

528
ΑΜΤ

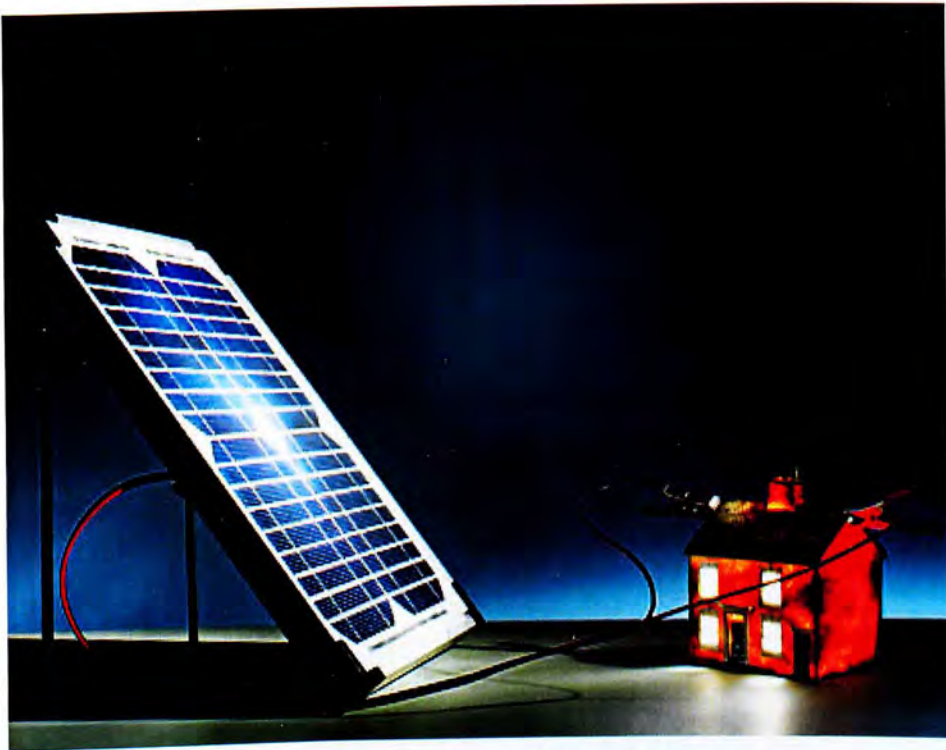


Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Αυτοματισμού

Πτυχιακή Εργασία

ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Α.Π.Ε) ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ.ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΕΥΓΕΝΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Α.Μ:36200

ΣΠΥΡΙΔΗΣ ΑΡΙΣΤΟΣ Α.Μ:36199

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΟΚΤΟΜΒΡΙΟΣ 2012



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον κ. Μιχάλη Παπουτσιδάκη, καθηγητή της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών τμήματος Αυτοματισμού, ΤΕΙ Πειραιά , για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε με την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, για την πολύτιμη βοήθεια, τις υποδείξεις και τις διορθώσεις του, καθώς και για την δυνατότητα που μας πρόσφερε για να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Οφείλουμε να ευχαριστήσουμε επίσης και τις οικογένειες μας, που μας στήριξαν και μας στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια.

Περιγραφή πτυχιακής εργασίας

Η πτυχιακή μας εργασία θα ασχοληθεί με το πώς μπορούμε από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ήλιος , άνεμος) να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια την οποία θα χρησιμοποιήσουμε για την λειτουργία μιας πλήρους αυτόνομης κατοικίας (δηλαδή χωρίς τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος από την ηλεκτρική υπηρεσία ΔΕΗ).

Το σύστημα το οποίο θα σχεδιάσουμε και θα μελετήσουμε θα είναι υβριδικό και θα αποτελείται από φωτοβολταϊκά πάνελ (για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας) και μία ανεμογεννήτρια (για την εκμετάλλευση του ανέμου). Η ενέργεια που θα συσσωρεύεται θα αποθηκεύεται σε μία συστοιχία μπαταριών από την οποία θα τροφοδοτούνται όλες οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές της κατοικίας .

Υπολογίζοντας τον μέσο όρο κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορέσουμε να επιλέξουμε τον καταλληλότερο εξοπλισμό για το σωστό σχεδιασμό του υβριδικού συστήματος που θα τοποθετηθεί στην κατοικία .

Στο υβριδικό αυτό σύστημα θα υπάρχει και μία εφεδρική ηλεκτρογεννήτρια (πετρελαίου) η οποία θα χρησιμοποιείται (θα ξεκίνα αυτόματα) όταν η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στις μπαταρίες του συστήματος δεν επαρκεί για την ηλεκτροδότηση και λειτουργία του σπιτιού. Έτσι θα γίνεται αυτόματη εναλλαγή και θα λειτουργεί η ηλεκτρογεννήτρια (πετρελαίου) για την επαναφόρτιση των μπαταριών.

Στην μελέτη μας θα δοθεί περισσότερη έμφαση στο κομμάτι της αυτόματης εναλλαγής από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ηλεκτρογεννήτρια (πετρελαίου) το οποίο είναι και το κυριότερο κομμάτι αυτοματισμού στο σύστημα.

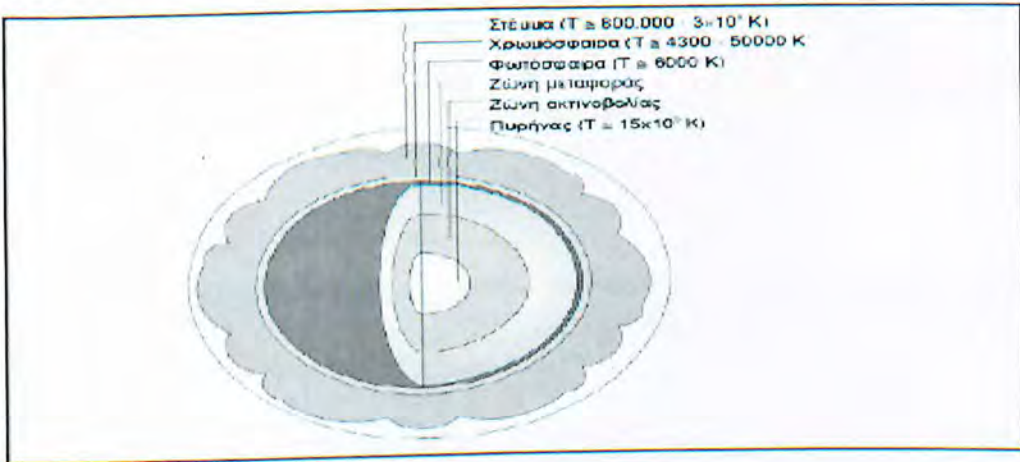
1.7.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	27
1.8 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ ΜΕ ΗΛΙΟΣΤΑΤΕΣ(Solar tracker (ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ).....	27
1.8.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ(ΗΛΙΟΣΤΑΤΩΝ)...	28
1.8.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ(ΗΛΙΟΣΤΑΤΩΝ)....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	28
2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	29
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	29
2.2.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΤΕΡΑ Η ΠΟΡΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΜΥΛΩΝ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ (ΠΙΝΑΚΑΣ).....	32
2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥΣ.....	33
2.3.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕΧΡΙ 20KW.....	33
2.3.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΕΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕΧΡΙ 20-250KW.....	33
2.3.3 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΙΣΧΥΟΣ >250KW.....	34
2.4 ΧΡΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ,ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ..	35
2.5 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	36
2.5.1 ΔΙΠΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΠΤΕΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	35
2.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥΣ..	37
2.6.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	37
2.6.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	37
2.7 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΜΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΝΕΛΛΑΓΗΣ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	42
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ.....	43
3.1.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ(ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ).....	49
3.1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ LED.....	50
3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΜΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ (ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ).....	52

3.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ....	54
3.3.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΝΕΛ(Suntech STP 280-24vd).....	55
3.3.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (BSL YZ L1000W)...	57
3.3.3 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ FLEXWARE 500 AC(FW-IOB-D-120/240 VAC) (INVERTER, CHARGER CONTROLLER, MATE, AMP HOUR METER, HUB, BATTERY, LIGHTING ASSESTORS, GENERATOR).....	58
3.4 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ.....	67
3.5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ.....	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	78
4.1 ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ Φ ΟΥΡΝΟΥ,ΕΣΤΙΑΣ ΨΗΣΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΙΚΙΑ.....	79
4.1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ(ΠΙΝΑΚΑΣ).....	80
4.2 ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	81
4.2.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΑΝΕΛ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ (SUNPOWER SPR-333NE-WHT-D).....	82
4.2.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ(BSL YZ L2000W).....	84
4.2.3 FLEXWARE 1000AC (FW-IOB-Q-120/240 VAC) (INVERTER,CHARGER CONTROLLER, MATE, AMP HOUR METER, HUB, BATTERY, LIGHTING ASSESTORS, GENERATOR).....	85
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	88
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 :ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 Ο Ήλιος

Ο ήλιος αποτελείται από 80% υδρογόνο (H₂), 19% ήλιο (He) και το υπόλοιπο 1% είναι μείγμα περισσοτέρων από 100 χημικών στοιχείων. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό του εκτιμάται ότι είναι της τάξεως των 10⁷ βαθμών Kelvin. Η ακτινοβολούμενη ενέργεια από την επιφάνειά του προέρχεται από θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που είναι εξώθερμες και γίνονται στο εσωτερικό του. Στις αντιδράσεις αυτές γίνεται μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιο και παραγωγή ενέργειας με ρυθμό 4 εκατομμύρια τόνους το δευτερόλεπτο. Η σύσταση του φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1: Η σύσταση του ήλιου.

Δεδομένης της διαμέτρου **d** και της φαινόμενης θερμοκρασίας του **T**, η ισχύς **P** που ακτινοβολείται από την επιφάνειά του μπορεί να εκτιμηθεί ότι είναι:

$$P = \sigma d^2 T^4 = 3,8 \times 10^{23} \text{ kW}$$

Όπου σ είναι η σταθερά Boltzmann. Από την ισχύ αυτή η γη μπορεί να θεωρηθεί ότι δέχεται, σε ένα μέγιστο κύκλο της, περίπου $1,7 \times 10^{14}$ kW. Για να αντιληφθούμε το τεράστιο μέγεθος αυτής της ισχύος αρκεί να αναλογισθούμε ότι η ενέργεια που θα δεχθεί για μια ώρα η γη, θα μπορούσε θεωρητικά να καλύψει όλες τις ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις των κατοίκων του πλανήτη.

1.2 Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα

ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



Εικόνα 2: Ηλιακή ενέργεια.

Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα:

Αποτελούνται από ηλιακούς συλλέκτες που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα ή φωτοβολταϊκά συστήματα που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο μπορεί να έχει πολλαπλές χρήσεις.

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα:

Δε γίνεται χρήση κάποιας τεχνολογίας, απλά εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό, χάρη στον ειδικό σχεδιασμό του κτιρίου και την χρήση κατάλληλων δομικών υλικών.

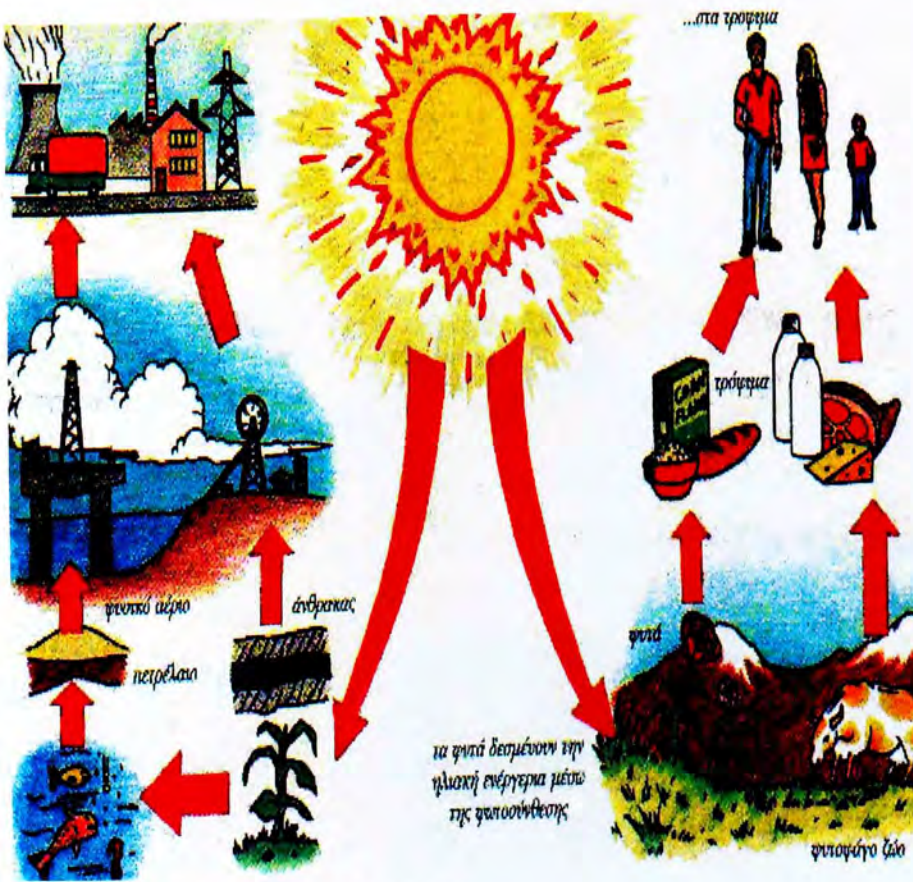
Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα:

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από :

- το Φ/Β πλαίσιο (είδος ηλιακού συλλέκτη)
- το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (μπαταρίες)
- τα ηλεκτρονικά συστήματα που ελέγχουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η Φ/Β συστοιχία.

1.3 Ιστορική αναδρομή στην ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταδίδεται στη γη από τον ήλιο. Έχει δημιουργήσει άμεσα ή έμμεσα όλα τα ενεργειακά αποθέματα στη γη, από την εποχή του σχηματισμού του πλανήτη. Η ανάλυση έχει δείξει, ότι οι περισσότερες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα προέρχονται από τον ήλιο, εκτός από την πυρηνική ενέργεια και τη γεωθερμία. Η σημασία του ήλιου στις ανθρώπινες προσπάθειες δεν μπορεί να παραβλεφθεί. Μια μελέτη των Δυτικών ή Ανατολικών φιλοσοφιών αποκαλύπτει πολλούς μύθους και θρύλους που αποδεικνύουν την υποχρέωση του ανθρώπου στον ήλιο, ο οποίος παρέχει χρήσιμη θερμότητα και τον απαιτούμενο μηχανισμό παραγωγής των καλλιεργειών. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται επί χιλιάδες χρόνια για την αποξήρανση της τροφής ως καύσιμο και για την εξαγωγή του αλατιού. Με το πέρασμα των χρόνων, αναπτύχθηκε η αρχιτεκτονική που εκμεταλλεύεται τον ήλιο για θέρμανση ή για να αποφεύγεται η ψύξη.



Εικόνα 3: Η σημασία του ήλιου στον άνθρωπο.

1.3.1 Ιστορία της ανακάλυψης του φωτοβολταϊκού φαινομένου (Ιστορικό φωτοβολταϊκών και τρέχουσες εξελίξεις)

Ο ήλιος αποτελεί μία τεράστια και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που η εκμετάλλευση μόνο του 0,05% αυτής θα ήταν αρκετή να καλύψει κάθε ενεργειακή ανάγκη της ανθρωπότητας. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και η μετατροπή της σε ηλεκτρικό ρεύμα είναι σήμερα δυνατή μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η ιστορία του συνοψίζεται στα ακόλουθα κύρια σημεία:

- 1839: Ο δεκαεννιάχρονος τότε Γάλλος φυσικός Alexandre-Edmond Becquerel ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο καθώς πειραματιζόταν με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης.



Εικόνα 4: Alexandre-Edmond.

- 1873: Ανακαλύφθηκε η φωτοαγωγιμότητα του σεληνίου από τον Willoughby Smith.



Εικόνα 4: Willoughby Smith.

- 1876: Ο William Grylls Adams με τον μαθητή του Richard Evans Day, ανακάλυψαν ότι το σελήνιο παράγει ηλεκτρισμό όταν εκτίθεται στο φως.



Εικόνα 5: William Grylls Adams

- 1883: Ο αμερικάνος ερευνητής Charles Fritts περιέγραψε την πρώτη κυψέλη η οποία αποτελούνταν από το φωτοβολταϊκό στοιχείο σεληνίου.



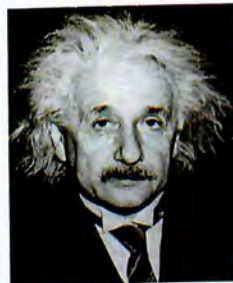
Εικόνα 6: Charles Fritts

- 1887: Ο Heinrich Hertz ανακάλυψε ότι διευκολύνεται η δημιουργία βολταϊκού τόξου μεταξύ δύο πολωμένων ηλεκτροδίων, όταν ο χώρος μεταξύ των ηλεκτροδίων ακτινοβολείται από υπεριώδη ακτινοβολία.



Εικόνα 7: Heinrich Hertz

- 1904: Ο Albert Einstein δημοσίευσε την εργασία με την οποία έδωσε την εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Γι' αυτήν του την προσπάθεια, τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ το 1921.



Εικόνα 8: Albert Einstein

- 1918: Ο πολωνός επιστήμονας Jan Czochralski ανέπτυξε μια νέα μέθοδο παραγωγής του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, το οποίο αργότερα χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των αντίστοιχων ηλιακών κυψελών.



Εικόνα 9: Jan Czochralski.

- Μια σημαντική ανακάλυψη έγινε επίσης το 1949 όταν οι Mott και Schottky ανέπτυξαν την θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί.
- 1954: Οι ερευνητές του Bell Labs, Gerald Pearson, Daryl Chapin και Calvin Souther Fuller ανακάλυψαν τις πρώτες ηλιακές κυψέλες πυριτίου με απόδοση 4,5%, η οποία έφτασε στο 6% λίγους μόλις μήνες μετά.



Εικόνα 10: Bell Labs, Gerald Pearson, Daryl Chapin και Calvin Souther Fuller

- 1958: Η Hoffman Electronics πετυχαίνει να αυξήσει τον βαθμό απόδοσης κυψέλης στο 9%, ενώ στις 17 Μαρτίου εκτοξεύεται ο Vanguard I, ο πρώτος δορυφόρος του οποίου η ισχύς προέρχεται από ηλιακές κυψέλες.



Εικόνα 11: δορυφόρος με ηλιακές κυψέλες.

Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα **φωτοβολταϊκά συστήματα**. Από το χρονικό αυτό σημείο και μετά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες εφαρμογές και η τεχνολογία να βελτιώνεται συνεχώς.

- Το **1962** η μεγαλύτερη Φ/Β εγκατάσταση στον κόσμο γίνεται στην Ιαπωνία από την **Sharp**, σε έναν φάρο. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 242Wp.

Τα φωτοβολταϊκά ξεκίνησαν λοιπόν να κάνουν την εμφάνισή τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των ΦΒ συνεχώς βελτιωνόταν. Κυριότερος πελάτης των φωτοβολταϊκών τις δεκαετίες που ακολούθησαν είναι η NASA.

Οι υψηλές τιμές στα φωτοβολταϊκα ήταν ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε περισσότερο ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά. Ενδεικτικά η τιμή των φωτοβολταϊκών ξεκινάει από τα **500\$** ανά εγκατεστημένο Watt το 1956, ενώ μετά από 14 χρόνια, το 1970 αγγίζει τα **100\$/Watt**. Το 1973 οι βελτιώσεις στις μεθόδους παραγωγής φέρνουν το κόστος των φωτοβολταϊκών στα **50\$/Watt**.

Η πρώτη εγκατάσταση PV που φτάνει στα επίπεδα του 1MW (μεγαβατ) γίνεται στην Καλιφόρνια το **1980** από την ARCO Solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου 2 αξόνων (**dual-axis trackers**).

Το **1983** η παγκόσμια παραγωγή ΦΒ φτάνει τα 22MW και ο συνολικός τζίρος τα 250.000.000\$.

Το **1999** η εταιρία Spectrolab σε συνεργασία με το NREL αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 32,3%!!!. Το στοιχείο αυτό είναι συνδυασμός τριών υλικών (στρώσεων) και ειδικό για εφαρμογές σε συγκεντρωτικά συστήματα CPV. Την ίδια χρονιά το ρεκόρ στην απόδοση των Thin Films φτάνει στο 18.8%. Η παραγωγή όλων των τεχνολογιών των ΦΒ πάνελ φτάνει συνολικά τα 200 MegaWatt.

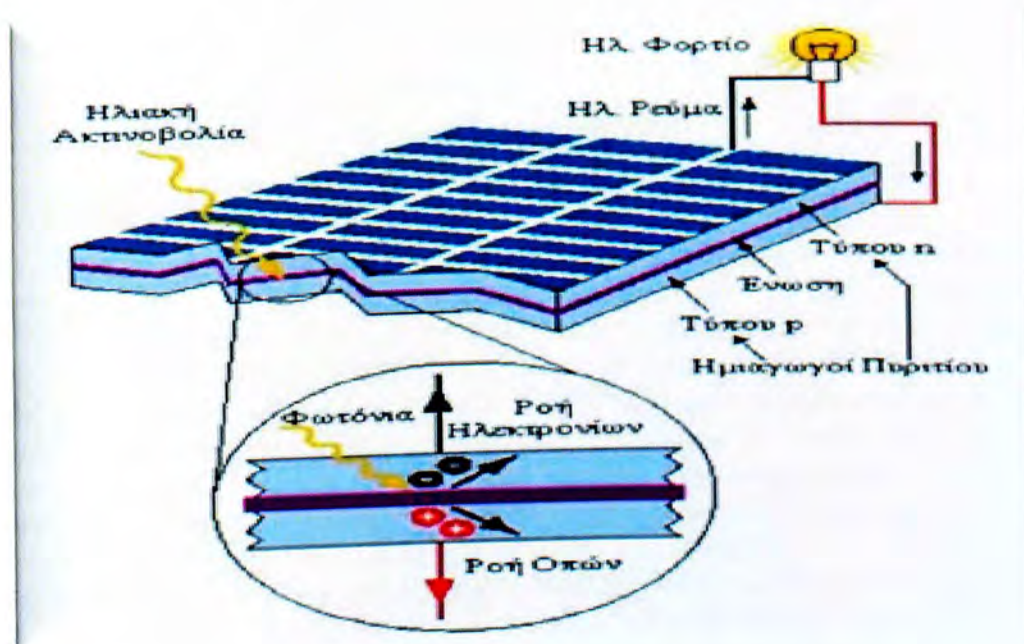
2004: Η πορεία πια είναι ασταμάτητη. Η μαζική είσοδος μεγάλων εταιρειών στον χώρο των ΦΒ φέρνει την μαζική παραγωγή και αυτή με την σειρά της την **τιμή των διασυνδεδεμένων συστημάτων** στα 6,5 ευρώ/Wp. Γερμανία και Ιαπωνία κυριαρχούν στην κατασκευή ΦΒ πάνελ και πλέον σε όλες τις αναπτυσσόμενες χώρες αρχίζουν, με τον έναν (παραγωγή εξοπλισμού) ή τον άλλον τρόπο (κατασκευή ΦΒ εγκαταστάσεων), να υιοθετούν τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών και να τις παγιώνουν στην συνείδηση των επενδυτών αλλά και των καταναλωτών ενέργειας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα **1.200 MegaWatt** ΦΒ στοιχείων ενώ ο τζίρος της ίδιας χρονιάς άγγιξε τα **6.500.000.000\$**.

Σήμερα με οικονομίες μεγάλης κλίμακας έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά κυρίως υλικά και αρκετές χώρες με πρωτοπόρες την **Γερμανία** και την **Ιαπωνία** έχουν ήδη επενδύσει τεράστια κονδύλια με σκοπό την ευρύτερη εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

Οι προβλέψεις για το άμεσο μέλλον όσον αφορά την αγορά των φωτοβολταϊκών είναι ιδιαίτερα ευοίωνες, τόσο για την καθολική εξάπλωση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας παγκοσμίως, όσο και για την καθοδική πορεία στις τιμές των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

1.4 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια, τα οποία περιέχουν ποικίλα ποσά ενέργειας που αντιστοιχούν σε διαφορετικά μήκη κύματος. Όταν αυτά προσπίπτουν σε μία επιφάνεια, ένα μέρος την διαπερνά, ένα μέρος ανακλάται και ένα μέρος απορροφάται από την επιφάνεια αυτή. Όταν το φωτόνιο απορροφηθεί από μια επιφάνεια με υψηλή φωτοαγωγιμότητα (ημιαγωγός), η ενέργεια του μεταφέρεται στα ηλεκτρόνια του υλικού. Με την βοήθεια του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται στις επαφές διαφορετικών υλικών, το ηλεκτρόνιο αποδρά από την κανονική του θέση και τίθεται σε κίνηση, αφήνοντας πίσω του μία οπή. Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται πλέον φωτοβολταϊκό στοιχείο. Εάν συνδέσουμε στις πλευρές του δύο ακροδέκτες και κλείσουμε το κύκλωμα, θα έχουμε την διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 12: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

1.5 Είδη Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών

Αξιοποιώντας το φ/β φαινόμενο, μέσω της απορρόφησης των φωτονίων της από ειδικούς ημιαγωγούς τοποθετημένους σε ειδικές φωτοβολταϊκές κυψέλες, μετατρέπεται η ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η ενέργεια όμως που παράγεται από ένα συλλέκτη είναι περιορισμένη. Γιαυτό πολλές κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα φ/β πάνελ. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον και σημαντική πρόοδος της τεχνολογίας κατασκευής τους. Αν και υπάρχουν διάφορα ημιαγωγιμα υλικά, αυτό που χρησιμοποιείται περισσότερο στην παγκόσμια παραγωγή Φ/Β πλαισίων είναι το πυρίτιο. Το πυρίτιο βρίσκεται στο έδαφος της γης σε σχεδόν ανεξάντλητες ποσότητες, καθώς παράγεται από το χαλαζία, συστατικό της κοινής άμμου. Εδώ ακριβώς εντοπιζόταν το κύριο πρόβλημα της αρχικής αντικοινομικότητας των συστημάτων. Η ενεργοβόρος παραγωγή πυριτίου από χαλαζία, δεν αποσβενόταν ενεργειακά λόγω της μικρής απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυψελών. Οι βελτιωμένες όμως μέθοδοι και η αυξανόμενη ενεργειακή παραγωγή των συστημάτων ακόμη και σε νεφροσκεπείς συνθήκες, βελτίωσαν την αποδοτικότητά τους. Τα Φ/Β κύτταρα πυριτίου χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα κρυσταλλικά και τα μη κρυσταλλικά. Σήμερα σύμφωνα με στοιχεία του I.E.A., τα κρυσταλλικά αποτελούν την πρώτη ύλη για το 80% περίπου της αγοράς.

Συνοπτικά, η διάκριση των Φ/Β κυψελών είναι η ακόλουθη:

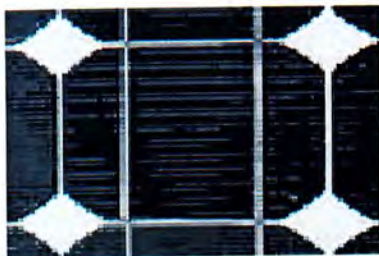
1.5.1 Μονοκρυσταλλικά

Η ονομασία τους προέρχεται από την μορφή του κρυσταλλικού πλέγματος των ατόμων Si που πλησιάζει τον τέλειο κρύσταλλο. Κατασκευάζονται ύστερα από ψύξη λιωμένου Si και πριονισμό του σε λεπτές πλάκες – τα κύτταρα. Τα στοιχεία αυτής της τεχνολογίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου με πάχος από 200 ως 400 μm. Πάνω από αυτό το στρώμα τοποθετείται μεταλλικό πλέγμα το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακό στοιχείο. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου που κατασκευάζονται από καθαρούς κρυστάλλους είναι κυλινδρικής μορφής αλλά συχνά κόβονται τετράγωνα για να είναι εύκολη η τοποθέτησή τους στις φωτοβολταϊκές μονάδες. Η ανάγκη χρησιμοποίησης ιδιαίτερα καθαρού Si (ακριβή «πρώτη» ύλη), η χρήση εξειδικευμένων μεθόδων τήξης και κοπής για την επίτευξη του μονοκρυσταλλικού πλέγματος αυξάνει το κόστος παραγωγής δίνοντας τους όμως τον καλύτερο βαθμό απόδοσης από τις τρεις κατηγορίες φθάνοντας το 15-18%. Το ποσοστό αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα μονοκρυσταλλικά κύτταρα είναι πιο ευαίσθητα στην υπέρυθη ακτινοβολία που το ενεργειακό της περιεχόμενο είναι σχετικά χαμηλό.

Χρώμα: σκούρο μπλε έως μαύρο

Κατασκευαστές: Astro Power, Aleo, Bharat Electronics, BHEL, BP Solar, Canrom, CEL, CellSiCo, Deutsche Cell, Eurosolare, GE Energy, GPV, Helios, Humaei, Isofoton, Kaifeng Solar Cell Factory, Kwazar JSC, Maharishi, Matsushita Seiko, Microsolpower, Ningbo Solar Energy Power, Energysolutions (ελληνική), Exelgroup (ελληνική), Pentafour Solec Technology, Photowatt, RWE Schott Solar, Sharp, Shell

Solar, Solartec, Solar Wind Europe, Solarworld , Solec, Solmecs, Solterra, Suntech, Sunways, Telekom-STV, Tianjin Jinneng Solar Cell, Trinasolar , Viva Solar, Webel SL, Yunnan Semiconductor.

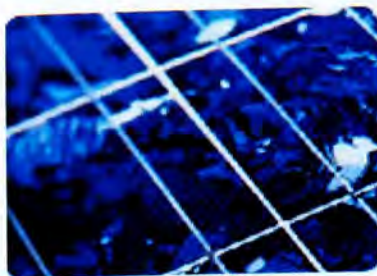


Εικόνα 13: Μονοκρυσταλλικού τύπου φωτοβολταϊκά

1.5.2 Πολυκρυσταλλικά

Σε αντίθεση με τα μονοκρυσταλλικά, τα πολυκρυσταλλικά κύτταρα στο πλέγμα τους περιλαμβάνουν κρυστάλλους ποικίλων προσανατολισμών. Η κατασκευή αυτών των στοιχείων προκύπτει από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου που βρίσκονται μέσα σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους μέσα ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για τη δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Τα στοιχεία αυτά είναι εξαρχής τετράγωνης μορφής αφού κόβονται από τις ορθογώνιες ράβδους. Το μέγεθός τους είναι λίγο μεγαλύτερο από αυτό των μονοκρυσταλλικών στοιχείων. Αιτία αυτής της διαφοροποίησης, η μαζική και λιγότερο ελεγχόμενη ψύξη του Si, κάτι που μειώνει αισθητά το κόστος παραγωγής. Όπως και στην προηγούμενη τεχνολογία, μετά την ψύξη το πολυκρυσταλλικό πλέγμα προιόνιζεται στα λεπτά Φ/Β κύτταρα. Η ύπαρξη διαφόρων κρυστάλλων μέσα στο πλέγμα αυξάνει την εσωτερική αντίσταση στα σημεία σύνδεσής τους, με αποτέλεσμα ο συνολικός βαθμός απόδοσης να μην μπορεί να ξεπεράσει το 13-15%. Χρώμα: μπλε

Κατασκευαστές: Al-Afandi, Aleo , BP Solar, Canadian Solar, Conergy, Deutsche Cell, Energysolutions (ελληνική), ErSol, Eurosolare, Exelgroup (ελληνική), GPV, Ibersolar , Kwazar JSC, Kyocera, Maharishi, Mitsubishi, Motech, NAPS , Photovoltech, Photowatt, Q-Cells, REC , RWE Schott Solar, Scheuten ,Sharp, Shell Sola, Silcio (ελληνική) , Solar Cells Hellas , Solar Power Industries, Solartec, Solarworld , Solterra, SunOwe , Suntech, Sunways, Tenesol , Tianjin Jinneng Solar Cell, Trinasolar , YinGli.



Εικόνα 12: Πολυκρυσταλλικού τύπου φωτοβολταϊκά

1.5.3 Λεπτής μεμβράνης

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η μη κρυσταλλική της δομή. Οι λεπτές ταινίες ορισμένων ειδικών στοιχείων, μπορούν να αποτελέσουν το υλικό παρασκευής ηλιακών κυψελών, χρησιμοποιώντας πολύ λιγότερο υλικό από τις αντίστοιχες κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία που κατασκευάζονται με αυτό τον τρόπο έχουν πάχος μερικών μόνο μικρών. Η μικρή και οικονομική ποσότητα πρώτων υλών, ο απλός τρόπος κατασκευής, η ευκολία στην εγκατάσταση και συναρμολόγηση καθιστούν τα άμορφα κύτταρα ικανά για μαζική παραγωγή. Μειονέκτημα αποτελεί η σχετικά χαμηλή απόδοση, μόλις στο 5-8%, γεγονός που οφείλεται στην έλλειψη του κρυσταλλικού πλέγματος στην δομή τους. Παρόλα αυτά είναι τεχνολογία που επιδέχεται βελτιώσεων και αναμένεται να αναπτυχθεί τα επόμενα χρόνια. Τα βασικά υλικά παραγωγής τέτοιων πάνελ είναι το Άμορφο Πυρίτιο (a-Si), ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός (CIGS) και τα κράματά του, το Τελουριούχο Κάδμιο και το Αρσενικούχο Γάλλιο (CdTe).

Χρώμα: Κοκκινίζων καφέ έως μπλε ή μπλε-βιολετί

Κατασκευαστές : BP Solar, Canon, Dunasolar, ECD Ovonic, ENN , EPV, Free Energy Europe, First Solar , Fuji Electric, Heliosphera (ελληνική), ICP, Iowa Thin Film Technologies, Kaneka, MHI, RWE Schott Solar, Sanyo, Sharp , Shenzhen Topray Solar, Sinonar, Solar Cells, Terra Solar, Tianjin Jinneng, solar, cell, united, Ovonic, VHF Technologies



Εικόνα 12: φωτοβολταϊκά τύπου Λεπτής μεμβράνης

1.5.4 Άμορφο πυριτίου(a-Si)

Ο προσδιορισμός άμορφο ξεκαθαρίζει ότι η συμμετρία του κρυστάλλου παύει να υφίσταται για αποστάσεις λίγο μεγαλύτερες από τις ατομικές και ταυτόχρονα οι γωνίες δεσμών του δεν είναι πια συγκεκριμένες. Ενώ το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, εντούτοις η φωτοβολταϊκή απόδοση του είναι μικρότερη των κρυσταλλικών, περίπου 6%



Εικόνα 13: φωτοβολταϊκά τύπου Άμορφο πυριτίου(a-Si)

1.5.5 Ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου.



Εικόνα 14: φωτοβολταϊκά τύπου ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

1.5.6 Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)

Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 9-11% (πλαίσιο).



Εικόνα 15: φωτοβολταϊκά τύπου δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)

Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο (CIGS). Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

Χρώμα CIGS: Σκούρο γκρι έως μαύρο

Κατασκευαστές CIGS: CIS Solartech GmbH, Daystar, EPV, Global Solar, Shell Solar, Showa Shell, Solarion, Sulfurcell, Wiirth Solar.

1.5.7 Τελουριούχου Καδμίου (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8,5%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελλουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).

Χρώμα CdTe: Σκούρο πράσινο έως μαύρο

Κατασκευαστές CdTe: Antec Solar Energy, First Solar

1.5.8 Αρσενικούχου Γάλλιου (GaAs)

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσένιο δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 16: φωτοβολταϊκά τύπου αρσενικούχου γάλλιου (GaAs)

Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και

λόγω πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

1.5.9 Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες

Πρωτοεμφανίστηκαν από την Καναδική Spheral Solar Power και πλέον την έρευνα πάνω σε αυτές συνεχίζει η Ιαπωνική Kyosemi Corporation. Οι σφαιρικές κυψέλες

έχουν διάμετρο 0,7m ή 1-1.2mm αντίστοιχα και σχηματίζονται από σταγόνες πυριτίου που πέφτουν σε κενό. Μεταξύ τους συνδέονται παράλληλα με φύλλα αλουμινίου και μονώνονται με μια στρώση σκληρού πλαστικού. Προς το παρόν έχουν πετύχει απόδοση μέχρι 12.5%.

Πλεονέκτημα αυτών των κυψελών είναι ότι λόγω σφαιρικότητας εκμετάλλευονται μεγάλο κομμάτι διάχυτης ακτινοβολίας ,ενώ είναι ικανές να παράγουν εύκαμπτα στοιχεία. Οι σχετικά απλές μέθοδοι κατασκευής και οι μειωμένες απαιτήσεις σε πυρίτιο υπόσχονται πιθανή μείωση του κόστους για το μέλλον.



Εικόνα 17: Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες

1.5.10 Κυψέλες (υψηλής) συγκέντρωσης (HCPV) – CPV

Οι ημιαγωγοί III-IV, όπως InGaAs, InGaP ή γερμάνιο επιτρέπουν την παραγωγή υψηλής απόδοσης ηλιακών κυψελών. Αυτές οι πολλαπλές ηλιακές κυψέλες φτιαγμένες από διαφορετικά υλικά και διαμορφωμένες για να εκμεταλλεύονται διαφορετικά κομμάτια του ηλιακού φάσματος είναι κολλημένες η μια πάνω απ'την άλλη. Επειδή όμως αυτές οι κυψέλες είναι υπερβολικά ακριβές ,φτηνοί φακοί (με βαθμό συγκέντρωσης φωτός περίπου 500) χρησιμοποιούνται για να συλλέξουν το ηλιακό φως από μια ευρύτερη περιοχή και να το συγκεντρώσουν στη μικρή κυψέλη ,η οποία συνήθως έχει μέγεθος μερικά χιλιοστά και βαθμό απόδοσης έως 39%. Αν χρησιμοποιηθούν 4-5 διαφορετικά στρώματα όμως (αντί για τα συνήθη 3) αυτός μπορεί να αγγίξει και το 50% στο μέλλον.



Εικόνα 18: Κυψέλες (υψηλής) συγκέντρωσης (HCPV) – CPV

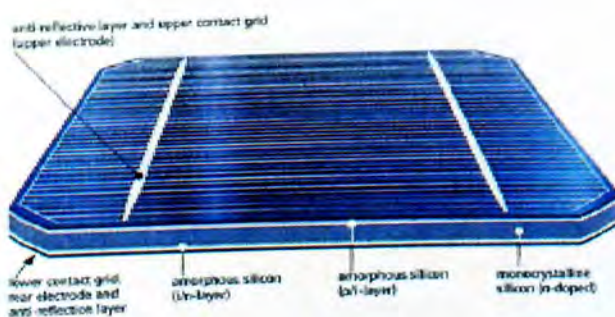
Το κακό με αυτή την τεχνολογία είναι ότι μόνο η κάθετη ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και έως εκ τούτου είναι απαραίτητα tracking systems που θα ακολουθούν τη φορά του ήλιου. Όσον αφορά την εμπορική διάθεση αυτών των συστημάτων οι τριπλής σύνδεσης κυψέλες της Spectrolab είναι σε θέση να παράγουν 15-17 Watt, τα οποία αντιπροσωπεύουν μία αποδοτικότητα, της τάξης του

37%, ένα ποσοστό σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με αυτό που επιτυγχάνεται με τις συμβατικές κυψέλες πυριτίου. Ο πυρήνας του συστήματος αποτελείται από μία σειρά ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ (HCPV) της OPEL τύπου MK-I. Κάθε Φ/Β πλαίσιο MK-I HCPV παράγει 90Wp (ελάχιστο ΣΥΝΕΧΕΣ ρεύμα DC) και χρησιμοποιεί τις υψηλής τεχνολογίας (37% το ελάχιστο) γαλλίου αρσενίου (GaAs) ηλιακής συγκέντρωσης κυψέλες που παράγονται από την Spectrolab (ένα τμήμα της Boeing Corporation). Τα φωτοβολταϊκά πάνελ MK-I CPV τοποθετούνται πάνω στις διπλού άξονα κινούμενες βάσεις στήριξης SF20 της εταιρίας FEINA με μια ακρίβεια της τάξης των 0.1 βαθμών. Κάθε κινούμενη βάση στήριξης συνοδεύεται από μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία έτσι ώστε να του επιτρέπεται να λειτουργήσει κάτω από χαμηλή ακτινοβολία ηλίου και κατά τη διάρκεια καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

1.5.11 Υβριδικά στοιχεία HIT

Μια προσπάθεια περαιτέρω βελτίωσης της απόδοσης των κυψελών αποτελούν τα υβριδικά στοιχεία, τα οποία αναπτύχθηκαν από την Sanyo Solar. Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφορετικού κρυσταλλικού πλέγματος. Πιο συγκεκριμένα κατασκευάζεται από μία στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου ανάμεσα σε δύο λεπτές στρώσεις άμορφου πυριτίου. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός απόδοσης, που φτάνει το 17,7%.

Χρώμα: Σκούρο μπλε έως μαύρο



Εικόνα 19: Υβριδικά στοιχεία HIT

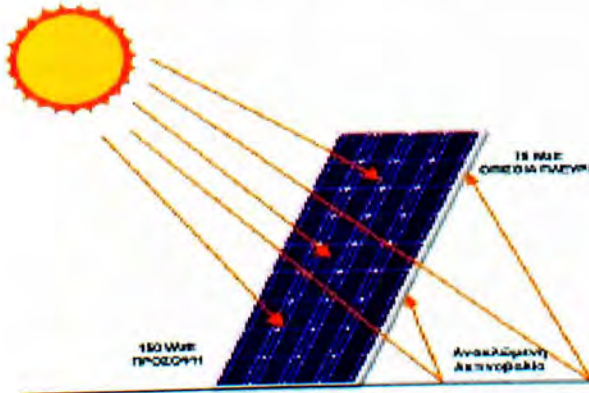
1.5.12 Φωτοβολταϊκά Διπλής Όψεως

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών διπλής όψεως προέκυψε από τις διαστημικές ανάγκες της Σοβιετικής Ένωσης. Για τους δορυφόρους η μόνη πηγή ενέργειας είναι η ηλιακή και για την υποστήριξη των οργάνων τους χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκές κυψέλες. Προκειμένου οι δορυφόροι με τα panels να είναι ενεργειακά αυτόνοτοι, επινοήθηκε η τεχνική λείανσης της κυψέλης και από την πίσω πλευρά και το κλείσιμό της σε "σάντουιτς τζάμι-τζάμι". Αυτή η επινοήση οδήγησε σε ένα προϊόν που αποδίδει περισσότερη ενέργεια από μικρότερη επιφάνεια. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από τη χρονική διάρκεια που θα "βλέπουν" τον Ήλιο κάθετα. Έχουν απόδοση 15-19%. Τα συμβατικά panels, αξιοποιούν μέρος μόνο της προσφερόμενης ηλιακής ενέργειας, αφού είναι ενεργά από τη μία όψη μόνο, η οποία ενεργοποιείται όταν ο ήλιος βρίσκεται στο νότιο μισό

του ορίζοντα και σε μία περιοχή περίπου 150ο. Αντίθετα τα bifacial – windsol επιπλέον εκμεταλλεύονται:

- Το χρόνο που ο ήλιος βρίσκεται βόρεια του νοητού άξονα ανατολής – δύσης και που κατά την θερινή περίοδο είναι πάνω από 7 ώρες ημερησίως,
- Την ακτινοβολία που διαχέεται στο περιβάλλον και
- Αυτή που ανακλάται.

Κατασκευαστές: Avacos, Hitachi, Sanyo, Sunpower Co.



Εικόνα 19: Φωτοβολταϊκά Διπλής Όψευς.

1.5.13 Solyndra

Τα κύρια μέρη του συστήματος είναι το φωτοβολταϊκό πάνελ Solyndra και η συνθετική μεμβράνη Rheranol fk white. Το πάνελ Solyndra είναι μια πρωτοποριακή τεχνολογία φωτοβολταϊκών λεπτού φιλμ και CIGS, το οποίο αποτελείται από κυλινδρικά στοιχεία τα οποία εκμεταλλεύονται την προσπίπτουσα, διαχέουσα και αντανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, προσφέροντας έτσι υψηλή απόδοση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας της τάξης του 12-14% για κάθε κυψέλη. Για την απρόσκοπτη, αποδοτική και μακροχρόνια απόδοση του Solyndra, σημαντικό ρόλο έχει και η επιφάνεια πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί. Και το ιδανικό υπόστρωμα είναι η συνθετική μεμβράνη Rheranol fk white της FDT. Η Rheranol fk white, είναι μια μεμβράνη στεγανοποίησης δωματίων από πολυισοβουτυλένιο (PIB) η οποία έχει σχεδιαστεί από τον κορυφαίο ευρωπαϊκό παραγωγό FDT, ειδικά για χρήση σε συνδυασμό με το Solyndra.

1.6 Τύποι Φ/Β συστημάτων

Τα Φ/Β συστήματα, εκτός από την Φ/Β γεννήτρια, περιλαμβάνουν και άλλες διατάξεις, το είδος των οποίων καθορίζεται από τον τύπο του Φ/Β συστήματος. Έτσι, διακρίνονται τα:

1.6.1 Αυτόνομα Φ/Β συστήματα

Ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια ένα κτίριο το οποίο δεν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Οι επιμέρους διατάξεις ενός τέτοιου συστήματος είναι η συστοιχία συσσωρευτών που απαιτείται για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τα Φ/Β πλαίσια για μεταγενέστερη χρήση (την νύχτα ή όταν έχει συννεφιά κ.λ.π.), ο ρυθμιστής φόρτισης των συσσωρευτών που φροντίζει για την ομαλή εκφόρτισή τους και προστατεύει επίσης από υπερφόρτιση ή/και βαθιά εκφόρτισή τους. Ακόμη, λαμβάνεται μέριμνα για την ύπαρξη ενός αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει την συνεχή τάση των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενη με κατάλληλα χαρακτηριστικά ώστε να λειτουργούν οι συσκευές εμπορίου αλλά και να μειώνει τις απώλειες που προκύπτουν από την μεταφορά συνεχούς ρεύματος έναντι του εναλλασσόμενου. Τέλος, τοποθετείται ένας πίνακας ελέγχου, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις αναγκαίες διατάξεις μετρήσεων και ελέγχου για την παρακολούθηση και σωστή λειτουργία του συστήματος. Τα συστήματα αυτά βρίσκονται συνήθως σε απομακρυσμένες περιοχές και κατά κανόνα, χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροδότηση συσκευών χαμηλής ισχύος, σε απόμαρα μέρη και εξοχικές κατοικίες.

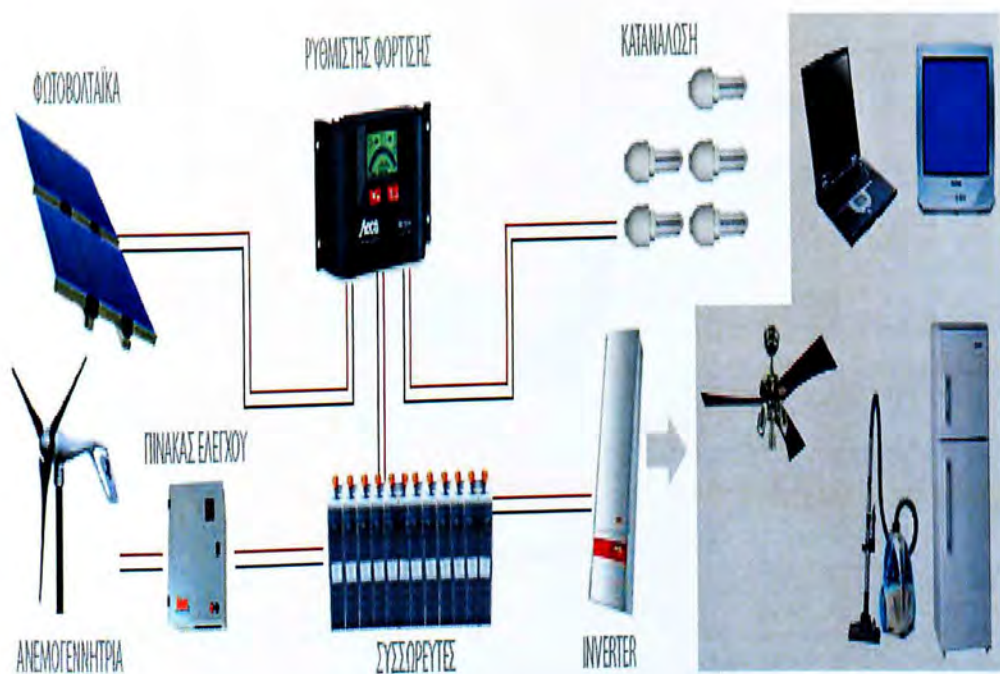


Εικόνα 20: Αυτόνομο σύστημα.

1.6.2 Υβριδικά συστήματα

Τα υβριδικά συστήματα εκμεταλλεύονται ταυτόχρονα την ηλιακή & την αιολική ενέργεια. Διαθέτουν φωτοβολταϊκούς συλλέκτες και Ανεμογεννήτρια ώστε να παράγουν ρεύμα και από τον ήλιο και από τον άνεμο ταυτόχρονα. Το πλεονέκτημα των υβριδικών συστημάτων είναι ότι όταν υστερεί η μία πηγή ενέργειας, συνήθως πλεονεκτεί η άλλη. Και αναφερόμαστε στον συνηθισμένο συνδυασμό, ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών στοιχείων, ενώ αρκετά δημοφιλής είναι και ο συνδυασμός ηλιακού θερμικού συλλέκτη με καυστήρα πετρελαίου ή βιομάζας.

Ο συνδυασμός ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών χρησιμοποιείτε αρκετά συχνά σε απομονωμένες κατοικίες και οικισμούς όπου η πρόσβαση στο κεντρικό δίκτυο είναι πολύ δαπανηρή ή ακόμα και αδύνατη. Συνήθως στο σύστημα προστίθεται και μία ηλεκτρογεννήτρια με συμβατικά καύσιμα για μεγαλύτερη αξιοπιστία, ενώ η χρήση των μπαταριών είναι σχεδόν απαραίτητη σαν η πιο εύκολη και απλή λύση παροχής σταθερής τάσης στο σύστημα, αλλά και εφεδρείας.



Εικόνα 21: Υβριδικό σύστημα Α.Π.Ε.

1.6.3 Διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα

Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε κτίρια τα οποία είναι συνδεδεμένα και με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Σε αυτήν την περίπτωση δεν απαιτείται η χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας, καθώς αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο της Δ.Ε.Η., η οποία το αγοράζει έναντι μιάς ορισμένης τιμής. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν η παραγόμενη από Φ/Β ηλεκτρική ενέργεια δεν επαρκεί, οι ανάγκες συμπληρώνονται από το δίκτυο.. Συνοπτικά, η παραγόμενη ποσότητα ενέργειας από την φ/β συστοιχία, μεταφέρεται στον μετατροπέα (inverter), στον οποίο μετατρέπεται το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ΔΕΗ (τάση 230V-συχνότητα 50Hz). Στην συνέχεια η ισχύς συγκεντρώνεται στον κεντρικό πίνακα, από τον οποίο διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο, διαμέσου του μετρητή της ΔΕΗ, ο οποίος προσμετρά την ποσότητα της διερχόμενης ενέργειας.



Εικόνα 22: Διασυνδεδεμένο σύστημα Α.Π.Ε-ΑΗΚ

1.6.4 Φωτοβολταϊκά πάρκα

Τα Φ/Β πάρκα είναι Φ/Β σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης ισχύος, τα οποία διοχετεύουν την συνολική παραγόμενη ενέργεια κατευθείαν στο δίκτυο έναντι μιάς ορισμένης και πάλι τιμής. Ως εκ τούτου, και εδώ δεν απαιτούνται συσσωρευτές, ενώ χρησιμοποιούνται αντιστροφείς δικτύου για την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο.

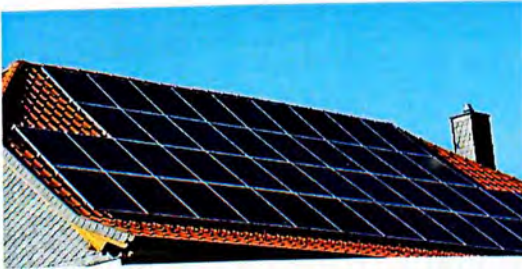
1.7 Κατηγορίες διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων με κριτήριο τα συστήματα στήριξη.

- Στήριξη με σταθερό σύστημα στο έδαφος.



Εικόνα 23: Σταθερό σύστημα στο έδαφος.

- Στήριξη με σταθερό σύστημα σε επικλινή στέγη.



Εικόνα 24: Σταθερό σύστημα σε επικλινή στέγη.

- Στήριξη με σταθερό σύστημα σε επίπεδη οροφή κτιρίου.



Εικόνα 25: σταθερό σύστημα σε επίπεδη οροφή κτιρίου.

- Στήριξη με σύστημα ηλιοστατών στο έδαφος (πολύ σπάνια σε οροφές αν επαρκούν τα κριτήρια στατικότητας).



Εικόνα 26: Στήριξη με σύστημα ηλιοστατών στο έδαφος.

1.7.1 Πλεονεκτήματα σταθερών συστημάτων

Γενικά τα **σταθερά συστήματα** πλεονεκτούν σε σχέση με τα **tracker** στην απλότητα της κατασκευής, στο κόστος εγκατάστασης, στην ταχύτητα εγκατάστασης, στο κόστος συντήρησης, στην μεγαλύτερη απεξάρτηση του επενδυτή από τον κατασκευαστή και σε θέματα αξιοπιστίας .

1.8 Φωτοβολταϊκά πάρκα με ηλιοστάτες (solar tracker) (συστήματα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου)

Υπάρχουν τρία βασικά είδη τέτοιων συστημάτων :

Παρακολούθηση της τροχιάς στον κάθετο άξονα

(vertical one axis tracker) (**Μικρή αύξηση** απόδοσης)



Εικόνα 27: Τροχιά στον κάθετο άξονα.

Παρακολούθηση της τροχιάς στον οριζόντιο άξονα

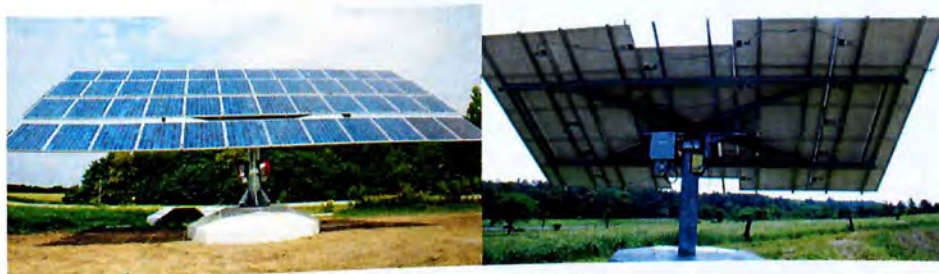
(horizontal one axis tracker) (**Μεσαία αύξηση απόδοσης**)



Εικόνα 28: Τροχιά στον οριζόντιο άξονα.

Παρακολούθηση της τροχιάς και στους δύο άξονες

(dual axis tracker) (**Μέγιστη αύξηση απόδοσης**)



Εικόνα 29: Τροχιά και στους δύο άξονες

Επίσης ανάλογα με την μέθοδο που δίνει κίνηση στους άξονες του συστήματος διακρίνονται σε:

- **Υδραυλικά** συστήματα κίνησης
- **Ηλεκτρικά** συστήματα κίνησης

1.8.1 Πλεονεκτήματα κινητών συστημάτων (ηλιοστατών)

Το **πλεονέκτημα** αυτής της τεχνικής είναι ότι η **άμεση ακτινοβολία** προσπίπτει στα πάνελ **κάθετα με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας** και έτσι πλεονεκτούν συνολικά στην απόδοση της επένδυσης του φωτοβολταϊκού συστήματος και αποδίδουν μεγαλύτερα οικονομικά ωφέλη. Φυσικά αυτό και μόνο το γεγονός αποτελεί βασικό κριτήριο για πολλούς επενδυτές που επιθυμούν το μέγιστο όφελος από την επένδυση τους.

1.8.2 Μειονεκτήματα κινητών συστημάτων (ηλιοστατών)

Το αυξημένο κόστος της επένδυσης.

Η ύπαρξη κινητών μερών η οποία και αυξάνει την πολυπλοκότητα του συστήματος. Η ανάγκη για αυτοκατανάλωση κάποιας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας για την περιστροφή(κίνηση) των συστημάτων. Το αυξημένο κόστος συντήρησης. Μεγαλύτερος κίνδυνος καταστροφής σε περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων.

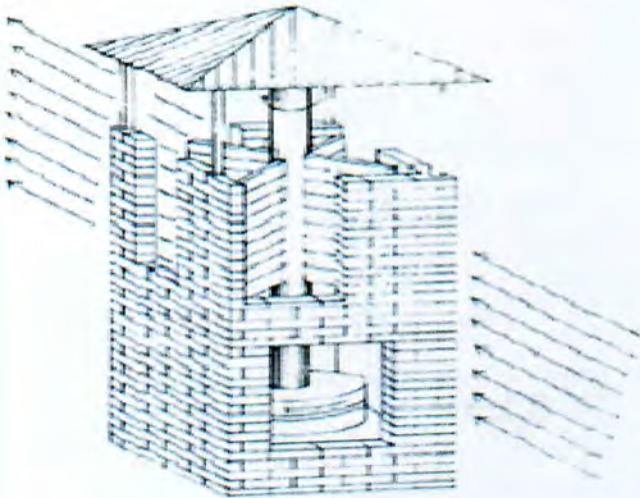
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια μια από τις παλαιότερες μορφές φυσικής ενέργειας, αξιοποιήθηκε από πολύ νωρίς για την παραγωγή μηχανικού έργου και έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας. Η σημασία της ενέργειας του ανέμου φαίνεται στην Ελληνική μυθολογία όπου ο Αίολος διορίζεται από τους Θεούς του Ολύμπου ως “Ταμίας των ανέμων”.

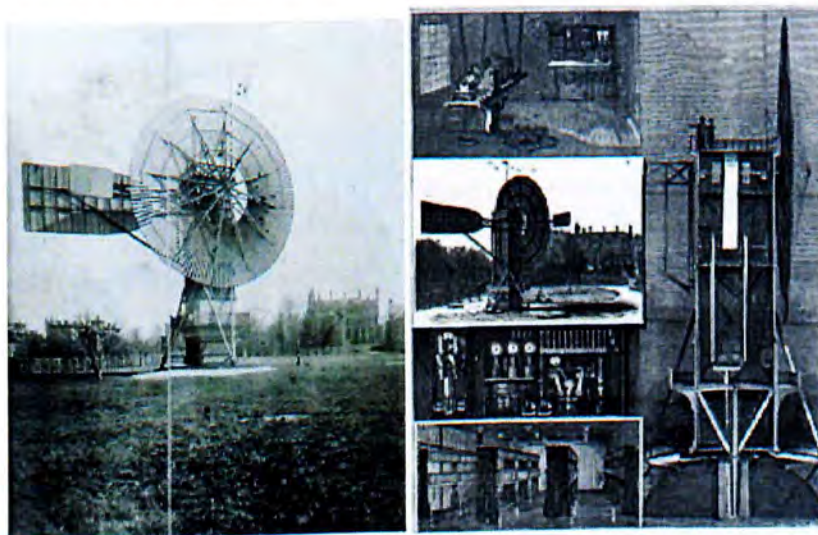
2.2 Ιστορική ανασκόπηση

Η αιολική ενέργεια είναι μία από τις πιο παλιές φυσικές πηγές ενέργειας που αξιοποιήθηκε σε μηχανική μορφή . Η πρωτογενής αυτή μορφή ενέργειας που παρέχεται άμεσα από τη φύση διαδραμάτισε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας ιδιαίτερα με τη χρήση της στη ναυτιλία για συγκοινωνιακούς και εξερευνητικούς σκοπούς. Η σημασία της ενέργειας που μπορεί να ληφθεί από τον άνεμο φαίνεται από τις εφαρμογές στην αρχαιότητα όπου η πορεία και η ανάπτυξη πολιτισμών βασίστηκε ουσιαστικά σε αυτήν, όπως η μεγάλη ανάπτυξη της Πόλης-Κράτους των Αθηνών λόγω της μεγάλης ανάπτυξης της ναυσιπλοΐας. Πρώτη χρήση της αιολικής ενέργειας από τον άνθρωπο έγινε για τη χρήση των πλοίων τους. Υπάρχουν επίσης ιστορικές και αρχαιολογικές μαρτυρίες ότι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν από τους Κινέζους, τους Πέρσες και τους Αιγύπτιους πολλούς αιώνες πριν από τη γέννηση του Χριστού. Αρκετά στοιχεία σήμερα είναι γνωστά για τμήματα κτισμάτων που βρέθηκαν στην Περσία και αποδείχθηκε ότι ανήκουν σε ανεμόμυλους κατακόρυφου άξονα .



Εικόνα 30:Αναπαράσταση ανεμόμυλου κατακόρυφου άξονα ΠΕΡΣΙΑ.

Μία σύντομη ιστορική αναδρομή στη χρήση των ανεμόμυλων δείχνει ότι κατά τους αρχαίους χρόνους χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για το άλεσμα του σιταριού. Στην Αίγυπτο σήμερα σώζονται πύργοι ανεμόμυλων μεγάλης ηλικίας ενώ στο Αφγανιστάν βρίσκονται τα ερείπια ενός μεγάλου κτιρίου, με πολλές οπές, δια μέσου των οποίων ο αέρας που εισέρεε έβαζε σε κίνηση ειδικές μηχανές που εκτελούσαν χρήσιμες για τον άνθρωπο εργασίες . Οι ανεμόμυλοι δεν χρησιμοποιήθηκαν-αλλά χρησιμοποιούνται και σήμερα μόνο για άλεση των δημητριακών, αλλά και για άλλες εργασίες με περισσότερο σπουδαία την άντληση των υδάτων από γεωτρήσεις.



Εικόνα 31: Ανεμόμυλοι για άλεσμα δημητριακών και άντληση υδάτων.

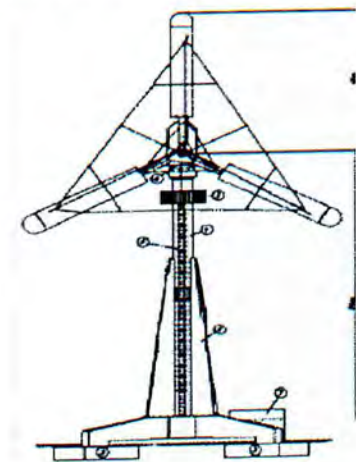
Η Paul la Cour η οποία σπούδασε μετεωρολόγος ήταν μία από τους πρωτοπόρους στον τομέα κατασκευής ανεμογεννητριών. Με βάση τις γνώσεις πάνω στον τομέα της αιολικής ενέργειας αλλά και των δεδομένων της εποχής προχώρησε αρκετά και στον τομέα της αεροδυναμικής των πτερυγίων. Επίσης ασχολήθηκε και με το πρόβλημα της αποθήκευσης της παραγόμενης από τον άνεμο ενέργειας. Δύο από τα πειραματικά μοντέλα της εγκαταστάθηκαν στο Λύκειο του Askon στη Δανία στις αρχές του αιώνα (1904).



Εικόνα 32: Πειραματικά μοντέλα ανεμογεννητριών έτος κατασκευής 1904 μ.χ .

• ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ Α/Γ LA COUR.

Ο **Johannes Juul**, ο οποίος ήταν ένας από τους πρώτους μαθητές της La Cour βελτίωσε ακόμα περισσότερο τις Α/Γ. Έκανε χρήση ηλεκτρικών μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος για την παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο. Το 1956 κατασκεύασε μία Α/Γ την Gedser, η οποία πήρε το όνομά της από την ακτή της Δανίας στην οποία έγιναν οι πρώτες πειραματικές δοκιμές.



Εικόνα 33: Ανεμογεννήτρια τύπου Gedser παραγωγής ενέργειας μέσω του ανέμου.

• Α/Γ ΤΥΠΟΥ GEDSER

Η μονάδα ήταν τριπτέρυγη ως ενδείκνυται άνωθεν συνδεδεμένη με ασύγχρονη γεννήτρια εναλλασσομένου και ως κατασκευή ήταν πρωτοπόρος για τη μετέπειτα πορεία και εξέλιξη των ανεμογεννητριών, παρ' ότι οπτικά παρέπεμπε σε παλαιότερες εποχές. Αξιόλογη ήταν και η ανθεκτικότητα της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας η οποία λειτούργησε για 11 χρόνια αδιάλειπτα χωρίς να χρειαστεί συντήρηση. Η αύξηση της ζήτησης της ενέργειας μεταπολεμικά, μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, οδήγησε ορισμένες τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες στην κατάσταση προγραμμάτων για εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Η επιδίωξη να συμπιεσθεί το κόστος της αρχικής εγκατάστασης με την κατασκευή μονάδων μεγαλύτερης ισχύος, αντιμετώπισε την επίλυση δύσκολων τεχνικά προβλημάτων και την αναζήτηση ανθεκτικότερων υλικών, μερικά από τα οποία επιλύθηκαν σταδιακά. Η προσπάθεια αυτή είχε να ανταγωνισθεί και την επέκταση των δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα τελικά να χαθεί το ενδιαφέρον ακόμα και για μικρής κλίμακας εφαρμογές εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Τελικά το ενδιαφέρον περιορίστηκε στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας σε απομονωμένες περιοχές.

Η ενεργειακή κρίση του 1970 με τις αλλεπάλληλες αυξήσεις της τιμής του πετρελαίου, και η τεχνολογική πρόοδος που επιτεύχθηκε, έδρασαν ευνοϊκά ώστε να δικαιολογείται η προσπάθεια κατασκευής μεγαλύτερων μονάδων για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, αλλά και της τυποποίησης στην κατασκευή των μικρότερων για ορισμένες χρήσεις. Η ανάγκη για παραγωγή ενέργειας πέραν του συμβατικού τρόπου με λιγνίτη και πετρέλαιο και με τις λιγότερες επιβαρύνσεις στο περιβάλλον έγινε πιο επιτακτική, με τελικό αποτέλεσμα την κατασκευή Α/Γ με ονομαστική ισχύ της τάξεως MW.

2.2.1 Αναλυτικότερα η πορεία ανάπτυξης των ανεμόμυλων και μετέπειτα των ανεμογεννητριών συνοψίζεται επιγραμματικώς στον πίνακα που ακολουθεί.

1.200 μ.Χ.	Ανεμόμυλοι οριζοντίου άξονα χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη για το άλεσμα σιταριού.
1.500 μ.Χ.	Στα πεδινά της Ολλανδίας εμφανίζονται οι πρώτοι ανεμόμυλοι. Ο Don Quixote τους φέρνει στην Ισπανία .
1.600 μ.Χ.	Άποικοι κατασκευάζουν ανεμόμυλους ευρωπαϊκού τύπου στα ανατολικά παράλια της Αμερικής .
1.700 μ.Χ.	Οι ατμομηχανές αρχίζουν να αντικαθιστούν τους ανεμόμυλους .
1.860	Στην Αμερική χρησιμοποιούνται ανεμόμυλοι με πολλά πτερύγια (multi bladed windmills) για την κίνηση αντλιών.
1.870	Το Σικάγο γίνεται κέντρο βιομηχανικής παραγωγής ανεμόμυλων.
1.900	Οι Δανοί παράγουν ηλεκτρισμό από τον άνεμο .
1.920	Ανεμόμυλοι μεταλλικής κατασκευής χρησιμοποιούνται στην Αμερική για την ηλεκτροδότηση αγροτικών σπιτιών.
1.930	Οι ανεμόμυλοι στις αγροτικές περιοχές αντικαθίστανται από την επέκταση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας.
1.940	Στο Vermont (Η.Π.Α.) κατασκευάζεται για πρώτη φορά πειραματικός ανεμοκινητήρας αρκετά μεγάλης ισχύος με δύο πτερύγια .
1.950	Η ατομική ενέργεια μειώνει το ενδιαφέρον για χρησιμοποίηση της αιολικής ενέργειας .
1960	Η μόλυνση του περιβάλλοντος από τις υπάρχουσες πηγές ενέργειας (άνθρακας – πετρέλαιο) αρχίζει να γίνεται έντονη .
1976	Τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες διαθέτουν για πρώτη φορά μεγάλο ύψος χρημάτων για προγράμματα γύρω από την τεχνοοικονομική διερεύνηση των ανεμογεννητριών .
1983	Κατασκευή ανεμογεννητριών ισχύος τάξεως εκατοντάδων KW .
1990	Κατασκευή ανεμογεννητριών ισχύος τάξεως MW .

2.3 Κατηγορίες ανεμογεννητριών βάσει της ισχύος τους

Η συνεχόμενη έρευνα στον τομέα των ανεμογεννητριών έλυσε πολλά προβλήματα και δυσλειτουργίες λειτουργικά προβλήματα επιλύθηκαν , βελτιώσεις επιτεύχθηκαν με την αυτοματοποίηση και επίσης η ισχύς ανά μονάδα αυξήθηκε. Η κατάταξη των ανεμογεννητριών σύμφωνα με τις κατασκευές που έχουν γίνει σήμερα γίνεται βάσει της ισχύος τους και διακρίνονται σε :

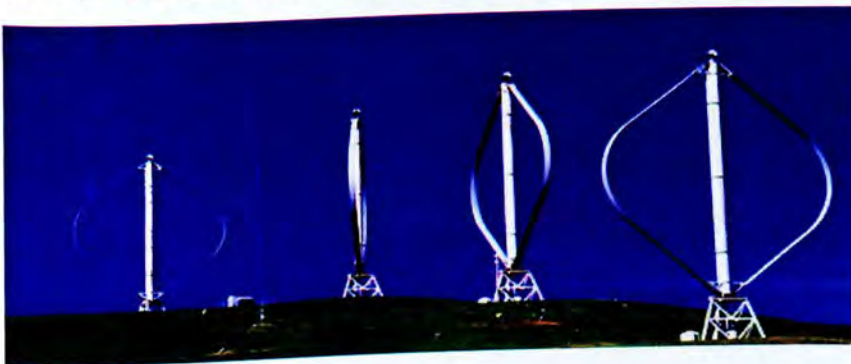
2.3.1 Ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος μέχρι 20 KW

Μια ανεμογεννήτριας ισχύος 20kW παράγει αρκετή ενέργεια για να τροφοδοτήσει αρκετά σπίτια. Κυρίως ,οι μικρές ανεμογεννήτριες ισχύος, 20kW χρησιμοποιούνται σε μικρά αιολικά πάρκα για να ενισχύουν την παραγωγή του δικτύου κατά το μοντέλο της μικρής διάσπαρτης παραγωγής.



Εικόνα 34: Ανεμογεννήτριες ισχύος 20KW.

2.3.2 Ανεμογεννήτριες μέσης ισχύος 20 - 250 KW .



Εικόνα 35: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.



Εικόνα 36: Ανεμογεννήτρια wind master ισχύος 150KW .

2.3.3 Ανεμογεννήτριες μεγάλης ισχύος > 250 KW .



Εικόνα 37: Ανεμογεννήτρια τύπου Vestas 1500W εγκατεστημένες στη θάλασσα .

Ανεμογεννήτριες πολύ μεγάλης ισχύος αρκετών MW, οι οποίες έχουν κατασκευαστεί πειραματικά για περιοχές με πολύ υψηλό δυναμικό για παραγωγή ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα.

2.4 Χρήση αιολικής ενέργειας

Πλεονεκτήματα

Ανεξαρτησία από ορυκτά καύσιμα (δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με αέριους ρύπους, παρέχει προστασία έναντι της αστάθειας τιμών των ορυκτών καυσίμων). Ιδιαίτερα φιλική στο περιβάλλον με αμελητέες επιδράσεις στη πανίδα και ελάχιστες απαιτήσεις γης. Τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική, γρήγορη και τυποποιημένη συνομολόγηση και εγκατάσταση. Χαμηλό λειτουργικό κόστος. Ελεύθερη, άφθονη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Βοηθά στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας απώλειες μεταφοράς ενέργειας. Ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία κάθε χώρας. Δημιουργεί θέσεις απασχόλησης στην περιφέρεια. Σύστημα παραγωγής ενέργειας με μικρές απώλειες. Ανεξάρτητη από κεντρικά δίκτυα διανομή.

Μειονεκτήματα

Ο εκπεμπόμενος θόρυβος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα και από την περιστροφή των πτερυγίων. Εκτιμάται σε περίπου 44 db σε απόσταση 200 m για ταχύτητα ανέμου 8 m/s. Η οπτική όχληση είναι κάτι υποκειμενικό αλλά κάποιος που είναι ευνοϊκά διακείμενος απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αποδέχεται οπτικά τις ανεμογεννήτριες. Δεδομένου ότι οι ανεμογεννήτριες είναι ορατές από απόσταση, πρέπει να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσής τους στο τοπίο. Η επίδραση στις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Το 99% της γης που φιλοξενεί ένα αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις. Το ποσοστό των πουλιών που σκοτώνονται ετησίως από πρόσκρουση σε ανεμογεννήτριες είναι ασήμαντο (0.5%) σχετικά με το αυτό που οφείλεται σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (60%). Πάντως θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη χωροθέτηση τυχόν προστατευόμενες περιοχές και να εξετάζεται η τοποθέτηση συστήματος υπερήχων. Η απρόβλεπτη διακύμανση ενέργειας που δίνουν οι αιολικές μηχανές σχετικά με το υψηλό κόστος έρευνας του αιολικού δυναμικού και εγκατάστασης της μηχανής.

2.5 Είδη ανεμογεννητριών

2.5.1. Διακρίνουμε δύο είδη με βάση τον αριθμό των πτερυγίων τους:

Τις δίπτερες και τις τρίπτερες. Οι τρίπτερες, με ρότορα μικρότερο των 10 μέτρων, έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού δυναμικού. Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρότερο απ' αυτό των τρίπτερων αντίστοιχου μεγέθους. Η σύγχρονη τεχνολογία χρήσης της αιολικής ενέργειας ξεκίνησε με μικρές Α/Γ δυναμικότητας 20 ως 75 KW. Σήμερα χρησιμοποιούνται Α/Γ δυναμικότητας 200 ως 2.000 KW.

Τρίπτερες ανεμογεννήτριες με ρότορα μήκους μικρότερου των 10 μέτρων έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού ανέμου (ευρύ φάσμα ταχυτήτων ανέμου) και κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρό καθώς τα προβλήματα αντοχής και δυναμικής καταπόνησης μηχανικών μερών είναι περιορισμένα στις μηχανές αυτής της κατηγορίας.



Εικόνα 38: Δίπτερες ανεμογεννήτριες .



Εικόνα 39: Τρίπτερες ανεμογεννήτριες .

Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης σαφώς μικρότερο, από αυτό των τριπτερόγων αντίστοιχου μεγέθους. Ενδιαφέρον, για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού τους, έχουν οι περιοχές με ικανοποιητικές μέσες ταχύτητες ανέμου. Ένα πάρκο ανεμογεννητριών, το οποίο σε ταχύτητα 8m/sec αποδίδει 1600KW, σε ταχύτητα 4m/sec αποδίδει μόνο 200 KW. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τόπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνο

2.6 Οι ανεμογεννήτριες με βάση τον άξονά τους κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες :

2.6.1 Οι ανεμογεννήτριες οριζώντιου άξονα:

Είναι οι ανεμογεννήτριες εκείνες που περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα οριζόντιο ως προς το επίπεδο του εδάφους. Αυτές οι ανεμογεννήτριες είναι πιο γνωστές σε εμάς γιατί τις βλέπουμε έξω από πόλεις τοποθετημένες. Αυτές οι ανεμογεννήτριες πρέπει να προσανατολίζονται κάθε φορά με την κατεύθυνση του ανέμου.

2.6.2 Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα:

Είναι εκείνες που περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα ο οποίος είναι κάθετος ως προς το επίπεδο του εδάφους. Αυτές οι ανεμογεννήτριες δεν χρειάζονται να αλλάζουν συνεχώς προσανατολισμό αναλόγως με την κατεύθυνση του ανέμου γιατί πολύ απλά έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν με οποιαδήποτε κατεύθυνση και αν έχει ο αέρας.



Εικόνα 40: Οριζοντίου άξονα .

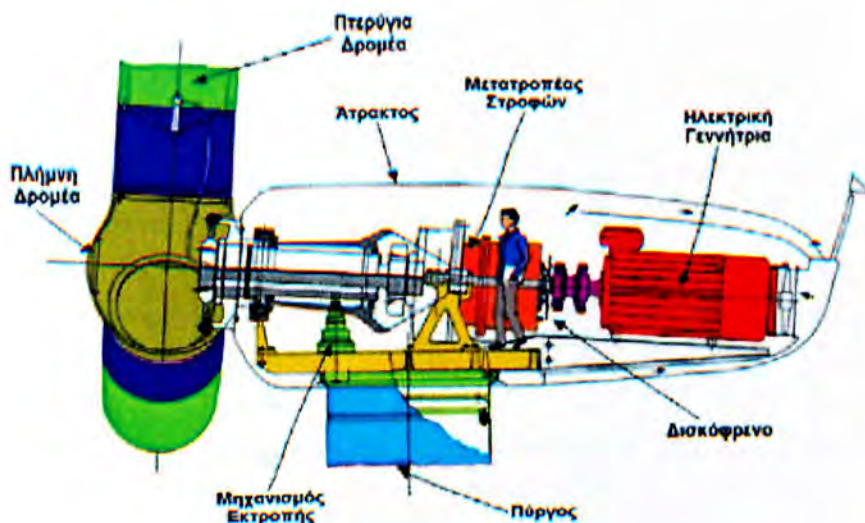


Εικόνα 41: Κατακόρυφου άξονα .

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου . Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt.

Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500 kW είναι : Διάμετρος δρομέα, 40 μέτρα και ύψος 40-50 μέτρα , ενώ αυτής των τριών MW οι διαστάσεις είναι 80 και 80–100 μέτρα αντίστοιχα.

Παρόλο που δεν υφίσταται κανένας καθοριστικός λόγος, εκτός ίσως από την εμφάνιση, στην αγορά έχουν επικρατήσει αποκλειστικά οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, με δύο ή τρία πτερύγια. Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη :



Εικόνα 42: Σχηματική παρουσίαση ανεμογεννήτριας.

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

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

Την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας. Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.

Το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.

Τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου , οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου . Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί , συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας , φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της .

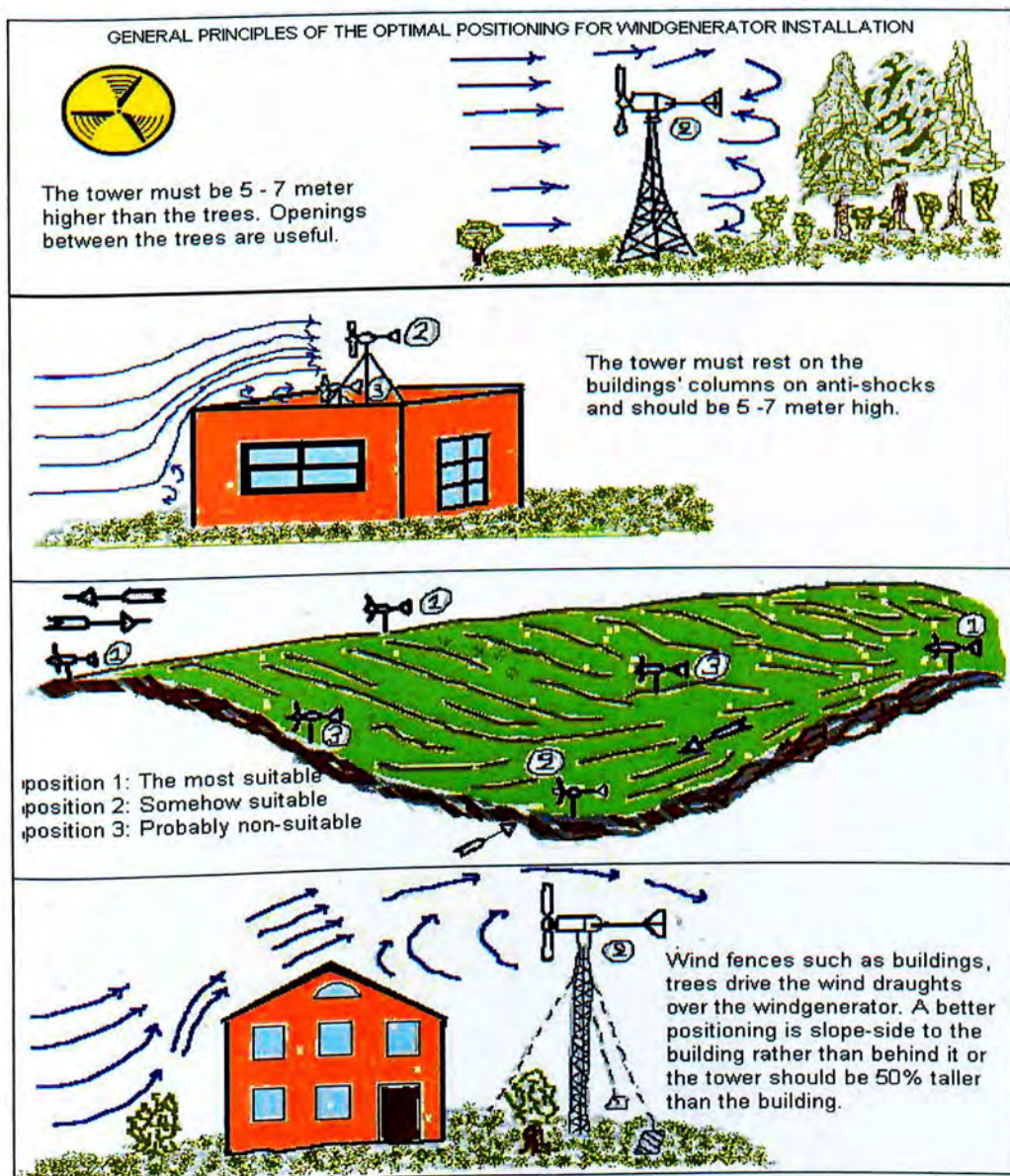
Οι ανεμογεννήτριες εκτός των αιολικών πάρκων χρησιμοποιούνται και για την κάλυψη ή τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών απομακρυσμένων εξοχικών κατοικιών, βιομηχανικών μονάδων, ιστιοφόρων πλοίων κ.λπ.. Στις περιπτώσεις αυτές, για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της άπνοιας ή οι αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια κάποιες ώρες της ημέρας, η ενέργεια αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) και χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται.

Επίσης όταν ο άνεμος φυσάει συνήθως με χαμηλές ταχύτητες, συνιστάται η παράλληλη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων έτσι ώστε η παραγωγή ενέργειας να βασίζεται σε δύο πηγές: τον άνεμο και τον ήλιο .Με αυτό τον τρόπο το σύστημα γίνεται πιο αξιόπιστο.

Το ρεύμα που παράγεται από την ανεμογεννήτρια (και τα φωτοβολταϊκά εφόσον υπάρχουν) μεταφέρεται στις μπαταρίες μέσω ενός Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας (EMU). Στη συνέχεια το EMU μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο 220V 50Hz για τη λειτουργία των οικιακών συσκευών. Εάν υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο, η έξτρα παραγόμενη ενέργεια αποθηκεύεται εκεί. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να υπάρχουν οικονομικά οφέλη από την πώληση της ενέργειας στη ΔΕΗ.

2.7 Γενικές αρχές για την βέλτιστη τοποθέτηση μιας εγκατάστασης ανεμογεννητριών.

Μια άλλη σημαντική καινοτομία για μικρής ισχύος ανεμογεννήτριες, είναι ο τρόπος οδήγησής της στον άνεμο (προσανεμισμός). Οι μικρές ανεμογεννήτριες συνήθως κατευθύνονται στον άνεμο μέσω ενός πτερυγίου ή ουράς. Αυτή η μέθοδος είναι μεν οικονομική αλλά παρουσιάζει μεγάλες απώλειες ενέργειας καθώς με κάθε στιγμιαία πλάγια ριπή που δέχεται, εκτρέπεται από την κύρια διεύθυνση του ανέμου με αποτέλεσμα την μείωση των στροφών της γεννήτριας, πτώση της τάσης και της ισχύος.



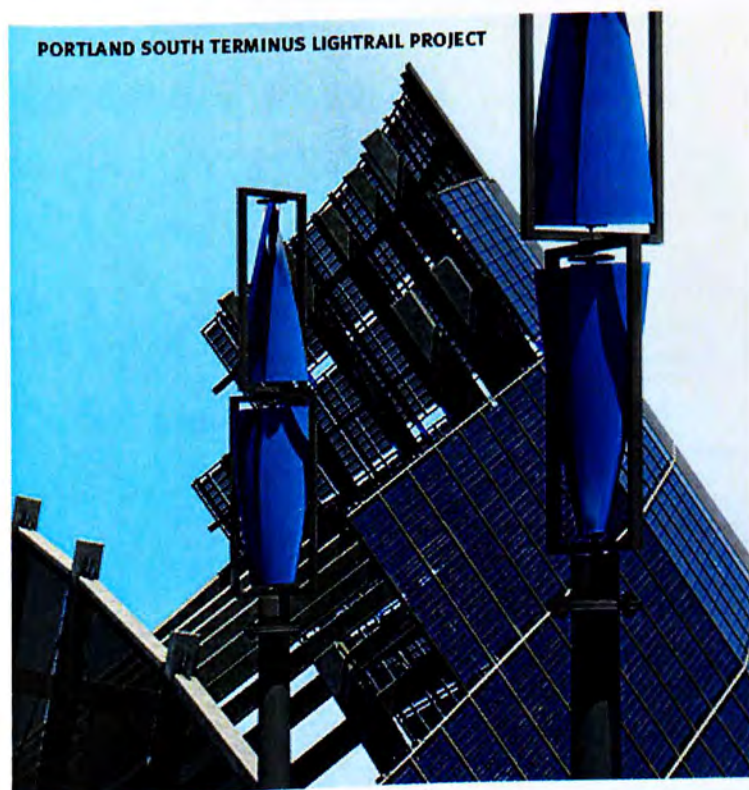
Εικόνα 43: Βέλτιστη τοποθέτηση και εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

Είναι επίσης δυνατό, παράλληλα με τις ανεμογεννήτριες, να γίνεται χρήση νηξελογεννητριών, που λειτουργούν όταν οι ανάγκες το απαιτούν.

Μερικές Φωτογραφίες από τις Εγκαταστάσεις «ατομικών» ανεμογεννητριών

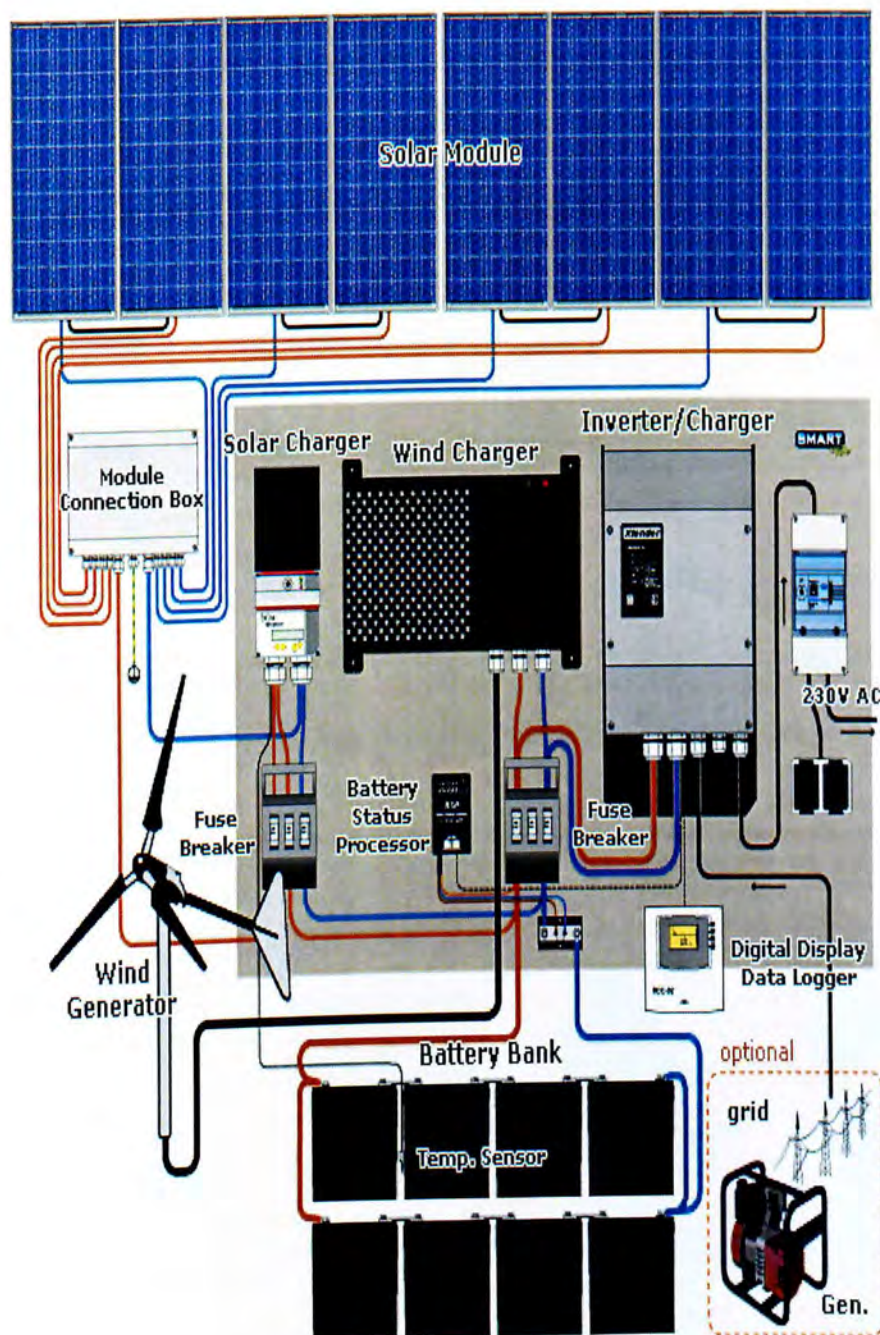


Εικόνα 44: Ανεμογεννήτρια με έμφαση την καλαισθηση του κτηρίου.



Εικόνα 45: Ανεμογεννήτρια κάθετου τύπου με έμφαση την καλαισθηση του κτηρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μελέτη και δημιουργία αυτόματης εναλλαγής πηγών ενέργειας σε υβριδικό σύστημα κατοικίας



Εικόνα 46: Μπλόκ διάγραμμα Υβριδικού συστήματος.

3.1 Περιγραφή και υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών συσκευών



Εικόνα 47: Οικιακές συσκευές και φωτισμός κατοικίας.

Σε μια κατοικία που λειτουργεί μόνο με την ενέργεια που παράγουν ανανεώσιμες πηγές (φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτρια) και με τη βοήθεια μιας πετρελαιογεννήτριας (χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα από την υπηρεσία ηλεκτρισμού), είναι πολύ σημαντική η σωστή επιλογή των οικιακών συσκευών και των μηχανημάτων που θα υπάρχουν στην κατοικία. Πρέπει οι συσκευές να είναι οικονομικής κατανάλωσης (ενεργειακής κλάσης) αλλά και να ικανοποιούν τις ανάγκες μιας ολοκληρωμένης κατοικίας χωρίς προβλήματα.



Εικόνα 48: Σε κάθε συσκευή υπάρχει μία ετικέτα που αναγράφει την ενεργειακή του κλάση.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης μίας υδριβικής κατοικίας επιλέξαμε τις πιο κάτω συσκευές χαμηλής κατανάλωσης:

1. Φούρνος ψησίματος αερίου (Glass DG51GXS)

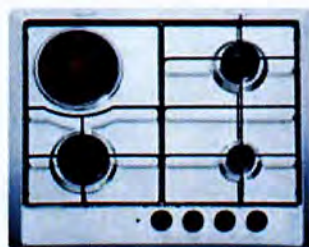
Κατανάλωση ενέργειας :2.5KW

Εντοιχιζόμενη εστία αερίου (Franke mercury)

Κατανάλωση ενέργειας :5.75KW



Εικόνα 49: Φούρνος ψησίματος .



Εικόνα 50: Εντοιχιζόμενη εστία.

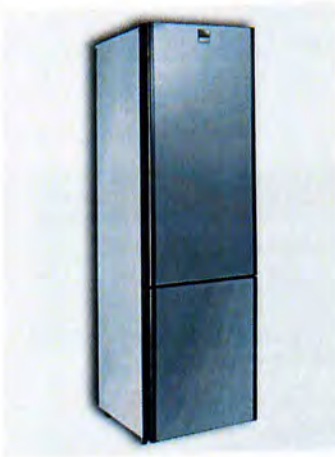
2.Βραστήρας (shaub lorenz SI-WK100)

Κατανάλωση ενέργειας :1850Watt(1.85KW)



Εικόνα 51:Βραστήρας.

3.Ψυγείο (Candy CRCS 5152X) Κατανάλωση ενέργειας:0.6KW/24ώρες



Εικόνα 52:Ψυγείο.

4.Λαμπήρες τύπου LED

- (360°-60 Smd 5050) Κατανάλωση ενέργειας:9watt(0.009KW)



- (360°-84 Smd 5050) Κατανάλωση ενέργειας:13watt(0.013KW)



- T8 Led Λάμπα (Φθορίου) Κατανάλωση ενέργειας:10watt(0.01KW)



Εικόνα 53:Λάμπες LED.

5.Τηλεόραση 32'' (SAMSUNG UE32ES6710 3D)

Κατανάλωση ενέργειας:50watt(0.05KW)



Εικόνα 54:Τηλεόραση.

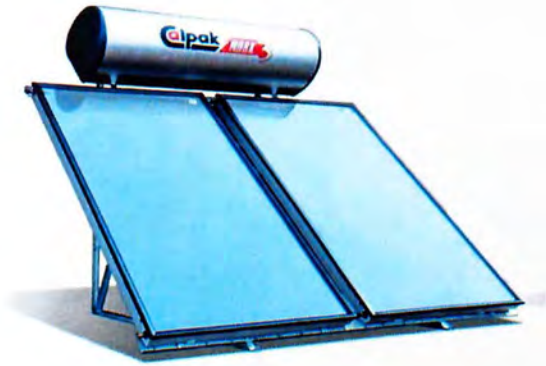
6. Φορητός υπολογιστής (Acer aspire 5942G)

Κατανάλωση ενέργειας: $19V \cdot 4.7A = 89.3Watt(0.09KW)$



Εικόνα 55:Φορητός υπολογιστής.

7. Ηλιακός θερμοσίφωνας (caplak) Κατανάλωση ενέργειας:3KW



Εικόνα 56: Ηλιακός θερμοσίφωνας.

8. Πιστολάκι μαλλιών (GRUNDIG HD-3700)

Κατανάλωση ενέργειας :800watt(0.8KW)



Εικόνα 57: Πιστολάκι μαλλιών.

9. Air condition (HITACHI BIGFLOW RAS/RAC-10KH3 9.900 btu)

Κατανάλωση ενέργειας :0.7KW



Εικόνα 58: Air condition.

10. Πλυντήριο ρούχων (Candy aqua 80F)

Κατανάλωση ενέργειας :0.66KW ανά πρόγραμμα (1.5ώρα)



Εικόνα 59:Πλυντήριο ρούχων.

11. Ηλεκτρικό σίδερο ατμού (PHILIPS GC8420)

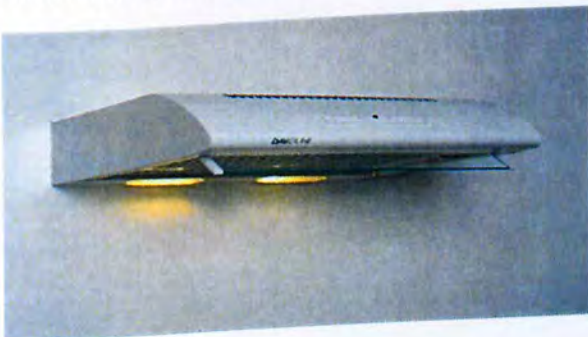
Κατανάλωση ενέργειας 800watt (0.8KW)



Εικόνα 60:Σίδερο.

12. Απορροφητήρας (Olympria 060 1M Davo)

Κατανάλωση ενέργειας :0.21KW



Εικόνα 61:Απορροφητήρας.

3.1.1 Υπολογισμός της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών συσκευών και φωτισμού.

Με τη βοήθεια του πιο κάτω πίνακα υπολογίζουμε την συνολική κατανάλωση ενέργειας (μέγιστη) που χρειάζεται μια κατοικία στη διάρκεια μιας μέρας με τις πιο πάνω οικιακές συσκευές και φωτισμό (Led).

Συσκευή	Ποσότητα	Ισχύς (KW)	Ώρες λειτουργίας	Ηλεκτρική κατανάλωση (KWh)
Λαμπτήρες (LED)υπνοδωματίων	3	0.009	4	0.108
Λαμπτήρες (LED)Σαλόνι	1	0.009	4	0.036
Λαμπτήρες (LED)Αποθήκη	1	0.009	0.5	0.0045
Λαμπτήρες (LED)Τουαλέτα	1	0.009	1	0.009
Λαμπτήρες (LED)Βεράντα	1	0.013	3	0.039
Λαμπτήρες (LED)Κουζίνα	1	0.01	3	0.03
Τηλεόραση	1	0.05	5	0.25
Ψυγείο	1	0.025	10	0.25
Πλυντήριο	1	0.7	0.2	0.14
Σίδερο	1	0.8	0.06	0.048
Air condition	2	0.7	3	4.2
Βραστήρας	1	1.85	0.06	0.111
Απορρόφητηρας	1	0.21	0.12	0.0252
Φορητός υπολογιστής	1	0.09	4	0.36
Ηλιακός θερμοσίφωνα	1	3	0.5	1.5
Πιστολάκι μαλλίων	1	0.8	0.25	0.2
				Σύνολο :7.3107 KW/Day

*Πίνακας υπολογισμού ενεργειακής κατανάλωσης

Σημείωση:

Ο υπολογισμός κατανάλωσης του φορητού υπολογιστη έγινε ως εξής:

$$19V \cdot 4.7A = 89.3W = 0.0893KW = 0.09KW$$

3.1.2 Λαμπτήρες (LED):

Η αναλογία ενός λαμπτήρα Led με ένα αλογόνου/πυρακτώσεως έχει ως εξής

10 Lumen ενός λαμπτήρα Led αντιστοιχούν σε 1 Watt αλογόνου
Σύμφωνα με την παραπάνω αναλογία αν διαιρέσουμε τα Lumen ενός Led με το 10 μας δίνει την αναλογία Led - αλογόνου/πυρακτώσεως

Ένας λαμπτήρας LED αποδίδει 300Lumen τότε :

$$\frac{300\text{Lumen(λαμπτήραLed)}}{10\text{ Lumen (αντιστοιχίας αλογόνου/πυρακτώσεως)}} = 30\text{ Watt (ισοδυναμία με αλογόνου/πυρακτώσεως)}$$

Οπότε ο λαμπτήρας του παραδείγματος αντιστοιχεί με 30Watt αλογόνου/πυρακτώσεως .

Άρα ο λαμπτήρας LED που χρησιμοποιήσαμε με 9watt=0.009kw και 1000Lumen

$$\frac{1000\text{Lumen(λαμπτήραLed)}}{10\text{ Lumen (αντιστοιχίας αλογόνου/πυρακτώσεως)}} = 100\text{ Watt (ισοδυναμία με αλογόνου/πυρακτώσεως)}$$

Άρα ο λαμπτήρας LED που χρησιμοποιήσαμε με 13watt=0.013kw και 1500Lumen

$$\frac{1500\text{Lumen(λαμπτήραLed)}}{10\text{ Lumen (αντιστοιχίας αλογόνου/πυρακτώσεως)}} = 150\text{ Watt (ισοδυναμία με αλογόνου/πυρακτώσεως)}$$

Άρα ο λαμπτήρας LED που χρησιμοποιήσαμε με $10\text{watt}=0.01\text{kw}$ και 800Lumen

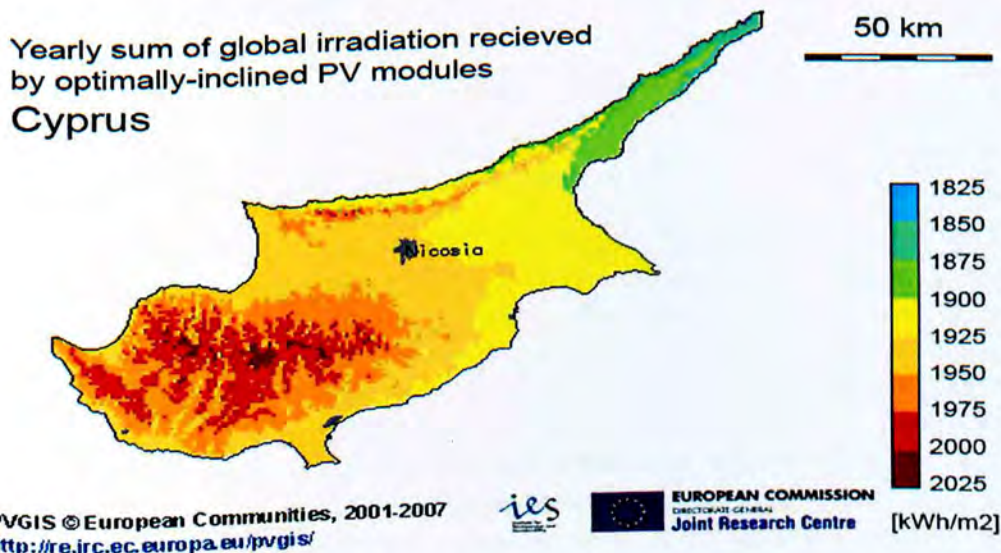
$$\frac{800\text{Lumen}(\text{λαμπτήραLed})}{10\text{Lumen}(\text{αντιστοιχίας αλογόνου/πυρακτώσεως})} = 80\text{ Watt}(\text{ισοδυναμία με αλογόνου/πυρακτώσεως})$$

Φούρνος ψησίματος αερίου και εντοιχιζόμενη εστία αερίου :

Τα πιο πάνω τα έχουμε επιλέξει να λειτουργούν με αέριο, δηλαδή να μην λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια την οποία θα παράγουν τα φωτοβολταϊκά ,η ανεμογεννήτρια και η γεννήτρια γιατί το σύστημα δεν θα μπορούσε να ήταν πλήρως αυτοματοποιημένο, χωρίς την βοήθεια της ΔΕΗ .Στο τελευταίο μέρος της μελέτης όπου θα είναι η βελτιστοποίηση του συστήματος θα επιλέξουμε τα πιο πάνω να λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα.

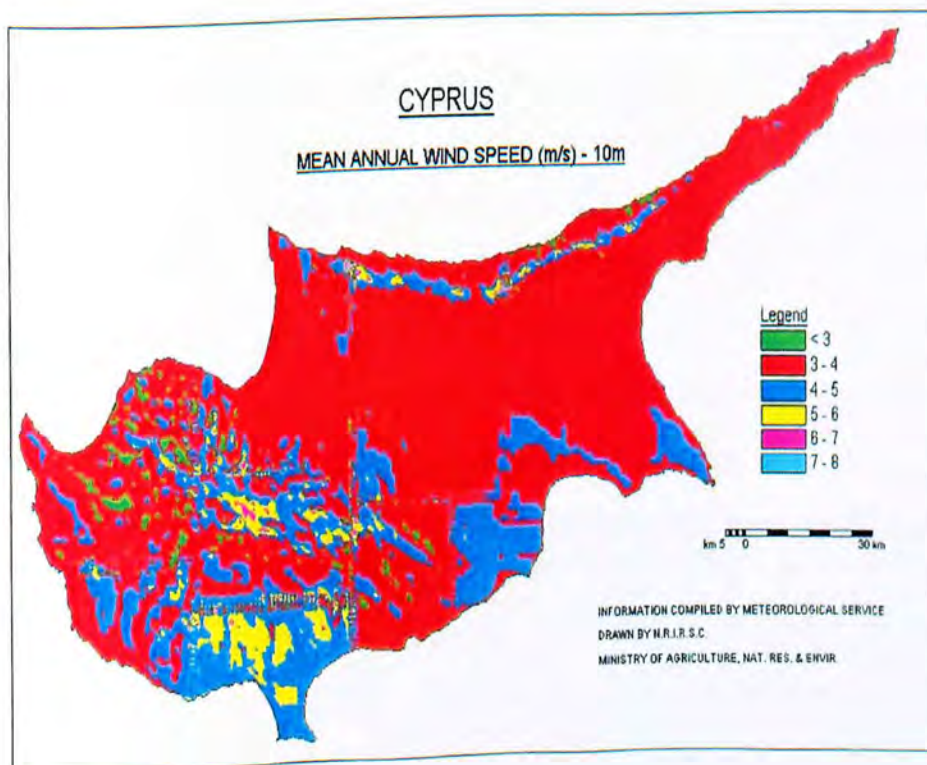
3.2 Μελέτη και σχεδίαση υβριδικού συστήματος σε μια κατοικία (κριτήρια για την σχεδίαση υβριδικού συστήματος (φωτοβολταϊκά-ανεμογεννήτριας)

Για να εγκατασταθεί ένα Φ/Β σύστημα σε μία κατοικία θα πρέπει να πληρούνται κάποια κριτήρια. Τα πιο σημαντικά είναι η ηλιοφάνεια και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στις πεδινές περιοχές ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας για ολόκληρο το έτος αποτελεί το 75% των ωρών που ο ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα. Σε όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού η ηλιοφάνεια είναι κατά μέσο όρο 11,5 ώρες/μέρα, ενώ το Δεκέμβρη και το Γενάρη που εμφανίζεται μεγάλη νέφωση η διάρκεια της ηλιοφάνειας ελαττώνεται στις 5,5 ώρες την ημέρα. Ακόμα και στις πιο ψηλές περιοχές του Τροόδου, η μέση ηλιοφάνεια, κατά τους χειμερινούς μήνες -με πολύ μεγάλη νέφωση, είναι περίπου 4 ώρες/μέρα, ενώ τον Ιούνη και τον Ιούλη φτάνει στις 11 ώρες/μέρα. Η μεγαλύτερη δυνατή ηλιοφάνεια (από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου) στην Κύπρο κυμαίνεται από 9,8 ώρες/μέρα το Δεκέμβρη ως 14,5 ώρες/μέρα τον Ιούνη, σύμφωνα με τη Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, ενώ η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο στην Κύπρο εκτιμάται σε 5,4 $KW h / m^2$. Μία άλλη σημαντική παράμετρος είναι η στέγη ή ο χώρος που θα τοποθετηθούν τα πλαίσια. Η βέλτιστη απόδοση είναι όταν τα πλαίσια έχουν νότιο προσανατολισμό και βρίσκονται σε γωνία 25-30°. Στην περίπτωση επίπεδης στέγης, τα πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν σε κεκλιμένες μεταλλικές βάσεις οι οποίες στερεώνονται στην οροφή. Στην περίπτωση κεκλιμένης στέγης, τα πλαίσια στερεώνονται στα κεραμίδια (σε βάσεις) ακολουθώντας την κλίση της οροφής, η ενσωματώνονται αντικαθιστώντας το οικοδομικό υλικό. Τέλος, οι σκιάσεις, αποτελούν αρνητική παράμετρο. Είναι σημαντικό για την τοποθέτηση Φ/Β να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Ένα ύψωμα, ένα διπλανό κτίριο, δέντρα, καπνοδόχοι, κεραιές ή άλλα εμπόδια ενδέχεται να δημιουργήσουν σκιάσεις και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός Φ/Β συστήματος, καθώς μπορεί να συντελέσουν στη μείωση της απόδοσής του.



Εικόνα 62: Η ηλιοφάνεια στη Κύπρο με βάση την μετεωρολογική υπηρεσία.

Στον πιο κάτω χάρτη μπορούμε πολύ εύκολα να δούμε σε πόσα μποφόρ κυμαίνεται ο άνεμος στη Κύπρο. Όπως βλέπουμε πιο κάτω, ο μέσος όρος μποφόρ του ανέμου είναι από 3-6. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια ο άνεμος είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα, ούτως ώστε να χρησιμοποιήσουμε μια ανεμογεννήτρια στο υβριδικό σύστημα που θα σχεδιάσουμε. Όπως θα δούμε και πιο κάτω, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που έχουμε επιλέξει να είναι στο σύστημα έχει ταχύτητα ανέμου εκκίνησης 2m/s και με ταχύτητα ανέμου 5,5m/s παράγει γύρω στα 5,47kwh κιλοβατώρες/ήμερα. Δηλαδή αν το υβριδικό σύστημα το οποίο θα σχεδιάσουμε είναι σε περιοχές με πράσινο, κόκκινο, μπλε και κίτρινο, η ανεμογεννήτρια θα συσσωρεύει την ενέργεια από τον άνεμο σε ικανοποιητικά επίπεδα. Αν είναι σε περιοχή με ροζ ή γαλάζιο τότε θα έχουμε τέλεια συσώρευση ενέργειας από τον άνεμο.



Εικόνα 63: Ο άνεμος στη Κύπρο με βάση την μετεωρολογική υπηρεσία.

Αν η κατοικία η οποία θα έχει το υβριδικό σύστημα που σχεδιάσαμε είναι σε περιοχή με πράσινο (<3), πάλι θα έχουμε παραγωγή ενέργειας αφού η ταχύτητα ανέμου εκκίνησης της ανεμογεννήτριας είναι 2m/s (αρχίζει να παράγει). Άρα έστω και τις μισές κιλοβατώρες/ήμερα να παράγει η ανεμογεννήτρια στο σύστημα, είναι ικανοποιητικά, γιατί όπως έχουμε δει πιο πάνω (σελίδα 52) η ενέργεια που διοχετεύεται από τον ήλιο είναι σε πολύ καλά επίπεδα, δηλαδή οι περισσότερες κιλοβατώρες παράγονται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Άρα την ανεμογεννήτρια στο σύστημα θα την έχουμε περισσότερο ως εφεδρική. Αν δεν υπάρχει ήλιος, τότε θα υπάρχει άνεμος, άρα έχουμε πάντα παραγωγή ενέργειας. Αλλά μπορεί να υπάρχει και ήλιος και άνεμος, τότε το σύστημα θα λειτουργεί τέλεια. Αν δεν υπάρχει ούτε ήλιος ούτε άνεμος θα ξεκινά αυτόματα η γεννήτρια και έτσι θα λειτουργεί το σπίτι κανονικά και ταυτόχρονα θα φορτίζει και τις μπαταρίες.

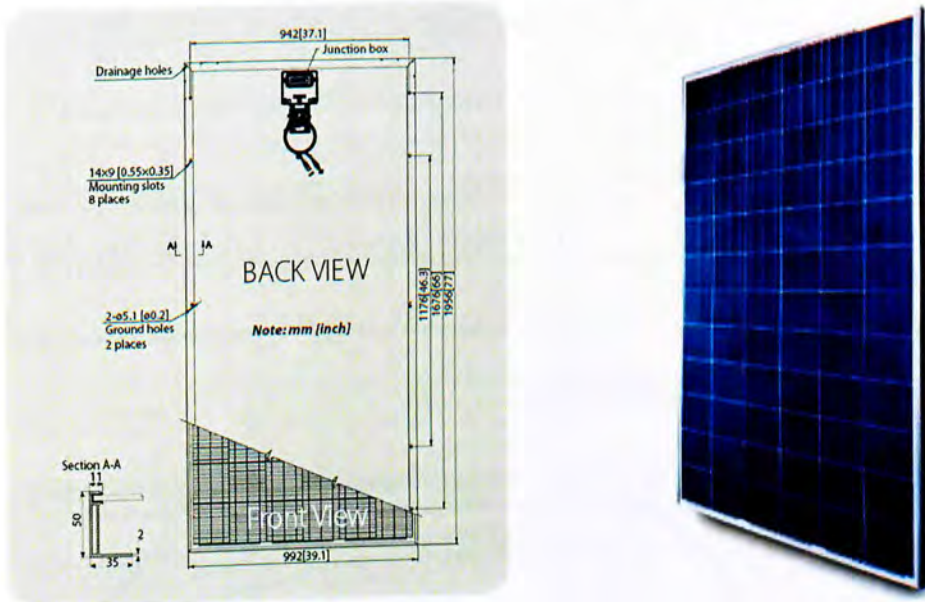
3.3 Εξοπλισμός για την σχεδίαση του υβριδικού συστήματος

Για τη σχεδίαση του υβριδικού συστήματος θα χρησιμοποιήσουμε το πιο κάτω εξοπλισμό:

- Φωτοβολταϊκά πάνελ(Suntech STP 280-24/Vd) x25
- Ανεμογεννήτρια (BSL YZ L1000W)x1
- FlexWare 500 AC(FW-IOB-D-120/240VAC)
 1. Μετατροπέα τάσης (Inverter) (Outback VFX 3524)x2
 2. Ελεγκτή φόρτισης (Charge controller)(Outback FLEXmax60)x2
- Οθόνη συστήματος και ελεγκτών (Mate) x1
- Amp hour meter (outback Flexnet DC) x1
- HUB-10(Outback) x1
- Μπαταρίες(Rolls 6CS 25P) 6V DEEP CYCLE x8
- Lightning arrestors(Delta LA-302 DC) x3
- Γεννήτρια πετρελαίου (LISTER PETTER Alpha series LLD 140 LPWS3 9.5KW Diesel generator) x1
- Combiner box

3.3.1 Με βάση τις πιο πάνω πληροφορίες από τη μετεωρολογική υπηρεσία Κύπρου παρατηρούμε πως η ηλιοφάνεια στην Κύπρο είναι σε πολύ καλά επίπεδα, έτσι στο σύστημα θα έχουμε φωτοβολταϊκά πάνελ για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

Για την συσσώρευση ενέργειας από τον ήλιο επιλέξαμε τα πολυκρυσταλλικού τύπου φωτοβολταϊκά πάνελ (Suntech STP 280-24/Vd) με τις εξής προδιαγραφές:

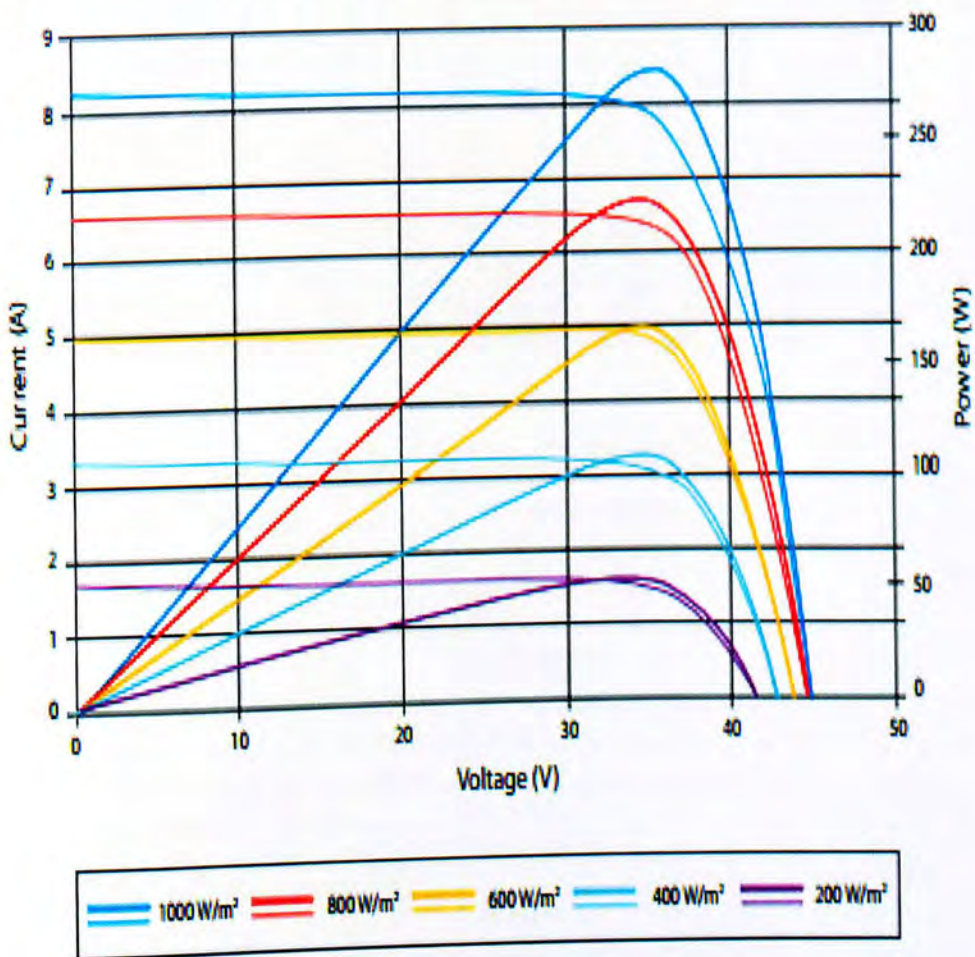


Εικόνα 64: Φωτοβολταϊκά πάνελ (Πολυκρυσταλλικού τύπου) .

Τιμές στις STC * (1000W/m ²)		
Όνομαστική ισχύς P _{max}	[Wp]	280W
Τάση ανοιχτού κυκλώματος	[V]	44.8 V
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I _{sc}	[A]	8.33 A
Τάση μέγιστης ισχύος V _{mpp}	[V]	35.2 V
Ρεύμα μέγιστης ισχύος I _{mpp}	[A]	7.95 A

Τιμές στις NOCT** (800W/m ²)		
Όνομαστική ισχύς P _{max}	[Wp]	204 W
Τάση ανοιχτού κυκλώματος V _{oc}	[V]	40.8 V
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I _{sc}	[A]	6.74 A
Τάση μέγιστης ισχύος V _{mpp}	[V]	32.0 V
Ρεύμα μέγιστης ισχύος I _{mpp}	[A]	6.39 A
Συντελεστές θερμοκρασίας		
P _{mpp} :		: -0.44[%/C]
V _{oc} :		: -0.33[%/C]
I _{sc} :		: +0.055[%/C]
Μέγιστη τάση συστήματος		600 V DC (UL)/ 1000 V DC (IEC)
NOCT** (Nominal Operating Cell Temperature)		45+-2C

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (280-24)



Εικόνα 65:Γραφική παράσταση ρεύματος-τάσης .ισχύς-τάσης.

Σύμφωνα με την μελέτη που έχουμε κάνει το υβριδικό σύστημα για την πλήρη λειτουργία της κατοικίας χρειάζεται περίπου 7.300KW/Day (πίνακας υπολογισμού κατανάλωσης ενέργειας σελίδα 49). Άρα για την κάλυψη της κατοικίας το σύστημα θα πρέπει να αποτελείται από τον πιο κάτω αριθμό φωτοβολταϊκών πάνελ:

- 25 Φωτοβολταϊκά πάνελ (Suntech STP 280-24/Vd) ισχύς 280w
 $25 \times 280 \text{ watt} = 7000 \text{ watt} = 7 \text{ KW}$

3.3.2 Με βάση τις πιο πάνω πληροφορίες από τη μετεωρολογική υπηρεσία Κύπρου παρατηρούμε πως ο άνεμος στην Κύπρο είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα, έτσι στο σύστημα θα έχουμε μια ανεμογεννήτρια για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Για την συσσώρευση ενέργειας από τον άνεμο επιλέξαμε την ανεμογεννήτρια (BSL YZ L1000W) με τις εξής προδιαγραφές:

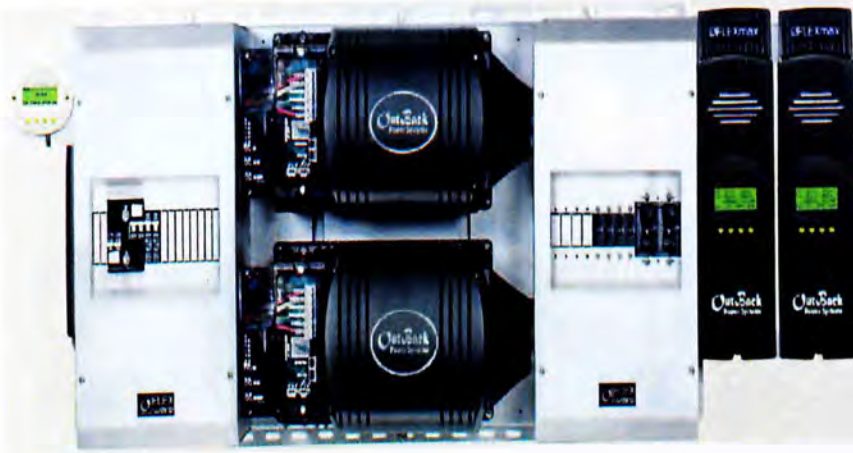


Εικόνα 66:Ανεμογεννήτρια (BSL YZ L1000W).

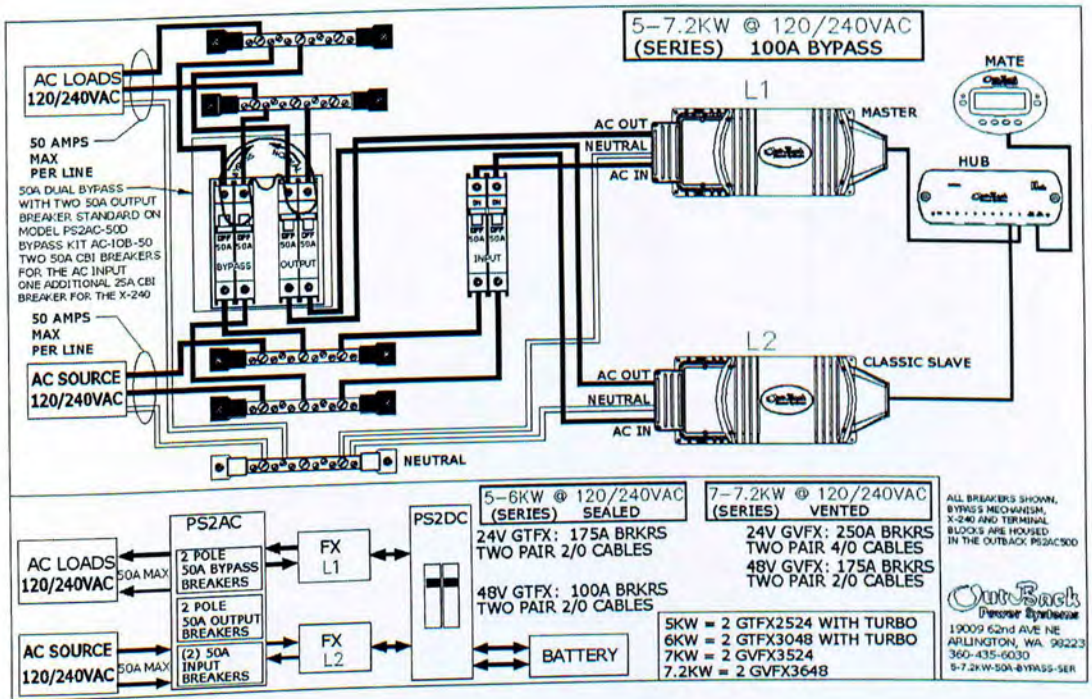
Τέχνικα Χαρακτηριστικά	
Ονομαστική Ισχύς	1000Watts at (9m/s)
Διάμετρος Πτερυγίων	2,7m
Ονομαστική Τάση	48VDC
Βάρος	64Kg
Διαστάσεις	43x24x24cm
Ταχύτητα Ανέμου Εκκίνησης	2m/s
Ονομαστική Ταχύτητα Ανέμου	9m/s
Ταχύτητα Ανέμου Ασφαλείας	16m/s
Ονομαστικές στροφές	400r/m
Υλικό Πτερυγίων	Υαλονήματα
Αριθμός Πτερυγίων	3
Προστασία	Φρενάρισμα απο την ουρά
Ύψος Ιστού	6m
Διάμετρος Ιστού	114mm
Θόρυβος	53,4db
Κιλοβαττώρες/ετος	1997kwh(5,5m/s)
κιλοβαττώρες/ημέρα	5,47kwh(5.5m/s)

Μποφόρ	m/s	Μποφόρ	m/s
1	0,3-1,5	6	10,8-13,8
2	1,6-3,3	7	13,9-17,1
3	3,4-5,4	8	17,2-20,7
4	5,5-7,9	9	20,8-24,4
5	8-10,7	10	24,5-28,4

3.3.3 Flexware 500 AC (FW-IOB-D-120/240VAC)



Εικόνα 67: Flexware 500.



Εικόνα 68: Σύνδεσμογία του συστήματος.

Το πιο πάνω αποτελείται:

- Μετατροπέα τάσης(Inverter) (Outback VFX 3648 x2). Ο μετατροπέας επιλέχθηκε γιατί μπορεί να παράγει μέχρι 3600KW. Άρα (2x3600KW=7200KW).



Εικόνα 69:Μετατροπέας τάσης (inverter).

Nominal DC Input Voltage Range 48VDC	48VDC
Nominal AC Voltage / Frequency	120VAC / 60 HZ
Continuous Power Rating at 25C Ambient	3600VA
Continuous AC RMS Output at 25°C	30.0 Amps AC
Idle Power - Full AC Output	~ 23 Watts DC
Idle Power - Search Mode	2.6 Watts DC
Typical Efficiency	93%
Total Harmonic Distortion - Typical	2%
Output Voltage Regulation	± 2%
Maximum Output Current – Peak (1 mSec)	70 amps AC
Maximum Output Current - RMS (100 mSec)	50 amps AC
AC Overload Capability - Surge	6000VA
AC Overload Capability - 5 Second	5000VA
AC Overload Capability - 30 Minutes	4000VA
AC Input Current Maximum	60 Amps AC
AC Input Voltage Range	80 to 150VAC
AC Input Frequency Range	54.0 to 66.0 Hz
DC Input Range	42.0 to 68.0 VDC
DC Input Current – Rated Power	90 Amps DC
Continuous Battery Charger Output	45 Amps DC

- Ελεγκτή φόρτισης (Charge controller) (Outback FLEXmax 60 x2) .Ο ελεγκτής φόρτισης ρυθμίζει την παραγόμενη τάση που διοχετεύεται στις μπαταρίες ούτως ώστε να προστατεύει τις μπαταρίες.



Εικόνα 70:Ελεγκτής φόρτισης (charger controller).

Nominal Battery Voltages	12, 24, 36, 48, or 60 VDC (Single model - selectable via field programming at start-up)
Maximum Output Current	60 amps @ 104° F (40°C) with adjustable current limit
Maximum Solar Array STC Nameplate	12 VDC systems 900 Watts / 24 VDC systems 1800 Watts / 48 VDC systems 3600 Watts / 60 VDC Systems 4500 Watts
NEC Recommended Solar Array STC Nameplate	12 VDC systems 750 Watts / 24 VDC systems 1500 Watts / 48 VDC systems 3000 Watts / 60 VDC Systems 3750 Watts
PV Open Circuit Voltage (VOC)	150 VDC absolute maximum coldest conditions / 145 VDC start-up and operating maximum
Standby Power Consumption	Less than 1 Watt typical
Power Conversion Efficiency	98.1% @ 60 Amps in at 48 VDC System voltage - Typical
Charging Regulation	Five Stages: Bulk, Absorption, Float, Silent and Equalization
Voltage Regulation Set points	10 to 60 VDC user adjustable with password protection
Equalization Charging	Programmable Voltage Setpoint and Duration - Automatic Termination when completed
Battery Temperature Compensation	Automatic with optional RTS installed /5.0 mV per °C per 2V battery cell
Voltage Step-Down Capability	Can charge a lower voltage battery from a higher voltage PV array - Max 150 VDC input
Programmable Auxiliary Control Output	12 VDC output signal which can be programmed for different control applications (Maximum of 0.2 amps DC)
Status Display	3.1" (8 cm) backlit LCD screen - 4 lines with 80 alphanumeric characters total
Remote Display and Controller	Optional Mate or Mate2 with RS232 Serial Communications Port
Network Cabeling	Proprietary network system using RJ 45 Modular Connectors with CAT 5e Cable (8 wires)
Data Logging	Last 128 days of Operation - Amp Hours, Watt Hours, Time in Float , Peak Watts, Amps, Solar Array Voltage, Max Battery Voltage Min Battery Voltage and Absorb for each day along with total Accumulated Amp Hours, and kW Hours of production
Hydro Turbine Applications	Consult factory for approved Turbines
Positive Ground Applications	Requires two Pole Breakers for switching both positive and Negative Conductors on both Solar Array and Battery Connections (HUB 4 and HUB 10 can not be used in positive ground applications)
Operating Temperature Range	Minimum -40° to maximum 60° C (Power capacity of the controller is automatically derated when operated above 40° C)
Conduit Knockouts	One 1" (35mm) on the back; One 1" (35mm) on the left side; Two 1" (35mm) on the bottom
Weight	11.65 lbs (5.3 kg), 14.90 lbs (6.7 kg)

Dimensions (H x W x D)	13.75 x 5.75 x 4.5" (40 x 14 x 10 cm) 18 x 11 x 8" (46 x 30 x 20 cm)
Options	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB 4, HUB 10, MATE, MATE 2

- Οθόνη συστήματος και ελεγκτών(Mate)



Εικόνα 71: Mate.

Το mate είναι ο ελεγκτής του συστήματος. Μέσω του Mate γίνεται ο απαραίτητος προγραμματισμός και οι ρυθμίσεις των συσκευών (charger controller , inverter , hub ,amp hour meter). Ανάλογα με τις επιλογές που θέλει να κάνει ο χρήστης του συστήματος θέτει και προγραμματίζει τις κατάλληλες παραμέτρους. Επίσης από την οθόνη του Mate , ο χρήστης μπορεί να βλέπει τη κατάσταση του συστήματος.

Interface Display	4 line 80 character backlit LCD - Alphanumeric with graphic symbols
Control Keypad	6 backlit silicone membrane keys- dedicated inverter and AC input keys
Status Indicators	Two LED Status Indicators : Green = Inverter Yellow = AC Input
Communication Protocol	Proprietary OutBack Multi-drop using an OutBack HUB
Interconnection Cabling	Standard CAT 5 network cable with RJ45 modular jack - 50 ft included
PC Computer Interface	RS232 opto-isolated DB9 jack 9600 baud serial communication
Microprocessor	16 MHz low power consumption version
Setpoint and Data Memory	32K non-volatile flash RAM
Clock / Calendar	On-board real time clock with battery backup
Audible Indicator	2 KHz Transducer
Environmental Rating	Indoor Type 1 Optional outdoor Type 3R transparent lockable cover
Dimensions	5.75" W x 4.25" H x 2" D 14.6 cm x 10.8 cm x 5.08 cm

- Amp hour meter (outBack Flexnet DC)

Το Flexnet DC τοποθετήθηκε για τη συνεχή παρακολούθηση της τάσης του συστήματος.

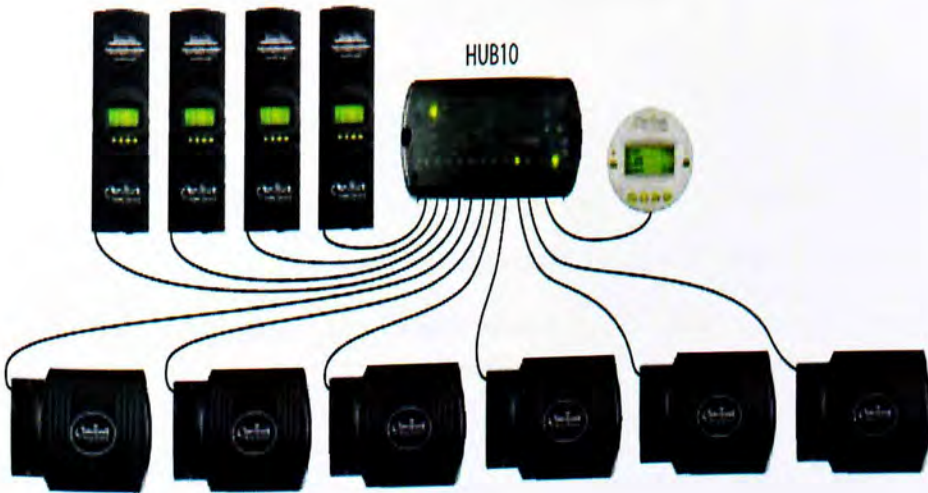


Εικόνα 72: Amp hour meter.

Battery Voltage Input Range	8.0 to 80.0 Volts DC
Battery Voltage Resolution	0.1 Volts DC
Number of Current Channels	One to Three
Current Range (Each Channel)	-1000.0 amps to +1000.0 amps DC
Current Resolution	0.1 amps DC
State of Charge Display	0 to 100% (1% increments)
Aux Relay Configuration	SPST, Magnetic Latching Relay
Aux Relay Max Rating	5 amps @ 30 Volts DC
Current Shunt Type (order separately)	500 Amp / 50mv
Display Primary Secondary	OutBack Power MATE or MATE2 4 x 20 LCD Five LED Indicators on front of FLEXnet DC
Battery AH Capacity Range	100 to 10,000 amp Hours
Data Logging Memory	Most recent 128 Days
Programmable AUX Relay Settings:	
Battery Volts Adjustable	from 8.0 to 80.0 VDC
State of Charge	from 0 to 100%
Time Delay	Adjustable from 0 to 240 Minutes
Accuracy	0.5% of Reading +/- 2 Least Significant Digits per channel
Operating Temperature Range	0 - 50° C
Mounting	3/4" Panel Mount Breaker Slot or Surface Mount
Weight	Unit 5 oz. (.14kg)
Dimensions	(H x W x L) Unit 0.74 x 3.72 x 6.60" (1.88 x 9.45 x 16.75 cm)

- HUB-10(Outback)

Το HUB είναι μια συσκευή η οποία χρησιμοποιείται για την σύνδεση των εξαρτημάτων του συστήματος , ούτως ώστε να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ τους.(charger controller,mate,inverter). Αποτελείται από 10 θύρες και μια θύρα για το Mate.

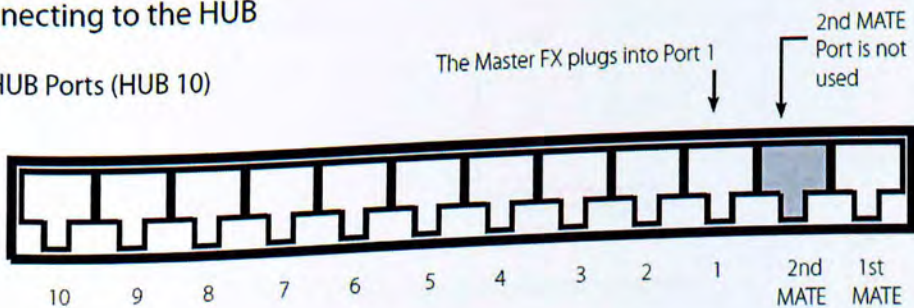


Εικόνα 73:HUB.

Number of Ports	10 Plus MATE
Weight Unit	1 lb (.5 kg)
Dimensions (H x W x L)	10.5 x 6.25 x 1.27" (27 x 16 x 3 cm)

Connecting to the HUB

HUB Ports (HUB 10)



Εικόνα 74:Θύρες σύνδεσης του HUB.

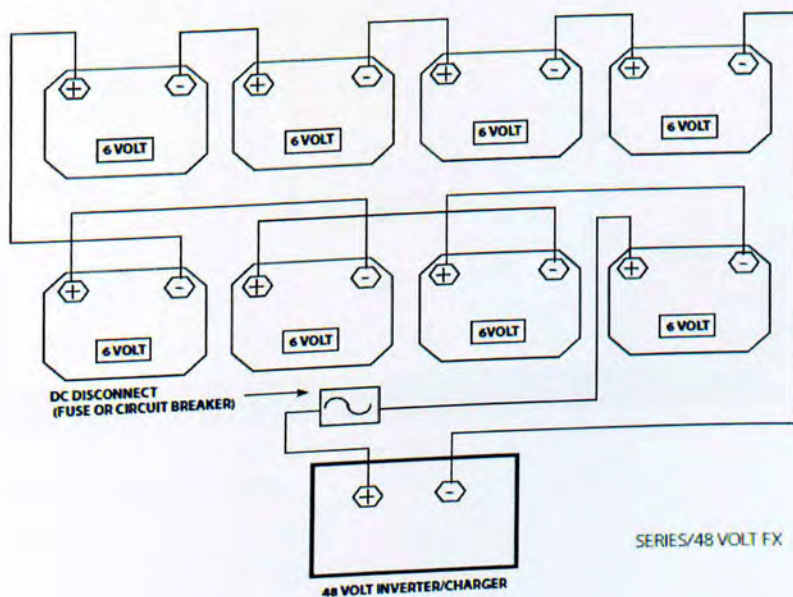
- Μπαταρίες(Rolls 6CS 25P) 6V DEEP CYCLE



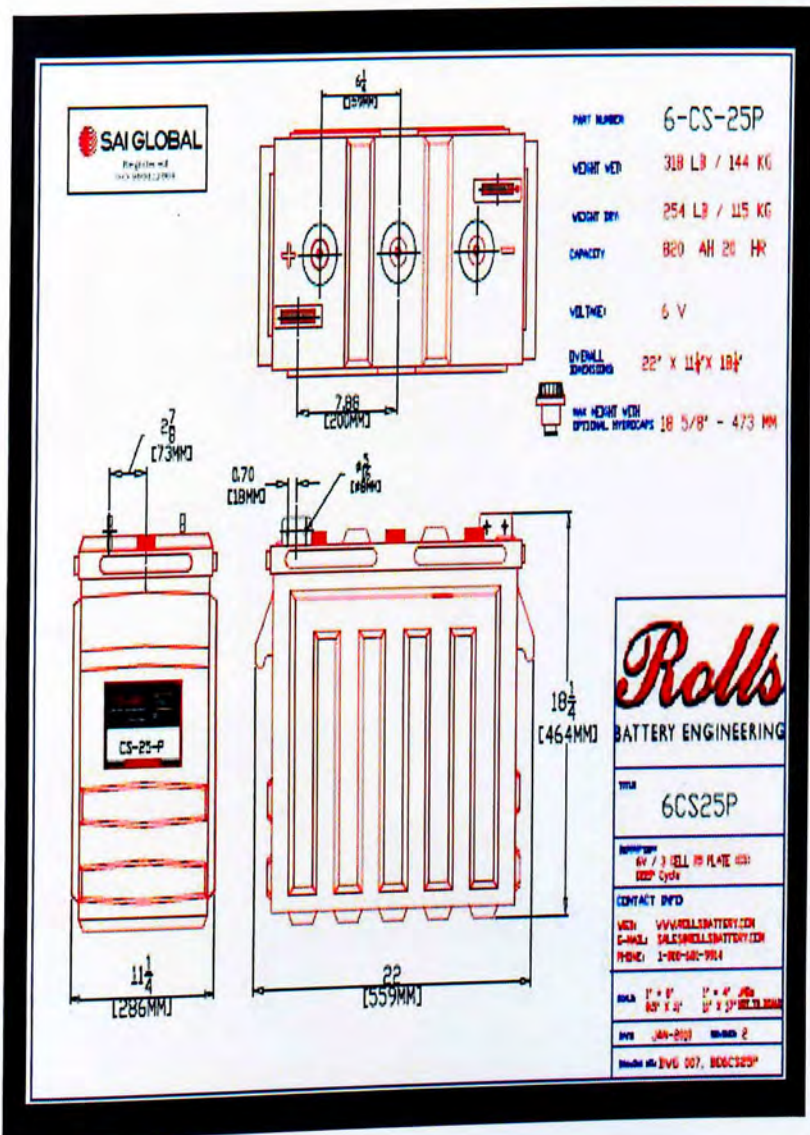
Εικόνα 75:Μπαταρίες .

Υπολογισμός μπαταριών για το φωτοβολταϊκό σύστημα

- Κάθε 3 φωτοβολταϊκά 1 μπαταρία 6Volt
(Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της μπαταρίας κάθε 3 φωτοβολταϊκά μπορούμε να έχουμε και μία μπαταρία.)
- 3 φωτοβολταϊκά x 8 μπαταρίες =25 φωτοβολταϊκά
- 6 volt x 8 μπαταρίες=48volt



Εικόνα 76:Σύνδεσμολόγια μπαταριών.

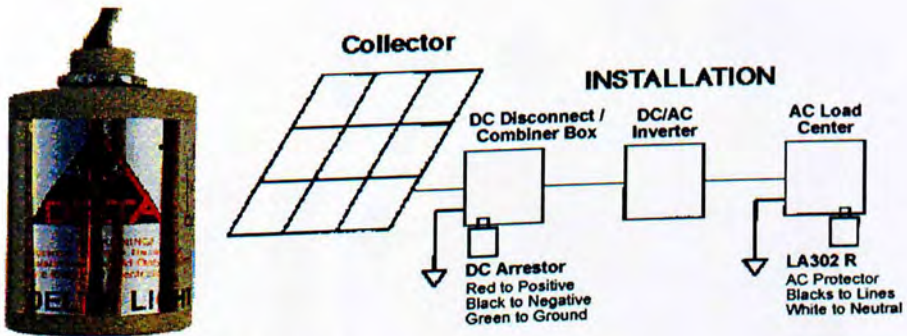


Εικόνα 77: Διαστάσεις μπαταρίας.

- Lightning arrestors(Delta LA-302 DC X2)

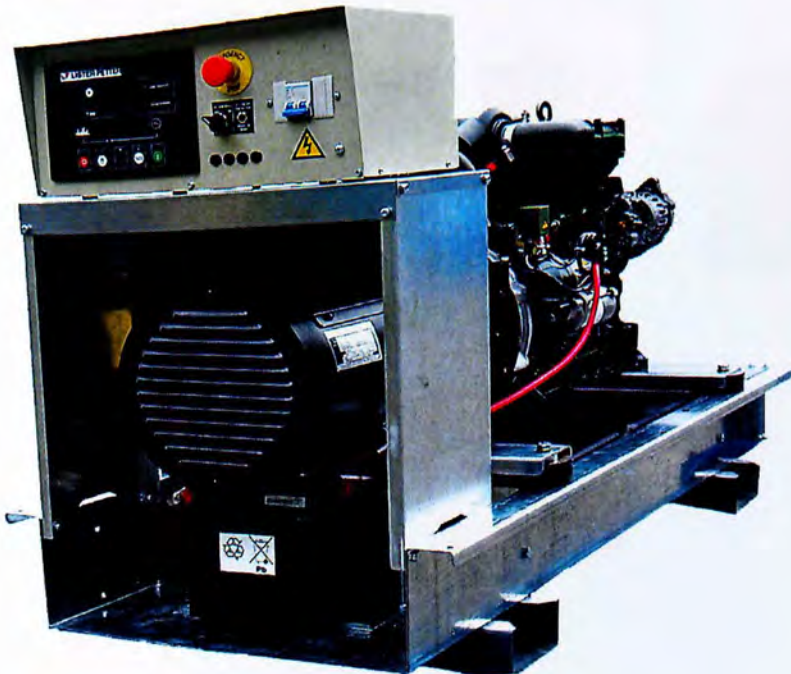
Το αλεξικέραυνο τοποθετείται σε ηλεκτρικά κυκλώματα όπου μπορεί να προκληθεί ζημιά απο κεραυνό.

παράδειγμα: Αν τα φωτοβολταϊκά χτυπηθούν από κεραυνό, αυτά θα πάθουν ζημιά, αλλά το αλεξικέραυνο που βρίσκεται στο charger controller θα προστατέψει το υπόλοιπο σύστημα.



Εικόνα 78:Lighting arrestors.

- Γεννήτρια πετρελαίου (LISTER PETTER Alpha series LLD 140 LPWS3 9.5KW Diesel generator)



Εικόνα 79: Γεννήτρια 9.5KW.

1.Το φωτοβολταϊκό σύστημα στο πιο πάνω σχεδιάγραμμα αποτελείται από φωτοβολταϊκά πάνελ πολυκρυσταλικού τύπου (suntech str 280-24/vd , προδιαγραφές σελ.55-56) με ονομαστική ισχύ 280watt το καθένα .Το σύστημα έχει 25 φωτοβολταϊκά πάνελ με συνολική ισχύ (η ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκά σύστημα) : 25 (φωτοβολταϊκά) x 280watt = 7000watt=7kw

2.Το συνδυαστικό κουτί (Combiner Box) τοποθετείται κοντά στην συστοιχία των φωτοβολταϊκών πάνελ και χρησιμοποιείται για την συλλογή των καλωδίων όπου εξέρχονται από το φωτοβολταϊκό σύστημα ούτως ώστε να μειώνεται ο αριθμός των καλωδίων που εξέρχονται από αυτό, και θα καταλήγουν στο ρυθμιστή φόρτισης (Charger controller) που βρίσκεται σε μακρινή απόσταση από την φωτοβολταϊκή συστοιχία.



Εικόνα 81: Combiner Box.

3.Για την κατασκευή του πιο πάνω Υβριδικού συστήματος επιλέξαμε την ανεμογεννήτρια (BSL YZ L1000W, προδιαγραφές σελ.57). Όπως έχουμε πει και πιο πάνω η ανεμογεννήτριας που έχουμε επιλέξει έχει ταχύτητα ανέμου εκκίνησης (αρχίζει να παράγει) 2m/s και με ταχύτητα ανέμου 5,5m/s παράγει γύρος στις 5,47 kwh κιλοβατώρες/ήμερα.

4.Ρυθμιστής φόρτισης (Charger controller) (Outback Flexmax 60x2): Η ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ και την ανεμογεννήτρια καταλήγει στον ρυθμιστή φόρτισης όπου φροντίζει για την σωστή φόρτιση των συσσωρευτών (μπαταριών). Ελέγχει την διαδικασία φόρτισης και σταμάτα τη φόρτιση τους όταν διαπιστώσει ότι οι μπαταρίες έχουν φορτιστεί πλήρως. Αλλιώς θα υπήρχε σοβαρός κίνδυνος για καταστροφή των μπαταριών από υπερφόρτωση .Επίσης, επειδή οι μπαταρίες έχουν την τάση να αποφορτίζονται σταδιακά ακόμα κι αν δεν τροφοδοτούν με ρεύμα κάποια συσκευή, ο ρυθμιστής φόρτισης φροντίζει αυτόματα να ξαναρχίσει η

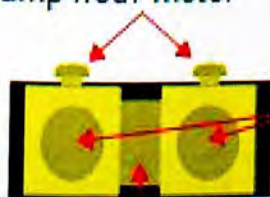
διαδικασία φόρτισης των μπαταριών όταν διαπιστώσει ότι η τάση τους έπεσε κάτω από το επίπεδο της πλήρους φόρτισης.

5. Η συστοιχία μπαταριών αποτελείται από 8 μπαταρίες(Deep Cycle) των 6Volt η κάθε μία και συνολική απόδοση 48Volt. $6\text{Volt} \times 8 \text{ μπαταρίες} = 48\text{Volt}$ (αναλυτικός υπολογισμός σελ.49). Οι μπαταρίες είναι συνδεδεμένες με τον ρυθμιστή φόρτισης όπου ρυθμίζει κατάλληλα τη φόρτιση τους.

6.Amp hour meter και Shunt

Είναι ένας μετρητής ο οποίος μας πληροφορεί για την κατάσταση φόρτισης της συστοιχίας μπαταριών του υβριδικού μας συστήματος .Δεν μετρείται άμεσα το ρεύμα που βρίσκεται στη τράπεζα των μπαταριών αλλά υπολογίζει το ρεύμα που εισέρχεται και εξέρχεται από αυτό, και έτσι συμπεραίνει την στάθμη φόρτισης .Αυτό επιταχύνεται με τη βοήθεια ενός shunt.

the shunt has two screws
on the side for connections
to amp hour meter



one terminal for battery's negative
terminal and one for inverter,
charge controller, ...

conductive portion in between
is a high current resistor

Εικόνα 82: Shunt.

Το shunt είναι ένα ανεξάρτητο εξάρτημα που έχει δυο πλευρές σύνδεσης και ενδιάμεσα αντίσταση .Καθώς οι μπαταρίες φορτίζονται η εκφορτίζονται, το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει από τη μία πλευρά της διακλάδωσης προς την άλλη πλευρά, μέσω αυτής της αντίστασης κάθε πλευρά έχει ένα μεγάλο τερματικό και ένα μικρό τερματικό μία πλευρά του μεγάλου τερματικού συνδέεται με τον αρνητικό ακροδέκτη της συστοιχίας των μπαταριών και η άλλη με οτιδήποτε άλλο πχ (μετατροπέα, ρυθμιστή φόρτισης). Στο μικρό τερματικό συνδέεται το amp hour meter. Ο amp hour meter δεν μετρά το ηλεκτρικό ρεύμα που εισέρχεται άμεσα, αλλά μετρά τη τάση και συμπεραίνει τα τρέχουσα δεδομένα αν είναι σχετικά με τη τάση.

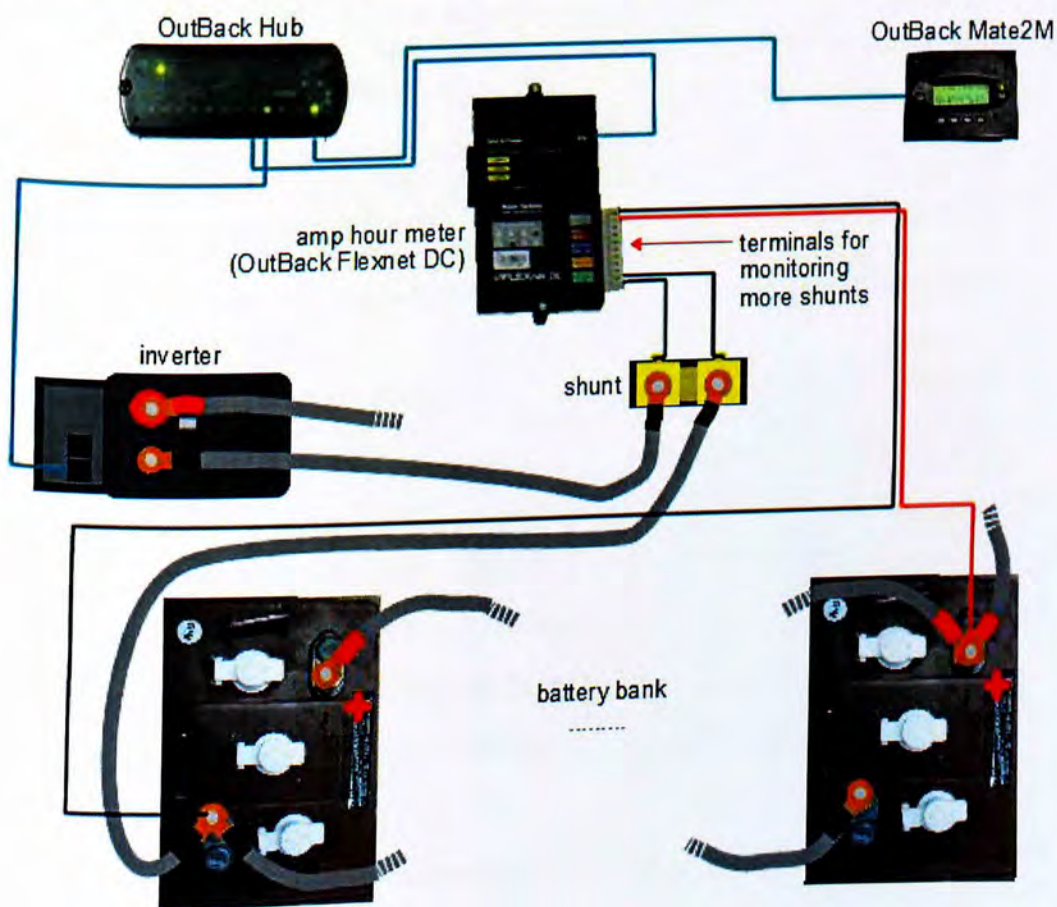
Παράδειγμα λειτουργίας του amp hour meter (outback flexnet DC)

Το amp hour meter(flexnet DC) έχει ακροδέκτες για την σύνδεση και παρακολούθηση περισσότερων από ένα shunt (μέχρι τρία) ανά πάση στιγμή αυτό το τρόπο μπορούμε να παρακολουθήσουμε ξεχωριστά :

1.Το επίπεδο φόρτισης των μπαταριών

2.Την παρακολούθηση της άμεσης χρήσης των φορτίων που συνδέονται με ένα μετατροπέα(inverter)

3.Την παρακολούθηση της άμεσης φόρτισης των μπαταριών από τους ηλιακούς συλλέκτες και της ανεμογεννήτριας μέσω ενός ρυθμιστή φόρτισης (charger controller).Η παρακολούθηση των πιο πάνω γίνεται από τα LED του flexnet και από την οθόνη του mate που είναι συνδεδεμένο στο σύστημα.



Εικόνα 83: Συνδεσμολογία Amp hour meter με της μπαταρίες, τον inverter και το hub.

7. Mate :Μερικά συστήματα επιτρέπουν την δικτύωση των εξαρτημάτων τους, έτσι μπορούν να ελέγχουν και να παρακολουθούν από ένα ελεγκτή . Σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιείται το mate(outback)

8. Ο inverter (μετατροπέας) είναι μια συσκευή που μετατρέπει το συνεχές DC ρεύμα του φωτοβολταϊκού συστήματος σε εναλλασσόμενο AC ρεύμα 230V. Έτσι μπορούμε να τροφοδοτήσουμε από τις μπαταρίες του φωτοβολταϊκού συστήματος όλες τις οικιακές συσκευές.

9.Το inverter μας παρέχει το bypass switch το οποίο είναι μια επαφή που την ρυθμίζουμε αναλόγως μέσω του MATE γίνεται ο προγραμματισμός και θέτουμε κάποιους παραμέτρους. Η λειτουργία αυτού είναι : ρχ όταν η ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (φωτοβολταϊκά , ανεμογεννήτρια) δεν μπορούν να παράγουν ικανοποιητική ενέργεια , τότε αυτό αλλάζει κατάσταση αυτόματα και ξεκινά η γεννήτρια.

Παράδειγμά ρυθμίσεις του bypass switch : Με τη βοήθεια του MATE (προγραμματισμός). Όταν η τάση των μπαταριών πέσει στο 20% ρυθμίζουμε να αλλάζει κατάσταση η επαφή για να ξεκινήσει η γεννήτρια. Μόλις το inverter δει τάση στην είσοδο του γυρνάει σε static bypass δηλαδή όταν τροφοδοσία γίνεται από εξωτερική πηγή πχ (γεννήτρια) και έτσι αρχίζει η φόρτιση των μπαταριών .

10.Γεννήτρια: χρησιμοποιείται ως εξωτερική εφεδρική πηγή ενέργειας σε περίπτωση πτώσης τάσης τις συστοιχίας των μπαταριών δηλαδή (μη ικανοποιητικά επίπεδα φόρτισης από τις ανανεώσιμες πηγές ενεργείας ή σε περίπτωση κάποιας βλάβης) . όπως προαναφέραμε πιο πάνω η γεννήτρια είναι συνδεδεμένη με το μετατροπέα ο οποίος έχει την επαφή bypass switch και έτσι επιτυγχάνεται η αυτόματη ενεργοποίησι ή εναλλαγή της γεννήτριας.

11.Διακόπτης αποσύνδεσης(Disconnect switch) είναι διακόπτης κανονικά κλειστό(normally closed)που είναι τοποθετημένοι σε σημεία που μπορεί να απομονωθεί το κύκλωμα για να μπορούμε να εμπεβουμε για την επιδιόρθωση κάποιου εξαρτήματος.

Στο υβριδικό σύστημα έχουν τοποθετηθεί τρεις διακόπτες αποσύνδεσης.

α.Ανάμεσα από το combiner box και το charger controller

β. Ανάμεσα από την συστοιχία μπαταριών και το charger controller

γ. Ανάμεσα από τον μετατροπέα την γεννήτρια και πινάκα έλεγχου της οικίας.

12. Lightning arrestors: Στο σύστημα υπάρχουν τρία αλεξικέραυνα.

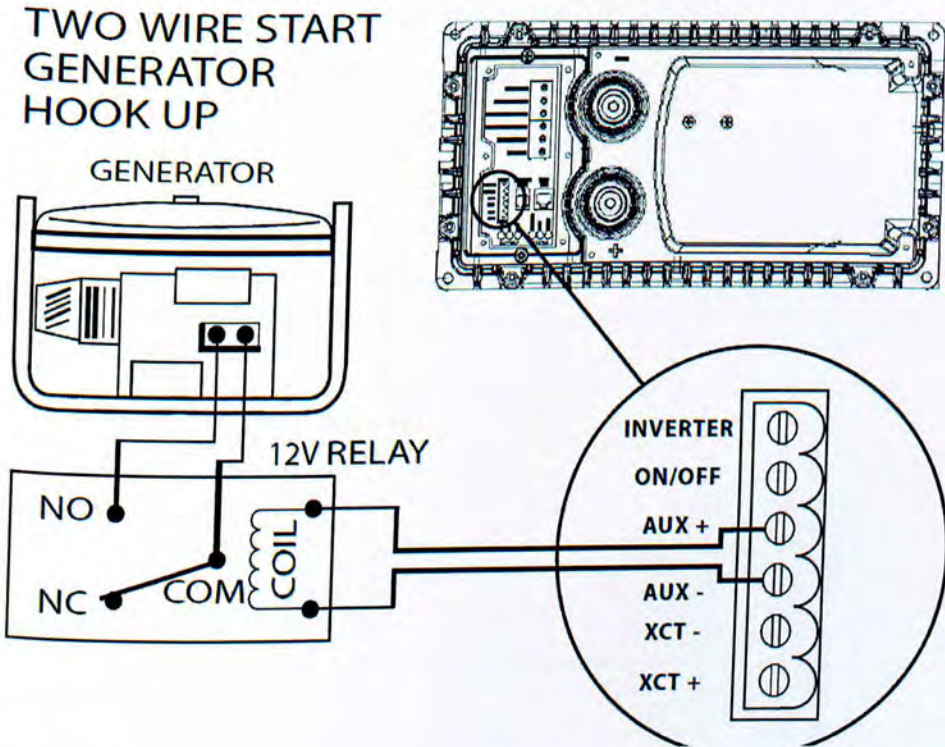
α.Ανάμεσα από το combiner box και το charger controller

β. Ανάμεσα από την γεννήτρια και το πινάκα ελέγχου της οικίας

γ. Ανάμεσα από τον μετατροπέα την γεννήτρια και πινάκα έλεγχου της οικίας.

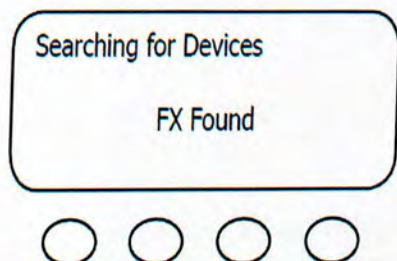
3.5 Προγραμματισμός του συστήματος και καταχώρηση μηχανημάτων

Όπως έχουμε αναφέρει και πιο πάνω για τον προγραμματισμό και για τις απαραίτητες ρυθμίσεις του συστήματος γίνεται μέσω του ελεγκτή με οθόνη (mate). Από τον ελεγκτή μπορεί να προγραμματιστεί ο ρυθμιστής φόρτισης (δηλαδή πώς θα γίνεται η φόρτιση με διάφορους παραμέτρους, αναλόγως του συστήματος και της τράπεζα των μπαταριών). Επίσης μπορεί να προγραμματιστεί ο μετρητής μπαταριών (amp hour meter), και για τον προγραμματισμό του μετατροπέα όπου από αυτόν γίνεται και η απαραίτητη ρύθμιση για την αυτόματη ανάλλαξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτρια) και μίας εφεδρικής γεννήτριας όπου είναι και το κυριότερο σημείο της μελέτης μας. Για το λόγο αυτό θα δώσουμε έμφαση στον προγραμματισμό του μετατροπέα (αυτόματη εναλλαγή).

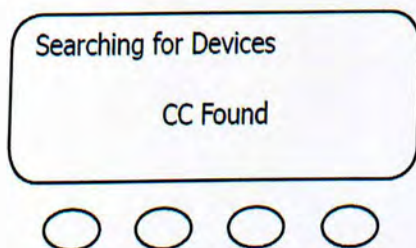


Εικόνα 84: Συνδεσμολογία γεννήτριας και inverter για την αυτόματη εναλλαγή.

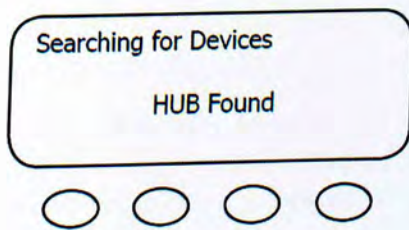
Πιο κάτω εμφανίζεται στην οθόνη του ελεγκτή ο τρόπος καταχώρησης των συσκευών του συστήματος.



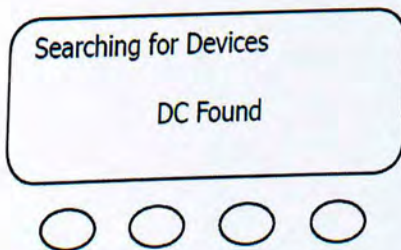
To mate έχει βρει ένα inverter/charger σειράς FX.



To mate έχει βρει ένα charger controller.

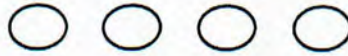


To mate έχει βρει ένα HUB.



To mate έχει βρει ένα Flexnet DC

Port Assignment
 1> FX 2> FX 3> CC 4> CC
 5> 6> 7> 8>
 9> 10> 2M>

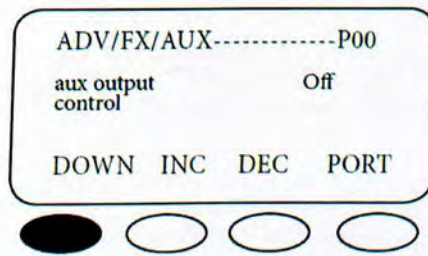


Εμφάνιση των πιο πάνω εξαρτημάτων(Hub screen)

Πιο κάτω θα δούμε πως ρυθμίζουμε την απαραίτητη συνάρτηση (Auxiliary functions) όπου γίνεται και η αυτόματη ανάλλαξη των πηγών ενέργειας.

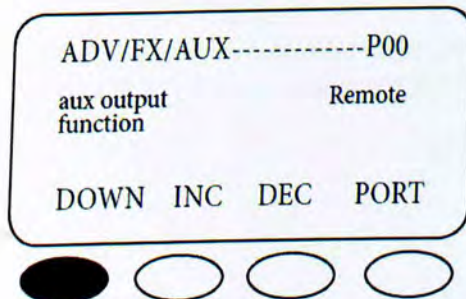
Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές συναρτήσεις που μπορεί να ρυθμίσει ο χρήστης

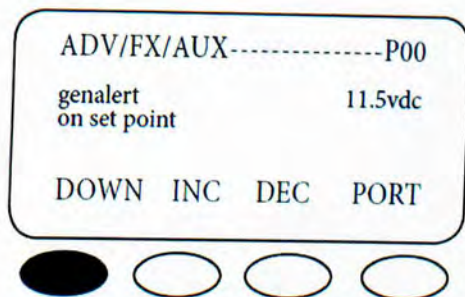
- 1.Diversion
- 2.Ven fan
- 3.GenAlert
- 4.Load Shed



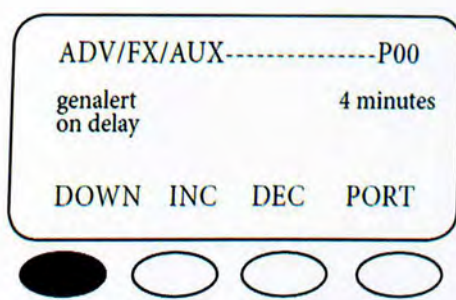
Εμείς θα ασχοληθούμε περισσότερο με τη συνάρτηση GenAlert όπου είναι και η συνάρτηση για την ρύθμιση της αυτόματης εκκίνησης της γεννήτριας.

Το GenAlert μέσω ενός ρελέ 12VDC θα ξεκινήσει μία γεννήτρια σύνδεσης δυο καλωδίων (εικόνα σελ 67), όταν υπάρχει πτώση τάσης πιο χαμηλή από το ορισμένο σημείο (set point) Το GenAlert ρυθμίζεται ανάλογα με το ορισμένο σημείο πτώσης τάσης.

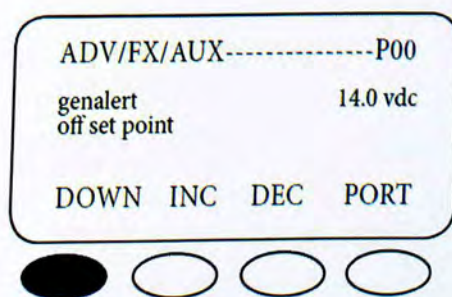




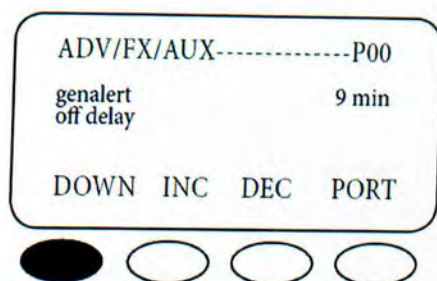
Το GenAlert set point screen μας δείχνει τη τάση η οποία είναι μεταξύ 10VDC και 14 VDC τα οποία είναι και τα όρια τάσης που ενεργοποιείται το GenAlert.



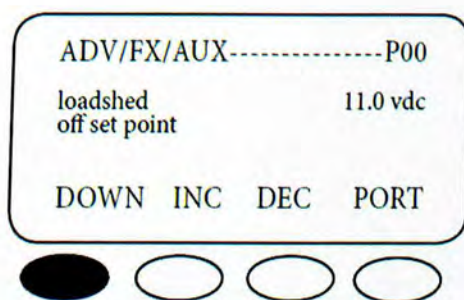
Το GenAlert on delay (καθυστέρηση) είναι η καθυστέρηση που θέτει ο χρήστης για το πότε θα ενεργοποιείται το GenAlert μόλις φτάσει στο σημείο set point που έχει οριστεί



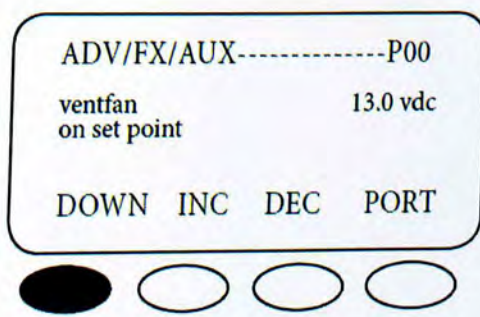
Το Genalert απενεργοποιείται όταν επιτευχθεί το Genalert off set point . Το off set point κυμαίνεται μεταξύ 12.0VDC - 18.0VDC με το INC και DEC προσαυξάνεται ανά 0.1VDC.



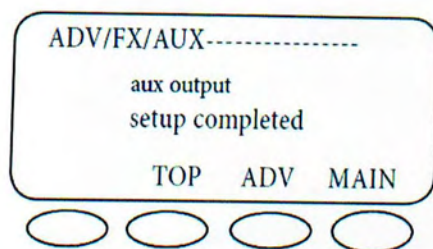
Όταν οι μπαταρίες έχουν επαναφορτιστεί και έχει φθάσει στο Genalert off set point ενεργοποιείται το Genalert off delay το οποίο έχει καθοριστεί μια καθυστέρηση από 0-240min για να φορτίσει περισσότερο ή πλήρως μέσω της γεννήτρια



Όταν μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας κάτω από την τιμή που έχει οριστεί 10.0-14.0VDC , για τρία δευτερόλεπτα, τότε το AUX ενεργοποιεί το ρελέ για να αποσύνδεση την γεννήτρια.



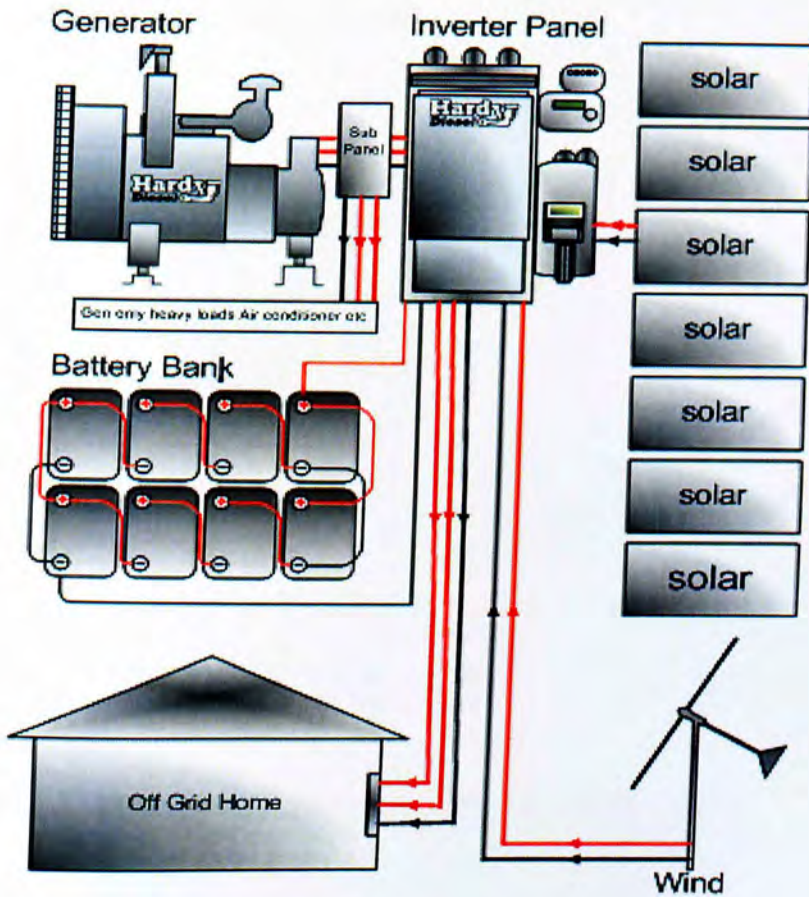
Ανάμεσα στα όρια 10.0-16VDC τάση ενεργοποιείται το Ventfan το οποίο ξεκινά ένας ανεμιστήρας για να αερίζει την συστοιχία των μπαταριών , για το λόγο ότι κατά την επαναφορτίσει εκπέμπουν αέρια υδρογόνου.



Πατώντας το MAIN γίνεται επιστροφή στο κυρίως μενού .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Μελέτη για την βελτιστοποίηση του υβριδικού συστήματος

Το κεφάλαιο αυτό της πτυχιακής εργασίας, θα ασχοληθεί με τη βελτιστοποίηση του υβριδικού συστήματος που έχουμε μελετήσει και σχεδιάσει στο προηγούμενο κεφάλαιο(σελίδα 39), δηλαδή θα προσπαθήσουμε να βελτιώσουμε το σύστημα με την πρόσθεση κάποιων εξαρτημάτων ή την αντικατάστασή τους (inverters, charger controllers, μπαταρίες, φωτοβολταϊκά πάνελ , ανεμογεννήτρια, γεννήτρια) για την καλύτερη απόδοση του υβριδικού συστήματος.



Εικόνα 85: Συνδεσμολογία υβριδικού συστήματος.

4.1 Πρόσθεση και υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας ηλεκτρικού φούρνου, εστίας ψησίματος και τηλεόρασης στην οικία.

Όπως έχουμε προαναφέρει στο προηγούμενο κεφάλαιο (σελίδα 48), ο φούρνος και η εστία ψησίματος που είχαμε επιλέξει για την οικία λειτουργούσαν με αέριο (για εξοικονόμηση ενέργειας), επειδή οι κιλοβατώρες που παράγαγε το σύστημα που είχαμε σχεδιάσει δεν ήταν αρκετές ούτως ώστε να λειτουργεί πλήρως αυτόνομα χωρίς τη βοήθεια της ηλεκτρικής υπηρεσίας. Αφού στο σημείο αυτό, το σύστημα θα βελτιωθεί θα προσθέσουμε το φούρνο και την εστία ψησίματος να λειτουργούν και αυτά με ηλεκτρικό ρεύμα.

1. Φούρνος και εστία ψησίματος (PITSOS P1HEB32021)
Κατανάλωση ενέργειας : 0.85 KW



Εικόνα 86: Φούρνος και εστία ψησίματος.

2. Τηλεόραση κυρίως δωματίου (LG M 2252 D PZ)
Κατανάλωση ενέργειας: 30watt=0.03KW



Εικόνα 87: Τηλεόραση .

4.1.2 Υπολογισμός της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών συσκευών και φωτισμού.

Με την βοήθεια του πιο κάτω πίνακα υπολογίζουμε την συνολική κατανάλωση ενέργειας (μέγιστη) όπου χρειάζεται μία κατοικία στη διάρκεια μίας μέρας με τις προηγούμενες οικιακές συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν(σελίδα 42-45) και την πρόσθεση του φούρνου, εστίας ψησίματος και τηλεόρασης (σελίδα 75) και του φωτισμού(Led).

Συσκευή	Ποσότητα	Ισχύς (KW)	Ωρες λειτουργίας	Ηλεκτρική κατανάλωση (KWh)
Λαμπτήρες (LED)υπνοδωματίων	3	0.009	4	0.108
Λαμπτήρες (LED) Σαλόι	1	0.009	4	0.036
Λαμπτήρες (LED)Αποθήκη	1	0.009	0.5	0.0045
Λαμπτήρες (LED)Τουαλέτα	1	0.009	1	0.009
Λαμπτήρες (LED)Βεράντα	1	0.013	3	0.039
Λαμπτήρες (LED)Κουζίνα	1	0.01	3	0.03
Τηλεόραση	1	0.05	5	0.25
Τηλεόραση κυρίως δωματίου	1	0.03	2	0.06
Ψυγείο	1	0.025	10	0.25
Πλυντήριο	1	0.7	0.2	0.14
Σίδερο	1	0.8	0.06	0.048
Air condition	2	0.7	4	5.6
Βραστήρας	1	1.85	0.06	0.111
Απορροφητήρας	1	0.21	0.12	0.0252
Φορητός υπολογιστής	1	0.09	6	0.54
Ηλιακός θερμοσύφωνας	1	3	0.5	1.5
Πιστολάκι μαλλίων	1	0.8	0.25	0.2
φουρνος ψησίματος και εστία	1	0.85	2	1.7
				Σύνολο: 10.6507 KW/Day

Στην οικία έχει προστεθεί μία ώρα επιπλέον λειτουργίας του air condition για την πλήρη ικανοποίηση των αναγκών τους καλοκαιρινούς μήνες.

Επίσης έχει προστεθεί μία επιπλέον τηλεόραση στο κυρίως δωμάτιο και επιπλέον δύο ώρες λειτουργίας του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

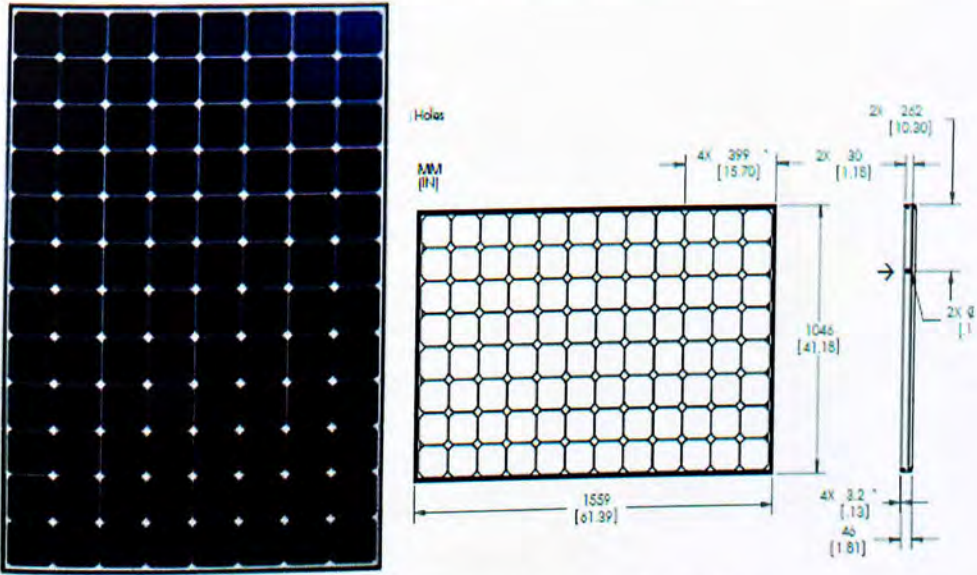
Στον πιο πάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η κατανάλωση ενέργειας έχει αυξηθεί, άλλα αυτό δεν μας πειράζει γιατί αυτός είναι και ο στόχος της μελέτης σε αυτό το κεφάλαιο, να βελτιωθεί το προηγούμενο σύστημα και να ικανοποιεί τις ανάγκες μίας πλήρης αυτόνομης κατοικίας(χωρίς τη βοήθεια της ηλεκτρικής υπηρεσίας).

4.2 Πρόσθεση και αντικατάσταση εξοπλισμού για την βελτιστοποίηση και ανάπτυξη του προηγούμενου υβριδικού συστήματος

Για την σχεδίαση του υβριδικού συστήματος θα χρησιμοποιήσουμε το πιο κάτω εξοπλισμό :

- Φωτοβολταϊκά πάνελ(Sunpower SPR-333NE-WHT-D) x25
- Ανεμογεννήτρια (BSL YZ L2000W)
- FlexWare 1000 AC(FW-IOB-Q-120/240VAC)
 1. Μετατροπέα τάσης(Inverter) (Outback VFX 3524)x4
 2. Ελεγκτή φόρτισης(Charge controller)(Outback FLEXmax60)x4
- Οθόνη συστήματος και ελεγκτών(Mate)x1
- Amp hour meter (outback Flexnet DC)x1
- HUB-10(Outback)x1
- Lightning arrestors(Delta LA-302 DC)x3
- Γεννήτρια πετρελαίου Γεννήτρια πετρελαίου (LISTER PETTER Alpha series LLD 190 LPWS4 13.5KW Diesel generator) x1
- Μπαταρίες(Rolls 6CS 25P) 6V DEEP CYCLE
- DC Disconnect x2
- Combiner box

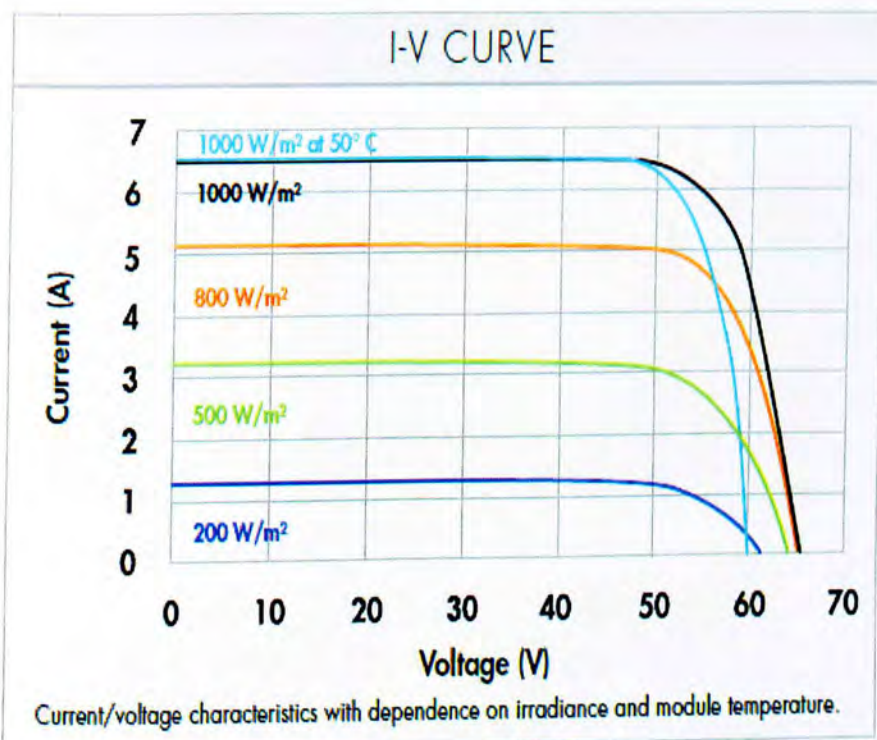
4.2.1 Για την συσσώρευση ενέργειας από τον ήλιο επιλέξαμε να αντικαταστήσουμε τα πολυκρυσταλλικού τύπου φωτοβολταϊκά πάνελ (Suntech STP 280-24/Vd) του προηγούμενου συστήματος, με τα φωτοβολταϊκά πάνελ (Sunpower SPR-333NE-WHT-D) Υβριδικού τύπου HIT με τις εξής προδιαγραφές:



Εικόνα 88: Φωτοβολταϊκά πάνελ Υβριδικού τύπου HIT.

Τιμές στις STC * (1000W/m ²)		
Ονομαστική ισχύς P _{max}	[Wp]	333W
Τάση ανοιχτού κυκλώματος	[V]	65.3 V
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I _{sc}	[A]	6.46 A
Τάση μέγιστης ισχύος V _{mpp}	[V]	54.7 V
Ρεύμα μέγιστης ισχύος I _{mpp}	[A]	6.09 A

Τιμές στις NOCT** (800W/m ²)		
Ονομαστική ισχύς P _{max}	[Wp]	247 W
Τάση ανοιχτού κυκλώματος V _{oc}	[V]	61.2 V
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I _{sc}	[A]	5.22 A
Τάση μέγιστης ισχύος V _{mpp}	[V]	50.04 V
Ρεύμα μέγιστης ισχύος I _{mpp}	[A]	4.91 A
Συντελεστές θερμοκρασίας		
P _{mpp} :		: - 0.38%/K
V _{oc} :		: - 176.6mV/K
I _{sc} :		: 3.5mA /K
Μέγιστη τάση συστήματος		:1000 V
NOCT** (Nominal Operating Cell Temperature)		:45°C +/- 2°C



Εικόνα 89: Γραφική παράσταση ρεύματος-τάσης (I-V).

Όπως βλέπουμε στο πιο πάνω πινάκα επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τα πιο πάνω φωτοβολταϊκά πάνελ, για το λόγο ότι έχουν μεγαλύτερη απόδοση σε μικρότερο μέγεθος σε σύγκριση τα προηγούμενα. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ (Sunpower SPR-333NE-WHT-D) Υβριδικού τύπου HIT, έχουν την μεγαλύτερη απόδοση ανάλογα με το μέγεθος τους την παρούσα στιγμή στην αγορά. Αυτό είναι το πλεονέκτημα και ο κυριότερος λόγος επιλογής τους.

Σύμφωνα με την μελέτη που έχουμε κάνει το υβριδικό σύστημα για την πλήρη λειτουργία της κατοικίας χρειάζεται περίπου 10.600 KW/Day(πίνακας υπολογισμού κατανάλωσης ενέργειας σελίδα 76).Αρα για την κάλυψη της κατοικίας θα πρέπει να αποτελείται από τον πιο κάτω αριθμό φωτοβολταϊκων πάνελ:

- 25 Φωτοβολταϊκά πάνελ (Sunpower SPR-333NE-WHT-D) ισχύς 333w

$$25 \times 333 \text{ watt} = 8.325 \text{ watt} = 8.3 \text{ KW}$$

4.2.2 Αντικαταστήθηκε η ανεμογεννήτρια του προηγούμενου συστήματος(BSL YZ L1000W)για την εκμετάλλευση της Αιολικής ενέργειας με την ανεμογεννήτρια (BSL YZ L2000W) με τις εξής προδιαγραφές:



Εικόνα 90:Ανεμογεννήτρια BSL YZ L2000W.

Τέχνικα Χαρακτηριστικά	
Ονοματική Ισχύς	2000Watts at (9m/s)
Διάμετρος Πτερυγίων	3,2m
Ονοματική Τάση	48VDC
Βάρος	73Kg
Διαστάσεις	43x24x24cm
Ταχύτητα Ανέμου Εκκίνησης	2m/s
Ονομαστική Ταχύτητα Ανέμου	9m/s
Ταχύτητα Ανέμου Ασφαλείας	16m/s
Ονομαστικές στροφές	400r/m
Υλικό Πτερυγίων	Υαλονήματα
Αριθμός Πτερυγίων	3
Προστασία	Φρενάρισμα απο την ουρά
Ύψος Ιστού	9m
Διάμετρος Ιστού	140mm
Θόρυβος	52,6db
Κιλοβαττώρες/έτος	3995kwh(5,5m/s)
κιλοβαττώρες/ημέρα	10.9kwh(5.5m/s)

Μποφόρ	m/s	Μποφόρ	m/s
1	0,3-	6	10,8-
	1,5		13,8
2	1,6-	7	13,9-
	3,3		17,1
3	3,4-	8	17,2-
	5,4		20,7
4	5,5-	9	20,8-
	7,9		24,4
5	8-	10	24,5-
	10,7		28,4

Αντικαταστήθηκε η ανεμογεννήτρια του προηγούμενου συστήματος(BSL YZ L1000W) με την πιο πάνω ανεμογεννήτρια (BSL YZ L2000W) για την κάλυψη της μεγαλύτερης κατανάλωσης ενέργειας που θα έχει η οικία.

4.2.3 FlexWare 1000 AC(FW-IOB-Q-120/240VAC).



Εικόνα 91: Flexware 1000.

Το πιο πάνω αποτελείται από:

- Μετατροπέα τάσης(Inverter) (Outback VFX 3648 x4)
- Ελεγκτή φόρτισης(Charge controller) (Outback FLEXmax 60 x4)

Σε αυτό το σύστημα προσθέσαμε επιπλέον δύο inverters και δυο charger controllers, έτσι το σύστημα θα παράγει ενέργεια μέχρι και 14KW.Με το τρόπο αυτό το σύστημα έχει βελτιωθεί ικανοποιητικά και καλύπτει πλήρως τις ανάγκες της κατοικίας και για μελλοντική αύξηση κατανάλωσης ενέργειας, αφού όπως έχουμε υπολογίσει πιο πάνω (σελίδα 76) η κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας είναι 10.6507 KW τη μέρα.

Ενώ το σύστημα μπορεί να παράγει έως 14KW.Το παρών βελτιωμένο σύστημα θα παράγει έως 10.6507KW. Έτσι στο μέλλον με την πρόσθεση επιπλέον μπαταριών στην συστοιχία θα μπορεί να διοχετεύει έως και 14KW.

Το βελτιωμένο σύστημα θα έχει και τις εξής συσκευές :

- Οθόνη συστήματος και ελεγκτών(Mate)x1
- Amp hour meter (outback Flexnet DC)x1
- HUB-10(Outback)x1
- Lightning arrestors(Delta LA-302 DC)x3

Για τις πιο πάνω συσκευές δεν γίνεται αναφορά για το λόγο ότι έχει γίνει στις σελίδες 55-66.

- Γεννήτρια πετρελαίου Γεννήτρια πετρελαίου (LISTER PETTER Alpha series LLD 190 LPWS4 13.5KW Diesel generator) x1



Εικόνα 92: Γεννήτρια 13.5KW .

- Μπαταρίες(Rolls 8CS25P) 8V DEEP CYCLE

Υπολογισμός μπαταριών για το φωτοβολταϊκό σύστημα

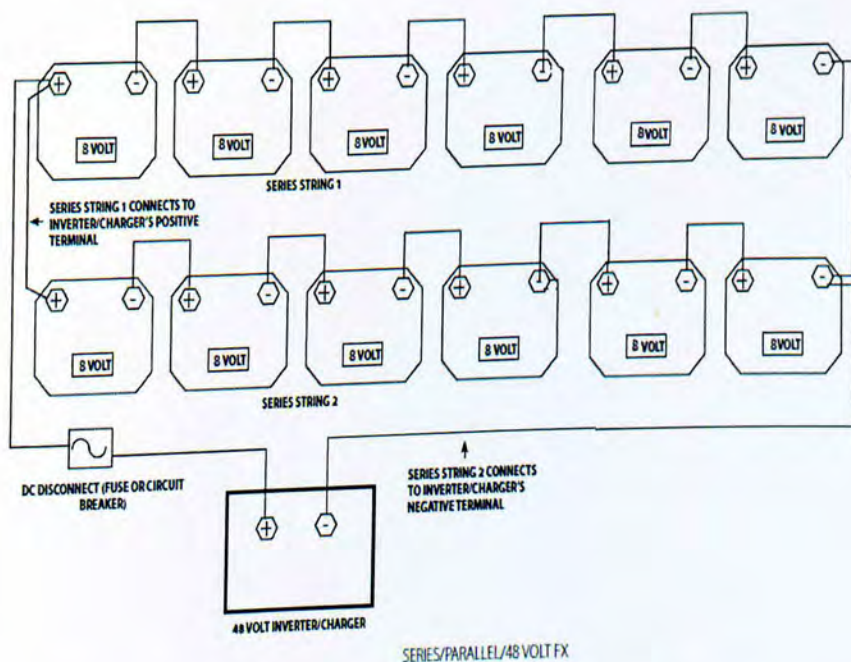
- Κάθε 2 φωτοβολταϊκά 1 μπαταρία 8Volt

(Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της μπαταρίας κάθε 2-3 φωτοβολταϊκά μπορούμε να έχουμε και μία μπαταρία.)

- 2 φωτοβολταϊκά x 12 μπαταρίες =24 φωτοβολταϊκά (στο σύστημα υπάρχουν 25)

Η συστοιχία των μπαταριών θα είναι δυο συστοιχίες σε σειρά

(8 volt x 6 μπαταρίες=48volt) και αυτές παράλληλα μεταξύ τους .Με αυτήν την συνδεσμολογία οι μπαταρίες παράγουν 48volts όπου και είναι και το επιτρεπτό όριο του συστήματος, αλλά ταυτόχρονα διπλασιάζεται και η απόδοση σε amps των μπαταριών.



Εικόνα 93: Συνδεσμολογία μπαταριών (σειράς και παράλληλα) για την μέγιστη αποθήκευση ενέργειας

Συμπεράσματα

Στη πτυχιακή μας εργασία προσπαθήσαμε να κάνουμε μελέτη και σχεδίαση ενός πλήρως αυτοματοποιημένου υβριδικού συστήματος χωρίς τη βοήθεια της ηλεκτρικής υπηρεσίας. Όπως έχουμε παρατηρήσει από την έρευνα που έχουμε κάνει για την υλοποίηση της πτυχιακής μας εργασίας , οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι υπέρ αρκετές σε Ελλάδα και Κύπρο, για να μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Η μελέτη μας έχει ως στόχο να εφαρμοστεί στο άμεσο μέλλον στις κατοικίες για την μη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από τις ηλεκτρικές υπηρεσίες(ΔΕΗ,ΑΗΚ) αλλά να γίνεται πλήρως εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παράγωγη και κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος.

Θα μπορούσαμε να πούμε με τις συνθήκες που επικρατούν τα τελευταία χρόνια λόγω της οικονομικής κρίσης σε Ελλάδα και Κύπρο θα ήταν μια πολύ σημαντική λύση για εξοικονόμηση του ηλεκτρικού ρεύματος σε κάθε οικία .

Όμως λόγω της μη ικανοποιητικής επιχορήγησης από τις κυβερνήσεις δεν είναι εύκολο να εφαρμοστεί τόσο εύκολα στις κατοικίες και πολύ περισσότερο σε πιο μεγάλα κτήρια ή βιομηχανίες , λόγω του υψηλού κόστους των μηχανημάτων για την κατασκευή ενός πλήρως αυτοματοποιημένου υβριδικού συστήματος. Έτσι είναι δύσκολο να γίνει η απόσβεση του συστήματος και να υπάρξει κέρδος από αυτά.

Βιβλιογραφία

- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**..... 7
- 1.1 Ο ΗΛΙΟΣ**..... 7
- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%89%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CF%82>
http://eprints.teikoz.gr/180/1/A50_2009.pdf
- 1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**..... 7
- http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm
<http://www.energolab.gr/index.asp?c=26>
http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1
<http://www.physics4u.gr/energy/sunenergy.html>
<http://www.energeiaki-drasi.gr/hliaka.html>
- 1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**..... 9
- <http://www.selasenergy.gr/history.php>
http://psxmmagn.blogspot.com/2010/08/blog-post_11.html
http://epal-rodop.ser.sch.gr/texnomatheia_rodopoli.htm
- 1.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ**..... 14
- <http://www.selasenergy.gr/fundamentals.php#bookmark1>
- 1.5 ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ**..... 15
- http://www.selasenergy.gr/fv_systems.php
http://psxmmagn.blogspot.com/2010/08/blog-post_11.html
- 1.6 ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ**..... 23
- <http://www.pemptousia.gr/2011/06/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82-%CE%B7%CE%BB/>
http://www.solarwind.gr/?p=p_42&sName=%D5%E2n%E9%E4%E9e%DC-o%F5o%F4%DE%EC%E1%F4%E1

<http://www.selasenergy.gr/interconnected.php>

http://www.smart-cover.gr/product_info.php?cPath=9_15&products_id=381

**1.7 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ** 26

<http://energeia-nikan.blogspot.com/2011/05/16.html>

**1.8 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΜΕ ΗΛΙΟΣΤΑΤΕΣ(Solar tracker
(ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ.....** 27

<http://www.selasenergy.gr/interconnected.php>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ..... 28

2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ..... 29

http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=287>

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ..... 29

<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/635/1/dellhs.pdf>
<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/635/1/dellhs.pdf>

http://paradeigma.site90.net/1_5_.html

2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥΣ..... 33

<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/635/1/dellhs.pdf>

2.4 ΧΡΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ,ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.. 35

<http://www.hellasres.gr/Greek/ΤΗΜΑΤΑ/ΑΡΤΗΡΑ/xaviaropoulos.htm>

<http://itia.ntua.gr/getfile/117/10/documents/2010HydrometwindSM.pdf>

2.5 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ..... 36

<http://dide.ilei.sch.gr/perivall/sun.doc>

2.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥΣ.. 37

http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm

<http://gym-kymis.evv.sch.gr/tasks/aioliki.htm>

2.7 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΜΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ..... 40

http://www.energotech.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=32

dide.ilei.sch.gr/perivall/sun.doc

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΝΕΛΛΑΓΗΣ
ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ..... 42**

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ
ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ..... 43

<http://www.thermogas.gr/thermonew/gas-ovens.php>

http://www.cucinabagno.gr/product_info.php?products_id=1486

<http://www.plus4u.gr/showitem.php?ID=102081653&LastAdd=102081653&t=%C2%D1%C1%D3%D4%C7%D1%C1%D3%20SCHAUB%20LORENZ%20SI-WK%20100>

<http://www.candy.gr/products/freezing-refrigerator-CRCS%205152%20X.htm>

<http://www.ledmania.gr/el/smd-leds/e27/9-watt-led-360-60-smd-5050-e27.html>

<http://www.ledmania.gr/el/smd-leds/e27/13watt-led-360-84-smd-leds-5050-e27.html>

<http://www.ledbox.gr/p.Lampa-LED-T8-10-WATT-chroma-LEYKO-DAYLIGHT.332611.html>

<http://www.plaisio.gr/Sound-Vision/Home-Cinema/Televisions/Samsung-UE32ES6710-3D-LED-TV-40-UE32ES6710SXXH.htm>

<http://support.acer.com/product/default.aspx?modelId=1883>

<http://www.calpak.gr/>

<http://www.grundig.de/en/produkte/personal-care/beauty-care/hair-dryer/hd-3700/pid/668.html>

<http://www.climasystems.gr/products1/raf25fx8.html>

<http://www.skroutz.gr/s/79993/Candy-Aqua-80F.html>

<http://www.skroutz.gr/s/96195/Philips-GC8420.html>

<http://www.electronet.gr/ProductDetails/%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%A3%CF%85%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%AD%CF%82/%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%8D%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%B5%CF%82-%CF%83%CF%85%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%AD%CF%82/%CE%B1%CF%80%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B5%CF%82->

[%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%8D%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%B1/%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%A1 slh %CE%A1%CE%91%CE%A3%20OLYMPIA%20060%CE%9B%201M%20DAVO.aspx](#)

3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΜΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ (ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ)..... 52

http://www.moa.gov.cy/moa/agriculture.nsf/index_gr/index_gr?opendocument

[http://www.moa.gov.cy/moa/MS/MS.nsf/All/20DA3E328565727BC22577CE003D5655/\\$file/Final_CYPRUS%20MEAN%20ANNUAL%20WIND%20SPEED.JPG?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/MS/MS.nsf/All/20DA3E328565727BC22577CE003D5655/$file/Final_CYPRUS%20MEAN%20ANNUAL%20WIND%20SPEED.JPG?OpenElement)

http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpenDocument

3.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.... 54

[http://www.suntech-power.com/goodyear/pdf/STP280_24Vd_UL\(H4%20Connector\)_AZ.pdf](http://www.suntech-power.com/goodyear/pdf/STP280_24Vd_UL(H4%20Connector)_AZ.pdf)

<http://www.eshops.gr/index.php?act=viewProd&productId=11293>

http://www.outbackpower.com/products/integration_hardware/flexware_500/

<http://www.ecodirect.com/OutBack-VFX3524-3500-Watts-24-Volts-p/outback-vfx3524.htm>

http://www.outbackpower.com/products/charge_controllers/flexmax/

<http://www.outbackpower.com/products/communications/mate/>

http://www.outbackpower.com/products/communications/flexnet_dc/

<http://www.altestore.com/store/Inverters/Inverter-Accessories/Stacking-Kits/Outback-Hub-10-Communication-Manager-10-Port/p855/>

<http://www.amerescosolar.com/brand/rolls-battery-engineering>

<http://www.deltala.com/prod12.htm>

<http://www.genpowerusa.com/11-kw-lister-petter-diesel-generator-11-kva-1-phase->

http://www.sma-america.com/en_US/products/grid-tied-inverters/sunny-boy/combiner-boxes.html60-hz-1ld140/

3.4 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ..... 67

3.5 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ..... 72

<http://www.outbackpower.com/docman/1401103031817mate.pdf>

http://www.outbackpower.com/docman/1401105054106fx_vfx_export.pdf

http://www.outbackpower.com/docman/1401105054359fx_vfx_installation.pdf

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ..... 78

4.1 ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΥΡΝΟΥ, ΕΣΤΙΑΣ ΨΗΣΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΙΚΙΑ..... 79

<http://www.pitsos.gr/%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%8C%CE%BD%CF%84%CE%B1/%CE%BC%CE%B1%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B5%CE%BC%CE%B1/%CE%B5%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%B9%CE%B6%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%BA%CE%BF%CF%85%CE%B6%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82/P1HEB32021.html>

<http://www.mediamarkt.gr/mcs/shop/tv.html>

4.2 ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ..... 81

http://www.ffiSolar.com/products/pdf/modules_sunpower_spr-327-333-WHT_en.pdf

<http://www.eshops.gr/index.php?act=viewProd&productId=11294>

<http://www.energybay.org/flexware-1000-power-system-box-and-iob-kits-fw-iob-q-120-240vac-1>

http://www.outbackpower.com/pdf/product_catalog/Product_Catalog.pdf

<http://www.ebay.com/itm/13-5kw-Diesel-Generator-Lister-Petter-Alpha-Series-/270920107553>

