοίο που πιθανόν ερχόταν από τη Συρία. Αγκυροβόλησε στις ανατολικές ακτές της Ψερίμου, αλλά λόγω θαλασσοταραχής, προσέκρουσε στα βράχια και βυθίστηκε. Το ναυάγιο, που βρίσκεται περίπου στα 20 μέτρα βάθος, είναι τόπος πολύ συχνών καταδυτικών εξορμήσεων, τόσο οργανωμένων όσο και μεμονωμένων.



Εικόνα 20.Πανοραμική θεά της νήσος Ψέριμος



Εικόνα 21.Εικόνα από δορυφόρο(Google Earth) στην νήσο Ψέριμος

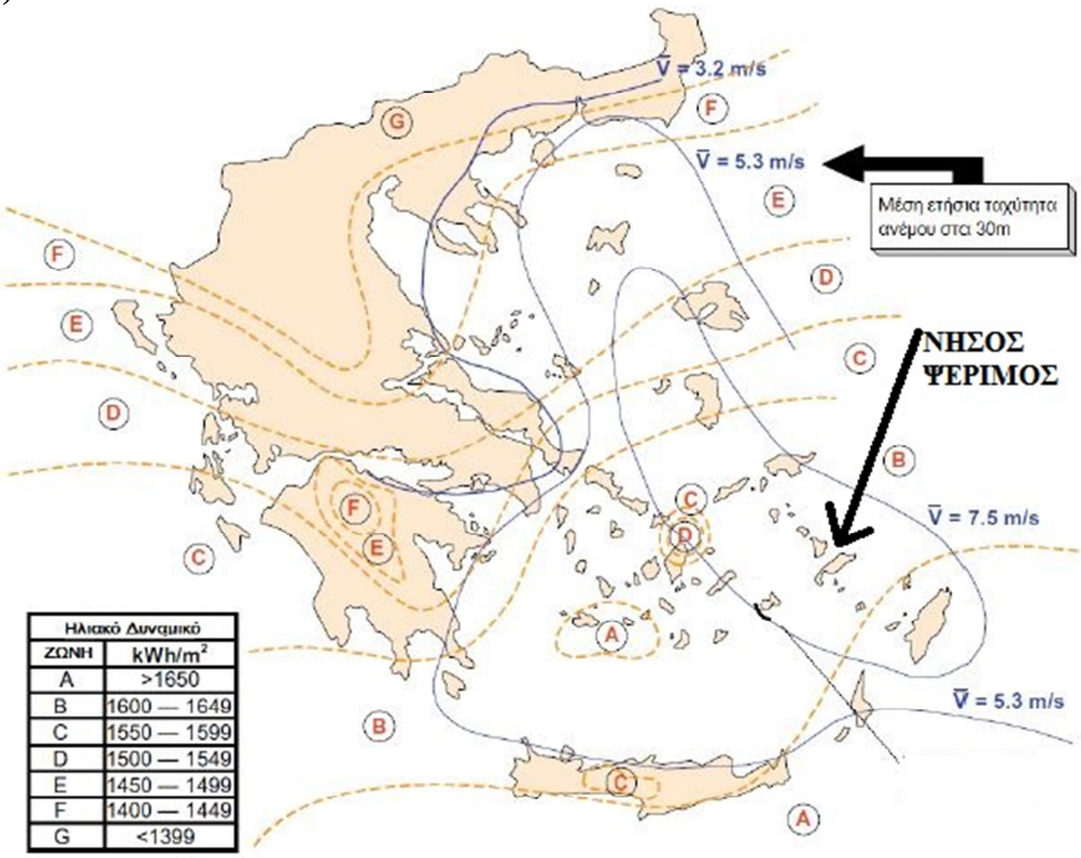
4.2. Κλιματολογικές συνθήκες της Νήσος Ψέριμος

Η Ψέριμος, ανήκοντας στα Δωδεκάνησα, ακολουθεί και αυτή τις τυπικές ιδιομορφίες όλου αυτού του Νησιώτικου σχηματισμού. Με λίγα λόγια, το κλίμα του νησιού είναι ήπιο, όλες τις εποχές του χρόνου. Αυτό έχει ως συνέπεια να επικρατούν ικανοποιητικές θερμοκρασίες τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι, κάτι που δημιουργεί ευχάριστες και άνετες συνθήκες διαβίωσης. Όπως φαίνεται και στον επόμενο πίνακα, η Ψέριμος εμφανίζει υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (23-26ο), ενώ ο χειμώνας κρίνεται αρκετά ήπιος (12-14ο). Παράλληλα, όπως είναι λογικό, τα επίπεδα υγρασίας βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου (60-70%) και οι βροχοπτώσεις δεν είναι ιδιαίτερα συχνές.

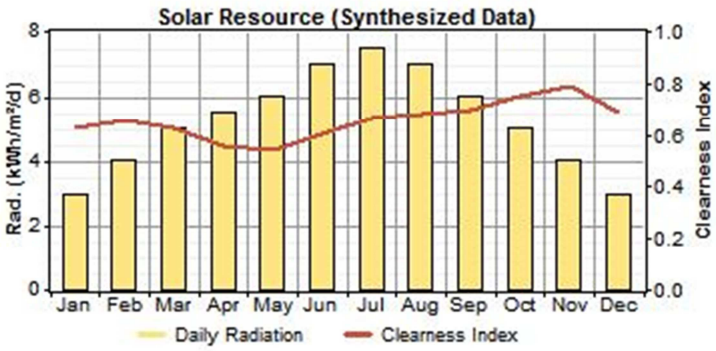
Πίνακας 6.Ετήσια μετεωρολογικά δεδομένα Ψερίμου

Μηνάς	Θερμοκρασία Αέρα(^{O}c)	Θερμοκρασία Θάλασσας(^{O}c)	Σχετική Υγρασία(%)	Βροχόπτωση(mm)
Ιανουάριος	11,9	14,9	74,2	100,3
Φεβρουάριος	11,8	14,4	67,6	53,9
Μάρτιος	13,2	14,5	67	39,4
Απρίλης	16	16,5	65,2	19,5
Μάιος	19,5	18,8	61,3	16,5
Ιούνιος	22,9	21,2	59,1	2
Ιούλιος	25,2	23	58	0
Αύγουστος	25,8	23,7	62,8	0,4
Σεπτέμβριος	23,6	22,6	68,9	3,3
Οκτώβριος	20,7	19,9	70	25
Νοέμβριος	17,1	17,8	72,9	46,7
Δεκέμβριος	13,8	15,7	71	81,6

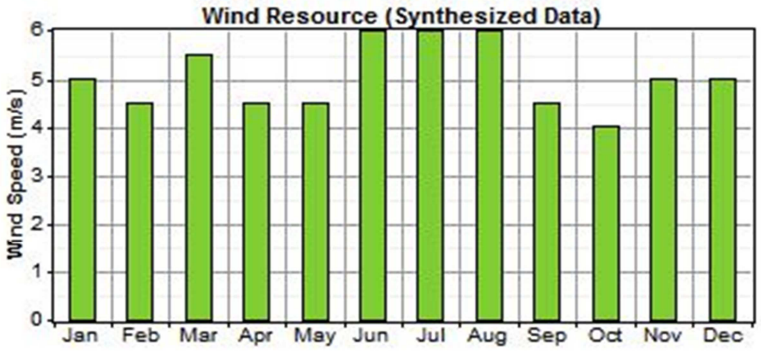
Ενεργειακά, ο ελλαδικός χώρος χωρίζεται σε επτά ζώνες, ανάλογα με τα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας που παρουσιάζουν τα επιμέρους γεωγραφικά τμήματα. Παρατηρώντας τον εν λόγω χάρτη (Εικόνα) είναι πασιφανές πως η Ψέριμος ανήκει στη δεύτερη πιο κερδοφόρα, από άποψη ηλιακών κερδών, ζώνη της Ελλάδας, με μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία (1600-1650 kWh/m2). Ταυτόχρονα το αιολικό δυναμικό αυτής φαίνεται πολύ ισχυρό, όπως και των υπόλοιπων νησιών του Αιγαίου, με μέση ταχύτητα ανέμου που μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 7,5 m/(για ύψος πυλώνα 30 m).



Εικόνα 22.Οι ζώνες αιολικού και ηλιακού δυναμικού στον ελλαδικό χώρο.



Σχήμα 11.Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία και ο δείκτης αιθριότητας στην Ψέριμο.



Σχήμα 12.Η μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου στην Ψέριμο.

4.3. Παρούσες και Μελλοντικές Ανάγκες της Ψερίμου

4.3.1. Προσδιορισμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο μη διασυνδεμένο σύστημα παραγωγής αυτού του συμπλέγματος νήσων

Στο αυτόνομο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας των μη διασυνδεδεμένων νησιών της Κω, Λέρου, Τελένδου, Ψερίμου, Γυαλιού, Νισύρου, Τήλου, Λειψών και Καλύμνου, συνδέονται δύο συμβατικοί θερμικοί Σταθμοί Παραγωγής που είναι ο σταθμός παραγωγής στην νήσο Κω και ο σταθμός παραγωγής στη νήσο Κάλυμνο. Τεχνικά χαρακτηριστικά των συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως, η τυπική σειρά ένταξής τους, η μέγιστη δυναμικότητα, τα τεχνικά ελάχιστα, το είδος καυσίμου που καταναλώνουν και η ειδική κατανάλωσή τους δίνονται στον πίνακές παρακάτω, ενώ στον πίνακα φαίνεται η παραγωγή ανά μήνα για το έτος.

Πίνακας 7.Περιγραφή σταθμού παραγωγής νήσου Καλύμνου

Περιγραφή σταθμού παραγωγής νήσου Καλύμνου								
ΑΣΠ ΚΑΛΥΜΝΟΥ								
Α/Α	Τύπος μονάδας	Μέγιστη δυναμικότητα / Ισχύς (MW)	Μέγιστη δυναμικότητα / Ισχύς (MW)	Καύσιμο	Σειρά Ένταξης	Ειδική κατανάλωση (Kg/MWh)		
						50%	75%	100 %
1	Wartsila 18V32	8,250	4,000	B.K	3	226,0	209,2	205,2
2	Gmt-Fiat C4212ESS	2,700	2,252	B.K	5	244,5	235,7	236,2
3	Gmt-Fiat C426ESS	1,800	1,152	B.K	6Α	232,1	228,9	231,5
4	Gmt-Fiat C426ESS	1,800	1,152	B.K	6Β	232,1	228,9	231,5
5	Gmt-Fiat C426ESS	1,800	1,152	B.K	6Γ	232,1	228,9	231,5
6	Gmt-Fiat C426ESS	1,800	1,152	B.K	6Δ	232,1	228,9	231,5

Πίνακας 8.Περιγραφή σταθμού παραγωγής νήσου Κω

Περιγραφή σταθμού παραγωγής νήσου Κω								
ΑΣΠ ΚΩ								
Α/Α	Τύπος μονάδας	Μέγιστη δυναμικότητα / Ισχύς (MW)	Τεχνικό ελάχιστο / Ισχύς(MW)	Καύσιμο	Σειρά Ένταξης	Ειδική κατανάλωση (Kg/MWh)		
						50%	75%	100%
1	H.S.D/MAN 9K60MC-S	16,500	8,250	B.K	1A	199,6	190,7	193,9
2	H.S.D/MAN 9K60MC-S	16,500	8,250	B.K	1B	199,6	190,7	193,9
3	ABB GT35C	12,500	7,775	E.K	10	358,2	318,2	291,7
4	Hanjung-MAN 7K60MC-S	11,600	5,800	B.K	2A	201,9	191,8	192,7
5	Hanjung - MAN 7K60MC-S	11,600	5,800	B.K	2B	201,9	191,8	192,7
6	Hanjung - MAN 7K60MC-S	11,600	5,800	B.K	2Γ	201,9	191,8	192,7
7	Sulzer-Fincantieri 18ZAV40S	8,000	5,360	B.K	4	220,5	207,7	206,2
8	MTU 16V 4000G60F	1,600	0,800	E.K	7A	234,0	220,5	218,0
9	MTU 16V 4000G60F	1,600	0,800	E.K	7B	234,0	220,5	218,0

10	MTU 16V 4000G60F	1,600	0,800	Ε.Κ	7Γ	234,0	220,5	218,0

Περιγραφή σταθμού παραγωγής νήσου Κω

ΑΣΠ ΚΩ

Α/Α	Τύπος μονάδας	Μέγιστη δυναμικότητα / Ισχύς (MW)	Τεχνικό ελάχιστο / Ισχύς(MW)	Καύσιμο	Σειρά Ένταξης	Ειδική κατανάλωση (Kg/MWh)		
						50%	75%	100%
11	Mitsubishi S16R-PTA	1,100	0,600	Ε.Κ	8Α	226,1	214,5	211,3
12	Mitsubishi S16R-PTA	1,100	0,600	Ε.Κ	8Β	226,1	214,5	211,3
13	Mitsubishi S16R-PTA	1,100	0,600	Ε.Κ	8Γ	226,1	214,5	211,3
14	Mitsubishi S16R-PTA	1,100	0,600	Ε.Κ	8Δ	226,1	214,5	211,3
15	Mitsubishi S16R-PTA	1,100	0,600	Ε.Κ	8Ε	226,1	214,5	211,3
16	Mitsubishi S16R-PTA	1,100	0,600	Ε.Κ	8ΣΤ	226,1	214,5	211,3
17	Mitsubishi S16R-PTA	1,100	0,600	Ε.Κ	8Η	226,1	214,5	211,3
18	Mitsubishi S16R-PTA	1,100	0,600	Ε.Κ	8Θ	226,1	214,5	211,3
19	Fincantieri BL230.12P	1,750	1,100	Ε.Κ	9Α	251,4	240,1	238,4
20	Fincantieri BL230.12P	1,750	1,100	Ε.Κ	9Β	251,4	240,1	238,4

Πίνακας 9.Τιμές παραγωγής ενέργειας ανά μήνα.

Τιμές παραγωγής ενέργειας ανά μήνα.		
Μήνας	Καθαρή παραγωγή (MWh)	Παραγωγή ΑΠΕ (MWh)
Ιανουάριος	23.454,924	2.744,685
Φεβρουάριος	20.709,607	2.576,887
Μάρτιος	18.507,519	2.460,262
Απρίλιος	16.602,187	2.397,173
Μάιος	26.155,385	2.327,275
Ιούνιος	35.473,197	3.514,746
Ιούλιος	44.424,256	5.500,783
Αύγουστος	44.490,114	5.851,277
Σεπτέμβριος	33.295,094	3.828,514
Οκτώβριος	24.879,371	2.552,285
Νοέμβριος	15.577,090	1.798,380
Δεκέμβριος	19.663,449	2.896,579

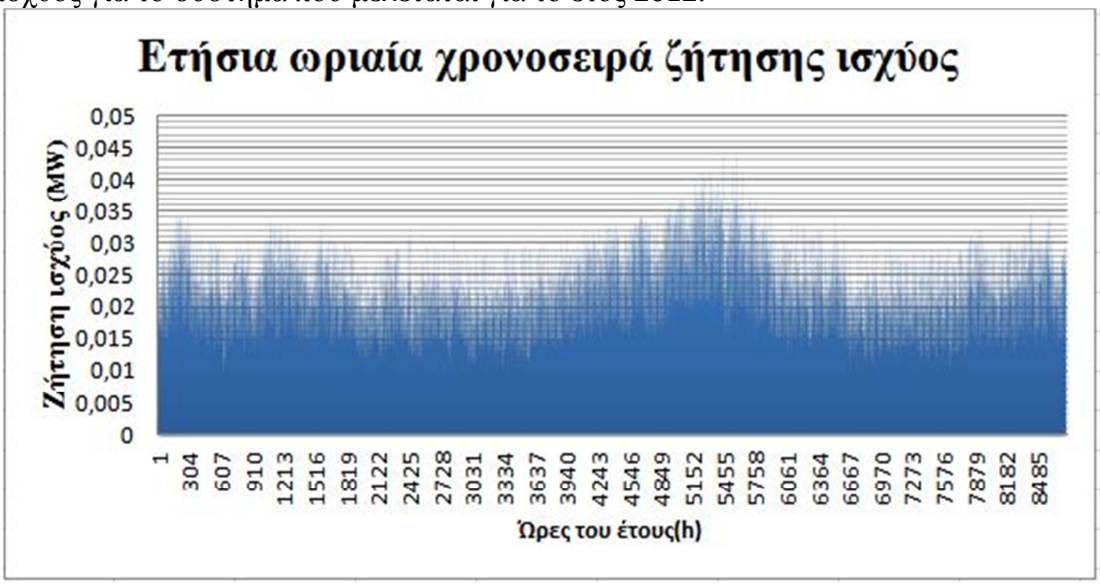
Ως προς την πολιτική της στρεφόμενης εφεδρείας που τηρείται στο αυτόνομο σύστημα Κω-Καλύμνου και τον τρόπο φόρτισης των μονάδων σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Η στρεφόμενη εφεδρεία που τηρείται στο σύστημα είναι ίση με την αποδιδόμενη ισχύ της μεγαλύτερης σε λειτουργία μονάδας.
- Η φόρτιση των μονάδων γίνεται με βάση τη ζήτηση, τη διαθεσιμότητα των μονάδων και λαμβάνοντας υπόψη και διάφορα τεχνικοοικονομικά κριτήρια, όπως ο βαθμός απόδοσης και η κατάσταση των μονάδων, τα τεχνικά τους ελάχιστα κλπ.
- Πρώτα φορτίζονται στα τεχνικά τους ελάχιστα οι μονάδες Diesel με την μεγαλύτερη ισχύ, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως μονάδες βάσεις.
- Στη συνέχεια λαμβάνουν φορτίο οι μονάδες στο πλήρες φορτίο τους.

Όλες οι μονάδες συμμετέχουν στη ρύθμιση της συχνότητας και της τάσης.

4.3.2. Ζήτηση ισχύος από το δίκτυο

Για την σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος απαιτείται μια ετήσια χρονοσειρά ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος. Στην περίπτωσή μας έχουμε ως δεδομένο καταγεγραμμένες μετρήσεις με μέσες ωριαίες τιμές ζήτησης ισχύος για το έτος 2012. Στο σχήμα παρακάτω, παρουσιάζεται η ετήσια χρονοσειρά ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος για το σύστημα που μελετάται για το έτος 2012.



Γράφημα 1.Απεικόνιση ωριαίας χρονοσειράς ζήτησης ισχύος σε MW.

Τα ανά μήνα απολογιστικά στοιχεία λειτουργίας του αυτόνομου συστήματος της Ψερίμου για το 2012 έχουν ως ακολούθως στον παρακάτω πίνακα .

Πίνακας 10.Η συνολική ζήτηση ισχύος ανάλογα με τον κάθε μήνα του έτους

Η συνολική ζήτηση ισχύος ανάλογα με τον κάθε μήνα του έτους	
Μήνας	Συνολική ζήτηση (MWh)
Ιανουάριος	16,564
Φεβρουάριος	15,168
Μάρτιος	15,214
Απρίλιος	14,199
Μάιος	14,159
Ιούνιος	15,841
Ιούλιος	19,124

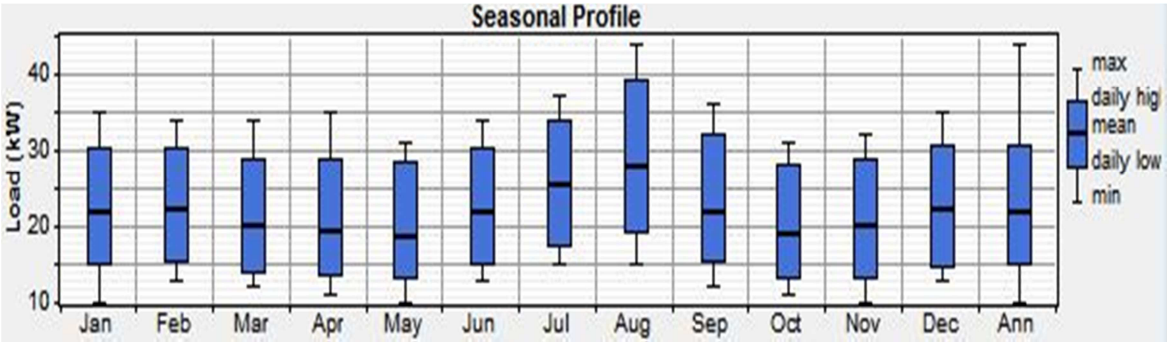
Αύγουστος	20,959
Σεπτέμβριος	14,929
Οκτώβριος	14,563
Νοέμβριος	14,089
Δεκέμβριος	17,655

Η διακύμανση του μέγιστου και ελάχιστου φορτίου του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας Ψερίμου ανά ημέρα για το έτος 2012 παρουσιάζεται στο ακόλουθο γράφημα .

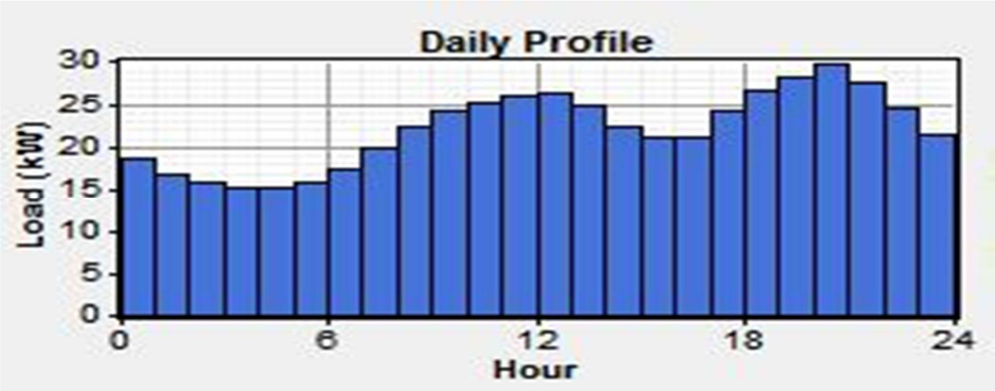
Οι ώρες αιχμής φορτίου μπορούν να προκύψουν από τις χρονοσειρές ισχύος. Σε κάθε περίπτωση σημειώνεται επιγραμματικά ότι:

- Κατά την περίοδο του χειμώνα (Νοέμβριος – Μάρτιος) η ημερήσια αιχμή παρουσιάζεται το μεσημέρι από 11:00 μέχρι 14:00 και το βράδυ από 18:00 μέχρι 21:00 . .(βλ.γράφημα)
- Κατά την περίοδο του θέρους (Ιούλιος – Αύγουστος) η ημερήσια αιχμή παρουσιάζεται το μεσημέρι από 10:00 μέχρι 14:00 και το βράδυ από 19:00 μέχρι 23:00.(βλ.γράφημα)

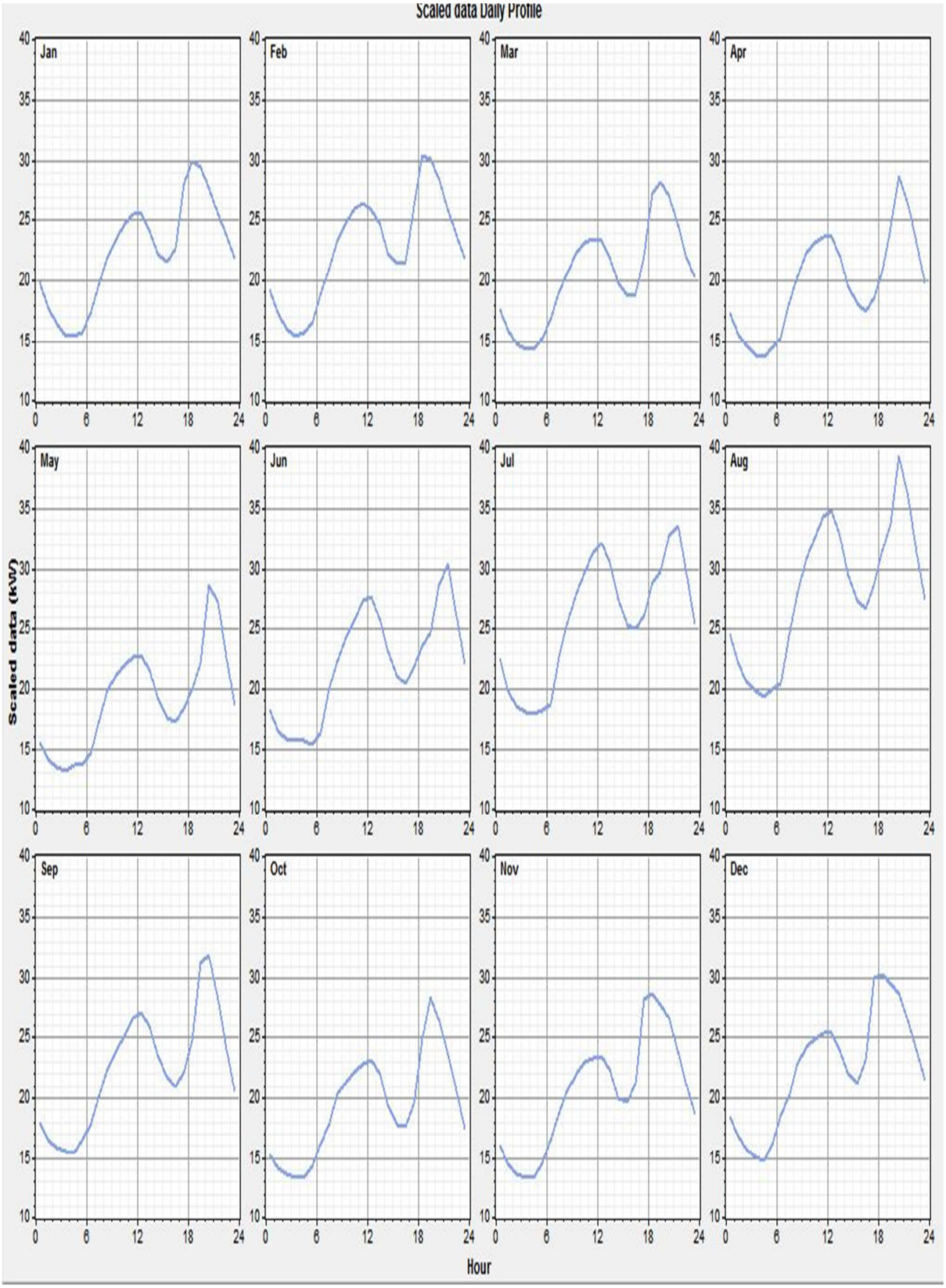
Γράφημα 2.Διακύμανση μεγίστου/ελαχίστου φορτίου



Γράφημα 3.Μέση Ημερήσια Κατανομή φορτίου κατά την διάρκεια του έτους



Γράφημα 4.Μέση ημερήσια διακύμανση φορτίου στην Ψέριμο για κάθε μήνα



Η αιχμή του θέρους υπερβαίνει σημαντικά την αιχμή του χειμώνα για την Ψέριμο . Αυτό οφείλεται τόσο στην παρουσία υψηλού αριθμού τουριστών στο νησί κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όσο και στην ευρεία διάδοση και εκτεταμένη

χρήση των κλιματιστικών.

Η εκτίμηση της εξέλιξης της ζήτησης φορτίου του ηλεκτρικής ενέργειας της Ψερίμου παρουσιάζεται παρακάτω:

Πίνακας 11.Εκτίμηση εξέλιξης ζήτησης ισχύος στα επόμενα χρόνια.

Εκτίμηση εξέλιξης ζήτησης ισχύος στα επόμενα χρόνια.		
Έτος	Συνολική ζήτηση ενέργειας (MWh)	Αιχμή ζήτησης (MW)
2013	192,464	0,044
2014	192,464	0,046
2015	202,087	0,049
2016	212,191	0,051
2017	222,800	0,053
2018	233,940	0,056

5. Κεφάλαιο - Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

5.1. Γενικά

Ο όρος «Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας», ή πιο απλά «Υβριδικά Συστήματα», αναφέρεται σε συστήματα όπου χρησιμοποιούνται πολλαπλές διατάξεις ενεργειακής μετατροπής, ή περισσότερα του ενός καύσιμα για την ίδια διάταξη, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Ένα υβριδικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει μία συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με μία τουλάχιστον μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, διατάξεις αποθήκευσης, συστήματα εποπτείας και ελέγχου, καθώς και σύστημα διαχείρισης φορτίου. Με αυτήν την έννοια, τα υβριδικά συστήματα αποτελούν μία εναλλακτική επιλογή αντί των συμβατικών συστημάτων, τα οποία τυπικά βασίζονται στην παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα.

Σύμφωνα με το νόμο 3468/2006, ως υβριδικό σύστημα ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

α. Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.

β. Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το δίκτυο, σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια που απορροφά ο υβριδικός σταθμός από το δίκτυο ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μετράται κατά την είσοδό της στο σταθμό και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο δίκτυο από τις μονάδες ΑΠΕ του υβριδικού σταθμού. Η διαφορά αυτή υπολογίζεται, για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, σε ωριαία βάση.

γ. Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δε μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού αυτού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι 20%.

5.1.1. Πλεονεκτήματα υβριδικών συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα εκμεταλλεύονται τα καλύτερα χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας και παρέχουν ενέργεια τέτοιας ποιότητας όπως αυτής του δικτύου, με ένα εύρος από 1 kW μέχρι πολλές εκατοντάδες kW. Έτσι μπορούν να αναπτυχθούν σαν αυτόνομα καινούρια και ανεξάρτητα συστήματα μέσα σε μικρά συστήματα διανομής ενάργειας (minigrids) και να ενταχθούν σε υπάρχουσες θερμικές μονάδες βασιζόμενες στο πετρέλαιο μετά από τις απαραίτητες επεμβάσεις στο υπάρχον σύστημα.

Παράλληλα, τα υβριδικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε περιοχές όπου η σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο αλλά και η μεταφορά του καυσίμου θεωρούνται αντιοικονομικές επιλογές (αγροτικές περιοχές, μη διασυνδεδεμένα νησιά). Παρέχουν επίσης την δυνατότητα μελλοντικής σύνδεσης με το δίκτυο στις περιοχές που γίνεται η εγκατάσταση τους. Επιπλέον, λόγω της υψηλής αποδοτικότητας τους και της αξιοπιστίας τους, τέτοιου τύπου συστήματα μπορούν να φανούν χρήσιμα σαν μία αποτελεσματική λύση παροχής ισχύος σε περιπτώσεις διακοπών παροχής ή ακόμη και σε εξειδικευμένους καταναλωτές, όπως οι τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί και οι νοσοκομειακές μονάδες.

Τα υβριδικά συστήματα που περιέχουν τεχνολογία με καύσιμο (ντιζελογεννήτριες, κυψέλες καυσίμου, μονάδες παραγωγής ενέργειας από βιομάζα) λειτουργούν με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση, επειδή προβλέπεται παραγωγή ενέργειας από αυτό μόνο σε περιόδους υψηλής ζήτησης φορτίου ή χαμηλού ανανεώσιμου δυναμικού. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει τη μειωμένη κατανάλωση

καυσίμου σε σχέση με μία αυτόνομη μονάδα συμβατικής τεχνολογίας μόνη της.

Εάν στα προηγούμενα χαρακτηριστικά προστεθούν τα κλασικά πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, όπως η ανυπαρξία κινδύνου ενεργειακού εφοδιασμού από τα ορυκτά καύσιμα, η προβλεψιμότητα του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η γρήγορη εγκατάσταση των τεχνολογιών, η ασφαλής λειτουργία των εγκαταστάσεων και η ανταγωνιστικότητα τους, σε οικονομικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και πολιτικό επίπεδο, σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας (κυρίως της πυρηνικής και του πετρελαίου), τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν την καλύτερη αποκεντρωμένη λύση.

5.1.2. Τρόποι λειτουργίας υβριδικών συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να βρουν εφαρμογή σε διάφορες περιπτώσεις οι πιο σημαντικές από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω:

1) **Συστήματα Διασυνδεδεμένα στο Κεντρικό Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας**

Τα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα απαρτίζονται από τα συστήματα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι ότι διαρρέονται από εναλλασσόμενο ρεύμα και ότι η τάση και η συχνότητα δεν επηρεάζονται από την παρουσία επιπρόσθετων γεννητριών ή φορτίων, είναι δηλαδή δίκτυα άπειρου ζυγού. Αν ένας υβριδικός σταθμός συνδεθεί σε ένα τέτοιο δίκτυο, τότε γίνεται λόγος για διεσπαρμένη παραγωγή. Δεδομένου ότι το κεντρικό δίκτυο έχει την ευθύνη για τον έλεγχο της τάση και της συχνότητας, αλλά και για την παραγωγή αέργου ισχύος, ο σχεδιασμός του υβριδικού συστήματος απλοποιείται καθώς δεν απαιτούνται συστήματα ελέγχου. Τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο υβριδικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να εγκαθίστανται είτε αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε ως συστήματα υποστήριξης σε περιπτώσεις διακοπής του ηλεκτρικού δικτύου, είτε μπαίνουν σε λειτουργία τις ώρες αιχμής όταν η τιμή της kWh είναι υψηλή (Μάλτας, 2007). Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν μονάδες ΑΠΕ οι οποίες είτε διασυνδέονται απευθείας στο δίκτυο, είτε αποθηκεύουν την ενέργειά τους σε μέσα αποθήκευσης ώστε αυτή να χρησιμοποιηθεί όταν αυτό κριθεί απαραίτητο. Συνήθως οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή αυτή είναι η τιμή της παραγόμενης kWh από την κάθε μορφή ΑΠΕ και το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί όταν αυτό κριθεί απαραίτητο. Σε μερικές περιπτώσεις η παρουσία του υβριδικού σταθμού επηρεάζει την ικανότητα του κεντρικού δικτύου να διατηρεί σταθερή τάση και συχνότητα, οπότε γίνεται λόγος για ασθενές δίκτυο και συνήθως απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός και διατάξεις ελέγχου.

2) **Αυτόνομα Υβριδικά Συστήματα**

Τα αυτόνομα υβριδικά συστήματα (ΑΥΣ) χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων ή νησιωτικών περιοχών που δεν είναι συνδεδεμένες με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, οπότε δεν υπάρχει σύστημα μεταφοράς παρά μόνο σύστημα διανομής. Η μετατροπή ενός συμβατικού αυτόνομου σταθμού σε υβριδικό αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στην ελάττωση της κατανάλωσης καυσίμου και των ωρών λειτουργίας των συμβατικών γεννητριών. Η σημαντικότερη διαφορά του αυτόνομου σε σχέση με ένα διασυνδεδεμένο υβριδικό σύστημα είναι ότι πρέπει να μπορεί να παρέχει όλη την ενέργεια που ζητείται οποιαδήποτε χρονική στιγμή ή να κάνει αποκοπή φορτίου όταν αυτό δεν είναι εφικτό. Επιπλέον, πρέπει να έχει την ικανότητα ρύθμισης συχνότητας και παραγωγής άεργου ισχύος ώστε να ρυθμίζει την

τάση του δικτύου. Όταν η ηλεκτρική παραγωγή από τις μονάδες ΑΠΕ του συστήματος ξεπερνά το φορτίο, η περίσσεια ενέργειας πρέπει να αποθηκευτεί ή και να απορριφθεί με κάποιον τρόπο ώστε να μην προκαλέσει αστάθεια στο σύστημα. Τα αυτόνομα δίκτυα δεν έχουν άπειρο ζυγό, οπότε επηρεάζονται έντονα από την σύνδεση επιπρόσθετου φορτίου ή γεννήτριας. Για τους παραπάνω λόγους, τα περισσότερα αυτόνομα συστήματα περιλαμβάνουν διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας και συστήματα ελέγχου και διαχείρισης φορτίου .

5.2. Εμπειρία Εφαρμογής Υβριδικών Συστημάτων

5.2.1. Νησί Utsira

Το νησί Utsira βρίσκεται 20 km από τις δυτικές ακτές της Νορβηγίας, έχει έκταση 6.2 km2και, με βάση την απογραφή του 2008, πληθυσμό 235 κατοίκους. Η περιοχή έχει εξαιρετικές αιολικές συνθήκες και το φορτίο του νησιού είναι μικρό αλλά εμφανίζει σημαντική διακύμανση. Κατά τη διάρκεια του έτους 2006 η αιχμή του φορτίου ήταν 900 kW και η συνολική ζήτηση ενέργειας 3,5 GWh.

Κατά τη διάρκεια των ετών 2003 και 2004 κατασκευάστηκε στο συγκεκριμένο νησί το πρώτο παγκοσμίως υβριδικό σύστημα αιολικής ισχύος και υδρογόνου πλήρους κλίμακας, σύστημα το οποίο αποτέλεσε αρχικώς ένα έργο έρευνας και ανάπτυξης. Ο βασικός στόχος του είναι να εξετάσει εάν η αιολική ισχύς σε συνδυασμό με το υδρογόνο μπορούν να αποτελέσουν μία αξιόπιστη ενεργειακή λύση για απομακρυσμένες περιοχές. Η επιλογή του νησιού έγινε λόγω του υψηλού αιολικού του δυναμικού (η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει τα 10 m/s) και της διασύνδεσης με την ενδοχώρα μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου 1 MW, στοιχείο που εξασφαλίζει εφεδρεία.

Για τη διασφάλιση της αυτονομίας απαιτείται ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο στο συγκεκριμένο σύστημα στηρίζεται στη χρήση του υδρογόνου. Η περίσσεια αιολικής ισχύος χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου με τη βοήθεια ηλεκτρολύτη το οποίο και αποθηκεύεται. Όταν η αιολική παραγωγή δε μπορεί να καλύψει τη ζήτηση το υδρογόνο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση μίας γεννήτριας καύσης υδρογόνου καθώς και μίας κυψέλης καυσίμου. Επίσης, χρησιμοποιούνται μπαταρίες και ένας σφόνδυλος ως επιπλέον μέσα αποθήκευσης. Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος του νησιού φαίνονται στον πίνακα .

Πίνακας 12.Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος του νησιού Utsira

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη
2 Ανεμογεννήτριες	600 kw
Συστοιχία μπαταριών	35 kwh
1 Σφόνδυλος	5kwh,200 kw_{max}
1 Σύγχρονη Μηχανή	100Kva
1 Ηλεκτρολύτης	10 Nm^3/h-48kW
1 Συμπιεστής	11 Nm^3/h-5,5kW
1 Μονάδα Αποθήκευσης Υδρογόνου	12 m^3 υπό πίεση 200 bar→2400Nm^3
1 Μηχανή Εσωτερικής Καύσης Υδρογόνου	55 kw

1Κυψέλη καυσίμου	10 kw

Μέχρι το έτος 2008 στο έργο επίδειξης του νησιού συμμετείχαν δέκα κατοικίες με συνολική αιχμή περίπου 50 kW και ετήσια κατανάλωση ενέργειας περίπου 200 MWh/έτος. Το υβριδικό σύστημα σχεδιάστηκε για να μπορεί να καλύπτει πλήρως τις ανάγκες αυτών των κατοικιών, ενώ περίσσεια ενέργειας που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί ούτε από το σύστημα αποθήκευσης πωλείται στην αγορά. Μάλιστα, η παραγόμενη ισχύς από τη μία εκ των δύο ανεμογεννητριών προορίζεται μόνο για πώληση και όχι για χρήση από το υβριδικό σύστημα.

- Τα πιο σημαντικά επιτεύγματα κατά το πρώτο έτος της λειτουργίας ήταν:
- Πάνω από έξι μήνες σε αυτόνομη λειτουργία.
- Διαθεσιμότητα κοντά στο 100% .
- Πολύ καλή λειτουργικότητα.
- Πολύ καλή ποιότητα ισχύος, ευχαριστημένοι οι κάτοικοι της κοινότητας.
- Κανένα ατύχημα.
- Συνεισφορά στις τοπικές δραστηριότητες και στον τουρισμό.

Η μεγαλύτερη καινοτομία αυτού του έργου είναι ο τρόπος που όλα τα επιμέρους στοιχεία του συνεργάζονται μεταξύ τους εξασφαλίζοντας εύρυθμη λειτουργία. Οι μεγαλύτερες προκλήσεις ήταν ο μεγάλος αριθμός διατάξεων του συστήματος, ο έλεγχος του μικροδικτύου όταν η μεγάλη αιολική παραγωγή συμπίπτει με χαμηλή ζήτηση και η παράλληλη λειτουργία της κυψέλης καυσίμου και της μηχανής εσωτερικής καύσης υδρογόνου. Οι αποκλίσεις τάσης και συχνότητας ήταν αναπόφευκτες τουλάχιστον στην αρχή της λειτουργίας του συστήματος. Το έργο στο Utsira έδειξε ότι σε ανάλογα εγχειρήματα πρέπει να ληφθούν υπόψη προβλήματα αρμονικών και συντονισμού που μπορεί να οφείλονται στην παροχή ισχύος από την κυψέλη καυσίμου.

5.2.2. Νησί King

Το νησί King είναι ένα από τα κατοικημένα νησιά που βρίσκονται στον πορθμό Bass μεταξύ Αυστραλίας και Τασμανίας. Έχει έκταση 1098 km2και πληθυσμό 1.723 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του Ιουνίου του 2007. Το φορτίο του νησιού είναι σχετικά μεγάλο με ελάχιστη τιμή 1,2 MW και τιμή αιχμής 3,3 MW, η οποία παρατηρείται κατά τους κρύους χειμερινούς μήνες.Το νησί δεν είναι διασυνδεδεμένο ούτε με την Αυστραλία ούτε με την Τασμανία και μέχρι πρόσφατα η ηλεκτρική ισχύς παραγόταν στο νησί αποκλειστικά από ντιζελογεννήτριες. Ωστόσο, σήμερα η αιολική ισχύς συνεισφέρει ένα σημαντικό ποσοστό της ετήσιας ζήτησης ενέργειας. Η αιολική ισχύς εμφανίζεται ανταγωνιστική οικονομικά και αναδεικνύεται σε σημαντική πηγή ενέργειας του νησιού λόγω του εξαιρετικού αιολικού δυναμικού (μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πλήμνης 9,2 m/s). Ο υβριδικός σταθμός παραγωγής ενέργειας στο ξεκίνησε να κατασκευάζεται το 1998 με σκοπό τη συνέργεια ανεμογεννητριών, φωτοβολταϊκών συστημάτων, γεννητριών και συσσωρευτών. Σήμερα ο σταθμός διαθέτει τα στοιχεία, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 13.Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος του νησιού King

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη
5 Ανεμογεννήτριες	3x250Kw,2x850Kw
6 Φ/Β συστήματα	100 kw σύνολο
4 Ντιζελογεννήτριες	3x1.600Kw,1x1.200kW
Συστοιχία μπαταριών VRB	800kwh
Σύστημα ελέγχου συχνότητας με ωμικό φορτίο	Τρείς αντιστάτες ονομαστικής ισχύος 500 kW ο καθένας

Η διείσδυση αιολικής ενέργειας μετά το 1998 (μέχρι τότε ήταν εγκατεστημένες 3 ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 250 kW έκαστη) και πριν το 2003, όπου και προστέθηκαν άλλες 2 ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 850 kW έκαστη, έφτασε το 13% και αυτό είχε ως αποτέλεσμα 16% λιγότερη ετήσια κατανάλωση καυσίμου, κάτι που μεταφράζεται σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 590 λίτρα ετησίως. Επιπλέον, κατά το έτος 1999 μετρήθηκε ότι οι ολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ελαττώθηκαν κατά 2.000 τόνους ετησίως. Μετά το 2003, με την επέκταση του αιολικού πάρκου και την ενσωμάτωση του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας VRB, παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης διείσδυσης ΑΠΕ, η οποία το 2005 έφτασε το 33%. Επιπλέον, το σύστημα αποθήκευσης εξομάλυνε την τάση εξόδου του αιολικού πάρκου αποθηκεύοντας την περίσσεια ενέργειας και παρέχοντας την στο σύστημα όταν αυτή χρειαζόταν. Κατ' αυτόν τον τρόπο, παρέχεται εγγυημένη ισχύς που προέρχεται από αιολική παραγωγή δηλαδή όταν παρατηρηθεί μείωση της αιολικής ισχύος, αντί να ξεκινήσει η δεύτερη ντιζελογεννήτρια δίνεται σήμα στη μονάδα αποθήκευσης να παρέχει στο σύστημα την υπολειπόμενη ενέργεια. Ο αντιστροφέας του συστήματος αποθήκευσης έχει δυνατότητα ρύθμισης τάσης και συχνότητας και επιτρέπει τη βέλτιστη λειτουργία του υβριδικού συστήματος.

Το σύστημα ελέγχου που εγκαταστάθηκε το 2008 περιλαμβάνει ένα ωμικό φορτίο μεγάλης τιμής το οποίο μπορεί να μεταβάλλεται γρήγορα ώστε να απορροφά την περίσσεια αιολικής ισχύος, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα απορριπτόταν επιβραδύνοντας τις ανεμογεννήτριες. Έτσι, δε μειώνεται η παραγωγή των ανεμογεννητριών και η περίσσεια ισχύος μετατρέπεται στην ουσία σε στρεφόμενη εφεδρεία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά προς την συμβατική παραγωγή.

Με αυτόν τον τρόπο, το ωμικό φορτίο διατηρεί ισορροπία μεταξύ παραγωγής και ζήτησης και συμβάλει στη διατήρηση σταθερής συχνότητας στο μικροδίκτυο. Ακόμα, το σύστημα ελέγχου θα επιτρέπει τη φόρτιση των ντιζελογεννητριών στο τεχνικό τους ελάχιστο όποτε το φορτίο του νησιού είναι μικρότερο από το συνδυασμό αιολικής και ηλιακής παραγωγής, συμβάλλοντας στην περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Εκτιμάται ότι η λειτουργία του συστήματος ελέγχου θα αυξήσει τη διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 45%.

5.2.3. Κοινότητα Wales στην Αλάσκα

Η κοινότητα Wales των 160 κατοίκων περίπου βρίσκεται στο δυτικότερο άκρο της χερσονήσου Seward στην Αλάσκα, περίπου 180 μίλια νοτιοδυτικά από το

Kotzebue, και βρέχεται από το Βερίγγειο Πορθμό. Το μέσο ηλεκτρικό φορτίο της κοινότητας είναι περίπου 70 kW, το φορτίο αιχμής περίπου 140 kW, ενώ επιπλέον υπάρχουν σημαντικά θερμικά φορτία για θέρμανση κτιρίων και νερού.

Το 1995 η Αρχή Ενέργειας της Αλάσκα, ο ηλεκτρικός οργανισμός του Kotzebue, ο ηλεκτρικός συνεταιρισμός των κοινοτήτων της Αλάσκα και το Εθνικό Εργαστήριο ΑΠΕ (NREL) συνεργάστηκαν με σκοπό τη δημιουργία ενός υβριδικού συστήματος που συνδυάζει ντιζελογεννήτριες και ανεμογεννήτριες στην κοινότητα. Διάφορα εμπόδια αντιμετωπίστηκαν κατά τα έτη 1996 1999 καθυστερώντας την εγκατάσταση του συστήματος αρκετά χρόνια. Η δοκιμαστική λειτουργία του συστήματος ελέγχου ολοκληρώθηκε την άνοιξη του 2000 στο Εθνικό Κέντρο Αιολικής Τεχνολογίας (NWTC) του NREL. Οι ανεμογεννήτριες, οι πίνακες ελέγχου και ο βοηθητικός εξοπλισμός εγκαταστάθηκαν το καλοκαίρι του 2000. Το υβριδικό σύστημα ξεκίνησε τη μερική λειτουργία του τον Οκτώβριο του 2000, ωστόσο η επιτυχής επίδειξη όλων των καταστάσεων λειτουργίας πραγματοποιήθηκε το φθινόπωρο του 2001.

Το υβριδικό σύστημα, που ξεκίνησε πλήρως την λειτουργία του το Μάρτιο του 2002,συνδυάζει συμβατική παραγωγή, ανεμογεννήτριες, αποθήκευση ενέργειας, μετατροπείς ισχύος καθώς και διάφορες διατάξεις ελέγχου. Τα στοιχεία του συστήματος στον πίνακα . Ο βασικός στόχος του συστήματος ήταν η ικανοποίηση της ζήτησης της κοινότητας διατηρώντας υψηλή ποιότητα ισχύος και παράλληλα η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου και του χρόνου λειτουργίας των μονάδων diesel. Επιπλέον, το σύστημα διοχετεύει την περίσσεια αιολικής ισχύος σε διάφορα θερμικά φορτία της κοινότητας εξοικονομώντας με αυτόν τον τρόπο καύσιμα θέρμανσης.

Πίνακας 14.Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος της κοινότητας Wales

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη
2 Ανεμογεννήτριες	65 kW
3 Ντιζελογεννήτριες	2X168Kw,1x75kW
1 Ελεγκτής Τοπικού Ελεγχόμενου Φορτίου	89kW
1 Ελεγκτής Απομακρυσμένου Ελεγχόμενου Φορτίου	144kW
1 Περιστροφικός Μετατροπέας	156Kva
Συστοιχία μπαταριών	1.2VCD,130Ah,31.2kWh
1 Βοηθητικός Φορτιστής Μπαταριών	30 A,300VDC

Δυστυχώς, υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα από τη συμπεριφορά του συστήματος σε όλες τις δυνατές καταστάσεις λειτουργίας. Ωστόσο, τον Αύγουστο του 2002 πραγματοποιήθηκε μία περίοδος δοκιμών διάρκειας 18 ημερών σύμφωνα με την οποία το σύστημα λειτούργησε με σβηστές τις ντιζελογεννήτριες για το 20% του χρόνου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν αναλογιστεί κανείς ότι ο Αύγουστος είναι ένας από τους μήνες με την μικρότερη μέση ταχύτητα ανέμου στο Wales. Κατά τη διάρκεια της περιόδου δοκιμών οι ανεμογεννήτριες κάλυψαν το 41% της ζήτησης, ενώ το υπόλοιπο φορτίο καλύφθηκε από τη συμβατική παραγωγή.

Παράλληλα, οι ανεμογεννήτριες παρείχαν 10.000 kWh ηλεκτρικής ενέργειας στα θερμικά φορτία του συστήματος εξοικονομώντας κατ' εκτίμηση 450 λίτρα καυσίμου θέρμανσης. Τα αποτελέσματα από την περίοδο δοκιμών διαφέρουν αρκετά από τα αποτελέσματα των αρχικών προσομοιώσεων. Σύμφωνα με τα τελευταία, η μέση διείσδυση της αιολικής ισχύος θα ήταν περίπου 70%, η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου θα ήταν 45% και ο χρόνος λειτουργίας των μονάδων diesel θα μειωνόταν κατά 25%. Επιπλέον, στο διάστημα δοκιμών, ο συντελεστής χρησιμοποίησης των δύο ανεμογεννητριών ήταν 0,382 και 0,377 .

5.2.4. Νησί Samso

Το νησί Samso βρίσκεται στον κόλπο Kattegat στη Βόρεια Θάλασσα, δεκαπέντε χιλιόμετρα από τη χερσόνησο της Γιουτλάνδης και ανήκει στη Δανία. Ο πληθυσμός του νησιού το έτος 2009 ανέρχεται σε 4.300 κατοίκους περίπου, η έκταση του είναι 114 km2, ενώ ετήσια κατανάλωση ενέργειας το 1997 ανερχόταν σε 29.000 MWh.

Το 1997 το Samso κέρδισε το διαγωνισμό του υπουργείου ενέργειας της Δανίας για τη δημιουργία ενός ενεργειακά αυτόνομου και «πράσινου» νησιού. Ο στόχος του προγράμματος ήταν να επιτευχθεί κάλυψη του 100% των ενεργειακών αναγκών του νησιού από ΑΠΕ μέσα σε μία δεκαετία, γεγονός που αποτελεί παγκόσμια καινοτομία καθώς δεν έχει προηγηθεί ανάλογο έργο στο παρελθόν. Για την επίτευξη αυτού του φιλόδοξου στόχου οι ενέργειες που έπρεπε να γίνουν δεν αφορούσαν μόνο τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά γενικότερα το ενεργειακό προφίλ του νησιού. Εξοικονόμηση ενέργειας και αύξηση του βαθμού απόδοσης στο ηλεκτρικό σύστημα, το σύστημα θέρμανσης και τον τομέα των μεταφορών, επέκταση του δικτύου τηλεθέρμανσης (district heating) σε συνδυασμό με τη χρησιμοποίηση των τοπικών αποθεμάτων βιομάζας, επέκταση των αυτόνομων συστημάτων θέρμανσης με χρήση αντλιών θερμότητας, ηλιακών συλλεκτών,εγκαταστάσεων βιομάζας και κατασκευή onshore και offshore αιολικών πάρκων ήταν κάποιες από τις ενέργειες που έπρεπε να γίνουν.

Το Samso είναι διασυνδεδεμένο με τη χερσόνησο της Γιουτλάνδης μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου. Για να εξασφαλίζεται η ενεργειακή αυτονομία του νησιού ήταν απαραίτητη εγκατεστημένη ισχύς αιολικών μεγέθους 11 MW. Οι έντεκα Α/Γ ισχύος 1 MW έκαστη τοποθετήθηκαν σε τρεις ομάδες και το ύψος της πλήμνης τους είναι 77 μέτρα. Ο μόνος κατασκευαστής που παρήγαγε ανεμογεννήτριες αυτής της ισχύος και με τέτοιο ύψος πλήμνης ήταν η εταιρία Bonus. Η πρώτη ανεμογεννήτρια εγκαταστάθηκε το 2000, ενώ το συνολικό κόστος επένδυσης ανήλθε σε 8.8 εκατ. ευρώ. Επιπλέον, για την αποζημίωση των εκπομπών CO2του τομέα των μεταφορών εγκαταστάθηκαν δέκα offshore Α/Γ ισχύος 2,3 MW έκαστη στα νότια του νησιού με συνολικό κόστος επένδυσης 33.3 εκατ. ευρώ.. Συνολικά, το πρόγραμμα μετατροπής του Samso σε πράσινο νησί πρέπει να θεωρηθεί σχεδόν απόλυτα επιτυχές, καθώς ικανοποίησε τους περισσότερους από τους στόχους που είχαν τεθεί. Ο πρωταρχικός στόχος της 100% ενεργειακής αυτονομίας με τη χρήση ΑΠΕ επιτεύχθηκε σε οχτώ χρόνια, δηλαδή δύο χρόνια νωρίτερα από το προγραμματισμένο. Επίτευγμα επίσης αποτελεί η κατασκευή τριών νέων εγκαταστάσεων district heating καθώς και δέκα offshore και έντεκα onshore ανεμογεννητριών. Αντίθετα, στον τομέα των μεταφορών και στο στόχο για αλλαγές στις καταναλωτική συμπεριφορά της τοπικής κοινωνίας, το πρόγραμμα σημείωσε λιγότερη επιτυχία.

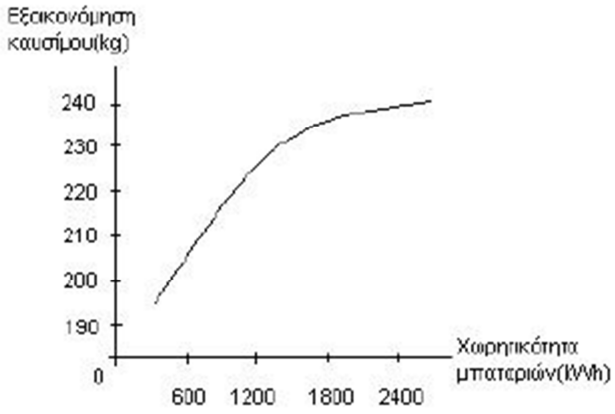
5.2.5. Ελλάδα:

Στην Ελλάδα τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται κυρίως σε αυτόνομες περιοχές (αυτόνομο υβριδικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, ΑΥΣΗ). Σημαντικές εφαρμογές ΑΥΣΗ συναντώνται κυρίως στις μονές του Αγίου Όρους όπου η απομονωμένη θέση της χερσονήσου καθιστά ασύμφορη τη σύνδεση των μονών με το δίκτυο. Ορισμένες από τις μονές αυτές έχουν επαρκή τροφοδοσία και έχουν εγκατασταθεί μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Ιδιαίτερης σημασίας είναι το ΑΥΣΗ. της Ιεράς Μονής Σίμωνος Πέτρας, όπου έχει εγκατασταθεί ΑΥΣΗ αποτελούμενο από μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό, φωτοβολταϊκά και ντιζελογεννήτρια πετρελαίου. Πριν την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού η ντιζελογεννήτρια κάλυπτε περίπου το 40% των ετήσιων αναγκών της μονής σε ενέργεια και το 71% των αντίστοιχων αναγκών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ με την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού τα αντίστοιχα ποσοστά έπεσαν στο 5,5% και 9% αντίστοιχα.

Τα τελευταία δύο έτη εγκαταστάθηκαν περίπου 160 αυτόνομα υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών σε απομονωμένους σταθμούς βάσης εταιριών κινητής τηλεφωνίας με συνολική ισχύ φωτοβολταϊκών 1,2 MW, ενώ απομένουν προς εγκατάσταση 80 παρόμοια συστήματα με ισχύ περίπου 1 MW. Οι σταθμοί λειτουργούν με γεννήτριες και βρίσκονται σε απομακρυσμένες επαρχιακές και αγροτικές περιοχές της χώρας. Βασικός στόχος της συγκεκριμένης ενάργειας ήταν η αξιοσημείωτη μείωση του χρόνου λειτουργίας της γεννήτριας, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου (με αντίστοιχο περιβαλλοντικό όφελος), δεδομένου ότι αντικαθίσταται η καύση από φωτοβολταϊκή ενέργεια. Παράλληλα, υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία και αξιοπιστία στην παροχή ενάργειας στους τηλεπικοινωνιακός σταθμούς με αυξημένη αυτονομία λόγω της μεγάλης μείωσης στην κατανάλωση καυσίμου.

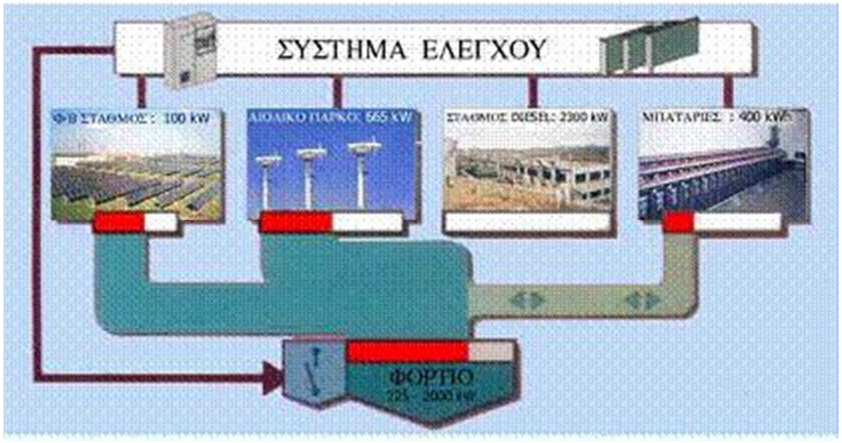
5.2.5.1. Το παράδειγμα της Κύθνου

Από τα πρώτα υβριδικά μοντέλα Α/Γ Φ/Β Ντιζελογεννήτριες μπαταρίες που δημιουργήθηκαν στην Ελλάδα ήταν στο νησί της Κύθνου, ένα νησί με υψηλό κόστος παραγωγής ενέργειας από ντιζελογεννήτριες και ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό. Πρόκειται για ένα σύστημα με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1,7 MW. Οι ντιζελογεννήτριες ποικίλουν από 100550 kW. Τα επίπεδα της μπαταρίας κυμαίνονται από 6002.400 kWh. Τα αποτελέσματα της εξοικονόμησης καυσίμου φαίνονται στο σχήμα. Μετά τις 1.800 kWh υπάρχει μία ασήμαντο βελτίωση ενώ μέχρι τις 1.200 kWh είναι περίπου γραμμική.



Σχήμα 13.Διάγραμμα εξοικονόμησης καυσίμου συναρτήσει της χωρητικότητας των μπαταριών.

Από τα μέσα του 2000, τον πρώτο λόγο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί δεν έχει ο ενεργοβόρος και ρυπογόνος πετρελαϊκός σταθμός, αλλά ένα υβριδικό σύστημα ήπιων μορφών ενέργειας. Έξι ανεμογεννήτριες, ένας φωτοβολταϊκός σταθμός, μπαταρίες, και ένα αυτοματοποιημένο σύστημα διαχείρισης είναι ο βασικός εξοπλισμός του (Εικόνα)

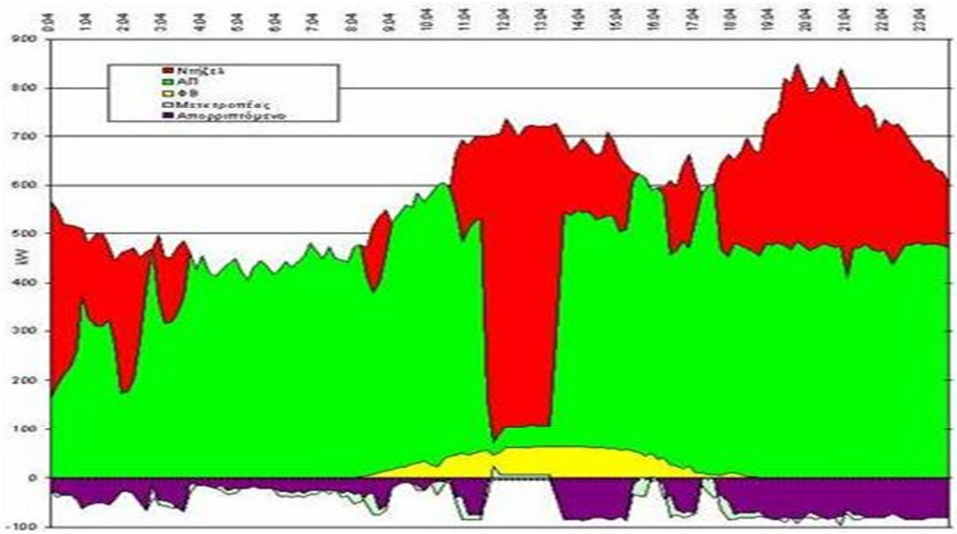


Εικόνα 23.Υβριδικό σύστημα Κύθνου

Σήμερα, το υβριδικό σύστημα της Κύθνου θέτει συχνά εκτός λειτουργίας τον πετρελαϊκό σταθμό για διαστήματα που φθάνουν και τις δώδεκα συνεχόμενες ώρες. Μόνο από την εξοικονόμηση καυσίμου, το όφελος μέσα στο 2001 ήταν πάνω από 176.000 ευρώ.

Σχεδόν μοναδικό πρόβλημα, κάποιες διακυμάνσεις σε ένα τμήμα του δικτύου μέσης τάσης του νησιού. Αυτές οφείλονται κυρίως στο γεγονός ότι η μεγάλη ανεμογεννήτρια είναι σταθερών στροφών, και όχι μεταβλητών στροφών όπως είχε προταθεί. Υπό μελέτη βρίσκεται ένα σχέδιο που προβλέπει την προσθήκη τριών ακόμη ανεμογεννητριών, μεταβλητών στροφών, συνολικής ισχύος περίπου 600 κιλοβάτ. Αυτό θα λύσει κάποια τεχνικά προβλήματα και θα ανεβάσει ακόμη περισσότερο την συνεισφορά της αιολικής ενέργειας, όπου το καύσιμο είναι καθαρό και...δωρεάν".

Στο σχήμα παρουσιάζεται η σύνθεση φορτίου στις 14/10/2000. Με πράσινο, η ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες και με κίτρινο η συνεισφορά των φωτοβολταϊκών και με κόκκινο η ενέργεια από το σταθμό DIESEL.



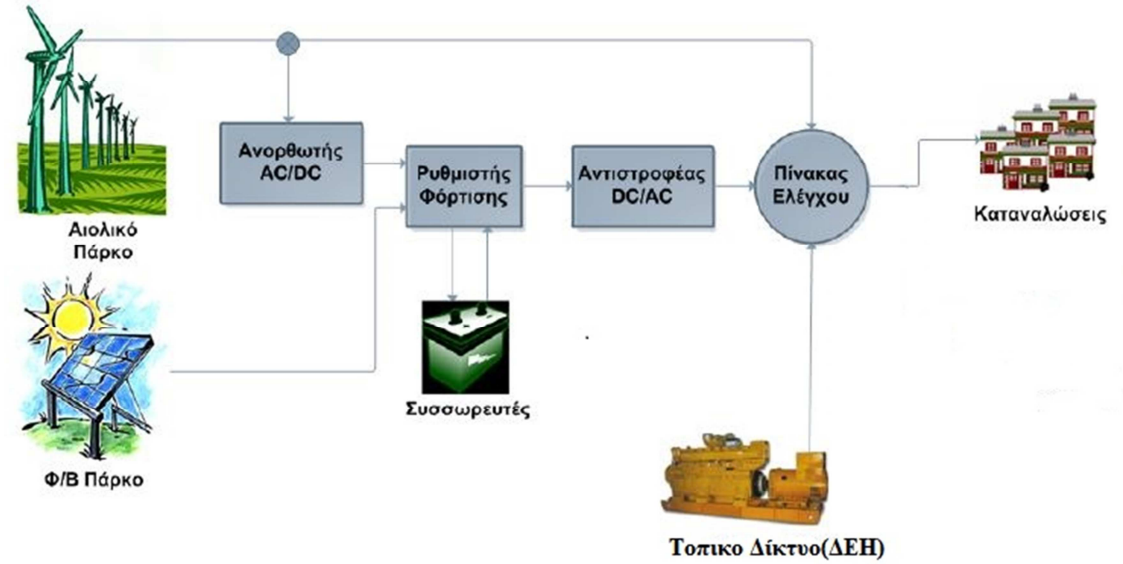
Γράφημα 5.Υβριδικό σύστημα Κύθνου, σύνθεση φορτίου στις 14/10/2000

6. Κεφάλαιο - Αναλυτική Προσομοίωση του υβριδικού ενεργειακού συστήματος για τη Ψέριμο

6.1. Γενίκα

Η Ψέριμος αποτελεί ένα ενεργειακό σύστημα συνδεμένο από το τοπικό δίκτυο και αυτό συνεπάγεται ότι θα χρησιμοποιηθεί το μοντέλο του Διασυνδεδεμένου Υβριδικού Συστήματος. Στις επόμενες σελίδες θα περιγράψουμε αναλυτικά τις επιλογές που έγιναν κατά την μοντελοποίηση του συστήματος και τις παραδοχές οι οποίες έγιναν. Η προσομοίωση του συστήματος μας καθώς και η οικονομοτεχνική μελέτη θα γίνει με την βοήθεια του ελευθέρου λογισμικού HOMER. Με τη βοήθεια του συγκεκριμένου υπολογιστικού εργαλείου, ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει έναν ή και περισσότερους συνδυασμούς ενεργειακών τεχνολογιών, έπειτα από την εισαγωγή στα προγράμματα μιας σειράς παραμέτρων, όπως κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας, κλιματολογικές συνθήκες, ενεργειακές καταναλώσεις κ.α.. Η αξιολόγηση αυτή μπορεί να είναι οικονομικής φύσεως, εξετάζοντας οικονομικούς δείκτες, όπως η Καθαρή Παρούσα Αξία, ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, Κόστος Παραγωγής Ενέργειας και η Αναλογία Κόστος Όφελος, τεχνικής ενεργειακής φύσεως, λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους σαν το ποσοστό Περίσσειας Ενέργειας ή την Πιθανότητα Απώλειας Φορτίου.

Ένα σχεδιάγραμμα του προτεινόμενου υβριδικού συστήματος παραγωγής ενέργειας το οποίο καλείται να καλύψει τις ηλεκτρικές ανάγκες του μη διασυνδεμένου νησιού της Ψερίμου, τουλάχιστον μέχρι το 2030, φαίνεται στο σχήμα. Στόχος είναι να διαστασιολογηθεί το συγκεκριμένο σύστημα ικανοποιώντας δυο βασικά κριτήρια, την αυξημένη αξιοπιστία και το χαμηλό κόστος. Έτσι, παρόλο που κύριο μέλημα είναι η πλήρης κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού από ΑΠΕ, στη μετέπειτα αξιολόγηση και βελτιστοποίηση του συστήματος δε μπορεί εκ προοιμίου να αποκλειστεί η ταυτόχρονη λειτουργία κάποιων ηλεκτρομηχανών diesel(ΔΕΗ), προκειμένου να επιτευχθεί η ευστάθεια και η οικονομική λειτουργία του συστήματος



Εικόνα 24.Αναπαράσταση του συστήματος που θα υλοποιηθεί

6.2. Σημαντικές αποφάσεις για το ενεργειακό σύστημα

6.2.1. Μέρη υβριδικού συστήματος

Για το εξεταζόμενο ΔΥΣ, θα ληφθούν περιπτώσεις ανάλογα με το ποσοστό των ΑΠΕ και των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών. Οι τεχνολογίες οι οποίες λαμβάνονται υπό εξέταση είναι:

- Ανεμογεννήτριες: Η ανεμογεννήτρια η οποία θα εξετάσουμε πρέπει να έχει μικρό μέγεθος λόγω του μεγέθους του συστήματος. Επομένως επιλέγεται να ελεγχθεί το σύστημα για χρήση ανεμογεννητριών με δοκιμές σε ανεμογεννήτρια των 250 kW. Ο χρόνος ζωής της ανεμογεννήτριας εκτιμάται στα 15 χρόνια.

- Φωτοβολταϊκά: Η χρήση φωτοβολταϊκών φαίνεται λογική λόγω της ηλιοφάνειας της περιοχής, η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί είναι αυτή των σταθερών πλακών για απλοποίηση της εφαρμογής. Ο χρόνος ζωής των φωτοβολταϊκών εκτιμάται στα 20 χρόνια.

- Αντιστροφέας: Η επιλογή του μεγέθους της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτρικών συσσωρευτών, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος και τις ώρες λειτουργίας του εναλλάκτη (Converter). Ο εναλλάκτης είναι απαραίτητος για τη σωστή λειτουργία του συστήματος και την εκμετάλλευση της παραγόμενης ενέργειας από τα ανανεώσιμα τμήματα της εγκατάστασης και μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο.

- Τοπικό δίκτυο της ΔΕΗ: Σε περίπτωση μη κάλυψη των παραπάνω συστημάτων η μεγαλύτερης ζήτησης τότε θα μας καλύπτουν οι συμβατικές μονάδες του δικτύου.

6.2.2. Μέσο αποθήκευσης

Ως μέσο αποθήκευσης λόγω ευκολίας στην εγκατάσταση και ιδιαιτεροτήτων της περιοχής (χαμηλή υψομετρική διαφορά, περιορισμένος χώρος, απομακρυσμένη τοποθεσία) επιλέγεται η χρήση ηλεκτροχημικών συσσωρευτών(μπαταριών). Οι πιο κατάλληλες μπαταρίες για την εφαρμογή είναι οι τύπου ροής (flow batteries).Οι ιδιότητες αυτού του τύπου συσσωρευτών αναφέρθηκαν αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο.

6.2.3. Στοιχεία προσομοίωσης

- Ζήτηση: Για τον υπολογισμό της ζήτησης, χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις της νήσου Σέριφου με εφαρμογή συντελεστών ομοιότητας. Οι μετρήσεις αυτές καλύπτουν τη διάρκεια ενός έτους με συχνότητα μίας ώρας.

- Αιολικό δυναμικό: Για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν ανεμολογικές μετρήσεις που έγιναν σε συνολικό χρόνο ενός έτους με συχνότητα 10 λεπτών για την περιοχή της Καλύμνου, νησί το οποίο βρίσκεται γεωγραφικά κοντά με τη Ψέριμο.

- Ηλιακό δυναμικό: Για τον υπολογισμό του ηλιακού δυναμικού χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις που έγιναν σε συνολικό χρόνο ενός έτους για την περιοχή της Καλύμνου, νησί το οποίο βρίσκεται γεωγραφικά κοντά με τη Ψέριμο.

- Δίκτυο: Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια θεωρήθηκε σταθερή τιμή στα 0.09 €/kwh .

- Οικονομικά στοιχεία: Για τα οικονομικά αποτελέσματα θεωρήθηκε ετήσιο κόστος δανεισμού 6% και συνολικός χρόνος λειτουργίας του έργου τα 25 έτη. Ως πάγια έξοδα του έργου, θεωρήθηκαν 12000 €/year τα οποία αντιστοιχούν στην απασχόληση ενός μόνιμου υπαλλήλου. Τα υπόλοιπα πιθανά κόστη (βλάβες, συντήρηση) έχουν συμπεριληφθεί στα επιμέρους κόστη της κάθε τεχνολογίας ως κόστη συντήρησης και λειτουργίας.Τα στοιχεία για τα κόστη κάθε τεχνολογίας δίνονται παρακάτω σε πινακοποιημένη μορφή αναγόμενα ανά kW εγκατεστημένης ισχύος.

Πίνακας 15.Κόστη τεχνολογίας ανά εγκατεστημένη ισχύ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΑΡΧΙΚΟ ΚΌΣΤΟΣ(€/KW)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ(€/KW)	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ(€/KW*Yr)	ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ(Yr)
Ανεμογεννήτρια(WT)	2500	2000	20	15
Φωτοβολταικα(PV)	2000	1200	2	20
Μπαταρία(B)	2700	700	35	8
Converter(C)	250	200	0	15
Ηλεκτρολύτης	100	90	0	25

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συγκεκριμένα κόστη ανεμογεννητριών αφορούν τα εξεταζόμενα μεγέθη στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης (μικρότερη του 1MW).

6.2.4. Εργαλείο προσομοίωσης

Για την προσομοίωση των πιθανών σεναρίων με συνδυασμούς των τεχνολογιών που έχουν προαναφερθεί γίνεται με το λογισμικό του Homer Energy. Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί πρόγραμμα εξειδικευμένο στο σχεδιασμό και την ανάλυση υβριδικών συστημάτων και χρησιμοποιείται για επαγγελματικές και μη εφαρμογές.

Η λειτουργία του προγράμματος, βασίζεται σε παραμέτρους οι οποίες εισάγονται από το χρήστη και εξέταση όλων των πιθανών σεναρίων που καλύπτουν αυτές τις παραμέτρους. Τα όρια του κάθε μεγέθους είναι ορισμένα με τέτοιο τρόπο ώστε η βέλτιστη λύση να βρίσκεται εντός της περιοχής αναζήτησης. Παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία κάθε τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκαν.

- Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες που εξετάζονται, μοντελοποιούνται σύμφωνα με καμπύλη ισχύος που φαίνεται παρακάτω τόσο σχηματικά όσο και σε πινακοποιημένη μορφή. Είναι σταθερής ταχύτητας, τύπου pitch control και τα δεδομένα αντιστοιχούν στο μοντέλο WES 30 της εταιρίας Wind Energy Solutions. Ο τύπος αυτός επιλέγεται, λόγω της καλής σταθερότητας και της αξιοπιστίας της κατασκευής. Να σημειωθεί ότι σε κάθε περίπτωση, θεωρήθηκαν απώλειες 5% επί της υπολογιζόμενης καμπύλης ισχύος παραγωγής τους.

Πίνακας 16.Αποδιδόμενη ισχύς ανεμογεννήτριας σε συνάρτηση με την ταχύτητα ανέμου

Ταχύτητα Ανέμου(m/s)	Αποδιδόμενη ισχύς(KW)		Ταχύτητα Ανέμου(m/s)	Αποδιδόμενη ισχύς(KW)
0,00	0,000		10,00	145,000
0,00	0,000		11,00	179,000
1,00	0,000		12,00	222,000
2,00	0,000		13,00	241,200
3,00	0,000		14,00	256,600
4,00	4,400		15,00	258,600
5,00	14,900		16,00	258,000
6,00	29,300		17,00	259,000
7,00	56,300		18,00	259,000
8,00	77,200		19,00	260,000
9,00	115,800		20,00	260,000



Σχήμα 14.Καμπύλη ισχύος της υπό εξέταση ανεμογεννήτριας

- Φωτοβολταϊκά:

Τα φωτοβολταϊκά που εξετάζονται είναι σταθερά, χωρίς σύστημα παρακολούθησης (tracking system) και είναι τοποθετημένα υπό γωνία 37.1ο με μηδενικό αζιμούθιο. Το ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά είναι συνεχόμενο ρεύμα χαμηλής τάσης, και σε αυτό υπολογίζεται και συντελεστής 10% απωλειών της απόδοσης που σχετίζεται με τη διαφορά των συνθηκών εργαστηρίου στις οποίες έχουν υπολογιστεί οι συντελεστές απόδοσης με τις πραγματικές συνθήκες, ενώ η επιρροή της θερμοκρασίας θεωρείται αμελητέα.

- Ηλεκτροχημικοί Συσσωρευτές:

Οι ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές που εξετάζονται, αποθηκεύουν και προσδίδουν συνεχόμενο ρεύμα η απόδοση της αποθηκευόμενης ισχύος είναι 80% και

το μέγιστο ποσοστό αποφόρτισης είναι στο 0% μεγέθη που θεωρούνται τυπικά για το συγκεκριμένο τύπο μπαταριών, και αντιστοιχούν στο μοντέλο VRB-ESS Flow Battery της εταιρίας Prudent Energy.

- Αντιστροφέας (Converter):

Ο εναλλάκτης είναι σχεδιασμένος κατάλληλα για το μέγεθος της εγκατάστασης και της αποθηκευόμενης ενέργειας και για τη λειτουργία του θεωρείται βαθμός απόδοσης στο 95%. Ο αντιστροφέας λειτουργεί ως Rectifier για μετατροπή του ρεύματος από εναλλασσόμενο συνεχές σε και ως Inverter για την αντίστροφη λειτουργία.

6.3. Υπολογιζόμενα μεγέθη

Μετά τον υπολογισμό όλων των πιθανών συνδυασμών εντός των εισαγομένων μεγεθών, γίνεται παρουσίαση της πιο ενδεικνυόμενης λύσης με κριτήρια το κόστος παραγωγής της ενέργειας και το αρχικό κόστος επένδυσης και συνοπτική παρουσίαση ορισμένων κρίσιμων μεγεθών της επένδυσης (αρχικό κόστος, κόστος λειτουργίας, καθαρά παρούσα αξία, κόστος παραγόμενης ενέργειας, ανανεώσιμο ποσοστό παραγόμενης ενέργειας και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο).Παρακάτω ακολουθούν οι αναλυτικοί υπολογισμοί οι οποίοι γίνονται.

Υπολογισμοί ενέργειας

Όσον αφορά τους ενεργειακούς υπολογισμούς, το Homer Energy υπολογίζει τη στιγμιαία παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας διασταυρώνοντας τα δεδομένα της στιγμιαίας ζήτησης και της στιγμιαίας παραγωγής από τα διάφορα τμήματα του υβριδικού συστήματος, σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχουν εισαχθεί για κάθε τεχνολογία. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται:

- Η ετήσια παραγωγή ενέργειας [kWh/yr] τόσο συνολικά όσο και για κάθε τεχνολογία ξεχωριστά.
- Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας.
- Το ποσό της απορριπτόμενης ενέργειας.
- Το ποσό της μη καλυπτόμενης ζήτησης
- Το ποσοστό της συνολικής αποθηκευόμενης ενέργειας ετησίως.
- Το ανανεώσιμο τμήμα του ενεργειακού ισοζυγίου.

Φωτοβολταϊκά (PV)

Για τα φωτοβολταϊκά σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ και το ηλιακό δυναμικό της περιοχής, υπολογίζονται:

- Ο συντελεστής απασχόλησης
- Η συνολική παραγωγή ενέργειας
- Η μέγιστη και ελάχιστη αποδιδόμενη ισχύς
- Το ποσοστό διείσδυσης
- Οι ώρες λειτουργίας σε ετήσια βάση
- Το ετήσιο κόστος παραγωγής ενέργειας

Επίσης παρουσιάζεται ο πίνακας της πρόσδοσης ισχύος των φωτοβολταϊκών στο δίκτυο σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Ανεμογεννήτριες (WT)

Για τις ανεμογεννήτριες σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ και το αιολικό δυναμικό της περιοχής, υπολογίζονται:

- Ο συντελεστής απασχόλησης
- Η συνολική παραγωγή ενέργειας
- Η μέγιστη και ελάχιστη αποδιδόμενη ισχύς
- Το ποσοστό διείσδυσης
- Οι ώρες λειτουργίας σε ετήσια βάση
- Το ετήσιο κόστος παραγωγής ενέργειας

Επίσης παρουσιάζεται ο πίνακας της μέσης πρόσδοσης ισχύος των ανεμογεννητριών στο δίκτυο σε μηνιαία βάση για όλη τη διάρκεια του χρόνου

Τοπικό Δίκτυο

Για τις συμβατικές μονάδες σύμφωνα με το επιλεγμένο μέγεθός της, υπολογίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Ποσοστό παραγωγής στο σύστημα
- Ετήσιο Κόστος παραγόμενης ενέργειας
- Συνολική παραγόμενη ενέργεια ετησίως

Ηλεκτρικοί συσσωρευτές (B)

Για τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές σύμφωνα με την εγκατεστημένη ισχύ, υπολογίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Χρόνος αυτονομίας
- Κόστος ενέργειας
- Ροή ενέργειας (αποθηκευμένη, διαθέσιμη, απώλειες)

Επίσης παρουσιάζεται ιστόγραμμα με το ποσοστό φόρτισης των μπαταριών και της συχνότητας εμφάνισής της, διάγραμμα με τα μηνιαία στατιστικά φόρτισης .

Αντιστροφέας (C)

Σύμφωνα με το τελικό μέγεθος του αντιστροφέα, ο οποίος συνεργάζεται με όλα τα τμήματα της εγκατάστασης, υπολογίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Συνολική ισχύς
- Βαθμός απόδοσης
- Ώρες λειτουργίας

Επίσης παρουσιάζονται δύο πίνακες με την εισαγόμενη ενέργεια σε μορφή συνεχόμενου και εναλλασσόμενου ρεύματος σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.

Οικονομικοί Υπολογισμοί

Όσον αφορά τους οικονομικούς υπολογισμούς, το Homer Energy κάνει αναλυτικό υπολογισμό της ροής των χρημάτων κατά όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του έργου. Υπολογίζονται τα κόστη κάθε τεχνολογίας και είδους κόστους (αρχικό, αντικατάστασης, λειτουργίας, αγοράς ηλ.ενεργείας) τόσο σε ετήσια βάση όσο και συνολικά σε καθαρά παρούσα αξία. Επίσης σχεδιάζεται διάγραμμα της ροής χρημάτων για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου σε ετήσια βάση. Τονίζεται ότι οι οικονομικοί υπολογισμοί γίνονται υπολογίζοντας τα κόστη σε κάθε περίπτωση και όχι τα πιθανά έσοδα σε περίπτωση πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, και βάση αυτών των μετρήσεων θα γίνει και η σχετική βελτιστοποίηση.

Παρατηρήσεις

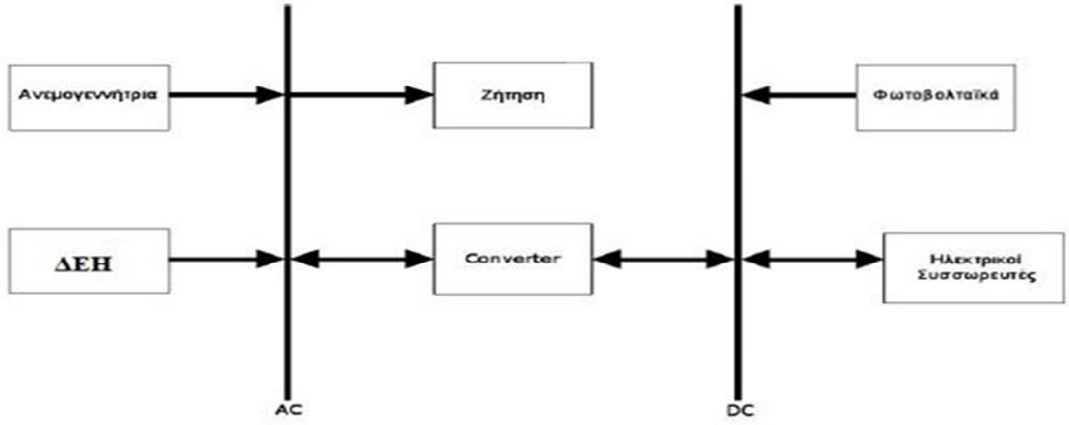
1.Ο υπολογισμός του συντελεστή εκμεταλλευσιμότητας ορίζεται ως το κλάσμα της αποδιδόμενης ενέργειας σε ετήσια βάση, προς την αποδιδόμενη ενέργεια στην περίπτωση λειτουργίας στο πλήρες φορτίο στο ίδιο χρονικό διάστημα.

2.Στο σύστημα απαιτείται διασφάλιση ορισμένου ποσοστού εφεδρικής αποθηκευόμενης ενέργειας. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί στο 10% του εκάστοτε ωριαίου φορτίου και λειτουργεί για τη διασφάλιση αξιοπιστίας και σταθερότητας του συστήματος. Σε περίπτωση ύπαρξης ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών η ενέργεια αυτή καλύπτεται αντίστοιχα από κάθε τεχνολογία.

3. Ο σχεδιασμός του έργου, ανάλογα με τις προϋποθέσεις κάθε σεναρίου, γίνεται με γνώμονα το ελάχιστο κόστος ανηγμένο σε καθαρά παρούσα αξία υπολογίζοντας τα κόστη της εγκατάστασης σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας της και την παραμένουσα αξία μετά την παύση της λειτουργίας.

6.4. Υπολογίσμοι

- Μετά από δοκιμές προκύπτει το παρακάτω σύστημα:
- 1 ανεμογεννήτρια των 250 kW
- Φωτοβολταϊκά εγκατεστημένης ισχύος 300 kW
- Ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές 150 kW / 3800 kWh
- Αντιστροφέας 200 kW
- Δίκτυο(ΔΕΗ)



Σχήμα 15.Σύστημα παραγωγής ενέργειας

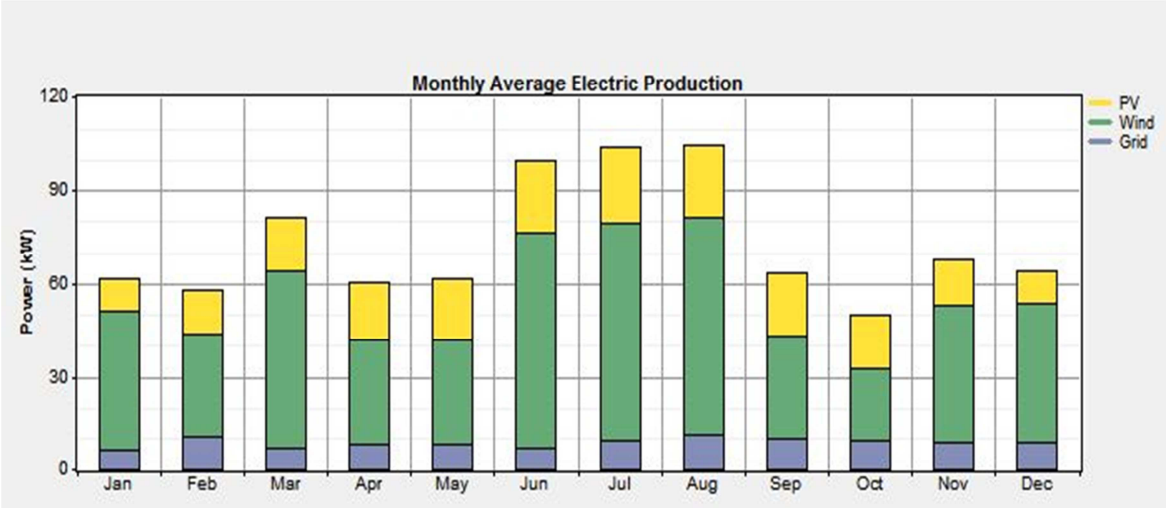
6.4.1. Ενεργειακά στοιχεία

Πίνακας 17.Ενεργειακά στοιχειά

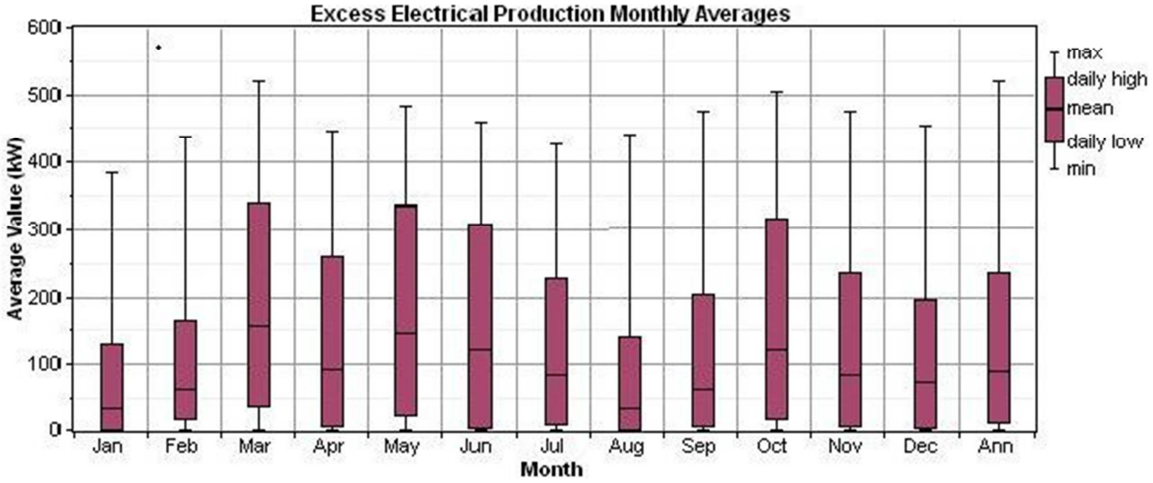
Παραγωγή	kWh/yr	%		Κατανάλωση	kWh/yr	%
PV	156.514	26,2		Φορτίο	597.000	100
WT	407.524	68,3		Σύνολο	597.000	100
Δίκτυο	32.962	5,5				
Σύνολο	597.000	100				

Πίνακας 18.Ενεργειακά στοιχειά

Ποσότητα	kWh/yr	%
Απορριπτόμενη Ενέργεια	250.446	50
Μη καλυπτόμενη ζήτηση	0	0
Ανικανότητα Κάλυψης	0	0



Γράφημα 6.Μέση παραγωγή ισχύος ανά τεχνολογία για κάθε μήνα του έτους



Γράφημα 7.Μηνιαίο ποσό απορριπτόμενης ισχύος του συστήματος για κάθε μήνα του έτους

Από τα διαγράμματα είναι εμφανές πως η ανεμογεννήτρια καλύπτει τη ζήτηση κατά το μεγαλύτερο μέρος της για το περισσότερο μέρος του έτους, ενώ τα φωτοβολταϊκά λειτουργούν λιγότερο και για συγκεκριμένο διάστημα της ημέρας,

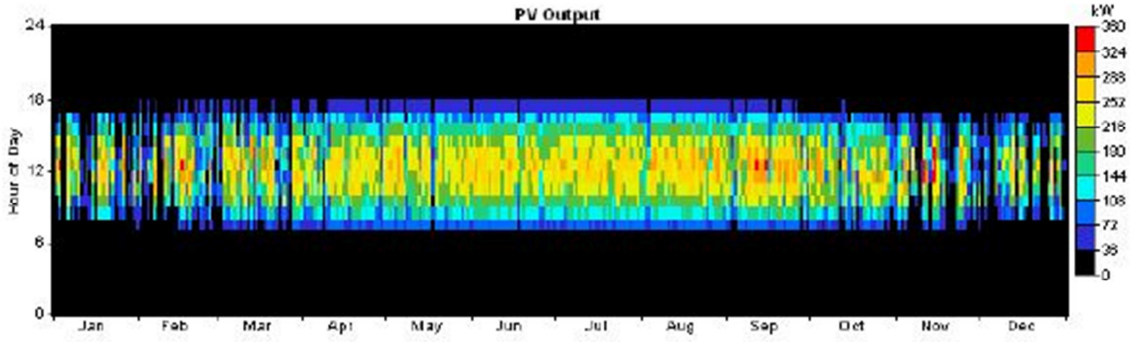
λόγω και της φύσης της λειτουργίας τους. Από το σύνολο της ενεργειακής παραγωγής το 50% δεν αξιοποιείται από το φορτίο. Η πολύ μεγάλη διακύμανση στις τιμές της ταχύτητας του ανέμου είναι υπεύθυνη για την απόρριψη της παραγόμενης ενέργειας, η οποία δεν μπορεί να διοχετευθεί στο φορτίο, αλλά ούτε να αποθηκευτεί όταν οι άνεμοι βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Αντίθετα, η συμμετοχή του δικτύου επιβάλλεται σε περιόδους όπου οι συσσωρευτές μαζί με τις ΑΠΕ δεν μπορούν να διοχετεύσουν ισχύ ικανού μεγέθους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού.

6.4.2. Φωτοβολταϊκά

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών περιορίζεται από τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας και το ηλιακό δυναμικό της περιοχής κάθε εποχή του έτους καθώς γίνεται δυνατότητα μέγιστης εκμετάλλευσης του συνδυασμού των τεχνολογιών.

Πίνακας 19.Στοιχεία Φωτοβολταικου Πάρκου

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εγκατεστημένη ισχύς	300	kW
Μέση ετήσια παραγωγή ισχύος	63	kW
Μέση ημερησία παραγωγή ενέργειας	429	kWh/d
Συντελεστής απασχόλησης	24	%
Συνολική απόδοση ενέργειας	156.514	kWh/Yr
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	350	kW
Ποσοστό διείσδυσης	80,1	%
Ώρες λειτουργίας	4.386	Hr/Yr
Ετήσιο Ανοιγμένο κόστος παραγωγής ενέργειας	0,104	€/kWh



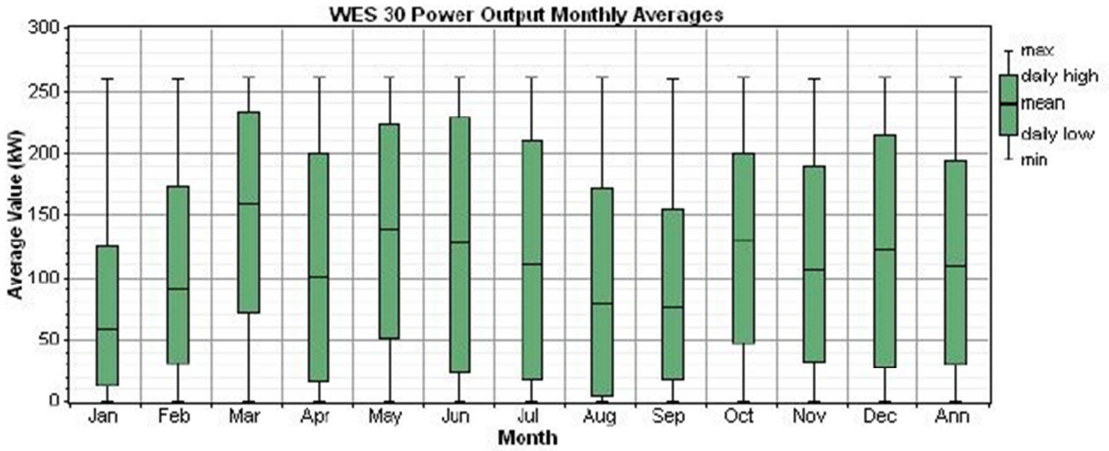
Γράφημα 8.Πρόσδοση ισχύος των φωτοβολταικών στο δίκτυο σε ωριαία βάση

6.4.3. Ανεμογεννήτριες

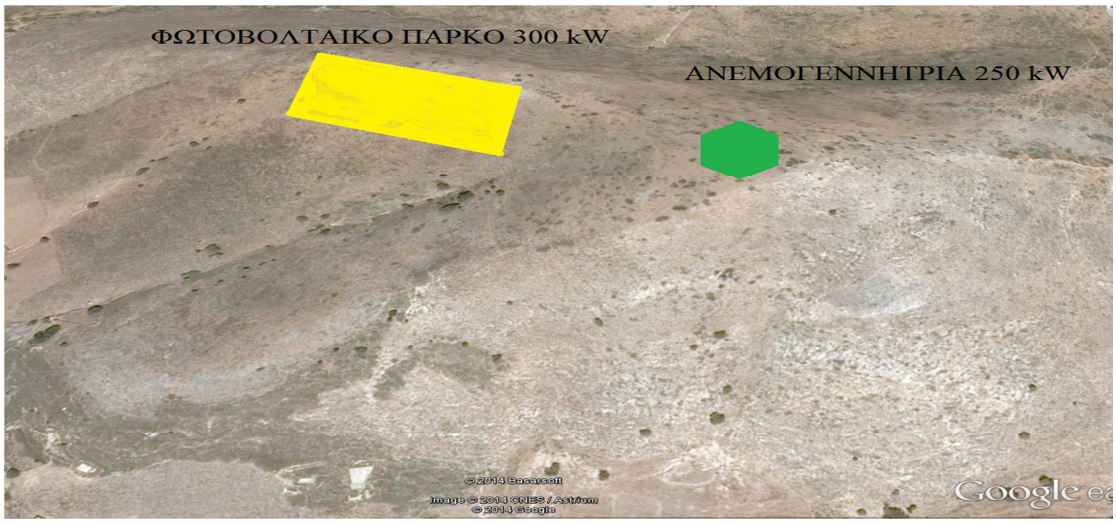
Μεγάλο πλεονέκτημα της ανεμογεννήτριας εξακολουθεί να είναι η παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος, χαρακτηριστικό που την καθιστά απαραίτητη για το σύστημα για εξασφάλιση χαμηλού κόστους. Επίσης αποτελεί παλαιά τεχνολογία και πλήρως ανεπτυγμένη σε σχέση με αυτή των μπαταριών με όλα τα πλεονεκτήματα που συνεπάγεται αυτό.

Πίνακας 20.Στοιχεία Ανεμογεννήτριας

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Εγκατεστημένη ισχύς	250	kW
Μέση ετήσια παραγωγή ισχύος	108	kW
Συντελεστής απασχόλησης	43	%
Συνολική παραγωγή ενέργειας	407.524	kWh/Yr
Ελάχιστη απόδοση ισχύος	0	kW
Μέγιστη απόδοση ισχύος	260	kW
Ποσοστό διείσδυσης	100	%
Ώρες λειτουργίας	8.000	hr/Yr
Ετήσιο Ανοιγμένο κόστος παραγωγή ενέργειας	0,0677	€/kWh



Γράφημα 9.Πρόσδοση ισχύος της ανεμογεννήτριας στο δίκτυο σε μηνιαία βάση



Εικόνα 25.Απεικόνιση Υβριδικού πάρκου(Google Earth)

6.4.4. Δίκτυο

Πίνακας 21.Στοιχεία Δικτύου

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Ποσοστό παραγωγής στο σύστημα	5,5	%
Ετήσιο Ανοιγμένο κόστος παραγωγής ενέργειας	0,09	€/kWh
Παραγωγή ενέργειας	32.962	kWh/Yr

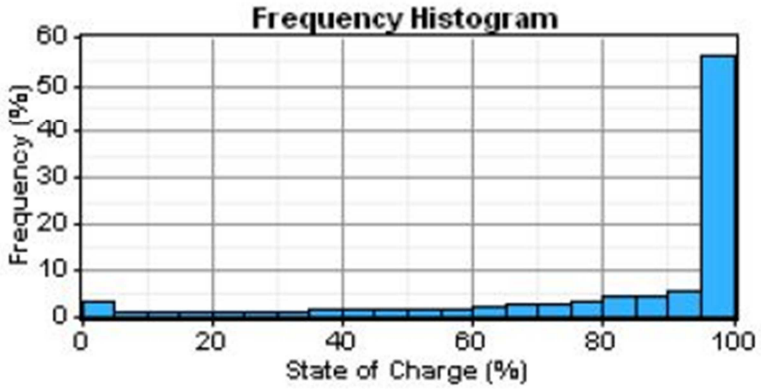
6.4.4.1. Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Σε ένα σύστημα με τόσο μεγάλο συντελεστή ΑΠΕ οι μπαταρίες εξακολουθούν να παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο, γεγονός που καταδεικνύεται και από τα παρακάτω.

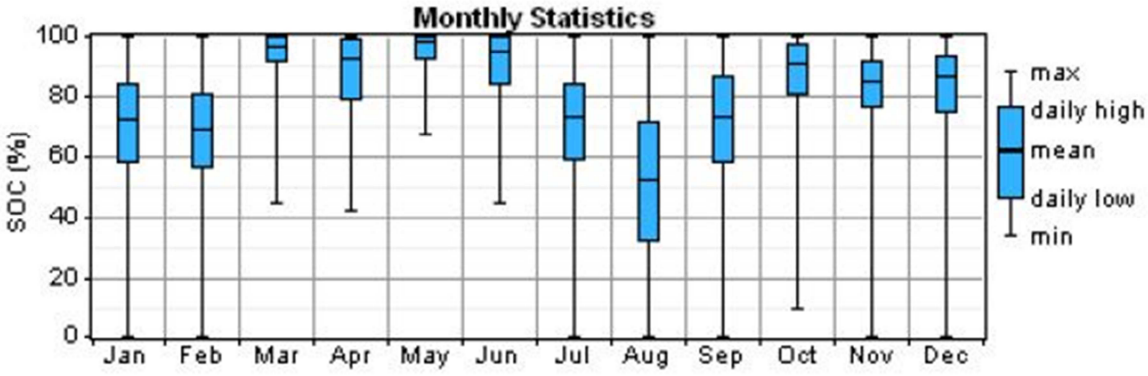
Πίνακας 22.Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Μέγεθος	Τιμή	Μονάδες Μέτρησης
Ονομαστική χωρητικότητα Αποθήκευσης	250	kWh
Αυτονομία	32.8	Hr
Κόστος φθοράς	0.005	€/kWh
Αποθηκευμένη ενέργεια	172.821	kWh/Yr
Διαθέσιμη ενέργεια	138.257	kWh/Yr
Απώλειες	34.564	kWh/Yr

Παρακάτω ακολουθούν και τα διαγράμματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις που έγιναν.



Γράφημα 10.Ιστόγραμμα ποσοστού φόρτισης – συχνότητας εμφάνισης

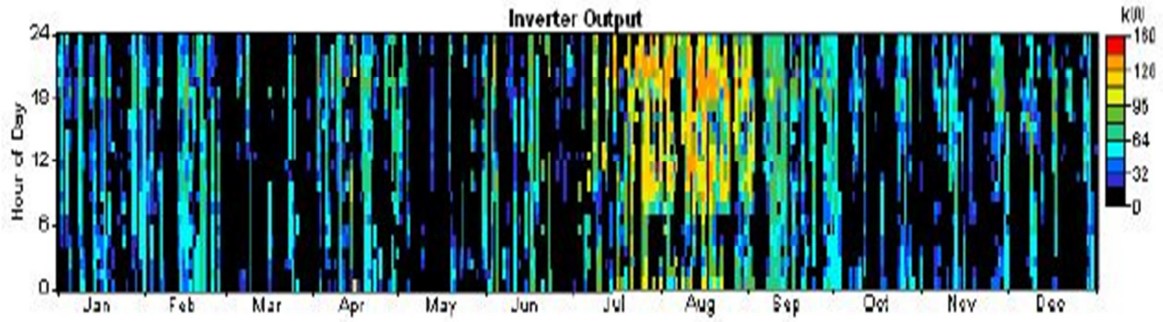


Γράφημα 11.Μηνιαία στατιστικά φόρτισης

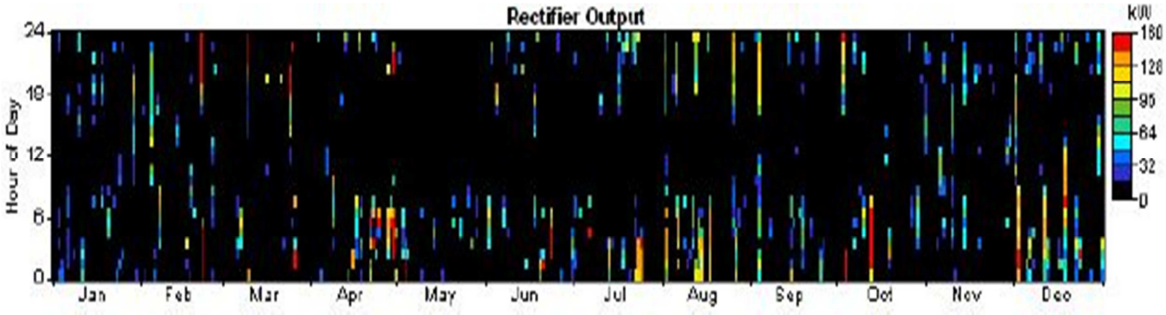
6.4.5. Αντιστροφέας

Πίνακας 23.Στοιχεία Αντιστροφέα

Μέγεθος	Inverter	Rectifier	Μονάδες Μέτρησης
Συνολική Ισχύς	300	300	kW
Βαθμός απόδοσης	95	95	%
Ώρες λειτουργίας	3.911	1.027	hr/Yr



Γράφημα 12.Πρόσδοση ισχύος του Inverter σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους.



Γράφημα 13.Πρόσδοση ισχύος του Rectifier σε ωριαία βάση για όλη τη διάρκεια του έτους

6.4.6. Οικονομικά στοιχεία

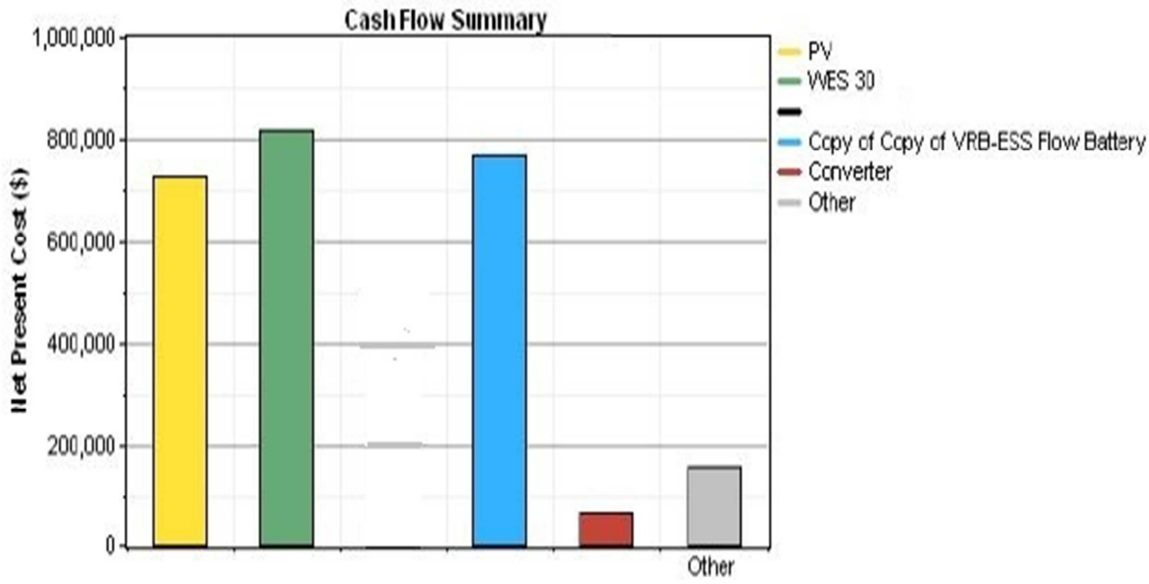
Πίνακας 24.Οικονομικά στοιχεία

Αρχικό Κόστος(€)	Κόστος Λειτουργίας(€/Yr)	Συνολική ΚΠΑ(€)	Κόστος Αγοράς Ενέργειας(€/kWh)	Δίκτυο(kWh/Yr)
1.930.000	30.000	2.625.920	0,09	32.962

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλυτικά τα στοιχεία της εγκατάστασης.

- Ανάλυση κόστους

Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ):



Σχήμα 16.Συνολική ροή χρημάτων ανηγμένη σε ΚΠΑ ανά τεχνολογία



Σχήμα 17.Συνολική ροή χρημάτων ανοιγμένη σε ΚΠΑ ανά τύπο εξόδου

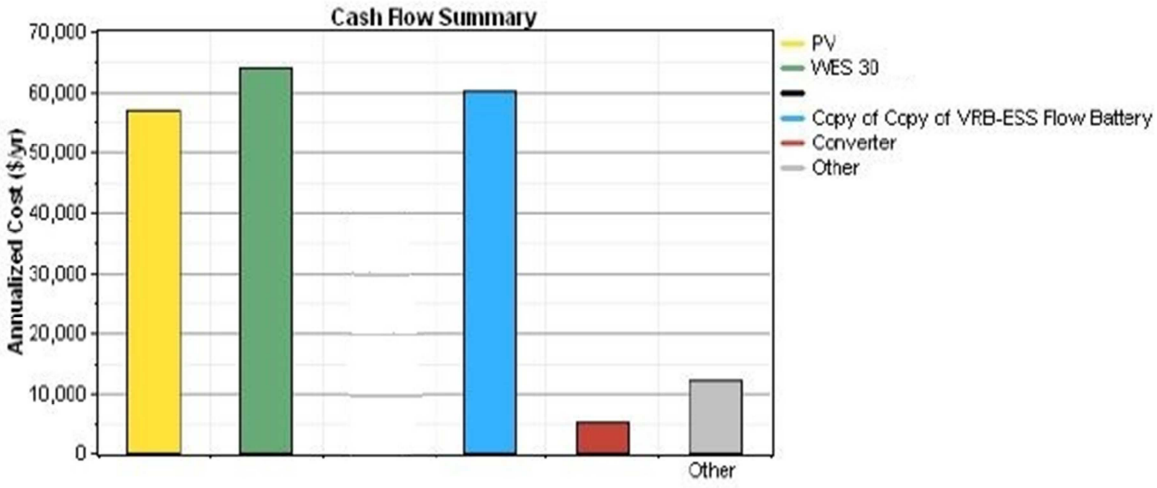
Πίνακας 25.Ενεργειακά κόστη

Κόστη	Αρχικό(€)	Αντικατάσταση (€)	Σ&Λ(€)	Ηλ.Ενέρ-γεια	Εναπο/σα αξια(€)	Ολικό(€)
Φωτοβολταικα	600.000	112.250	76.700	0	-62.910	726.040
Ανεμογεννήτρια	625.000	229.496	6.392	0	-42.716	818.171
Δίκτυο	0	0	0	120.255	-23.180	97.075
Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές	655.000	43.813	76.993	0	-8.155	767.650
Αντιστροφεάς	50.000	16.691	0	0	-3.107	63.584
Άλλο	0	0	153.400	0	0	153.400
Σύστημα	1.930.000	407.250	313.485	120.255	-104.067	2.625.920

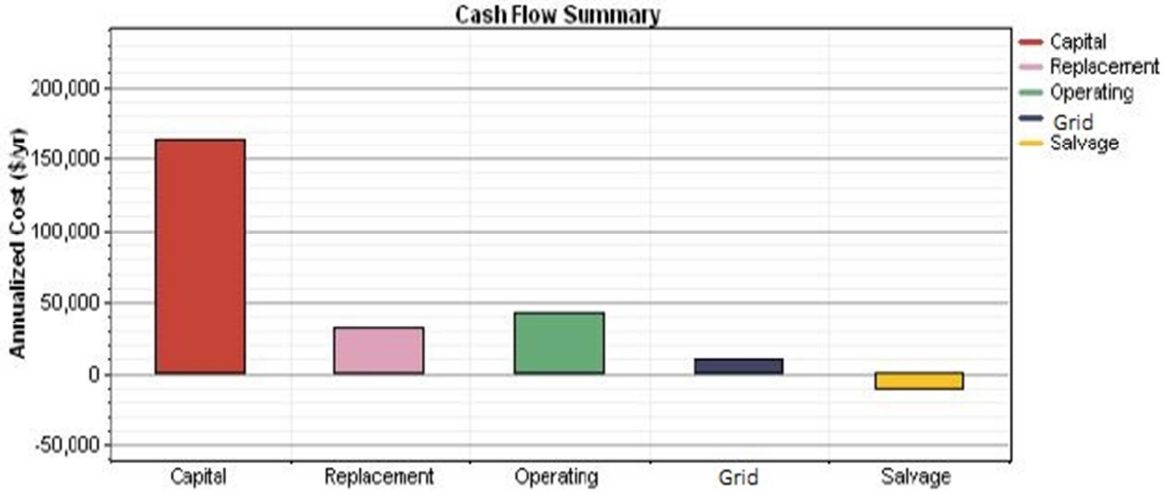
Για τα κόστη που φαίνονται στον πίνακα έχουμε:

- Αρχικό : αρχικό κόστος
- Αντικ. : κόστος αντικατάστασης
- Σ&Λ : κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- Ηλ. Ενέργεια: κόστος ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο
- Εναπο/σα αξια: εναπομένουσα αξία του έργου
- Ολικό : ολικό κόστος

Ετήσια Βάση:



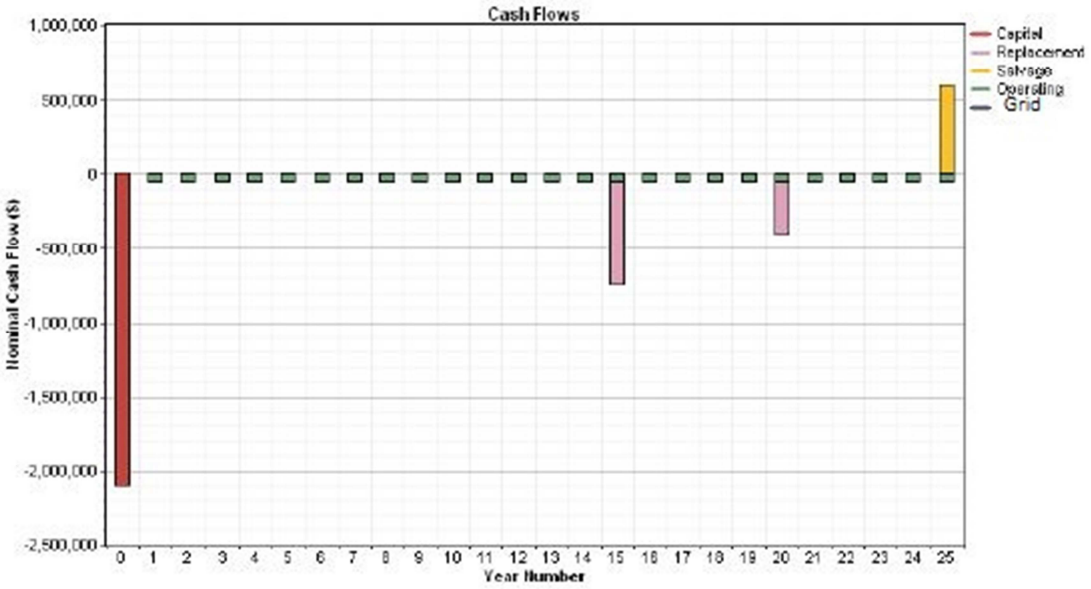
Σχήμα 18.Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τεχνολογία



Σχήμα 19.Συνολική ροή χρημάτων σε ετήσια βάση ανά τύπο εξόδου

Συνολικά παρατηρείται μια ισορροπία των εκροών ως προς την κάθε τεχνολογία, ενώ ως προς τον τύπο του κάθε κόστους το μεγαλύτερο ποσοστό αντιστοιχεί σε αρχικά κόστη επένδυσης.

- Χρηματοροή



Σχήμα 20.Διάγραμμα χρηματοροής

Η μορφή της χρηματοροής αποτελείται από δύο κυρίως χαρακτηριστικά. Το πρώτο είναι οι μεγάλες εκροές χρημάτων σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, και το δεύτερο είναι η μικρή αλλά σταθερή εκροή καθ όλη τη διάρκεια λειτουργίας του έργου.

Η μορφή αυτή οφείλεται αφενός στο μεγάλο ποσοστό ΑΠΕ το οποίο παίζει και καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του συστήματος δημιουργώντας μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης και παραμένουσας αξίας όσο και των αυξημένων κοστών αντικατάστασης. Και αφετέρου στην σταθερή κατανάλωση Ενέργειας από το δίκτυο, η οποία καλύπτει ανάγκες του συστήματος σε περιπτώσεις μεγάλης ζήτησης. Οι υψηλές αυτές αποταμιεύσεις έχουν ως αποτέλεσμα η επένδυση του υβριδικού συστήματος Φ/Β-Α/Γ-Δικτυο-Συσσωρευτές να εμφανίζει ΚΠΑ στο τέλος της διάρκειας ζωής της γύρω στα 500.000 €.

7. Κεφάλαιο -Αναλυτική μελέτη για την κάλυψη θερμικής ενέργειας και ζεστού νερού χρήσης για την νήσο Ψέριμο

7.1. Γενικα

Στο νησί της Ψερίμου κατά την χειμερινή περίοδο ο αριθμός των κατοίκων είναι λιγότερος σε σχέση με την θερινή και ο λόγος είναι ότι πολλοί κάτοικοι του νησιού πηγαίνουν στην Κάλυμνο για να περάσουν εκεί τον χειμώνα που οι συνθήκες είναι πιο ευνοϊκές σε σχέση με εκείνη του νησιού της Ψερίμου και επιστρέφουν πάλι την άνοιξη μαζί με πλήθος αριθμό τουριστών που κορυφώνεται κατά την διάρκεια της καλοκαιρινή σεζόν έτσι για τον χειμώνα θα καλύψουμε αυτονομία θέρμανσης χώρου και ζεστού νερού για 30 σπίτια για λόγους πρακτικούς αλλά και οικονομίας.

7.1.1. Υπολογισμος στεγαζομένης επιφάνειας του νησιού

Για λόγους πρακτικούς υποθέσαμε ότι τα σπίτια είναι μονοκατοικίες κάτι που ισχύει στην πλειοψηφία του νησιού και στην πραγματικότητα εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις και μέσω όρο σπιτιού τα 100 m2 . Άρα η ολική κλιματιζόμενη επιφάνεια (Α) αντιστοιχεί με: Α = 100 m2 *30 = 3000m2.Οπου 30 ο αριθμός των σπιτιών που θα καλυφτούν με αυτόνομη θέρμανση την περίοδο του χειμώνα

7.1.2. Υπολογισμός των αναγκών θέρμανσης

Για τον προσδιορισμό των απαιτουμένων φορτιών θέρμανσης (kWh/m2) θα χρησιμοποιηθεί η μέση ετήσια τιμή των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης. Επισημαίνω ότι αυτή η μέθοδος δεν θα αντιπροσωπεύει απολυτά την ζήτηση ενέργειας για όλα τα κτίρια.

Επειδή τα σπίτια στην Ψέριμο είναι κατασκευασμένα τα περισσότερα πριν το 1979 και δεν τηρούν κανονισμό θερμομόνωσης και ανήκουν στην κατηγορία Π.Ε.Α άρα ο συντελεστής θέρμανσης (Τθ) αντιστοιχεί στα (92kWh/m2year) και μας δείχνει την μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και αντίστοιχα έχουμε και τον συντελεστή ψύξης (Τψ) που μας δείχνει την μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο για την κάλυψη των αναγκών ψύξης και αντιστοιχεί στα (62kWh/m2 year)

Το γινόμενο της επιφάνειας και του συντελεστή θέρμανσης - ψύξης μας δίνει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση όλου του νησιού.

Απαιτούμενο θερμικό φορτίο για να κάλυψη τις ανάγκες θέρμανσης (Q_{θ}):

$$Q_{\Theta\theta} = T * A = 92\frac{kWh}{m^2\,year} * 3000m^2 = 276000\frac{kWh}{year} = 276\frac{MWh}{year}$$

Ποσότητα βιομάζας (ελιά) που απαιτείται για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης:

$$m = \frac{Q_{\theta}}{n_{\theta} * Hu} = \frac{276000\frac{kWh}{year} * 3,6\frac{MJ}{kWh}}{0,75*8\frac{MJ}{kg}} = 16501\frac{Kg}{Year} = 16,501\frac{T}{Year}$$

Όπου
1kwh=3600kj=3600Mj

Και nθ βαθμός απόδοσης λέβητα

Απαιτούμενη έκταση για την καλλιέργεια της βιομάζας:

$$A_{καλ.} = \frac{M}{m'} = \frac{16,501\frac{T}{year}}{1\frac{T}{\Sigma\tau\rho}} = 16,501\frac{\Sigma\tau\rho/τα}{Year} \approx 17\frac{\Sigma\tau\rho/τα}{year}$$

ε/μα

Ποσότητα πετρελαίου (Ντίζελ) που απαιτείται για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης:

$$m = \frac{Q_{\theta}}{\eta_{\theta} \cdot Hu_{N\tau\acute{\iota}\zeta\varepsilon\lambda}} = \frac{276000\frac{kWh}{Year} * 3,6\frac{MJ}{kWh}}{0,75 * 40,2\frac{MJ}{lt}} = 33000\frac{Lt}{Year}$$

Τιμές καυσίμων :

Τιμή πετρελαίου θέρμανσης για τα Δωδεκάνησα

Η τιμές για πετρέλαιο θέρμανσης κυμαίνονται από 0.90 έως 0,94 € / lt η μέση τιμή αντιστοιχεί στα 0,92€/lt

7.1.3. Υπολογισμός κόστος καυσίμου

$$Κόστος\ καυσίμου_{N\tau\acute{\iota}\zeta\varepsilon\lambda} = m * c = 33000\frac{Lt}{year} * 0,92\frac{€}{Lt} = 29700\frac{€}{year}$$

Πίνακας 26.Στοιχεία από καλλιέργεια ελιάς

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ					
Είδος καύσιμου	Απαιτούμενο θερμικό φορτίο(kWh/Yr)	Ποσότητα καυσίμου	Τιμή καυσίμου(€)	Κόστος καυσίμου(€)	Ειδικό κόστος(€/MWh)
Πετρέλαιο	276000	33000 lt	0,920	29700	109,85
Ελιά		16501kg	0,096	1585	31,92
Στεγαζόμενη Επιφάνεια			3000m^2		
Μέση Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας Θ.			92kWh/ m^{2}Yr		
Απαιτούμενη Έκταση Καλλιέργειας			17στρέμματα		
Ετήσιες Δαπάνες			1585€		
Ετήσιο Οικονομικό Όφελος			28115€		
Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής			3,6έτη		

7.1.4. Οικονομίκη μέλετη για την καλλιέργεια βιομάζας (ελιά)

ΑΚΕ: Αρχικό Κόστος Επένδυσης

Είναι η δαπάνη που καταβάλλει ο επενδυτής, κατά το χρόνο που πραγματοποιείται η

επένδυση.

Κόστος εγκατάστασης:

17 $\sigma\ \tau\ \rho$/τα *

3.000 $\frac{€}{\text{στρ/τα}}$ = 51000€

Αυτό το κόστος όμως θα το λάβουμε ως μηδέν διότι υπάρχουν είδη στο νησί καλλιέργειες ελιάς όπως προαναφέρθηκαν και στα στοιχεία του νησιού σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Κόστος εξοπλισμού:

Φορτωτή για κόψιμο και φόρτωμα, αξίας 38.000€, τρέιλερ 8.000€ καυστήρες πυρηνοξύλου συνολικο κλόστος με αγόρα και εγκατασταση 50.000€ και για τα 30 σπίτια και χώρος ξήρανσης 5000 €/στρεμμα.(Σημειώνεται ότι οι τιμές είναι τυπικές για την προσέγγιση της εργασίας αυτής).

Σύνολο:

ΑΚΕ = 38000€ + 8000€ +10000€ + 5000€ = 76000€

ΕΟΟ: Ετήσιο Οικονομικό Όφελος

ΕΟΟ= ΕΕΔπριν(Diesel) –ΕΕΔμετά(Ελία) 29700€-1585€=28115€

όπου

ΕΕΔπριν: Ετήσια Ενεργειακή Δαπάνη πριν την επένδυση (€).

ΕΕΔμετά: Ετήσια Ενεργειακή Δαπάνη μετά την επένδυση (€).

ΕΛΔ: Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες

Στις ΕΛΔ περιλαμβάνονται οποιεσδήποτε επί πλέον δαπάνες προκαλούνται, λόγω της ύπαρξης του συστήματα; το οποίο αφορά την υπόψη επέμβαση, δηλαδή :

ΕΛΔ = Κόστος συντήρησης (2% - 7% του ΑΚΕ)

ΕΛΔ = 2%*ΑΚΕ = 0,02*76000€ =3040€

d: Επιτόκιο αναγωγής (0 <d< 1)

Το επιτόκιο αυτό μπορεί να είναι:

- είτε επιτόκιο δανεισμού (ο επενδυτής καταβάλλει χρήματα που δανείσθηκε)
- είτε επιτόκιο καταθέσεων (ο επενδυτής κερδίζει χρήματα από οποιασδήποτε μορφής κατάθεσης)
- είτε επιτόκιο άλλης επένδυσης (ο επενδυτής προσδοκά κέρδος λόγω τοποθέτησης χρημάτων σε άλλη οικονομική δραστηριότητα).

Εάν ληφθεί υπόψη ετήσιος πληθωρισμός i τότε

Αποπληθωρισμένο επιτόκιο

$$r = \frac{(1+d)}{(1+i)} - 1 = \frac{d-i}{1+i} = \frac{0,155-0,05}{1+0,05} = 0,1$$

επιτόκιο δανεισμού 15,5 % , ετήσιος πληθωρισμός 5%

N: Χρόνος αποπληρωμής (έτη)

Ανάλογα με την περίπτωση, ο N μπορεί να είναι:

- Ο οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης, δηλαδή μία χρονική περίοδος εντός της οποίας ανακτάται το ΑΚΕ.
- Η (αναμενόμενη) χρονική διάρκεια της πραγματικής ζωής της επένδυσης.

- Η (εκτιμούμενη) χρονική διάρκεια, πέραν της οποίας ο βασικός εξοπλισμός της επένδυσης θα έχει ξεπεραστεί τεχνολογικά.

ΣΠΑ: Συντελεστής Παρούσας Αξίας (ή Συντελεστής Προεξόφλησης)

Αν σήμερα επενδυθεί ένα ποσό Α, το άθροισμα κεφαλαίων και τόκων μετά από ν

περιόδου; (συνήθως έτη) θα είναι Μ = Α*(1+ r)ν .

Αντίστροφα, για να αποκτηθεί κατά το ν έτος το ποσό αυτό Μ, πρέπει σήμερα να

επενδυθεί ποσό ίσο με:

$$A = \frac{M}{(1+r)^{\nu}}$$

το οποίο λέγεται παρούσα αξία του μελλοντικού ποσού Μ.

Ορίζεται ο Συντελεστής Παρούσας Αξίας

$$\Sigma\Pi A_{\nu} = \frac{1}{(1+r)^{\nu}}$$

Ο ΣΠΑν εκφράζει τη μείωση της αξίας του χρήματος (ΣΠΑ < 1)

ΕΧν: Ετήσια Χρηματορροή

Κατά την διάρκεια των Ν ετών, στην οποία αναφέρεται η επένδυση, υπάρχουν χρηματικές εισροές-έσοδα εξ αιτίας αυτής, αλλά και χρηματικές καταβολές-έξοδα. Η διαφορά τους είναι η ετήσια χρηματορροή ΕΧν, η οποία μπορεί και να μεταβάλλεται από έτος σε έτος. Έτσι, ανά έτος, θα έχουμε :

ΕΧν = ΕΟΟ −ΕΛΔ

ΠΕΧν: Προεξοφλημένη Ετήσια Χρηματορροή

Για να υπολογισθεί η κάθε ετήσια χρηματορροή στο «σήμερα», πρέπει αυτή να αναχθεί σε παρούσα αξία, οπότε :

ΠΕΧν = ΣΠΑν- ΕΧν

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΚΑΘΑΡΑΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ

ΚΠΑ : Καθαρά Παρούσα Αξία

Αναγωγή στον παρόντα χρόνο (πραγματοποίησης της επένδυσης) όλων των μελλοντικών εξόδων και εσόδων (μετά από φόρους), δηλ. των χρηματορροών, για Ν έτη. Είναι το ασφαλέστερο κριτήριο, με τα περισσότερα πλεονεκτήματα

$$\text{ΚΠΑ} = -\text{ΑΚΕ} + \sum_{\nu=1}^{\nu=N} \Pi\text{ΕΧ}\nu$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 1: Σωστότερα, πρέπει να προστεθεί και η τυχόν (παρούσα αξία) εκποίησης ΑΞΕ (απομένουσα αξία), αν υπάρχει, δηλαδή το ποσό:

$$\frac{\text{ΑΞΕ}}{(1+r)^{N}}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 2: Αν το Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (ΕΟΟ) και οι Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες (ΕΛΔ) προβλέπονται σταθερές, στα Ν έτη, τότε και το Καθαρό

Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (ΚΕΕΟ) θα είναι σταθερό, δηλ. ΕΧ = ΚΕΟΟ = σταθ.

Σ' αυτή την περίπτωση :

$$\text{ΚΠΑ} = -\text{ΑΚΕ} + \left(\frac{(1+r)^{N}-1}{r*(1+r)^{N}}\right) * KEOO$$

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡ_ΜΗΣ
ΕΠΑ : Έντοκη περίοδος αποπληρωμής
ΕΠΑ = Ο χρόνος (έτη) Ν για τον οποίο η ΚΠΑ μηδενίζεται
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Αν ΕΟΟ και ΕΛΔ σταθερές τότε και ΕΧ = ΚΕΟΟ = σταθ. (Καθαρό
Ετήσιο Οικονομικό Όφελος)
Επιπλέον, αν υποτεθεί ότι ΑΞΕ (απομένουσα αξία) = 0 τότε

$$\text{ΕΠΑ} = \frac{-\ln\left[1-r*\left(\frac{AKE}{KEOO}\right)\right]}{\ln(1+r)}$$

Πίνακας 27.Τεχνοοικονομική μελέτη καλλιέργειας ελιάς

	ΑΚΕ (€)	ΕΟΟ(€)	ΕΟΔ (€)	ΣΠΑ	Ετήσια χρηματορρόη (€)	Προεξοφλημένη ετήσια χρηματορρόη (€)	ΚΠΑ(€)	ΕΠΑ
1	76000	28115	-3040	0,909	25075	22793,175	53206,83	3,6
2		28115	-3040	0,826	25075	20711,95	32494,88	
3		28115	-3040	0,751	25075	18831,325	13663,55	
4		28115	-3040	0,683	25075	17126,225	3462,28	
5		28115	-3040	0,621	25075	15571,575	19033,86	
6		28115	-3040	0,564	25075	14142,3	33176,16	
7		28115	-3040	0,513	25075	12863,475	46039,63	
8		28115	-3040	0,467	25075	11710,025	57749,66	
9		28115	-3040	0,424	25075	10631,8	68381,46	
10		28115	-3040	0,386	25075	9678,95	78060,41	
11		28115	-3040	0,350	25075	8776,25	86836,66	
12		28115	-3040	0,319	25075	7998,925	94835,58	
13		28115	-3040	0,290	25075	7271,75	102107,3	
14		28115	-3040	0,263	25075	6594,725	108702,1	
15		28115	-3040	0,239	25075	5992,925	114695	
16		28115	-3040	0,218	25075	5466,35	120161,3	
17		28115	-3040	0,198	25075	4964,85	125126,2	
18		28115	-3040	0,180	25075	4513,5	129639,7	
19		28115	-3040	0,164	25075	4112,3	133752	
20		28115	-3040	0,149	25075	3736,175	137488,2	
Επιτόκιο Αναγωγής				0,155				
Ετήσιος Πληθωρισμός				0,05				
Από/ρισμένο Επιτόκιο				0,1				

7.2. Αναλύτικη μελέτη για την κάλυψη του νησιού για ζεστό νερό χρήσης

7.2.1. Εισαγωγη

Για την κάλυψη του νησιού σε ζεστό νερό χρήσης θα χρησιμοποιηθούν όπως και για τις ανάγκες θέρμανσης για λόγους οικονομίας αλλά και πρακτικούς 30 σπίτια όπου διαμένουν οι κάτοικοι τον χειμώνα . Η μελέτη για λόγους ευκολίας θα γίνει για ένα μέσο σπίτι 100 m2 και στην συνέχεια θα γίνει εξίσωση και για τα 30 σπίτια του νησιού.

7.2.2. Κάλυψη αναγκών για ζεστό νερό χρήσης

Η διαστασιολόγηση του θερμικού ηλιακού συστήματος ουσιαστικά ανάγεται στον προσδιορισμό του αριθμού των ηλιακών συλλεκτών που θα χρησιμοποιηθούν ώστε να καλύπτεται η απαιτούμενη παροχή ζεστού νερού χρήσης στην απαιτούμενη θερμοκρασία. Για να προσδιοριστεί όμως ο αριθμός των συλλεκτών πρέπει να καθοριστεί η απαιτούμενη παροχή ζεστού νερού χρήσης. Η παροχή αυτή εξαρτάται από την χρήση ενός κτίσματος, την εφαρμογή για την οποία προορίζεται το νερό χρήσης και τα άτομα που θα πρέπει να το χρησιμοποιήσουν.

Σε μια οικία το ζεστό νερό χρησιμοποιείται για μπάνιο, πλύσιμο χεριών και πιάτων. Για τον καθορισμό της ποσότητας χρησιμοποιούμε ένα πίνακα που δίδεται στην τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 – 1/2010.

Πίνακας 28.Καταναλώσεις ζεστού νερού χρήσης για κατοικία

Χρήσεις κτιρίων η θερμικών ζωνών	Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης(lt/άτομο/ημέρα)	Ημερήσια κατανάλωση ανά δομημ. Επιφάνεια (lt/m^2/ημέρα)	Ετήσια κατανάλωση ανά δομημ. Επιφάνεια (lt/m^2/έτος)
Μονοκατοικία, Πολυκατοικία(περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	50	2,50	0,91

Σε μια οικία χρησιμοποιείται κυρίως το ζεστό νερό χρήσης για το ντους και το μπάνιο των ατόμων που διαμένουν στην οικία, για το πλύσιμο των χεριών και το νίψιμο των ατόμων και για το πλύσιμο των πιάτων. Σπανιότερα το ζεστό νερό χρησιμοποιείται και για πλύσιμο ρούχων σε περίπτωση που αυτό γίνεται στο χέρι αλλά στις μέρες μας αυτό πλέον είναι πολύ σπάνιο. Η σύνδεση δε του πλυντηρίου με το ζεστό νερό χρήσης αποφεύγεται, οι κατασκευαστές συνιστούν να συνδέεται το πλυντήριο με το νερό του δικτύου και θα το θερμαίνει το ίδιο. Ο πίνακας δίδει τις απαραίτητες θερμοκρασίες του ζεστού νερού χρήσης ανά εφαρμογή.

Πίνακας 29.Θερμοκρασίες ζεστού νερού χρήσης ανά εφαρμογή

Δραστηριότητα	Θερμοκρασία(^{o}c)
Ντους	40
Μπάνιο	40
Πλύσιμο χεριών-Νίψιμο	40
Πλύσιμο πιάτων	50
Πλύσιμο ρούχων	30-90

Με δεδομένο τον παραπάνω πίνακα, και βάσει των όσων έχουν αναφερθεί στην προηγούμενη παράγραφο περί της πλύσης ρούχων, το ζεστό νερό χρήσης για την παρούσα οικία πρέπει να ισούται με 50 oC. Με γνωστή και την θερμοκρασία του ζεστού νερού χρήσης υπολογίζεται η θερμική απαίτηση που πρέπει να καλύπτει το θερμικό ηλιακό σύστημα. Ο υπολογισμός γίνεται με χρήση του τύπου.

$$QW=Nday \cdot p \cdot CP \cdot VW \cdot (TWi-TWt)$$

Όπου:

QW: Θερμικές απαιτήσεις που πρέπει να καλύπτει το θερμικό ηλιακό σύστημα, σε MJ/μήνα.

- Nday: Αριθμός των ημερών του μήνα, σε ημέρες/μήνα.
- ρ: Πυκνότητα του νερού, ίση με 1 kg/lt.
- CP: Ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού, ίση με 4190 J/kg.oC.
- VW: Η συνολική ημερήσια απαίτηση ζεστού νερού χρήσης με αναλογία τα ατόμα .Εμεις θα υποθέσουμε 4 άτομα μεσο όρο σε κάθε σπίτι αρα θα είναι ίση με 200 lt/ημέρα.
- TWi: Η απαιτούμενη θερμοκρασία του ζεστού νερού χρήσης, ίση με 50 oC
- •TWt: Η θερμοκρασία του νερού του δικτύου ύδρευσης όπως προκύπτει ανά μήνα από το δίκτυο ύδρευσης της Ψερίμου.

Ο υπολογισμός θα γίνει ξεχωριστά για κάθε μήνα γιατί όπως είναι λογικό διαφέρει η θερμοκρασία του νερού του δικτύου ύδρευσης. Το θερμικό ηλιακό σύστημα που θα σχεδιαστεί πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει την χείριστη περίπτωση δηλαδή τις υψηλότερες θερμικές απαιτήσεις οι οποίες θα προκύψουν στον μήνα κατά τον οποίο το νερό δικτύου θα έχει την χαμηλότερη θερμοκρασία. Ο πίνακας δίδει τα αποτελέσματα των υπολογισμών και για τους 12 μήνες του έτους.

Πίνακας 30.Μηνιαίες απαιτήσεις θερμικής ισχύος για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Μήνας	Αριθμός ημερών μήνα	Πυκνότητα νερού(kg/lt)	Ειδική θερμοχωρητικότητα νερού(j/kg·°c)	Απαιτούμενος ημερήσιος όγκος ζεστού νερού χρήσης(lt/ημέρα)	Απαιτούμενη θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης(°c)	Θερμοκρασία του νερού του δικτύου(°c)	Μηνιαίες θερμικές απαιτήσεις(Mj/μήνα)
Ιανουάριος	31	1	4190	200	50	14,7	917
Φεβρουάριος	28	1	4190	200	50	14,2	840
Μάρτιος	31	1	4190	200	50	14,8	914
Απρίλιος	30	1	4190	200	50	17,2	825
Μάιος	31	1	4190	200	50	20,6	764
Ιούνιος	30	1	4190	200	50	24,5	641
Ιούλιος	31	1	4190	200	50	27,3	590
Αύγουστος	31	1	4190	200	50	28,2	566
Σεπτέμβριος	30	1	4190	200	50	27,2	573
Οκτώβριος	30	1	4190	200	50	24,7	657
Νοέμβριος	31	1	4190	200	50	20,9	732
Δεκέμβριος	30	1	4190	200	50	17,2	852

Παρατηρείται από τον παραπάνω πίνακα ότι η μέγιστη θερμική ενέργεια που απαιτείται ώστε να υπάρχει ζεστό νερό χρήσης στην απαιτούμενη θερμοκρασία ισούται με 917 MJ/μήνα, περίπου 920 MJ/ μήνα ή αλλιώς σε μονάδες ηλεκτρικής ισχύος ισούται με περίπου 255 kWh / μήνα. Αυτή η ποσότητα θερμικής ισχύος πρέπει να παράγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες. Η θερμική ισχύς ενός ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από την ακτινοβολία στο επίπεδο τοποθέτησης του συλλέκτη, από τον βαθμό απόδοσης του συλλέκτη που θα επιλεγεί και από την συνολική επιφάνεια των συλλεκτών και δίδεται από τον τύπο.

$Qc=Ht \cdot n \cdot Ac$

Όπου:

- QC: Η παραγόμενη θερμική ισχύς από τους ηλιακούς συλλέκτες σε kW /μήνα.
- Ht: Η ηλιακή ακτινοβολία στην κλίση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών, σε kWh/m2.μήνα.
- n: Ο βαθμός απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη.
- AC: Η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών που θα τοποθετηθούν, σε m2.

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα τοποθετηθούν πρέπει να είναι σε θέση να καλύψουν πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, ακόμη και τον δυσμενέστερο μήνα. Αυτό συνεπάγεται ότι η παραγόμενη θερμική ισχύς από τους ηλιακούς συλλέκτες ισούται με 255 kWh/μήνα. Τα μόνα άγνωστα πλέον ώστε να καθοριστεί η επιφάνεια των συλλεκτών είναι ο βαθμός απόδοσης και η ακτινοβολία στην γωνία κλίσης. Άρα πρέπει πρώτα να επιλεχθεί η γωνία κλίσης. Αυτό θα γίνει με την βοήθεια της ΤΟΤΕΕ 20701 – 1/2010 απο τους πίνακες που ακολουθουν.

Πίνακας 31.Βαθμός αξιοποίησης ηλιακής ενέργειας ανά τύπο και κλίση συλλέκτη στο νησί της Κω

Τύπος συλλέκτη	Κλίση συλλέκτη		
	15^o	45^o	65^0
Απλός επίπεδος	0,333	0,339	0,343
Επιλεκτικός επίπεδος	0,355	0,364	0,361
Σωλήνας κενού	0,370	0,375	0,378

Πίνακας 32.Ολική ηλιακή ακτινοβολία στα κεκλιμένα επίπεδα 15, 45 και 65 μοιρών για την Κω

Μήνας	Ηλιακή ακτινοβολία(kWh/m^2/μήνα		
	15^o	45^o	65^o
Ιανουάριος	84.73	109.15	112.61
Φεβρουάριος	97.61	114.52	112.85
Μάρτιος	138.59	145.54	134.54
Απρίλιος	173.12	162.83	139.76
Μάιος	205.89	178.48	144.80
Ιούνιος	216.45	180.67	142.64

Ιούλιος	223.00	189.03	150.69
Αύγουστος	211.30	191.78	160.03
Σεπτέμβριος	177.61	180.18	162.03
Οκτώβριος	138.64	159.37	154.81
Νοέμβριος	101.10	129.26	132.61
Δεκέμβριος	81.95	108.68	113.75

Με βάση τους παραπάνω πίνακες αλλά και τα δεδομένα του νησιού επιλέγεται συλλέκτης Logasol SKN 3.0 – s της εταιρίας Buderous. Ο συλλέκτης αυτός έχει ενεργή επιφάνεια 2,23 m2 πράγμα που συνεπάγεται ότι χρήση δύο τέτοιων συλλεκτών οδηγεί σε συνολική επιφάνεια συλλέκτη 4,46 m2 που καλύπτει ακριβώς τις απαιτήσεις μας για τοποθέτηση σε γωνία 65 μοιρών.

Πίνακας 33.Τεχνικά χαρακτηριστικά συλλέκτη Logasol SKN 3.0 – s

Μοντέλο	Logasol SKN 3.0 – s
Τρόπος τοποθέτησης	Κάθετα
Εξωτερική επιφάνεια(μεικτή)	2.37 m^2
Επιφάνεια ανοίγματος(εισόδου φωτός)	2.26 m^2
Επιφάνεια απορροφητή(καθαρή επιφάνεια)	2.23 m^2
Περιεχόμενο απορροφητή	0.861
Βαθμός απόδοσης	77%
Ονομαστική παροχή	50lt/h
Μεγίστη πίεση λειτουργίας	6 bar
Μεγίστη θερμοκρασία λειτουργίας	120 oc
Ύψος	2070 mm
Πλάτος	1145 mm
Βάθος	90 mm
Βάρος	41 kg

Το μόνο που απομένει για να ολοκληρωθεί πλήρως η σχεδίαση του θερμικού ηλιακού συστήματος είναι η επιλογή του δοχείου αποθήκευσης ζεστού νερού χρήσης το οποίο πρέπει να είναι χωρητικότητας 200 lt ώστε να καλύπτει πλήρως τις ανάγκες της οικογένειας. Για λόγους συμβατότητας αλλά και μείωσης του κόστους εγκατάστασης θα προτιμηθεί ένα δοχείο της ίδιας εταιρίας, της Buderus. Το δοχείο αυτό πρέπει να είναι διπλής ενέργειας έτσι ώστε στην περίπτωση που δεν υπάρχει επαρκής ηλιοφάνεια να ζεσταίνεται το νερό με ηλεκτρικό ρεύμα. Επιλέγεται η χρήση του θερμοδοχείου Logalux SU 200. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου θερμοδοχείου παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 34.τεχνικά χαρακτηριστικά του θερμοδοχείου

Μοντέλο	Logalux SU 200
Χωρητικότητα	200 lt
Διάμετρος	556 mm
Ύψος	1448 mm
Είσοδος κρύου νερού	57 mm
Έξοδος ζεστού νερού	1371 mm
Προσαγωγή θερμαντήρα	644 mm
Επιστροφή θερμαντήρα	238 mm
Βάρος	110 kg
Μέγιστη πίεση λειτουργίας	10 bar
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας	95 oc

7.2.3. Οικονομικα στοιχεία για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών

Το κόστος του θερμικού ηλιακού συστήματος οφείλεται κυρίως στην προμήθεια των ηλιακών συλλεκτών και του δοχείου αποθήκευσης του ζεστού νερού χρήσης. Επιμέρους κόστη εμφανίζονται στην προμήθεια συμπληρωματικού εξοπλισμού, απαραίτητου για την εγκατάσταση των συλλεκτών. Ο παρακάτω πίνακας καταγράφει το σύνολο του είδους των τεμαχίων που απαιτούνται για την πλήρη εγκατάσταση του συστήματος, τον αριθμό κάθε είδους τεμαχίων που χρησιμοποιείται, το κόστος ανά τεμάχιο και το συνολικό κόστος του συνόλου των τεμαχίων. Στο τέλος καταγράφεται το συνολικό κόστος προμήθειας του θερμικού ηλιακού συστήματος.

Η μελέτη ενός ηλιακού συστήματος είναι πολύ εύκολη όπως και η εγκατάστασή του έτσι το κόστος μελέτης και εγκατάστασης είναι σχετικά μικρό, θα θεωρηθεί ίσο με 100 ευρώ. Αυτό φαίνεται στον πίνακα. Σε αυτό τον πίνακα φαίνεται και η τιμή που προκύπτει μετά την προσθήκη του ΦΠΑ που την δεδομένη στιγμή ισούται με 23% και στο τέλος προκύπτει το τελικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του θερμικού ηλιακού συστήματος. Από τον πίνακα προκύπτει συνολικό κόστος είναι ίσο με 2000 ευρώ.

Πίνακας 35.Κόστος προμήθειας υλικών θερμικού ηλιακού συστήματος

Είδος εξαρτήματος	Κόστος τεμαχίου(€)	Αριθμός τεμαχίων	Συνολικό Κόστος(€)
Ηλιακός συλλέκτης Logason SKN3.0-s	400	2	800
Βάση ταράτσας για συλλέκτη	259	1	260
Θερμοδοχείο Logalux SU 200	880	1	380
Ηλεκτρική αντίσταση 3.5kW	90	1	90
Συνολικό κόστος προμήθειας υλικών θερμικού συστήματος			1530

Πίνακας 36.Συνολικό κόστος θερμικού ηλιακού συστήματος

Αίτια κόστους	Κόστος(€)
Κόστος προμήθειας θερμικού ηλιακού συστήματος	1530
Κόστος εγκατάστασης θερμικού ηλιακού συστήματος	100
Συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης θερμικού ηλιακού συστήματος	1630
Κόστος ΦΠΑ	370
Συνολικό κόστος θερμικού ηλιακού συστήματος	2000

7.2.4. Οικονομική αξιολόγηση στην υπό μελέτη εγκατάσταση

Η οικονομική αξιολόγηση στηρίζεται σε ορισμένους δείκτες ή κριτήρια. Εναλλακτικά συστήματα κάλυψης των ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών του χρήστη μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους από πλευράς οικονομικής αξίας, εάν προσδιορισθούν οι κατάλληλοι δείκτες. Για να αποφευχθούν παραπλανητικά αποτελέσματα και λανθασμένα συμπεράσματα, ο κάθε δείκτης πρέπει να υπολογίζεται με αναγωγή μελλοντικών αξιών και όρων σε παρούσες αξίες, ώστε οι σχετικές συγκρίσεις να έχουν κοινή βάση. Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτή η αναγωγή αναφέρεται στη συνέχεια.

Για να ελέγξουμε την αποδοτικότητα της επένδυσης θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας. Αν όλες οι εισροές που δημιουργεί μια επένδυση αναχθούν σε ένα χρονικό σημείο (συνήθως στην αρχή) και αθροιστούν αλγεβρικά το άθροισμα καλείται καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης (ΚΠΑ). Το μέγεθος της καθαρής παρούσας αξίας αποτελεί κριτήριο για την αξιολόγηση της επένδυσης.

Αρχικό κόστος επένδυσης:
ΑΚΕ=30σπίτια*2000€(συνολικό κόστος εγκατάστασης ηλιακών για το ένα σπίτι)

Ετήσιο οικονομικό όφελος:
Ε.Ο.Ο:

Το κάθε άτομο που θα διαμένει σε ένα σπίτι θα καταναλώνει κατά μέσο όρο ημερησίως 50 L θερμού νερού. Αυτό σημαίνει ότι αν η νησιώτικη μονάδα είναι χωρητικότητας 120 ατόμων 30 σπίτια επι 4 ατόμα κατά μέσο όρο, θα απαιτούνται ημερησίως 6000 L θερμού νερού. Αν γίνει αναγωγή σε ετήσια βάση (365d/y) θα απαιτούνται: 2190m3/y.

Για θέρμανση 1L νερού απαιτούνται 0,0372 kW (κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα). Έτσι για να θερμανθεί η παραπάνω ποσότητα νερού, αν θεωρήσουμε την απόδοση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα ίση με 100%, απαιτούνται: 81468kWh/y

Όμως η τυπική απόδοση ενός καινούριου ηλεκτρικού θερμοσίφωνα είναι 0.90. Έτσι απαιτείται η ακόλουθη ηλεκτρική ισχύς: 89615kWh/y.

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) χρεώνει στον καταναλωτή το 1kW με 0.09 €. Συνεπώς το ετήσιο λειτουργικό κόστος ανέρχεται σε :8065 €/y.

Ε.Ο.Ο=8065 €/y.

ΕΛΔ = Κόστος συντήρησης (1% - 7% του ΑΚΕ)
ΕΛΔ = %*ΑΚΕ = 0,01*60000€ ≈500€

Πίνακας 37.Οικονομικά μεγέθη για την επένδυση της δεδομένης ηλιακής εγκατάστασης

	ΑΚΕ (€)	ΕΟΟ(€)	ΕΟΔ (€)	ΣΠΑ	Ετήσια χρηματορρόη (€)	Προεξοφλημένη ετήσια χρηματορρόη (€)	ΚΠΑ(€)	ΕΠΑ
1	60000	8065	-500	0,909	7565	6876,585	53123,42	16,8
2		8065	-500	0,826	7565	6248,69	46874,73	
3		8065	-500	0,751	7565	5681,315	41193,41	
4		8065	-500	0,683	7565	5166,895	36026,52	
5		8065	-500	0,621	7565	4697,865	31328,65	
6		8065	-500	0,564	7565	4266,66	27061,99	
7		8065	-500	0,513	7565	3880,845	23181,15	
8		8065	-500	0,467	7565	3532,855	19648,29	
9		8065	-500	0,424	7565	3207,56	16440,73	
10		8065	-500	0,386	7565	2920,09	13520,64	
11		8065	-500	0,350	7565	2647,75	10872,89	
12		8065	-500	0,319	7565	2413,235	8459,655	
13		8065	-500	0,290	7565	2193,85	6265,805	
14		8065	-500	0,263	7565	1989,595	4276,21	
15		8065	-500	0,239	7565	1808,035	2468,175	
16		8065	-500	0,218	7565	1649,17	819,005	
17		8065	-500	0,198	7565	1497,87	678,87	
18		8065	-500	0,180	7565	1361,7	2040,57	
19		8065	-500	0,164	7565	1240,66	3281,23	
20		8065	-500	0,149	7565	1127,185	4408,415	
Επιτόκιο Αναγωγής				0,155				
Ετήσιος Πληθωρισμός				0,05				
Από/ρισμένο Επιτόκιο				0,1				

8. Κεφάλαιο -Επίλογος

8.1. Αξιολόγηση του έργου

- Διασυνδεδεμένο Υβριδικό Σύστημα:

1. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο βέλτιστος συντελεστής ΑΠΕ ο οποίος είναι αρκετά υψηλός (0,945) κάτι το οποίο φάνηκε και από τα πολύ καλά αποτελέσματα που είχαμε με την αποκλειστική χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ και ηλεκτρικών συσσωρευτών.

2. Παρά το σημαντικό ποσοστό απορριπτόμενης ενέργειας, το κόστος παραγωγής συμβατικών μονάδων παραμένει σε χαμηλά επίπεδα.

3. Η λειτουργία του δίκτυου περιορίζεται πρακτικά σε περιόδους υψηλής ζήτησης.

4. Σε αυτό το Συστημα επιτυγχάνεται σχεδόν πλήρης ανεξαρτητοποίηση του νησιού από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων.

Αυτονομία σε θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης:

- Καλλιέργεια βιομάζας:

1. Η Βιομάζα Ελιάς προσφέρει μέγιστη οικονομία 62% σε σχέση με το πετρέλαιο επίσης η Βιομάζα Ελιάς είναι μία οικολογική, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, σε αντίθεση με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

2. Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης και εξοικονόμηση χρημάτων με σχετικά σύντομη απόσβεση κόστους(3,6 έτη).

- Ηλιακοί Συλλέκτες για ζεστό νερό χρήσης:

1.Είναι μια καθόλα ώριμη και δοκιμασμένη τεχνολογία.

2.Αυτονομία αποτρέπονται οι τεράστιες δαπάνες για εισαγωγή ενέργειας και η ανασφάλεια λόγω εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους. τη στιγμή που ο ήλιος είναι δωρεάν και υπάρχει παντού. Ετσι επιτυγχάνεται μακροπρόθεσμη απόσβεση κόστους αλλα αξιοσημειώτη ως προς το απότελεσμα.

3.Προστασία περιβάλλοντος αποτρέπεται η έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

8.2. Συμπεράσματα:

Μέσω της έρευνας η οποία έγινε στη νήσο Ψέριμο και γενικότερα στον τομέα σχεδιασμού και εφαρμογής συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας συμπεραίνουμε ότι:

1) Ο τομέας της παραγωγής ισχύος από εναλλακτικές μορφές ενέργειας, και ειδικότερα η παραγωγή ισχύος με εκμετάλλευση του ηλιακού και αιολικού δυναμικού, παρουσιάζει μεγάλες προοπτικές στη νήσο Ψέριμο, λόγω της υψηλότατης συγκέντρωσης δυναμικού, του κλίματος της περιοχής και της διακύμανσης της ζήτησης, η οποία εμφανίζει μέγιστα κατά κύριο λόγω τους καλοκαιρινούς μήνες.

2) Η εφαρμογή ενός Υβριδικού Συστήματος Ενέργειας, αποτελεί οικονομικά και τεχνολογικά εφικτή λύση για τη νήσο Ψέριμο με μακροπρόθεσμα οφέλη, ανεξαρτητοποίησης της οικονομίας και ανάπτυξής της.

3) Η βέλτιστη λύση του σημερινού ενεργειακού προβλήματος, είναι ο συνδυασμός συμβατικών τεχνολογιών (Δίκτυο) και τεχνολογιών ΑΠΕ (ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκά πάνελ) .

4) Το αρχικό κόστος μιας επένδυσης σε ένα τέτοιο έργο, αν και υψηλό, υπερκαλύπτεται σε σύντομο χρονικό διάστημα, και συνυπολογίζοντας την σταθερά αυξανόμενη ζήτηση, η επένδυση καθίσταται ως χαμηλού ρίσκου και υψηλής απόδοσης.

5) Αυτό που αξίζει να επισημάνουμε είναι η χρήση της βιομάζας και οι ενεργειακές φυτείες από ελιά ώστε να απαλλαγούμε από το πετρέλαιο και να αλλάξουμε σελίδα στο κομμάτι της θέρμανσης.

6)Η χρήση ηλιακών συλλεκτών θεωρείται απαραίτητη συμφώνα με τα αποτελέσματα μας για ένα σπίτι ώστε να επωφελούμαστε εμείς και κυρίως το περιβάλλον και είναι το ελάχιστο που πρέπει να εφαρμόσει μια κοινωνία καθώς η τιμή είναι προσιτή και υπάρχει σχετικά σύντομη απόσβεση κόστους.

.

Βιβλιογραφία

1.Ιωάννης Δ. Σπύρου, “Ανάπτυξη Αλγορίθμου για Προσομοίωση και Βέλτιστο Σχεδιασμό Αυτόνομου Συστήματος Αφαλάτωσης Τροφοδοτούμενο από Υβριδικό Σύστημα Α.Π.Ε. με Αντλησιοταμίευση”.

2.Ζερβός Αρθούρος, “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας”.

3.ΚΑΠΕ, “Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ”.

4.Ioannis Hadjipaschalis, Andreas Poullikkas, Venizelos Efthimiou, “Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications”.

5.Γ. Μπεργελές, “Ανεμοκινητήρες”.

6.Χρήσεις Βιομάζας Ξυλείας “Εφαρμογές στον οικιακό τομεα”: http://www.cea.org.cy

7.ΑΠΕ: Θεσμικό πλαίσιο, διαδικασία αδειοδότησης έργων και προοπτικές αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας σε τοπικό επίπεδο: C:\Users\user\Desktop\P.X\7-14.htm

8.Βικιπαίδεια εγκυκλοπαιδικό εγχείρημα:http://www.wikipedia.org

9.Οικονομική Αξιολόγηση Παραγωγής Θερμικής Ενέργειας από Βιομάζα:http://www.portal.tee.gr

10.Νικόλαος Γεωργαντέας<Σχεδιασμός Περιβαλοντική και οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος αιολικής,και ηλιακής ενεργείας και diesel για την ενεγειάκη αυτονομία των νήσων.Η περίπτωη της Αστυπάλαιας>

11. Θωμάς Σταματόπουλος<Σχεδιασμός Υβριδικού Συστήματος Ενέγειάς στην νήσο Δονούσα με χρήση Homer Energy>

12.Χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας: http://www.ape.chania.teicrete.gr

13.Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010:http://www.info-at-central.tee.gr

14.http://www.windenergysolutions.nl/

15.http://www.pdenergy.com/

16.http://www.energypoint.gr