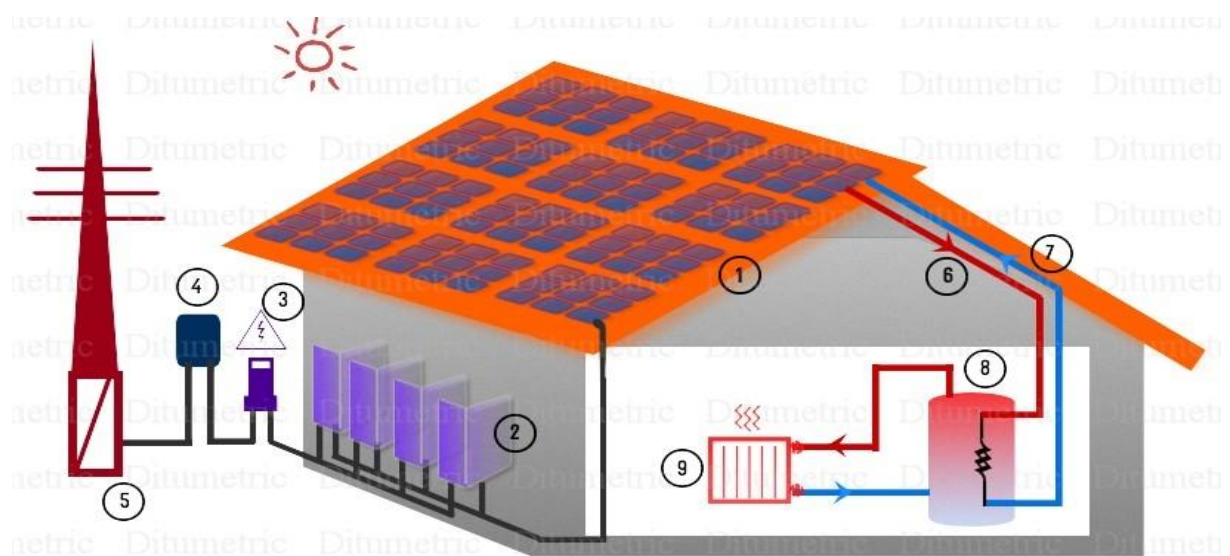




Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΔΑΝΙΗΛ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
: ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΡΩΜΑΙΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή κ..Ρωμαίο Αλέξανδρο κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Θερμές ευχαριστίες απευθύνω σε όλους τους καθηγητές που είχα όλα τα χρόνια της μέχρι στιγμής ακαδημαϊκής μας ζωής, για τις γνώσεις που μας μετέδωσαν και μας έκαναν καλύτερους ανθρώπους.

Θα θέλαμε επίσης να απευθύνουμε τις ευχαριστίες μας στους γονείς μας, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μας με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται αναφορά στη μελέτη και στη εγκατάσταση υβριδικού συστήματος σε μονοκατοικία με σκοπό την αυτόνομη κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων. Η οικία στην οποία αναφερόμαστε βρίσκεται στην νήσο Ικαρία. Το υβριδικό σύστημα που χρησιμοποιήσαμε για την κάλυψη των φορτίων έγινε με κριτήριο την τοποθεσία του σπιτιού και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, οι οποίες μας δίνουν την δυνατότητα να εκμεταλλευτούμε, τόσο την αιολική όσο και την ηλιακή ενέργεια. στην συνέχεια θα αναφερθούμε αναλυτικά στα επιμέρους κομμάτια από τα οποία αποτελείται ένα υβριδικό σύστημα καθώς επίσης και στις μελέτες οι οποίες έγιναν για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της οικίας.

Η εργασία χωρίζεται σε 8 κεφάλαια. Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ιστορία των φωτοβολταϊκών στοιχείων και από τη αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο καθώς και ποιος είναι ο σκοπός της χρήσης του. Το Κεφάλαιο 2^ο αναφέρεται την ανεμογεννήτρια ποιο το φαινόμενο που εκμεταλλευόμαστε και από τι αποτελείται μια ανεμογεννήτρια. Στο Κεφάλαιο 3^ο και 4^ο αναφερόμαστε στα επιμέρους εξαρτήματα που χρησιμοποιούμε στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ώστε να μετατρέψουμε το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές με την βοήθεια του μετατροπέα (inverter) και στην αποθήκευση ποσότητας ρεύματος με την βοήθεια των συσσωρευτών (μπαταρίες). Το Κεφάλαιο 5^ο αναφέρεται στο υβριδικό σύστημα. Στο Κεφάλαιο 6^ο και 7^ο αναφέρουμε τις θερμικές απώλειες και τον υπολογισμό ψυκτικών φορτίων με σκοπό την επιλογή ψυκτικής μονάδας καθώς και μονάδας θέρμανσης. Στο Κεφάλαιο 8^ο παραθέτουμε τη μελέτη ανεμογεννήτριας καθώς και PV-συστήματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	9
1.1. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ... 9	9
1.2. ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	10
1.3. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	11
1.4. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ	11
1.4.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ	14
1.4.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛ.....	16
1.5. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	17
1.5.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	18
1.5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ.....	18
1.6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	20
1.7. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	21
1.8. ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	22
1.9. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ Η ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ...	22
1.10. ΕΠΙΘΥΜΗΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	26
ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	26
2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	26
2.2 ΑΠΟ ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	27
2.3 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	28
2.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	29
2.5 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	31
2.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	33
2.6.1 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	33
2.6.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	34
2.7 ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	34
2.8 ΤΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	36

2.9	Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	.....	38
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΤΑΣΗΣ (INVERTER)	.....	38
3.1	ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΤΑΣΗΣ	38
3.2	ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΤΑΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΠΟ 12 V ΣΥΝΕΧΕΣ (DC) ΣΕ 220 V ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ (AC) ΡΕΥΜΑ	38
3.3	INVERTER ΜΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΚΑΙ ΜΕ ΚΑΘΑΡΟ ΗΜΙΤΟΝΟ	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	.....	41
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ	.....	41
4.1	ΣΚΟΠΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	41
4.2	ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	41
4.3	ΚΥΨΕΛΙΔΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ.....	41
4.4	ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ.....	44
4.5	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	44
4.6	ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ	46
4.7	ΦΟΡΤΙΣΗ.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	.....	49
ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	.....	49
5.1	ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	49
5.2	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	.....	52
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ.....	.....	52
6.1	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	52
6.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	54
6.3	ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	56
6.4	ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ	56
6.5	ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	.....	65
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ.....	.....	65
7.1	ΤΟ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ.....	65

7.2	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	66
7.3	ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΧΩΡΩΝ	67
7.4	ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΤΙΡΙΟΥ	68
7.5	ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ.....	68
7.6	ΚΕΡΔΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ.....	68
7.7	ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΟ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ.....	69
7.8	ΑΝΘΡΩΠΟΙ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	71
7.9	ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	71
7.10	ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΕΣ.....	71
7.11	ΛΑΘΑΝΟΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ	72
7.12	ΒΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	72
7.13	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		81
ΜΕΛΕΤΗ ΡV – ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....		81
8.1	ΜΕΛΕΤΗ ΡV ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	81
8.2	ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9		105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		107

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Se	= Σελήνιο
CO ₂	= Διοξείδιο του άνθρακα
Si	= Πυρίτιο
P _m	= Η ονομαστική ισχύς
V _{pm}	= Η τάση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ
I _{pm}	= Η ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ
V _{oc}	= Τάση ανοικτού κυκλώματος
I _{sc}	= Ένταση ρεύματος βραχυκυκλώματος
V _{max}	= Μέγιστη τάση συστήματος
DC	= Συνεχές ρεύμα
AC	= Εναλλασσόμενο ρεύμα
P	= Ισχύς
EVA	= Πολυμερές υλικό
As	= Αρσένιο
Q	= Θερμικό κέρδος
CLF	= Παράγοντας ψυκτικού φορτίου
ETD	= Ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας
U	= Γενικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας
L _{st}	= Γεωγραφικό πλάτος
L _{loc}	= Γεωγραφικό μήκος

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Φ/Β	= Φωτοβολταϊκά
ΑΠΕ	= Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΚΑΠΕ	= Κέντρο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΜΠΕ	= Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
Α/Γ	= Ανεμογεννήτρια
Η/Ζ	= Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος
Ε.Μ.Υ	= Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην εγκατάσταση ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων σε μονοκατοικία, τα οποία ανήκουν στην κατηγορία ήπιων μορφών ενέργειας. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη και δημιουργία υβριδικού συστήματος σε κατοικία με στόχο την αυτόνομη κάλυψη των φορτίων που χρησιμοποιεί η κατοικία. Για την καλύτερη κατανόηση και απόδοση των όσων παρατίθενται στην συνέχεια γίνονται αναφορές στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) καθώς και οι απαραίτητες μελέτες.

Το υβριδικό μας σύστημα το οποίο χρησιμοποιήσαμε αποτελείται από την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά. Κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας γίνεται αναφορά τόσο στην ανεμογεννήτρια και στα φωτοβολταϊκά όσο και στα επιμέρους κομμάτια του συστήματος δηλαδή τον μετατροπέα τάσης (inverter) και στους συσσωρευτές (μπαταρίες).

Στόχος μας είναι η βέλτιστη παραγωγή συνδυάζοντας άνεμο και ηλιακή ενέργεια με όσο το δυνατόν λιγότερη κάλυψη χώρου της οικίας, με ελαχιστοποίηση του κόστους ως προς τον ιδιώτη, με όσο τον δυνατόν λιγότερη ηχορύπανση από την ανεμογεννήτρια και τέλος την αυξανόμενα σταδιακά εκμετάλλευση των φυσικών πόρων μας.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W)
TV ΕΓΧΡΩΜΗ	150
TV ΕΓΧΡΩΜΗ	150
12 ΛΑΜΠΕΣ	360
ΗΛΚ. ΚΟΥΖΙΝΑ	2000
Η/Υ	90
ΨΥΓΕΙΟ	150
ΗΛΚ.ΣΙΔΕΡΟ	1100
ΡΑΔΙΟ	180
ΑΠΟΡ/ΤΗΡΑΣ	360
ΗΛΚ. ΣΚΟΥΠΑ	2000
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ	2200
VIDEO	30
ΛΟΙΠΕΣ ΣΥΣΚ.	250
ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ	350

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Οι ηλεκτρικές συσκευές της οικίας και ο μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας τους

Η πτυχιακή εργασία που παρατίθεται είναι η δική μας συμβολή και ένας τρόπος βοήθειας στους συνάνθρωπους μας οι οποίοι δυσκολεύονται η και ακόμα θέλουν να ξεφύγουν από το μονοπώλιο της Δ.Ε.Η. καθώς επίσης για το περιβάλλον μας ώστε να βοηθήσουμε όλοι μας ο καθένας με το δικό του τρόπο (όπως αυτός μιας απλής μελέτης) ως προς την καλύτερευση του τρόπου ζωής.

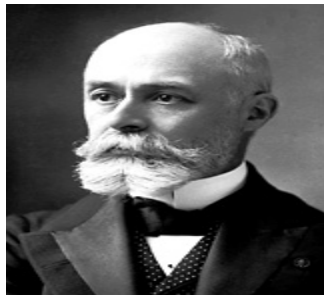
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

1.1. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Ζούμε μια περίοδο όπου η διόγκωση των περιβαλλοντικών συνθηκών σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών ενεργειακών πόρων και τα τεράστια βήματα στην τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων κάνουν πλέον εφικτή την χρήση τους. Πώς φτάσαμε όμως ως εδώ και ποιά είναι η ιστορία των φωτοβολταϊκών.

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel (1820 - 1891)¹ (Εικ. 1) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του σε μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.



Εικ.1: Edmond Becquerel

Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν οι Adams² (1836 - 1915) (Εικ. 2) και ο φοιτητής του Day παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως.



Εικ.2: Adams

Το 1918 ο Πολωνός Czochralski³ (1885 - 1953) (Εικ. 3) πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si) με την σχετική έρευνά του η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα.

¹ Ιστορικά Στοιχεία Edmond Becquerel

² ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ADAMS



Εικ.3: Czochralsk

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. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει. Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια του Bell το 1954 από τους Charin, Fuller και Pearson⁴. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

1.2. ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τέσσερα χρόνια μετά, το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο Vanguard (ΣΧΗΜΑ 1.1).



ΣΧΗΜΑ 1.1: Φωτοβολταϊκό σύστημα

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

³ 1918: Ο πολωνός επιστήμονας Jan Czochralski ανέπτυξε μια νέα μέθοδο παραγωγής του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, το οποίο αργότερα χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή των αντίστοιχων ηλιακών κυψελών.

⁴ 1954: Οι ερευνητές του Bell Labs, Gerald Pearson, Daryl Charin και Calvin Souther Fuller ανακάλυψαν τις πρώτες ηλιακές κυψέλες πυριτίου με απόδοση 4,5%, η οποία έφτασε στο 6% λίγους μόλις μήνες μετά.

υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των Φ/Β συνεχώς βελτιωνόταν. Κυριότερος πελάτης των φωτοβολταϊκών τις δεκαετίες που ακολούθησαν είναι η NASA.

1.3. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Φ/Β) είναι συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια μετατρέποντας την σε ηλεκτρική. Η λειτουργία των Φ/Β Συστημάτων βασίζεται στο Φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή την άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία (φως). Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με τη χρήση υλικών (ημιαγωγίμων) τα οποία διαθέτουν την ιδιότητα να απορροφούν φωτόνια του ηλιακού φωτός απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο). Η ροή των ελεύθερων αυτών ηλεκτρονίων συνεπάγεται τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος – ηλεκτρικής τάσης.

Τα Φ/Β πλαίσια χωρίζονται ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους σε 3 βασικές ομάδες: **Πολυκρυσταλλικά**, με μέση απόδοση 11-14%, **Μονοκρυσταλλικά**⁵, με μέση απόδοση 12-16% και σε **Άμορφα** με απόδοση 6-8% αντίστοιχα.

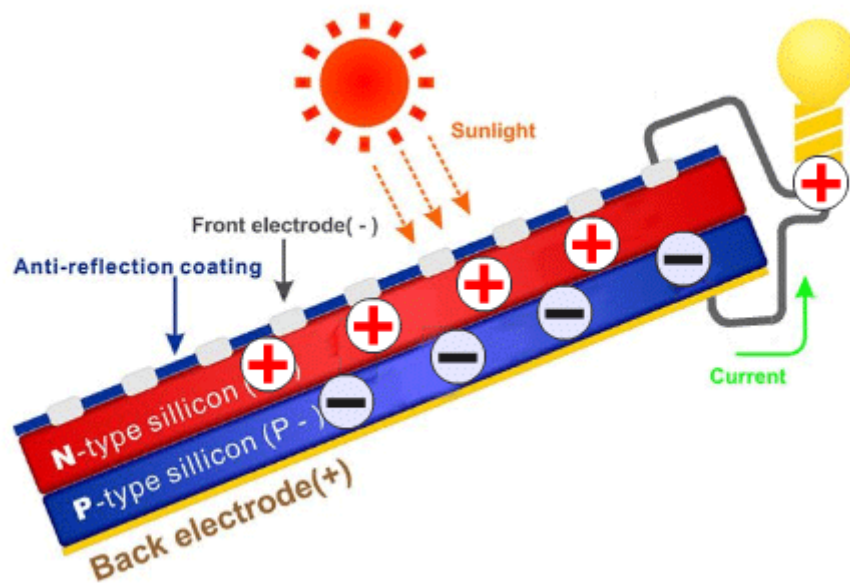
Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούνται, τα Φ/Β Συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Στα διασυνδεδεμένα Φ/Β Συστήματα, στα οποία η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο δίκτυο.
- Στα αυτόνομα Φ/Β Συστήματα, στα οποία η παραγόμενη ενέργεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες για χρήση σε περιόδους όπου η ηλιοφάνεια δεν είναι αρκετή κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα Αυτόνομα Φ/Β Συστήματα μετατρέπονται εύκολα σε υβριδικά με την προσθήκη ανεμογεννήτριας ή και ηλεκτροπαραγωγικού ζεύγους.

1.4. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ

Όταν το φως του ήλιου προσπίπτει σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο, μέρος των μορίων του φωτός (φωτόνια), τα οποία περιέχουν ενέργεια, απορροφάται από το κύτταρο. Από την απορρόφηση ενός φωτονίου ένα ηλεκτρόνιο (αρνητικό φορτίο) απωθείται από ένα άτομο πυριτίου. Αυτό συμβαίνει όταν η ενέργεια του φωτονίου είναι τουλάχιστον ίση ή ξεπερνάει το ενεργειακό κενό του ημιαγωγού (χαρακτηριστική ιδιότητα κάθε υλικού) οπότε και απορροφάται από τα ηλεκτρόνια σθένους.(ΣΧΗΜΑ 1.2)

⁵ Τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Το πάχος του φωτοβολταϊκού στοιχείου κυμαίνεται γύρω στα 0.3 χιλιοστά. Χρησιμοποιούνται για μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις λόγω της υψηλής απόδοσής τους 15%-18%.



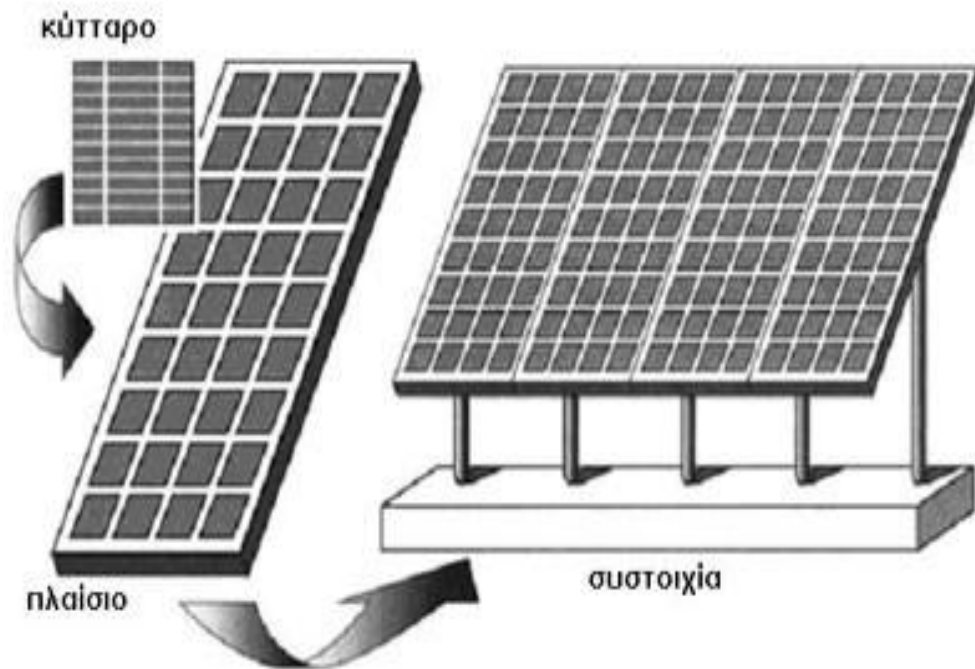
ΣΧΗΜΑ 1.2: Δομή φωτοβολταϊκών πάνελ

Η ενέργεια που αποκτούν τους δίνει τη δυνατότητα να μεταπηδούν στη περιοχή αγωγιμότητας αφήνοντας πίσω μια θετικά φορτισμένη οπή, δημιουργώντας μια διαφορά δυναμικού. Το ελευθερωμένο ηλεκτρόνιο και το θετικό φορτίο έχουν την τάση να αλληλοεξουδετερωθούν μεταξύ τους. Χρησιμοποιώντας όμως μια δίοδο επιτρέπεται η ροή ηλεκτρονίων μόνο προς τη μία κατεύθυνση (από το θετικό προς το αρνητικό φορτίο), οπότε δεν μπορούν να εξουδετερωθούν παρά μόνο εάν κλείσει το κύκλωμα. Όταν όμως, οι ηλεκτρικές επαφές στο μπροστινό και οπίσθιο τμήμα του κύτταρου συνδέονται μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος, τα ελευθερωμένα ηλεκτρόνια κατευθύνονται στο θετικά φορτισμένο πυρίτιο, παράγοντας κατά συνέπεια το ρεύμα.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια κατασκευάζονται από φωτοβολταϊκά κύτταρα (που δεν παράγονται απαραίτητα από τον κατασκευαστή του Φ/Β πλαισίου) τα οποία συνδέονται εν σειρά ή παράλληλα ανάλογα με την εφαρμογή που τα προορίζει ο κατασκευαστής τους. Καλύπτονται από το μπροστινό μέρος με γυαλί ή πλαστικό τύπου Tedlar ενώ το πίσω μέρος στεγανώνεται συνήθως με ένα πολυμερές υλικό, το EVA (Αιθυλένιο, βινύλιο και άλας οξικού οξέος). Οι κατασκευές αυτές πλαισιώνονται από προφίλ αλουμινίου για περιμετρική στεγανοποίηση και ευκολία στην τοποθέτηση. Αυτή η διαδικασία συμβαίνει στα πολύ-κρυσταλλικά και μονό-κρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια. Στα πλαίσια άμορφου πυριτίου το υλικό της σιλικόνης εναποτίθεται κατά τη διάρκεια παραγωγής του επάνω στο γυαλί μειώνοντας αισθητά το κόστος κατασκευής του πλαισίου. Η στεγάνωση του πλαισίου γίνεται επίσης με τη χρήση EVA, όμως επειδή το υλικό που εναποτίθεται είναι πολύ πιο λεπτό (0.5μm αντί 350μm) από τα κρυσταλλικά κύτταρα δεν είναι απαραίτητο το αλουμινένιο πλαίσιο καθώς επιτυγχάνεται επαρκής στεγανότητα με την κάλυψη του EVA. Να σημειωθεί ότι η αποδοτικότητα του φωτοβολταϊκού πλαισίου, ιδιαίτερα των κρυσταλλικών τύπων, δεν είναι η ίδια με τα κύτταρα που χρησιμοποιούνε καθώς σημαντικό μέρος της επιφάνειας του πλαισίου μένει ανεκμετάλλευτο λόγω του σχήματος των κύτταρων και του χώρου που χρειάζεται για τη συνδεσμολογία μεταξύ

τους. Στα πλαίσια άμορφου πυριτίου όμως επειδή η εναπόθεση του υλικού καλύπτει όλη την επιφάνεια του γυαλιού, αυτό το μειονέκτημα ελαχιστοποιείται. (ΣΧΗΜΑ 1.3)

Τέλος, πολλά Φ/Β πλαίσια σχηματίζουν τις Φ/Β συστοιχίες. Στις συστοιχίες ο εγκαταστάτης μπορεί να ενώσει τα πλαίσια σε σειρά ή παράλληλα ανάλογα την τάση και την ένταση του ρεύματος που επιθυμεί για το σύστημά του.



ΣΧΗΜΑ 1.3 Φωτοβολταϊκή συστοιχία

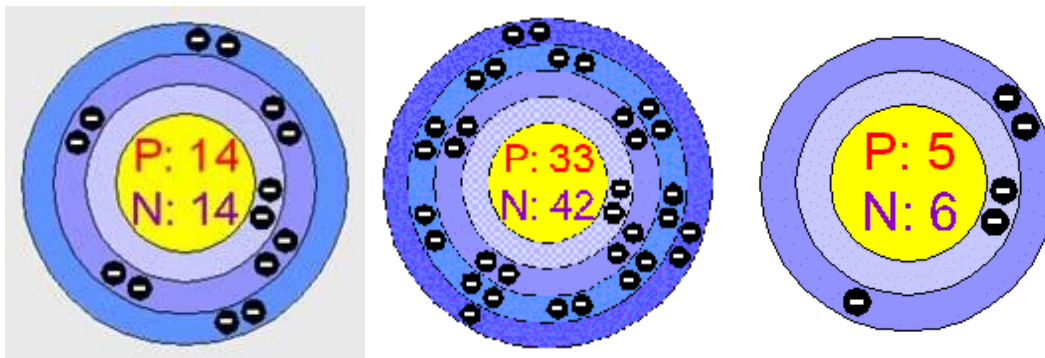
1.4.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών σε ατομικό επίπεδο. Ας πάρουμε όμως τα πράγματα από την αρχή.

Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάτε, είτε την διαπερνά (διαπερατότητα) είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα.

Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων (πακέτα ενέργειας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελέσει στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών.

Γενικότερα τα υλικά στην φύση σε σχέση με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες, τους αγωγούς του ηλεκτρισμού, τους μονωτές και τους ημιαγωγούς. Ένας ημιαγωγός έχει την ιδιότητα να μπορεί να ελεγχθεί η ηλεκτρική του αγωγιμότητα είτε μόνιμα είτε δυναμικά.



ΣΧΗΜΑ 1.4: Χαρακτηριστικά Ημιαγωγών

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ο περισσότερος γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο (Si) για αυτό και θα επικεντρωθούμε σε αυτό. Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα ή περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα (είναι "γενικά" συμπληρωμένη με 8 e) ψάχνουν άλλα άτομα με τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρόνια ή να μοιραστούν κάποια με σκοπό τελικά να αποκτήσουν συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα σθένους.

Σε αυτήν την τάση οφείλεται και η κρυσταλλική δομή του πυριτίου αφού όταν συνυπάρχουν πολλά άτομα μαζί διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεισφέρουν ηλεκτρόνια με όλα τα γειτονικά τους άτομα και τελικά με αυτόν τον τρόπο να αποκτούν μια συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα και κρυσταλλική δομή. Αυτή είναι και η καθοριστική ιδιότητα που έχουν τα κρυσταλλικά υλικά.

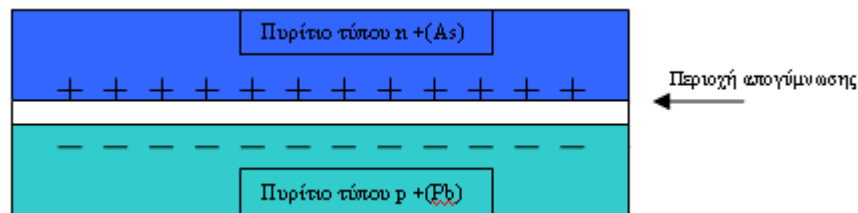
Στην κρυσταλλική του μορφή όμως το πυρίτιο είναι σταθερό. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά

χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή αφού δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του.

Τις ημιαγωγικές ιδιότητές του το πυρίτιο τις αποκτά με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμειξη με άλλα στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στην στοιβάδα σθένους. Αυτή η πρόσμειξη τελικά κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (υλικό τύπου p) είτε σε αρνητικά φορτία (υλικό τύπου n)

Για να φτιαχτεί λοιπόν ένας ημιαγωγός τύπου (n) ή αλλιώς ένας αρνητικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου θα πρέπει να γίνει πρόσμειξη ενός υλικού με (5e) στην εξωτερική του στοιβάδα όπως για παράδειγμα το **Αρσένιο (As)**. Αντίστοιχα για να δημιουργήσουμε έναν ημιαγωγό τύπου p η αλλιώς θετικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου χρειάζεται να γίνει πρόσμειξη στον κρύσταλλο κάποιου υλικού όπως το **βόριο (B)** που έχει (3e) στην εξωτερική του στοιβάδα (ΣΧΗΜΑ 1.5)

Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου (τύπου n) και (τύπου p) το ένα απέναντι από το άλλο δημιουργείται μια δίοδος ή αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής n έλκονται από τις «οπές» τις επαφής (p). Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.



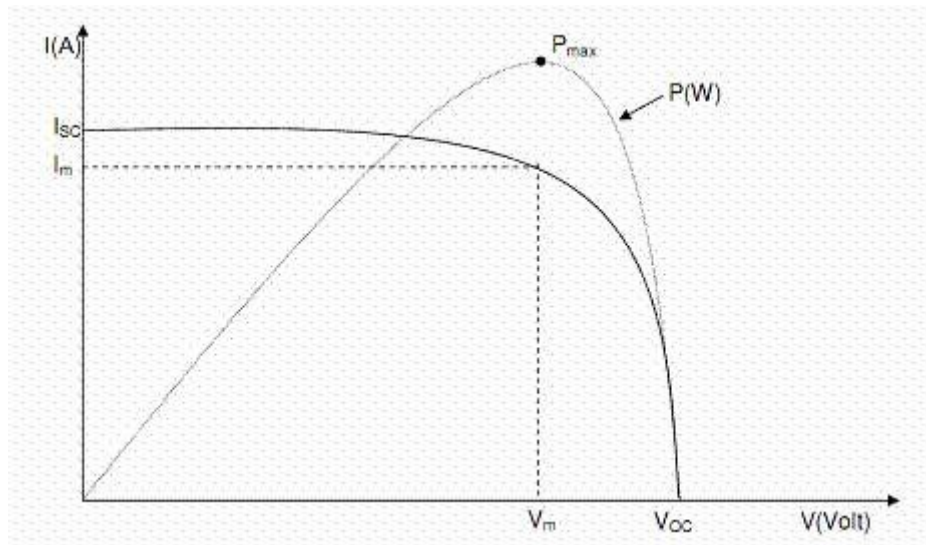
ΣΧΗΜΑ1.5: Επαφή Ηλεκτρικού πεδίου

1.4.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛ

Τα κύρια χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα πάνελ και θα πρέπει να προσεχτούν κατά την προμήθεια φωτοβολταϊκού εξοπλισμού, είναι:

1. P_m = Η ονομαστική (μέγιστη) ισχύς (σε Watt)
2. V_{pm} = Η τάση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Volt)
3. I_{pm} = Η ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Ampere)
4. V_{oc} = Τάση ανοιχτού κυκλώματος (σε Volt)
5. I_{sc} = Ένταση ρεύματος βραχυκυκλώματος (σε Ampere)
6. V_{max} = Μέγιστη Τάση συστήματος (σε Volt)
7. T_{coe} = Συντελεστές επίδρασης θερμοκρασίας αP_m (%/C), αI_{sc} (%/C), αV_{oc} (mV/C)
8. Εγγύηση απόδοσης solar panel
9. Εγγύηση προϊόντος

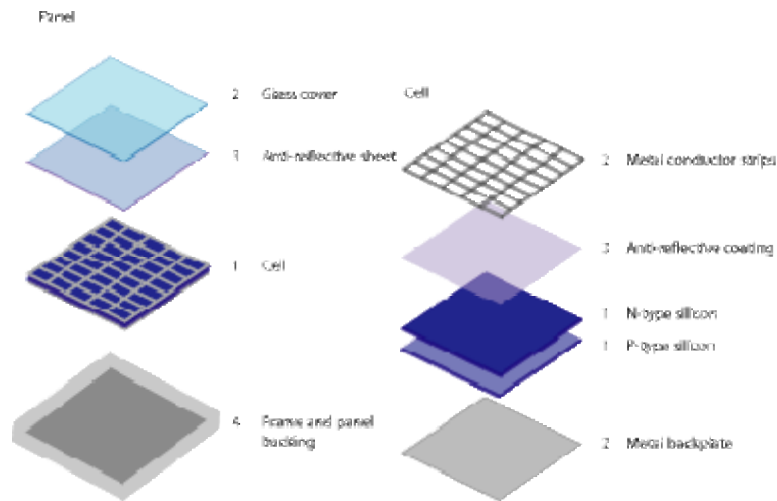
Παρακάτω στο (ΣΧΗΜΑ 1.6) απεικονίζεται το σχετικό διάγραμμα των στοιχείων ενός φωτοβολταϊκού πάνελ.



ΣΧΗΜΑ1.6: Χαρακτηριστική I-V με σημείο μέγιστης ισχύος (MPP)

Τα βασικά μέρη ενός "standard" φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι (ΣΧΗΜΑ 1.7):

- Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία
- Υλικό EVA για την ενθυλάκωση των στοιχείων
- Το ειδικό γυαλί στο εμπρόσθιο μέρος
- Το ειδικό φύλλο προστασίας στο πίσω μέρος (συνήθως TPT Tedlar)
- Το πλαίσιο αλουμινίου
- Το κουτί σύνδεσης



ΣΧΗΜΑ1.7: Επιμέρους τμήματα φωτοβολταϊκού πάνελ

1.5. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ακολουθεί πίνακας με τα βασικά εξαρτήματα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και ανάλυση των βασικών στοιχείων.

Ορολογία Φωτοβολταϊκών	
Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο	Η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Για ευκολία, συνήθως χρησιμοποιούμε τη συντήρηση Φ/Β για τη λέξη "φωτοβολταϊκό" (photovoltaic - PV).
Φωτοβολταϊκό Στοιχείο	Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (PV cell).
Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο	Ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (PV module).
Φωτοβολταϊκό Πανέλο	Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμοι για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).
Φωτοβολταϊκή Συστοιχία	Μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV array).
Φωτοβολταϊκή Γεννήτρια	Το τμήμα μιας Φ/Β εγκατάστασης που περιέχει Φ/Β στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα (PV generator).
Αντιστροφέας (Inverter)	Ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.
Ρυθμιστής Φόρτισης (charge controller)	Συσκευή που χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα για να ρυθμίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών.
kW (κιλοβάτ) kWp	Μονάδα ισχύος [1 kW = 1.000 Watt, 1 MW = 1.000 kW]

(κιλοβάτ πικ-peak) kWh (κιλοβατώρα)	μονάδα ονομαστικής ισχύος του φωτοβολταϊκού (ίδιο με το kW) μονάδα ενέργειας
--	--

ΣΧΗΜΑ 1.8: ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Γενικά ένα τυπικό Φ/Β σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο αποτελείται από τα εξής επιμέρους υποσυστήματα: Φωτοβολταϊκή Γεννήτρια Κατασκευή Στήριξης Συστήματα Μετατροπής Ισχύος Ηλεκτρονικά Συστήματα Ελέγχου, Προστασίας & λοιπά στοιχεία.

1.5.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Τα Φ/Β Πλαίσια αποτελούνται από (συνήθως 30 έως 36) ερμητικά σφραγισμένα Φ/Β στοιχεία μέσα σε ειδική διαφανή πλαστική ύλη, των οποίων η μπροστινή όψη προστατεύεται (συνήθως) από ανθεκτικό γυαλί χαμηλής περιεκτικότητας σε οξείδιο του σιδήρου. Η κατασκευή αυτή, που δεν ξεπερνά σε πάχος τα 4 με 5 χιλιοστά, τοποθετείται συνήθως σε πλαίσιο αλουμινίου, όπως τα τζάμια των κτιρίων. Τα στοιχεία εσωτερικά είναι διασυνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα ανάλογα με την εφαρμογή.

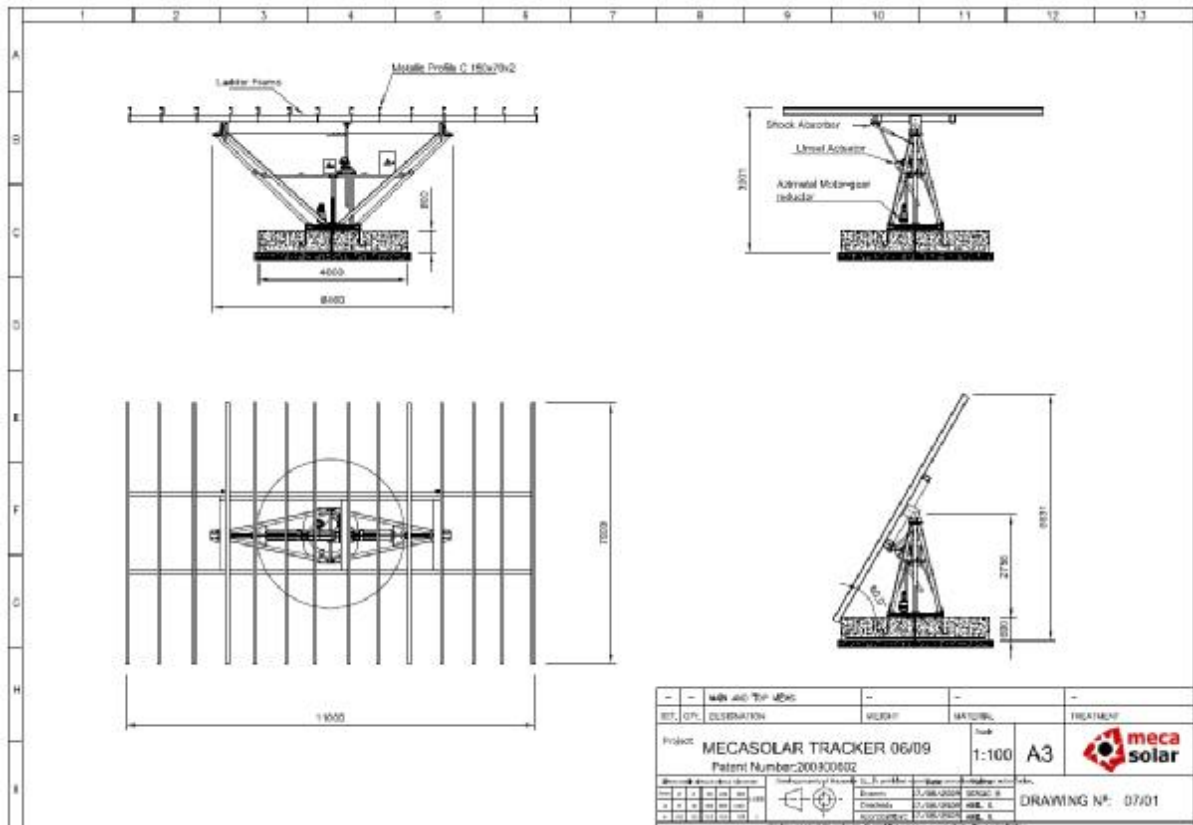
1.5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τα Φ/Β Πλαίσια προκειμένου να τοποθετηθούν στο σημείο εγκατάστασής τους εφοδιάζονται με ειδικές κατασκευές. Οι κατασκευές αυτές στήριξης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια, όπως αντοχή στα φορτία που προέρχονται από το βάρος των πλαισίων και τους τοπικούς ανέμους, να μη προκαλούν σκιασμό στα πλαίσια, να επιτρέπουν την προσέγγιση στα πλαίσια, αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίζουν την ασφάλειά τους. Σε εφαρμογές όπου τα Φ/Β Πλαίσια ενσωματώνονται σε κτιριακές δομές, τότε απαιτείται καλή συναρμογή με τα δομικά στοιχεία. (ΣΧΗΜΑ 1.9)



ΣΧΗΜΑ 1.9: Κατασκευή στήριξης

Η στήριξη των φωτοβολταϊκών μας θα γίνει από δυο πλαίσια τα οποία διαθέτουν 8 θέσεις πανέλων. Θα τοποθετηθούν κατά μήκος στην ταράτσα της οικίας με μια απόσταση 1 μέτρου για την διευκόλυνση στην εγκατάσταση των πανέλων αλλά καθώς επίσης και στην διευκόλυνση για τυχόν συντήρηση που θα χρειαστούν στο μέλλον. (ΣΧΗΜΑ 1.9.1)



ΣΧΗΜΑ 1.9.1: ΣΧΕΔΙΟ ΒΑΣΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΝΕΛ

1.6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

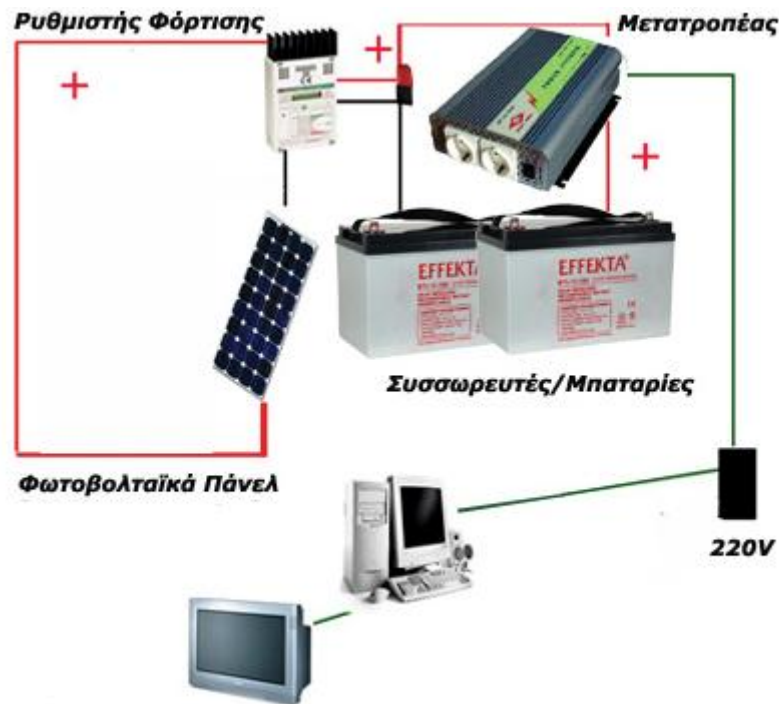
Τα Φ/Β Πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα ενώ τα φορτία καταναλώνουν εναλλασσόμενο ρεύμα. Για την μετατροπή της ισχύος στα Φ/Β Συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως αντιστροφείς (inverters) συνεχούς σε εναλλασσόμενο (DC/AC). Σκοπός των συστημάτων μετατροπής ισχύος είναι η κατάλληλη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του παραγόμενου ρεύματος, ώστε να καταστεί δυνατή η τροφοδοσία των διαφόρων καταναλώσεων.

Τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή του αντιστροφέα είναι:

- Η αξιοπιστία
- Η ενεργειακή απόδοση
- Οι αρμονικές παραμορφώσεις
- Το κόστος
- Η συμβατότητα με τις τεχνικές απαιτήσεις της ΔΕΗ

Σε ένα τυπικό Φ/Β Σύστημα (ΣΧΗΜΑ 1.10) ο αντιστροφέας τοποθετείται σε απόσταση από τα Φ/Β Πλαίσια σε στεγασμένο χώρο. Στις περιπτώσεις αυτές οι καλωδιώσεις είναι συνεχούς ρεύματος. Ωστόσο έχουν αναπτυχθεί Φ/Β Πλαίσια με ενσωματωμένους αντιστροφείς (AC-modules) με συνέπεια να αντικαθίστανται οι καλωδιώσεις συνεχούς με αντίστοιχες εναλλασσόμενου ρεύματος, οι οποίες είναι

χαμηλότερου κόστους και περισσότερο ασφαλείς.



ΣΧΗΜΑ 1.10: Φωτοβολταϊκό σύστημα

1.7. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα
- Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή, κοντά στους αντίστοιχους καταναλωτές ενέργειας, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής
- Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη
- Έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής: οι κατασκευαστές εγγυώνται τα «κρύσταλλα» για 20-30 χρόνια λειτουργίας
- Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών

- Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως είναι για παράδειγμα η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου,
- Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές: τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες)⁶ και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο σύστημα), καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου, όπως ήδη γίνεται στο Φράιμπουργκ της Γερμανίας.

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να καταλογίσει κανείς στα φωτοβολταϊκά συστήματα το κόστος τους, το οποίο, παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 4000 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 κιλοβάτ, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25χρόνια. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα είναι πολλά, και το ευρύ κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και πιο πολύ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα φωτοβολταϊκά ειδικότερα, για την κάλυψη ή την συμπλήρωση των ενεργειακών του αναγκών.

1.8. ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η ουσιαστική ώθηση για τα φωτοβολταϊκά όπως και για τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δόθηκε μέσα από κυβερνητικά προγράμματα με την μορφή επιδοτήσεων των δραστηριοτήτων παραγωγής ενέργειας (κυρίως ηλεκτρικής) με την χρήση "πράσινων" τεχνολογιών (ΑΠΕ)⁷. Η περισσότερο γνωστή από αυτές είναι η ευνοϊκή τιμολόγηση της ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, γνωστή και ως feed - in - tariff.

1.9. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ Η ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι προβλέψιμη. Αυτό που ενδιαφέρει, είναι πόσες κιλοβατώρες θα μας δώσει το σύστημα μας σε ετήσια βάση.

⁶ Οι Πηγές Ενέργειας διακρίνονται σε αυτογενείς (πυρήνες ατόμων, ήλιος, γαιάνθρακες ή πετρέλαιο) και τεχνητές (ταμιευτήρες, ηλεκτρικοί συσσωρευτές). Επίσης διακρίνονται σε πρωτογενείς πηγές που περιλαμβάνουν τη δυναμική ενέργεια των πυρήνων και δευτερογενείς που είναι όλες οι άλλες μορφές / πηγές ενέργειας.

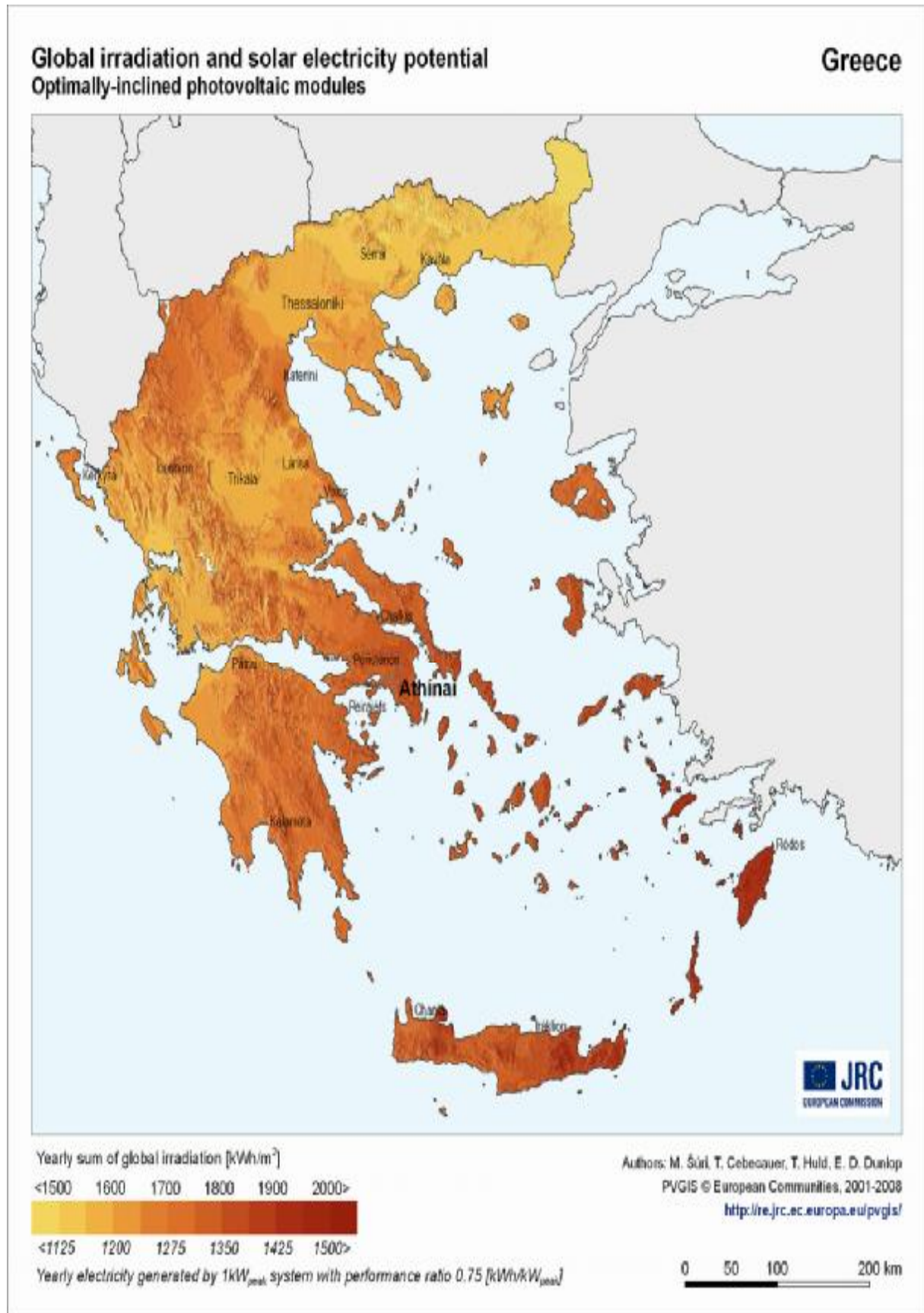
⁷ Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.

Σε γενικές γραμμές ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1.300 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kWh/έτος/KW) (ΣΧΗΜΑ 1.11).

Συνεπώς στις νότιες και ανατολικές ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό από ότι στις βόρειες. Ενδεικτικά αναφέρεται πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποδίδει

- Στην Αθήνα >>1.250 – 1.450 kWh/έτος/kW
- Στη Θεσσαλονίκη >> 1.150 – 1.275 kWh/έτος/kW
- Στην Κρήτη η στην Ρόδο >>1.400 – 1.500 kWh/έτος/kW

Η ακριβής απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος θα υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένα στοιχεία και χαρακτηριστικά όπως, ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί, οι ιδιαίτερες συνθήκες του οικοπέδου που θα εγκατασταθεί το φωτοβολταϊκό σύστημα, οι τυχόν σκιάσεις και αποκλείσεις από την βέλτιστη κλίση και προσανατολισμό, κ.λπ.



ΣΧΗΜΑ 1.11: Χάρτης φωτοβολταϊκού δυναμικού

1.10 ΕΠΙΘΥΜΗΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ένα Φ/Β σύστημα μπορεί να τοποθετηθεί:

- Στην οροφή υπάρχοντος κτιρίου
- Σε οποιονδήποτε ανοικτό ιδιόκτητο και περιφραγμένο χώρο
- Σε ανοικτό χώρο (parking) ως σκίαστρο
- Ως δομικό συστατικό νέας κτιριακής κατασκευής σύμφωνα με την υπάρχουσα διεθνή εμπειρία
- Ως αρχιτεκτονική παρέμβαση σε στάδια, πάρκα, πλατειές, δρόμους κ.λ.π. σύμφωνα με την υπάρχουσα διεθνή εμπειρία

Γενικά τα περισσότερα κτίρια και οικόπεδα είναι κατάλληλα, αρκεί να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος
- Το κτίριο ή η έκταση να είναι νόμιμα
- Να υπάρχει σωστός προσανατολισμός

Για τα υπάρχοντα φωτοβολταϊκά συστήματα απαιτούνται περίπου 10 – 20 τετραγωνικά μέτρα για κάθε KW εγκατεστημένης ισχύος ανάλογα με την τεχνολογία των πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί. Επίσης πρέπει να υπολογιστεί η απόσταση που πρέπει να έχουν μεταξύ τους οι συστοιχίες των πάνελ για την επισκεψιμότητα και την αποφυγή σκίασης. Στην επιλογή του χώρου θα πρέπει να υπολογιστούν η σχετική νομοθεσία (για τυχόν ειδικές πολεοδομικές διατάξεις, ειδικούς περιβαλλοντικούς όρους), η ηλιοφάνεια (αποφυγή χώρων με σκίαση από δένδρα, γειτονικά κτίρια, βόρειος προσανατολισμός κεκλιμένων σκεπών) και η εγγύτητα με το δίκτυο την ΔΕΗ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αιολική ενέργεια (ΣΧΗΜΑ 2.1) δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων αέριων μαζών από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Αν υπήρχε η τεχνολογική δυνατότητα να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο χρονικό διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης και σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας που ξεπερνά τα 5.1 m/sec. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, όταν η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου ξεπερνά αυτήν την τιμή το αιολικό δυναμικό ενός τόπου θεωρείται ενεργειακά εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες. Άλλωστε, το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητάς της, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας (ΚΑΠΕ, 1998)⁸.



ΣΧΗΜΑ 2.1: Αιολική ενέργεια

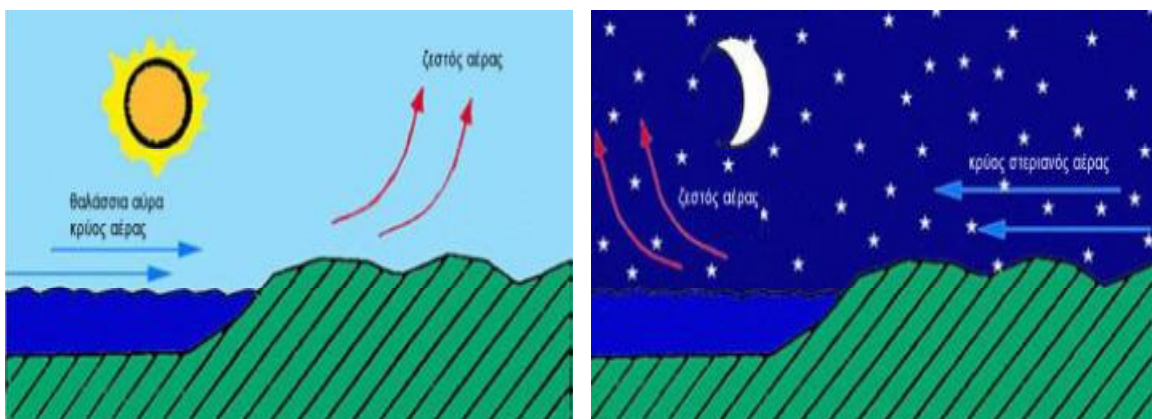
⁸ Το εργαστήριο συσσωρευτών του ΚΑΠΕ ανήκει στο Φωτοβολταϊκό Τμήμα και λειτουργεί από το 1993. Ο αρχικός σκοπός της δημιουργίας του ήταν να διεκπεραιωθούν πειραματικές διεργασίες με μπαταρίες διαφόρων τύπων στα πλαίσια ερευνητικών έργων. Κατά τη διάρκεια των πέντε ετών λειτουργίας του, το εργαστήριο εξοπλίστηκε με μηχανήματα και όργανα μέτρησης τελευταίας τεχνολογίας. Κατά συνέπεια, υπάρχει σήμερα η δυνατότητα παροχής υψηλού επιπέδου υπηρεσιών προς τους ενδιαφερόμενους χρήστες μπαταριών.

Οι μηχανές που κινούνται με την βοήθεια του αέρα παρέχουν μια πηγή ανανεώσιμης ενέργειας που είναι κατάλληλη και οικονομικώς αποδοτική σε μερικές περιπτώσεις. Οι ανεμόμυλοι έχουν χρησιμοποιηθεί για αιώνες για την άντληση νερού και το άλεσμα του σιταριού, και πιο πρόσφατα για να παραγάγουν την ηλεκτρική ενέργεια. Μικρά συστήματα (από ένα W έως και μερικά kW) χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία απομακρυσμένων περιοχών που δεν είναι συνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο, ενώ μεγάλα συστήματα (από 50kW και πάνω) έχουν ενταχθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο αρκετών χωρών (π.χ. 18000 τέτοια συστήματα στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ έχουν ενταχθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο της περιοχής). Η οικονομική ανάλυση της αιολικής ενέργειας είναι αρκετά πολύπλοκη και όχι εντελώς ξεκάθαρη. Παρόλα αυτά υπάρχει αισιοδοξία από την βιομηχανία ότι η αιολική ενέργεια θα συνεισφέρει σημαντικά και οικονομικά στην λύση του ενεργειακού προβλήματος σε μερικές περιοχές.

2.2 ΑΠΟ ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αιολική ενέργεια είναι μια έμμεση μορφή ηλιακής ενέργειας. Μεταξύ του 1% με 2% της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γη μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια. Οι άνεμοι προκύπτουν από την άνιση θέρμανση των διαφόρων στρωμάτων στην επιφάνεια της γης, που προκαλούν τον πιο δροσερό, πυκνό, αέρα να τείνει να αντικαταστήσει τον θερμότερο, ελαφρύτερο αέρα. Ενώ μερική από την ενέργεια του ήλιου απορροφάται άμεσα από τον αέρα, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας απορροφάται αρχικά από την επιφάνεια της γης και μεταφέρεται έπειτα στον αέρα με τη μεταγωγή θερμότητας.

Οι εποχιακές μεταβολές στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του αέρα προκύπτουν από τις εποχιακές αλλαγές στη σχετική κλίση της γης προς τον ήλιο, οι οποίες επηρεάζουν στη συνέχεια το θερμικό μοτίβο. Οι καθημερινές ή ημερήσιες μεταβολές, προκαλούνται από τη διαφορετική θερμοκρασία των τοπικών περιοχών, όπως το παρακείμενο έδαφος και η θάλασσα. Στο ΣΧΗΜΑ 2.2 οι απεικονίζονται οι μεταβολές του ζεστού και κρύου ανέμου.



ΣΧΗΜΑ 2.2: Σχηματισμός των ανέμων

Αυτή η μετακίνηση της αέριας μάζας επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες παγκόσμιας κλίμακας όπως η περιστροφή της γης, οι ήπειροι, οι ωκεανοί και οι οροσειρές και σε μια τοπική κλίμακα από τους λόφους, τη βλάστηση και τις λίμνες. Η ροή αέρα είναι σπάνια ομαλή, με τις περισσότερες περιοχές να βιώνουν αρκετά γρήγορες αλλαγές στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του αέρα. Η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται επίσης με το ύψος επάνω από το έδαφος, λόγω της τριβής έλξης του εδάφους, της βλάστησης και των κτιρίων.

2.3 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Οι ανεμογεννήτριες είναι συνέχεια των ανεμόμυλων. Ο ανεμόμυλος⁹ είναι μια διάταξη που χρησιμοποιεί ως κινητήρια δύναμη την κινητική ενέργεια του άνεμου (αιολική ενέργεια). Χρησιμοποιείται για την άλεση σιτηρών, την άντληση νερού και σε άλλες εργασίες.

Το 1890 όταν εγκαταστάθηκε πάνω σε χαλύβδινο πύργο ο ανεμόμυλος του Π. Λα Κούρα στη Δανία, με ισχία με σχισμές και διπλά πτερύγια αυτόματης μετάπτωσης προς τη διεύθυνση του ανέμου. Μετά τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο, έγιναν πειράματα με ανεμόμυλους που είχαν ισχία αεροτομής, δηλαδή όμοια με πτερύγια αεροπορικής έλικας. Το 1931 μια τέτοια ανεμογεννήτρια εγκαταστάθηκε στην Κριμαία και η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς διοχετευόταν στο τμήμα χαμηλής τάσης του τοπικού δικτύου. Πραγματικές ανεμογεννήτριες με δύο πτερύγια λειτούργησαν στις ΗΠΑ κατά τη δεκαετία του 1940, στην Αγγλία στη δεκαετία του 1950 καθώς και στη Γαλλία. Η πιο πετυχημένη ανεμογεννήτρια αναπτύχθηκε στη Δανία από τον Μ.Χ με τρία πτερύγια αλληλοσυνδεδεμένα μεταξύ τους και με έναν πρόβολο στο μπροστινό μέρος του άξονα περιστροφής. Στην Ολλανδία εκτελέστηκαν πειράματα από τον F.G. Sibari με αντικείμενο τη κατασκευή των παλαιών ανεμόμυλων άλεσης δημητριακών, έτσι ώστε η πλεονάζουσα ενέργεια να χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή. Χρησιμοποιήθηκε ένας ασύγχρονος ηλεκτροκινητήρας που κινούσε τον ανεμόμυλο (σε περίπτωση άπνοιας) ή λειτουργούσε σαν γεννήτρια, όταν φυσούσε.

Ο μηχανισμός μετάδοσης κίνησης περιλάμβανε συμπλέκτη παράκαμψης με σκοπό ο ηλεκτροκινητήρας να μην κινεί τα ιστία παρά μόνο να εκτελεί χρήσιμο έργο. Η οροφή στρεφόταν με τη βοήθεια αεροκινητήρα που ελεγχόταν από έναν ανεμοδείκτη.

Μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο πολλοί περίμεναν ότι η αιολική ενέργεια θα συνέβαλλε σημαντικά στην παραγωγή ηλεκτρισμού, αλλά οι προσπάθειες ανάπτυξης ανεμογεννητριών ατόνησαν μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Οι προσπάθειες αυτές ξανάρχισαν πιο έντονες μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση (1973) και στηρίχθηκαν κατά μεγάλο μέρος στην σύγχρονη αεροδιαστημική τεχνολογία. Έτσι αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 διατεθέντων στο εμπόριο συγκροτήματα μικρής ισχύος (μέχρι 20-25 KW) ενώ είχαν κατασκευαστεί και ανεμογεννήτριες μεγαλύτερης ισχύος (3-4 MW). Οι ανεμογεννήτριες προηγμένης τεχνολογίας που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι κυρίως δύο τύπων: ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα με πτερύγια

⁹ Ο ανεμόμυλος είναι αιολική μηχανή οριζόντιου άξονα περιστροφής. Χρησιμοποιήθηκε για την άλεση των δημητριακών και την άντληση νερού. Γνωστός απ' τα αρχαία χρόνια, διαδόθηκε σημαντικά στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο.

και ανεμογεννήτριες Νταριά¹⁰ με κατακόρυφο άξονα (από τον Γάλλο G.J.M.Darrieus που τις εφεύρε το 1925).

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, (ΣΧΗΜΑ 2.3) που είναι πιο εξελιγμένες και διαδεδομένες, έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια και η ισχύς τους κυμαίνεται από λίγα KW έως μερικά με MW. Οι ανεμογεννήτριες Νταριά είναι απλούστερες και μικρότερης ισχύος.



ΣΧΗΜΑ 2.3: Ανεμογεννήτρια

2.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Τα συστήματα ενεργειακής μετατροπής του αέρα (ανεμογεννήτριες) σχεδιάζονται για να μετατρέψουν την ενέργεια της μετακίνησης αέρα (κινητική ενέργεια) σε μηχανική δύναμη (μηχανική ενέργεια), η οποία είναι η κινητήρια δύναμη μιας μηχανής. Στην ανεμογεννήτρια, αυτή η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενώ στους ανεμόμυλους αυτή η ενέργεια χρησιμοποιείται για να κάνει την οποιαδήποτε εργασία, όπως την άντληση του νερού, το άλεσμα των σιταριών ή την κίνηση των μηχανημάτων. Η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί είτε να αποθηκευτεί σε μπαταρίες, είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα. Υπάρχουν τρεις βασικοί φυσικοί νόμοι που κυβερνούν το ποσό της διαθέσιμης από τον αέρα ενέργειας.

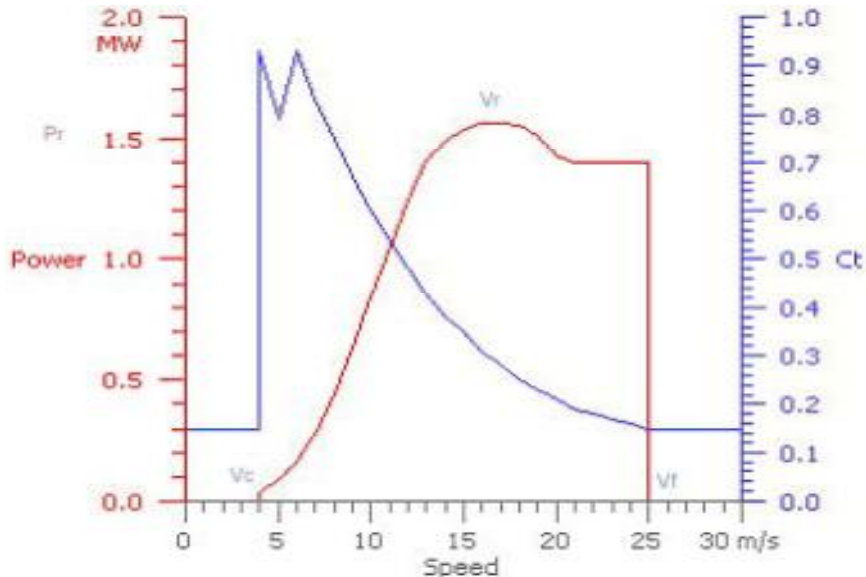
Ο πρώτος νόμος δηλώνει ότι η δύναμη που παράγεται από τη γεννήτρια είναι ανάλογη προς την κυβική δύναμη της ταχύτητας του αέρα. Παραδείγματος χάριν, εάν διπλασιαστεί η ταχύτητα του αέρα, η διαθέσιμη ισχύ οκταπλασιάζεται, ενώ εάν η ταχύτητα αέρα τριπλασιαστεί, είκοσι επτά φορές περισσότερη ισχύ είναι διαθέσιμη! Αντίθετα, υπάρχει πολύ λίγη ενέργεια στον αέρα όταν αυτός έχει χαμηλή ταχύτητα. Αυτός ο νόμος σημαίνει ότι το ακριβές και λεπτομερές τοπικό στοιχείο ταχύτητας αέρα είναι απαραίτητο για να καθορίσει την πιθανή ενεργειακή παραγωγή από μια δεδομένη περιοχή, και οι γεννήτριες πρέπει να σχεδιαστούν για εκείνη την

¹⁰ Οι ανεμογεννήτριες Νταριά είναι απλούστερες και μικρότερης ισχύος

συγκεκριμένη περιοχή. Ο μέσος όρος ταχύτητας αέρα έχει συχνά μόνο περιορισμένη αξία.

Ο δεύτερος νόμος δηλώνει ότι η διαθέσιμη δύναμη είναι ανάλογη προς το εμβαδόν σάρωσης των πτερυγίων. Αυτή η δύναμη είναι ανάλογη προς το τετράγωνο του μήκους των πτερυγίων. Παραδείγματος χάριν, ο διπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων θα αυξήσει την ισχύ τέσσερις φορές, και ο τριπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων θα αυξήσει την ισχύ εννέα φορές.

Ο τρίτος νόμος δηλώνει ότι στις ανεμογεννήτριες υπάρχει μια μέγιστη θεωρητική αποδοτικότητα της τάξης του 59% (Betz limit)¹¹. Στην πράξη, οι περισσότερες ανεμογεννήτριες είναι πολύ λιγότερο αποδοτικές από αυτό, και οι διαφορετικοί τύποι σχεδιάζονται για να έχουν τη μέγιστη αποδοτικότητα με τις διαφορετικές ταχύτητες αέρα. Οι καλύτερες ανεμογεννήτριες έχουν αποδοτικότητα μεταξύ του 35 - 40%. Οι ανεμογεννήτριες σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν μεταξύ ορισμένων ταχυτήτων αέρα. Η χαμηλότερη ταχύτητα, αποκαλούμενη "ταχύτητα περικοπής" είναι γενικά 4 - 5 μέτρα το δευτερόλεπτο, δεδομένου ότι υπάρχει λίγη ενέργεια στον αέρα κάτω από αυτήν την ταχύτητα για να υπερνικήσει τις απώλειες, από τα μηχανικά κυρίως μέρη, του συστήματος. Η "ταχύτητα αποκοπής" καθορίζεται από τη δυνατότητα της γεννήτριας να αντισταθεί σε υψηλούς ανέμους. Η "εκτιμημένη ταχύτητα" είναι η ταχύτητα αέρα με την οποία η ανεμογεννήτρια επιτυγχάνει τη μέγιστη παραγωγή της. Επάνω από αυτήν την ταχύτητα, μπορεί να έχει τους μηχανισμούς που διατηρούν την παραγωγή σε μια σταθερή αξία καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα.



ΣΧΗΜΑ 2.4: Παραγωγή ενέργειας από την ανεμογεννήτρια NEG Micron 1500kW σε σχέση με την ταχύτητα του αέρα. (Χαρακτηριστική καμπύλη παρμένη από το WASP)

¹¹ Albert Betz ήταν φυσικός γερμανός, που το 1919 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν ανεμογεννήτρια μπορεί να μετατρέψει πάνω από 16/27 (59,3%), της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια μετατρέποντας ένα δρομέα. Αυτή η ημέρα είναι γνωστή ως η Betz Limit ή «Νόμος Betz». Το όριο αυτό δεν έχει καμία σχέση με την αναποτελεσματικότητα της γεννήτριας, αλλά στην ίδια τη φύση των ανεμογεννητριών οι ίδιοι.

Στο ΣΧΗΜΑ 2.4, V_c είναι η ταχύτητα παρεμβάσεων με την οποία ο στρόβιλος αρχίζει να παράγει ενέργεια, V_r είναι η εκτιμημένη ταχύτητα με την οποία η γεννήτρια φθάνει την εκτιμημένη της δύναμη και V_f είναι η ταχύτητα αποκοπής, η οποία είναι η ταχύτητα αέρα με την οποία η μηχανή διακόπτει την λειτουργία της για να αποφύγει οποιαδήποτε ζημία. Η παράμετρος P_r είναι η εκτιμημένη ενεργειακή παραγωγή της ανεμογεννήτριας. Η παράμετρος C_t είναι ο συντελεστής ενέργειας της ανεμογεννήτριας, και αντιπροσωπεύει το πόσο αποτελεσματικά η ανεμογεννήτρια μετατρέπει τον αέρα σε ηλεκτρική ενέργεια.

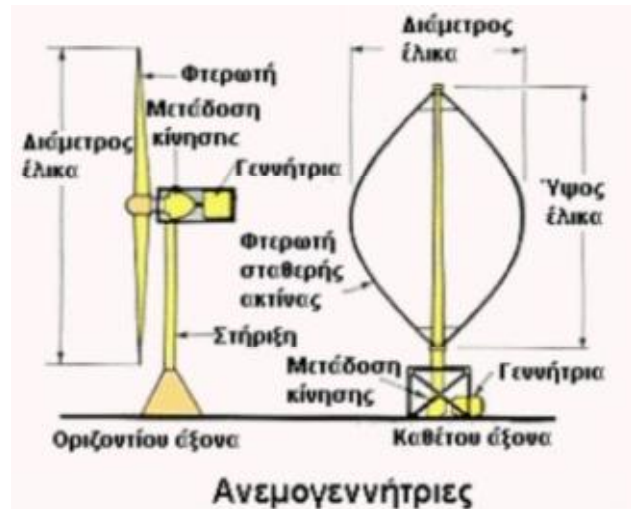
Αυτές οι καμπύλες χαρακτηρίζουν μια ανεμογεννήτρια τριών πτερυγίων. Η μηχανή ακολουθεί τη μέγιστη διαθέσιμη αιολική ενέργεια έως ότου φθάσει στο όριο της γεννήτριας, έπειτα ρυθμίζεται για να διατηρήσει μια σταθερή παραγωγή μέχρι να σταματήσει στο όριο της ταχύτητας αποκοπής. Επίσης παρατηρούμε ότι η αποδοτικότητα της γεννήτριας μειώνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα. Πρέπει να γνωρίζουμε όμως ότι αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η ανεμογεννήτρια να παράγει όσο το δυνατό περισσότερη ενέργεια καθώς το καύσιμο (ο αέρας) είναι δωρεάν οπότε η απόσβεση της επένδυσής μας είναι ανεξάρτητη της αποδοτικότητας της γεννήτριας, όμως άμεσα εξαρτώμενη του μεγέθους της παραγωγής της. Για αυτό σημαντική είναι η σωστή μελέτη του αιολικού πάρκου και η επιλογή των κατάλληλων ανεμογεννητριών.

2.5 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

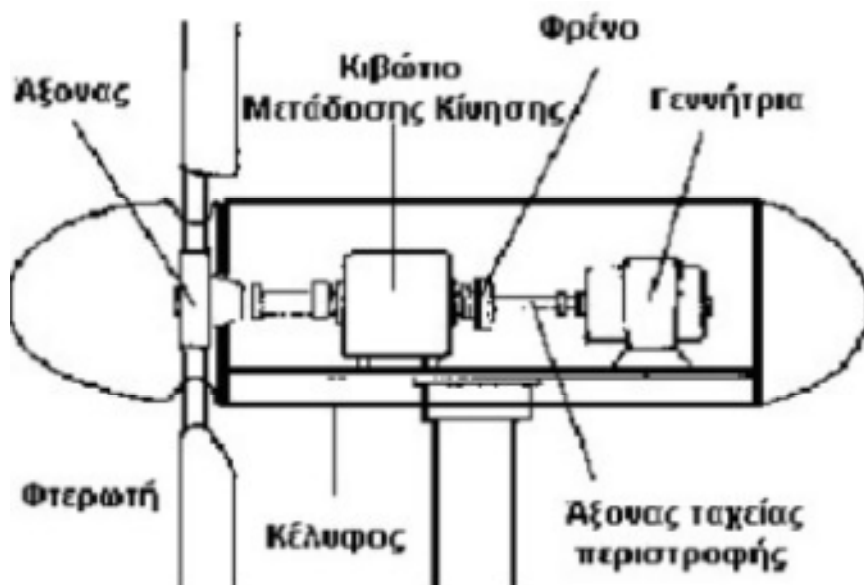
Η χώρα διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αξιοποίησή του μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αιεφόρο ανάπτυξή της. Το πρώτο αιολικό πάρκο εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το 1982 στην Κύθνο. Μέχρι σήμερα έχουν κατασκευασθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής πάνω από 30 MW. Ως ιδιαίτερα σημαντικό θεωρείται το αυξημένο ενδιαφέρον του ιδιωτικού τομέα στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ειδικά σε περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού (Νησιά Αιγαίου, Νότια Εύβοια, Ανατολική Πελοπόννησος, Θράκη). Με την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεκάδες αιτήσεις για μονάδες παραγωγής από ιδιώτες έχουν υποβληθεί στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, με συνέπεια η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα των αιολικών πάρκων να εκτιμάται σε πάνω από 1200 MW έως το τέλος του 2007 (ΥΠΑΝ¹², 2005). Σημαντικό εμπόδιο στην ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη αποτελεί η ανεπάρκεια της υποδομής του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο κατασκευάστηκε πολύ πριν αναδυθεί η ανανεώσιμη ενέργεια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση. Έτσι, στις ηπειρωτικές περιοχές υψηλού φυσικού δυναμικού, οι δυνατότητες επενδύσεων αιολικής ενέργειας έχουν περιοριστεί από τις δυνατότητες διείσδυσης στο ηλεκτρικό δίκτυο και παρόμοιοι περιορισμοί υφίστανται και στα νησιά εμποδίζοντας την περαιτέρω διείσδυση της συγκεκριμένης ΑΠΕ.

¹² Υπουργείο Ανάπτυξης

Σήμερα η εκμετάλλευση της αιολικής Ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες: τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο και τις ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα ο οποίος παραμένει σταθερός.



Στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα σε ποσοστό περίπου 90%. Η ισχύς τους ξεπερνά τα 700 kW και είναι δυνατή η απευθείας σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο, καθιστώντας μία συστοιχία ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο) ως αυτόνομη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής. Κατά την λειτουργία τους, ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια της φτερωτής της ανεμογεννήτριας τα οποία είναι συνδεδεμένα στον περιστρεφόμενο οριζόντιο άξονα. Ο άξονας οδηγείται σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Η κίνηση μεταφέρεται μέσω άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής σε μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Για να αποφευχθεί η φθορά του στροβίλου στις περιπτώσεις πολύ μεγάλων ταχυτήτων του ανέμου, η όλη διάταξη περιλαμβάνει ένα μειωτήρα (φρένο) που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων (ΣΧΗΜΑ 2.5). Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να υπερβαίνει τους 15 kph για να είναι δυνατή η ηλεκτροπαραγωγή από μία συνήθη ανεμογεννήτρια. Η ονομαστική τους ισχύς κυμαίνεται από 50 - 750 kW.



ΣΧΗΜΑ 2.5: Τμήματα ανεμογεννήτρια

Η παραγόμενη τάση είναι της τάξης των 25000 V και απαιτείται μετασχηματιστής για τη μεταφορά του ρεύματος στο δίκτυο. Η συστηματική εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλλει στην αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη μείωση των εισαγόμενων πρωτογενών πηγών ενέργειας, γεγονός που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη, σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μίας μόνο ανεμογεννήτριας δυναμικότητας 550 kW σε ένα χρόνο υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2700 βαρελιών πετρελαίου, οδηγώντας σε μείωση του εκπεμπόμενου CO² κατά 735 περίπου τόνους ετησίως στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας.

Τα ενδεχόμενα εμπόδια για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ο θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, οι ούτως ή άλλως σπάνιες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στο ραδιόφωνο, την τηλεόραση και τις τηλεπικοινωνίες, που επιλύονται όμως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, καθώς επίσης και πιθανά προβλήματα αισθητικής.

2.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

2.6.1 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών, κυρίως αποδημητικών γιατί τα ενδημικά «συνηθίζουν» την παρουσία των μηχανών και τις αποφεύγουν. Γι' αυτό καλύτερα να μην κατασκευάζονται αιολικά πάρκα σε δρόμους μετανάστευσης πουλιών. Σε κάθε περίπτωση, πριν τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου ή και οποιασδήποτε εγκατάστασης ΑΠΕ θα πρέπει να έχει προηγηθεί Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ). Πάντως η συχνότητα ατυχημάτων πουλιών σε αιολικά πάρκα είναι πολύ μικρότερη αυτής των ατυχημάτων με αυτοκίνητα. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας και την αυστηρότερη επιλογή του τόπου εγκατάστασης (π.χ. πλωτές πλατφόρμες σε ανοικτή θάλασσα) το παραπάνω πρόβλημα, αλλά και ο θόρυβος από τη λειτουργία των μηχανών, έχουν σχεδόν λυθεί το πρόβλημα θορύβου. Πρόκειται για το μόνο ουσιαστικό πρόβλημα, αλλά συγχρόνως και το ευκολότερο να ελεγχθεί και να προληφθεί. Στις ανεμογεννήτριες ο εκπεμπόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση του: χρειάζεται δηλαδή μηχανικός και αεροδυναμικός.

- Ο πρώτος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κ.λ.π.)
- Ο δεύτερος προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο αθόρυβες. Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Οι μηχανικοί θόρυβοι έχουν ελαχιστοποιηθεί με εξαρχής σχεδίαση (γρανάζια πλάγιας οδόντωσης), ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής. Επίσης ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται στη διαδρομή του με ηχομονωτικά περάσματα και αντικραδασμικά πέλματα στήριξης. Αντίστοιχα ο

αεροδυναμικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές, που δίνουν άμεση προτεραιότητα στην ελάττωσή του .

Το επίπεδο του αντιληπτού θορύβου από μια ανεμογεννήτρια σύγχρονων προδιαγραφών σε απόσταση 200 μέτρων, είναι μικρότερο από αυτό που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος μιας μικρής επαρχιακής πόλης και βεβαίως δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης. Με δεδομένη δε τη νομοθετημένη απαίτηση να εγκαθίστανται οι ανεμογεννήτριες σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από τους οικισμούς, το επίπεδο είναι ακόμη χαμηλότερο και αντιστοιχεί πλέον σε αυτό ενός ήσυχου καθιστικού δωματίου. Επιπλέον, στις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν οι ανεμογεννήτριες ο φυσικός θόρυβος (θόρυβος ανέμου σε δένδρα και θάμνους) υπερκαλύπτει οποιονδήποτε θόρυβο που προέρχεται από τις ίδιες.

2.6.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν.
- Η Αιολική ενέργεια είναι μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή.
- Προστατεύει τη Γη καθώς κάθε μία κιλοβατώρα που παράγεται από τον άνεμο αντικαθιστά μία κιλοβατώρα που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς και ρυπαίνει την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου.
- Δεν επιβαρύνει το τοπικό περιβάλλον με επικίνδυνους αέριους ρύπους , μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, καρκινογόνα μικροσωματίδια κ.α., όπως γίνεται με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας και την Ευρώπη γενικότερα.
- Βοηθά στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.

2.7 ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Παρακάτω θα δούμε τον απλό τύπο με τον οποίο μπορούμε να υπολογίζουμε την ισχύ που μπορεί να δώσει μια ανεμογεννήτρια. Προκύπτει από το συνδυασμό της κινητικής ενέργειας που υπάρχει στον άνεμο και του ανώτατου ορίου αυτής που μπορούμε να μετατρέψουμε σε μηχανική/ηλεκτρική, όπως το όρισε ο Γερμανός επιστήμονας Albert Betz.

Κινητική ενέργεια: $0,5 \times \text{Μάζα} \times (\text{Ταχύτητα στο τετράγωνο})$

Η μάζα υπολογίζεται σε Kg και η ταχύτητα σε m/s (μέτρα ανά δευτερόλεπτο). Η κινητική ενέργεια είναι σε Joules.

Η πυκνότητα του αέρα σε μηδέν υψόμετρο είναι 1,23 Kg ανά κυβικό μέτρο. Έτσι λοιπόν η μάζα του αέρα που περνά από την επιφάνεια που καλύπτουν τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, προκύπτει από τον τύπο:

Μάζα/δευτερόλεπτο (kg/s) = Ταχύτητα (m/s) x Επιφάνεια (m²) x Πυκνότητα (kg/m³)

Συνδυάζοντας τους παραπάνω τύπους, προκύπτει η ισχύς του ανέμου στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας (σε Watt):

Ισχύς (Watt) = 0.5 X επιφάνεια (m²) X 1,23 X τρεις φορές την ταχύτητα του ανέμου σε m/sec

Το 1,23 ισχύει για ανεμογεννήτριες τοποθετημένες στο ίδιο επίπεδο με τη θάλασσα - όσο ανεβαίνουμε σε υψόμετρο αυτό αλλάζει, όχι όμως τόσο ώστε να επηρεάζει ιδιαίτερα το αποτέλεσμα. Αυτή είναι η ισχύς του ανέμου. Ο Albert Betz¹³ υπολόγισε όμως ότι το μέγιστο που μπορούμε να μετατρέψουμε από την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την κίνηση ενός ρότορα (όπως σε μια ανεμογεννήτρια) είναι 59,3%. Εδώ λοιπόν μπαίνει και το όριο του 59,3% αλλά και οι απώλειες της ανεμογεννήτριας (τριβής, καλωδίων κ.α.). Έτσι συνήθως η τελική ισχύς που παίρνουμε από τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα είναι το 30-40% της ισχύος του ανέμου που υπολογίσαμε με τον παραπάνω τύπο. Στις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα το αντίστοιχο ποσοστό είναι 15-30%.

Η ονομαστική ισχύς που αναφέρει μια ανεμογεννήτρια, από μόνη της δεν μας λέει πολλά πράγματα για την ενέργεια που μπορεί να μας δώσει. Δηλώνει απλώς την ισχύ που μπορεί να δώσει η ανεμογεννήτρια σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου. Για παράδειγμα 400W στα 12,5 m/s (μέτρα ανά δευτερόλεπτο). Οι συνηθισμένοι άνεμοι είναι όμως περίπου 4-6 m/s και πολύ λίγες ώρες το χρόνο έχουμε 12,5 m/s. Αυτό που πρέπει να ξέρουμε είναι το εξής: Για τις ταχύτητες ανέμου που επικρατούν στην περιοχή που θα εγκαταστήσουμε την ανεμογεννήτρια, πόση ισχύ μπορεί να δώσει η κάθε ανεμογεννήτρια που συγκρίνουμε; Κάποια ανεμογεννήτρια είναι καταλληλότερη για χαμηλότερης ταχύτητας ανέμους και κάποια άλλη ανεμογεννήτρια το αντίθετο. Γι αυτό είναι καλό να εξετάζουμε και τις καμπύλες απόδοσης για κάθε ανεμογεννήτρια, σε διάφορες ταχύτητες ανέμου και φυσικά να γνωρίζουμε τις ταχύτητες ανέμου που επικρατούν στην περιοχή της εγκατάστασης.

Κάθε ανεμογεννήτρια έχει τις δικές τις καμπύλες απόδοσης, όπως για παράδειγμα οι παραπάνω που αφορούν μικρή ανεμογεννήτρια 400W. Βλέπουμε όμως ότι η ονομαστική ισχύς των 400W επιτυγχάνεται σε ταχύτητα ανέμου γύρω στα 12,5 m/s η οποία ισχύει για λίγες ώρες το χρόνο. Συνήθως όποτε φυσάει, οι ταχύτητες ανέμου κυμαίνονται μεταξύ 3 και 7 m/s στις περισσότερες περιοχές που μας ενδιαφέρουν. Σε αυτές τις ταχύτητες όμως, όπως βλέπουμε από την πρώτη καμπύλη, η ανεμογεννήτρια μόλις που παράγει γύρω τα 50W ισχύ! Αν γνωρίζουμε όμως τη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου για την περιοχή που μας ενδιαφέρει, τότε από τη δεύτερη καμπύλη βρίσκουμε μια (πολύ χονδρική) εκτίμηση για την μηνιαία παραγωγή σε KWH (κιλοβατώρες) της ανεμογεννήτριας. Ένα μέγεθος σαφώς πιο χρήσιμο από το προηγούμενο.

Για παράδειγμα, με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 4,5 m/s μπορούμε να αναμένουμε από την ανεμογεννήτρια γύρω στις 18 έως 25 KWh το μήνα, ανάλογα με το πόσο καλή είναι η τοποθεσία της εγκατάστασης (εμπόδια, ύψος, έδαφος, υψόμετρο, πυκνότητα αέρα, θερμοκρασία κ.λ.π). Στοιχεία για τη μέση ταχύτητα του

¹³ http://en.wikipedia.org/wiki/Albert_Betz

ανέμου μπορούμε να αναζητήσουμε σε μετεωρολογικές υπηρεσίες (όπως η Ε.Μ.Υ¹⁴). Η καμπύλη απόδοσης του κατασκευαστή για μια ανεμογεννήτρια βοηθάει ώστε να έχουμε μια πρώτη ιδέα και διευκολύνει στις συγκρίσεις. Δεν σημαίνει όμως πως αν υπολογίσουμε ξανά την καμπύλη απόδοσης, για την ίδια ανεμογεννήτρια που τοποθετήσαμε σε κάποια τοποθεσία, ότι θα βγάλουμε τα ίδια αποτελέσματα.

Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα (διαφορετικό έδαφος, πυκνότητα αέρα, κ.λ.π.). Οι περισσότεροι κατασκευαστές δίνουν και την καμπύλη εκτιμώμενης (ετήσιας ή μηνιαίας) παραγωγής σε KWh (κιλοβατώρες) για μια ανεμογεννήτρια. Αυτό διευκολύνει πολύ, αφού αυτό είναι το μέγεθος που τελικά μας ενδιαφέρει. Είναι όμως υπολογισμένο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Και όσο απομακρύνεται η δική μας εγκατάσταση από την ιδανική, τόσο χαμηλότερη θα είναι η παραγωγή για την ανεμογεννήτρια (σημαντικά χαμηλότερη).

2.8 ΤΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Εκτός από την ίδια την ανεμογεννήτρια, σε ένα αιολικό σύστημα μικρής ισχύος συνήθως απαιτούνται τα εξής:

1. Θεμέλια συνήθως από ενισχυμένο σκυρόδεμα,
2. Καλωδίωση για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας,
3. Διακόπτης, ο οποίος επιτρέπει στην ηλεκτρική παραγωγή να απομονωθεί από το φορτίο,
4. Μια μονάδα επεξεργασίας της ισχύος, η οποία καθιστά την ισχύ της Α/Γ συμβατή με το δίκτυο (inverters DC/AC),
5. Ένας μετρητής ενέργειας, ο οποίος καταγράφει τη ενεργειακή παραγωγή της Α/Γ,
6. Εάν το σύστημα σχεδιάζεται για απομονωμένη λειτουργία ή έτσι ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει το φορτίο σε μια διακοπή ρεύματος, θα χρειαστούν μπαταρίες βαθιάς εκφόρτωσης για να αποθηκεύσουν ενέργεια και ένας ελεγκτής της φόρτισης για να τις διαχειρίζεται κατάλληλα. Ένα σύστημα που συνδέεται με το δίκτυο και δεν προορίζεται για λειτουργία σε διακοπή ρεύματος, δεν απαιτεί μπαταρίες.

Τα συστήματα με Α/Γ μικρής ισχύος χαρακτηρίζονται, μερικές φορές, ως οικιακές εφαρμογές, και πράγματι είναι. Μπορούν, όμως, να παρέχουν ενέργεια σε αγροκτήματα, σχολεία και αγροτικές επιχειρήσεις. Μικρά συστήματα μπορούν, επίσης, να εγκατασταθούν για να τροφοδοτήσουν μια συγκεκριμένη εφαρμογή όπως η άντληση του νερού σε τοποθεσία απομακρυσμένη από το δημόσιο δίκτυο. Το μέγεθος του συστήματος που απαιτείται για να ικανοποιήσει τις ανάγκες ενός δεδομένου πελάτη εξαρτάται από την ενέργεια που χρειάζεται ο πελάτης και την μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου της τοποθεσίας. Σε μία τυπική οικιακή εφαρμογή, σύστημα 4-10 kW μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες.

Το επίπεδο θορύβου των περισσότερων σύγχρονων οικιακών Α/Γ είναι περίπου 52-55 decibels. Ο θόρυβος γίνεται αντιληπτός μόνο αν κάποιος προσπαθήσει να τον παρατηρήσει. Οι περισσότερες μικρές Α/Γ κάνουν λιγότερο θόρυβο από ένα οικιακό κλιματιστικό.

¹⁴ Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

Επειδή οι μικρές Α/Γ τοποθετούνται σε ψηλούς πύργους στήριξης, είναι ορατές από σχετικά μεγάλη απόσταση. Μπορεί να υπάρξουν αντιρρήσεις από τους γείτονες, οι οποίες ρυθμίζονται με την διατήρηση κατάλληλων αποστάσεων, ανάλογα με την επιφάνεια της ιδιοκτησίας. Δεν έχει παρατηρηθεί ποτέ παρεμβολή από μικρές Α/Γ στη λήψη της τηλεόρασης ή του ραδιοφώνου. Άλλωστε, τα υλικά από τα οποία είναι φτιαγμένα τα πτερύγια δεν επηρεάζουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ραδιοφώνου ή της τηλεόρασης.

2.9 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13,6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας. Ενέργειες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας έχουν γίνει σε ολόκληρη τη χώρα, ενώ στο γεγονός αυτό έχει συμβάλει και η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ΑΠΕ, η οποία ενθαρρύνει και επιδοτεί επενδύσεις στις Ήπιες μορφές ενέργειας. Αλλά και σε εθνική κλίμακα, ο νέος αναπτυξιακός νόμος 3299/04¹⁵, σε συνδυασμό με το νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 3468/06¹⁶, παρέχει ισχυρότητα κίνητρα ακόμα και για επενδύσεις μικρής κλίμακας.

Η περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας αν και έχει μικρότερο αιολικό δυναμικό σε σύγκριση με άλλες περιοχές, διαθέτει ένα ισχυρό ηλεκτρικό δίκτυο και το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη ανεμωδών «νησίδων» (λόφοι, υψώματα κ.λ.π. με εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό) την καθιστούν ενδιαφέρουσα για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων. Αιολικά πάρκα υπάρχουν και σε πλήθος νησιών, όπως το Αιολικό Πάρκο «Μανολάτη - Ξερολίμπα»¹⁷ του Δ.Δ. Διλινάτων Δήμου Αργοστολίου στην Κεφαλονιά. Στο ίδιο νησί έχουν ήδη δημιουργηθεί δυο ακόμη αιολικά πάρκα: το Αιολικό Πάρκο "Αγία Δυνατή" του Δήμου Πυλαρέων, και το Αιολικό Πάρκο "Ημεροβίγλι" στα διοικητικά όρια των Δήμων Αργοστολίου και Πυλαρέων. Με τη λειτουργία των τριών αιολικών πάρκων ο Νομός Κεφαλληνίας τροφοδοτεί το δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας με σύνολο 75,6 MW ηλεκτρικής ισχύος. Επιπλέον, σε διαδικασία αδειοδότησης βρίσκονται πέντε ακόμη μονάδες. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ανάγκες του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια και σε περίοδο αιχμής (Αύγουστος) ανέρχονται σε 50MW. Η αντιστοιχία μεταξύ της ισχύος που αποδίδει η Κεφαλονιά στο δίκτυο και της ισχύος που καταναλώνει είναι εξαιρετικά ενθαρρυντική για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας και σε πολλά ακόμη νησιά της επικράτειας.

¹⁵ Κίνητρα Ιδιωτικών Επενδύσεων για την Οικονομική Ανάπτυξη και την Περιφερειακή Σύγκλιση

¹⁶ Προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

¹⁷ <http://www.hellenica.de/Griechenland/Geo/GR/AiolikoParkoManolatiXerolimpa.html>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΤΑΣΗΣ (INVERTER)

3.1 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΤΑΣΗΣ

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα Φ/Β πλαίσιο είναι υπό μορφή συνεχούς ρεύματος (DC). Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (AC) είναι απαραίτητη για τη χρήση πολλών κοινών συσκευών όπως και για την σύνδεση στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο και επιτυγχάνεται με έναν μετατροπέα τάσης συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα ή αλλιώς μετατροπέας DC-AC. Η αποδοτικότητα των μετατροπέων είναι γενικά μεγαλύτερη από 90%, όταν λειτουργούν πάνω από το 10% της μέγιστης παραγωγής τους, και μπορεί να φτάσει έως και 96%. Οι μετατροπείς που συνδέονται άμεσα με τα φωτοβολταϊκά ενσωματώνουν μια ηλεκτρονική διάταξη ανίχνευσης του μέγιστου σημείου ισχύος (Maximum Power Point Tracker - MPPT)¹⁸, ο οποίος ρυθμίζει συνεχώς τη σύνθετη αντίσταση φορτίων έτσι ώστε ο μετατροπέας να εξάγει πάντα τη μέγιστη ενέργεια από το σύστημα. Οι μετατροπείς υπάγονται σε δύο κύριες κατηγορίες: αυτό συγχρονιζόμενος και συγχρονισμένος βάση μίας σύνδεσης. Ο πρώτος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα, ενεργοποιούμενος από την πηγή ενέργειας, δηλαδή μόλις υπάρχει ρεύμα από τα Φ/Β τότε ενεργοποιείται για να μην σπαταλάει ρεύμα από τους συσσωρευτές. Αυτοί που υπάγονται στη δεύτερη κατηγορία ενεργοποιούνται και ελέγχεται από το δίκτυο. Αυτό είναι απαραίτητο για να διατηρήσει το δίκτυο σταθερή ποιότητα ρεύματος και να αποφευχθούν τυχόν ατυχήματα. Αυτής της κατηγορίας οι μετατροπείς σταματάνε όταν υπάρχει βλάβη στο δίκτυο για πρόληψη ηλεκτροπληξίας στα συνεργία της ΔΕΗ. Παραδοσιακά, ένας μετατροπέας χρησιμοποιείται για ολόκληρη τη συστοιχία.

3.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΤΑΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΠΟ 12 V ΣΥΝΕΧΕΣ (DC) ΣΕ 220 V ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ (AC) ΡΕΥΜΑ

Ο inverter (μπορεί να δείτε να αναφέρεται και ως αντιστροφέας ή μετατροπέας) (ΕΙΚ. 3.1) είναι μια συσκευή που μετατρέπει το συνεχές (DC) ρεύμα του φωτοβολταϊκού συστήματος σε εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα 220V. Έτσι μπορούμε να τροφοδοτήσουμε από τη μπαταρία του φωτοβολταϊκού συστήματος όλες τις οικιακές συσκευές που απαιτούν 220 Volt.

¹⁸ Σημείο μέγιστης ισχύος παρακολούθησης.



ΕΙΚ 3.1: Μετατροπέας-inverter

Ο inverter ή μετατροπέας 220V συνδέεται με ένα διπλό καλώδιο (θετικό - αρνητικό) πάνω στους πόλους της μπαταρίας. Έχει συνήθως μια ή δύο υποδοχές σαν τις πρίζες που έχουμε στους τοίχους του σπιτιού μας, πάνω στις οποίες συνδέουμε τις συσκευές που απαιτούν 220V, απ' ευθείας ή χρησιμοποιώντας πολύμπριζο ή και μπαλαντέζα. Δεν έχει σημασία πόσες συσκευές θα συνδέσουμε ταυτόχρονα, αρκεί η ισχύς όλων των συσκευών που λειτουργούν ταυτόχρονα να μην ξεπερνά την επιτρεπόμενη ισχύ του inverter - μετατροπέα τάσης. Έτσι, αν έχουμε έναν inverter 200W (200 Watt), μπορούμε να λειτουργήσουμε ταυτόχρονα μια τηλεόραση 60W, έναν ανεμιστήρα 40W, ένα φορητό υπολογιστή 60W και λαμπτήρες οικονομίας με 40W συνολικής ισχύος.

Ένας μετατροπέας καλής ποιότητας θα κλείσει αν από λάθος συνδέσουμε μια συσκευή με παραπάνω Watt από αυτά που μπορεί να αντέξει, προστατεύοντας έτσι τις ηλεκτρικές συσκευές μας. Το ίδιο θα κάνει ένας inverter καλής ποιότητας αν διαπιστώσει ότι κοντεύει να αδειάσει η μπαταρία.

Υπάρχουν inverter από 50W έως 10.000W. Συνήθως χρησιμοποιούμε inverter από 150W έως 1.200W ανάλογα βέβαια και με τις ανάγκες μας. Ένα μικρό φωτοβολταϊκό σύστημα back-up για τις περιπτώσεις διακοπής ρεύματος μπορεί να εξυπηρετείται από έναν inverter 300W, αλλά ένα μεγάλο φωτοβολταϊκό σύστημα που καλύπτει όλες τις καθημερινές ανάγκες για ένα ολόκληρο σπίτι θα θέλει inverter μέχρι και πάνω από 4.000W.

3.3 INVERTER ΜΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΚΑΙ ΜΕ ΚΑΘΑΡΟ ΗΜΙΤΟΝΟ

Οι inverter διακρίνονται σε inverter τροποποιημένου ημίτονου (modified sine-wave) και σε inverter καθαρού ημίτονου (pure / true sine-wave¹⁹). Ένας μετατροπέας με τροποποιημένο ημίτονο, είναι φθηνότερος από έναν με καθαρό ημίτονο και είναι κατάλληλος για τις περισσότερες συσκευές. Καταναλώνει όμως έως και 20% περισσότερη ενέργεια από τη μπαταρία σε σχέση με έναν μετατροπέα καθαρού ημίτονου. Επίσης, σε τηλεοράσεις και ηχοσυστήματα μέτριας ποιότητας θα ακούγεται ένα ελαφρύ βουητό.

Από την άλλη μεριά, το μοναδικό μειονέκτημα που έχουν οι inverter καθαρού ημίτονου είναι η τιμή τους, αφού είναι τρεις έως τέσσερις φορές ακριβότεροι από έναν

¹⁹ http://www.samlexamerica.com/pure_sine_wave_inverters.htm

αντίστοιχο με τροποποιημένο ημίτονο. Αν έχουμε ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές, καλό είναι να χρησιμοποιούμε για αυτές inverter με καθαρό ημίτονο. Οι συσκευές που λειτουργούν με μοτέρ (π.χ. ψυγείο) απαιτούν στιγμιαία (κατά την εκκίνηση του μοτέρ) πολλαπλάσια Watt (π.χ. πενταπλάσια ή και παραπάνω) από αυτά της κανονικής τους λειτουργίας. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να γνωρίζουμε κατά την επιλογή του μετατροπέα, ώστε να επιλέξουμε έναν με μεγαλύτερη ισχύ από τα συνολικά (ονομαστικά) Watt των συσκευών που θα λειτουργούν ταυτόχρονα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ

4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

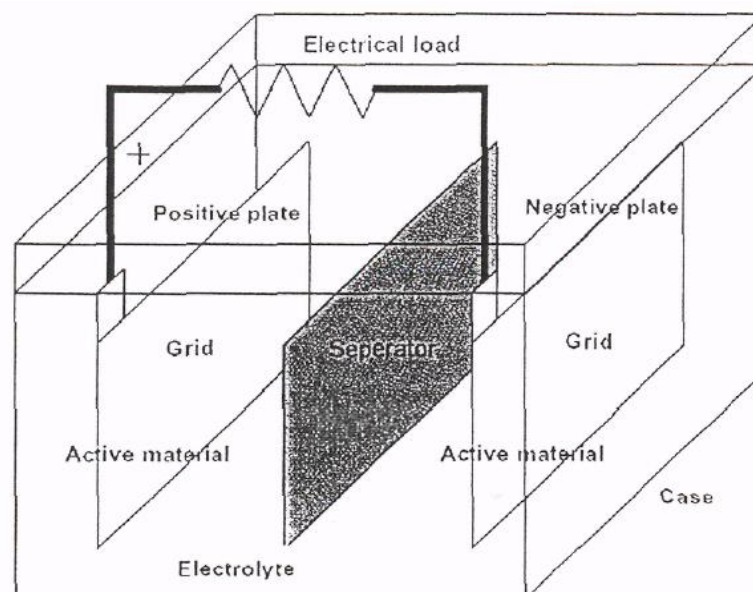
Οι συσσωρευτές για ηλιακές εφαρμογές αποθηκεύουν ενέργεια από την παραγόμενη των φωτοβολταϊκών όταν δεν υπάρχει κατανάλωση ή όταν η παραγωγή μας είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση το οποίο βέβαια είναι αρκετά δύσκολο.

4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Η κατασκευή των δευτερευόντων συσσωρευτών είναι μία βαριά βιομηχανική διαδικασία που περιλαμβάνει τη χρήση επικίνδυνων και τοξικών ουσιών. Η διαδικασία αυτή είναι συνήθως μαζική και συνδυάζει πλήθος σειριακών και παραλλήλων επεξεργασιών. Αν και η διαδικασία κατασκευής ποικίλει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, ωστόσο ορισμένα χαρακτηριστικά είναι κοινά σε όλους σχεδόν τους συσσωρευτές.

4.3 ΚΥΨΕΛΙΔΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ

Δομική μονάδα του συσσωρευτή είναι η κυψελίδα (cell), και μία εποπτική παρουσίαση της μονάδας αυτής δίνεται στην ΕΙΚ.4.1



ΕΙΚ 4.1: Δομικά στοιχεία μπαταρίας

Η κυψελίδα είναι η βασική ηλεκτροχημική μονάδα της μπαταρίας, συνίσταται από μία θετική και μία αρνητική πλάκα που είναι βυθισμένες σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη και περικλείονται σε ένα δοχείο. Με τη βοήθεια του παραπάνω

σχήματος θα γίνει μία περιγραφή των συστατικών μερών της κυψελίδας ώστε να γίνεται στη συνέχεια, πιο εύκολα και κατανοητά η αναφορά σε σχετικά θέματα.

Ενεργό Υλικό (Active Material): Το ενεργό υλικό είναι ένας συνδυασμός υλικών τα οποία από τη θετική και την αρνητική πλάκα, είναι οι βασικοί συντελεστές της ηλεκτροχημικής αντίδρασης μέσα στην κυψελίδα. Η ποσότητα του ενεργού υλικού σε μία μπαταρία είναι ανάλογη της χωρητικότητάς της. Σε μία τυπική μπαταρία μολύβδου, όπως είναι και η περίπτωση της μπαταρίας που χρησιμοποιούμε, το ενεργό υλικό είναι συνδυασμός διοξειδίου του μολύβδου (PbO₂) στη θετική πλάκα με μεταλλικό πορώδη μόλυβδο (Pb) στην αρνητική, που αντιδρούν σε διάλυμα θειικού οξέος (H₂SO₄) κατά τη λειτουργία της μπαταρίας.

Ηλεκτρολύτης: Ο ηλεκτρολύτης είναι το αγωγίμο μέσο που επιτρέπει τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της ιοντικής ανταλλαγής ή της ανταλλαγής ηλεκτρονίων, επάνω στις πλάκες της κυψελίδας. Στις μπαταρίες μολύβδου είναι διάλυμα θειικού οξέος (H₂SO₄) σε υγρή μορφή ή σε μορφή gel, ενώ στις μπαταρίες νικελίου (Ni) είναι διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (KOH). Σε περιπτώσεις σαν τη δική μας, που ο ηλεκτρολύτης είναι υγρό διάλυμα, συχνά, απαιτείται η αναπλήρωση νερού λόγω του φαινομένου της εξαέρωσης.

Πλέγμα (Grid): Σε μία μπαταρία μολύβδου, το πλέγμα συνήθως είναι ένα πλαίσιο από κράμα μολύβδου το οποίο υποστηρίζει το ενεργό υλικό επάνω στις πλάκες και είναι αγωγός ηλεκτρικού ρεύματος. Υλικά κράματος όπως το αντιμόνιο (Sb) ή το ασβέστιο (Ca) συχνά χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τη μηχανική αντοχή των πλακών και έχουν χαρακτηριστική επίδραση στις επιδόσεις της μπαταρίας. Οι συσσωρευτές του συστήματος έχουν μικρή πρόσμιξη αντιμονίου (Sb < 3%) στα θετικά ηλεκτρόδια, με αποτέλεσμα να μπορούν να λειτουργούν διατηρούμενοι σε άριστη κατάσταση συνεχώς για 3 χρόνια σε παράλληλη, standby²⁰ λειτουργία όταν τις διαπερνάει ρεύμα 2,23 V/cell και βρίσκονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 °C.

Πλάκες (Plates): Οι πλάκες, που συνίστανται από το πλέγμα και από το ενεργό υλικό, είναι το βασικό στοιχείο της μπαταρίας και συνήθως αναφέρονται ως ηλεκτρόδια. Γενικά, υπάρχει ένα πλήθος αρνητικών και θετικών πλακών, συνδεδεμένων παράλληλα, μέσα σε μία κυψελίδα. Το πάχος τους και η σχέσεις των επιφανειών μεταξύ των αρνητικών και των θετικών πλακών, έχουν καθοριστική επίδραση στα χαρακτηριστικά της μπαταρίας.

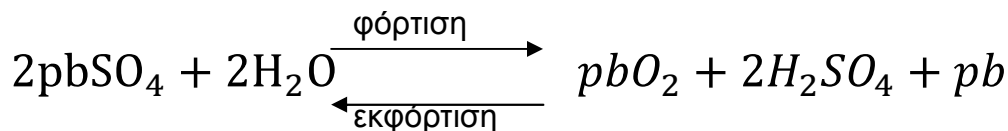
Διαχωριστής (Separator): Ο διαχωριστής είναι ένα πορώδες απομονωτικό μέσο μεταξύ των πλακών της μπαταρίας που εμποδίζει την αγωγίμη επαφή μεταξύ θετικού και αρνητικού ηλεκτροδίου. Σε πολλές περιπτώσεις ο διαχωριστής εφαρμόζεται σαν φάκελος και περικλείει ολόκληρο το ηλεκτρόδιο, εμποδίζοντας τη δημιουργία βραχυκυκλώματος, λόγω των διαχεόμενων υλικών στο κάτω μέρος των πλακών.

Πόλοι ή Τερματικοί Πόλοι (Terminal Poles): Οι πόλοι είναι οι εξωτερικές θετικές ή αρνητικές, ηλεκτρικές συνδέσεις της μπαταρίας. Ένα φορτίο ή ένα φωτοβολταϊκό σύστημα συνδέεται με τη μπαταρία μέσω των πόλων.

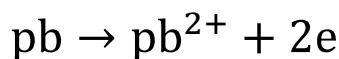
Ο τύπος των δευτερευόντων συσσωρευτών μπορεί να αναφέρεται ως Μολύβδου-Οξειδίου (lead-acid ή απλά Pb), Νικελίου-Καδμίου (Ni-Cd), Αργύρου-Ψευδαργύρου κ.λ.π, ανάλογα με το υλικό κατασκευής των ηλεκτροδίων τους. Ειδικότερα, όσο αφορά τους συσσωρευτές μολύβδου, το κράμα του πλέγματος

²⁰ Συσκευές σε κατάσταση αναμονής

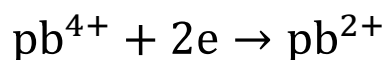
των ηλεκτροδίων τους, τους κατατάσσει σε υποκατηγορίες (Μολύβδου-Ασβεστίου Pb-Ca, Μολύβδου-Αντιμονίου Pb-Sb) και το κράμα αυτό μαζί με τον τρόπο κατασκευής του συσσωρευτή, καθορίζει τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του και τις χρήσεις για τις οποίες αυτός προορίζεται. Σε όποιον τύπο και αν ανήκουν οι συσσωρευτές, ο μηχανισμός της λειτουργίας τους στηρίζεται σε μία αντιστρεπτή ηλεκτροχημική διαδικασία η οποία, για τους συσσωρευτές μολύβδου περιγράφεται από την αντίδραση:



Οι κυψελίδες των συσσωρευτών Pb αποτελούνται από ζεύγη μονωμένων πλακών βυθισμένων στο ίδιο διάλυμα θειικού οξέος (H₂SO₄). Οι πλάκες του αφόρτιστου συσσωρευτή καλύπτονται από θειικό μόλυβδο PbSO₄ (ή ακριβέστερα Pb²⁺SO₄²⁻). Κατά το στάδιο της φόρτισης, διασπάται ο θειικός μόλυβδος και σχηματίζεται οξείδιο του μολύβδου PbO₂ (ή ακριβέστερα Pb⁴⁺O₂²⁻) στις πλάκες των θετικών ηλεκτροδίων και μεταλλικός Pb στις πλάκες των αρνητικών. Αντίστροφα, κατά την εκφόρτιση του συσσωρευτή και κατά την τροφοδότηση των ηλεκτρικών καταναλώσεων, ο Pb οξειδώνεται στις πλάκες των αρνητικών ηλεκτροδίων προς ιόντα Pb²⁺ και δίνει ηλεκτρόνια στο εξωτερικό κύκλωμα



ενώ στις θετικές πλάκες ο Pb⁴⁺ ανάγεται προς Pb²⁺, παίρνοντας ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα :



Τα προϊόντα των δύο αντιδράσεων, δηλαδή τα ιόντα Pb²⁺ ενώνονται με θειικά ιόντα (SO₄²⁻) από το διάλυμα και επανασηματίζουν θειικό μόλυβδο πάνω στις πλάκες. Έτσι, καταναλώνεται θειικό οξύ και αραιώνεται το διάλυμα στις κυψελίδες. Με τη διαδικασία της φόρτισης, τα θειικά ιόντα επιστρέφουν στο διάλυμα και η περιεκτικότητά του αποκαθίσταται στην κανονική τιμή.

Ένας συσσωρευτής αποτελείται από μία συνάθροιση κυψελίδων και η ονομαστική του τάση είναι το άθροισμα των ονομαστικών τάσεων των κυψελίδων του. Έτσι, ο συσσωρευτής που χρησιμοποιούμε, με ονομαστική τιμή 60Volt αποτελείται από 30 κυψελίδες ονομαστικής τιμής 2Volt η καθεμία.

4.4 ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Οι συσσωρευτές χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- 1) Συσσωρευτής μολύβδου (ΕΙΚ 4.2)
- 2) Αλκαλικοί συσσωρευτές
 - 2.1) Συσσωρευτής Νικελίου – Σιδήρου.(ΕΙΚ 4.3)
 - 2.2) Συσσωρευτής Νικελίου – Καδμίου (ΕΙΚ 4.4)
- 3) Συσσωρευτής Αργύρου – Ψευδαργύρου
- 4) Συσσωρευτής Αργύρου – Καδμίου

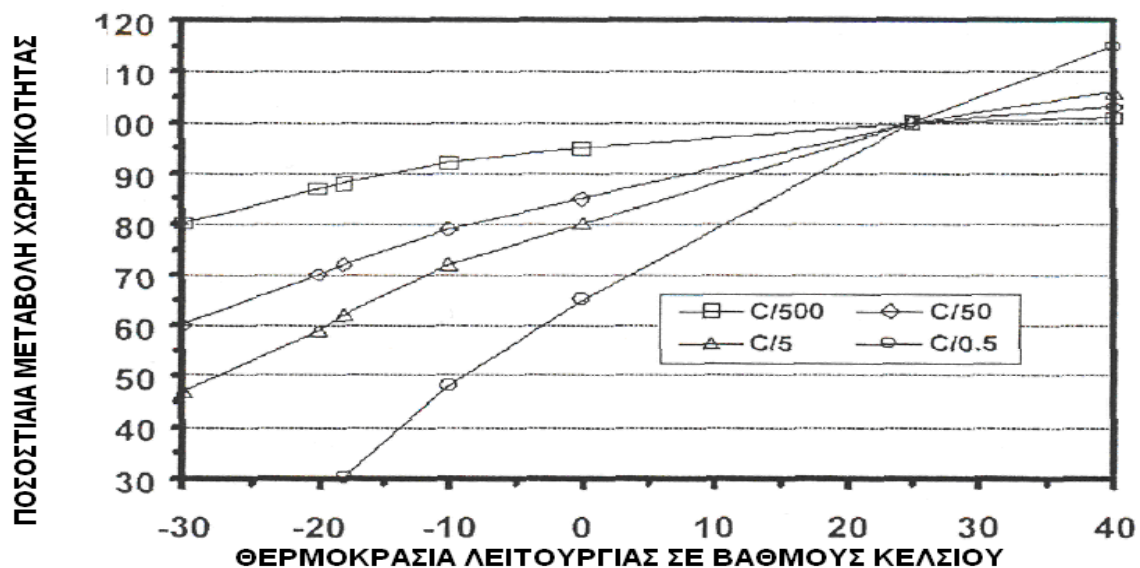
Για να βρούμε την κατάλληλη μπαταρία για την εφαρμογή μας πρέπει να συγκεντρώσουμε τις καταναλώσεις μας και ανάλογα με την τάση λειτουργίας της μπαταρίας να βρούμε τα απαιτούμενα Αμρη που μας καλύπτουν

4.5 ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα συσσωρευτή ή που μπορεί να αποδοθεί από αυτόν, είναι η χωρητικότητα C του συσσωρευτή. Η χωρητικότητα συνήθως καθορίζεται για ένα συγκεκριμένο ρυθμό εκφόρτισης ή περίοδο εκφόρτισης. Εξαρτάται από αρκετούς σχεδιαστικούς παράγοντες, στους οποίους συμπεριλαμβάνονται η ειδική πυκνότητα του ηλεκτρολύτη, η ποσότητα του ενεργού υλικού, ο αριθμός, ο σχεδιασμός και οι φυσικές διαστάσεις των πλακών (ηλεκτροδίων). Λειτουργικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη χωρητικότητα είναι ο ρυθμός εκφόρτισης, το βάθος της εκφόρτισης (ποσοστό της συνολικής χωρητικότητας που αποδόθηκε από τη μπαταρία), η τάση της μπαταρίας στο τέλος της εκφόρτισης (τάση αποκοπής), η θερμοκρασία, η ηλικία της μπαταρίας και το ιστορικό της χρήσης της (κακή χρήση κ.λ.π). Η συνήθης μονάδα έκφρασης της χωρητικότητας του συσσωρευτή είναι το Amper-hour (Ah) και ο ρυθμός εκφόρτισης εκφράζεται ως το κλάσμα της χωρητικότητας C προς τη διάρκεια της περιόδου εκφόρτισης σε ώρες (π.χ. εκφόρτιση σε 120 ώρες ισοδυναμεί με ρυθμό εκφόρτισης C/120). Φυσικά, η μονάδα του ρυθμού εκφόρτισης είναι το Amper. Έτσι, μία μπαταρία με χωρητικότητα C=375 Ah ορισμένη σε ρυθμό εκφόρτισης C/120, δηλαδή 375A, μπορεί να αποδίδει 375A για χρονικό διάστημα 120 ωρών (η χωρητικότητα ορισμένη για ρεύμα εκφόρτισης 375A μπορεί να αναφέρεται και ως K_{375}). Μερικές φορές η χωρητικότητα σε αποθηκευμένη ενέργεια του συσσωρευτή, εκφράζεται σε Kilowatt-hour (KWh) και υπολογίζεται προσεγγιστικά πολλαπλασιάζοντας τη χωρητικότητα σε Ah με την ονομαστική τάση του συσσωρευτή και διαιρώντας με 1000. Για παράδειγμα, συσσωρευτής 12V, 100Ah, έχει χωρητικότητα σε αποθηκευμένη ενέργεια $12 \cdot 100 / 1000 = 1.2 \text{KWh}$.

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης χωρητικότητας, είναι ένας καθοριστικός παράγοντας στην επιλογή του αριθμού των κυψελίδων και του τύπου του συσσωρευτή. Δεδομένου του μέγιστου ρεύματος που μπορεί ένα φορτίο να καταναλώσει και του χρονικού διαστήματος που το φορτίο μπορεί να εξαρτάται αποκλειστικά από τον συσσωρευτή (δηλαδή την αυτονομία του), η χωρητικότητα που απαιτείται πρέπει να είναι ορισμένη για ρυθμό εκφόρτισης τουλάχιστον ίσο με

το μέγιστο ρεύμα κατανάλωσης ή για χρόνο εκφόρτισης τουλάχιστον ίσο με τον χρόνο που το φορτίο θα καταναλώνει αποκλειστικά από τον συσσωρευτή. Σημαντικός παράγοντας επιλογής της χωρητικότητας είναι η θερμοκρασία λειτουργίας του συσσωρευτή καθώς οι επιδράσεις της μπορεί να είναι σημαντικές. Ειδικότερα για συσσωρευτές μολύβδου, η θερμοκρασία λειτουργίας μεταβάλλει έντονα τη χωρητικότητα τους. Η αύξηση της θερμοκρασίας, έχει αποτέλεσμα την αύξηση της χωρητικότητάς, ενώ για λειτουργία σε χαμηλότερες θερμοκρασίες μειώνεται. Όταν η θερμοκρασία λειτουργίας πέσει σημαντικά, η ιδέα της προσέγγισης της αρχικής χωρητικότητας μέσω εσκεμμένης υπερφόρτισης πρέπει να εγκαταλειφθεί, αφού υπάρχει κίνδυνος εξαέρωσης. Η ποσοστιαία μεταβολή της χωρητικότητας ορισμένης για χρόνους εκφόρτισης 500, 50, 5 και 0.5 ώρες σε σχέση με την θερμοκρασία λειτουργίας για συσσωρευτές μολύβδου φαίνεται στην ΕΙΚ 4.2.



ΕΙΚ 4.2: Επί τις εκατό ποσοστιαία μεταβολή της χωρητικότητας για συσσωρευτές μολύβδου

Σε χαμηλές θερμοκρασίες, μέτρα πρέπει να λαμβάνονται για τη φόρτιση ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα εξαέρωσης του ηλεκτρολύτη και για την εκφόρτιση που πρέπει να είναι περιορισμένη.

Άλλο μέτρο της χωρητικότητας του συσσωρευτή είναι η κατάσταση φόρτισης (state of charge ή SOC)²¹, που ορίζεται σαν το ποσό της αποθηκευμένης ενέργειας και εκφράζεται ως το ποσοστό της ενέργειας ενός πλήρως φορτισμένου συσσωρευτή. Έτσι, ένας συσσωρευτής του οποίου τα $\frac{3}{4}$ της ενέργειας του έχουν

²¹ Επίπεδο φόρτισης (SOC) είναι το ισοδύναμο ενός μετρητή καυσίμων για τη μπαταρία σε ένα ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας (BEV), υβριδικό όχημα (HEV), ή plug-in υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (PHEV). Οι μονάδες του SOC είναι ποσοστιαίες μονάδες (0% = Κενά? 100% = πλήρης).

αφαιρεθεί, δηλαδή έχει εκφορτιστεί κατά 75%, λέγεται ότι βρίσκεται στο 25% SOC. Μία μέθοδος μέσω της οποίας μπορεί να εκτιμηθεί η κατάσταση φόρτισης του συσσωρευτή είναι η μέτρηση του ειδικού βάρους του ηλεκτρολύτη. Αυτή ορίζεται ως το κλάσμα της πυκνότητας του διαλύματος του ηλεκτρολύτη προς την πυκνότητα του καθαρού νερού. Σε έναν πλήρως φορτισμένο συσσωρευτή μολύβδου, η περιεκτικότητα σε θειικό οξύ (H_2SO_4) είναι 36% κατά βάρος ή 25% κατ' όγκο και το ειδικό βάρος του διαλύματος είναι περίπου 1.25 στους 27°C. Καθώς ο συσσωρευτής εκφορτίζεται το ειδικό βάρος του διαλύματος του μειώνεται και επανέρχεται όταν επαναφορτίζεται.

4.6 ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

Το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης (depth of discharge ή DOD) είναι το μέγιστο ποσοστό της χωρητικότητας το οποίο μπορεί να αποδοθεί από τη μπαταρία. Συνήθως καταδεικνύεται από την τάση αποκοπής ή τάση βάθους εκφόρτισης και από τον ρυθμό εκφόρτισης. Στα τυπικά φωτοβολταϊκά συστήματα, προβλέπεται μία τάση αποκοπής του φορτίου από τη συσκευή του ρυθμιστή φόρτισης συσσωρευτών και έτσι καθορίζεται το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης για δεδομένο ρυθμό εκφόρτισης. Οι τιμές του επιτρεπόμενου βάθους εκφόρτισης μπορούν να είναι από 80% έως και 15% της χωρητικότητας ανάλογα με τον τύπο της μπαταρίας.

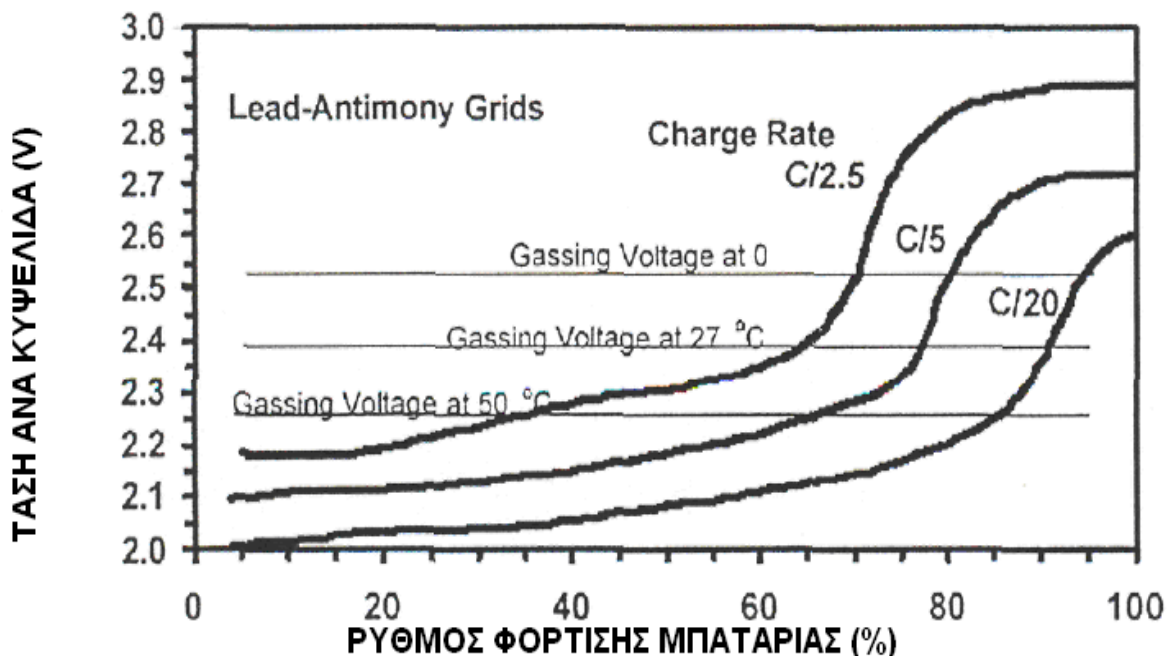
Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, κατά την εκφόρτιση της μπαταρίας μειώνεται η πυκνότητα του διαλύματος του ηλεκτρολύτη, δηλαδή μειώνεται το ειδικό του βάρος. Το φαινόμενο της μείωσης του ειδικού βάρους του ηλεκτρολύτη πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για λειτουργία του συσσωρευτή σε θερμοκρασίες που πλησιάζουν τη θερμοκρασία στερεοποίησης του νερού (0°C). Σε έναν πλήρως φορτισμένο συσσωρευτή μολύβδου, η συγκέντρωση ηλεκτρολύτη στο διάλυμα είναι περίπου 35% κατά βάρος και το σημείο στερεοποίησης του διαλύματος είναι πολύ χαμηλό (περίπου 60°C). Καθώς ο συσσωρευτής εκφορτίζεται, το διάλυμα του ηλεκτρολύτη αραιώνεται και το σημείο στερεοποίησης του διαλύματος πλησιάζει το σημείο στερεοποίησής του νερού (0°C). Υπάρχει λοιπόν το ενδεχόμενο της στερεοποίησης του με αποτέλεσμα τη διαστολή και την πιθανή διάρρηξη των τοιχωμάτων του δοχείου της κυψελίδας. Για να αποφευχθεί αυτή η εξέλιξη, το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης πρέπει να μειώνεται θέτοντας την τάση αποκοπής του φορτίου στην συσκευή ρυθμιστή φόρτισης σε κατάλληλο σημείο. Το αποτέλεσμα θα είναι ο συσσωρευτής να μην εκφορτίζεται πλήρως και η θερμοκρασία στερεοποίησης να διατηρείται χαμηλά. Το κόστος θα είναι η μείωση της αυτονομίας του συστήματος μπαταρίας-συσσωρευτή.

Για να διατηρείται η αυτονομία, η χωρητικότητα του συσσωρευτή πρέπει να επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη, τόσο τη μείωση της σε χαμηλές θερμοκρασίες όσο και το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης στις θερμοκρασίες αυτές. Η τάση του βάθους εκφόρτισης σχετίζεται με τον ρυθμό εκφόρτισης για τον οποίο είναι καθορισμένη η χωρητικότητα.

4.7 ΦΟΡΤΙΣΗ

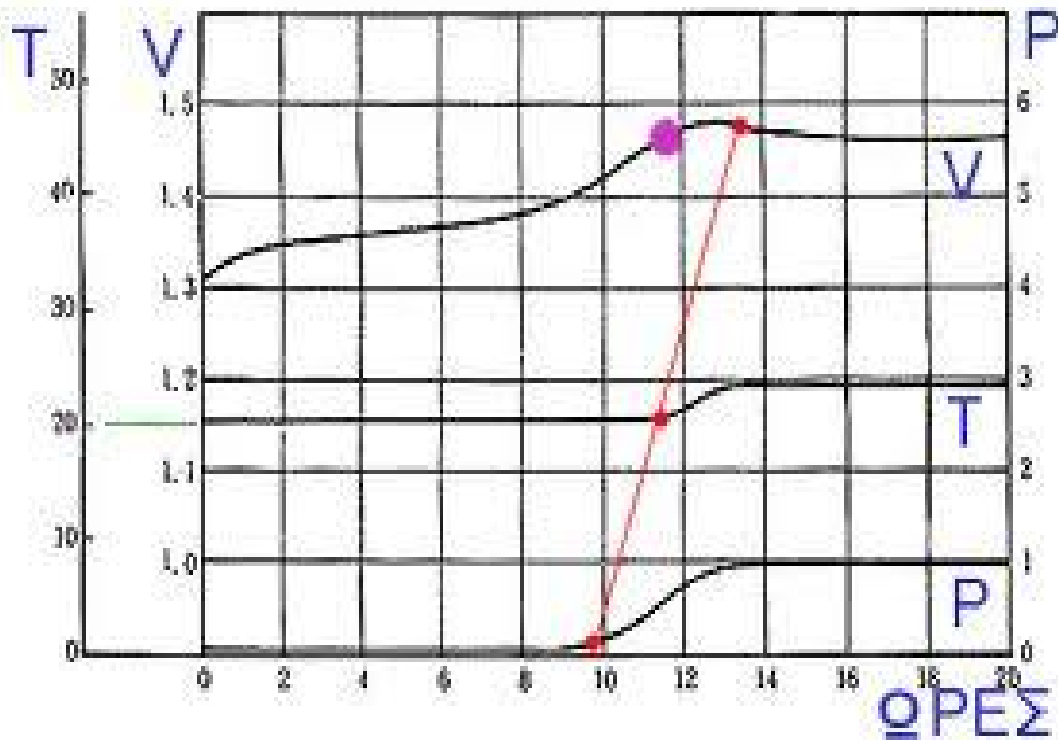
Η φόρτιση του συσσωρευτή είναι η διαδικασία αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος προς τον συσσωρευτή. Οι μέθοδοι φόρτισης που εφαρμόζονται από τους ρυθμιστές φόρτισης στα φωτοβολταϊκά συστήματα (και που αναφέρονται στο επόμενο κεφάλαιο), διαφέρουν γενικά από αυτές που εφαρμόζουν οι κατασκευαστές για να καθορίσουν τις επιδόσεις της μπαταρίας.

Οι προδιαγραφές δεν περιορίζουν κατά κανόνα το ρεύμα φόρτισης του συσσωρευτή εφόσον δεν γίνει υπέρβαση της τάσης εκλύσεως αερίων. Ωστόσο, η τάση εκλύσεως αερίων γίνεται μικρότερη καθώς το ρεύμα φόρτισης γίνεται μεγαλύτερο. Γενικά η έκλυση αερίων είναι αναπόφευκτη αφού συμβαίνει τόσο κατά τη διάρκεια της φόρτισης όσο και μετά την υπέρβαση της τάσης εκλύσεως αερίων. Για σωστή φόρτιση του συσσωρευτή ένα σωστό σημείο ισορροπίας πρέπει να αναζητείται μεταξύ της μέγιστης δυνατής φόρτισης και της τάσης εκλύσεως αερίων, αφού και οι δύο είναι παράγοντες που σχετίζονται με τη διάρκεια ζωής του συσσωρευτή. Άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την επιδιωκόμενη κατάσταση φόρτισης είναι η θερμοκρασία λειτουργίας του συσσωρευτή. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται η χωρητικότητα του συσσωρευτή, μειώνεται όμως η τάση εκλύσεως αερίων. Έτσι, το μέγιστο SOC που μπορεί να επιτευχθεί σε δεδομένη θερμοκρασία, κατά κάποιο τρόπο φράσσεται από την τάση εκλύσεως αερίων. Στην (ΕΙΚ 4.3) διάγραμμα τάσης κυψελίδας ρυθμού φόρτισης.



ΕΙΚ 4.3: Διάγραμμα τάσης κυψελίδας-ρυθμού φόρτισης και επίπεδα τάσης εκλύσεως αερίων για συσσωρευτή Pb-Sb

Από το διάγραμμα της ΕΙΚ 4.4 γίνεται προφανής η ανάγκη αντιστάθμισης ως προς τη θερμοκρασία λειτουργίας του συσσωρευτή και της κατάστασης πλήρους φόρτισης. Η μείωση της εκλύσεως αερίων για συσσωρευτές δεσμευμένου ηλεκτρολύτη είναι σημαντική και είναι αυτή που καθορίζει τη διάρκεια ζωής τους.



ΕΙΚ 4.4: Φόρτιση συσσωρευτών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

5.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ένα υβριδικό σύστημα είναι ένα δυναμικό σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, όπως ανεμογεννήτριες, μικρό υδροηλεκτρική ισχύ, υδροηλεκτρική ισχύ ποταμών, βιομάζα. Συχνό φαινόμενο, όμως, είναι να συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - H/Z), μπαταρίες και γεννήτριες μετατροπής. Γενικά τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται ως δυναμικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εναλλάσσονται ανάμεσα στις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή και να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κ.τ.λ. Στην ΕΙΚ 5.1 απεικονίζεται μια εγκατάσταση υβριδικού συστήματος σε μονοκατοικία.



ΕΙΚ 5.1: Υβριδικό σύστημα σε κατοικία

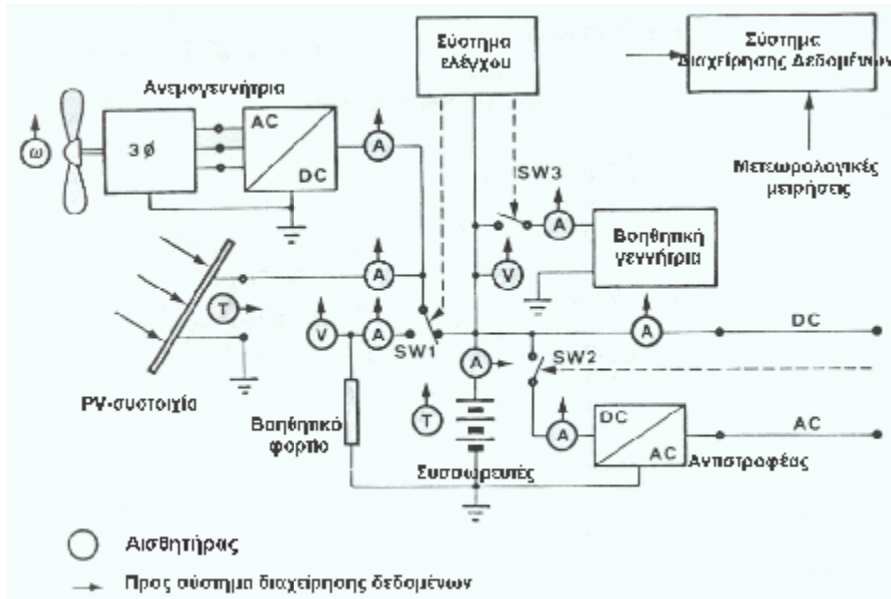
5.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα υβριδικά συστήματα κατά κύριο λόγο εφαρμόζονται για την αδιάλειπτη λειτουργία σημαντικών οικιακών, επαγγελματικών εφαρμογών ή εφαρμογών πρώτης ανάγκης όπως στρατιωτικές μονάδες, αεροδρόμια, νοσοκομεία ηλεκτρικών φορτίων ή ευαίσθητων φορτίων, σε περιοχές όπου το κεντρικό δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα (διακοπές ή μεταβολές τάσης).

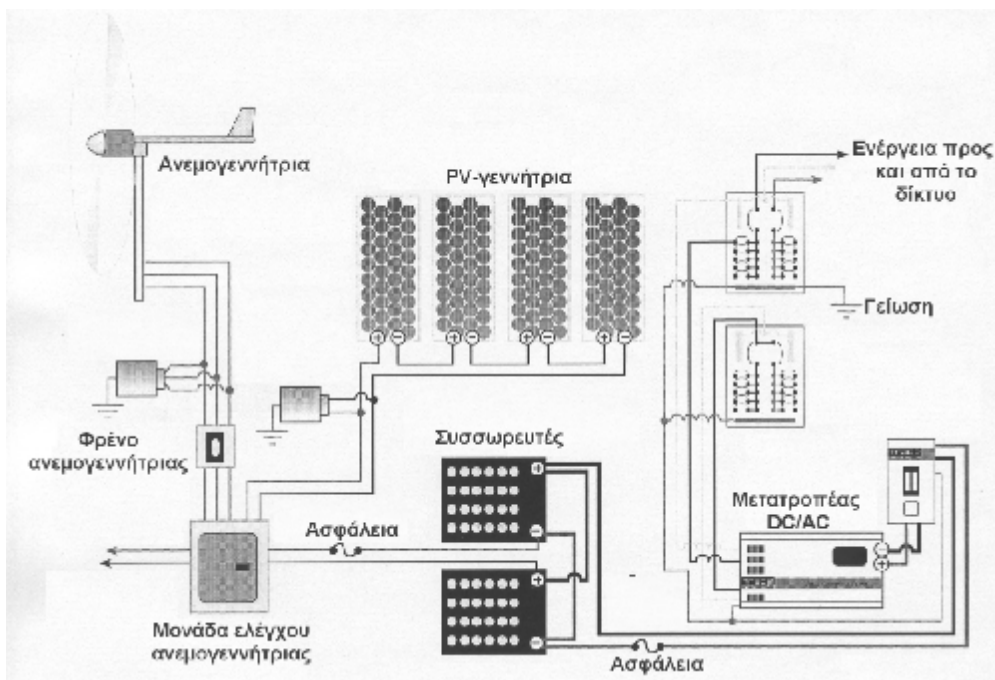
Ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός είναι αυτός μιας συστοιχίας φωτοβολταϊκών και μιας ανεμογεννήτριας. Τα φωτοβολταϊκά είναι πιο ισχυρά για μικρά φορτία, ενώ οι ανεμογεννήτριες, συνήθως, βοηθούν για μεγαλύτερα φορτία. Επίσης, για οικιακή χρήση υπάρχουν τα υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών θερμικής ισχύος (PV-T). Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συλλέκτες που ενσωματώνουν σε ένα σώμα την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για την κάλυψη όλων των τύπων αναγκών ενός κτιρίου. Ενώ στα τυπικά φωτοβολταϊκά πάνελ ο συντελεστής απόδοσης πέφτει με την άνοδο της θερμοκρασίας, αντίθετα τα υβριδικά πάνελ PV επωφελούνται απορροφώντας την περιττή θερμότητα του φωτοβολταϊκού τμήματος για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Αυτή η λειτουργία δρα ευεργετικά για το φωτοβολταϊκό τμήμα, το οποίο λειτουργεί σε ιδανικές θερμοκρασίες και επομένως παράγει έως και 50% περισσότερη ενέργεια από ένα αντίστοιχο απλό φωτοβολταϊκό πάνελ.

Σε εφαρμογές που η ανάγκη για συνεχή παροχή ενέργειας είναι επιτακτική μπορεί να εφαρμοστεί ο συνδυασμός μιας συστοιχίας φωτοβολταϊκών με μια ανεμογεννήτρια και μία ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου. Έτσι, επιτυγχάνεται η αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος όλο το χρόνο (και το χειμώνα όπου η ανεμογεννήτρια παίζει ένα σημαντικό ρόλο ενίσχυσης όλου του φωτοβολταϊκού συστήματος). Παράλληλα η ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου, συνήθως ενεργοποιείται αυτόματα σε έκτακτες περιπτώσεις για να υποβοηθήσει το φωτοβολταϊκό σύστημα. Εφόσον το υβριδικό σύστημα αποτελείται μόνο από ηλεκτρογεννήτρια και είναι εγκατεστημένο σε συνδυασμό με το κεντρικό δίκτυο, τότε το κεντρικό δίκτυο χρησιμοποιείται ως εφεδρική πηγή σε περίπτωση ανάγκης.

Στην ΕΙΚ 5.2 και αντίστοιχα στην ΕΙΚ 5.3 έχουμε την διαγραμματική απεικόνιση υβριδικών συστημάτων.



ΕΙΚ 5.2: Εγκατάσταση υβριδικού συστήματος που αποτελείται από φωτοβολταϊκά πλαίσια και ανεμογεννήτρια για την παραγωγή ενέργειας, την αποθήκευσή της και χρησιμοποίησή της για την κάλυψη των ηλεκτρικών οικιακών αναγκών ενός αγροκτήματος



ΕΙΚ 5.3: Υβριδικό σύστημα που αποτελείται από φωτοβολταϊκά πλαίσια και ανεμογεννήτρια εγκατεστημένο σε οικία στην πολιτεία της Νέας Υόρκης. Το σύστημα περιλαμβάνει μίαν ανεμογεννήτρια ισχύος 3 kW_p σε ταχύτητα ανέμου 12m/sec, 4 PV-πλαίσια ισχύος 72Watt έκαστον, δυο συσσωρευτές 800Ah και ένα μετατροπέα DC/AC ημιτονοειδούς εξόδου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

6.1 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

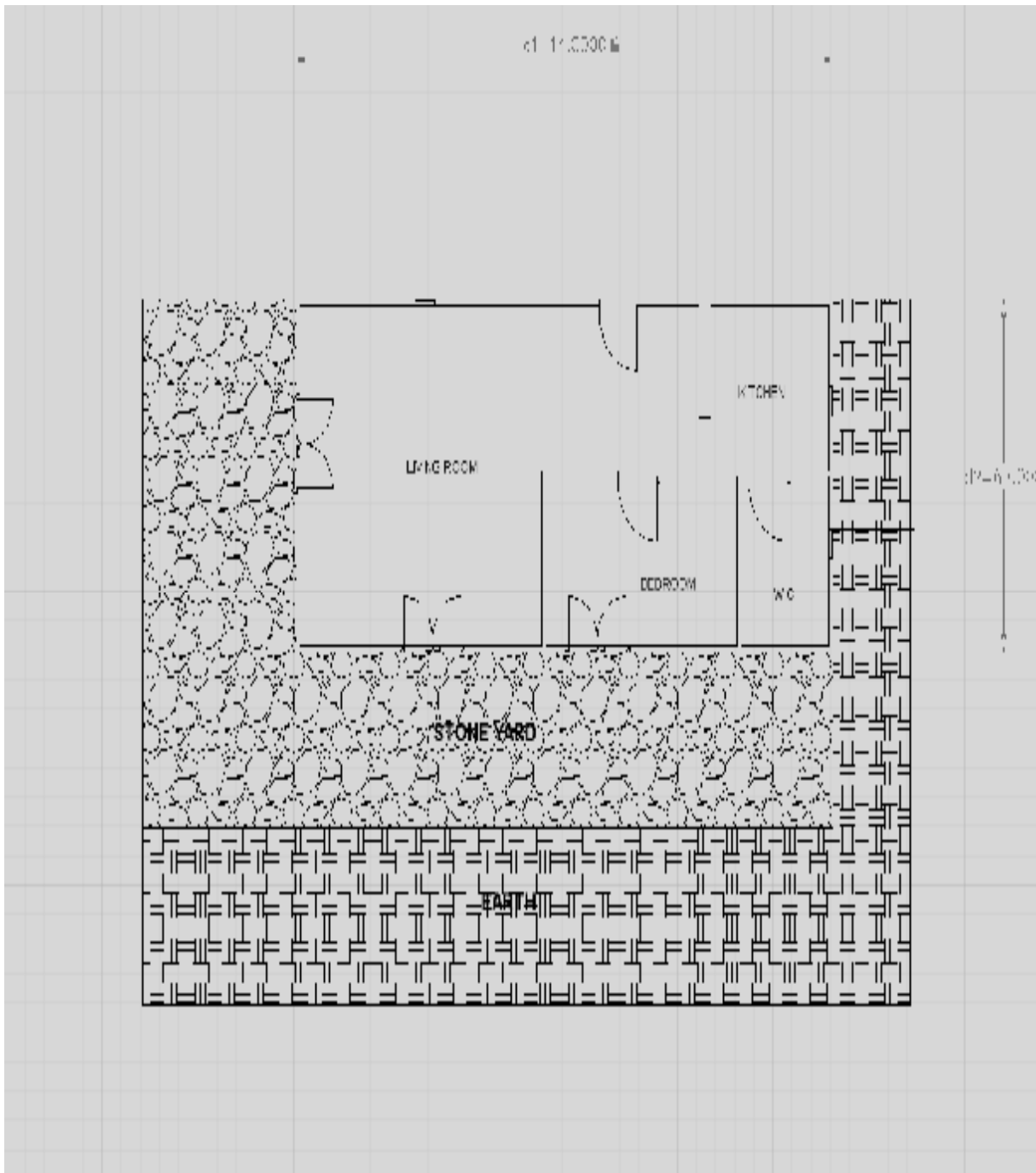
Οι θερμικές ανάγκες ενός χώρου και γενικότερα ενός κτιρίου είναι το ποσό θερμότητας που πρέπει να ληφθεί ως βάση για τον σχεδιασμό της εγκατάστασης θέρμανσης. Θερμικές ανάγκες είναι ιδιότητα του χώρου ή του κτιρίου και είναι ανεξάρτητες από το σύστημα θέρμανσης που θα εγκατασταθεί. Εξαρτώνται από το μέγεθος του χώρου, τον τρόπο κατασκευής των τοίχων, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των ανοιγμάτων από τον αερισμό και από άλλους παράγοντες. Προτού γίνει ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών σε ένα νέο κτίριο, πρέπει να γίνεται έλεγχος της θερμομόνωσης δηλαδή κατά πόσο το κτίριο εκπληρώνει τις απαιτήσεις του ελληνικού Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων²² (Κ.Θ.Κ). Ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών γίνεται για κάθε χώρο του κτιρίου ξεχωριστά, για να μπορεί να προσδιορισθεί το μέγεθος των θερμαντικών σωμάτων του κάθε χώρου. Το σύνολο των θερμικών αναγκών του κτιρίου προκύπτει από το άθροισμα των θερμικών αναγκών όλων των χώρων που θερμαίνονται. Οι πραγματικές θερμικές απώλειες ενός κτιρίου είναι μικρότερες από το ποσό θερμότητας που μπορεί να δώσει η εγκατάσταση θέρμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο σχεδιασμός της εγκατάστασης γίνεται έτσι ώστε να καλύπτει τις απώλειες του κτιρίου ακόμη και στις ελάχιστες πιθανές τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας (μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία της περιοχής). Οι θερμικές ανάγκες ενός κτιρίου αποτελούν συγχρόνως και τις μέγιστες θερμικές απώλειες. Η μεθοδολογία του υπολογισμού των θερμικών αναγκών βασίζεται στους νόμους της μετάδοσης θερμότητας. Επειδή όμως κατά τους υπολογισμούς πρέπει να καθοριστούν και να εκλεγούν πολλά μεγέθη, όπως π.χ. θερμοκρασίες χώρων διαφόρων χρήσεων, ποσότητες αερισμού κ.λ.π., για να αποφευχθούν αυθαίρετες παραδοχές οι διάφορες χώρες καθιέρωσαν έναν ενιαίο τρόπο υπολογισμού που δίνεται σε μορφή κανονισμού. Οι κανονισμοί αυτοί μπορούν να διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

Τα ψυκτικά φορτία μιας οικίας μελετούνται σε δυο περιπτώσεις. Σε περίπτωση που θέλουμε να εγκαταστήσουμε σύστημα θέρμανσης με καλοριφέρ και επίσης σε περίπτωση που θέλουμε να εγκαταστήσουμε σύστημα ψύξης με μορφή SPLITTER

Στην οικία όπου βρίσκεται στη νήσο Ικαρία λόγω ότι κατοικείται καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου θα ασχοληθούμε και με τις δυο περιπτώσεις καθώς θέλουμε να εγκαταστήσουμε και μονάδα θέρμανσης με την μορφή καλοριφέρ αλλά και ψύξης με την μορφή 2 air conditions (splitter) στο κυρίως δωμάτιο αλλά και στο υπνοδωμάτιο.

Στο παρακάτω σχέδιο απεικονίζεται η οικία για την οποία θα γίνει η μελέτη για το υβριδικό σύστημα. Απαραίτητο κομμάτι όμως είναι να ελέγξουμε στην κατοικία ποια τα φορτία, σε περίπτωση που θέλουμε να τα καλύψουμε. Δηλαδή να ταξινομήσουμε τις συσκευές του σπιτιού που χρησιμοποιούν ρεύμα και πόσες ώρες κατά τη διάρκεια της μέρας λειτουργούν.(ΣΧ. 6.1).

²² Π.Δ. της 4-7-/1979_ (ΦΕΚ 362/Δ\`/4.7.1979) Περί εγκρίσεως κανονισμού δια την θερμομόνωση των κτιρίων



ΣΧ. 6.1: Σχέδιο σπιτιού στην Ικαρία

6.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Στη χώρα μας δεν υπάρχει ακόμα κανονισμός υπολογισμού των θερμικών αναγκών των κτιρίων. Ο ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, που βασίζεται κυρίως στο γερμανικό DIN 4108, περιέχει πολλά απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών. Η μέθοδος υπολογισμού που επικράτησε στον ελληνικό χώρο είναι αυτή που αναφέρεται στις δύο εκδόσεις του γερμανικού DIN 4701, που έχουν διαφοροποιηθεί μεταξύ τους από την επίδραση της ενεργειακής κρίσης και την εξέλιξη των αυτοματισμών.

Σε γενικές γραμμές, ο τρόπος υπολογισμού των φορτίων της μεθόδου DIN 4701/1959 διατηρήθηκε και στην καινούργια έκδοση του 1983. Η νέα έκδοση του κανονισμού περιέλαβε και τις σύγχρονες αντιλήψεις σχετικά με τη διείσδυση του αέρα στα κτίρια, την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη θερμοχωρητικότητα των κτιρίων. Εκτός από αυτό, η χρησιμοποίηση κατάλληλων συστημάτων αυτόματου ελέγχου οδήγησε στην κατάργηση του συντελεστή προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας. Επίσης καταργήθηκε και ο συντελεστής προσαύξησης λόγω προσανατολισμού.

Υπολογισμός θερμικών απωλειών μπορεί να γίνει και με βάση τη μέθοδο της ASHRAE²³, η οποία δεν προβλέπει γενικά προσαυξήσεις και υπολογίζει με διαφορετικό τρόπο τις απώλειες προς το έδαφος από ότι το DIN 4701. Γενικά η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη στην εφαρμογή της και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τον υπολογισμό των φορτίων ψύξης. Η μεθοδολογία που θα δοθεί στη συνέχεια βασίζεται στη γερμανική μέθοδο υπολογισμού θερμικών αναγκών DIN 4701 έκδοση 1983.

Στον υπολογισμό των θερμικών αναγκών διακρίνουμε τις κανονικές και τις ειδικές περιπτώσεις. Κανονικές είναι οι συνηθισμένες κατασκευές που περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των κτιρίων όπως π.χ. μονοκατοικίες, πολυκατοικίες, δημόσια κτίρια, εμπορικά καταστήματα, τράπεζες, εκπαιδευτικά κτίρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εργοστάσια ,κ.λ.π.. Ως ειδικές περιπτώσεις ορίζονται:

- α)** Οι σπάνια θερμαινόμενοι χώροι (π.χ. εκκλησίες)
- β)** Τα κτίρια με βαριά κατασκευή (π.χ. καταφύγια, κλειστά υπόγεια γκαράζ)
- γ)** Οι μεγάλες αίθουσες
- δ)** Τα θερμοκήπια

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών γίνεται για μόνιμη κατάσταση θέρμανσης δηλαδή παραδεχόμαστε ότι όλα τα μεγέθη που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς παραμένουν σταθερά με το χρόνο. Επίσης παραδεχόμαστε ότι η θερμοκρασία στις επιφάνειες των διαχωριστικών τοίχων που συνορεύουν με θερμαινόμενους χώρους, είναι η ίδια με την θερμοκρασία του αέρα του χώρου. Έτσι οι εσωτερικοί τοίχοι ανταλλάζουν ακτινοβολία μόνο με την εσωτερική επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων.

Οι κανονικές θερμικές ανάγκες δεν είναι απαραίτητο να συμφωνούν με τις πραγματικές θερμικές ανάγκες. Εάν για παράδειγμα, τοποθετηθούν θερμοκρασιακές επιφάνειες με μεγάλο ποσοστό μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία μπροστά από τζάμια, οι απώλειες του χώρου θα είναι μεγαλύτερες. Τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγονται για να μη γίνεται σπατάλη ενέργειας. Γενικά οι συνολικές θερμικές

²³ Βαρομετρική μέθοδος

απώλειες ενός χώρου οφείλονται στις απώλειες αγωγιμότητας και στις απώλειες αερισμού. Οι θερμικές απώλειες αγωγιμότητας πρέπει να υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε δομικό στοιχείο, όταν υπάρχει διαφορετικός συντελεστής θερμοπερατότητας ή διαφορετική διαφορά θερμοκρασίας.

Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών αερισμού γίνεται με βάση ένα απλοποιημένο προσομοίωμα καθορισμού των ποσοτήτων αέρα που εισέρχονται από τους αρμούς των ανοιγμάτων του χώρου. Ο υπολογισμός παίρνει υπόψη τις διαφορές πίεσης που δημιουργούνται από την πρόσπτωση ανέμου και τη θερμική άνωση καθώς και τις αντιστάσεις ροής μέσα από τους αρμούς των εσωτερικών και εξωτερικών δομικών στοιχείων του χώρου (παραθύρων και θυρών). Όταν ο αερισμός είναι εξαναγκασμένος (μηχανικός αερισμός με τη βοήθεια ανεμιστήρων) λαμβάνεται υπόψη το επιπλέον ποσό αέρα που εισέρχεται στο χώρο. ΕΙΚ. 6.1



ΕΙΚ. 6.1: Θερμικές απώλειες κατοικίας – μέτρηση με θερμοκάμερα

Οι τιμές που προκύπτουν από τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών με τη βοήθεια του κανονισμού (κανονικές θερμικές ανάγκες) εξασφαλίζουν μια ικανοποιητική εγκατάσταση θέρμανσης, επειδή λαμβάνονται υπόψη οι ελάχιστες εξωτερικές θερμοκρασίες, οι ταχύτητες των πιο συχνών ανέμων κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η θερμοχωρητικότητα του κτιρίου, η στεγανότητα των παραθύρων κ.λ.π.. Προφανώς κατά την κατασκευή του κτιρίου θα πρέπει να δίνεται προσοχή, ώστε να εξασφαλίζονται οι τιμές των μεγεθών που λήφθηκαν υπόψη στους υπολογισμούς.

Έτσι, εκτός από την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου υπολογισμού των θερμικών απωλειών, είναι απαραίτητη και η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων που αφορούν στην εξωτερική θερμοκρασία, στην ταχύτητα των ανέμων, στον τρόπο κατασκευής του κτιρίου από άποψη στεγανότητας καθώς και στον τρόπο λειτουργίας (συνεχή ή διακοπτόμενο) της εγκατάστασης, ώστε να εξασφαλίζεται πάντοτε ικανοποιητική επάρκεια σε θέρμανση. Επίσης εκτός από την ικανοποιητική θέρμανση, στόχος των υπολογισμών είναι και η εξασφάλιση ομοιόμορφης θέρμανσης στο κτίριο με βάση τις απαιτούμενες εσωτερικές θερμοκρασίες. Αυτό είναι εφικτό μέσα σε ορισμένα όρια και εξαρτάται κυρίως από τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου και από την επιλογή των αυτοματισμών και του τρόπου λειτουργίας τους.

Στη χώρα μας η θέρμανση γίνεται συνήθως διακεκομμένα, για λόγους οικονομίας. Η εγκατάσταση θέρμανσης (θερμαντικά σώματα, λέβητας, σωληνώσεις) είναι μεγαλύτερη από αυτή που υπολογίζονται με βάση τον κανονισμό. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται γρήγορη αναθέρμανση των χώρων μετά τη διακοπή. Πιο σωστό είναι η εγκατάσταση θέρμανσης να έχει το κανονικό μέγεθος και η διάρκεια λειτουργίας να ρυθμίζεται από το σύστημα ρύθμισης της εγκατάστασης (με βάση είτε την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων είτε την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα).

6.3 ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

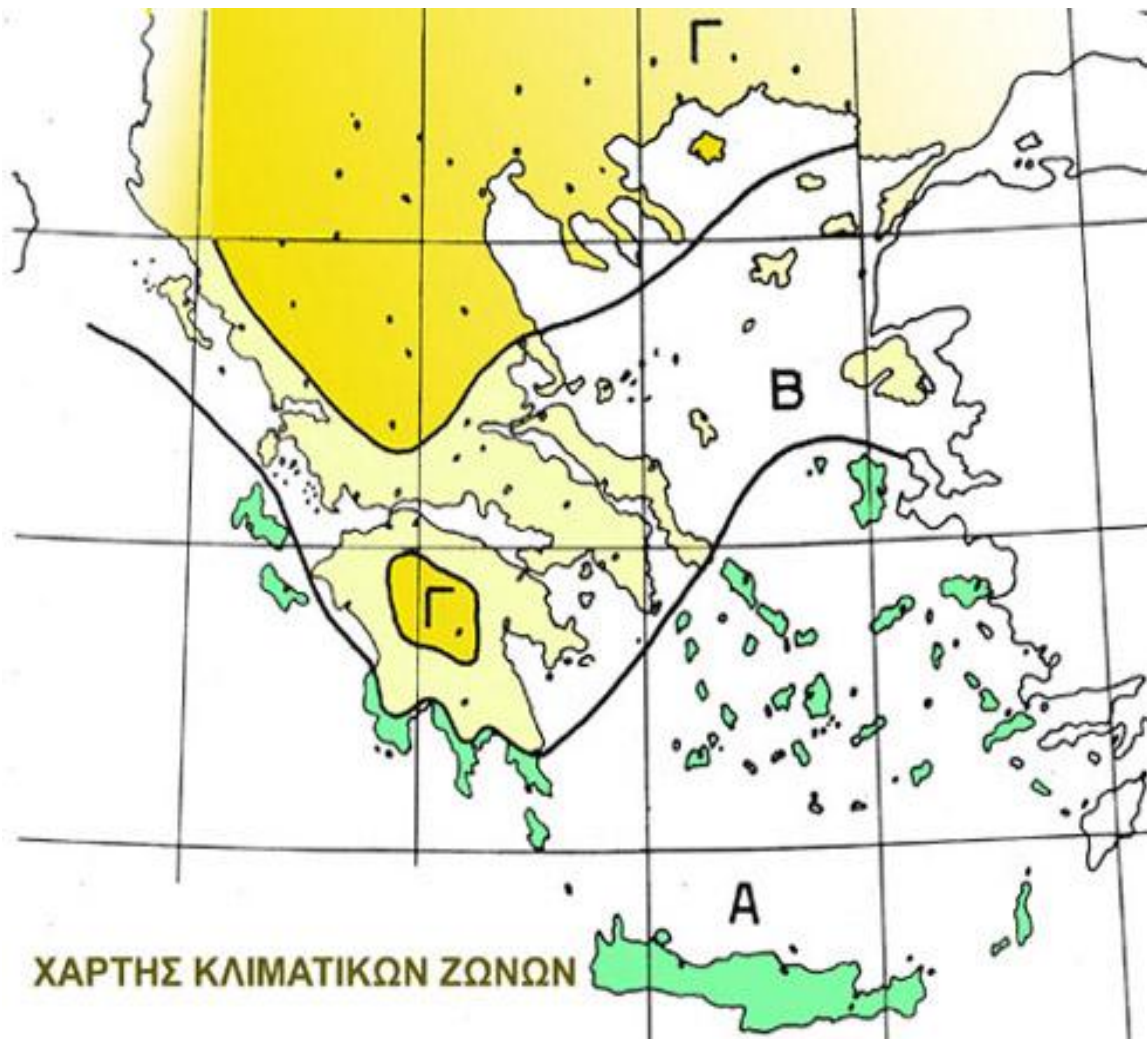
Για τους υπολογισμούς των θερμικών αναγκών ενός κτιρίου πρέπει να προσδιοριστεί η πιθανή δυσμενέστερη (χαμηλότερη) εξωτερική θερμοκρασία στην περιοχή, που ήδη υπάρχει ή πρόκειται να κατασκευαστεί το κτίριο. Ο ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης ορίζει ως θερμοκρασία υπολογισμού των θερμικών αναγκών τη “μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία”. Αυτή είναι η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που μπορεί να εμφανιστεί μια φορά το χρόνο, για δύο τουλάχιστον συνεχόμενες ημέρες. Πίνακας τιμών “μέσης ελάχιστης εξωτερικής θερμοκρασίας” για τις μεγαλύτερες ελληνικές πόλεις δίνεται στον Κανονισμό Θερμομόνωσης. Επίσης δίνεται και μεθοδολογία διόρθωσης για συγκεκριμένη θέση, σε συνάρτηση με τη διαφορά υψομέτρου από τον αντίστοιχο μετεωρολογικό σταθμό.

Η “μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία” είναι ικανοποιητική για τις περισσότερες περιπτώσεις υπολογισμού. Υποθέτει συνηθισμένη θερμική αδράνεια του κτιρίου (π.χ. κτίρια από τούβλα με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα) και αναφέρεται σε κτίρια μέσα σε πόλεις, σε περιοχές συνεχούς δόμησης. Κατά την κρίση του μελετητή μηχανικού, μπορούν να γίνουν διορθώσεις τοπικών συνθηκών κατά 1°C έως 2°C. Σε κτίρια ιδιαίτερα προστατευμένα από Β-ΒΑ ανέμους και σε πυκνοδομημένες περιοχές μπορεί να γίνει μία διόρθωση προς υψηλότερες θερμοκρασίες. Αντίθετα σε κτίρια σημαντικά εκτεθειμένα πρέπει να γίνεται μία διόρθωση προς χαμηλότερες θερμοκρασίες.

6.4 ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης καθώς και η Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.)²⁴ 2425/86 δίνουν τις συνιστώμενες θερμοκρασίες σχεδιασμού για θέρμανση σε κατοικίες, γραφεία καταστήματα, εκπαιδευτικά κτίρια, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.λ.π. Οι θερμοκρασίες δίνονται για κάθε χώρο των κτιρίων. Με βάση τις θερμοκρασίες αυτές γίνεται ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων σε κάθε θερμαινόμενο χώρο. (ΕΙΚ. 6.2)

²⁴Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας ΤΟΤΕΕ 2425/86
Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων



ΕΙΚ 6.2: Χάρτης κλιματικών ζωνών

Σχετικά με τις συνιστώμενες θερμοκρασίες παρατηρούνται τα εξής:

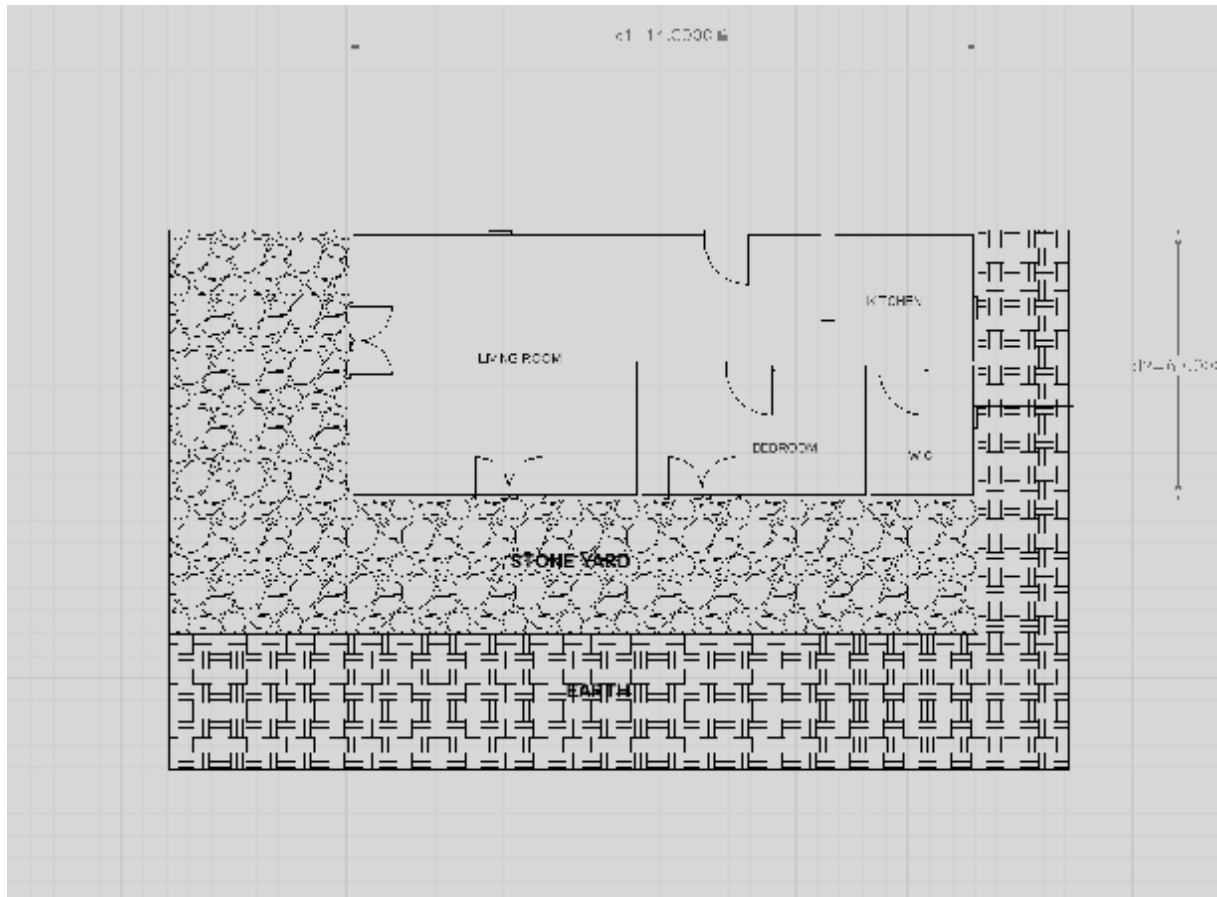
- Σε διαδρόμους, κλιμακοστάσια και άλλους χώρους μετάβασης από το εξωτερικό περιβάλλον σε θερμαινόμενους χώρους, είναι επαρκής μια θερμοκρασία σχεδιασμού 15°C για την προσαρμογή του ατόμου στις συνθήκες του θερμαινόμενου χώρου.
- Σε χώρους όπου συνήθως τα άτομα φέρουν ελαφρά ενδυμασία (π.χ. λουτρά, αποδυτήρια) η θερμοκρασία σχεδιασμού είναι 22 έως 24°C για να αντισταθμίζεται η αυξημένη απώλεια θερμότητας από το σώμα.
- Σε χώρους με μεγάλα θερμικά κέρδη από την παρουσία ατόμων (π.χ. αμφιθέατρα, εκκλησίες, κλειστά γυμναστήρια) η θερμοκρασία σχεδιασμού μειώνεται στους 18°C έως 16°C.
- Σε συνεχές σύστημα δόμησης μεταξύ κτισμένων κτιρίων και για τα τμήματα που βρίσκονται σε επαφή, ως θερμοκρασία του γειτονικού κτιρίου εφόσον αυτό θερμαίνεται λαμβάνεται η τιμή των 15°C. Όταν δεν θερμαίνεται λαμβάνονται οι τιμές:
Για τη ζώνη Α +10°C
Για τη ζώνη Β +7°C
Για τη ζώνη Γ +3°C

Για μη θερμαινόμενους χώρους προβλέπονται τα εξής:

- Ως θερμοκρασία χώρων οι οποίοι βρίσκονται κάτω από κεκλιμένη στέγη (π.χ. από κεραμίδια), λαμβάνεται η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία αυξημένη κατά 3°C, εφόσον έχουν τηρηθεί οι οδηγίες του Κ.Θ.Κ.
- Ως θερμοκρασία μη θερμαινόμενων ημιυπόγειων ή υπόγειων χώρων, που έχουν παράθυρα ή πόρτες προς τον εξωτερικό αέρα, λαμβάνεται:
Για τη ζώνη Α +10°C
Για τη ζώνη Β +7°C
Για τη ζώνη Γ +3°C

6.5 ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται τα αποτελέσματα της μελέτης θερμικών απωλειών για κάθε δωμάτιο του κτηρίου μας. Με το να γνωρίζουμε τις θερμικές απώλειες του κτηρίου θα μπορέσουμε να υπολογίσουμε τα φορτία που θα χρειαστούμε για να θερμάνουμε το χώρο. Σημαντικό ρόλο για τη δημιουργία των πινάκων έπαιξε το ΣΧ.1.



ΣΧ.1

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ Ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣ.	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ Ζη	ΔΙΑΚΟΠΩΝ Κ.ΛΠ. Ζο	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ
ΔΩΜ. 1		m	m	m	m ²		m ²	m ²	Kcal/hm ² °C	°C	Kcal/h	%	%	1+%	Kcal/h
Τοιχ. Εξ.	Νότιος	0,5	11,5	3	34,50		5,86	28,64	2,2	17	1.071,1				
Τοιχ. Εξ.	Ανατολ.	0,5	6,2	3	18,60		3,52	15,08	2,2	17	564,0				
Τοιχ. Εξ.	Βόριος	0,5	7,2	3	21,60		3,52	18,08	2,2	17	676,2				
Πόρτα	Νότιος	....	2,3	2,2	5,06		....	5,06	5	17	430,1				
Παράθ.	Νότιος	....	1	0,8	0,80		....	0,8	3,3	17	44,9				
Παράθ.	Ανατολ.	....	1,6	2,2	3,52		....	3,52	3,3	17	197,5				
Παράθ.	Βόριος	....	1,6	2,2	3,52		....	3,52	3,3	17	197,5				
Δάπεδο	....	....	11,5	6,2	71,30		12	59,30	1,7	10	1.008,1				
Στέγη	....	....	11,5	6,2	71,30		12	59,30	2,8	17	2.822,7				
		Q=20*Ioλ=20*34,4=688									7.012,0	0	15	1,15	8.063,8
															688
															8.751,8

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Θερμικές απώλειες για το δωμάτιο 1

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ Η ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣ.	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ Ζη	ΔΙΑΚΟΠΩΝ Κ.ΛΠ. Ζο	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ
ΔΩΜ. 2		m	m	m	m ²		m ²	m ²	Kcal/hm ² °C	°C	Kcal/h	%	%	1+%	Kcal/h
Τοιχ. Εξ.	Νότιος	0,5	3	3	9,00		0	9,00	2,2	17	336,6				
Τοιχ. Εξ.	Δυτικός	0,5	3,2	3	9,60		0,8	8,80	2,2	17	329,1				
Τοιχ.εσ.	Δυτικός	0,5	1,5	3	4,50			4,50	1,8	10	81,0				
Παράθ.	Νότιος	....	1	0,8	0,80		....	0,8	5	17	68,0				
Δάπεδο	....	....	3	3,2	9,60			9,60	1,7	10	163,2				
Στέγη	....	....	3	3,2	9,60			9,60	2,8	17	457,0				
											1.434,9	-5	15	1,1	1.578,4
															248
															1.826,4
		Q=20*Ioλ=20*12,4=248													

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Θερμικές απώλειες για το δωμάτιο 2

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ Η ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣ.	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ Ζη	ΔΙΑΚΟΠΩΝ Κ.ΛΠ. Ζο	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ	ΑΠΩΛΕΙΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ
ΔΩΜ. 3		m	m	m	m ²		m ²	m ²	Kcal/hm ² °C	°C	Kcal/h	%	%	1+%	Kcal/h
Τοιχ. Εξ.	Δυτικός	0,5	3	3	9,00		0,8	8,20	2,2	17	306,7				
Τοιχ. Εξ.	Βόριος	0,5	3	3	9,00		....	9,00	2,2	17	336,6				
Τοιχ.εσ.	....	0,5	3	3	9,00		2,97	6,03	2,2	10	132,7				
Παρ.εξ	Δυτικός	....	1	0,8	0,80		....	0,8	5	17	68,0				
Παρ.εσ	....	....	1,35	2,2	2,97		....	2,97	2,5	10	74,3				
Δάπεδο	....	....	3	3	9,00			9,00	1,7	10	153,0				
Στέγη	....	....	3	3	9,00			9,00	2,8	17	428,4				
											1.499,6	5	15	1,2	1.799,5
															390
		Q=20*Ioλ=20*19.5=390													2.189,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Θερμικές απώλειες για το δωμάτιο 3

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ Η ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣ.	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ Ζη	ΔΙΑΚΟΠΩΝ Κ.ΛΠ. Ζο	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ
ΔΩΜ. 4		m	m	m	m ²		m ²	m ²	Kcal/hm ² °C	°C	Kcal/h	%	%	1+%	Kcal/h
Τοιχ. Εξ.	Βόριο	0,5	4	3	12,00		2,97	9,03	2,2	17	337,7				
Πορτ.εξ	Βόριο	....	1,35	2,2	2,97			2,97	5	17	252,5				
Τοιχ.εσ.	....	0,5	4	3	12,00		2,97	9,03	2,2	10	198,7				
Τοιχ.εσ.	....	0,5	3	3	9,00			9	2,2	10	198,0				
Παρ.εσ	....	....	1,35	2,2	2,97			2,97	5	10	148,5				
Δάπεδο	....	....	4	3	12,00			12,00	1,7	10	204,0				
Στέγη	....	....	4	3	12,00			12,00	2,8	17	571,2				
											1.910,5	5	15	1,2	2.292,6
															284
		Q=20*Ioλ=20*14,2=284													2.576,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Θερμικές απώλειες για το δωμάτιο 4

Στον παρακάτω (ΠΙΝΑΚΑ 5) παραθέτουμε τα θερμαντικά σώματα που επιλέξαμε να τοποθετήσουμε σε κάθε δωμάτιο σύμφωνα με τις θερμικές απώλειες των δωματίων.

Όπου έχουμε:

- Δωμάτιο 1- Living room
- Δωμάτιο 2 – W.C
- Δωμάτιο 3 – Kitchen
- Δωμάτιο 4 - Bedroom

A/A	ΧΩΡΟΣ	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛ (Kcal/h)	ΤΥΠΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΣΩΜ (Kcal/h)	ΜΗΚΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ M	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΙΦ/Α (m ²)
1	Δωμάτιο 1	8.751,80	II/655/30	2100	1,14	4,5
2	Δωμάτιο 1	8.751,80	III/655/20	2000	0,76	4,6
3	Δωμάτιο 1	8.751,80	IV/905/28	4760	1,06	11,76
4	Δωμάτιο 2	1.826,40	II/905/21	1890	0,789	4,2
5	Δωμάτιο 3	2.189,50	II/905/25	2250	0,95	5
6	Δωμάτιο 4	2.576,60	III/655/25	2500	0,95	5,75
Σύνολο		15.344,30				

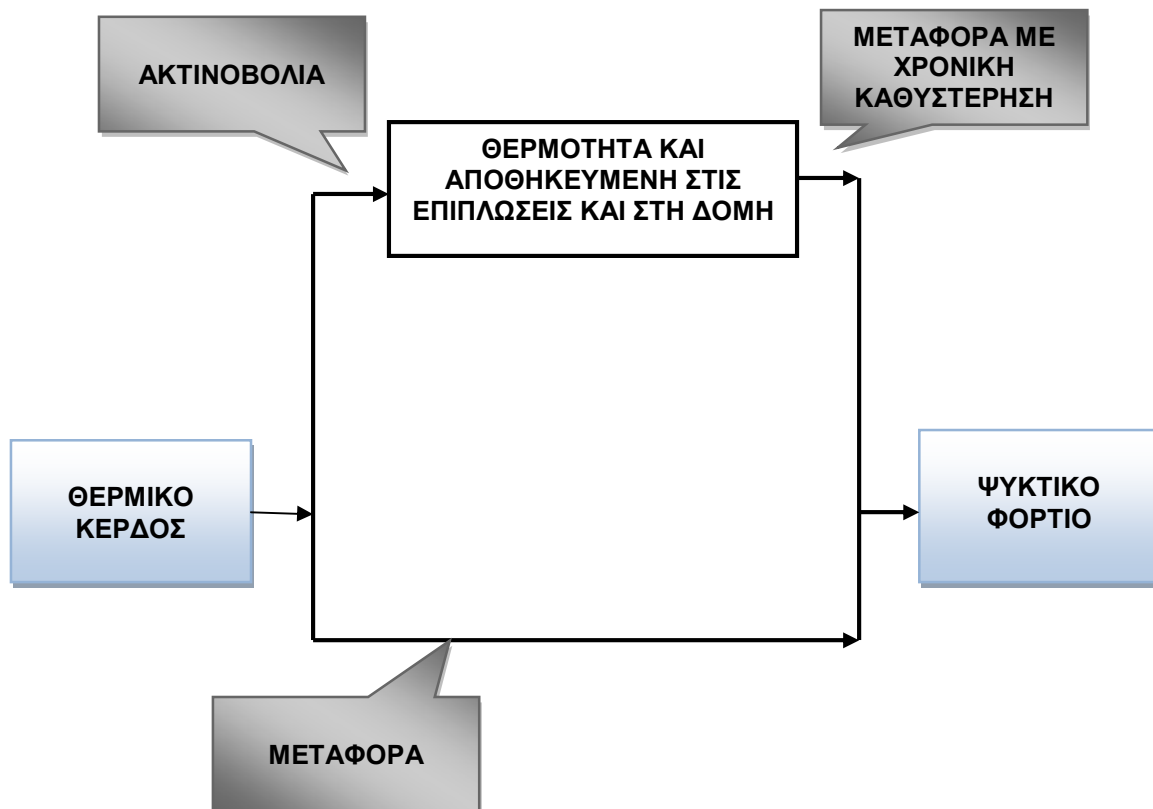
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΩΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

7.1 ΤΟ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ

Το εσωτερικό ενός κτιρίου κερδίζει θερμότητα από διάφορες πηγές. Εάν η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα στα δωμάτια πρέπει να διατηρηθούν σε επίπεδα συνθηκών άνεσης, θερμότητα πρέπει να αφαιρεθεί για να αντισταθμίσει τα κέρδη θερμότητας. Το καθαρό ποσό θερμότητας που αφαιρείται, ονομάζεται ψυκτικό φορτίο. Εδώ θα εξετάσουμε κάθε ένα από τα συστατικά του θερμικού κέρδους και πως υπολογίζονται και έπειτα πως προσδιορίζεται το ψυκτικό φορτίο. Το ψυκτικό φορτίο είναι η βάση για την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους εξοπλισμού ψύξης, των σωληνώσεων, και των αγωγών.

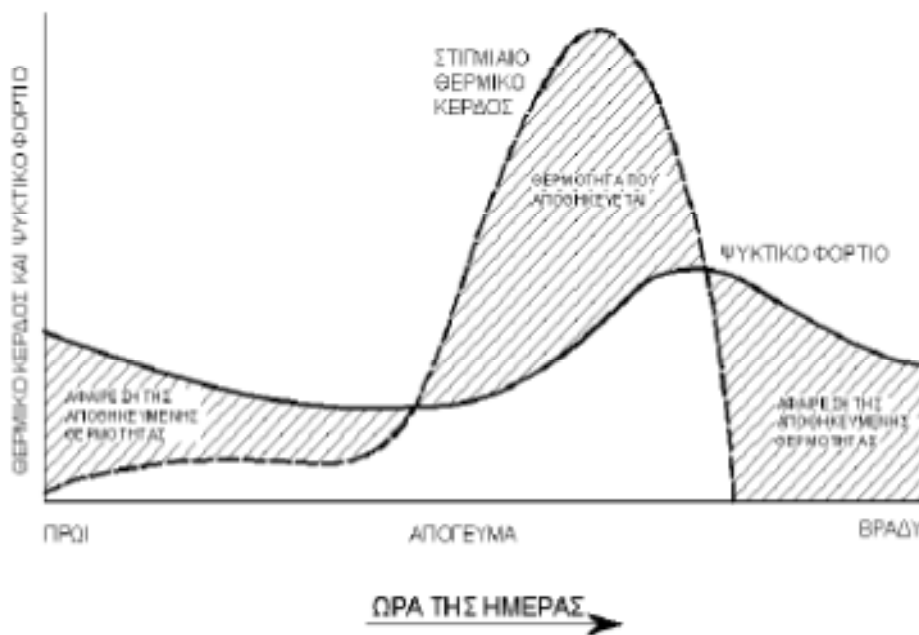


ΣΧ 7.1: Διάγραμμα ροής θερμότητας που παρουσιάζει τα κέρδη θερμότητας, αποθήκευση θερμότητας και ψυκτικών φορτίων κτιρίων

7.2 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Το μικτό θερμικό κέρδος εσωτερικών χώρων είναι η θερμότητα που παραλαμβάνει ο χώρος από το περιβάλλον οποιαδήποτε στιγμή. Αυτό το θερμικό κέρδος συνίσταται από πολλές πηγές. Όλη η θερμότητα που παραλαμβάνεται από αυτές τις πηγές συνήθως δεν προκαλεί αμέσως θέρμανση του εσωτερικού αέρα. Κάποιες από αυτές, ειδικά η ακτινοβολούμενη ενέργεια απορροφώνται από τα υλικά των δωματίων, δηλαδή τη δομή και την επίπλωση. Το γεγονός αυτό ονομάζεται αποθήκευση θερμότητας. Κατά συνέπεια το καθαρό θερμικό κέρδος του εσωτερικού αέρα είναι συχνά μικρότερο από τα μικτά κέρδη θερμότητας. Το ψυκτικό φορτίο, το ποσό θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από το χώρο για να διατηρηθούν οι συνθήκες σχεδιασμού, είναι το άθροισμα αυτών των καθαρών κερδών θερμότητας.

Είναι πολύ σημαντικό να συνεκτιμηθεί η αποθήκευση θερμότητας λόγω του ότι μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά μειωμένα πραγματικά φορτία. Η επίδραση της αποθήκευσης μπορεί να θεωρηθεί ως χρονική καθυστέρηση στη ροή θερμότητας προς το εσωτερικό. Αυτό σημαίνει ότι κάποια από τη θερμότητα που παραλαμβάνεται από το δωμάτιο έχει χρονική καθυστέρηση στο να φτάσει στον αέρα του δωματίου και να τον θερμάνει.

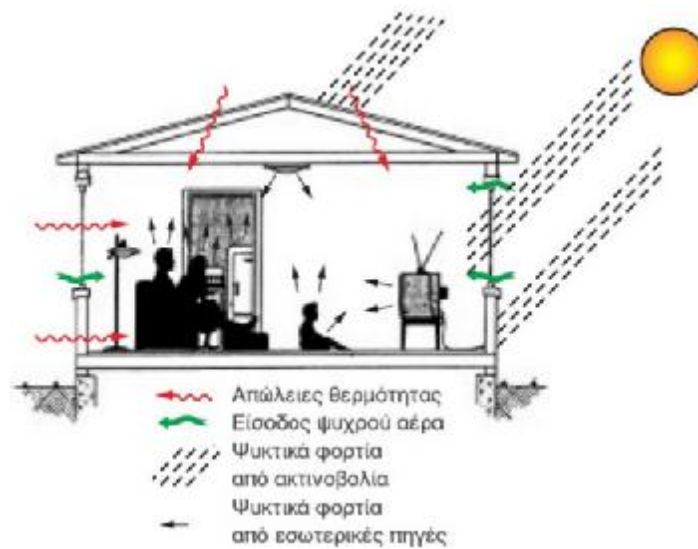


ΣΧ 7.2: Διαφορά μεταξύ στιγμιαίου θερμικού κέρδους και ψυκτικού φορτίου ως αποτέλεσμα της αποθήκευσης θερμότητας

7.3 ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΧΩΡΩΝ

Οι επιμέρους θερμικές ροές που συμβάλλουν στο θερμικό κέρδος χώρων είναι οι εξής[(ΣΧ.7.3) και (ΣΧ. .4)].

1. Συναγωγή, μέσω των εξωτερικών τοίχων της στέγης και των γυάλινων επιφανειών
2. Συναγωγή μέσω εσωτερικών χωρισμάτων, ορόφων και πατωμάτων
3. Ηλιακή ακτινοβολία μέσω γυάλινων επιφανειών
4. Φωτισμός
5. Άνθρωποι
6. Εξοπλισμός
7. Θερμότητα από τη διείσδυση του εξωτερικού αέρα μέσω ανοιγμάτων



ΣΧ. 7.3: Θερμικά κέρδη χώρων



ΣΧ 7.4: Θερμικές απώλειες ενός κτιρίου

7.4 ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η τιμή του μέγιστου φορτίου κάθε χώρου καθορίζει το ρυθμό ψύξης σε κάθε δωμάτιο. Εάν τα μέγιστα θερμικά κέρδη κάθε δωματίου προστεθούν, το άθροισμα προκύπτει μεγαλύτερο από το μέγιστο ψυκτικό φορτίο που απαιτείται για ολόκληρο το κτίριο. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μέγιστα θερμικά κέρδη στους επιμέρους χώρους δεν εμφανίζονται ταυτόχρονα. Επομένως, ο σχεδιαστής πρέπει επίσης να καθορίσει το χρόνο του έτους και το χρόνο της ημέρας στους οποίους το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου είναι μέγιστο και στη συνέχεια να το υπολογίσει. Ο συλλογισμός και η έρευνα είναι παρόμοια με αυτήν που χρησιμοποιείται για την εύρεση των μέγιστων φορτίων δωματίου. Από την προηγούμενη συζήτηση και μελέτη των πινάκων, οι προκύπτουν οι ακόλουθες οδηγίες.

- Για κτίρια περίπου τετραγωνικής διαμόρφωσης με παρόμοια κατασκευή στους τέσσερις τοίχους, το μέγιστο φορτίο εμφανίζεται συνήθως το καλοκαίρι αργά το απόγευμα. Αυτό συμβαίνει επειδή η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη τότε, και δεν υπάρχει καμία ειδική επιρροή της ηλιακής ακτινοβολίας σε καμία πλευρά του κτιρίου.
- Για κτίρια με εκτεταμένη έκθεση σε νότιο ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό τα οποία έχουν μεγάλες γυάλινες επιφάνειες το μέγιστο φορτίο μπορεί να εμφανιστεί το φθινόπωρο γύρω στο μεσημέρι, επειδή τότε η ακτινοβολία είναι υψηλότερη. Αυτή η περίπτωση απαιτεί προσεκτική ανάλυση.
- Για κτίρια ενός ορόφου με πολύ μεγάλη επιφάνεια στέγης το μέγιστο φορτίο εμφανίζεται συνήθως το καλοκαίρι το απόγευμα.

7.5 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ

Οι διαδικασίες που περιγράφηκαν προηγουμένως χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων για εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια. Οι διαδικασίες για τον καθορισμό των ψυκτικών φορτίων για κατοικίες είναι βασισμένες στις ίδιες αρχές μετάδοσης θερμότητας. Μόνο αισθητά θερμικά κέρδη υπολογίζονται. Μια ποσόστωση δίνεται για τα λανθάνοντα κέρδη και τα φορτία φωτισμού αγνοούνται. Προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται για ανθρώπους και φορτία διείσδυσης. Δεν απαιτείται προσδιορισμός χρόνου αιχμής φορτίου και αποθήκευση θερμότητας, η τελευταία περιλαμβάνεται στα δεδομένα.

7.6 ΚΕΡΔΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ

Τα κέρδη θερμότητας μέσω των τοίχων, της στέγης, της οροφής, και του πατώματος υπολογίζονται κάθε ένα μέσω της ακόλουθης εξίσωσης:

$$Q = U \times A \times ETD \quad (14)$$

όπου

Q = κέρδος αισθητής θερμότητας, BTU/hr.

U = γενικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας, BTU/hr-ft² - F

A = εμβαδόν, ft²

ETD = ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας, F

Η ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας προσμετρά και τη συναγωγή και για την επίδραση της ακτινοβολίας. Τιμές της ETD παρατίθενται στον ΠΙΝΑΚΑ 1

7.7 ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΟ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ

Τα κέρδη CLF (παράγοντας ψυκτικού φορτίου) μέσω των παραθύρων παρατίθενται στον ΠΙΝΑΚΑ 1. Αυτές οι τιμές περιλαμβάνουν και την ηλιακή ακτινοβολία και τη συναγωγή μέσω του τζαμιού. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες μπορούν να βρεθούν με παρεμβολή. Το θερμικό κέρδος βρίσκεται από την εξίσωση:

$$Q = A \times CLF \quad (15)$$

όπου

Q = θερμικό κέρδος μέσω του παραθύρου, BTU/hr.

A = εμβαδόν του τζαμιού, ft²

CLF = παράγοντας ψυκτικού φορτίου, BTU/hr-ft²

Εάν το τζάμι σκιάζεται από μόνιμες εξωτερικές προεκβολές, πρώτα προσδιορίζεται το μέγεθος της σκίασης από τον ΠΙΝΑΚΑ 1. Οι παράγοντες σκίασης που δίδονται στον πίνακα πολλαπλασιάζονται με το πλάτος της προεκβολής για να βρεθεί το κατακόρυφο μήκος σκίασης. Για το σκεδαζόμενο τμήμα του παραθύρου χρησιμοποιούνται τιμές από τον ΠΙΝΑΚΑ 1 για τζάμι βόρειου προσανατολισμού. Δεν δίνονται παράγοντες σκίασης για βορειοδυτικούς και βορειοανατολικούς προσανατολισμούς, διότι δεν είναι εφικτή η σκίαση αυτών με προεκβολές.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΣΩ ΓΥΑΛΙΟΥ, BTU/HR-FT ²																					
Εξωτερική Θερμοκρασία	Κανονικό Μονό Τζάμι						Κανονικό Διπλό Τζάμι						Θερμοκρασία Διπλό Τζάμι			Καθαρό Τριπλό Τζάμι					
	85	90	95	100	105	110	85	90	95	100	105	110	85	90	95	100	105	110	85	90	95
Χωρίς Τέντες Σκίασης ή Εσωτερική Σκίαση																					
Βόρεια	23	27	31	35	39	44	19	21	24	26	28	30	12	14	17	19	21	23	17	19	20
ΒΑ και ΒΔ	56	60	64	68	72	77	46	48	51	53	55	57	27	29	32	34	36	38	42	43	44
Α και Δ	81	85	89	93	97	102	68	70	73	75	77	79	42	44	47	49	51	53	62	63	64
ΝΑ και ΝΔ	70	74	78	82	86	91	59	61	64	66	68	70	35	37	40	42	44	46	53	55	56
Νότια	40	44	48	52	56	61	33	35	38	40	42	44	19	21	24	26	28	30	30	31	33
Οριζόντ. Φεγγίτης	160	164	168	172	176	181	139	141	144	146	148	150	89	91	94	96	98	100	126	127	129
Κουρτίνες ή Βενετικά Στόρια																					
Βόρεια	15	19	23	27	31	36	12	14	17	19	21	23	9	11	14	16	18	20	11	12	14
ΒΑ και ΒΔ	32	36	40	44	48	53	27	29	32	34	36	38	20	22	25	27	29	31	24	26	27
Α και Δ	48	52	56	60	64	69	42	44	47	49	51	53	30	32	35	37	39	41	38	39	41
ΝΑ και ΝΔ	40	44	48	52	56	61	35	37	40	42	44	46	24	26	29	31	33	35	32	33	34
Νότια	23	27	31	35	39	44	20	22	25	27	29	31	15	17	20	22	24	26	18	19	21
Ρολλά Σκίασης Μισάνοιχτα																					
Βόρεια	18	22	26	30	34	39	15	17	20	22	24	26	10	12	15	17	19	21	13	14	15
ΒΑ και ΒΔ	40	44	48	52	56	61	38	40	43	45	47	49	24	26	29	31	33	35	34	35	35
Α και Δ	61	65	69	73	77	82	54	56	59	61	63	65	35	37	40	42	44	46	49	49	50
ΝΑ και ΝΔ	52	56	60	64	68	73	46	48	51	53	54	57	30	32	35	37	39	41	41	42	43
Νότια	29	33	37	41	45	50	27	29	32	34	36	38	18	20	23	25	27	29	25	26	26
Τέντες Σκίασης																					
Βόρεια	20	24	28	32	36	41	13	15	18	20	22	24	10	12	15	17	19	21	11	12	13
ΒΑ και ΒΔ	21	25	29	33	37	42	14	16	19	21	23	25	11	13	16	18	20	22	12	13	14
Α και Δ	22	26	30	34	38	43	14	16	19	21	23	25	12	14	17	19	21	23	12	13	14
ΝΑ και ΝΔ	21	25	29	33	37	42	14	16	19	21	23	25	11	13	16	18	20	22	12	13	14
Νότια	21	24	28	32	36	41	13	15	18	20	22	24	11	13	16	18	20	22	11	12	13

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΣΩ ΓΥΑΛΙΟΥ, BTU/HR-FT

7.8 ΑΝΘΡΩΠΟΙ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Το κέρδος αισθητής θερμότητας ανά άτομο υποτίθεται 225 BTU/ hr κατά μέσο όρο. Εάν ο αριθμός των ενοίκων δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων, μπορεί να εκτιμηθεί ως διπλάσιος του αριθμού των υπνοδωματίων. Επειδή το μέγιστο φορτίο εμφανίζεται συνήθως αργά το απόγευμα, υποτίθεται ότι οι ένοικοι είναι στις περιοχές του καθιστικού και της τραπεζαρίας για λόγους κατανομής των φορτίων.

Ένα κέρδος αισθητής θερμότητας της τάξης των 1200 BTU/hr θεωρείται μια λογική τιμή για την περιοχή της κουζίνας, που λαμβάνει υπόψη διακοπτόμενη χρήση των συσκευών. Μεγάλες ειδικές συσκευές πρέπει να αξιολογηθούν χωριστά.

7.9 ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Η επίδραση στα κέρδη αισθητής θερμότητας της διείσδυσης και του εξαερισμού παρουσιάζεται στον ΠΙΝΑΚΑ 2. Το φορτίο διείσδυσης εκφράζεται σε BTU/hr ανά ft² εκτεθειμένης επιφάνειας τοίχων. Στην περίπτωση όπου το σύστημα κλιματισμού είναι σχεδιασμένο να εισάγει εξωτερικό αέρα για εξαερισμό, η κατάλληλη τιμή λαμβάνεται από τον πίνακα, εκφρασμένη σε BTU/hr ανά CFM αέρα εξαερισμού. Πολλά οικιακά συστήματα κλιματισμού χρησιμοποιούν 100% ανακυκλούμενο εσωτερικό αέρα, στηριζόμενα έτσι στη διείσδυση για τον εξαερισμό. Στον ΠΙΝΑΚΑ 2 δίνονται οι τιμές για το ψυκτικό φορτίο λόγω διείσδυσης αέρα και εξαερισμού.

ΑΙΣΘΗΤΟ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΛΟΓΩ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ						
Θερμοκρασία Σχεδιασμού	85	90	95	100	105	110
Διείσδυση, BTU/hr ανά ft ² από τη μικτή εκτεθειμένη περιοχή τοίχων	0.7	1.1	1.5	1.9	2.2	2.6
Μηχανικός Εξαερισμός, BTU/hr ανά CFM	11.0	16.0	22.0	27.0	32.0	38.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΑΙΣΘΗΤΟ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΛΟΓΩ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ

7.10 ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΕΣ

Τα θερμικά κέρδη στους αγωγούς υπολογίζονται κατά προσέγγιση ως 10% του RSHG για αγωγούς σε ψευδοροφές και 5 % για αγωγούς σε μη κλιματιζόμενα υπόγεια. Η διαρροή των αγωγών μπορεί να εκτιμηθεί 5% του RSHG. Αυτές οι συνεισφορές προστίθενται στο RSHG του κτιρίου.

7.11 ΛΑΝΘΑΝΟΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Τα λανθάνοντα θερμικά κέρδη δεν υπολογίζονται χωριστά στις οικιακές εφαρμογές. Οι τοπικές κλιματιστικές μονάδες έχουν συνήθως ικανότητα αφαίρεσης λανθάνουσας θερμότητας 0.3 φορές της αντίστοιχης ικανότητας για το αισθητό φορτίο. Επομένως, για να βρεθεί το συνολικό ψυκτικό φορτίο απλά πολλαπλασιάζεται το άθροισμα των θερμικών κερδών με 1.3. Στα πολύ ξηρά κλίματα όπου το λανθάνον φορτίο είναι μικρότερο, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο παράγοντας 1.2, και να εγκατασταθεί κατάλληλος εξοπλισμός.

7.12 ΒΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Τα βήματα για τον προσδιορισμό των οικιακών ψυκτικών φορτίων συνοψίζονται ως εξής:

1. Επιλογή εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών από ΠΙΝΑΚΑ 4.
2. Χρήση αρχιτεκτονικών σχεδίων για μέτρηση των διαστάσεων όλων των επιφανειών μέσω των οποίων θα υπάρξει εξωτερικό θερμικό κέρδος σε κάθε δωμάτιο.
3. Υπολογισμός εμβαδών όλων αυτών των επιφανειών.
4. Επιλογή των συντελεστών μετάδοσης θερμότητας U από τους ΠΙΝΑΚΕΣ 5 και 6.
5. Υπολογισμός θερμικών κερδών μέσω των τοίχων, της στέγης και του δαπέδου για κάθε δωμάτιο χρησιμοποιώντας τις τιμές ETD από τον ΠΙΝΑΚΑ 1.
6. Υπολογισμός θερμικών κερδών μέσω τζαμιών, χρησιμοποιώντας τους ΠΙΝΑΚΕΣ 2 και 7 για κάθε δωμάτιο.
7. Προσδιορισμός φορτίων από ανθρώπους και συσκευές, .
8. Προσδιορισμός φορτίων δειξίδυσης και εξαερισμού, ΠΙΝΑΚΑΣ 3.
9. Πρόσθεση επιμέρους κερδών για εύρεση του RSHG για κάθε δωμάτιο και το κτίριο.
10. Πρόσθεση κερδών θερμότητας αγωγών και διαρροής στο RSHG.
11. Πολλαπλασιασμός του RSHG με 1.3 (1.2 για ξηρά κλίματα) για εύρεση του RTHG για το κτίριο. Αυτό είναι το ψυκτικό φορτίο.

Παρακάτω παρατίθενται ο ΠΙΝΑΚΑΣ 3 για τις θερμοκρασίες ανά περιοχή και Πίνακας 4 οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ						
ΠΟΛΗ Η' ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΣΗ ΗΜ/ΣΙΑ ΔΙΑΚ. (DR) °C	ΜΕΣΗ ΗΜ/ΣΙΑ ΔΙΑΚ. (DR) F	DB 1% ΘΕΡ/ΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ °C	DB 1% ΘΕΡ/ΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ F	DB 2,5% ΘΕΡ/ΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ °C	DB 2,5% ΘΕΡ/ΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ F
ΑΓΡΙΝΙΟ	16	28,8	35,5	95,9	34,5	94,1
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	13		34,0		32,5	90,5
ΑΘΗΝΑ(ΑΣΤΕΡ/ΕΙΟ)	10	18,0	36,0	96,8	34,0	93,2
ΑΘΗΝΑ(ΕΛΛΗΝΙΚΟ)		0,0	34,5	94,1	33,0	91,4
ΑΘΗΝΑ(Ν.ΦΙΛ/ΦΕΙΑ)	12	21,6	36,5	97,7	35,0	95,0
ΑΘΗΝΑ(ΤΑΤΟΙ)	12	21,6	35,5	95,9	34,0	93,2
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	12	21,6	33,5	92,3	32,0	89,6
ΑΡΑΞΟΣ	12	21,6	34,5	94,1	33,5	92,3
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	11	19,8	31,5	88,7	30,0	86,0
ΖΑΚΥΝΘΟΣ	8	14,4	33,0	91,4	31,5	88,7
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	7	12,6	32,5	90,5	31,0	87,8
ΘΕΣ/ΝΙΚΗ(ΠΑΝ/ΜΙΟ)	11	19,8	35,0	95,0	34,0	93,2
ΘΕΣ/ΝΙΚΗ(ΜΙΚΡΑ)	14	25,2	34,5	94,1	33,0	91,4
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	17	30,6	34,5	94,1	33,0	91,4
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	14	25,2	34,5	94,1	32,5	90,5
ΚΕΡΚΥΡΑ	14	25,2	33,5	92,3	32,5	90,5
ΚΟΖΑΝΗ	16	28,8	33,5	92,3	32,0	89,6
ΚΟΜΟΤΗΝΗ	13	23,4	33,5	92,3	32,5	90,5
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	10	18,0	33,5	92,3	32,0	89,6
ΛΑΡΙΣΑ	16	28,8	37,0	98,6	35,0	95,0
ΛΗΜΝΟΣ	8	14,4	31,0	87,8	30,0	86,0
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	9	16,2	33,0	91,4	31,5	88,7
ΝΑΞΟΣ	6	10,8	29,5	85,1	28,5	83,3
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	7	12,6	33,5	92,3	32,0	89,6
ΡΟΔΟΣ	11	19,8	34,0	93,2	33,0	91,4
ΣΑΜΟΣ	7	12,6	33,0	91,4	31,5	88,7
ΣΕΡΡΕΣ	14	25,2	34,5	94,1	33,0	91,4
ΣΚΥΡΟΣ	6	10,8	30,5	86,9	29,5	85,1
ΣΟΥΔΑ	9	16,2	35,0	95,0	33,0	91,4
ΤΑΝΑΓΡΑ	14	25,2	36,0	96,8	34,5	94,1
ΤΡΙΠΟΛΗ	16	28,8	34,0	93,2	32,5	90,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΟΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ U ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ		
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	Τιμές U σε BTU/Hr - ft ² °F	
	καλοκαίρι	χειμώνας
ΤΟΙΧΟΙ		
Πλαίσιο με ξύλινη κορνίζα, επίχρισμα και εσωτερικό φινίρισμα		
χωρίς μόνωση	.22	.23
R-7 μόνωση (2 in - 2 1/2 in)	.09	.09
R-11 μόνωση (3 in - 3 1/2 in)	.07	.07
Πλαίσιο με 4 in με τούβλινη ή πέτρινη επίστρωση, επίχρισμα και εσ. φινίρισμα		
χωρίς μόνωση	.24	.24
R-7 μόνωση	.09	.09
R-11 μόνωση	.07	.07
Πλαίσιο με 1 in γυψομάρμαρο, επίχρισμα και εσωτερικό φινίρισμα		
χωρίς μόνωση	.29	.29
R-7 μόνωση	.10	.10
R-11 μόνωση	.07	.07
Πλινθοδομή:		
8 in μπετον χωρίς φινίρισμα	.49	.51
12 in μπετον χωρίς φινίρισμα	.45	.47
Πλινθοδομή (8 in μπετον)		
εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.29	.30
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου	.29	.30
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.13	.13
Πλινθοδομή (8 in τσιμεντόπλιθα ή διάτρητο κεραμικό τούβλο)		
εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.25	.25
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.17	.17
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.12	.12
Πλινθοδομή (4 in εμφανές τούβλο και 8 in τσιμ/πλιθα ή 8 in διάτρητο τούβλο)		
εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.22	.22
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.15	.16
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.12	.12

Πλινθοδομή (12 in διάτρητο κεραμικό τούβλο ή 12 in τσιμεντόπλιθα)		
εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.24	.24
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.16	.17
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.12	.12
Πλινθοδομή (4 in εμφανές τούβλο, 4 in κοινό τούβλο)		
εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.28	.28
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.18	.19
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.13	.13
Πλινθοδομή (8 in μπετον ή 8 in πέτρα)		
εσωτερικό φινίρισμα:		
γυψοσανίδα (1/2 in) χωρίς μόνωση	.33	.34
γυψοσανίδα με επένδυση αλουμινίου (1/2 in) χωρίς μόνωση	.21	.21
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο (R-5) και 1/2 in γυψοσανίδα	.14	.14
Μεταλλική κατασκευή με εσωτερικό φινίρισμα βινυλίου, R-7	.14	.14
ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ		
πλαίσιο (γυψοσανίδα (1/2 in) μόνο στη μια πλευρά) χωρίς μόνωση	.55	.55
πλαίσιο (γυψοσανίδα (1/2 in) και στις δύο πλευρές) χωρίς μόνωση	.31	.31
R-11 μόνωση	.08	.08
Πλινθοδομή (4 in τσιμεντόπλιθα)		
χωρίς μόνωση, χωρίς φινίρισμα	.40	.40
χωρίς μόνωση, γυψοσανίδα (1/2 in) μόνο στη μια πλευρά	.26	.26
χωρίς μόνωση, γυψοσανίδα (1/2 in) και στις δύο πλευρές	.19	.19
1 in μόνωση πολυστερίνης σε φύλλο στη μια πλευρά και 1/2 in γυψοσανίδα	.13	.13
ΤΑΒΑΝΙΑ ΔΑΠΕΔΑ		
Asphalt tile floor 5/8 in κοντραπλακέ, 25/32 in ξύλινο υποπάτωμα		
Ροή θερμότητας προς τα επάνω	.23	.23
Ροή θερμότητας προς τα κάτω	.20	.19
Τσιμεντένιο		
Ροή θερμότητας προς τα επάνω	.34	.33
Ροή θερμότητας προς τα κάτω	.26	.25
ΟΡΟΦΕΣ		
μεταλικό πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.64	.86

1 in μόνωση (R-2.78)	.23	.25
2 in μόνωση (R-5.56)	.15	.16
1 in ξύλινο πάτωμα χωρίς μόνωση	.40	.48
1 in μόνωση (R-2.78)	.19	.21
2 in μόνωση (R-5.56)	.12	.13
2.5 in ξύλινο πάτωμα χωρίς μόνωση	.25	.26
1 in μόνωση (R-2.78)	.15	.16
2 in μόνωση (R-5.56)	.10	.11
4 in ξύλινο πάτωμα χωρίς μόνωση	.17	.18
1 in μόνωση (R-2.78)	.12	.12
2 in μόνωση (R-5.56)	.09	.09
ΣΤΕΓΕΣ-ΔΑΠΕΔΑ		
μεταλικό πάτωμα χωρίς μόνωση	.33	.40
1 in μόνωση (R-2.78)	.17	.19
2 in μόνωση (R-5.56)	.12	.13
1 in ξύλινο πάτωμα χωρίς μόνωση	.26	.29
1 in μόνωση (R-2.78)	.15	.16
2 in μόνωση (R-5.56)	.11	.11
2.5 in ξύλινο πάτωμα χωρίς μόνωση	.18	.20
1 in μόνωση (R-2.78)	.12	.13
2 in μόνωση (R-5.56)	.09	.10
4 in ξύλινο πάτωμα χωρίς μόνωση	.14	.15
1 in μόνωση (R-2.78)	.10	.10
2 in μόνωση (R-5.56)	.08	.08
4 in ελαφράς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.14	.15
6 in ελαφράς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.10	.11
8 in ελαφράς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα χωρίς μόνωση	.08	.09

2 in βαριάς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.32	.38
1 in μόνωση (R-2.78)	.17	.19
2 in μόνωση (R-5.56)	.11	.12
4 in βαριάς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.30	.36
1 in μόνωση (R-2.78)	.16	.18
2 in μόνωση (R-5.56)	.11	.12
6 in βαριάς κατασκευής τσιμεντένιο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.28	.33
1 in μόνωση (R-2.78)	.16	.17
2 in μόνωση (R-5.56)	.11	.12
ΣΚΕΠΗ ΟΡΟΦΗΣ (ξύλινο πλαίσιο με κεκλιμένη στέγη)		
χωρίς μόνωση	.28	.29
R-19 μόνωση (5 1/2 in - 6 1/2 in)	.05	.05
ΣΤΕΓΕΣ-ΣΟΦΙΤΕΣ-ΤΑΒΑΝΙΑ (σοφίτα με φυσικό αερισμό)		
χωρίς μόνωση	.15	.29
R-19 μόνωση(5 1/2 in-6 1/2 in)	.04	.05
ΔΑΠΕΔΑ		
δάπεδο πάνω από μη κλιματιζόμενο χώρο, χωρίς οροφή		
ξύλινο πλαίσιο		
χωρίς μόνωση	.33	.27
R-7 μόνωση(2 in-2 1/2 in)	.09	.08
τσιμεντένιο πάτωμα		
χωρίς μόνωση	.59	.43
R-7 μόνωση	.10	.09
ΘΥΡΕΣ		
συμπαγές ξύλο		
1 in πάχος	.61	.64
1 1/2 in πάχος	.47	.49
2 in πάχος	.42	.43
μεταλλικές		
1 1/2 in πάχος μεταλλικός πυρήνας	.58	.59
1 1/2 in πάχος πυρήνας πολυστερίνης	.46	.47
1 1/2 in πάχος πυρήνας αφρού ουρεθάνης	.39	.40

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΟΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ U ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΣΚΙΑΣΗΣ							
Προσανατολισμός παραθύρων	Β Πλάτος, σε μοίρες						
	25	30	35	40	45	50	55
A/Δ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
NA/NΔ	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9
N	10.1	5.4	3.6	2.6	2.0	1.7	1.4

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΣΚΙΑΣΗΣ

7.13 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Βήμα 1^ο : Κέρδος θερμότητας μέσω της δομής

Ο γενικός τύπος για τον υπολογισμό είναι:

$$Q = U \times A \times ETD$$

Όπου:

Q = κέρδος αισθητής θερμότητας, BTU/hr.

U = γενικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας, BTU/hr-ft² - F

A = εμβαδόν, ft²

ETD = ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας, F

Η ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας προσμετρά και τη συναγωγή και για την επίδραση της ακτινοβολίας. Τιμές της ETD παρατίθενται στον ΠΙΝΑΚΑ 1

^a Για τον Βόρειο τοίχο έχουμε:

$$Q = U \times A \times ETD \Leftrightarrow Q = 0.24 \times 68 \times 18.6 = 304 \text{ BTU}$$

^a Για τον Νότιο τοίχο έχουμε:

$$Q = U \times A \times ETD \Leftrightarrow Q = 0.24 \times 138 \times 18.6 = 616 \text{ BTU}$$

^a Για τον Ανατολικό έχουμε:

$$Q = U \times A \times ETD \Leftrightarrow Q = 0.24 \times 61 \times 18.6 = 272 \text{ BTU}$$

^a Για τον Δυτικό έχουμε:

$$Q = U \times A \times ETD \Leftrightarrow Q = 0.24 \times 68 \times 18.6 = 304 \text{ BTU}$$

Βήμα 2^ο :Κέρδος θερμότητας μέσω παραθύρων

Ο γενικός τύπος για τον υπολογισμό είναι:

$$Q = U \times CLF$$

Όπου:

Q = θερμικό κέρδος μέσω του παραθύρου, BTU/hr.

A = εμβαδόν του τζαμιού, ft²

CLF = παράγοντας ψυκτικού φορτίου, BTU/hr-ft²

^a Για το Νοτιά έχουμε:

$$Q = U \times CLF \Leftrightarrow Q = 2.6 \times 27 = 70.2 \text{ BTU/hr} \quad (\text{κουρτίνα})$$

$$Q = U \times CLF \Leftrightarrow Q = 19 \times 44 = 836 \text{ BTU/hr} \quad (\text{χωρίς σκίαση})$$

^a Για Ανατολικά έχουμε:

$$Q = U \times CLF \Leftrightarrow Q = 13,2 \times 52 = 686,4 \text{ BTU/hr} \quad (\text{κουρτίνα})$$

^a Για το Βορά έχουμε:

$$Q = U \times CLF \Leftrightarrow Q = 13,2 \times 19 = 250,8 \text{ BTU/hr} \quad (\text{κουρτίνα})$$

^a Για Δυτικά έχουμε:

$$Q = U \times CLF \Leftrightarrow Q = 2.6 \times 52 = 135,2 \text{ BTU/hr} \quad (\text{κουρτίνα})$$

Βήμα 3^ο: Άνθρωποι και συσκευές

Κουζίνα: Q=1200 BTU/hr

Άνθρωποι: 5 άτομα *225 $Q=1125$ BTU/hr

Βήμα 4^ο: Διείσδυση και εξαερισμός

Εξαερισμός $Q=360.8$ BTU/hr

Λόγω αγωγών οροφής $Q=612.8$ BTU/hr

Û Συνολικό φορτίο μαζί με λανθάνον $Q_{ολ}=8763$ BTU/hr

Βήμα 5^ο: Ψυκτικά φορτία δωματίου

Û Συνολικό φορτίο μαζί με λανθάνον $Q_{ολ}=1468,2$ BTU/hr

Ολοκληρώνοντας την μελέτη για την ψύξη παρατηρούμαι ότι το κυρίως δωμάτιο – καθιστικό έχει συνολικό φορτίο 8763 BTU/hr. Επαναλαμβάνοντας το βήματα 1,2,3,4 έχουμε σαν αποτέλεσμα και το συνολικό φορτίο για το υπνοδωμάτιο το όπιο ανέρχεται σε 1468,2 BTU/hr. Από τους υπολογισμούς μας συμπεραίνουμε ότι θα χρειαστούμε 2 μονάδες ψύξης (air condition) και συγκεκριμένα μια μονάδα 12000 BTU για το χώρο του καθιστικού και μια 9000 BTU για το υπνοδωμάτιο. Επιλέξαμε το air condition των 9000 BTU η οποία υπερκαλύπτει τις απώλειες, με κριτήριο ότι στο εμπόριο δεν κυκλοφορεί μονάδα με μικρότερη κάλυψη.

Ο υπολογισμός των φορτίων και ο σκοπός της μελέτης θέρμανσης ψύξης έγινε σε περίπτωση που ο ιδιώτης επιλέξει να τοποθετήσει μονάδες (air condition, καυστήρα) για την κάλυψη αυτών των φορτίων όπου σε αυτή την περίπτωση το σύστημα μας θα πρέπει να μπορέσει να αντεπεξέλθει στην αυξημένη ζήτηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΜΕΛΕΤΗ PV – ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

8.1 ΜΕΛΕΤΗ PV ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Εν συνεχεία για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τον χρόνο αυτοδυναμίας του οικίσκου θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τον Αληθή Ηλιακό Χρόνο (PSH).. Από το σύγγραμμα (Ηλιακή Μηχανική II) του καθηγητή κ Σωκράτη Καπλάνη, βλέπουμε ότι:

$$AHX = T\Omega X - 4 \frac{\text{min}}{\text{μοιρα}} \times (L_{st} - L_{loc}) + E$$

AHX= Αληθείς Ηλιακός Χρόνος

TΩX= Τοπικός Ωρολογιακός Χρόνος

L_{st}=Γεωγραφικό πλάτος

L_{loc}= Γεωγραφικό μήκος

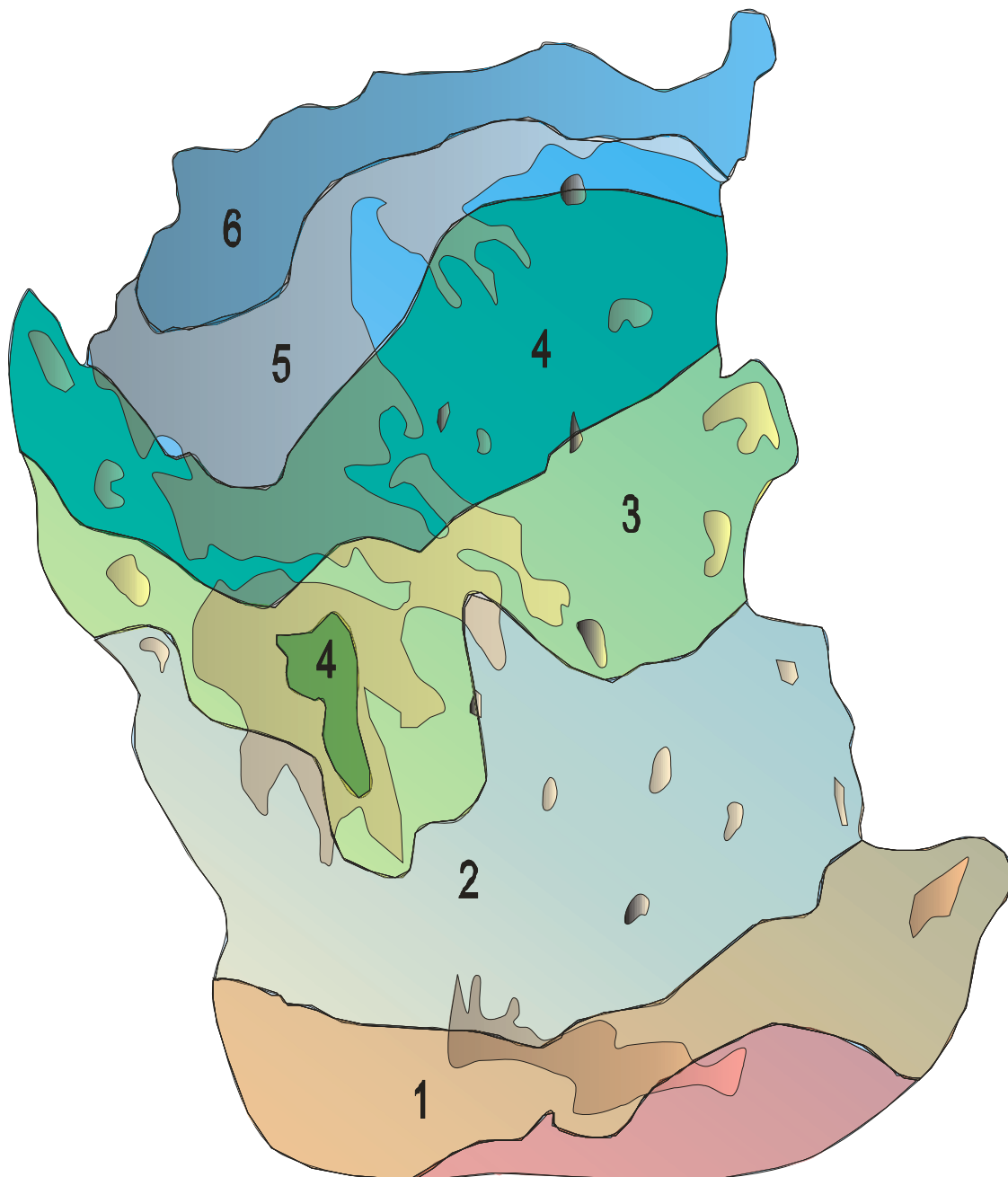
E= Εξίσωση του χρόνου

$$E = 0.0172 + 0.3278\cos B - 7.3456\sin B - 3.3468(\cos B)^2 - 9.3544(\sin B)^2$$

Όπου: $B = \frac{360(n-1)}{365}$

n= Είναι ο αύξον αριθμός των ημερών και για τον οποίο υπολογίζουμε το E

Από τα παραπάνω και γνωρίζοντας ότι η περιοχή της Ικαρίας υπάγεται στην 3^η κλιματική ζώνη της Ελλάδος τοποθετήσαμε τα PV-πλαίσια σε γωνία 40° στην οροφή του οικίσκου και με δεδομένα για την ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή της Ικαρίας από το **Μετεωρολογικό Σταθμό της Σάμου**. (ΕΙΚ 8.1)



ΕΙΚ 8.1: Κλιματικές ζώνες Ελλάδος

**ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ PV-ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ WH
ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗΝ ΙΚΑΡΙΑ**

Ø ΒΗΜΑ 1^ο:

Αρχικά υπολογίζουμε το φορτίο που θα πρέπει να καλύψει το PV-Σύστημα στην κατοικία μας. Το φορτίο υπολογίζεται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΣΧΥΣ (W)	ΜΕΣΟΣ ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (WH/DAY)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (WH/MO)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (WH/YR)
TV ΕΓΧΡΩΜΗ	150	4	600	18000	216000
TV ΕΓΧΡΩΜΗ	150	2	300	9000	108000
12 ΛΑΜΠΕΣ	360	4	1440	43200	518400
ΗΛΚ. ΚΟΥΖΙΝΑ	2000	2	4000	120000	1440000
Η/Υ	90	5	450	13500	162000
ΨΥΓΕΙΟ	150	8	1200	36000	432000
ΗΛΚ. ΣΙΔΕΡΟ	1100	1	1100	33000	396000
ΡΑΔΙΟ	180	1	180	5400	64800
ΑΠΟΡ/ΤΗΡΑΣ	360	1	360	10800	129600
ΗΛΚ. ΣΚΟΥΠΑ	2000	1	2000	60000	720000
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ	2200	1,5	3300	99000	1188000
VIDEO	30	2	60	1800	21600
AC 1	855	2	1710	51300	615600
AC 2	1380	4	5520	165600	1987200
ΛΟΙΠΕΣ ΣΥΣΚ.	250	4	1000	30000	360000
ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙ	350	2	700	21000	252000
ΣΥΝΟΛΟ	11605		23920	717600	8611200

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 :ΥΠΟΛΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΠΙΤΙΟΥ

Ø ΒΗΜΑ 2^ο

Για τη ζώνη 2 όπου ανήκει η Ικαρία λαμβάνουμε τα στατιστικά δεδομένα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, τη θερμοκρασία των τιμών του PSH από το βιβλίο του Σ.Ν. ΚΑΠΛΑΝΗ και για κλίση 40° τα οποία δίνονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 2

ΜΗΝΑΣ	R ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠ. (MJ/m ²)	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΙΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ kWh/m ²	PSH	Tα ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟ.ΠΕΡΙΒΑΛ. °C
Ι	1,59	31	230	3,27	3,27	11
Φ	1,36	28	274	3,69	3,69	12
Μ	1,17	31	418	4,38	4,38	13
Α	0,99	30	493	4,51	4,51	16
Μ	0,88	31	691	5,32	5,32	20
Ι	0,82	30	752	5,7	5,7	25
Ι	0,85	31	781	5,94	5,94	27
Α	0,95	31	713	6,17	6,17	27
Σ	1,11	30	536	5,5	5,5	24
Ο	1,33	31	382	4,7	4,7	20
Ν	1,58	30	270	3,95	3,95	16
Δ	1,64	31	198	2,9	2,9	13
ΕΤΗΣ.Μ.Ο			478	4,67	4,67	19

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Στατιστικά δεδομένα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, τη θερμοκρασία των τιμών του PSH

- Όπου R είναι ο συντελεστής μετατροπής της ακτινοβολίας σε κεκλιμένα επίπεδα (MJ/m²).
- Το I_t είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένα επίπεδα (MJ/m²)
- Μέση ημερήσια ακτινοβολία σε επίπεδα 40° (μοίρες) όπου προκύπτει από την σχέση: $R \times I_t / \text{αριθ. ημερ.} \times 3600$ (KWh/m²)
- PSH: Peak Solar Hours (Ισοδύναμος Αριθμός Ωρών)

Ø ΒΗΜΑ 3^ο: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΩΝ

Υποθέτουμε ότι το 40% των φορτίων καλύπτεται απευθείας από την PV-γεννήτρια ενώ το 60% θα καλυφτεί μέσω των συσσωρευτών.

Με βάση την υπόθεση έχουμε ως εξής:

^a Άμεση Κάλυψη: **$0,4 \times 12774 \text{ Wh} = 5110 \text{ Wh/days}$**

^a Από Συσσωρευτές: **$0,6 \times 12774 \text{ Wh} = 7664 \text{ Wh/days}$**

Ø ΒΗΜΑ 4^ο

Λαμβάνουμε κλίση των PV-στοιχείων ίση με 40° (μοίρες) και με νότιο προσανατολισμό.

Αυτό προκύπτει βάση υπολογισμού ο οποίος έχει ο εξής:

Πρώτα θα υπολογίσουμε την απόκλιση για συγκεκριμένη μέρα του έτους, έστω τις 10/12 όπου έχουμε μια από τις μικρότερες ακτινοβολίες του έτους.

Από τη γνωστή σχέση έχουμε: **$\delta = 23,45 \times \sin(360 \times 284 + n/365)$**

Όπου n είναι ο αύξοντος αριθμός ημερών και στην περίπτωση μας είναι 344 μέρες.

Άρα **$\delta = -23$**

Για να υπολογίσουμε την ζητούμενη κλίση του πλαισίου θα χρειαστούμε το **Γεωγραφικό πλάτος της Ικαρίας όπου είναι $\phi = 37,40^\circ$** (μοίρες).

Οπότε έχουμε: **$B = \phi - \delta = 37,40 - (-23) = 60^\circ$**

Θα υπολογίσουμε το δ για 15/7 όπου έχουμε την μεγαλύτερη ακτινοβολία του έτους οπότε: **$\delta = 23,45 \times \sin(360 \times 284 + 196/365) = 21,52$**

Άρα: **$B = 37,40 - 21,52 = 15,88 = 16$**

Οπότε η μέση τιμή της ελάχιστης και της μέγιστης κλίσης του πλαισίου είναι:

$60 + 16/2 = 38^\circ$ (μοίρες)

άρα θα έχουμε κλίση στα **$\phi/\beta 40^\circ$** (μοίρες).

Ø ΒΗΜΑ 5⁰: ΧΡΟΝΟΣ ΑΥΤΟΔΥΝΑΜΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Με βάση την μέση ετήσια τιμή του PSH=4,17 h για την περίοδο αυτοδυναμίας d θα έχουμε από την σχέση:

$$d_{cr} = -1.9 \times PSH + 18.3 = 8.4 \text{ days}$$

$$d_n - d_{cr} = -0.48 \times PSH + 4.58 = 2.1 \text{ days}$$

Ø ΒΗΜΑ 6⁰

Οι απώλειες προσδιορίζονται στο 5% στις καλωδιώσεις και 20% λόγω της απόδοσης των συσσωρευτών.

^a Άμεση Κάλυψη: $5110 \times 1,05 = 5365 \text{ Wh}$

^a Μέσω Συσσωρευτών: $7664 \times 1,25 = 9580 \text{ Wh}$
Σύνολο:=14945 Wh

Οπότε τα ενεργειακά φορτία που θα πρέπει να καλύψει η PV-γεννήτρια είναι 14945 Wh.

Ø ΒΗΜΑ 7⁰

Η αρχική εκτίμηση της ισχύος αιχμής της PV-γεννήτριας γίνεται ως εξής:

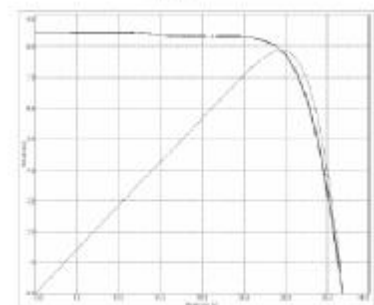
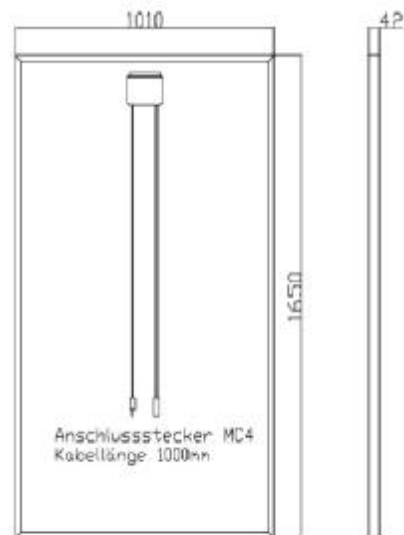
$$P_m = 14945 / PSH = 3200 \text{ Wp} \text{ Μέση Ετήσια Ισχύος Αιχμής.}$$

Ø ΒΗΜΑ 8⁰: ΕΠΙΛΟΓΗ PV-ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Τα PV-πλαίσια που χρησιμοποιήσαμε (ΕΙΚ 8.2) μαζί με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους. Τα χαρακτηριστικά που μας δίνει ο κατασκευαστής θα τα χρησιμοποιήσουμε στη Μελέτη μας.

Γενικά χαρακτηριστικά

Πλαίσιο	Γυαλι-Μεμβρανή - Laminat
Γυαλί	Σκληρυμένο Φ/Β γυαλί παχους 3,2 mm
Πλαστικοποίηση	EVA
Πισω επιφάνεια	PET – Δεσμη πολυμερης μεμβρανής
Κυψελές	60 (156 x 156 mm) μονοκρυσταλλικές κυψελές Κατά μήκος διακλαδωση 6 x 10 κυψελές
Κατηγορία ασφαλείας	IP 65, 3 παρακαμψεις - Διοδοί
Καλωδια συνδεσης	2 x 1,00 m, 4 mm ² , MC 4 ακροδεκτες
Πλαίσιο	Προφίλ ανοδιωμενου αλουμινιου
Υλικα στεγανοποίησης	Σιλικονη / Αυτοκόλλητη ταινία
Διαστάσεις	1.650 x 1.010 x 42 mm (ΥψοςxΠλάτοςxΠαχος)
Βαρος	19 kg
Μηχανική καταπόνηση πλαισίων	Φορτιο εως 5,4 kN / m ²



Θερμικές ιδιότητες

Θερμοκρασία περιβάλλοντος	- 45° C εως + 45° C
Θερμοκρασία λειτουργίας	- 45° C εως + 80° C
Συντελεστής θερμοκρασίας PN	- 0,48 % / K
TK UOC	- 0,37 % / K
TK ISC	0,03 % / K
NOCT	47° C

Άλλα μεγεθη

Συστημα	Μεγιστη τάση συστηματος 1.000 V
Τάση ανευ φορτιου	Μεγιστη εξωτερικη τάση < U _{oc}
Ρευμα βραχυκυκλωσης	Μεγιστη ασφαλεια I < 2 x I _{sc}
Ανοχη αποδοσης	Τεστ (Simulationstest) +/- 3 %
Βαθμος ασφαλειας πλαισιου	IP 65
Πιστοποίηση κατασκευής	IEC 61215 2nd ED, IEC 61730

Ηλεκτρική συμπεριφορά σε συνθήκες STC

STC: 1000 W / m², 25° C, AM 1,5

Ονομαστική ισχύ	P _{max}	220 Wp	225 Wp	230 Wp	235 Wp	240 Wp
Ονομαστική τάση	U _{mp}	29,15 V	29,52 V	29,66 V	29,70 V	29,66 V
Ονομαστικό ρεύμα	I _{mp}	7,60 A	7,70 A	7,79 A	7,97 A	8,08 A
Τάση ανευ φορτιου	U _{OC}	36,10 V	36,35 V	36,60 V	36,99 V	37,20 V
Ρεύμα βραχυκυκλώσης	I _{SC}	8,27 A	8,36 A	8,46 A	8,53 A	8,62 A
Βαθμος αποδοσης		13,2%	13,5%	13,8%	14,1%	14,4%

Η μείωση της αποδοσης του πλαισιου μπορεί να φθάσει σε επιμερους επιβάρυνση στους 25° C και σε ακτινοβολία 200 W / m², στους 55% (+/- 3%) του STC βαθμου αποδοσης (1.000 W / m²).

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σε συνθήκες NOCT

NOCT: 800 W / m², 47° C, AM 1,5

Ονομαστική ισχύ	P _{max}	161,80 W	165,60 W	169,20 W	171,40 W	173,80 W
Ονομαστική τάση	U _{mp}	26,30 V	25,43 V	26,72 V	26,90 V	27,05 V
Ονομαστικό ρεύμα	I _{mp}	6,17 A	6,26 A	6,34 A	6,39 A	6,44 A
Τάση ανευ φορτιου	U _{OC}	33,54 V	33,72 V	33,80 V	34,00 V	34,30 V
Ρεύμα βραχυκυκλώσης	I _{SC}	6,55 A	6,71 A	6,82 A	6,94 A	7,08 A



SOLARMODUL

ASM mono 2 - 6

220 W_p

225 W_p

230 W_p

235 W_p

240 W_p

Made in Germany



Τα Φ/Β πλαίσια της **ALGATEC** κατασκευάζονται εξ' ολοκλήρου στη Γερμανία .
Η επεκταμένη αυτοματοποίηση σε όλα τα στάδια της παραγωγής εξασφαλίζει παντοτε υψηλή και σταθερή ποιότητα των προϊόντων μας.
Η καλή επιλογή των υλικών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή, προσδίδουν στα πλαίσια (Solarmodule) της **ALGATEC** μακρά διάρκεια χρήσης και εγγύηση για υψηλές αποδόσεις .

Ειδικά πλεονεκτήματα της σειράς :

- Χρήση ποιοτικών κυψελών της εταιρίας **Sunways AG**
- Εγγύηση αποδοσης μετά την αποδοχή της κλάσης, 0 έως + 5 W_p
- Έλεγχος και μετρήσεις των παραμέτρων σε κάθε πλαίσιο ξεχωριστά
- Μεγάλη στιβαρότητα & ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες , χάρη στο ανοδιωμένο πλαίσιο αλουμινίου
- Πλαίσιο με κανάλια οδηγούς & οπές για την διαφυγή νερού
- Η UV- προστασία του γυαλιού εγγυάται για μέγιστη διάρκεια χρήσης
- Το κουτί διασύνδεσης στο πίσω μέρος είναι με στανταρ διόδους By-pass
- Ακροδέκτες MC 4 πολλαπλής προσαρμοστικότητας,επαφής & διαπολικότητας
- Εξασφάλιση της ποιότητας μέσω διαρκών ελεγχών στην παραγωγή (Πιστοποίηση : DIN EN ISO 9001 – 2008)
- 10 χρόνια εγγύηση κατασκευαστή *
- 10 χρόνια εγγύηση για το 90 % της αποδοσης *
- 25 χρόνια εγγύηση για το 80 % της αποδοσης *

* Βάσει του ισχυόντος αποδεικτικού εγγύησης της ALGATEC Solar AG

ΕΙΚ.8.2: Τα PV-πλαίσια που χρησιμοποιήσαμε μαζί με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους

Ø ΒΗΜΑ 9^ο: ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΛΟΓΩ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Για τα PV-πλαίσια που επιλέξαμε το **NOCT 47 °C**

Οπότε η θερμοκρασιακή λειτουργία T_c δίνεται από τη σχέση:

$$T_c = T_a + \frac{NOCT - 20}{0.8 \text{ kW/m}^2} \times I_t(\text{kW/m}^2) \Rightarrow T_c = T_a + 34 \text{ °C}$$

Η θερμοκρασία T_a είναι η μέση θερμοκρασία της ημέρας και δίνεται από πίνακα. Έστω για τον Ιούλιο πως έχουμε $(T_a)_{Au}=19 \text{ °C}$ τότε $(T_c)_{Au}=53 \text{ °C}$

Για αυτή τη θερμοκρασία θα υπολογίσουμε τα I_{sc} , V_{oc} , FF και την ισχύ P στις νέες συνθήκες.

1) Το I_{sc} δεν επηρεάζεται από την θερμοκρασία και παραμένει σταθερό 8,27 A.

2) Το V_{oc} γίνεται: $V_{oc} = 37,20 - 60 \times 0.0023 \times (53 - 25) = 33,34 \text{ V}$

3) Το FF γίνεται: $FF = \frac{8.08 \times 29.86}{8.62 \times 37.20} = 0.752$

Οπότε η ισχύς γίνεται: $P_m = 80.62 \times 33.34 \times 0.752 = 216.11 \text{ Wp}$

Παρατηρούμε ότι η απόδοση πέφτει από **240 Wp** σε **216,11 Wp** λόγω θερμοκρασίας.

Ø ΒΗΜΑ 10^ο

Με βάση τη νέα αποδιδόμενη ισχύ (216,11 Wp) θα βρούμε τον αριθμό των PV-πλαισίων του τύπου που επιλέξαμε.

$$N_{pv} = \frac{3200}{216,11} = 15 \text{ PV} - \text{πλαίσια}$$

Στην περίπτωση που δεν λαμβάναμε υπόψη την θερμοκρασία θα είχαμε 14 PV-πλαίσια.

Για $V_s=120$ volts ο αριθμός PV-πλαισίων εν σειρά θα είναι: $(N_p,s)_{120v}=120/29,86=4$
Άρα $N_{pv}/(N_p)p=15/4=4$ σειρές

Οπότε θα έχουμε 4 σειρές PV-πλαισίων εν παράλληλω και η κάθε μια θα έχει 4 PV-πλαίσια εκτός από δυο που θα έχουν 3 PV-πλαίσια.

Άρα έχουμε $15 \times 241,12 = 3616,8$ σε κάθε σύγκριση με τα 2947,7 Wp μέση ετήσια ισχύ αιχμής και την καλύπτουμε.

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ Ah

Τα βήματα 1,2,3,4,5 και 6 είναι ίδια με τα προηγούμενα οπότε θα έχουμε:

Ø ΒΗΜΑ 7⁰

Η ισχύς από την PV-γεννήτρια έχουμε δεχτεί ότι θα αποδίδεται υπό τάση 120 V.

Οπότε το σύστημα θα αποδίδει ημερησίως: $\frac{12774}{120} = 106,45 \text{ Ah/days}$

Με βάση τις υποκατηγορίες των φορτίων όπως αναλύσαμε στο βήμα 3 έχουμε αναλυτικά τα ακόλουθα Ah ανά κατηγορία:

^a Άμεση Κάλυψη: $5110/120=42,58 \text{ Ah/days}$

^a Από Συσσωρευτές: $7664/120=63,86 \text{ Ah/days}$

Σύνολο=106,44 Ah/days

Ø ΒΗΜΑ 8⁰: ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΣΤΙΣ ΤΙΜΕΣ Ah ΛΟΓΩ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ PV-ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Οι απώλειες θεωρούνται ίδιες όπως και προηγουμένως με την μέθοδο των Wh εκτός των συσσωρευτών όπου στην προκειμένη περίπτωση η απόδοση των συσσωρευτών σε Ah ήτοι (Ah) εισόδου, θεωρείται 100% φορτία που καλύπτονται απευθείας : $42,50 \text{ Ah} * 1,05 = 44,7 \text{ Ah}$ και φορτία που καλύπτονται μέσω συσσωρευτών: $63,88 \text{ Ah} * 1,05 = 67,05 \text{ Ah}$. Σύνολο=111,75 Ah/days

Ø ΒΗΜΑ 9⁰: ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΘΑ ΑΠΟΔΙΔΕΙ Η PV-ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Η μέση ετήσια ένταση ρεύματος θα είναι: $i_{pv} = \frac{111,75}{4,67} = 23,9 \text{ A}$

Ø ΒΗΜΑ 10⁰: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ $N_{p,p}$, $N_{p,s}$ ΚΑΙ N_p

Ο αριθμός των παραλλήλων σειρών PV-πλαισίων δίνεται από το λόγω της μέσης ετήσιας τιμής i_{pv} που θα δίνει η PV-γεννήτρια στην περίπτωση μας **23.9 A**

προς το ρεύμα i_m , που για τον τύπο των PV-πλαισίων που επιλέξαμε, είναι ίσο με $i_m=8,08$ A.

$$\text{Επομένως: } N_p = \frac{23.9}{8.08} = 2.95$$

Άρα έχουμε: $N_p=3$

Επομένως έχουμε:

$$P_m = i_m \times V_m \Rightarrow V_m = \frac{P_m}{i_m} = \frac{216.11}{26.7} = 8$$

Άρα **N=16 PV-πλαίσια**

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Ø ΒΗΜΑ 1⁰:

Επειδή τα φορτία μας τα θεωρούμε μη-κρίσιμα και καθώς θα ενσωματώσουμε συμπληρωματική συμβατική πηγή ενέργειας στο σύστημα, το σύστημα των συσσωρευτών που θα χρησιμοποιηθεί έχει τόση χωρητικότητα ώστε να δίνει ενεργειακή αυτοδυναμία 3 ημερών. Άρα: **d=3 ημέρες.**

Ø ΒΗΜΑ 2⁰: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΓΙΑ d=3 ΗΜΕΡΕΣ

a) Μέθοδος Wh

Το πρόβλημα καθώς υπολογίσαμε απαιτεί κάλυψη ημερήσιου φορτίου ενέργειας 12774 Wh/day το οποίο θα μεταφέρεται υπό τάση 120 Volts.

$$\text{Επομένως: } \frac{12774 \text{ Wh/days} \times 3 \text{ days}}{120 \text{ Volts}} = 319.35 \text{ Ah}$$

b) Μέθοδος Ah

Όπως είδαμε στο βήμα 7⁰ της μεθόδου των Ah, τα Ah ανά ημέρα που θα αποδοθούν στους καταναλωτές/φορτία ή στην αποθήκη/συσσωρευτές είναι ίσα με **106,44 Ah.**

Επομένως για 3 ημέρες θα έχουμε: $52,08 \frac{\text{Ah}}{\text{day}} \times 3 \text{ days} = 319,32 \text{ Ah}$

Παρατηρούμε ότι και με τις δυο μεθόδους οι τιμές είναι περίπου ίδιες.

Ø **ΒΗΜΑ 3⁰**:

Έχουμε 4 σειρές PV-πλαισίων εν παραλλήλω οπότε:

$$i = i_m \times 4 = 8,08 \times 4 = 33,32 \text{ A}$$

Για να δούμε αν η PV-γεννήτρια φορτίζει τους συσσωρευτές σε λιγότερο από 10 h που είναι η κανονική περίοδος φόρτισης του συσσωρευτή θα πρέπει να δώσει τιμή Ah υψηλότερη αυτής που δίνει η σχέση

$$C_r = \frac{C(\text{Ah/day})}{f_{b,T} \times f_{b,ch} \times \text{DOC}}$$

$$\text{Επομένως: } (i_{ch} \times 10\text{h})\text{Ah} = 33,32 \times 10 = 333,2 \text{ Ah}$$

Διορθωμένη χωρητικότητα του συσσωρευτή υπολογίζεται από την παραπάνω σχέση.

Επομένως:

$$C_r = \frac{C(\text{Ah/day})}{f_{b,T} \times f_{b,ch} \times \text{DOC}} = \frac{106,1 \times 3}{1 \times 1 \times 0,8} = 399,15 \text{ Ah}$$

Άρα η τιμή **C_v** θα είναι **319,15 Ah** με την προϋπόθεση ότι **f_{b,cd}=1** δηλαδή, ότι ο ρυθμός φόρτισης δεν υπερβαίνει αυτόν που συνιστά ο κατασκευαστής.

Τέλος επειδή **C_r > i_{ch} × 10 = 333,2 Ah** δεχόμαστε ότι η χωρητικότητα του συσσωρευτή είναι **399,15 Ah**.

Ο συσσωρευτής που θα χρησιμοποιήσουμε παρουσιάζεται παρακάτω όπως και ο μετατροπέας (inverter). [(ΕΙΚ. 8.3) και (ΕΙΚ. 8.4)]

Ø **ΒΗΜΑ 4⁰**:

Η διαστασιολόγηση των συσσωρευτών θα γίνει ως εξής:

10 συσσωρευτές αυτού του τύπου εν σειρά (12 Volts×10=120 Volts) για φόρτιση/εκφόρτιση μέσω αντιστροφέα DC/AC.

Επίσης, με 2 συσσωρευτές εν παραλλήλω επιτυγχάνουμε συνολική χωρητικότητα $2 \times 200\text{Ah} = 400\text{Ah}$ που ακριβώς υπερκαλύπτει τα $333,2\text{ Ah}$.

AURORA 200AH-12V



ΕΙΚ 8.3: ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ (ΜΠΑΤΑΡΙΑ)

Fronius IG Plus

Η νέα γενιά συνδεδεμένων με το δίκτυο φωτοβολταϊκών μετατροπέων

Ο στόχος ήταν από την αρχή ξεκάθαρος: Να εκμεταλλευτούμε στο έπακρο και την τελευταία ακτίνα του ήλιου. Και σ' αυτό δεν συντελεί μόνο το ύψος της μέγιστης απόδοσης. Αυτό που παίζει το σημαντικότερο ρόλο είναι ο έξυπνος συνδυασμός διαφόρων παραγόντων: Όπως για παράδειγμα η επίτευξη ομοιόμορφης απόδοσης χάρη στο μεγάλο εύρος τάσης εισόδου ή η γρήγορη και ακριβής αντίδραση ακόμα και σε ανεπαίσθητες μεταβολές των καιρικών συνθηκών. Καθώς και η αξιόπιστη και αδιάκοπη λειτουργία. Όλα αυτά τα στοιχεία συνδυάζονται στη νέα γενιά μετατροπέων Fronius IG Plus. Με κατηγορίες ισχύος της τάξης των 3,5 έως 12 kVA. Για μέγιστη απόδοση. Σε όλες τις καιρικές συνθήκες.



Τεχνικά χαρακτηριστικά Fronius IG Plus 35 V / 50 V / 70 V / 100 V / 120 V / 150 V

Είναι αυτονόητο ότι όλες οι συσκευές Fronius IG Plus φέρουν τη σήμανση **CE** και συμμορφώνονται προς όλες τις απαραίτητες οδηγίες και τα πρότυπα που έχουν εφαρμογή σε κάθε τόπο. Περαιτέρω πληροφορίες και πιστοποιήσεις, καθώς και λεπτομέρειες για την ανάλυση και τον έλεγχο της εγκατάστασης με τη βοήθεια του συστήματος Fronius DATCOM, θα βρείτε στην ιστοσελίδα www.fronius.com.

Στοιχεία βάσει EN 50524:2008

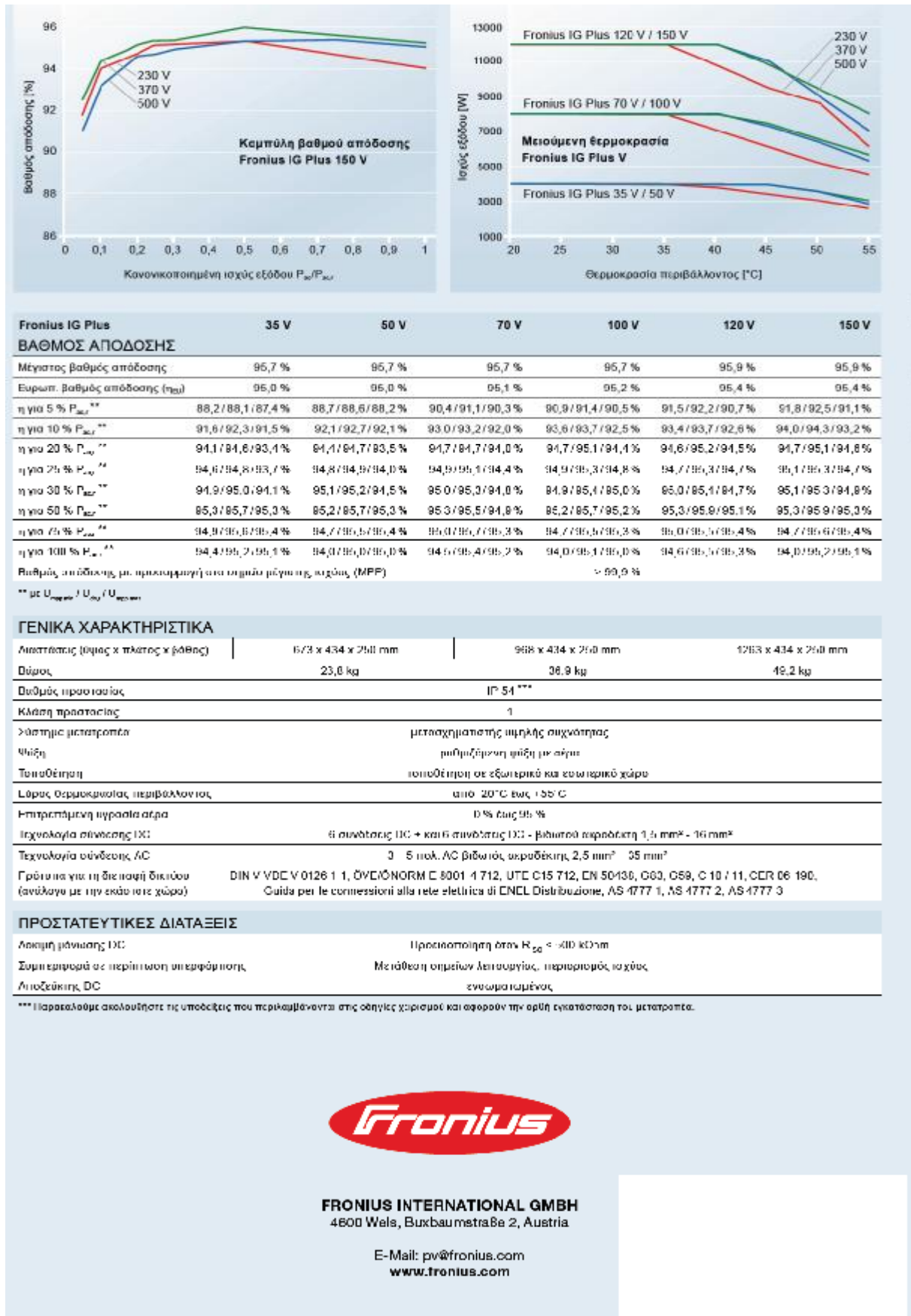
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	Fronius IG Plus 35 V	50 V	70 V	100 V	120 V	150 V
Μέγιστη ισχύς DC	3710 W	4260 W	6880 W	8520 W	10590 W	12770 W
Μέγιστο ρεύμα εισόδου (I_{DCmax})	16,1 A	18,5 A	29,9 A	37,0 A	46,0 A	55,5 A
Ελάχιστη τάση εισόδου (U_{DCmin})	230 V					
Αρχική τροφοδοτούμενη τάση ($U_{DCstart}$)	260 V					
Ονομαστική τάση εισόδου (U_{DC})	370 V					
Μέγιστη τάση εισόδου (U_{DCmax})	500 V					
Εύρος τάσης σημείου μέγιστης ισχύος (MPPT) ($U_{MPPTmin} - U_{MPPTmax}$)	230 - 500 V					

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

Ονομαστική ισχύς AC (P_{AC})	3500 VA	4000 VA	6500 VA	8000 VA	10000 VA	12000 VA
Μέγιστη ισχύς εξόδου	3500 VA	4000 VA	6500 VA	8000 VA	10000 VA	12000 VA
Μέγιστο ρεύμα εξόδου (I_{ACmax})	15,2 A	17,4 A	14,1 A (28,3 A)*	17,4 A (34,8 A)*	14,5 A	17,4 A
Ηλεκτρική σύνδεση	1~NPE 230 V		2~NPE 400 V / 230 V (1~NPE 230 V)		3~NPE 400 V / 230 V	
Ελάχιστη τάση εξόδου (U_{ACmin})	190 V					
Μέγιστη τάση εξόδου (U_{ACmax})	270 V					
Συχνότητα (f)	50 Hz / 60 Hz					
Εύρος συχνότητας ($f_{min} - f_{max}$)	45 Hz - 65 Hz					
Συντελεστής παραμόρφωσης	< 3 %					
Συντελεστής απόδοσης (συν φ_{max})	0,85 - 1 ind./cap.					
Μικτή κατανάλωση	< 1 W					

* μονοφασικό (προσρ.)





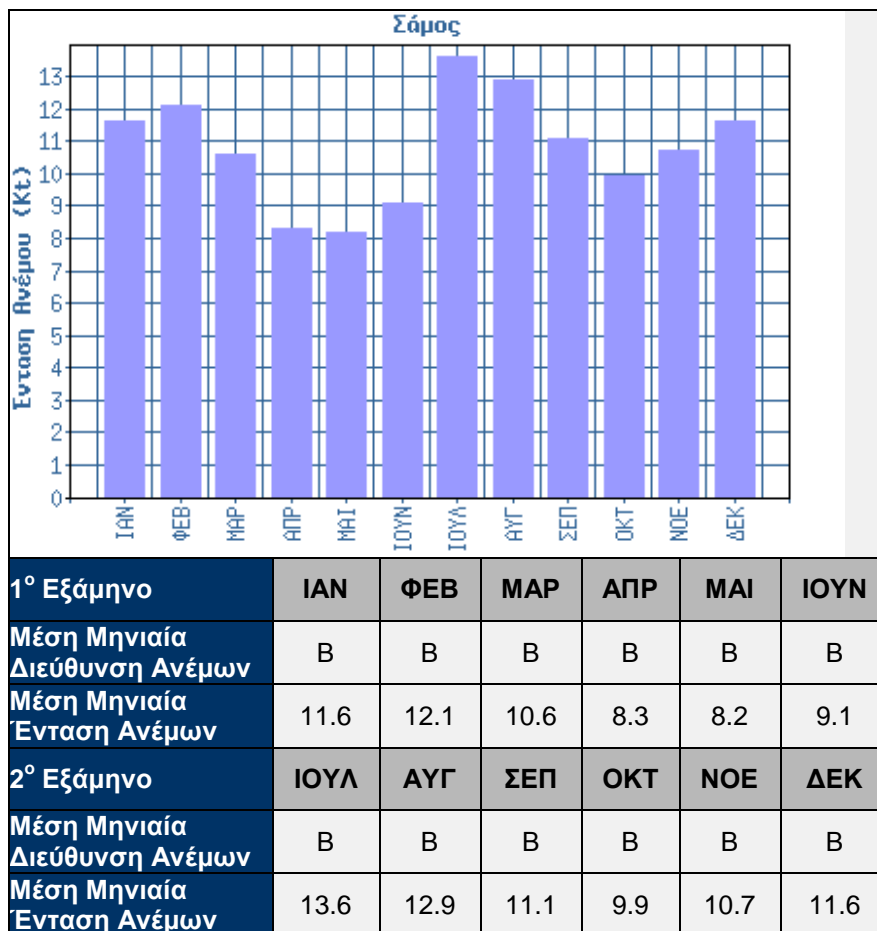
ΕΙΚ 8.4.: INVERTER ΚΑΙ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ

8.2 ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

ο τύπος για τον υπολογισμό ισχύς που παράγει η ανεμογεννήτρια είναι :

$$P = 1/2 * C_p * h_1 * h_2 * \rho * s * U^3$$

Τα $h_{ηλ}$ και $h_{μηχ}$ είναι το ηλεκτρικό και το μηχανικό αντίστοιχα τα οποία βρίσκονται στον (ΠΙΑΝΑΚΑΣ 2) Αναλυτικότερα παρατηρώντας τον (ΠΙΝΑΚΑ 1) με την ένταση ανέμου από την νήσο Σάμου (διότι η Ικαρία δεν διαθέτει μετεωρολογικό σταθμό) έχουμε αναλυτικά τον μηνιαίο άνεμο κάτι το οποίο το αντιστοιχούμε στον τύπο στην τιμή του U. Τέλος ξέροντας την διάμετρο της ανεμογεννήτριας έχουμε όλα τα δεδομένα και βρίσκουμε την παραγωγή της σε μηνιαία βάση όπως φαίνεται και από τους υπολογισμούς μας παρακάτω.



ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΝΗΣΟ ΣΑΜΟ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ $P=1/2*0,4*0,7*0,75*1,29*3,8*(11,6)^3= 803 \text{ watt/h}$

Για τη μηνιαία απόδοση της ανεμογεννήτριας έχουμε :

$803 \text{ watt} * 24 \text{ h} * 30 \text{ d} = 578 \text{ kw/M}$

Οπότε για του υπόλοιπους μήνες θα έχουμε:

- ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ P = 911 watt/h
- ΜΑΡΤΙΟΣ P = 613 watt/h
- ΑΠΡΙΛΙΟΣ P = 294 watt/h
- ΜΑΪΟΣ P = 284 watt/ h
- ΙΟΥΝΙΟΣ P = 388 watt /h
- ΙΟΥΛΙΟΣ P = 1294 watt/ h
- ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ P = 1105 watt/ h
- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ P = 704 watt/ h
- ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ P = 499 watt/ h
- ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ P = 666 watt /h
- ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ P = 803 watt/ h

ΜΗΝΕΣ	Cp	η(ηλεκ)	η(μηχα)	ρ	s(m ²)	P(kw)/h	P(kw)/M
ΙΑΝ.	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.803	578
ΦΕΒ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.911	656
ΜΑΡ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.613	441
ΑΠΡ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.294	212
ΜΑΪ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.284	204
ΙΟΥΝ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.388	279
ΙΟΥΛ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	1.294	932
ΑΥΓ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	1.105	796
ΣΕΠΤ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.704	506
ΟΚΤ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.499	359
ΝΟΕ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.666	479
ΔΕΚ	0,4	0,7	0,75	1,29	3,8	0.803	578
ΣΥΝΟΛΟ							6028

ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Παρατηρούμε ότι η παραγωγή της ανεμογεννήτριας που επιλέξαμε είναι ικανοποιητική και μας καλύπτει. Συγκεκριμένα η ετήσια παραγωγή της ανεμογεννήτριας ανέρχεται σε 6028 KW και σε συνδυασμό με την ετήσια παραγωγή τω ΦΒ η οποία ανέρχεται σε 3616.8 KW παρατηρούμε ότι μας καλύπτει την ετήσια ζήτηση της οικία μας η οποία ανέρχεται σε 8611,2 KW. Η ανεμογεννήτρια που θα χρησιμοποιήσουμε παρατίθεται στην (ΕΙΚ. 8.5) μαζί με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή όπου θα χρησιμοποιήσουμε στην μελέτη μας.

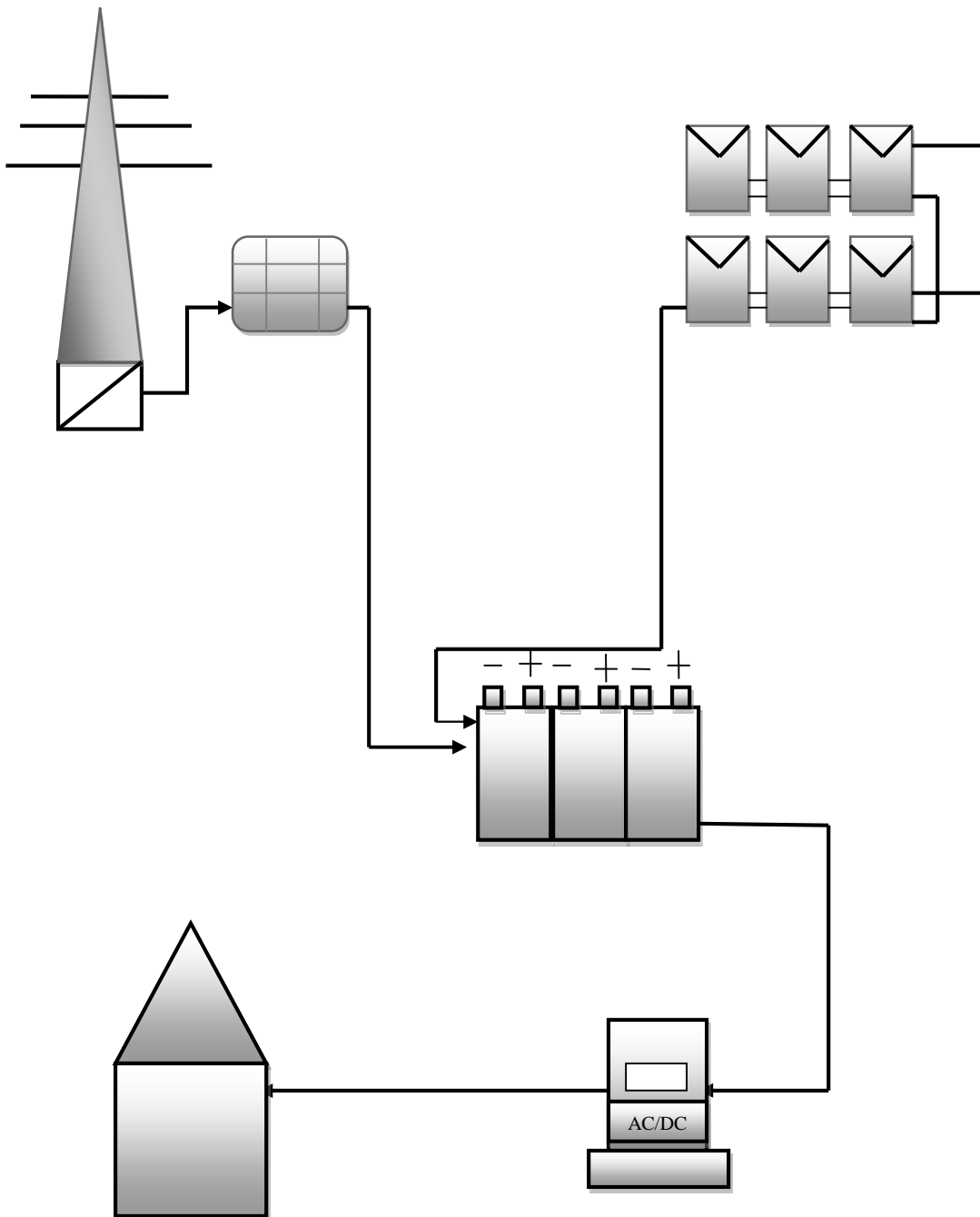
BSL YZ L1000W /H 1000 Watt



Τεχνικά Χαρακτηριστικά		Ταχύτητα Ανέμου(m/s)	Θόρυβος (db)
Ονομαστική Ισχύς	850 Watts at (9m/s)	3	23,3
Διάμετρος πτερυγίων	2,2m	4	24,8
Ονομαστική Τάση	48VDC	5	30,9
Βάρος	54 kg	6	36,9
Διαστάσεις	43x24x24 cm	7	42,2
Ταχύτητα ανέμουεκκίνησης	2 m/s	8	49
Ονομαστική ταχύτητα ανέμου	9m/s	9	53,4
Ταχύτητα ανέμουασφαλείας	16m/s	10	62,4
Ονομαστικές στροφές	400 r/m	11	64
Υλικό πτερυγίων	Υαλονήματα	12	70,7
Αριθμός πτερυγίων	3		
Προστασία	Φρενάρισμα από την ουρά	Μποφόρ	m/s
Ύψος ιστού	5 m	1	0,3-1,5
Διάμετρος ιστού	100 mm	6	10,8-13,8
Θόρυβος	53,4db	2	1,6-3,3
Κιλοβαττώρες / έτος	1497kWh @ (5,5 m/s)	7	13,9-17,1
Κιλοβαττώρες / ημέρα	4.21kWh @ (5,5 m/s)	3	3,4-5,4
Εγγύηση	2 χρόνια	8	17,2-20,7
		4	5,5-7,9
		9	20,8-24,4
		5	8-10,7
		10	24,5-28,4

ΕΙΚ. 8.5: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

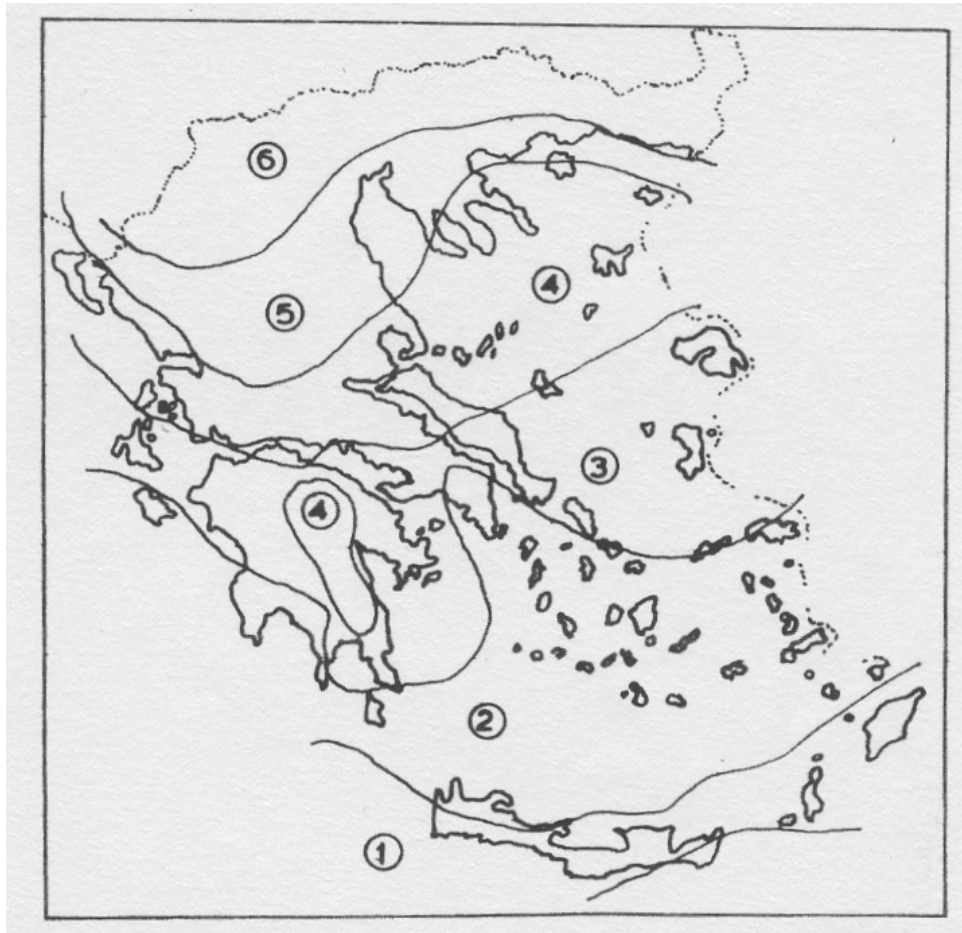
Ø Στην ΕΙΚ.8.6 έχουμε την απεικόνιση σε σκαρίφημα της συνδεσμολογίας του υβριδικού συστήματος.



ΕΙΚ.8.6: ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Χωρισμός της χώρας σε κλιματολογικές ζώνες



ΠΙΝΑΚΑΣ Ι: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΟΛΕΩΝ ΣΕ ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

1	2	3	4	5	6
Ηράκλειο Ιεράπετρα Ρόδος Σητεία Χανιά	Αθήνα Καλαμάτα Νάξος Σάμος Σύρος	Αργοστόλι Κόρινθος Μυτιλήνη Πάτρα Χίος	Άρτα Κέρκυρα Λαμία Λήμνος	Θεσσαλονίκη Καβάλα Κατερίνη Λάρισα	Ιωάννινα Κομοτηνή Κόνιτσα Σέρρες

ΠΙΝΑΚΑΣ II: ΟΛΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΑ ΜΗΝΑ (MJ/m²)

ΖΩΝΗ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	Ο	N	Δ	Μ.Ο.	ΣΥΝΟΛΟ
1	230	277	439	558	706	770	817	760	598	421	284	220	507	6080
2	230	274	418	493	691	752	781	713	536	382	270	198	478	5738
3	220	259	400	493	684	745	781	713	526	367	241	187	468	5616
4	194	234	371	493	644	724	781	695	504	349	220	173	449	5384
5	169	223	360	493	644	680	727	670	486	328	220	162	430	5162
6	169	216	349	468	612	666	706	641	464	313	202	162	414	4968

ΠΙΝΑΚΑΣ III: ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ 24 ΩΡΟΥ (°C)

ΖΩΝΗ	1	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	Ο	N	Δ	Μ.Ο.
1	13	13	15	17	21	26	28	28	25	22	18	15	20
2	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
3	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
4	8	9	11	16	20	25	27	27	23	18	14	9	17
5	5	7	10	14	20	24	27	27	23	17	12	7	16
6	4	6	9	15	20	24	27	24	22	16	11	6	15

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Η ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο, H_T , για ένα μήνα ή για μια εβδομάδα ή μια ημέρα υπολογίζεται από την αντίστοιχη τιμή στο οριζόντιο, βλ. Πίνακας II, Παράρτημα V, και από τον συντελεστή \bar{R} σύμφωνα με την σχέση:

$$H_T = \bar{R} \times \bar{H}$$

ΜΕΣΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ \bar{R}

(α) ΖΩΝΗ 1										
Κλίση β \ Μήνας	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.18	1.33	1.46	1.55	1.60	1.61	1.59	1.52	1.42
Φ	1.00	1.12	1.22	1.30	1.34	1.35	1.34	1.29	1.21	1.10
Μ	1.00	1.07	1.13	1.16	1.16	1.14	1.09	1.01	0.92	0.80
Α	1.00	1.03	1.04	1.02	0.99	0.93	0.85	0.76	0.65	0.53
Μ	1.00	0.99	0.97	0.93	0.87	0.79	0.70	0.60	0.49	0.38
Ι	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.73	0.64	0.53	0.42	0.32
Ι	1.00	0.98	0.95	0.90	0.84	0.75	0.66	0.55	0.44	0.33
Α	1.00	1.01	1.01	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.57	0.45
Σ	1.00	1.06	1.11	1.13	1.12	1.08	1.02	0.93	0.82	0.70
Ο	1.00	1.12	1.22	1.30	1.34	1.34	1.32	1.26	1.17	1.06
Ν	1.00	1.18	1.34	1.47	1.56	1.62	1.63	1.60	1.53	1.42
Δ	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56

(β) ΖΩΝΗ 2										
Κλίση β \ Μήνας	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.19	1.36	1.49	1.59	1.65	1.67	1.65	1.59	1.49
Φ	1.00	1.13	1.24	1.32	1.36	1.38	1.37	1.32	1.24	1.13
Μ	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.14	1.10	1.02	0.93	0.81
Α	1.00	1.03	1.03	1.02	0.99	0.93	0.86	0.77	0.66	0.55
Μ	1.00	0.99	0.97	0.93	0.88	0.80	0.71	0.61	0.51	0.40
Ι	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.74	0.65	0.54	0.44	0.33
Ι	1.00	0.99	0.96	0.91	0.85	0.77	0.67	0.57	0.46	0.35
Α	1.00	1.02	1.01	0.99	0.95	0.88	0.80	0.70	0.58	0.46
Σ	1.00	1.06	1.11	1.12	1.11	1.08	1.02	0.93	0.83	0.71
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.06
Ν	1.00	1.19	1.35	1.49	1.58	1.64	1.66	1.63	1.56	1.46
Δ	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56

(γ) ΖΩΝΗ 3										
Κλίση \ β	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Μήνας										
Ι	1.00	1.20	1.37	1.51	1.62	1.69	1.71	1.69	1.63	1.53
Φ	1.00	1.13	1.24	1.32	1.37	1.39	1.38	1.33	1.25	1.15
Μ	1.00	1.08	1.13	1.17	1.17	1.15	1.11	1.03	0.94	0.83
Α	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56
Μ	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.72	0.62	0.52	0.41
Ι	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.55	0.45	0.34
Ι	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
Α	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
Σ	1.00	1.07	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.95	0.85	0.72
Ο	1.00	1.12	1.23	1.30	1.35	1.36	1.33	1.28	1.20	1.08
Ν	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.62	1.56	1.45
Δ	1.00	1.21	1.39	1.55	1.66	1.74	1.77	1.76	1.70	1.60

(δ) ΖΩΝΗ 4										
Κλίση \ β	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Μήνας										
Ι	1.00	1.18	1.33	1.46	1.55	1.61	1.62	1.60	1.54	1.44
Φ	1.00	1.12	1.22	1.29	1.34	1.35	1.33	1.28	1.21	1.11
Μ	1.00	1.07	1.13	1.15	1.16	1.14	1.09	1.02	0.93	0.82
Α	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56
Μ	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.73	0.63	0.52	0.41
Ι	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.56	0.45	0.35
Ι	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
Α	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
Σ	1.00	1.06	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.94	0.84	0.72
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.07
Ν	1.00	1.17	1.32	1.44	1.53	1.58	1.59	1.57	1.50	1.40
Δ	1.00	1.19	1.37	1.51	1.61	1.68	1.71	1.69	1.64	1.54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΜΕΛΕΤΗ PV – ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Κλίση β	Μήνας										
	0°	10°	20°	30	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
Ι	1.00	1.17	1.32	1.44	1.52	1.57	1.59	1.56	1.50	1.41	
Φ	1.00	1.12	1.22	1.30	1.35	1.36	1.35	1.30	1.22	1.12	
Μ	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.15	1.10	1.03	0.94	0.83	
Α	1.00	1.03	1.04	1.03	1.00	0.95	0.88	0.79	0.69	0.57	
Μ	1.00	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.73	0.64	0.53	0.42	
Ι	1.00	0.98	0.95	0.91	0.84	0.76	0.67	0.57	0.47	0.37	
Ι	1.00	0.99	0.96	0.92	0.86	0.78	0.69	0.59	0.49	0.38	
Α	1.00	1.02	1.02	1.00	0.96	0.90	0.82	0.72	0.61	0.49	
Σ	1.00	1.07	1.11	1.13	1.13	1.09	1.04	0.96	0.86	0.74	
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.34	1.35	1.33	1.27	1.19	1.08	
Ν	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.63	1.57	1.46	
Δ	1.00	1.20	1.37	1.52	1.63	1.70	1.73	1.72	1.66	1.57	

ΖΩΝΗ 6											
Κλίση β	Μήνας										
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
Ι	1.00	1.18	1.34	1.48	1.57	1.64	1.66	1.64	1.58	1.49	
Φ	1.00	1.13	1.23	1.31	1.36	1.38	1.37	1.32	1.25	1.15	
Μ	1.00	1.08	1.13	1.17	1.18	1.16	1.11	1.04	0.96	0.85	
Α	1.00	1.03	1.04	1.04	1.01	0.96	0.89	0.80	0.70	0.59	
Μ	1.00	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.74	0.65	0.55	0.44	
Ι	1.00	0.98	0.96	0.91	0.85	0.77	0.68	0.58	0.48	0.38	
Ι	1.00	0.99	0.97	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50	0.39	
Α	1.00	1.02	1.02	1.01	0.97	0.91	0.83	0.73	0.62	0.51	
Σ	1.00	1.07	1.11	1.14	1.13	1.10	1.05	0.97	0.87	0.75	
Ο	1.00	1.12	1.23	1.30	1.35	1.36	1.34	1.29	1.21	1.10	
Ν	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.64	1.66	1.64	1.58	1.48	
Δ	1.00	1.22	1.41	1.57	1.70	1.78	1.82	1.81	1.76	1.67	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας την μελέτη μας διαπιστώνουμε ότι η λύση που προτείνουμε είναι η ιδανική για τα Ελληνικά νησιά με βάση τον καιρό που επικρατεί όλο το χρόνο, επίσης λόγω της αυξανόμενης απαίτησης πρωτογενούς υλών (Λιγνίτη, Βωξίτη) που απαιτείτε για τη κάλυψη με αυξανόμενη ρυπογόνου εκπομπή (CO²) στην ατμόσφαιρα. Η οικονομοτεχνική ανάλυση για το έργο αυτό γίνεται για να διαπιστώσουμε αν συμφέρει τον ιδιώτη να επιλέξει το υβριδικό ή το συμβατικό (Δ.Ε.Η), αυτό γίνεται με την διαπίστωση του χρόνου απόσβεσης ο οποίος μεταφράζεται σαν ο χρόνος που απαιτείται για να έχουμε κάποιο κέρδος από το έργο σε σύγκριση με το ποσό που ξοδέψαμε, στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να πληρώσουμε τα ίδια λεφτά που θα κοστίσει το έργο, στην Δ.Ε.Η. στην περίπτωση που συνδεθούμε με το δίκτυο. Η ανάλυση γίνεται υπολογίζοντας το συνολικό κόστος της κατασκευής το οποίο αναλύεται στα επιμέρους κομμάτια που θα αγοραστούν ώστε να κατασκευαστεί το υβριδικό σύστημα όπως π.χ. πάνελ ανεμογεννήτρια κ.τ.λ. και μελετώντας την διαφορά σε σχέση με το χρόνο να καταστεί συμφέρουσα η επιλογή του υβριδικού σε πολλούς τομείς (οικονομικούς, οικολογικούς και εξελικτικούς).

Αναλυτικά το έργο θα κοστίσει:

- 1) Τιμή πανέλων : 15 πανελα*24Wp=3.600*0.75 λεπτά το Watt= 2.700 euro
- 2) Τιμή inverter Fronius ig plus 5.173,85 euro
- 3) Τιμή ανεμογεννήτριας 1090 euro
- 4) Τιμή μπαταριών 336,71*12 κομμάτια = 4.040,55 euro
- 5) Στηρίγματα φωτοβολταικων 8 θέσεων 2*1.500 = 3.000 euro
- 6) Λοιπές χρεώσεις υλικών 2.000 euro
- 7) Έξοδα γραφείου 1400 euro

Τελική τιμή έργου – πρόταση: =19404 euro

Επίσης παρατηρούμε ότι έχουμε ικανοποιητικό χρόνο απόσβεσης και συγκεκριμένα 4 χρόνια και 9 μήνες. Αναλυτικά αφαιρώντας από τη τιμή της μελέτης μας τη πρόταση που κατέθεσε η Δ.Ε.Η στον ιδιώτη η οποία ανέρχεται σε 12000 euro για τη σύνδεση της οικίας στο δίκτυο της και συγκεκριμένα για την αγορά μετασχηματιστή χαμηλής τάσης καθώς επίσης και 2 στύλους στήριξης καλωδίων έχουμε ως αποτέλεσμα 7404 euro. Τέλος διαιρώντας αυτό το ποσό με το μέσο ετήσιο κόστος ενός τιμολογίου της Δ.Ε.Η το οποίο ανέρχεται σε 1500 euro έχουμε ως αποτέλεσμα τη χρονική απόσβεσης του έργου.

Η επιλογή του υβριδικού συστήματος για αυτή την οικία έγινε για να έχουμε ένα μέρος της παραγωγής μας σε όλη την διάρκεια της ημέρας, κατόπιν παρακολούθησης του καιρού που επικρατεί στην νήσο Ικαρία ανά ετήσια βάση και για να διασφαλίσουμε την καθημερινή παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από την μονάδα μας έτσι ώστε να μην υπάρχουν διακυμάνσεις σε αυτή με αποτέλεσμα την διακοπή τροφοδοσίας στην οικία. Επίσης επιλέξαμε να έχουμε μεγάλο χρόνο αυτοδυναμίας του συστήματος για την κάλυψη ημερών που επικρατεί άπνοια και συννεφιά. Τέλος δεν χρειάστηκε να υπολογίσουμε τις ημέρες που θα έχουμε την μέγιστη παραγωγή από την μονάδα μας διότι όπως παρατηρήσαμε η επιλογή των φωτοβολταϊκών και της ανεμογεννήτριας έγινε με σκοπό να έχουμε την πλήρη κάλυψη του φορτίου μας και όχι του 75% που υπολογίζεται συνήθως σε αυτές τις περιπτώσεις. Αυτό τον τρόπο τον επιλέξαμε ώστε να δώσουμε μια σχετική άνεση στο ιδιώτη για την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται, για να έχουμε όσο το δυνατόν λιγότερη κατανάλωση γίνεται από της μπαταρίες που επιλέξαμε ώστε αυτή η ενέργεια να είναι διασφαλισμένη σε περιόδους άπνοιας και τέλος για την εξασφάλιση της λειτουργίας του συστήματος σε περιπτώσεις που έχουμε παραγωγή μόνο από ένα φυσικό πόρο (άνεμος, ηλιακή ενέργεια).

Προτείνουμε λοιπόν το υβριδικό σύστημα σε περιοχές από αυτές των νησιών μας από άποψη οικονομική πρακτική και οικολογική. Αναλυτικά από άποψη οικονομική διότι όπως παρατηρήσαμε ο χρόνος απόσβεσης του έργου και συμπεριλαμβανομένου του ύψους του φορτίου που επιλέξαμε να καλύψουμε (το οποίο είναι (απαιτητό για οικίες μεγαλύτερες από την συγκεκριμένη) είναι ικανοποιητικός σε σύγκριση με το να επιλέξουμε, κατά την άποψη μας, την σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. και με τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση Λιγνίτη (με αποτέλεσμα την εισαγωγή από άλλες χώρες). Από άποψη πρακτική διότι διαπιστώνουμε ότι η παραγωγή μας κατά την διάρκεια του χρόνου είναι συνεχής και αδιάκοπη καθ' όλη την διάρκεια της μέρας, εκτός συγκεκριμένων ακραίων περιπτώσεων κατά των οποίων έχουμε έλλειψη ηλιοφάνειας και ανέμου, και αυτή την περίπτωση την αντιμετωπίζουμε με το μεγάλο χρονικό διάστημα αυτοδυναμίας του συστήματος με της μπαταρίες που επιλέξαμε, με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε την συνεχή και χωρίς κίνδυνο για διακοπή λειτουργίας της οικίας. Τέλος από οικολογικής άποψης για να μειώσουμε την παραγωγή ρύπων στην ατμόσφαιρα μας από την συνεχώς αυξανόμενη καύση λιγνίτη από την εταιρία της Δ.Ε.Η.

Ολοκληρώνοντας θα θέλαμε να σταθούμε στο σημείο αυτό στην ερευνητική εφαρμογή που εκφράζεται μέσω αυτής της πτυχιακής προς τους καταναλωτές να στραφούμε στην λύση της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων που υπάρχουν στη χώρα μας οι οποίοι είναι ανεκτίμητοι, και όχι μόνο αιολικοί ή ηλιακή, με αποτέλεσμα της μείωσης των ρύπων και την βελτίωση της οικονομικής κατάστασης μας, καθώς επίσης θα θέλαμε να κάνουμε καινούργιες έρευνες για να μπορέσουμε συνεχώς να παράγουμε μεν να μη μολύνουμε δε. Σε αυτό πρέπει να συμβάλλουμε όλοι και πάνω απ' όλα οι επιστήμονες σε συνεργασία με τους οικονομικούς φορείς. Προτείνουμε λοιπόν σε όλους τους καταναλωτές την λύση αυτή για παραγωγή ρεύματος και ευελπιστούμε στην βελτιστοποίηση των συνθηκών υλοποίησης τέτοιων έργων διότι εμείς θα δημιουργήσουμε της συνθήκες του αύριο και είναι στο χέρι μας να δημιουργήσουμε ένα τόπο που όλη θα νιώθουμε ασφαλείς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) <http://www.selasenergy.gr/history.php>
- 2) <http://www.abele.gr/downloads/%5BCON-S1-PV0%5D.pdf>
- 3) http://www.keaconstructions.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=59&lang=el
- 4) http://www.selasenergy.gr/fv_panels.php
- 5) <http://www.selasenergy.gr/fundamentals.php>
- 6) Γενικές πληροφορίες για τα φωτοβολταϊκά συστήματα./ ADELE community
- 7) http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm
- 8) <http://www.anemogennitria.gr/ypologismos-isxyos.htm>
- 9) <http://www.iqsolarpower.com/inverter.htm>
- 10) <http://www.hyperionee.gr/batteries/>
- 11) <http://www.photovoltaics.com.gr/photovoltaic-hybrid-system.html>
- 12) ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 1,2,3./ Σ. ΚΑΠΛΑΝΗΣ
- 13) ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ 1,2./ Βάιος Η. Σελλούντος
- 14) Διαχείριση της αιολικής ενέργειας / Ιωάννης Κ. Καλδέλλης