

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**“ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ. ”**



Επιβλέπων Καθηγητής:
ΜΑΥΡΟΜΑΤΗΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Σπουδαστής:
ΚΑΤΣΑΣ ΑΥΓΕΡΙΝΟΣ

ΑΜ:
40248

Αθήνα

Μάιος – 2016

Copyright © Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ίδρυματος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου και επιβλέπων της διπλωματικής εργασίας κ. Μαυρομάτη Κωνσταντίνο, για την πολύτιμη καθοδήγηση και τις συμβουλές όσον αφορά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την στήριξη και την βοήθεια τους.

ΑΦΙΕΡΩΜΕΝΗ

Η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στον θείο μου Ισίδωρο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	iii
Αφιερωμένη	iii
Περιεχόμενα	iv
Λίστα σχημάτων	vi
Λίστα πινάκων	vii
Summary	ix
Πρόλογος	1
1 ^ο Κεφάλαιο “ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ”	2
1.1 Ενεργειακό πρόβλημα	2
1.1.1 Διεθνές πρόβλημα	2
1.1.2 Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα.....	3
1.2 Πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.....	6
1.2.1 Συμβατικές πηγές	7
1.2.1.1 Διαχωρισμός συμβατικών πηγών ενέργειας	7
1.2.2 Ανανεώσιμες πηγές.....	9
1.2.2.1 Διαχωρισμός ΑΠΕ	9
1.2.2.2 Πλεονεκτήματα των ΑΠΕ	17
1.2.2.3 Μειονεκτήματα των ΑΠΕ	18
2 ^ο Κεφάλαιο “ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ”	19
2.1 Γενικά	19
2.2 Ηλιακή ακτινοβολία	19
2.2.1 Ηλιακή σταθερά.....	21
2.2.2 Ηλιοφάνεια	21
2.3 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	22
2.3.1 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο και οι ημιαγωγοί.....	23
2.4 Διαχωρισμός των φωτοβολταϊκών στοιχείων	25
2.4.1 Οι βασικές κατηγορίες	25
2.4.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου	26
2.4.3 Τεχνολογία λεπτών φιλμ (Thin film).....	28
2.4.4 Άλλες τεχνολογίες	31
2.5 Χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών στοιχείων	32
2.5.1 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φωτοβολταϊκών στοιχείων	32
2.5.2 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V και P-V.....	34
2.6 Απώλειες φωτοβολταϊκών στοιχείων	36
2.7 Παράγοντες που επηρεάζουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία	37
2.8 Τα θετικά και τα αρνητικά της χρήσης φωτοβολταϊκών	39
2.8.1 Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών	39
2.8.2 Τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών.....	40
3 ^ο Κεφάλαιο “ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ”	41
3.1 Γενικά	41
3.2 Το αιολικό δυναμικό.....	44
3.2.1 Τα χαρακτηριστικά του ανέμου	44
3.2.2 Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου.....	46
3.3 Οι Ανεμογεννήτριες	48
3.3.1 Γενικές πληροφορίες	48
3.3.2 Τα δομικά στοιχεία μιας ανεμογεννήτριας.....	52
3.3.3 Τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας	55
4 ^ο Κεφάλαιο “ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ”	56
4.1 Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.....	56
4.1.1 Ιστορικά στοιχεία	56

4.1.2	Διαχωρισμός μηχανών Diesel.....	57
4.1.3	Η χρήση της γεννήτριας Diesel.....	58
4.1.4	Η λειτουργία της γεννήτριας Diesel.	60
4.2	Συσσωρευτές.....	61
4.2.1	Ιστορικά στοιχεία	61
4.2.2	Τα στοιχεία των συσσωρευτών	63
4.2.3	Η λειτουργία των συσσωρευτών	64
4.2.4	Βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη των συσσωρευτών	65
4.3	Τα ηλεκτρονικά στοιχεία του συστήματος.....	68
4.3.1	Κατηγορίες ηλεκτρονικών στοιχείων	68
4.3.2	Αντιστροφέας (Inverter)	69
4.3.3	Ρυθμιστής φόρτισης	71
5 ^ο	Κεφάλαιο “ Η ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ”	73
5.1	Στοιχεία κατοικίας.....	73
5.1.1	Γεωγραφικά στοιχεία κατοικίας	73
5.1.2	Το σχέδιο της κατοικίας και των φορτίων της	75
5.1.3	Οι ηλεκτρικές ανάγκες της κατοικίας και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς.....	76
5.2	Δεδομένα περιοχής.....	84
5.2.1	Ηλιακά δεδομένα	84
5.2.2	Ανεμολογικά δεδομένα	86
5.3	Η Επιλογή της γεννήτριας Diesel	87
6 ^ο	Κεφάλαιο “ ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ”.....	89
6.1	Περιγραφή κεφαλαίου.....	89
6.2	Η επιλογή των στοιχείων	90
6.2.1	Επιλογή φωτοβολταϊκών γεννητριών	90
6.2.2	Επιλογή συσσωρευτών.....	92
6.2.3	Επιλογή ρυθμιστή φόρτισης.....	93
6.2.4	Επιλογή αντιστροφέα	94
6.3	Η ροή ενέργειας των συστημάτων στο πρόγραμμα excel.....	95
6.4	Η οικονομική μελέτη των συστημάτων στο πρόγραμμα excel	105
7 ^ο	Κεφάλαιο “ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ”	113
7.1	Περιγραφή κεφαλαίου.....	113
7.2	Καμπύλη Ισχύος.....	114
7.3	Η ροή ενέργειας των συστημάτων στο πρόγραμμα excel.....	116
7.4	Η οικονομική μελέτη των συστημάτων στο πρόγραμμα excel	127
8 ^ο	Κεφάλαιο “ ΜΕΛΕΤΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ”	134
8.1	Εισαγωγή.....	134
8.2	Η κατανάλωση πετρελαίου	135
8.3	Η οικονομική μελέτη των υβριδικών συστημάτων	141
	Βιβλιογραφία.....	148
	Ηλεκτρονικές πηγές.....	149

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Εξέλιξη συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.....	3
Σχήμα 1.2 Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	3
Σχήμα 1.3 Συμβατικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	6
Σχήμα 1.4 Μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της παγκόσμιας τελικής κατανάλωσης για το έτος 2009.....	6
Σχήμα 1.5 Συμβατικές μορφές ενέργειας και περιβαλλοντική ρύπανση.....	7
Σχήμα 1.6 Πυρηνικά εργοστάσια.....	8
Σχήμα 2.1 Δημιουργία οπών και απελευθέρωση ηλεκτρονίων σθένους.....	23
Σχήμα 2.2 Μέγιστα επίπεδα της απόδοσης διαφόρων ηλιακών κυττάρων σε συνάρτηση με το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού σε κανονικές συνθήκες.....	23
Σχήμα 2.3 φωτοβολταϊκό πάνελ μονοκρυσταλικού πυριτίου.....	26
Σχήμα 2.4 φωτοβολταϊκό πάνελ πολυκρυσταλικού πυριτίου.....	28
Σχήμα 2.5 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	34
Σχήμα 3.1 Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα.....	50
Σχήμα 3.2 Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.....	50
Σχήμα 3.3 Δομικά μέρη μίας ανεμογεννήτριας.....	54
Σχήμα 4.1 Περιγραφή λειτουργίας συσσωρευτών.....	64
Σχήμα 5.1 Η τοποθεσία της κατοικίας από το Google Earth.....	73
Σχήμα 5.2 Η κατοικία και ο περιβάλλοντας χώρος.....	74
Σχήμα 5.3 Κάτοψη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης κατοικίας.....	75
Σχήμα 5.4 Γεννήτρια diesel ισχύος 25KW.....	88
Σχήμα 6.1 Φωτοβολταϊκές γεννήτριες ReneSola ισχύος 250W.....	90
Σχήμα 6.2 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V.....	91
Σχήμα 6.3 Ο αντιστροφέας szward ισχύος 12.0KW.....	94
Σχήμα 7.1 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας 50KW.....	114
Σχήμα 7.2 Τροποποίηση καμπύλης ισχύος ανεμογεννήτριας 50KW.....	115

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Αξιοποίηση των διασυνδέσεων την περίοδο 2001-2012.	5
Πίνακας 5.1 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Ιανουάριο.	76
Πίνακας 5.2 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Φεβρουάριο.	77
Πίνακας 5.3 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Μάρτιο.	77
Πίνακας 5.4 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Απρίλιο.	78
Πίνακας 5.5 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Μάιο.	78
Πίνακας 5.6 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Ιούνιο.	79
Πίνακας 5.7 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Ιούλιο.	79
Πίνακας 5.8 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Αύγουστο.	80
Πίνακας 5.9 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Σεπτέμβριο.	80
Πίνακας 5.10 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Οκτώβριο.	81
Πίνακας 5.11 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Νοέμβριο.	81
Πίνακας 5.12 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Δεκέμβριο.	82
Πίνακας 5.13 Ηλιακά δεδομένα της περιοχής μέσω PVGIS.	85
Πίνακας 5.14 Ενδεικτικές ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου.	86
Πίνακας 6.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πάνελ ReneSola 250W.	91
Πίνακας 6.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών Sunlight SP12-200.	93
Πίνακας 6.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστών φόρτισης Phocos PL60.	93
Πίνακας 6.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα 12.0KW.	94
Πίνακας 6.5 Βοηθητικός πίνακας αναλογίας εγκατεστημένης ισχύος-εμβαδού.	95
Πίνακας 6.6 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 2KW.	96
Πίνακας 6.7 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 3KW.	97
Πίνακας 6.8 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 4KW.	97
Πίνακας 6.9 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 5KW.	98
Πίνακας 6.10 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 6KW.	98
Πίνακας 6.11 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 7KW.	99
Πίνακας 6.12 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 8KW.	99
Πίνακας 6.13 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 9KW.	100
Πίνακας 6.14 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 10KW.	100
Πίνακας 6.15 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 11KW.	101
Πίνακας 6.16 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 12KW.	101
Πίνακας 6.17 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 13KW.	102
Πίνακας 6.18 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 2KW.	105
Πίνακας 6.19 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 3KW.	106
Πίνακας 6.20 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 4KW.	106
Πίνακας 6.21 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 5KW.	107
Πίνακας 6.22 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 6KW.	107
Πίνακας 6.23 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 7KW.	108
Πίνακας 6.24 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 8KW.	108
Πίνακας 6.25 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 9KW.	109
Πίνακας 6.26 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 10KW.	109
Πίνακας 6.27 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 11KW.	110
Πίνακας 6.28 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 12KW.	110
Πίνακας 6.29 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 13KW.	111
Πίνακας 6.30 Συγκεντρωτικός οικονομικός πίνακας με γραφική παράσταση.	112
Πίνακας 7.1 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 2KW. ..	116
Πίνακας 7.2 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 4KW. ...	117

Πίνακας 7.3 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 6KW. ...	118
Πίνακας 7.4 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 8KW. ...	119
Πίνακας 7.5 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 10KW. .	120
Πίνακας 7.6 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 12KW. .	121
Πίνακας 7.7 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 14KW. .	122
Πίνακας 7.8 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 16KW. .	123
Πίνακας 7.9 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 18KW. .	124
Πίνακας 7.10 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 20KW.	125
Πίνακας 7.11 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 2KW.....	127
Πίνακας 7.12 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 4KW.....	128
Πίνακας 7.13 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 6KW.....	128
Πίνακας 7.14 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 8KW.....	129
Πίνακας 7.15 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 10KW.....	129
Πίνακας 7.16 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 12KW.....	130
Πίνακας 7.17 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 14KW.....	130
Πίνακας 7.18 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 16KW.....	131
Πίνακας 7.19 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 18KW.....	131
Πίνακας 7.20 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 20KW.....	132
Πίνακας 7.21 Συγκεντρωτικός οικονομικός πίνακας με γραφική παράσταση.	133
Πίνακας 8.1 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 2KW-Α/Γ 2KW. .	135
Πίνακας 8.1 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 4KW-Α/Γ 4KW. .	136
Πίνακας 8.3 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 2KW. .	136
Πίνακας 8.4 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 2KW-Α/Γ 6KW. .	137
Πίνακας 8.5 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 4KW. .	137
Πίνακας 8.6 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 4KW-Α/Γ 6KW. .	138
Πίνακας 8.1 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 5KW. .	138
Πίνακας 8.8 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 5KW-Α/Γ 6KW. .	139
Πίνακας 8.9 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 6KW. .	140
Πίνακας 8.10 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 2KW-Α/Γ 2KW.	141
Πίνακας 8.11 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 4KW-Α/Γ 4KW.	142
Πίνακας 8.12 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 2KW.	142
Πίνακας 8.13 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 2KW-Α/Γ 6KW.	143
Πίνακας 8.14 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 4KW.	143
Πίνακας 8.15 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 4KW-Α/Γ 6KW.	144
Πίνακας 8.16 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 5KW.	144
Πίνακας 8.17 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 5KW-Α/Γ 6KW.	145
Πίνακας 8.18 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 6KW.	145
Πίνακας 8.19 Συγκεντρωτικός οικονομικός πίνακας υβριδικών συστημάτων με γραφική παράσταση.....	146

SUMMARY

The aim of this thesis is to study several types of systems that utilize the renewable energy sources for electricity production, by applying them to a standalone house. Afterwards we will compare the systems with each other to find the most economical. This system must be able to fully meet the energy needs of this particular house.

In order to have correct results the wind data and the solar data were obtained from the National Weather Service for the year 2010. We applied the data by using the excel program at each system separately.

The chosen house is located Agios Kirikos in the region of Ikaria.

We are going to study the following systems:

- 1) Solar modules-batteries-diesel generator.
- 2) Wind generator-batteries-diesel generator.
- 3) Solar modules-wind generator-batteries-diesel generator.

The house in order to meet the energy needs must be continuously powered, because it is not connected to the grid. This is why all systems that will be studied must contain diesel generator and batteries.

Keywords: Renewable energy sources, wind energy, solar energy, wind speed, solar radiation, wind turbine, PV generator, hybrid system, diesel generator, batteries, inverter, charge controller.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να μελετήσουμε διάφορα συστήματα που αξιοποιούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εφαρμόζοντάς τα σε μία αυτόνομη κατοικία. Στη συνέχεια θα συγκρίνουμε τα συστήματα μεταξύ τους έτσι ώστε να βρεθεί το οικονομικότερο. Το σύστημα αυτό θα πρέπει να είναι ικανό να καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες της συγκεκριμένης κατοικίας.

Για την ορθή εξαγωγή αποτελεσμάτων ελήφθησαν ανεμολογικά και ηλιακά δεδομένα του έτους 2010 από την εθνική μετεωρολογική υπηρεσία. Κάνοντας χρήση του προγράμματος excel αξιοποιήθηκαν σε κάθε ένα σύστημα ξεχωριστά.

Η κατοικία που επιλέχθηκε βρίσκεται στην περιοχή του Αγίου Κηρύκου Ικαρίας.

Τα συστήματα που θα μελετηθούν είναι τα κάτωθι:

- 1) Φωτοβολταϊκά πλαίσια-συσσωρευτές-γεννήτρια diesel.
- 2) Ανεμογεννήτρια-συσσωρευτές-γεννήτρια diesel.
- 3) Φωτοβολταϊκά πλαίσια-ανεμογεννήτρια-συσσωρευτές-γεννήτρια diesel.

Η κατοικία λόγω του ότι δεν είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο θα πρέπει να τροφοδοτείται συνεχώς έτσι ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές της ανάγκες. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη σε όλα τα συστήματα που θα μελετηθούν η γεννήτρια diesel, καθώς και οι συσσωρευτές.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, ταχύτητα ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία, ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκή γεννήτρια, υβριδικό σύστημα, γεννήτρια diesel, συσσωρευτές, αντιστροφείας, ρυθμιστής φόρτισης.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ”

1.1 Ενεργειακό πρόβλημα

1.1.1 Διεθνές πρόβλημα

Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα παρατηρείται ραγδαία αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Λόγω αυτού του φαινομένου παρουσιάζεται μία συνεχής συγκέντρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγαλύτερους «Σταθμούς Παραγωγής» καθώς και ανάπτυξη των δικτύων Μεταφοράς και Διανομής με αυξητικούς ρυθμούς.

Στην Ελλάδα είχαν παρουσιαστεί συνολικά περίπου 300 αυτόνομες μικρού μεγέθους ηλεκτρικές εταιρείες που προμήθευαν την ηλεκτρική ενέργεια με μικρά τοπικά δίκτυα έως το 1963. Έπειτα αναπτύχθηκε το Εθνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η οποία εξαγόρασε αυτές τις ηλεκτρικές εταιρίες.

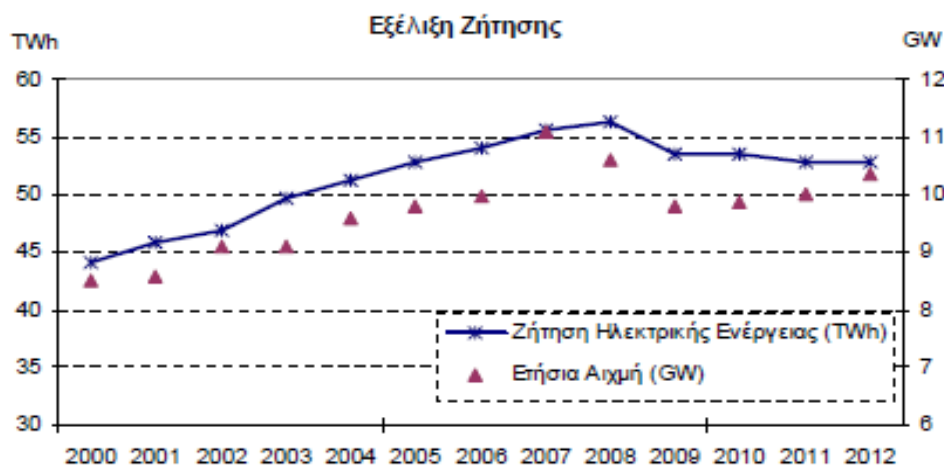
Τα τελευταία χρόνια οι παράμετροι που έχουν διαμορφωθεί όσον αφορά την παραγωγή και ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Η εξασφάλιση της αναγκαίας ποσότητας ενέργειας, στην κατάλληλη για την κάθε χρήση μορφή, δηλαδή της ενεργειακής επάρκειας.
- Το κόστος αυτής της ενέργειας.
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της.

Οι τρεις αυτές παράμετροι συνθέτουν ότι έχει γίνει ευρύτερα γνωστό με τον όρο «ενεργειακό πρόβλημα». Εξαιτίας του ενεργειακού προβλήματος άρχισε σε διεθνές επίπεδο η αναζήτηση Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας, σε αντιστάθμισμα των Συμβατικών Πηγών, όπως είναι ο λιγνίτης και το πετρέλαιο. Επίσης έγινε ταυτόχρονα προσπάθεια για αναβάθμιση διάφορων συστημάτων έτσι ώστε να γίνει καλύτερη και αποδοτικότερη η χρήση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

1.1.2 Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα

Στο Σχήμα 1.1 απεικονίζεται η εξέλιξη της Συνολικής Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας του Συστήματος από το 2000 και μετά. Την περίοδο 2000 – 2008 υπήρξε συνεχής αύξηση της συνολικής καθαρής ζήτησης. Την τελευταία τετραετία που παρουσιάζεται, παρατηρείται συνεχής μείωση, ως επακόλουθο της οικονομικής κρίσης.



Σχήμα 1.1 Εξέλιξη συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα ευρωπαϊκά συστήματα μεταφοράς ιστορικά, από τη μεταπολεμική περίοδο και μετά, λειτουργούσαν διασυνδεδεμένα, επιτρέποντας την ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ γειτονικών χωρών με κύριο στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας λειτουργίας των συστημάτων και παροχή αμοιβαίας βοήθειας σε περιπτώσεις ανάγκης.



Σχήμα 1.2 Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Με το άνοιγμα των ευρωπαϊκών αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, έχει καταστεί εφικτή η αξιοποίηση των διασυνδέσεων αυτών για εμπορική χρήση από προμηθευτές, οι οποίοι μπορούν να απευθυνθούν πλέον σε καταναλωτές άλλων ευρωπαϊκών χωρών. Η ζήτηση για πρόσβαση στα δίκτυα αυξάνεται αναλόγως με τις τιμές και τις επενδυτικές ευκαιρίες που διαμορφώνονται σε κάθε αγορά. Το μέγεθος της διακινούμενης ενέργειας προφανώς δεν είναι απεριόριστο, αλλά περιορίζεται από την ικανότητα μεταφοράς των διασυνδεδετικών γραμμών μεταξύ των χωρών.

Η φυσική ικανότητα μεταφοράς (θερμικά όρια) των γραμμών μεταφοράς καθορίζεται αποκλειστικά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων, αλλά και από την περίοδο του έτους (περιορίζεται κατά τους θερινούς μήνες λόγω θέρμανσης και διαστολής των αγωγών). Όμως λόγω της πολυπλοκότητας της διασυνδεδεμένης λειτουργίας των συστημάτων και των φυσικών ροών ηλεκτρικής ενέργειας που καθορίζονται από τους νόμους της φυσικής η εμπορική ικανότητα που διατίθεται από τους Διαχειριστές είναι μικρότερη από τη φυσική ικανότητα των γραμμών, καθώς η πραγματική ροή ηλεκτρικής ενέργειας στις γραμμές επηρεάζεται από την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας σε κάθε κόμβο του συστήματος.

Η ανάπτυξη και ενίσχυση των διασυνδέσεων μεταξύ χωρών αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προτεραιότητες των Διαχειριστών των Συστημάτων Μεταφοράς στην Ευρώπη, σύμφωνα με τις προτεραιότητες που έχουν τεθεί από την Ε.Ε. ώστε βαθμιαία να αυξηθεί η ικανότητα διασυννοριακών συναλλαγών μεταξύ των χωρών του ENTSO-E, εν όψει και της εφαρμογής του νέου εναρμονισμένου μοντέλου αγορών στην Ευρώπη (target model) από το 2014.

Έτσι στον Πίνακα 1.1 φαίνεται αναλυτικά η συνεισφορά των διασυνδέσεων στο ενεργειακό ισοζύγιο κατά την περίοδο 2001-2012. Από τα στοιχεία αυτά φαίνεται ότι η Ελλάδα είναι καθαρά εισαγωγική χώρα (η μόνη εξαίρεση ήταν το 2000 όπου οι εξαγωγές ξεπέρασαν οριακά τις εισαγωγές).

Πίνακας 1.1 Αξιοποίηση των διασυνδέσεων την περίοδο 2001-2012.

	ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ (GWh)	ΕΞΑΓΩΓΕΣ (GWh)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ (GWh)
2001	3562.00	1061.62	2500.39
2002	4601.88	1705.35	2896.53
2003	4168.91	2093.29	2075.62
2004*	4853.99	2033.41	2820.58
2005	5616.42	1835.51	3780.91
2006	6139.46	1937.08	4202.38
2007	6411.50	2057.31	4354.19
2008	7574.76	1960.79	5613.97
2009	7600.77	3233.07	4367.70
2010	8517.36	2811.23	5706.13
2011	7179.77	3947.44	3232.33
2012	5954.04	4169.88	1784.17

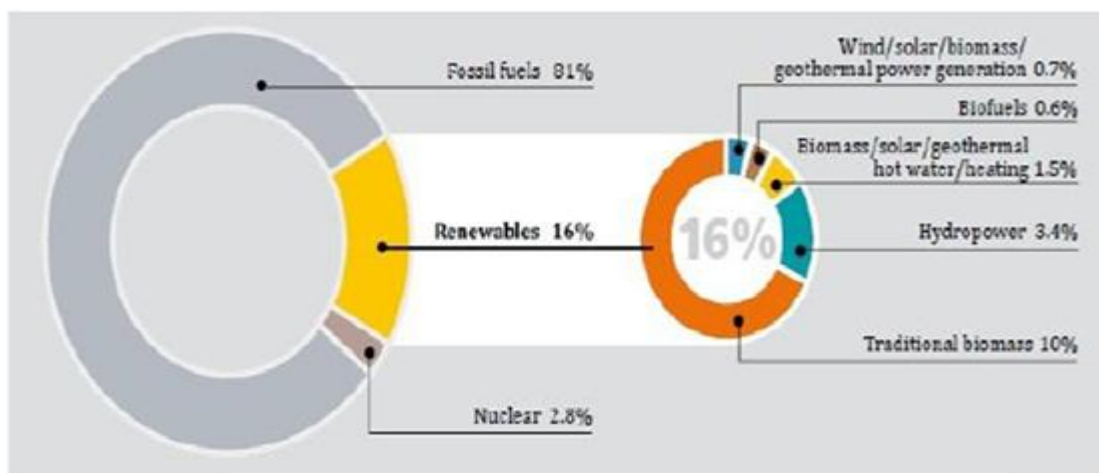
Συμπεραίνουμε λοιπόν αναλύοντας τα παραπάνω στοιχεία ότι στην Ελλάδα είναι απαραίτητη η ανάπτυξη νέων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η αναβάθμιση των ήδη υπαρχόντων μονάδων. Σε αυτήν την κατεύθυνση της ενεργειακής (τουλάχιστον) αυτονομίας, βρίσκονται και τα έξυπνα σπίτια, τα οποία κάνοντας χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να αποκτήσουν ενεργειακή αυτονομία ή ακόμη και να πουλήσουν ηλεκτρική ενέργεια.

1.2 Πηγές ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 1.3 Συμβατικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζουμε κάθε φυσικό πόρο που μας δίνει ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται παγκοσμίως προέρχεται κυρίως από γαιάνθρακες, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια και μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μόνο 18%. Στις Η.Π.Α το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα μικρό, περίπου 8% ενώ στη Σουηδία παρουσιάζεται το υψηλό ποσοστό των 50%.



Σχήμα 1.4 Μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της παγκόσμιας τελικής κατανάλωσης για το έτος 2009.

Η τάση της χρησιμοποίησης των ανανεώσιμων τεχνολογιών δίνει ενθαρρυντικά μηνύματα για το μέλλον.

1.2.1 Συμβατικές πηγές

Συμβατικές πηγές ενέργειας ονομάζονται οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διότι δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Ο σχηματισμός τους διήρκεσε εκατομμύρια χρόνια.

Εκτός από το ότι σταδιακά στερεύουν έχουν το μειονέκτημα ότι η αξιοποίησή τους είναι άμεσα συνδεδεμένη με την περιβαλλοντική ρύπανση. Επομένως είναι λογικό να προσπαθεί η διεθνής κοινότητα να απεξαρτηθεί από αυτές, στρέφοντας το ενδιαφέρον της στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Σχήμα 1.5 Συμβατικές μορφές ενέργειας και περιβαλλοντική ρύπανση.

1.2.1.1 Διαχωρισμός συμβατικών πηγών ενέργειας

Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούνται από τις εξής πηγές:

- Την πυρηνική ενέργεια, η οποία είναι μια ενέργεια που χρησιμοποιεί το ουράνιο που είναι ορυκτό καύσιμο ιδιαίτερα δυσεύρετο. Η πυρηνική ενέργεια είναι μια αμφιλεγόμενη μορφή ενέργειας καθώς παρά το αρκετά χαμηλό κόστος παραγωγής, σε περίπτωση ατυχήματος τα αποτελέσματα θα είναι δραματικά. Επίσης τα απόβλητα μιας τέτοιας

παραγωγικής διαδικασίας είναι ιδιαίτερα ραδιενεργά με αποτέλεσμα να απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις για την επ' αόριστων αποθήκευση των αποβλήτων. Η Γαλλία έχει τη μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια καθώς διαθέτει 59 αντιδραστήρες και ποσοστό ενεργειακής κάλυψης 78%.



Σχήμα 1.6 Πυρηνικά εργοστάσια.

- Τα ορυκτά καύσιμα. Είναι καύσιμα που σχηματίζονται στη γη από υπολείμματα φυτικών ή ζωικών οργανισμών. Είναι ενδεικτικό ότι η ηλικία των νεκρών οργανισμών που με την εναπόθεσή τους σχηματίζουν τα ορυκτά καύσιμα, κυμαίνεται από μερικά εκατομμύρια μέχρι 650 εκατομμύρια χρόνια.

Τα κυριότερα ορυκτά καύσιμα είναι υδρογονάνθρακες με τις γνωστότερες μορφές τους να είναι οι γαιάνθρακες, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Είναι δεδομένο ότι όλες οι παγκόσμιες οικονομίες εξαρτώνται ενεργειακά από τα ορυκτά καύσιμα.

Τα μειονεκτήματα των καυσίμων αυτών είναι, η πεπερασμένη πρώτη ύλη και τα διάφορα περιβαλλοντολογικά προβλήματα προκαλεί η χρήση τους στον πλανήτη. Η καύση των ορυκτών καυσίμων παράγει κάθε χρόνο 21,3 εκατομμύρια τόνους διοξείδιο του άνθρακα. Από αυτή την ποσότητα η μισή απορροφάται από την βιόσφαιρα της γης και η υπόλοιπη παραμένει στον ατμοσφαιρικό αέρα.

1.2.2 Ανανεώσιμες πηγές

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον. Αυτές οι πηγές ενέργειας ανανεώνονται από τη φύση τους και είναι διαρκώς και ασταμάτητα διαθέσιμες σε άφθονη ποσότητα, δηλαδή είναι ανεξάντλητες. Αυτό είναι λογικό αφού ο ήλιος για παράδειγμα δεν θα πάψει για αρκετά εκατομμύρια χρόνια να προσφέρει τη φωτεινή και θερμική του ενέργεια. Ακόμη σε αυτή την κατηγορία συγκαταλέγονται η Αιολική ενέργεια, η Γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια Θαλασσίων Κυμάτων κ.α.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εκπέμπουν περιορισμένα ή καθόλου αέρια που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στο σύνολο τους οι ΑΠΕ υπόσχονται να δώσουν σπουδαίες εναλλακτικές τεχνικές στο ενεργειακό πρόβλημα αλλά και να δώσουν λύσεις στα τεράστια περιβαλλοντολογικά προβλήματα του πλανήτη.

1.2.2.1 Διαχωρισμός ΑΠΕ

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον.

Ως ΑΠΕ ορίζονται οι παρακάτω πηγές:

- **Η αιολική ενέργεια**, προέρχεται από μετατροπή ενός μικρού ποσοστού της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στο έδαφος του πλανήτη μας, σε κινητική ενέργεια του ανέμου. Η ισχύς του ανέμου, σε ολόκληρο τον πλανήτη μας, εκτιμάται σε 34 MW, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας, ποσοστό περίπου 1% της αιολικής ενέργειας, είναι διαθέσιμα για ενεργειακή αξιοποίηση σε διάφορα μέρη του κόσμου. Οι πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας, από πλευράς αιολικού δυναμικού, είναι οι χώρες της πολικής και εύκρατης ζώνης, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές. Η αξιοποίηση της δωρεάν ενέργειας που προσφέρει η φύση στον άνθρωπο, προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλων μηχανών για τη δέσμευση της αιολικής ενέργειας και τη μετατροπή της στην επιθυμητή μορφή ενέργειας.

Ο σημαντικός αριθμός των εφαρμογών των αιολικών μηχανών κάθε μεγέθους και οι δυνατότητες μερικής ή ολικής αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, ενισχύουν την ανταγωνιστική θέση των εφαρμογών της αιολικής ενέργειας. Η ανταγωνιστική αυτή θέση ενισχύεται και από τα στοιχεία κόστους παραγωγής ενέργειας από τις διάφορες πηγές, δεδομένου ότι η αιολική ενέργεια είναι ανταγωνιστική ως προς κάθε άλλη μορφή ενέργειας, ενώ, σε επιλεγμένες εγκαταστάσεις, το κόστος της αιολικής kWh είναι μικρότερο του κόστους των συμβατικών καυσίμων. Η παρατήρηση αυτή είναι προφανέστερη για τη χώρα μας, όπου η συνεχής αύξηση του κόστους λειτουργίας των συμβατικών σταθμών ενέργειας, καθιστά επιβεβλημένη στο άμεσο μέλλον τη δημιουργία αιολικών πάρκων κάθε μεγέθους .

Σήμερα έχουν κατασκευαστεί σύγχρονες ανεμογεννήτριες με προηγμένη τεχνολογία, που παράγουν ηλεκτρισμό λειτουργώντας είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένες στο δίκτυο. Η αιολική ενέργεια που είναι μια από τις πιο ελκυστικές μορφές ενέργειας, αναμένεται να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο με την κατασκευή νέων ανεμογεννητριών, που θα μειώσουν το κόστος και θα κάνουν την αιολική ενέργεια ακόμα πιο ανταγωνιστική.

Η συνολική ισχύς εγκατεστημένων αιολικών πάρκων αυξάνεται παγκοσμίως κατά 30% το χρόνο φτάνοντας το 2008 τα 120.791 GW με πρωτοστάτες τις Η.Π.Α.(25.2 GW), Γερμανία(23.9 GW), Ισπανία(16 . 54 GW), Κίνα(12.12 GW) και Ινδία(9.67 GW). Η Ελλάδα διαθέτει αιολική δυνατότητα για περίπου 14.000MW και στο τέλος του 2008 είχε 985 MW εγκατεστημένα και βρίσκεται παγκοσμίως στην 18η θέση.

● **Ηλιακή ενέργεια.** Έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες ώστε να είναι δυνατόν να δεσμευτεί η ηλιακή ακτινοβολία και να την μετατραπεί σε ενέργεια αξιοποιήσιμη είτε σε επίπεδο ηλεκτροπαραγωγής είτε στον οικιακό τομέα για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή απλά για θέρμανση νερού και άλλες οικιακές χρήσεις. Η ηλιακή ενέργεια προέρχεται από τον ήλιο, ο οποίος είναι το αστέρι που βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού μας συστήματος, έχοντας μάζα $2 \cdot 10^{30}$ kg και ακτίνα 700.000 km. Ο ήλιος αποτελείται σε ποσοστό 74% από υδρογόνο, 24% από ήλιο και 2% μίγμα από άλλα χημικά στοιχεία. Η μέση απόσταση του ήλιου και της Γης είναι 149.6 εκατομμύρια χιλιόμετρα. Το φως, ταξιδεύοντας με 300.000km/s, χρειάζεται για να διανύσει αυτή την απόσταση 8 λεπτά και 19 δευτερόλεπτα. Η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο με την μορφή του ηλιακού φωτός συντηρεί και είναι απαραίτητη για σχεδόν κάθε μορφή ζωής στον πλανήτη, ενώ καθορίζει το κλίμα και τον καιρό.

Για να γίνει κατανοητή η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που δεχόμαστε είναι ενδεικτικό ότι η ηλιακή ενέργεια που δέχτηκε η γη το 2002 για μια ώρα ήταν περισσότερη από όση ξοδεύτηκε από τους ανθρώπους σε ένα χρόνο.

Το ηλιακό φως που φτάνει στην επιφάνεια της γης αποτελείται από δύο συνιστώσες. Πρόκειται για την άμεση B (Beam), που αφορά στις ακτίνες που φτάνουν απευθείας από τον ήλιο και τη διάχυτη D (Diffuse), που αφορά στις ακτίνες που φτάνουν στην επιφάνεια αφού υποστούν πολλαπλές σκεδάσεις στα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με διάφορους τρόπους, που διακρίνονται κυρίως σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορά τα παθητικά ηλιακά συστήματα, που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε εσωτερική ενέργεια δομικών κατασκευών. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα ενεργά ηλιακά συστήματα, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε εσωτερική ενέργεια θερμικού ρευστού ή απευθείας σε ηλεκτρικό ρεύμα (φωτοβολταϊκά συστήματα).

• **Γεωθερμική ενέργεια**, είναι γενικά η θερμότητα των εσωτερικών στρωμάτων της γης, η οποία γίνεται εκμεταλλεύσιμη όταν υπάρχουν κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες. Η Γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό της γης είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους, που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150°C), μέσης ενθαλπίας (100°C – 150°C), και χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 100°C). Η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρισμού σε όλο τον κόσμο.

Για κάθε χιλιόμετρο βάθους η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 300 °C. Στα όρια μεταξύ μανδύα και φλοιού, πιστεύεται ότι η θερμοκρασία φτάνει στους 6000 °C, ενώ στο κέντρο της γης στους 6.0000 °C.

Οι γεωθερμικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος πρέπει να χρησιμοποιούνται σαν σταθμοί φορτίου βάσεως, διότι το κόστος παραγωγής είναι πολύ μικρό, αφού δεν υπάρχει τρέχον κόστος, και η μεταβολή της ροής είναι δύσκολη και ανεπιθύμητη (συνήθως εργάζονται στο 95% της δυνατότητάς τους). Επίσης η ονομαστική ζωή των γεωθερμικών εγκαταστάσεων είναι 25 χρόνια, εκτός των εξαρτημάτων των πηγαδιών που έχουν χρόνο ζωής 10 χρόνια.

Παγκοσμίως υπήρχε το 2007 χωρητικότητα 10 GW, που εκμεταλλευόταν την γεωθερμική ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Στην πράξη αυτό αντιστοιχεί στο 0.3% της παγκόσμιας ζήτησης ηλεκτρισμού. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις βρίσκονται στις ΗΠΑ και ακολουθούν οι Φιλιππίνες. Η Ελλάδα διαθέτει γεωθερμικά πεδία με δυνατότητα ηλεκτρικής παραγωγής περίπου 350 MW.

• **Ενέργεια από τη βιομάζα.** Είναι η ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που προέρχεται από οργανική ύλη. Η οργανική ύλη αυτή περιλαμβάνει το ξύλο, τα υπολείμματα από γεωργικές και δασικές δραστηριότητες, τα υπολείμματα από αγροτικές βιομηχανίες καθώς και κάθε άλλο υλικό που διαθέτει οργανικό φορτίο, όπως είναι τα υπολείμματα από κτηνοτροφικές ομάδες. Ο σκοπός της χρήσης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Η παραγωγή βιοντίζελ, το 2008 ήταν 12 δις λίτρα και της αιθανόλης 67 δις λίτρα.

Τα μειονεκτήματα της είναι ότι σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό. Δηλαδή ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησής της. Παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης. Τέλος οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

Τα πλεονεκτήματα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή. Όταν η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

Τέλος η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών καθώς δημιουργεί εναλλακτικές αγορές και τη συγκρατεί έτσι τον πληθυσμό στις εστίες του, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα.

Η παραγωγή βιομάζας αυξήθηκε το 2008 παγκοσμίως κατά 2 GW, φτάνοντας συνολικά τα 52 GW. Η μεγαλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας από βιομάζα πραγματοποιείται από τις ΗΠΑ και ακολουθούν Βραζιλία και Φιλιππίνες.

- **Ενέργεια από τους ωκεανούς.** Οι ωκεανοί, οι οποίοι καλύπτουν το 70% της επιφάνειας της γης, διαθέτουν μεγάλα ποσά ενέργειας και έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες για την εκμετάλλευσή τους. Σε αυτές περιλαμβάνονται: η ενέργεια των κυμάτων, οι ενέργεια των παλιρροιών, η θερμική ενέργεια των ωκεανών, η ενέργεια των θαλασσιών ρευμάτων.

Η ενέργεια κυμάτων είναι η μεταφορά ενέργειας μέσω των επιφανειακών κυμάτων ωκεανών και χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ή ακόμα και για αφαλάτωση.

Η ενέργεια των παλιρροιών είναι στην ουσία μια μορφή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή μετατρέπεται μέσω κατάλληλων διατάξεων σε ηλεκτρική ή άλλες χρήσιμες μορφές ενέργειας. Οι παλίρροιες είναι πιο προβλέψιμες από ότι οι άνεμοι.

Έχουμε τη δυνατότητα να εκμεταλλευτούμε τόσο την κινητική ενέργεια του νερού όσο και τη δυναμική που προκύπτει από τη διαφορά ύψους μεταξύ άμπωτης και πλημμυρίδας.

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών είναι μια μέθοδος που εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρηχών και βαθιών στρωμάτων νερού. Η διαφορά αυτή αυξάνεται όσο μετακινούμαστε γεωγραφικά προς τον ισημερινό.

Η ενέργεια των θαλασσιών ρευμάτων αφορά στην εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των θαλασσιών ρευμάτων μέσω γιγαντιαίων χαμηλής ταχύτητας τουρμπινών. Υπάρχει μια εγκατάσταση 300 KW από το 2003 στο Lynmouth, Devon (United Kingdom). Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις είναι και αυτή μια αρκετά δαπανηρή τεχνολογία.

• **Υδροδυναμική ενέργεια**, ονομάζεται η ενέργεια που παρέχεται στον άνθρωπο από τη δύναμη του νερού στη φύση. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος χρήσης της, είναι μέσω των υδατοπτώσεων αλλά και των φραγμάτων. Μεγάλη προσπάθεια γίνεται τα τελευταία χρόνια για επενδύσεις σε συστήματα που θα εκμεταλλεύονται την ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας, αλλά και των παλιρροιών.

Η υδροδυναμική ενέργεια είναι μια καθαρή, ανεξάντλητη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, που δεν μολύνει το περιβάλλον και παρέχεται από τη φύση με περίσσεια.

Οι υδατοπτώσεις προκαλούνται από τη βαρύτητα με τη μεταφορά του ύδατος από ένα σημείο με μεγαλύτερο υψόμετρο σε ένα με χαμηλότερο. Αυτό το φαινόμενο είναι μέρος του κύκλου του νερού του οποίου η κινητήριος δύναμη προέρχεται από τον ήλιο. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε θάλασσες και λίμνες, αναγκάζει το νερό να εξατμιστεί στην ατμόσφαιρα και να μεταφερθεί μέσω των ανέμων σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο. Σε αυτές τις περιοχές μέσω της συμπύκνωσης πέφτουν βροχές και χιόνια τα οποία δημιουργούν τους ποταμούς.

Τα ποτάμια είναι η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού σε κινητική και είναι αυτή η ενέργεια που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος από τα αρχαία χρόνια για να καλύψει τις ανάγκες του. Η νεροτριβή χρησιμοποιείται ακόμα και τώρα σε ορεινές περιοχές για το πλύσιμο μεγάλων υφασμάτων, οι υδραυλικοί τροχοί με απόδοση που μπορεί να φτάσει και το 90% έδωσαν κίνηση σε νερόμυλους για το άλεσμα του σιταριού, αλλά και για τη κίνηση διάφορων υδροκίνητων μηχανών.

Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Τα γνωστά σε όλους υδροηλεκτρικά εργοστάσια βασίζονται στην αρχή των υδραυλικών τροχών, αλλά με τη διαφορά ότι τη θέση του τροχού καταλαμβάνει ο υδροστρόβιλος που μεταφέρει τη κινητική του ενέργεια στην ηλεκτρογεννήτρια. Ο συγκεκριμένος τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι εκτός από πολύ αποδοτικός, αλλά και καθαρός, διότι έχει μηδενικές εκπομπές ρύπων αφού δεν εξαρτάται από ορυκτά καύσιμα. Είναι μια αξιόπιστη τεχνολογία με χαμηλά κόστη συντήρησης, μεγάλη διάρκεια ζωής και ποιοτική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ανάγκη της αδιάλειπτης τροφοδοσίας των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων με νερό, μας ανάγκασε στη δημιουργία των φραγμάτων. Τα φράγματα είναι ο φυσικός ταμιευτήρας νερού, κατασκευάζεται σε σημεία που υπάρχουν ποταμοί και η μορφολογία του εδάφους το επιτρέπει. Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Η κατασκευή φραγμάτων περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα καθώς μεταβάλλει ριζικά τη μορφολογία της περιοχής. Αντίθετα, τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Κατά τη λειτουργία τους, μέρος της ροής ενός ποταμού οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας και συνακόλουθα ηλεκτρικής μέσω της γεννήτριας. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού κατόπιν επιστρέφει στο φυσικό ταμιευτήρα ακολουθώντας τη φυσική της ροή.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της υδροηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από μονάδες μικρής και μεγάλης κλίμακας είναι:

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις απαιτηθεί, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς που απαιτούν σημαντικό χρόνο προετοιμασίας, και ότι είναι μία “καθαρή” και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Επίσης μέσω των υδατοταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, περιοχών αναψυχής και αθλητισμού.

Μειονεκτήματα της χρήσης της ενέργειας αυτής είναι:

Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης εξοπλισμού, καθώς και ο συνήθως μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την αποπεράτωση του έργου, η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου, καθώς και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης γης. Επιπλέον, σε περιοχές δημιουργίας μεγάλων έργων υπάρχουν αλλαγές του μικροκλίματος, αλλά και αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας τους.

Για τους λόγους αυτούς, η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή έργων μικρότερης κλίμακας, όπως η δημιουργία μικρότερων φραγμάτων, οι συστοιχίες μικρών υδροηλεκτρικών έργων και οι μονάδες μικρής κλίμακας.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται ολοένα πιο επιτακτική η ανάγκη αξιοποίησης εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης, σε συνδυασμό με τη μείωση των αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων και τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον από την εκτεταμένη χρήση τους, το παγκόσμιο ενδιαφέρον στρέφεται στην ανάπτυξη τεχνολογιών των προς εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.2.2.2 Πλεονεκτήματα των ΑΠΕ

Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης ΑΠΕ προσδιορίζονται κυρίως σε θέματα που έχουν άμεση επίδραση στο περιβάλλον. Πιο αναλυτικά η χρήση των ΑΠΕ αποφέρει τα εξής πλεονεκτήματα :

- Συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους οι οποίοι οδηγούν στην άμβλυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, λόγω του ότι συνεισφέρουν στον περιορισμό της εκπομπής των 6 αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αυτά τα αέρια είναι: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆.
- Συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς, κάτι το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας.
- Δίνουν τη δυνατότητα της ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, με διαφορετικές λύσεις για διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες (για παράδειγμα χρήση ηλιακής ενέργειας για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, χρήση αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή κ.ά.).
- Επίσης η χρήση των ΑΠΕ έχει ως αποτέλεσμα, την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την προσέλκυση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας),
- Τέλος το χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.

Αξιολογώντας τα παραπάνω έξι κύρια πλεονεκτήματα που αποφέρει η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απορρέει ορθώς το συμπέρασμα ότι είναι απαραίτητη η στροφή σε αυτήν την κατηγορία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

1.2.2.3 Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Παρά τα πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα της χρήσης των ΑΠΕ υπάρχουν και ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει η αξιοποίησή τους. Οι κυριότερες που μπορούν να διακριθούν είναι:

- Η πιθανή δυσκολία εύρεσης κατάλληλων τοποθεσιών για τις ΑΠΕ (πχ. περιοχές με αρκετή ηλιοφάνεια, περιοχές με υψηλό ποσό μέσης ταχύτητας).
- Η δέσμευση καλλιεργήσιμης γης.
- Η οπτική ρύπανση.
- Σε ότι αφορά τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Το κυριότερό τους όμως μειονέκτημα είναι ότι έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Επομένως απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής, σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας και προς το παρόν, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Τέλος η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας είναι άμεσα εξαρτημένη από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ”

2.1 Γενικά

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια είναι πρακτικά ανεξάντλητη, λόγω του ότι προέρχεται από τον ήλιο, και επομένως δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών οι οποίες είναι: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος.

2.2 Ηλιακή ακτινοβολία

Η μέση τιμή της έντασης της ακτινοβολίας, που προσπίπτει σε κάθετο επίπεδο στις ακτίνες του ήλιου, στα όρια της ατμόσφαιρας είναι 1353 W/m²(ηλιακή σταθερά). Η μεταβολή της απόστασης ηλίου-γης προκαλεί μεταβολή της έντασης κατά 3% και η δράση των ηλιακών κηλίδων κατά 2%. Το ποσοστό της ελάττωσης της ακτινοβολίας, εξαρτάται από το μήκος της διαδρομής μέσα στην ατμόσφαιρα και από την κατάσταση της τελευταίας (συννεφιά, αιωρούμενα σωματίδια). Η ελάττωση αυτή οφείλεται στη σκέδαση από τα μόρια του αέρα, τους υδρατμούς και της σκόνης και την απορρόφηση από το O₃, το H₂O και το CO₂. Η απορρόφηση δε γίνεται ομοιόμορφα, αλλά επιλεκτικά κατά ζώνες φάσματος.

Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας εκτός της ατμόσφαιρας ισοδυναμεί με την εκπομπή μελανός σώματος 5762oK. Το φάσμα αυτό είναι συνεχές από 200 περίπου nm μέχρι 3000 nm

με αιχμή γύρω στα 4800 nm. Η ατμόσφαιρα δεν μειώνει μόνο την ποσότητα, αλλά αλλάζει και τη φασματική σύνθεση της ακτινοβολίας. Το μεσημέρι μιας τυπικής μέρας, όταν δηλαδή ο ήλιος είναι στο ζενίθ, η ένταση της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο είναι 1kW/m^2 , τα 20% με 25% του οποίου οφείλονται στη διάχυτη. Η ένταση δεν είναι σταθερή, αλλά λόγω της περιστροφής της γης παρουσιάζει μεγάλη χρονική διακύμανση αφενός μεταξύ της μέγιστης τιμής την ημέρα και της μηδενικής τη νύχτα και αφετέρου διακύμανση ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και την εποχή του έτους.

Η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Είναι δεδομένο ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια επίπεδη επιφάνεια γίνεται σημαντικά μεγαλύτερη όταν βρίσκεται σε κατάλληλη κλίση, ώστε η πρόσπτωση των ακτινών να γίνεται κάθετα. Στην περίπτωση αυτή η μέγιστη ισχύς της ακτινοβολίας το ηλιακό μεσημέρι στις ευνοϊκότερες ημέρες του έτους δε διαφέρει παρά πολύ από τόπο σε τόπο και η τιμή 1kW/m^2 αποτελεί μια πολύ χονδρική, αλλά πάντως γενικά αποδεκτή προσέγγιση.

Στη διάρκεια του έτους, στο βόρειο ημισφαίριο, ο αριθμός των φωτεινών ωρών της ημέρας, η μέγιστη ισχύς καθώς και συνολική ημερήσια ενέργεια που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια, φτάνουν στις μέγιστες τιμές τους στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο) και πέφτουν στις αντίστοιχες ελάχιστες τιμές τους στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο). Στις επιφάνειες, όμως που βρίσκονται σε κλίση ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου, η μέγιστη τιμή της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι στα ηλιακά μεσημέρια των ισημεριών (21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου), διότι τότε δέχονται κάθετα τις ακτίνες του ήλιου. Επίσης όταν ο ουρανός έχει σύννεφα, η μεταβολή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης γίνεται ανώμαλη.

2.2.1 Ηλιακή σταθερά

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που διαμορφώνουν την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η θέση του ήλιου σε σχέση με το σημείο της γης που δέχεται την ακτινοβολία.

Ως ηλιακή σταθερά ορίζεται η ροή της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία μοναδιαία επιφάνεια κάθετη στις ακτίνες του ήλιου στο όριο της ατμόσφαιρας: $G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$ τιμή που έχει προταθεί με αβεβαιότητα 1%. Όπως είναι γνωστό η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μεταβάλλεται κατά την διάρκεια του 24-ώρου, λόγω περιστροφής της γης περί τον άξονά της και κατά την διάρκεια του έτους, λόγω της περιστροφής της γης γύρω από τον ήλιο σε ελλειπτική τροχιά, το επίπεδο της οποίας ονομάζεται εκλειπτική. Η μεταβολή της απόστασης της γης από τον ήλιο έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας.

2.2.2 Ηλιοφάνεια

Εκτός από τη μέση ημερήσια ενέργεια από τον ήλιο σε μηνιαία και ετήσια βάση, σε οριζόντιο επίπεδο, χαρακτηριστικό στοιχείο μιας περιοχής είναι η ηλιοφάνειά της. Η ηλιοφάνεια εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και από τη θέση και την διαμόρφωση της περιοχής. Τα χαρακτηριστικά αυτά πιθανόν να ευνοούν την ανάπτυξη νεφώσεων, με αποτέλεσμα την μείωση των ηλιόλουστων ημερών. Η ηλιοφάνεια εκφράζεται σε πλήθος ωρών ανά μήνα και ανά έτος, κατά τις οποίες ο ήλιος είναι ορατός στον ουρανό. Στην περίπτωση της Ελλάδας, έχει παρατηρηθεί ότι η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, είναι η περιοχή της Ιεράπετρας της Κρήτης με 3108 ώρες ετησίως.

2.3 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι η άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Μπεκερέλ (Becquerel). Αυτή η μετατροπή πραγματοποιείται με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή όπως αλλιώς ονομάζονται ηλιακά κύτταρα ή ηλιακές κυψέλες). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με τη μορφή ενός δίσκου που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία.

Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, δημιουργείται μία περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερων ηλεκτρονίων και οπών) πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας. Αυτοί οι φορείς, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντίθετου πρόσημου, μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n, οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ηλεκτροστατικού της πεδίου. Με τον τρόπο αυτό, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Η εκδήλωση της τάσης αυτής ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Η διάταξη αποτελεί μία πηγή ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου. Όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται κατάλληλη ακτινοβολία, διεγείρεται παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα, που η τιμή του θα είναι ανάλογη προς τα φωτόνια που απορροφά το στοιχείο.

Δηλαδή η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

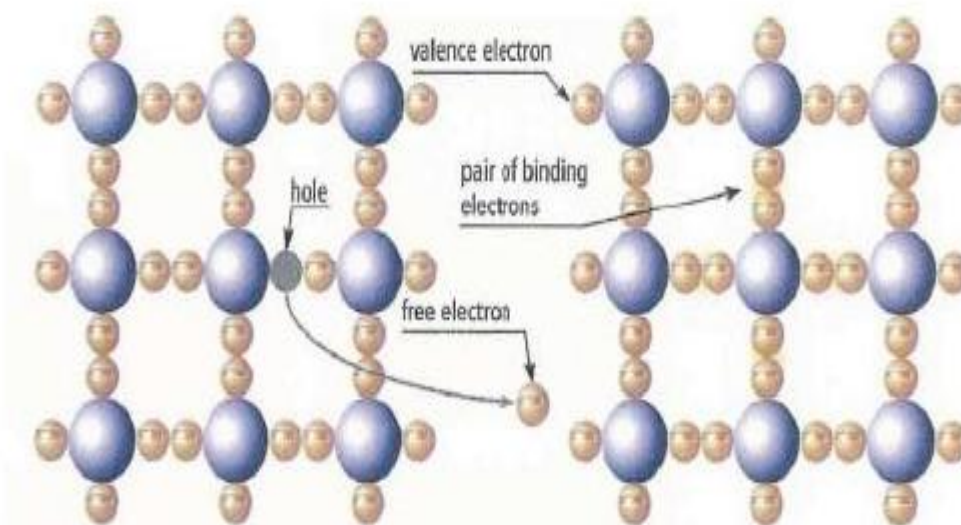
Η αποδοτική λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στην πρακτική εκμετάλλευση του παραπάνω φαινομένου. Εκτός από τις προσμίξεις των τμημάτων p και n μιας ένωσης υλικού από τον ίδιο βασικά ημιαγωγό, το ενσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο, που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση ενός ηλιακού στοιχείου, αλλά και κάθε φωτοβολταϊκής διάταξης, μπορεί να προέρχεται επίσης και από διόδους άλλων π.χ. από διόδους Σότκυ που σχηματίζονται όταν έρθουν σε επαφή ένας ημιαγωγός με ένα μέταλλο.

Συμπερασματικά, η συνεργασία των δύο προαναφερθέντων παραγόντων, του ενδογενούς ηλεκτρικού πεδίου των δύο σε επαφή φωτοαγωγίων υλικών και του φωτός, παράγει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

2.3.1 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο και οι ημιαγωγοί

Τα κύρια συστατικά κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ή φωτοστοιχεία ή ηλιακά κύτταρα ή κυψελίδες. Αυτά είναι δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή δίσκου, που καθώς δέχονται στην επιφάνεια τους την ηλιακή ακτινοβολία εκδηλώνουν μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην εμπρός και στην πίσω όψη τους.

Οι ημιαγωγοί είναι στοιχεία τετρασθενή με τετραδική κρυσταλλική δομή όπως το πυρίτιο (Si). Στα στοιχεία αυτά δεν υπάρχουν ελεύθεροι φορείς ηλεκτρικού ρεύματος και δε διαθέτουν ηλεκτρική αγωγιμότητα στην υποθετική περίπτωση που ο ημιαγωγός βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, δηλαδή είναι εντελώς υποβαθμισμένος ενεργειακά. Όταν όμως απορροφήσουν κάποια αξιόλογη ενέργεια πραγματοποιείται μια ριζική μεταβολή. Τέσσερα από τα πέντε ηλεκτρόνια σθένους κάθε ατόμου P, ενώνονται με τα ηλεκτρόνια σθένους των γειτονικών ατόμων Si και σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς. Το πέμπτο ηλεκτρόνιο που ονομάζεται φορέας πλειονότητας συγκρατείται πολύ χαλαρά από το θετικό πυρηνικό φορτίο του P και με λίγη ενέργεια μπορεί να αποσπασθεί και να κινηθεί σαν ελεύθερο ηλεκτρόνιο, αφήνοντας ένα ανιόν (P⁺) που μένει ακίνητο στο πλέγμα. Επομένως το πεντασθενές άτομο συμπεριφέρεται στο πλέγμα σαν δότης ηλεκτρονίων.



Σχήμα 2.1 Δημιουργία οπών και απελευθέρωση ηλεκτρονίων σθένους.

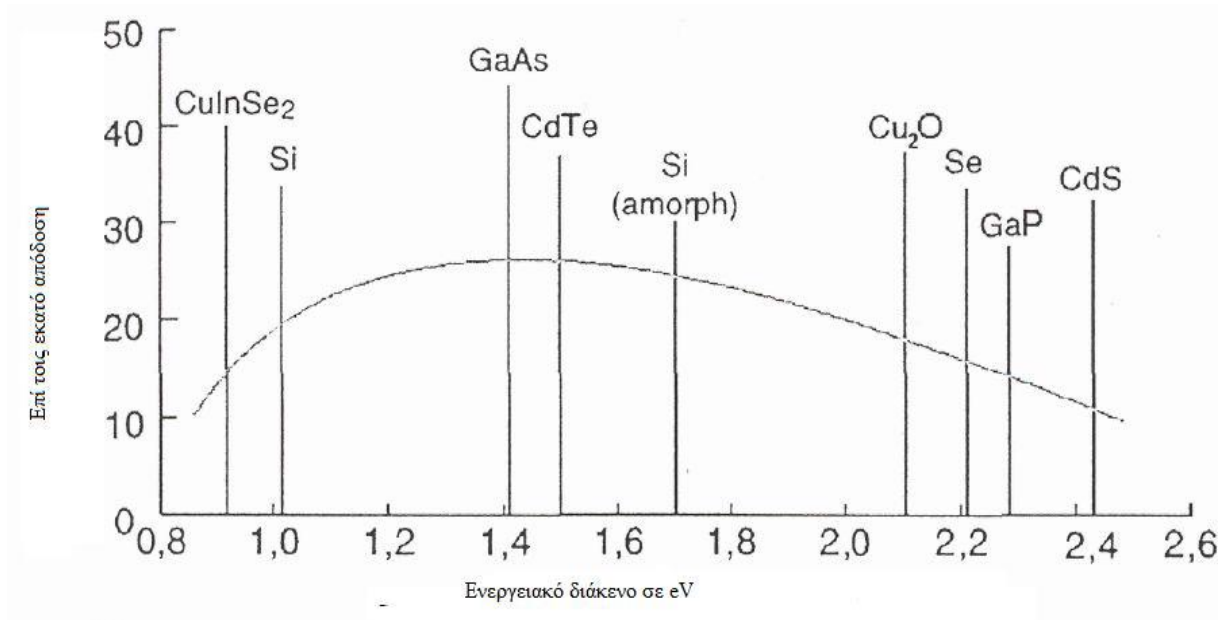
Με την πρόσμιξη τρισθενών ατόμων B σε πλεγματικές θέσεις του Si, δημιουργούνται κενές θέσεις ηλεκτρονίων στους δεσμούς. Με την απορρόφηση ενός μικρού ποσού ενέργειας, ένα ηλεκτρόνιο από ένα γειτονικό πλήρη δεσμό μπορεί να καλύψει την κενή θέση, αφήνοντας παράλληλα στην προηγούμενη θέση του μια οπή και μετατρέποντας το άτομο B σε κατιόν (B⁻).

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την ένταση ακτινοβολίας που δέχονται, ένα ηλιακό κύτταρο μπορεί να δώσει τάση μέχρι 0,5- 1,0 Volt και πυκνότητα ρεύματος μέχρι 20-40 mA ανά cm² της επιφάνειάς του.

Το είδος του ημιαγωγού που επιλέγεται ως υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων καθορίζεται με κυριότερο κριτήριο, την τιμή του ενεργειακού διακένου του η οποία καθορίζει και την απόδοση του στοιχείου.

Ως συντελεστής απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ορίζεται ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το στοιχείο προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνεια του.

Οι μεγαλύτερες θεωρητικές αποδόσεις μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι περίπου 25% και μπορούν να πραγματοποιηθούν με φωτοβολταϊκά στοιχεία από ημιαγωγούς με ενεργειακό διάκενο περίπου 1,5 eV.



Σχήμα 2.2 Μέγιστα επίπεδα της απόδοσης διαφόρων ηλιακών κυττάρων σε συνάρτηση με το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού σε κανονικές συνθήκες.

2.4 Διαχωρισμός των φωτοβολταϊκών στοιχείων

2.4.1 Οι βασικές κατηγορίες

Το φωτοβολταϊκό κύτταρο είναι το βασικό στοιχείο εκμετάλλευσης του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Όμως για την αύξηση της παραγόμενης ισχύος τα ηλιακά κύτταρα συνενώνονται ηλεκτρικά μεταξύ τους, διαμορφώνοντας την μικρότερη αξιοποιήσιμη αυτόνομη μονάδα που ονομάζεται φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι η βασική μονάδα του φωτοβολταϊκού συστήματος, ενώ η κατασκευή που εμπεριέχει τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ονομάζεται πάνελ, και αποτελείται συνήθως από 2-3 πλαίσια το ένα διπλά στο άλλο με κοινή ηλεκτρική σύνδεση και με κοινή βάση στήριξης. Ο μικρός αριθμός των πλαισίων είναι για να διευκολύνει την μεταφορά και την εγκατάσταση των πάνελ.

Οι αμέσως μεγαλύτερες μονάδες ονομάζονται συστοιχίες. Όλες αυτές οι κλίμακες είναι απαραίτητες για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας σε διαφορετικές καταστάσεις και χώρους, αξιοποιώντας καλύτερα τον εμβαδόν στην εκάστοτε περίπτωση.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από τον συντελεστή κάλυψης. Αυτός ο συντελεστής στην ουσία είναι ο λόγος της συνολικής ενεργούς επιφάνειας των φωτοβολταϊκών στοιχείων ως προς την συνολική επιφάνεια του πλαισίου. Όπως είναι αναμενόμενο τα φωτοβολταϊκά πλαίσια βελτιστοποιούνται ώστε τα φωτοβολταϊκά στοιχεία να καταλαμβάνουν ολοένα και μεγαλύτερη επιφάνεια στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φ/β στοιχείων είναι:

- Τεχνολογία παραγωγής ημιαγώγιμων υλικών με κρυσταλλική δομή, την πλειοψηφία των οποίων αποτελεί το πυρίτιο.
- Τεχνολογία λεπτών υμένων (thin film), η οποία ονομάζεται έτσι επειδή το πάχος των στοιχείων είναι πολύ μικρό.
- Άλλες τεχνολογίες.

2.4.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου

Το υλικό, που χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία των Φ/Β κυψελίδων, είναι το κρυσταλλικό πυρίτιο (Si) σε ποσοστό 85-90% . Το πυρίτιο είναι το κυρίαρχο υλικό στην κατασκευή φωτοβολταϊκών διότι έχει ικανοποιητικό συντελεστή απόδοσης και κυρίως διότι βρίσκεται σε αφθονία στη φύση. Είναι ενδεικτικό ότι το 87% του φλοιού της Γης αποτελείται από ορυκτά και πετρώματα πυριτίου. Είναι το δεύτερο σε ποσότητα χημικό στοιχείο μετά το οξυγόνο. Στην άμμο, το πυρίτιο περιέχεται με τη μορφή του οξειδίου του πυριτίου (SiO₂).

Το πυρίτιο για να χρησιμοποιηθεί σε φωτοβολταϊκές εφαρμογές πρέπει να υποστεί κάποιες διεργασίες, καθώς η συλλογή του γίνεται με 97-98% καθαρότητα και έτσι δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίησή του. Για αυτό το λόγο κάνουμε συνήθως χρήση της κλασματικής απόσταξης και έτσι το τελικό προϊόν χαρακτηρίζεται από υψηλή καθαρότητα 99,99999%.

Την αξιοποίηση του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, είχαμε στα πρώτα φωτοβολταϊκά που κατασκευάστηκαν. Στα θετικά της χρήσης του μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι ότι έχουν την υψηλότερη απόδοση μετατροπής της ηλιακής ενέργειας. Χαρακτηρίζονται όμως από το ότι απαιτούν πρώτη ύλη υψηλής καθαρότητας και επομένως από την υψηλότερη τιμή της αγοράς. Το πάχος του υλικού είναι σχετικά μεγάλο, γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοσή τους, με τη μορφή κυψελίδας, κυμαίνεται από ~ 21% έως ~24%, ενώ με τη μορφή των Φ/Β πλαισίων μεταξύ 13 έως 16%. Συνήθως το χρώμα αυτών των κυττάρων είναι σκούρο μπλε.



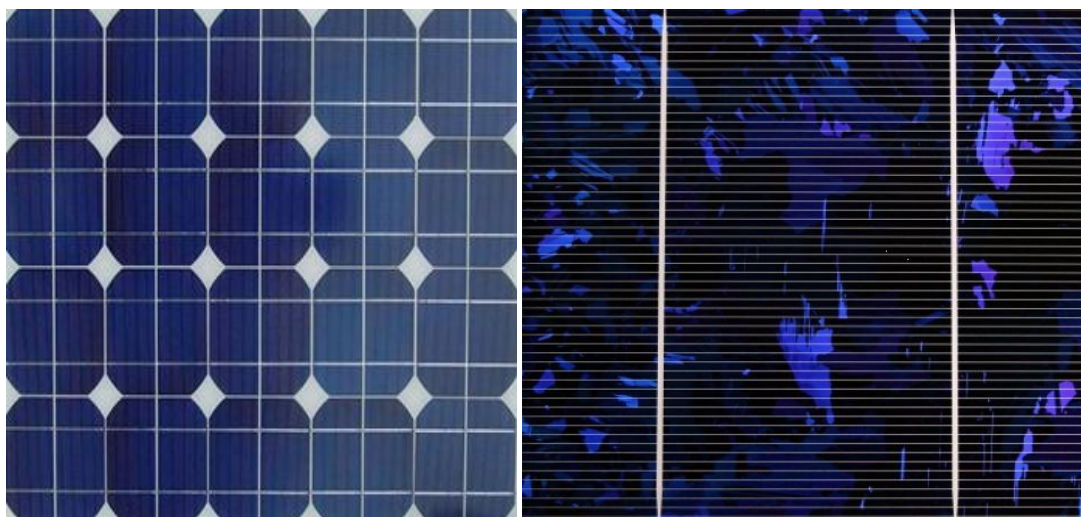
Σχήμα 2.3 φωτοβολταϊκό πάνελ μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες παραγωγής των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών. Η πρώτη εξ αυτών είναι η μέθοδος Float zone η οποία έχει το χαρακτηριστικό ότι μας δίνει υψηλότερης καθαρότητας πυρίτιο και επομένως τα Φωτοβολταϊκά μας στοιχεία έχουν μεγαλύτερη απόδοση. Η δεύτερη μέθοδος ονομάζεται Czochralski και χαρακτηρίζεται από χαμηλότερο κόστος παραγωγής. Οι δύο παραπάνω μέθοδοι έχουν μικρές διαφορές αφού και οι δύο βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.

Εκτός όμως από το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, το οποίο όπως είπαμε χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος έχει αναπτυχθεί η χρήση του πολυκρυσταλλικού πυριτίου, το οποίο αποτελείται από ενώσεις κόκκων μονοκρυσταλλικού πυριτίου οι οποίοι έχουν διάφορες διαστάσεις. Το πυρίτιο αυτό λόγω της μη ομοιόμορφης κρυσταλλικής δομής που έχει παρουσιάζει μικρότερη ενεργειακή απόδοση, ειδικά στις διαχωριστικές επιφάνειες οι οποίες εμποδίζουν την ροή των φορέων και επιτρέπουν την ύπαρξη επιπλέον ενεργειακών στοιβάδων στην απαγορευμένη ζώνη κάτι που έχει ως αποτέλεσμα οι επανασυνδέσεις των φορέων να είναι πιο συχνές. Ένας τρόπος μείωσης των απωλειών επανασύνδεσης στις διαχωριστικές περιοχές είναι να χρησιμοποιηθούν κόκκοι μεγάλου μεγέθους.

Σε ότι αφορά την απόδοση των φωτοβολταϊκών από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο είναι σαφώς μικρότερη από αυτή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου κυμαινόμενη από 13% έως 15% σε εργαστηριακές εφαρμογές, ενώ 13%-15% για φωτοβολταϊκά βιομηχανικού τύπου.

Για την παραγωγή του πολυκρυσταλλικού πυριτίου λαμβάνεται υψηλής καθαρότητας πυρίτιο το οποίο θερμαίνεται μέχρι να υγροποιηθεί σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και τοποθετείται σε δοχεία με τετραγωνική βάση και αφήνεται να πάρει ξανά στερεή μορφή. Το συγκεκριμένο στερεό μπορεί να κοπεί σε επιμέρους τετραγωνικές πλάκες κάτι που παρέχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τους δίσκους που είναι κυκλικοί και έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερος συντελεστής κάλυψης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου.



Σχήμα 2.4 φωτοβολταϊκό πάνελ πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Μια νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι αυτή που κάνει χρήση της ταινίας πυριτίου. Η ταινία αυτή είναι μια λεπτή ταινία κατασκευασμένη από τηγμένο υλικό πολυκρυσταλλικού πυριτίου πάχους 0,3 χιλιοστών. Η βιομηχανική παραγωγή της ταινίας αυτής είναι περιορισμένη λόγω της πολύ μικρότερης απόδοσης της ταινίας συγκριτικά με τις παραπάνω μεθόδους καθώς το ποσοστό αυτό κυμαίνεται από 12% έως 13% .

2.4.3 Τεχνολογία λεπτών φιλμ (Thin film)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που προαναφέρθηκαν έχουν μεγάλο όγκο εάν αναλογιστεί κανείς ότι το μεγαλύτερο μέρος της απορρόφησης της φωτεινής ακτινοβολίας λαμβάνει χώρα στα 30-50 μm . Ο μεγάλος αυτός όγκος ισοδυναμεί με μεγάλο κόστος. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο υπάρχει αύξηση της χρήσης λεπτών υμένων με φθηνότερα υλικά χαμηλής όμως απόδοσης. Είναι δεδομένο ότι τα φωτόνια απορροφούνται ευκολότερα στους ημιαγωγούς άμεσου ενεργειακού διακένου και επομένως δεν είναι απαραίτητο να έχουν ιδιαίτερα μεγάλο πάχος.

Τα φωτοβολταϊκά λεπτού φιλμ έχει παρατηρηθεί ότι αποδίδουν καλύτερα σε χαμηλή ακτινοβολία καθώς και σε υψηλές θερμοκρασίες. Ένα άλλο πλεονέκτημά τους είναι ότι τα περισσότερα εξ αυτών είναι ανακυκλώσιμα καθώς και ότι λόγω της εύκαμπτης δομής τους, έχουν την δυνατότητα να ενσωματώνονται σε καμπύλες επιφάνειες.

Τα φωτοβολταϊκά αυτά είναι κυρίως τα εξής:

- Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός ο οποίος έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

- Τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι αρκετά χαμηλή. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου.

Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά αυτά κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα και 14%. Το πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Παρουσιάζει όμως το μειονέκτημα ότι έχει χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκα στοιχεία.

Υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

- Το Αρσενιούχο Γάλλιο (GaAs). Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενιούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%.

Επίσης τα φωτοβολταϊκα στοιχεία *GaAs* είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές *ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators)*. Τα φωτοβολταϊκα στοιχεία *GaAs* έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για *διαστημικές εφαρμογές*. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού *GaAs* υποστρώματος.

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

2.4.4 Άλλες τεχνολογίες

Λόγο αύξησης της χρήσης των φωτοβολταϊκών συνεχώς εξελίσσεται η παραγωγική τους διαδικασία και διαμορφώνονται νέες τεχνολογίες στην παραγωγή τους αυτή. Οι τρεις από αυτές τις νέες τεχνολογίες που έχουν ξεχωρίσει είναι οι εξής:

- Τα Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si). Υπάρχει μια υποκατηγορία που χρησιμοποιεί τα ηλιακά κύτταρα κβαντικών τελιών και ξεχωρίζουν λόγω της ευκαμψίας τους, το χαμηλό τους κόστος αλλά κυριότερα για την απόδοσή τους η οποία αγγίζει το 65%.

- Τα Ηλεκτροχημικά Στοιχεία, στα οποία η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας λαμβάνει χώρα σε οργανικά συστήματα. Ομοίως με τα προηγούμενα παρουσιάζουν ευκαμψία, ενώ χαρακτηρίζονται επιπλέον και από πολυχρωμία λόγω των χρωστικών τους ουσιών. Τα στοιχεία αυτά έχουν ιδιαίτερα μικρό κόστος παραγωγής, κάτι που αντισταθμίζει την πολύ χαμηλή τους απόδοση καθώς και την μικρή διάρκεια ζωής τους.

- Τέλος έχουμε τα φωτοβολταϊκά πλαίσια εύκαμπτης βάσης τα οποία κατασκευάζονται από υπολείμματα πυριτίου που έχουν την μορφή μικρών σφαιριδίων τοποθετημένα ανάμεσα σε δύο φύλλα αλουμινίου. Τα πολύ φθηνά αυτά σφαιρίδια λειτουργούν το καθένα ως ανεξάρτητο. Τα χαρακτηριστικά αυτού του τύπου φωτοβολταϊκών, είναι ότι είναι ιδιαίτερα εύκαμπτα, και λόγω της επιφάνειας του φωτοβολταϊκού που είναι γεμάτη φυσαλίδες αυξάνει την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας παρέχοντας μας έτσι απόδοση της τάξεως του 11%. Επίσης έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι πολύ ελαφριά, κάτι που μειώνει παράλληλα και το κόστος στήριξης.

2.5 Χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών στοιχείων

2.5.1 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φωτοβολταϊκών στοιχείων

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο, ουσιαστικά είναι μία δίοδος p-n επαφής, που χαρακτηρίζεται από ρεύμα ορθής πόλωσης. Το ρεύμα ορθής πόλωσης δημιουργείται όταν συνδέσουμε τον αρνητικό πόλο μίας εξωτερικής πηγής τάσης στην πλευρά τύπου -n καθώς και τον θετικό πόλο στην πλευρά τύπου -p.

Η βασική εξίσωση του ιδανικού ηλιακού κυττάρου είναι η εξής:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) - I_L$$

Όπου

V = η τάση του κυττάρου.

I_L = το φωτόρευμα.

I = το ρεύμα του κυττάρου.

I_0 = το ρεύμα κόρου της διόδου που δίνεται από τη σχέση:

$$I_0 = A \left(\frac{qD_e n_i^2}{L_e N_A} + \frac{qD_h n_i^2}{L_h N_D} \right)$$

Όπου

L_e = μήκος διάχυσης ηλεκτρονίων = $\sqrt{D_e \tau_e}$.

τ_e = διάρκεια ζωής ηλεκτρονίων σαν φορέων μειονότητας = ο χρόνος μεταξύ της δημιουργίας ενός φορέα σε υλικό που αποτελεί φορέα μειονότητας και της επανασύνδεσης του με φορέα πλειονότητας.

L_h = μήκος διάχυσης οπών = $\sqrt{D_h \tau_h}$.

τ_h = διάρκεια ζωής οπών σαν φορέων μειονότητας.

A = διατομή του κυττάρου.

$n_i = n = p$ = η ενδογενής συγκέντρωση ηλεκτρονίων (οπών) σε καθαρό κρύσταλλο πυριτίου.

Επειδή όμως κανένα ηλιακό κύτταρο δεν είναι ιδανικό τοποθετείται το μη ιδανικό τμήμα του φωτοβολταϊκού στοιχείου, το οποίο περιλαμβάνει την αντίσταση απωλειών διαρροής του ρεύματος μεταξύ των άκρων του φωτοβολταϊκού στοιχείου, που είναι παράλληλα συνδεδεμένη στα άκρα της διόδου, και την αντίσταση απωλειών στο δρόμο ροής του ρεύματος της διόδου, που αντιπροσωπεύεται από αντίσταση συνδεδεμένη σε σειρά με τη δίοδο. Η χαρακτηριστική εξίσωση για το παραπάνω ηλιακό κύτταρο είναι η εξής:

$$I = I_L - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{AKT} \right] - 1 \right\} - \frac{V}{R_{sh}}$$

όπου

I = το ρεύμα στην έξοδο του κυττάρου.

I_L = φωτόρευμα.

I_0 = ρεύμα κόρου διόδου.

q = φορτίο ηλεκτρονίου.

V = τάση στην έξοδο του κυττάρου.

R_{sh} = σε σειρά αντίσταση του κυττάρου. Παριστάνει σε συγκεντρωμένη μορφή όλα τα κατανεμημένα στοιχεία αντίστασης κατά τη ροή των φορέων στον κυρίως ημιαγωγό, την επιφανειακή ροή στον ημιαγωγό (συνήθως τύπου-n) που βρίσκεται στην πλευρά που προσπίπτει το φως και αποτελείται από πολύ λεπτό στρώμα, την ενδοεπιφάνεια μεταξύ ημιαγωγού-ωμικής επαφής και την ωμική επαφή. Τυπικές τιμές της RS , για καλής ποιότητας Φ/Β στοιχεία: 0,1 Ω έως 0,3 Ω.

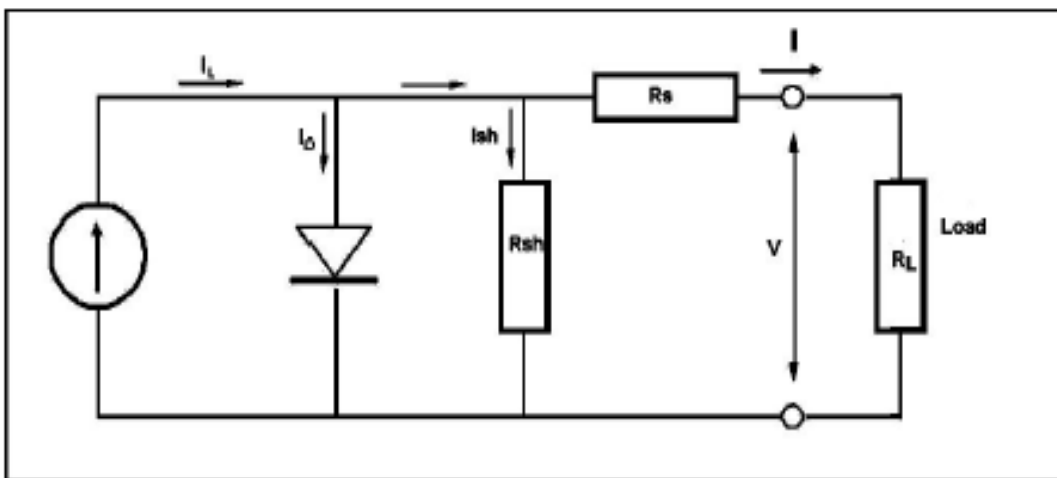
τάση της διόδου επαφής μέσα στο κύτταρο.

A = σταθερά με τιμές 1 και 2.

K = Σταθερά Boltzmann.

T = απόλυτη θερμοκρασία.

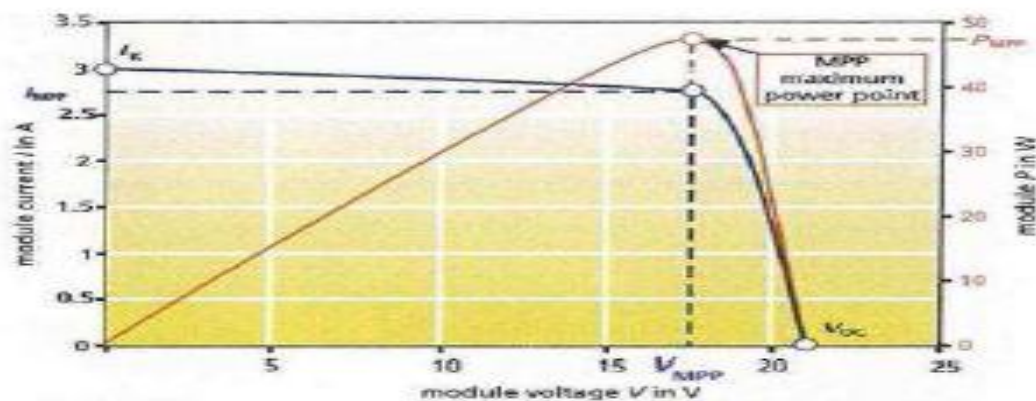
R = παράλληλη αντίσταση του κυττάρου. Σχετίζεται με τη διαρροή του ρεύματος μεταξύ των άκρων της επαφής p-n. Αφορά διαδρομές ρεύματος διαρροής στο εσωτερικό της επαφής p-n, μεταξύ σημείων που βρίσκονται σε διαφορά δυναμικού ίση με την τάση στα άκρα της διόδου. Η τιμή της Rsh σε πολύ καλής απόδοσης Φ/Β στοιχεία είναι μεγαλύτερη των 103 Ω.



Σχήμα 2.5 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου.

2.5.2 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V και P-V

Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτρικές πηγές, οι οποίες διατηρούν σταθερή περίπου τάση στην περιοχή της κανονικής τους λειτουργίας, η τάση των ΦΒ στοιχείων μεταβάλλεται ριζικά (και μη γραμμικά) σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος που δίνουν στο κύκλωμα, ακόμα και εάν η ακτινοβολία που δέχονται παραμένει σταθερή. Η μεταβολή της τάσης V σε συνάρτηση με την ένταση I ενός ΦΒ στοιχείου ορίζει την καμπύλη I-V.



Σχήμα 2.6 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V και P-V και σημείο μέγιστης απόδοσης (MPP).

Για τη μέγιστη δυνατή απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου και επομένως, τη μέγιστη δυνατή ισχύ στην έξοδο του πλαισίου, θα πρέπει αυτό να λειτουργεί σε ένα συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας της χαρακτηριστικής καμπύλης I-V, κάτω υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες. Το σημείο αυτό, ονομάζεται και σημείο μέγιστης ισχύος (Maximum Power Point, MPP). Έτσι στο Σχήμα 2.2 απεικονίζεται μια τυπική καμπύλη I-V για ένα ΦΒ στοιχείο πυριτίου, καθώς και η αντίστοιχη καμπύλη P-V του ΦΒ στοιχείου που προκύπτει, όπου P είναι η ισχύς που αποδίδεται. Σε κατάσταση βραχυκύκλωσης του ΦΒ στοιχείου, η ένταση του ρεύματος παίρνει τη μέγιστή της τιμή I_{sc} , ενώ η τάση μηδενίζεται. Σε κατάσταση ανοιχτοκύκλωσης του ΦΒ στοιχείου, η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται, αλλά η τάση παίρνει τη μέγιστή της τιμή V_{oc} .

Επομένως, στη βραχυκυκλωμένη και στην ανοιχτοκυκλωμένη κατάσταση η ισχύς P του ΦΒ στοιχείου μηδενίζεται. Στο υπόλοιπο τμήμα της καμπύλης I-V, η ισχύς είναι μεγαλύτερη του μηδενός (αφού $I > 0$ και $V > 0$), επομένως υπάρχει ένα σημείο στη λειτουργία ενός ΦΒ στοιχείου στο οποίο η αποδιδόμενη ισχύς P μεγιστοποιείται. Είναι πολύ σημαντικό η λειτουργία ενός ΦΒ συστήματος να βρίσκεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο μέγιστης ισχύος (maximum power point – MPP), έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοσή του.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά, τα οποία ελέγχονται σε ένα παρασκευασμένο ΦΒ στοιχείο, είναι η ενεργειακή απόδοση, το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} σε συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού (πυκνότητα ισχύος και φάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας) και θερμοκρασίας του στοιχείου. Τέλος είναι πολύ σημαντικός ο παράγων πλήρωσης FF.

Ο παράγων πλήρωσης FF ή αλλιώς συντελεστής ποιότητας, χαρακτηρίζει την ποιότητα ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου. Ο συντελεστής αυτός ορίζεται ως το πηλίκο της μέγιστης ισχύος δια του γινομένου $I_{sc} \cdot V_{oc}$. Η τιμή του παράγοντα αυτού καθορίζεται από τις εξωτερικές συνθήκες καθώς και από το υλικό του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Οι τυπικές τιμές του είναι 0,6-0,9. Η ιδανικότερη λειτουργία του φωτοβολταϊκού παρουσιάζεται όταν η τιμή του συντελεστή FF είναι πλησιέστερα στη μονάδα.

Η γνώση των χαρακτηριστικών αυτών μεγεθών επιτρέπει τον έλεγχο της αποδοτικότητας του ΦΒ στοιχείου κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, που να αντιπροσωπεύουν τυπικές καταστάσεις εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

2.6 Απώλειες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Γενικά το φωτοβολταϊκό κύτταρο έχει την δυνατότητα να αποδώσει περίπου 25% λόγω των διάφορων απωλειών που υπάρχουν. Μερικές από τις απώλειες αυτές είναι οι εξής:

- Οι αντιστάσεις R_s και R_{sh} οι οποίες συντελούν στην μείωση του συντελεστή πλήρωσης και επομένως του γενικότερου συντελεστή απόδοσης.
- Τα μεταλλικά ηλεκτρόδια συλλογής των φορέων και ιδιαίτερα το αρνητικό που βρίσκεται συνήθως στην πρόσοψη του φωτοβολταϊκού που βλέπει προς τον ήλιο και προκαλούν απώλεια της φωτεινής ακτινοβολίας λόγω της σκίασης και της κατάληψης του χώρου της ενεργής επιφάνειας.
- Η ανάκλαση του φωτός πάνω στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού. Αυτός ο παράγοντας δημιουργεί μια μείωση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας περίπου 30%. Αυτό το ποσοστό μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά κάνοντας χρήση στα φωτοβολταϊκά αντι-ανακλαστικής επίστρωσης ή ειδική επεξεργασία της επιφάνειάς τους.
- Επίσης ένα ποσοστό της τάξεως του 16% χάνεται επειδή μέρος των δημιουργημένων ηλεκτρονίων επανασυνδέονται στο εσωτερικό και την επιφάνεια της διάταξης, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να μην συμμετέχουν στο φαινόμενο.
- Ως τελευταίο παράγοντα έχουμε την ατελή εκμετάλλευση των φωτονίων, επειδή από την εισερχόμενη ακτινοβολία στο αρχικό ημιαγωγικό στρώμα, ένα ποσοστό της διέρχεται χωρίς απορρόφηση στο υλικό της επαφή με αποτέλεσμα να μην συμμετέχει στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Επίσης από τα υπόλοιπα φωτόνια τα οποία απορροφούνται στο εσωτερικό του ημιαγωγού δεν μετατρέπεται εντελώς η ενέργειά τους σε ηλεκτρική, επειδή λαμβάνουν την μορφή της κινητικής ενέργειας και η οποία μετατρέπεται ταχύτατα σε θερμική ενέργεια. Αναφορικά με την χρήση του πυριτίου οι απώλειες αυτές υπολογίζονται 23% και 33% αντίστοιχα.

2.7 Παράγοντες που επηρεάζουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι οι κάτωθι:

- **Η Σκίαση** είναι ένας εξωτερικός παράγοντας, ο οποίος παρουσιάζεται όταν έχουμε περιπτώσεις στις οποίες συναντώνται εμπόδια στον ορίζοντα των φωτοβολταϊκών πλαισίων, όπως είναι τα δέντρα, τα γύρω κτήρια ή άλλα αντικείμενα. Επίσης εμπόδια μπορούν να μετατραπούν και τα ίδια τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στην περίπτωση που δεν γίνει σωστή μελέτη του χώρου και τοποθέτησής τους σε αυτόν, αφού η μπροστά σειρά φωτοβολταϊκών μπορεί να καλύπτει τις επόμενες. Ο παράγοντας της σκίασης είναι πολύ σημαντικός αφού συντελεί στην αλλοίωση των χαρακτηριστικών των κυττάρων. Όταν αναφερόμαστε στην αλλοίωση των κυττάρων είναι βασικό να γνωρίζουμε ότι η αλλοίωση έστω και ενός κυττάρου μπορεί να είναι παράγοντας απώλειας ισχύος, ή ακόμη και καταστροφής του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Απώλεια Ισχύος μπορεί να προκαλέσει διότι, σε μία σύνδεση φωτοβολταϊκών στοιχείων, σε σειρά, η συνολική τάση θα είναι το άθροισμα των επιμέρους τάσεων των στοιχείων, αλλά το συνολικό ρεύμα θα είναι όσο το ρεύμα του καθενός στοιχείου. Αλλά στην περίπτωση που τα στοιχεία δεν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά, το στοιχείο με το μικροτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης θα καθορίσει το συνολικό ρεύμα σε ολόκληρο το κύκλωμα και επομένως εάν έχουμε πλήρη σκίαση του κυττάρου τότε το ρεύμα του συριακού κλάδου θα είναι μηδενικό.

Η ακραία περίπτωση της καταστροφής ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου μπορεί να συμβεί όταν υπάρχει παρατεταμένη σκίαση ενός κυττάρου σε συνδυασμό με τον έντονο φωτισμό των υπολοίπων κυττάρων. Αυτό το φαινόμενο δημιουργείται επειδή το σκιασμένο κύτταρο έχει την συμπεριφορά μίας απλής διόδου p-n, και επομένως στην περίπτωση κλειστού κυκλώματος η διόδος αυτή δέχεται ανάστροφη τάση. Αυτή η τάση με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν πολλά κύτταρα που λειτουργούν σωστά σε συνδυασμό με την υψηλή φωτεινότητα μπορεί να φτάσει την τάση διάσπασης και επομένως να καταστρέψει την σκιασμένη διόδο.

Λόγω του ότι η σκιασμένη κυψελίδα λειτουργεί ως αντίσταση παρατηρείται μια αυξανόμενη υπερθέρμανση η οποία μπορεί να προκαλέσει είτε το λιώσιμο των κολάσεων του πλαισίου, είτε το σπάσιμο του γυαλιού του πλαισίου, είτε στην χειρότερη περίπτωση την ολοκληρωτική καταστροφή του στοιχείου. Η καταστροφή του στοιχείου συνεπάγεται και στην αχρήστευση ολόκληρου του πλαισίου, λόγω της μη δυνατής αντικατάστασης του στοιχείου. Αυτή η ακραία περίπτωση μπορεί να αποφευχθεί εάν χρησιμοποιηθούν οι δίοδοι παράκαμψης.

• Επίδραση της θερμοκρασίας:

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών, επηρεάζεται επίσης σημαντικά από τη θερμοκρασία. Έχει παρατηρηθεί ότι οι μεγάλες θερμοκρασίες έχουν αρνητική επίδραση στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαφοράς δυναμικού του φωτοβολταϊκού στοιχείου και έτσι όταν ένα φορτίο συνδεθεί στα άκρα του, η διαφορά δυναμικού να είναι αισθητά μειωμένη. Υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας δημιουργούν μικροποσότητες ρεύματος το οποίο αυξάνει την τιμή του ρεύματος σκότους. Κάτω από συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών, το ρεύμα του σκότους που αναπτύσσεται είναι σχεδόν μηδενικό.

Ένας παράγοντας που επηρεάζει αισθητά την τιμή της θερμοκρασίας είναι η ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, καθώς μεγάλες ταχύτητες, έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Στην περίπτωση που υπάρχουν βόρειοι άνεμοι, η θερμοκρασία που επικρατεί είναι χαμηλή, με αποτέλεσμα τα φωτοβολταϊκά να λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με αυτές που θα λειτουργούσαν εάν υπήρχε άπνοια.

• Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας:

Όταν διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία του κυττάρου και τη φασματική κατανομή της Ακτινοβολίας, μεταβάλλεται η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, μεταβάλλεται και η $I-V$ χαρακτηριστική του κυττάρου και μάλιστα η απόκριση είναι πολύ γρήγορη. Για τους περισσότερους τύπους ηλιακών κυττάρων που έχουν σχεδιασθεί για λειτουργία σε ένταση ακτινοβολίας μιας περίπου ηλιακής σταθεράς, η μορφή της $I-V$ καμπύλης δε μεταβάλλεται ουσιαστικά με την ένταση στην περιοχή 0,5-2 ηλιακές σταθερές, το ρεύμα I_{sc} πρακτικά μεταβάλλεται αναλογικά με την ένταση, η τάση V_{oc} μεταβάλλεται λιγότερο. Επομένως η ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία και ως εκ τούτου, εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση εγκατάστασης του συστήματος.

• Ο παράγοντας της ρύπανσης:

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να μειωθεί από ρύπανση της επιφάνειάς τους, από την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, ή άλλων ρύπων. Έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση της απόδοσης σε αστικές κυρίως και βιομηχανικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η βροχή δεν έχει την δυνατότητα να την ξεπλύνει επαρκώς, με αποτέλεσμα να χρειάζεται να γίνεται περιοδικός καθαρισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων με απορρυπαντικό. Σε περιοχές με συχνές χιονοπτώσεις ή ανεμοθύελλες, οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως με κλίση 90° για την αποφυγή συσσώρευσης χιονιού.

2.8 Τα θετικά και τα αρνητικά της χρήσης φωτοβολταϊκών**2.8.1 Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών**

- Λειτουργούν χωρίς καύσιμα.
- Λειτουργούν και με νεφελώδη ουρανό (διάχυτη ακτινοβολία).
- Λειτουργούν αθόρυβα, καθαρά, χωρίς κατάλοιπα, αποφεύγοντας τη μόλυνση του περιβάλλοντος.
- Λειτουργούν χωρίς κινητά μέρη, με ελάχιστη συντήρηση.
- Είναι κατάλληλα για επιτόπιες εφαρμογές όπου δεν υπάρχει ή δε συμφέρει η επέκταση του ηλεκτρικού δικτύου.
- Είναι δυνατόν να συναρμολογηθούν τυποποιημένα στοιχεία μαζικής παραγωγής σε σύστημα οποιουδήποτε μεγέθους (και βαθμό απόδοσης πρακτικά ανεξάρτητο του μεγέθους) για να καλύψουν μικρές, μέσες και μεγάλες ενεργειακές ανάγκες.
- Δεν χρησιμοποιούν υγρά ή αέρια σε αντίθεση με τα θερμικά συστήματα.
- Κατασκευάζονται από πυρίτιο, ένα από τα πλέον εν αφθονία στοιχεία.
- Μεγάλες δυνατότητες σε μια ευρεία περιοχή ισχύων (από mW μέχρι MW).
- Έχουν μεγάλο λόγο ισχύος/βάρους επομένως κατάλληλα για εγκατάσταση σε στέγες.
- Πλέον αποδοτικά σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- Έχουν γρήγορη απόκριση σε ξαφνικές μεταβολές της ηλιοφάνειας.
- Αν ένα κομμάτι πάθει βλάβη το σύστημα συνεχίζει τη λειτουργία του μέχρι την αντικατάστασή του.

2.8.2 Τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών

- Τα φωτοβολταϊκά, καθώς και όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχουν υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και ασήμαντο λειτουργικό κόστος, αντίθετα με τις συμβατικές ενεργειακές τεχνολογίες που συνήθως έχουν σχετικά μικρότερο αρχικό επενδυτικό κόστος και υψηλά λειτουργικά κόστη. Λόγο αυτού του προβλήματος πολλές χώρες έχουν ξεκινήσει τα τελευταία χρόνια σημαντικά προγράμματα ενίσχυσης των φωτοβολταϊκών, με επιδοτήσεις τόσο της αγοράς και εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, όσο και της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας.

- Έχουν πολύ μικρό συντελεστή απόδοσης και επομένως για την λειτουργία τους είναι απαραίτητη μία μεγάλη επιφάνεια γης. Αυτό το μειονέκτημα είναι ιδιαίτερος αποτρεπτικό για περιπτώσεις εφαρμογής των φωτοβολταϊκών σε πόλεις καθώς ο χώρος είναι περιορισμένος.

- Ο απαραίτητος περιοδικός καθαρισμός της επιφάνειας των πλαισίων με απορρυπαντικό για να αποφευχθεί η μείωση της απόδοσης από τη ρύπανση (αιθάλη, σκόνη, αλάτι θαλάσσης κτλ).

- Είναι συνήθως απαραίτητη η αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς υπάρχει αστάθεια και μεγάλη διακύμανση της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Επομένως είναι ένας παράγοντας ο οποίος αυξάνει σημαντικά το κόστος της επένδυσης.

- Η εποχή του έτους σε συνδυασμό με το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία λαμβάνει χώρα η επένδυση μεταβάλλει καθοριστικά την παροχή και την απόδοση της ηλιακής ενέργειας.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ”

3.1 Γενικά

Η Αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας τους ανέμους. Λόγω της ιδιότητας του θερμού αέρα να διαστέλλεται, με συνέπεια να μειώνεται η πυκνότητα και το βάρος του, οι θερμές μάζες αέρα παρουσιάζουν ανοδική κίνηση. Οι ψυχρές όμως μάζες μετακινούνται προς τα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας, που έχουν κενωθεί. Η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις καθαρές ή πράσινες πηγές ενέργειας που δεν προκαλούν ρύπους. Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Είναι σημαντικό ότι δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Τέλος, είναι αποδεδειγμένο ότι τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα .

Η αξιοποίηση του ανέμου απασχόλησε τον άνθρωπο για χιλιάδες χρόνια και ήταν ο ρυθμιστής για την ανάπτυξη και την εξέλιξη της ανθρωπότητας καθώς χρησιμοποιήθηκε τόσο στην ναυτιλία και την άρδευση όσο και στις αγροτικές καλλιέργειες. Η οικονομική και παραγωγική δραστηριότητα των αρχαίων χρόνων τονίζεται με την αναφορά στον διαχειριστή των ανέμων τον Αίολο στην Ελληνική μυθολογία ,παρόμοιες αναφορές υπάρχουν σε κάθε αρχαίο πολιτισμό.

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον άνθρωπο για την κίνηση των ιστιοφόρων πλοίων. Ιστορικές αναφορές δείχνουν πως και άλλοι λαοί εκτός των Ελλήνων όπως οι Πέρσες, οι Αιγύπτιοι και οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν αιολικές μηχανές. Οι κατασκευαστικές τεχνικές δείχνουν ότι χρησιμοποιούνταν ανεμόμυλοι με κάθετους άξονες προκειμένου να αξιοποιούν τις δυνατότητες του αέρα. Ανεμόμυλοι τέτοιας τεχνοτροπίας υπήρχαν κυρίως στις Αραβικές χώρες. Ενώ την ιδέα της τεχνοτροπίας αυτής την μετέφεραν αργότερα στην Ευρώπη οι σταυροφόροι.

Στην Ευρώπη κυριάρχησαν οι ανεμόμυλοι οριζοντίου άξονα, με μια ελαφριά κλίση των περυγίων, στις αρχές του Μεσαίωνα. Η αύξηση της χρήσης της αιολικής ενέργειας στη Δυτική Ευρώπη ξεκίνησε από την Αγγλία και την Ολλανδία τον Μεσαίωνα. Οι ανεμόμυλοι την εποχή εκείνη χρησιμοποιούνταν κυρίως για άντληση νερού και για άλεσμα.

Η πρώτη απόπειρα να χρησιμοποιηθεί αιολική μηχανή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έγινε στα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα, με την ανεμογεννήτρια συνεχούς ρεύματος ισχύος 12 kW η οποία κατασκευάστηκε από τον Brush στις ΗΠΑ.

Στη χώρα μας χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά ανεμόμυλοι κυρίως στην Ανατολική Κρήτη για την άντληση ποτιστικού νερού από πηγάδια. Οι ανεμόμυλοι αυτοί είναι σιδερένιοι με υφασμάτινα πανιά, και αναφέρονται συγκεντρωμένοι κύρια στο οροπέδιο του Λασιθίου. Την εποχή της άνθησής τους, πριν το 1940, υπήρξαν χιλιάδες ανεμόμυλοι ενώ σήμερα λειτουργούν περίπου χίλιοι. Παράλληλα στη Σητεία αναφέρθηκε μια ενδιαφέρουσα μέθοδος αντλησιοταμίευσης, η οποία διερευνάται ως προς την οικονομικοτεχνική ελκυστικότητα της και σήμερα. Στην περίπτωση αυτή της Σητείας, η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται για την άντληση νερού με την βοήθεια ανεμόμυλων, το οποίο αποθηκεύεται σε υψηλή δεξαμενή. Στη συνέχεια η διαθέσιμη υδατόπτωση χρησιμοποιείται κατά βούληση σε προσκείμενους νερόμυλους. Σημαντικός αριθμός ανεμόμυλων βρέθηκε και στις Κυκλάδες, στη Ρόδο, στη Χίο και γενικότερα στα νησιά του Αιγαίου. Ο τύπος του ανεμόμυλου που αναπτύχθηκε στη πατρίδα μας είναι οριζοντίου άξονα, σε πέτρινο κτίσμα. Η πρώτη απόπειρα ηλεκτροπαραγωγής από αιολική ενέργεια, πραγματοποιείται στην Κύθνο, το 1982.

Στα στατιστικά στοιχεία τώρα, η υπεράκτια αιολική δυναμικότητα της Ευρώπης αυξήθηκε κατά 50% στο πρώτο δμηνο του 2012, σε σχέση με πέρυσι, δείχνουν στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (EWEA). Η έκθεση της EWEA «βασικές τάσεις και στατιστικά» αναφέρει ότι 132 νέες παράκτιες ανεμογεννήτριες, που παρέχουν 523 MW ισχύος, συνδέθηκαν πλήρως με το δίκτυο τους πρώτους 6 μήνες του 2012, συγκριτικά με τα 348.1 MW για την ίδια περίοδο το 2011.

Σε ότι αφορά τις κατασκευές των ανεμογεννητριών, από τον Ιανουάριο έχουν στηθεί 103 νέες ανεμογεννήτριες σε 5 αιολικά πάρκα αύξηση 95% σε σχέση με την αντίστοιχη περίοδο το 2011. Ο μέσος όρος μεγέθους των ανεμογεννητριών αυξήθηκε στα 4MW, αύξηση 14% συγκριτικά με το 2010, ενώ κατά 30% περισσότερες ανεμογεννήτριες συνδέθηκαν στο δίκτυο.

Είναι γεγονός πλέον ότι από το 2012 Ευρωπαϊκή Ένωση έχει περάσει το ορόσημο των 100 GW της εγκατεστημένης ισχύος σε αιολική ενέργεια, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (EWEA), εθνικός εκπρόσωπος της οποίας είναι η ΕΛΕΤΑΕΝ. Τα 100 GW αιολικής ισχύος έχουν τη δυνατότητα να παράγουν, σε ένα χρόνο, ηλεκτρική ενέργεια που καλύπτει την κατανάλωση 57 εκατομμυρίων νοικοκυριών, κάτι που ισοδυναμεί με την παραγωγή ενέργειας από 39 πυρηνικούς σταθμούς.

Χρειάστηκε 20 περίπου χρόνια, ο ευρωπαϊκός κλάδος αιολικής ενέργειας, για να αγγίξει τα πρώτα 10 GW και 13 χρόνια για να προστεθούν επιπλέον 90 GW. Ο Διευθύνων Σύμβουλος της EWEA, Christian Kjaer, δήλωσε: «Η παραγωγή 100 GW ηλεκτρικής ισχύος από τον άνεμο ισοδυναμεί με την καύση 72 εκατ. τόνων άνθρακα ετησίως, τα οποία για να μεταφερθούν χρειάζονται 72.000 βαγόνια συνολικού μήκους 11.500 χιλιομέτρων, δηλαδή όσο απέχουν οι Βρυξέλλες από το Μπουένος Άιρες».

Σε ότι αφορά την Ελλάδα τώρα, ο δεσμευτικός στόχος για τη διείσδυση των ΑΠΕ καθορίστηκε σε 18% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020 σύμφωνα με την οδηγία 2009/28.

Σε εναρμόνιση με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, η ελληνική νομοθεσία έθεσε υψηλότερους στόχους για το ελληνικό ενεργειακό σύστημα το 2020, ως εξής:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 10%.
- Συμμετοχή στην ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ στη ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας κατά 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές κατά 20%.
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 40%.

Οι στόχοι αυτοί σε ότι αφορά την αιολική ενέργεια μεταφράζονται, σε συνολική εγκατάσταση περίπου 10.000 MW το 2020.

3.2 Το αιολικό δυναμικό

3.2.1 Τα χαρακτηριστικά του ανέμου

Η κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της γης δεν είναι ομοιόμορφη και η διαφορά πιέσεων που δημιουργείται, εξαναγκάζει τις αέριες μάζες να κινηθούν, για να αντισταθμίσουν αυτή τη διαφορά.

Τα δυο κύρια χαρακτηριστικά του ανέμου, τα οποία πρέπει να καταγραφούν είναι η διεύθυνση και η ταχύτητα ή ένταση. Η διεύθυνση του ανέμου καθορίζεται σε σχέση με το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος. Το αποτέλεσμα της καταγραφής της διεύθυνσης του ανέμου είναι το πολικό διάγραμμα. Εκτός όμως από τα δύο κύρια χαρακτηριστικά δηλαδή, την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου, είναι χρήσιμο να καταγραφεί η ύπαρξη ριπών ανέμου, η ύπαρξη στροβιλισμού και αναταράξεων καθώς και το επίπεδο της τύρβης του ανέμου.

Για την περιγραφή της διανομής ταχύτητας του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος χρησιμοποιούνται αρκετοί εμπειρικοί αναλυτικοί νόμοι, οι οποίοι βασίζονται στο γεγονός της αύξησης της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος μέσα στα όρια του οριακού στρώματος. Η διανομή της ταχύτητας του ανέμου επηρεάζεται από την τραχύτητα του εδάφους, την ύπαρξη επιφανειακών εμποδίων καθώς και από το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής. Έτσι μετά από την καταγραφή της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου, συνήθως σε ετήσια βάση, ακολουθεί η επεξεργασία των ανεμολογικών στοιχείων με στόχο την κατασκευή του ιστογράμματος συχνότητας πιθανότητας του ανέμου, της ετήσιας καμπύλης διάρκειας, του πολικού διαγράμματος και των καμπυλών των διαστημάτων νηνεμίας της περιοχής. Από το σύνολο των κινήσεων του ανέμου η σπουδαιότερη σε σχέση με τον προσδιορισμό του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι η οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας του ανέμου.

Τα χαρακτηριστικά του ανέμου που αναφέρθηκαν επηρεάζονται και διαμορφώνονται από τρεις βασικούς παράγοντες οι οποίοι είναι οι εξής:

- η περιστροφή της γης γύρω από τον άξονα της
- η ηλιακή ενέργεια που απορροφά η ατμόσφαιρα και η επιφάνεια του εδάφους
- η ανομοιομορφία του γήινου ανάγλυφου.

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μαθηματικές σχέσεις έτσι ώστε να γίνει καλύτερη χρήση των αιολικών μας δεδομένων και να επιτυγχάνουμε καλύτερη απόδοση στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας.

Για ένα ρεύμα αέρα που ρέει μέσω μιας επιφάνειας A , έχουμε μια ροή μάζας ανά μονάδα χρόνου ρAV , οπότε η παρεχόμενη ισχύς είναι:

$$W = (\rho AV) \frac{1}{2} V^2 = \frac{1}{2} \rho AV^3$$

όπου:

ρ είναι η πυκνότητα του αέρα σε $[\text{kg}/\text{m}^3]$,

V είναι η ταχύτητα του ανέμου σε $[\text{m}/\text{s}]$

και W είναι η ισχύς σε $[\text{Watt}$ ή Joule ανά δευτερόλεπτο].

Η ισχύς είναι επίσης γνωστή ως ροή ενέργειας ή ως πυκνότητα του αέρα. Η πυκνότητα ρ του αέρα είναι συνάρτηση της πίεσης και της θερμοκρασίας του αέρα:

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{288B}{706T} \right)$$

όπου:

ρ_0 είναι η πυκνότητα του ξηρού αέρα σε πρότυπη θερμοκρασία και πίεση ($1,226 \text{ kg}/\text{m}^3$) σε 288 K , 760 mm Hg),

T είναι η θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin $[\text{K}]$ και

B η βαρομετρική πίεση σε $[\text{mm Hg}]$.

Τόσο η θερμοκρασία όσο και η πίεση είναι συναρτήσεις του ύψους από την επιφάνεια του εδάφους. Αν λάβουμε μια τυπική τιμή της πυκνότητας του αέρα $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ στο επίπεδο της θάλασσας, θα έχουμε ισχύ ανά μονάδα επιφανείας $W=0,6V^3$.

Για ταχύτητα ανέμου V η αποδιδόμενη ενέργεια που διέρχεται μέσω της επιφάνειας A σε χρόνο t μετρούμενη σε Watt δευτερόλεπτα, είναι $Wt = 12 \text{ PaV}^3t$.

3.2.2 Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου

Δύο είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου. Ο πρώτος εξ αυτών είναι η επίδραση των επιφανειακών εμποδίων. Έτσι πρέπει η πτερωτή της ανεμογεννήτριας να βρίσκεται εκτός του πεδίου επιρροής τυχόν επιφανειακών εμποδίων. Με τον τρόπο αυτό έχουμε μεγιστοποίηση της διαθέσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου, το πεδίο ροής είναι ελεύθερο στροβιλισμών και η τύρβη του ανέμου είναι η ελάχιστη δυνατή. Είναι συνεπώς σκόπιμο να εντοπίσουμε τις περιοχές επιρροής των κυριότερων επιφανειακών εμποδίων.

Ο δεύτερος παράγοντας είναι η τραχύτητα του εδάφους. Η εμφάνιση υψηλής τύρβης εξαρτάται από τις γενικές ατμοσφαιρικές συνθήκες αλλά και από την ύπαρξη μεμονωμένων κτιρίων ή άλλων εμποδίων όσο και από την τραχύτητα του εδάφους της περιοχής. Έτσι λοιπόν είναι συνηθισμένο το φαινόμενο της μέτριας έως και κακής λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας έστω και αν έχει εγκατασταθεί σε περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό. Είναι λοιπόν δεδομένο στις μελέτες μας ότι ο δρομέας (πτερωτή) μιας ανεμογεννήτριας, πρέπει να βρίσκεται έξω από τη ζώνη επιρροής οποιουδήποτε επιφανειακού εμποδίου που βρίσκεται έναντι της ανεμογεννήτριας, ώστε να μεγιστοποιηθεί η διαθέσιμη αιολική ενέργεια και να ελαχιστοποιηθεί η αναπτυσσόμενη ατμοσφαιρική τύρβη.

Για την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού πρέπει να γνωρίζουμε με ακρίβεια την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου. Για αυτόν ακριβώς λόγο έχουν αναπτυχθεί διάφορα εξαρτήματα τα οποία είναι ικανά να μας δώσουν τα απαραίτητα στοιχεία που χρειαζόμαστε.

Πιο συγκεκριμένα για τη μέτρηση της έντασης του ανέμου χρησιμοποιούνται τα ανεμόμετρα ή οι ανεμογράφοι. Τα πιο απλά είναι τα ανεμόμετρα ταχύτητας, στα οποία η ένταση του ανέμου προκύπτει από την ταχύτητα περιστροφής που επιβάλλει ο άνεμος σε ορισμένα τμήματα του οργάνου. Αυτού του τύπου τα ανεμόμετρα είναι αθροιστικά και μετρούν μέσες τιμές της έντασης του ανέμου.

Για την καταγραφή των στροφών του κατακόρυφου άξονά τους χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν: ένα μηχανικό στροφόμετρο, που καταγράφει τον αριθμό των περιστροφών των κυπέλλων από τη στιγμή ενάρξεως λειτουργίας του οργάνου. Επίσης μία ηλεκτρική επαφή, η οποία κλείνει μετά από ένα ορισμένο αριθμό στροφών, και μέσω καταγραφικού δίνει απ' ευθείας τη μέση ταχύτητα του ανέμου. Έχουν μικρή ηλεκτρογεννήτρια, η οποία μετατρέπει την περιστροφική κίνηση του άξονα σε ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο και μετατρέπεται σε ένδειξη ταχύτητας. Τέλος υπάρχει και ένας φωτοηλεκτρικός διακόπτης, ο οποίος μετατρέπει την ταχύτητα περιστροφής σε στιγμιαία ταχύτητα ανέμου στην έξοδο του συστήματος.

Η διεύθυνση του ανέμου μετράται με το διευθυνσιόμετρο συνήθως με τη μορφή των ανεμοδεικτών οι οποίοι αποτελούνται από έναν κατακόρυφο άξονα στο πάνω άκρο του οποίου περιστρέφεται ένας οριζόντιος άξονας με ένα ή δύο ελάσματα στο ένα άκρο του. Όταν η πίεση που ασκεί ο άνεμος εξισορροπηθεί και από τις δύο πλευρές του ελάσματος του ανεμοδείκτη, αυτός έχει στραφεί έτσι ώστε ο δείκτης του ανεμοδείκτη, που βρίσκεται και το αντίβαρο εξισορρόπησης του ελάσματος, να διευθύνεται προς τη μεριά από την οποία φυσά ο άνεμος. Για να μπορεί να χαρακτηριστεί καλός ο ανεμοδείκτης πρέπει να πληροί τα παρακάτω στοιχεία:

- Να μην παρουσιάζει τάσεις κλίσεως προς μια διεύθυνση.
- Να περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονά του με ελάχιστες τριβές.
- Να παρουσιάζει επαρκή απόσβεση των τυχαίων ταλαντώσεων.
- Να εμφανίζει τη μέγιστη ροπή στρέψης για δεδομένη αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου σε σχέση με την αδράνεια του οργάνου.
- Τέλος να παρουσιάζει γρήγορη απόκριση στις διαρκείς διακυμάνσεις της διεύθυνσης του ανέμου.

3.3 Οι Ανεμογεννήτριες

3.3.1 Γενικές πληροφορίες

Ανεμογεννήτριες ονομάζονται τα συστήματα εκείνα που εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια καθώς μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια και κατόπιν σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι λογικό οι ανεμοκινητήρες από την εποχή της εμφάνισης τους μέχρι σήμερα να έχουν περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο τους (οριζοντίου ή κάθετου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματα τους (περύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.α.).

Οι ανεμογεννήτριες ουσιαστικά, κάνουν χρήση των δυνάμεων που αναπτύσσονται στις αεροτομές των πτερυγίων για να πετύχουν την πολυπόθητη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από τον άνεμο. Αυτές οι δυνάμεις είναι η αντίσταση και η άνωση. Η αντίσταση είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα αντικείμενο από την ροή του αέρα και έχει την κατεύθυνση της ροής. Η άνωση από την άλλη, η οποία είναι και η κινητήρια δύναμη των ανεμογεννητριών είναι η δύναμη που ασκείται από τον άνεμο στο αντικείμενο και έχει κατεύθυνση κάθετη στη ροή του ανέμου. Η άνωση είναι μικρή για μηδενική γωνία πρόσπτωσης και αυξάνεται για μικρές γωνίες πρόσπτωσης οι οποίες καθορίζονται από τις αεροτομές. Σε μία ανεμογεννήτρια η παραγωγή ισχύος μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου, ενώ κάθε μηχανή χαρακτηρίζεται από την καμπύλη ισχύος της, η οποία εξαρτάται από τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά και το σχεδιασμό της. Η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την ταχύτητα έναρξης της ανεμογεννήτριας, από την οποία αρχίζει να παράγει ισχύ, την ταχύτητα διακοπής όπου η μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας προκειμένου να προστατευτεί από πολύ ισχυρούς ανέμους, καθώς και την ονομαστική ταχύτητα, που είναι η μικρότερη ταχύτητα στην οποία η μηχανή παράγει την ονομαστική της ισχύ. Η παραγόμενη ενέργεια μιας ανεμογεννήτριας είναι άμεσα εξαρτώμενη από την καμπύλη ισχύος της μηχανής και από τον άνεμο που επικρατεί στην συγκεκριμένη περιοχή.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να διακριθούν σε δίπτερες τρίπτερες κλπ, δηλαδή ανάλογα με την περωτή που διαθέτουν. Όσον αφορά στις τρίπτερες ανεμογεννήτριες με ρότορα μήκους μικρότερου των 10 μέτρων έχει διαπιστωθεί ότι έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού ανέμου (ευρύ φάσμα ταχυτήτων ανέμου) ενώ κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρό καθώς τα προβλήματα αντοχής και δυναμικής καταπόνησης μηχανικών μερών είναι περιορισμένα. Όμως σε ανεμογεννήτριες με λιγότερα πτερύγια έχει διαπιστωθεί ότι απαιτείται μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής για το ίδιο αποτέλεσμα. Αυτό συνεπάγεται με περισσότερο θόρυβο και φθορές, με μόνο πλεονέκτημα το μικρότερο κόστος. Σε ότι αφορά τώρα τις πολύ συμπαγείς περωτές με πολλά ή φαρδιά πτερύγια έχουν το πλεονέκτημα ότι ξεκινάνε τη λειτουργία τους σε μικρές ταχύτητες ανέμου αλλά θα πρέπει να βγαίνουν εκτός λειτουργίας στις μεγάλες ταχύτητες. Εμπειρικά έχει παρατηρηθεί ότι ο μέσος κύκλος ζωής τους ανέρχεται σε 20-25 έτη, κάτι που αντιστοιχεί σε περισσότερες από 120.000 ώρες λειτουργίας.

Εκτός από το είδος της περωτής τους, λόγο της ύπαρξης πολλών ειδών ανεμογεννητριών, είναι ορθό να κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με τον άξονά τους:

- Έτσι έχουμε την ύπαρξη των ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα, στους οποίους ο δρομέας είναι τύπου έλικα και διαθέτει δυνατότητα περιστροφής ενώ βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Στην αγορά έχουν επικρατήσει αποκλειστικά οι συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες επειδή είναι πιο αποδοτικές, με δύο ή τρία πτερύγια.



Σχήμα 3.1 Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα.

- Η άλλη βασική κατηγορία όπως είναι λογικό είναι αυτή του κατακόρυφου άξονα. Ο άξονας αυτός παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους και πάνω του στηρίζονται τα περιστρεφόμενα πτερύγια.



Σχήμα 3.2 Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας είναι άμεσα συνδεδεμένη με το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου, ενώ η αύξηση του ύψους του πύργου σε συνδυασμό με την παραδοχή της μεγαλύτερης ταχύτητας ανέμου σε μεγαλύτερα ύψη, οδηγεί σε επιπλέον ενίσχυση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μεγέθη διαφέρουν ανάλογα με τις ανάγκες μας και ποικίλουν ακόμη και εκατομμύρια Watt καθώς έχει παρουσιαστεί σημαντική βελτίωση στη διαθεσιμότητα των καινούριων μηχανών. Η κατασκευή μηχανών της τάξεως Μεγαβάτ κατάφεραν να ενταχθούν στο οικονομικό και κατασκευαστικό πρόγραμμα μεγάλων εταιριών μέσα από τα διάφορα Ευρωπαϊκά προγράμματα. Τα σαφή πλεονεκτήματα που έχουν να επιδείξουν οι νέες μεγαλύτερες μηχανές δεν αφορούν απλά και μόνο την απόδοσή τους, αλλά στο ότι συμβάλλουν καθοριστικά στην εξοικονόμηση χώρου, καθώς η απαιτούμενη έκταση για την επίτευξη συγκεκριμένης παραγωγής είναι αισθητά μικρότερη από την αντίστοιχη, που απαιτούν μηχανές μικρότερης επιφάνειας σάρωσης.

Για αυτό το λόγο περιορίζονται οι πιθανότητες συγκρούσεως χρήσεων γης και ταυτόχρονα μειώνεται το κόστος της επένδυσης κάτι που αυξάνει το περιθώριο κέρδους για δεδομένη εκμεταλλεύσιμη έκταση. Στα συν αυτής της εξέλιξης είναι επίσης ότι έχοντας αυξημένες δυνατότητες απόδοσης, καθιστούν βιώσιμες τις επενδύσεις σε δύσβατες περιοχές ή περιοχές με υψηλό κόστος εγκατάστασης και θεμελίωσης, όπως παράκτιες ή υπεράκτιες. Σε τέτοιες περιπτώσεις λοιπόν που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί οι μεγάλες ανεμογεννήτριες έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον η εγκατάστασή τους σε περιοχές με ικανοποιητικές μέσες ταχύτητες ανέμου. Αυτό διότι σε τέτοιες ανεμογεννήτριες έχει παρατηρηθεί ότι η παραγόμενη ισχύς αυξάνεται κατακόρυφα με την αύξηση των ταχυτήτων του ανέμου, καθώς αποδίδουν έως και οκταπλάσια ισχύ εάν υπάρχει διπλασιασμός της ταχύτητας των ανέμων.

3.3.2 Τα δομικά στοιχεία μιας ανεμογεννήτριας

- Τα πτερύγια, τα οποία χρησιμεύουν ώστε να συλλαμβάνουν κατά κάποιο τρόπο τον αέρα και να μεταφέρουν την ισχύ του στην κεφαλή του ρότορα. Τα πτερύγια λοιπόν είναι κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά, παρόμοια με αυτά που κατασκευάζονται τα ιστιοπλοϊκά σκάφη και είναι σχεδιασμένα για να αντέχουν σε μεγάλες καταπονήσεις. Το πτερύγιο δέχεται τον άνεμο κατά μήκος του υπό διαφορετικές γωνίες, η γωνία πρόσπτωσης αυξάνεται προς τη βάση του πτερυγίου. Επειδή όμως οι μεγάλες γωνίες δεν έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα, προκειμένου να υπάρχει ενιαία γωνία πρόσπτωσης κατά μήκος πτερυγίου, το πτερύγιο έχει μορφή περιστροφική.

- Η κεφαλή του ρότορα, η οποία είναι συνδεδεμένη με το διαφορικό χαμηλής ταχύτητας της ανεμογεννήτριας.

- Το κιβώτιο ταχυτήτων ή κιβώτιο πολλαπλασιασμού των στροφών, το οποίο είναι παρόμοιας

κατασκευής με εκείνο του αυτοκινήτου μας με την διαφορά ότι έχει μόνον μια σχέση τροχών ενός αυτοκινήτου με υδραυλικά δισκόφρενα. Το κιβώτιο αυτό έχει το διαφορικό χαμηλών στροφών από αριστερά και μεταφέρει την κίνηση στο διαφορικό υψηλών στροφών (από δεξιά) κάνοντάς το να περιστρέφεται με ταχύτητα 50 φορές μεγαλύτερη από αυτή του διαφορικού χαμηλών στροφών.

- Το διαφορικό χαμηλών ταχυτήτων, είναι εκείνο το διαφορικό το οποίο συνδέει την κεφαλή του ρότορα με το κιβώτιο ταχυτήτων και περιέχει σωλήνες για το υδραυλικό σύστημα ώστε να μπορεί να λειτουργήσει το αεροδυναμικό φρένο.

- Το διαφορικό υψηλών ταχυτήτων, που περιστρέφεται ταχύτατα με 1500 στροφές περίπου ανά λεπτό (rpm) και οδηγεί την ηλεκτρική γεννήτρια. Είναι εξοπλισμένο με ένα δισκόφρενο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Το μηχανικό φρένο χρησιμοποιείται σε περίπτωση που το αεροδυναμικό φρένο υποστεί βλάβη ή η ανεμογεννήτρια επισκευάζεται.

- Τον μηχανισμό περιστροφής, που είναι αυτός ο μηχανισμός, ο οποίος χρησιμοποιώντας τις ηλεκτρικές μηχανές (κινητήρας περιστροφής), στρέφει το κουβούκλιο απέναντι στον άνεμο. Ο μηχανισμός περιστροφής είναι ελεγχόμενος από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή ο οποίος χρησιμοποιώντας τον ανεμοδείκτη, είναι σε θέση αντιλαμβάνεται τη διεύθυνση του ανέμου.

- Τον ηλεκτρονικό ελεγκτή, ο οποίος περιέχει ένα υπολογιστή που παρακολουθεί διαρκώς την κατάσταση της ανεμογεννήτριας και ελέγχει τον μηχανισμό περιστροφής. Σε κάθε περίπτωση επιλοκής, π.χ. υπερθέρμανση του κιβωτίου ταχυτήτων ή της γεννήτριας, σταματά αυτόματα την ανεμογεννήτρια και καλεί τον υπολογιστή του ελεγκτή της ανεμογεννήτριας μέσω μιας τηλεφωνικής σύνδεσης.

- Την ηλεκτρική γεννήτρια που είναι είτε μια σύγχρονη, είτε μια ασύγχρονη γεννήτρια.

- Το υδραυλικό σύστημα, που χρησιμοποιείται για να επαναφέρει τα αεροδυναμικά φρένα της ανεμογεννήτριας.

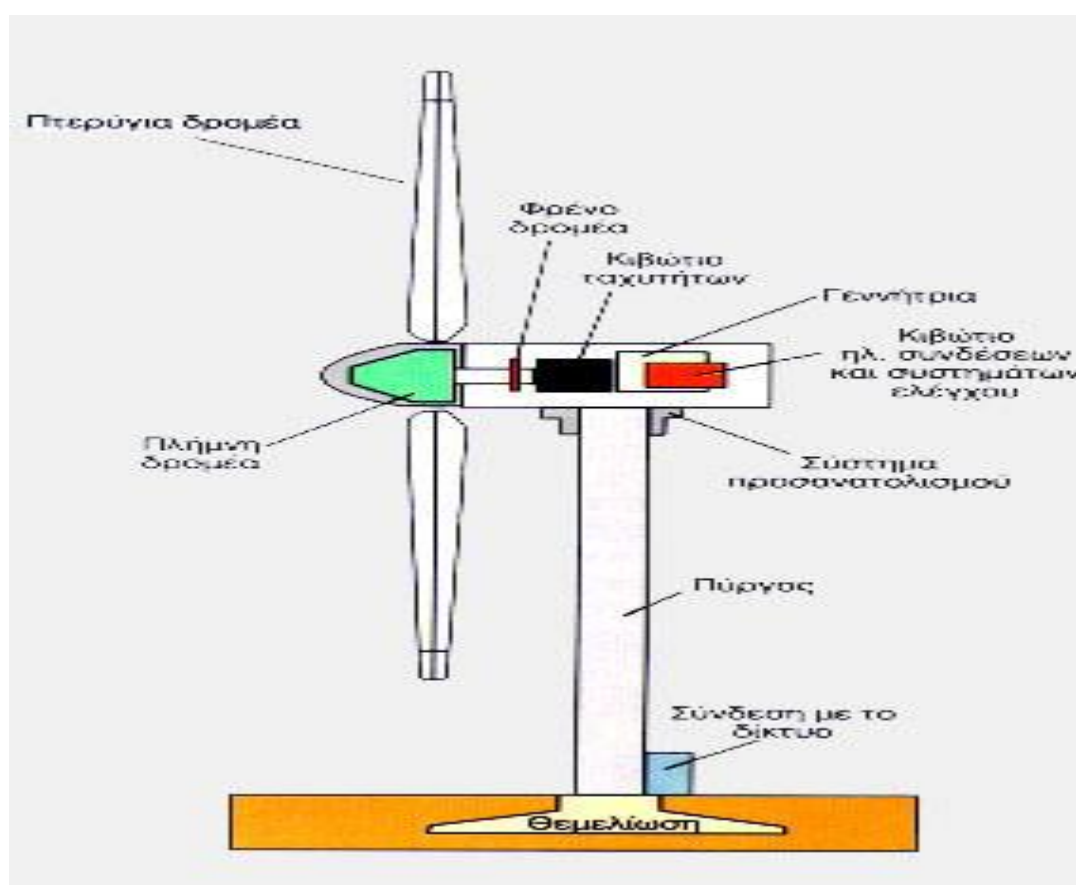
- Τον πύργο της ανεμογεννήτριας, που χάρη σε αυτόν στηρίζεται το κουβούκλιο και τα κινούμενα μέρη της. Όταν ο πύργος είναι ψηλός, μας χαρίζει μεγαλύτερες αποδόσεις καθώς οι ταχύτητες του ανέμου αυξάνονται όσο απομακρύνεται από το έδαφος.

- Το υδραυλικό σύστημα, που χρησιμοποιείται για να επαναφέρει τα αεροδυναμικά φρένα της ανεμογεννήτριας.

- Η μονάδα ψύξης, είναι απαραίτητη διότι περιέχει ένα ηλεκτρικό ανεμιστήρα που χρησιμοποιείται για να ψύχει την ηλεκτρική γεννήτρια. Περιέχει επίσης, μια μονάδα ψύξης με λάδι η οποία χρησιμοποιείται για να ψύχει το λάδι στο κιβώτιο ταχυτήτων. Κάποιες ανεμογεννήτριες έχουν υδρόψυκτες γεννήτριες.

- Το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης. Είναι δύο πολύ σημαντικά στοιχεία καθώς χρησιμοποιούνται για να μετρούν την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου. Τα ηλεκτρικά σήματα του ανεμόμετρου χρησιμοποιούνται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να αρχίσει την λειτουργία της όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει μια ελάχιστη τιμή. Ο υπολογιστής σταματά τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας αυτόματα αν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί ένα ανώτατο όριο προκειμένου να προστατεύσει την ανεμογεννήτρια και το περιβάλλον αυτής. Τα σήματα του ανεμοδείκτη χρησιμοποιούνται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να στρέφει αυτήν απέναντι στον άνεμο, μέσω του μηχανισμού περιστροφής.

- Τέλος το κουβούκλιο, που περιέχει όλα τα βασικά στοιχεία της ανεμογεννήτριας. Εντός του κουβούκλιου υπάρχουν το κιβώτιο ταχυτήτων καθώς και η ηλεκτρική γεννήτρια.



Σχήμα 3.3 Δομικά μέρη μίας ανεμογεννήτριας.

3.3.3 Τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας.

Η ανεμογεννήτρια εκμεταλλεύεται μόνο ένα ποσοστό από την ισχύ του αέρα. Το ποσοστό αυτό καθορίζεται από τον συντελεστή ισχύος (C_p) της ανεμογεννήτριας, ο οποίος αποτελεί στην ουσία τον αεροδυναμικό βαθμό της πτερωτής. Ο συντελεστής αυτός περιγράφει το ποσοστό της ισχύς του ανέμου που εκμεταλλεύεται η πτερωτή της μηχανής. Ακόμα και για μια ιδανική πτερωτή, ο συντελεστής ισχύος δεν μπορεί να υπερβεί το λεγόμενο όριο (0.593) του Betz.

Ένα σημαντικό στοιχείο μιας ανεμογεννήτριας είναι η καμπύλη ισχύος, που την χαρακτηρίζει. Η καμπύλη ισχύος βασίζεται στην αεροδυναμική ποιότητα της ανεμογεννήτριας όπως και στις επικρατούσες συνθήκες άνεμου και στα χαρακτηριστικά του εδάφους. Η καμπύλη αυτή καθορίζει την απόδοση της ανεμογεννήτριας συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου και είναι διαφορετική για κάθε ανεμογεννήτρια. Είναι κοινό όμως ότι σε κάθε ανεμογεννήτρια, μετά από συγκεκριμένη ταχύτητα (V_R), η ισχύς παραμένει σταθερή ενώ σε συγκεκριμένη ταχύτητα (V_{out}) η ανεμογεννήτρια στάματα την λειτουργία της για να μην καταστραφεί.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος μιας ανεμογεννήτριας που όμως εξαρτάται από την κατανομή της ταχύτητας του ανέμου κατά την διάρκεια του έτους, τον τόπο εγκατάστασής της και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της είναι ο συντελεστής εκμετάλλευσής της. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το λόγο της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας προς αυτήν που θα παράγονταν αν η ανεμογεννήτρια λειτουργούσε στην ονομαστική ισχύ της συνεχώς κατά την διάρκεια του έτους. Ο συντελεστής εκμετάλλευσης είναι πολύ σημαντικός αφού εκφράζει πόσο αξιοποιείται η ανεμογεννήτρια στον τόπο εγκατάστασής της.

Οι ανεμογεννήτριες πρέπει να έχουν τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης στις ταχύτητες ανέμου που παράγεται η περισσότερη ενέργεια ετησίως, δηλαδή στο εύρος των συχνότερων υψηλών ταχυτήτων. Μεταβάλλοντας μεγέθη όπως το ύψος της ή την γωνία και τη γεωμετρία των πτερυγίων ή το μέγεθος των πτερυγίων ή το μέγεθος της γεννήτριας μεταβάλλεται η ενεργειακή συμπεριφορά της. Είναι δεδομένο ότι οι μικρές ανεμογεννήτριες παράγουν μικρά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας, όμως δεν απαιτούν ισχυρό δίκτυο, παράγουν σχετικά πιο σταθερή ισχύ (διότι αποδίδουν καλύτερα σε μικρότερες ταχύτητες), απαιτούν μικρότερο κόστος θεμελίωσης και είναι αισθητικά πιο αποδεκτές από τους κατοίκους. Φαίνεται έτσι ότι μια μεγάλη ανεμογεννήτρια δεν είναι πάντα η καλύτερη λύση λόγω της οικονομίας κλίμακας, αλλά εξαρτάται από την ταχύτητα των ανέμων και τις ανάγκες μας σε ηλεκτρική ενέργεια.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ”

4.1 Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος

4.1.1 Ιστορικά στοιχεία

Τον 18ο αιώνα πρωτοεμφανίστηκε η γνωστή σε όλους, ατμομηχανή. Έπειτα τον 19^ο αιώνα ακολούθησε η μηχανή εσωτερικής καύσης, που προσέφερε την βελτίωση για πολλές εφαρμογές. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είχε ως κεντρική ιδέα να πυροδοτηθεί ένα μίγμα εύφλεκτων αερίων ή υγρών, το οποίο θα εκρήγνυται μέσα σε ένα κύλινδρο έχοντας ως αποτέλεσμα την κίνηση ενός εμβόλου. Το 1820 στην Αγγλία ένας κινητήρας λειτουργούσε με βάση την έκρηξη μίγματος αέρα-υδρογόνου. Το 1816 παρουσιάστηκε ο παλαιότερος κινητήρας εσωτερικής καύσης, γνωστός ως κινητήρας Stirling ο οποίος, λειτουργούσε με υπέρθερμο αέρα και είχε τη δυνατότητα να αξιοποιεί οποιοδήποτε καύσιμο καθώς και την ηλιακή ενέργεια. Μειονεκτεί όμως για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους.

Το 1860 ο εφευρέτης Jean-Joseph-Etienne-Lenoir κατασκεύασε τον πρώτο πρακτικά χρησιμοποιούμενο κινητήρα από τον οποίο προέρχονται όλοι οι άλλοι κινητήρες εσωτερικής καύσης. Το 1860 επίσης παρουσιάστηκε ένα όχημα το οποίο εκτελούσε κίνηση χρησιμοποιώντας τη μηχανή του. Το όχημα αυτό χρησιμοποιούσε ως καύσιμο το φωταέριο το οποίο εισάγεται στον κύλινδρο αναμεμειγμένο με αέρα στο πρώτο στάδιο λειτουργίας, κατά το πρώτο μισό της διαδρομής του εμβόλου. Το μίγμα αυτό πυροδοτείται με ηλεκτρικό σπινθήρα και ωθεί το έμβολο στο υπόλοιπο κομμάτι της διαδρομής του. Κατά την επιστροφή του εμβόλου, στη μία πλευρά του απωθούνται τα καυσαέρια, ενώ στην άλλη επαναλαμβάνονταν η διαδικασία εισαγωγής του μίγματος φωταερίου-αέρα. Όπως ήταν λογικό, ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα του Lenoir ήταν πολύ χαμηλός, καθώς το προς καύση μείγμα συμπιεζόταν ελάχιστα πριν την ανάφλεξη.

Το 1892 από τον Γερμανό μηχανικό Rudolf Christian Karl Diesel ανακοινώθηκε ως εφευρεσιτεχνία ο ομώνυμος κινητήρας και μελετήθηκε από το 1893 μέχρι το 1897. Στον κινητήρα ντίζελ διαχέεται το καύσιμο με ισχυρό περίσσειμα αέρα, το οποίο συμπυκνώνεται σε μία σχέση 25:1 και αυτοαναφλέγεται σε θερμοκρασία 700 με 900 °C.

4.1.2 Διαχωρισμός μηχανών Diesel.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες μηχανών ντίζελ. Ο διαχωρισμός τους μπορεί να γίνει ανάλογα με:

- Το μέγιστο αριθμό τροφών που αναπτύσσονται ανά λεπτό. Οι αργόστροφες αφορούν μέχρι και τις 350 σ.α.λ, οι μηχανές μεσαίων στροφών, μέχρι 1200 σ.α.λ ενώ οι πολύστροφες αφορούν την κατηγορία που οι στροφές της μηχανής φτάνουν τις 5000 σ.α.λ.
- Την με την ισχύ που αποδίδουν στις κανονικές στροφές λειτουργίας τους. Διακρίνονται σε μηχανές μικρής ισχύος (μέχρι 25 ίππους ανά κύλινδρο), σε μηχανές μέσης ισχύος (από 25-200 ίππους ανά κύλινδρο) και σε μηχανές υψηλής ισχύος 9 πάνω από 200 ίππους ανά κύλινδρο.
- Τον αριθμό των κυλίνδρων που διαθέτουν. Υπάρχουν από μονοκύλινδρες μηχανές μέχρι και 24κύλινδρες μηχανές.
- Τέλος τον αριθμό των χρόνων του κύκλου λειτουργίας τους, καθώς χωρίζονται σε τετράχρονες και δίχρονες.

4.1.3 Η χρήση της γεννήτριας Diesel.

Σε μία εγκατάσταση που κάνει χρήση των συστημάτων ΑΠΕ είναι πολύ βασικό να επιλεγεί ο τύπος και κατάλληλη ισχύς της ντιζελογεννήτριας που θα ενσωματωθεί στο σύστημα αυτό. Για την κατάλληλη επιλογή μας λοιπόν πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι μια γεννήτρια βενζίνης είναι πιο οικονομική από μία ντιζελογεννήτρια, αλλά έχει μικρότερη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας.

Οι γεννήτριες βενζίνης χρησιμοποιούνται κατά κόρον όταν στο σύστημα που μελετάται οι ΑΠΕ που καλύπτουν εξολοκλήρου το φορτίο και υπάρχει ένα μικρό χρονικό διάστημα που δε μπορούν να ανταποκριθούν. Οι γεννήτριες βενζίνης τροφοδοτούν με ισχύ και αποθηκεύουν ενέργεια στα μέσα αποθήκευσης, τα οποία είναι κατά συνήθως μπαταρίες.

Στην περίπτωση όμως που παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις στην καμπύλη του φορτίου τότε καταλληλότερη είναι η ντιζελογεννήτρια, καθώς καλύπτει με μικρό κόστος τις αιχμές του ημερήσιου φορτίου. Επίσης στην περίπτωση που η διαστασιολόγηση είναι τέτοια ώστε οι ΑΠΕ να καλύπτουν μερικώς το φορτίο. Στις μηχανές ντίζελ η σχέση συμπίεσης είναι συνήθως 17:1 μέχρι 24:1. Λόγω της υψηλής συμπίεσης η πίεση στο χώρο καύσης των κυλίνδρων της μηχανής ντίζελ φτάνει τις 30-50 ατμόσφαιρες, ενώ η θερμοκρασία στους 700-900°C. Από την υψηλή πίεση του αέρα στους κυλίνδρους αυξάνεται η ισχύς του κινητήρα ντίζελ, ενώ από την υψηλή θερμοκρασία αναφλέγεται το μίγμα αέρα-καυσίμου. Πρέπει να αναφερθεί ότι σε μία ντιζελομηχανή η αναλογία βάρους ανά ίππο είναι περίπου 2,8-3 κιλά/ίππο, η οποία είναι αρκετά υψηλή, συγκρινόμενη με μία βενζινομηχανή η οποία έχει αναλογία περίπου 1,3 κιλά/ίππο και οφείλεται στην αναγκαία αύξηση του κυβισμού της μηχανής ντίζελ και στη μεγαλύτερη αντοχή των μερών της στις υψηλές πιέσεις των κυλίνδρων της. Επίσης η μηχανή ντίζελ έχει αριθμό στροφών περίπου ίσο με τα 5/8 μιας βενζινομηχανής πράγμα που οφείλεται στη μικρή μέση ταχύτητα των εμβόλων της.

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της επιλογής του είδους της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί, η αμέσως επόμενη δουλειά είναι να γίνει η διαστασιολόγησή του. Η διαστασιολόγηση εξαρτάται κυρίως από την αιχμή του φορτίου καθώς θα πρέπει η γεννήτρια που θα επιλεγεί να έχει την ικανότητα να καλύπτει εξολοκλήρου την αιχμή του φορτίου. Αν το φορτίο είναι ωμικό τότε δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις από τη γεννήτρια για σταθερή συχνότητα του δικτύου, του οποίου αποτελεί πηγή.

Είναι πολύς σημαντικό εφόσον χρησιμοποιούμε σε κάποιο σύστημα γεννήτρια ντίζελ να γνωρίζουμε ότι η τιμή του αργού πετρελαίου αυξάνεται συνεχώς καθώς η τιμή σε εθνικό επίπεδο του πετρελαίου έχει αυξηθεί κατά 400% τα τελευταία 10 έτη. Επίσης πρέπει να λάβουμε υπόψη τις διάφορες φθορές που παρουσιάζουν οι γεννήτριες καθώς εάν γίνεται χρήση μιας ντιζελογεννήτριας για την παραγωγή ενέργειας όλο το 24ωρο, η ντιζελογεννήτρια αυτή θα πρέπει να αντικαθίσταται κάθε έτος ή να απαιτεί γενική επισκευή. Έτσι τα λειτουργικά έξοδα της ντιζελογεννήτριας τα οποία και είναι η μηνιαία συντήρηση, τα ανταλλακτικά, το κόστος καυσίμων αλλά και η μεταφορά τους και τέλος ο καθαρισμός και το λάδι της μηχανής αποτελούν σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Στα θετικά της χρήσης της γεννήτριας ντίζελ, είναι ότι έχει μικρό κόστος αγοράς. Αυτό όμως δεν είναι και πολύ ενθαρρυντικό για την χρήση της αφού όπως είπαμε έχει γενικά υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, καθώς επίσης είναι επιβαρυντική για το περιβάλλον λόγω των αερίων που παράγονται από την καύση του πετρελαίου.

4.1.4 Η λειτουργία της γεννήτριας Diesel.

Μία μηχανή ντίζελ ακολουθεί κατά τη λειτουργία της το γνωστό θερμικό κύκλο του ντίζελ ο οποίος χρειάζεται τέσσερις ή δύο χρόνους για την ολοκλήρωση του. Ο κύκλος αυτός περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις: Εισαγωγής-Συμπίεσης-Εκτόνωσης-Εξαγωγής.

Ο κύκλος λειτουργίας ενός τετράχρονου κινητήρα ντίζελ είναι ο εξής:

- Στη φάση της εισαγωγής, το έμβολο ακολουθεί καθοδική πορεία δημιουργώντας υπο-πίεση. Όση ώρα η βαλβίδα εισαγωγής παραμένει ανοικτή ο θάλαμος καύσης γεμίζει με ατμοσφαιρικό αέρα που μπορεί να περιέχει και καυσαέρια αν υπάρχει σύστημα επανακυκλοφορίας.

- Στη φάση της συμπίεσης, όταν όλες οι βαλβίδες κλείνουν, το πιστόνι κινείται προς τα πάνω μέχρι να φτάσει στο άνω νεκρό σημείο. Αυξάνεται η συμπίεση (25-55bar) με αποτέλεσμα να προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, η οποία είναι σχεδόν η διπλάσια από τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης του καυσίμου.

- Στη φάση της εκτόνωσης, γίνονται οι ψεκασμοί του καυσίμου στη μορφή ατμών οι οποίοι αναμειγνύονται με το θερμό αέρα. Έτσι δημιουργείται αυτομάτως και αναφλέξη σε πύρινο περιβάλλον που φτάνει τους 2.500°C και σε πίεση μπορεί να αγγίξει και τα 100 bar. Το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που θα ψεκαστεί το καύσιμο, μέχρι την ανάφλεξη του, είναι 0,5-2 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Για το λόγο αυτό στα πρόσφατα συστήματα πραγματοποιείται από πριν ένας μικροψεκασμός.

- Στη τελευταία φάση που είναι η εξαγωγή, καθώς η φάση εκτόνωσης πλησιάζει στην ολοκλήρωση της και αφού το πιστόνι έχει αρχίσει να ξανανεβαίνει ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής ώστε να βγουν τα καυσαέρια. Η πίεση μειώνεται απότομα στα 3-4 bar και προοδευτικά αγγίζει την ατμοσφαιρική και η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει με ένα μικρό βαθμό επικάλυψης με τις εισαγωγής.

4.2 Συσσωρευτές

4.2.1 Ιστορικά στοιχεία

Στα μέσα με τέλη του 1800 έγινε η πρώτη σημαντική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, με την ανακάλυψη της μπαταρίας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές, αποτελούσαν την κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, πολύ πριν εφευρεθούν οι ηλεκτρικές γεννήτριες και πριν αναπτυχθούν τα ηλεκτρικά δίκτυα. Ουσιαστικά έτσι εξαιτίας των βελτιώσεων της τεχνολογίας των συσσωρευτών οφείλεται και η άνθηση πολλών σημαντικών ηλεκτρικών ανακαλύψεων, από τις πρώιμες επιστημονικές μελέτες, φθάνοντας στις απλές τεχνολογικές εφευρέσεις όπως αυτή του τηλεφώνου και του τηλεγράφου και καταλήγοντας σε φορητούς υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα και ηλεκτρικά οχήματα.

Ο Luigi Galvani, Ιταλός καθηγητής ανατομίας στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνια το 1791, ανακάλυψε ότι ήταν δυνατό να προκαλέσει ροή ρεύματος κατά μήκος ενός ηλεκτρικού αγωγού βυθίζοντας απλώς δύο διαφορετικά μέταλλα μέσα σε μια υγρή ουσία. Λόγω αυτής της ανακάλυψης, ο Alessandro Volta, καθηγητής της φυσικής φιλοσοφίας στο Πανεπιστήμιο της Παβίας, πραγματοποίησε μια σειρά πειραμάτων, χρησιμοποιώντας ψευδάργυρο, μόλυβδο, κασσίτερο και σίδηρο για τη θετική πλάκα, και χαλκό, άργυρο, χρυσό ή γραφίτη για την αρνητική. Έτσι το 1800, ανακάλυψε ότι χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα υγρά ως αγωγούς για την πρόκληση χημικής αντίδρασης μεταξύ των πλακών-ηλεκτροδίων, παραγόταν μία συνεχής ροή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο Volta έτσι συναρμολόγησε την πρώτη μπαταρία βάζοντας μια σειρά από δίσκους αργύρου και ψευδαργύρου εναλλάξ, μονώνοντας τα ζεύγη μεταξύ τους με φύλλο από χαρτόνι, βρεγμένο σε αγώγιμο υγρό (αλατόνερο). Όταν ο ακραίος δίσκος αργύρου συνδεόταν μέσω εξωτερικού καλωδίου με τον ακραίο δίσκο ψευδαργύρου, παραγόταν ρεύμα.

Το πρώτο ηλεκτρικό φως παράχθηκε από μία τεράστια μπαταρία του σερ Humphry Davy, ο οποίος συνέδεσε τη μπαταρία σε ηλεκτρόδια ξυλάνθρακα. Αυτό το γεγονός έλαβε χώρα στο υπόγειο της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου.

Έπειτα από αλληπάλληλες βελτιώσεις από πολύ σημαντικούς εφευρέτες, όπως ήταν οι: W. Cruickshank, J. F. Daniell, W. Grove και άλλοι, μέχρι τα τέλη του 1950 είχε καθιερωθεί η χρήση της μη επαναφορτιζόμενης μπαταρίας ψευδαργύρου-άνθρακα. Μέσα στη δεκαετία του 1970 εισήλθε στην αγορά ως ένα υποσύστημα αποθήκευσης ενέργειας για εμπορικούς δορυφόρους επικοινωνίας η μπαταρία νικελίου-υδρογόνου. Όμως τη δεκαετία του 1990, περιβαλλοντολόγοι στην Ευρώπη άρχισαν να εκφράζουν ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την απόρριψη των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου, καθώς το κάδμιο είναι τοξικό. Αυτό συνέβαλε στη χρήση των μπαταριών νικελίου-υδριδίου-μετάλλου (Ni-MH) οι οποίες θεωρούνται ως μία παραλλαγή της νικελίου-υδρογόνου. Οι συγκεκριμένες είναι οι μπαταρίες που ήταν διαθέσιμες για χρήση το 1989 για μικρές εφαρμογές. Οι μπαταρίες Ni-MH τείνουν να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τις νικελίου-υδρογόνου και η οποία συνεχίζει να αυξάνεται καθώς οι κατασκευαστές δοκιμάζουν νέα κράματα.

Τα πειράματα των μπαταριών λιθίου ξεκίνησαν το 1912 από τον G.N.Lewis και τη δεκαετία του '70 πουλήθηκαν οι πρώτες μπαταρίες λιθίου. Η Sony εμπορευματοποίησε την πρώτη μπαταρία ιόντων λιθίου το 1991. Εκτός από την χρήση τους στα κινητά τηλέφωνα, στους φορητούς υπολογιστές, στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και σε ιατρικές συσκευές, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούνται και στα ηλεκτρικά οχήματα. Το 1997 κυκλοφόρησαν οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου με ηλεκτρολύτες από πολυμερή. Αυτές οι μπαταρίες είναι ιδανικές μπαταρίες για φορητές ηλεκτρονικές συσκευές, καθώς επιτρέπουν μεγαλύτερη ευελιξία και συμπαγή σχεδιασμό. Τα πλεονεκτήματα των συσσωρευτών λιθίου είναι ότι: έχουν υψηλή τάση που μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 4V, έχουν υψηλή ειδική ενέργεια και ενεργειακή πυκνότητα, λειτουργούν σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, έχουν επίπεδη καμπύλη εκφόρτισης, δηλαδή σταθερή τάση και αντίσταση στο μεγαλύτερο μέρος της εκφόρτισης, έχουν μεγάλο χρόνο αποθήκευσης και τέλος καλή πυκνότητα ισχύος.

4.2.2 Τα στοιχεία των συσσωρευτών

Οι συσσωρευτές αποτελούνται από τρία βασικά στοιχεία:

Την άνοδο ή το αρνητικό ηλεκτρόδιο. Είναι το ηλεκτρόδιο που δίνει ηλεκτρόνια στο εξωτερικό κύκλωμα και είναι αυτό που οξειδώνεται αποβάλλοντας τα ηλεκτρόνια κατά την ηλεκτροχημική αντίδραση. Για να επιλεγθεί μια άνοδος πρέπει να πληροί ορισμένα κριτήρια όπως είναι η αποτελεσματικότητά της ως αναγωγικό μέσο καθώς οξειδώνεται. Επίσης πρέπει να έχει υψηλή απόδοση αμπερωρίων, καλή αγωγιμότητα, σταθερότητα, ευκολία κατασκευής και χαμηλό κόστος. Τα υλικά που πληρούν τις προδιαγραφές αυτές είναι το υδρογόνο, ο ψευδάργυρος και το λίθιο.

Την κάθοδο ή το θετικό ηλεκτρόδιο. Είναι το ηλεκτρόδιο που δέχεται ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα και ανάγεται προσλαμβάνοντας ηλεκτρόνια κατά την ηλεκτροχημική αντίδραση. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κάθοδο είναι τα μεταλλικά οξείδια, ή για ειδικά συστήματα συσσωρευτών χρησιμοποιούνται αλογόνο και το θείο. Η επιλογές αυτές δεν είναι τυχαίες διότι η κάθοδος πρέπει να είναι ένας αποτελεσματικός οξειδωτικός παράγοντας και δηλαδή να προκαλεί οξείδωση, ενώ η ίδια ανάγεται. Επίσης πρέπει να είναι σταθερή όταν έρχεται σε επαφή με τον ηλεκτρολύτη και να έχει ικανοποιητική τάση λειτουργίας.

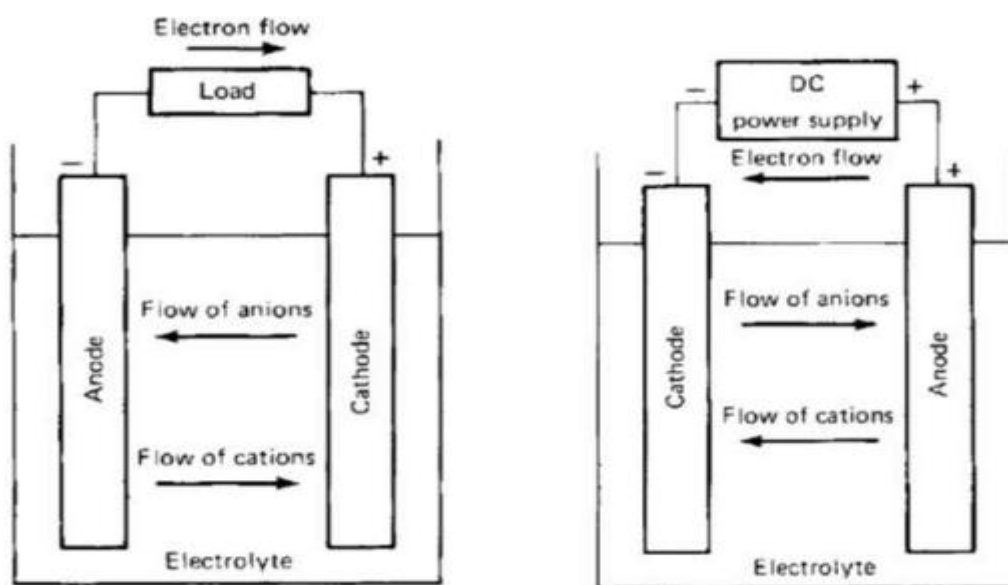
Τέλος τον ηλεκτρολύτη. Η δουλειά του ηλεκτρολύτη είναι ουσιαστικά η μεταφορά των ηλεκτρονίων στο εσωτερικό του στοιχείου μεταξύ ανόδου και καθόδου. Ο ηλεκτρολύτης πρέπει να έχει και αυτός με τη σειρά του κάποιες ιδιότητες για την επιλογή του όπως είναι η καλή ιοντική αγωγιμότητα, να μην είναι ηλεκτρικά αγώγιμος, για να μην δημιουργούνται εσωτερικά βραχυκυκλώματα. Επίσης πρέπει να μην αντιδρά με τα ηλεκτρόδια, καθώς και να μην επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, να είναι ασφαλής. Όπως και στα προηγούμενα στοιχεία ο τελευταίος καθοριστικός παράγοντας είναι να έχει μικρό κόστος. Οι ηλεκτρολύτες συναντώνται συνήθως σε υγρή μορφή, όπως το νερό ή κάποιος άλλος διαλύτης, με διαλυμένα άλατα, οξέα ή αλκάλια, που μεταδίδει την ιοντική αγωγιμότητα. Σε κάποιους συσσωρευτές χρησιμοποιούνται όμως και στερεοί ηλεκτρολύτες, οι οποίοι είναι ιοντικοί αγωγοί στη θερμοκρασία λειτουργίας του στοιχείου.

4.2.3 Η λειτουργία των συσσωρευτών

Οι συσσωρευτές είναι συσκευές οι οποίες μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η χημική ενέργεια περιέχεται στο ενεργό υλικό του, ενώ η μετατροπή αυτή γίνεται μέσω μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης οξειδοαναγωγής. Επιτυγχάνοντας αυτή την αντίδραση, μεταφέρονται τα ηλεκτρόνια από το ένα υλικό στο άλλο μέσω ενός ηλεκτρικού κυκλώματος.

Η λειτουργία των συσσωρευτών περιλαμβάνει θα λέγαμε δυο φάσεις. Η πρώτη φάση είναι αυτή της εκφόρτισης, στην οποία το ηλεκτροχημικό στοιχείο είναι συνδεδεμένο με ένα εξωτερικό φορτίο. Έτσι τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσω του εξωτερικού φορτίου από την άνοδο, η οποία οξειδώνεται, προς την κάθοδο, όπου δέχεται τα ηλεκτρόνια. Τέλος μέσω του ηλεκτρολύτη, επιτυγχάνεται η ροή των ανιόντων (αρνητικών ιόντων) και των κατιόντων (θετικών ιόντων) προς την άνοδο και την κάθοδο, αντίστοιχα.

Η δεύτερη φάση είναι η φόρτιση και αφορά όπως είναι λογικό τα επαναφορτιζόμενα στοιχεία. Σε αυτή τη φάση λοιπόν, η ροή του ρεύματος (ροή των ηλεκτρονίων) αντιστρέφεται, η οξείδωση λαμβάνει χώρα στο θετικό ηλεκτρόδιο (άνοδος) και αυτό που ανάγεται τώρα είναι το αρνητικό ηλεκτρόδιο (κάθοδος). Η παραπάνω διαδικασία φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 4.1 Περιγραφή λειτουργίας συσσωρευτών.

4.2.4 Βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη των συσσωρευτών

Υπάρχουν στην αγορά διάφοροι συσσωρευτές. Για να γίνει η σωστή επιλογή, ανάλογα με το σύστημα που θα θέλαμε να εφαρμοστεί η προσθήκη κάποιου συσσωρευτή θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τα διάφορα βασικά μεγέθη που αποτελούν τα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής:

- Η τάση του συσσωρευτή που ορίζεται ως τη διαφορά δυναμικού που παρατηρείται μεταξύ του θετικού και του αρνητικού ηλεκτροδίου. Η μονάδα μέτρησης της τάσης είναι τα Volts (V) και η τιμή της εξαρτάται από τη χημική σύνθεση των ηλεκτροδίων, τη συγκέντρωση των υλικών των ηλεκτροδίων και τη θερμοκρασία. Η τάση αυτή εκφράζεται με την έννοια της ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) και ισούται με την πολική τάση του συσσωρευτή όταν δεν είναι συνδεδεμένος σε καταναλωτή. Οι ονομαστικές τάσεις είναι γνωστές, και για να αυξηθούν οι τάσεις αυτές δεν έχουμε παρά να συνδέσουμε σε σειρά συσσωρευτές ίδιου τύπου. Για παράδειγμα έτσι επειδή η ονομαστική τάση ενός στοιχείου συσσωρευτή μολύβδου είναι 2,25 V, οι τυπικές ονομαστικές τάσεις με τις οποίες κυκλοφορούν, οι συσσωρευτές μολύβδου είναι 6V, 12V 24V και 48 V.

- Η χωρητικότητα του συσσωρευτή, που ορίζεται ως την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα συσσωρευτή ή που μπορεί να αποδοθεί από αυτόν και συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα C. Λόγω του ότι το 1 Coulomb είναι μία πολύ μικρή μονάδα, έχει καθιερωθεί η χρησιμοποίηση της μονάδας των Αμπερωρίων, όπου το 1 Ah ισούται με 3600C. Έτσι λοιπόν, ως χωρητικότητα ενός συσσωρευτή θεωρείται η ποσότητα των ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων που παράγονται από το ενεργό υλικό του αρνητικού ηλεκτροδίου και καταναλώνονται από το ενεργό υλικό του θετικού ηλεκτροδίου.

Η χωρητικότητα εξαρτάται από την ποσότητα των ενεργών υλικών του συσσωρευτή, την ειδική πυκνότητα του ηλεκτρολύτη, τη ποσότητα του ενεργού υλικού, ενώ επίσης από τον αριθμό, το σχεδιασμό και τις φυσικές διαστάσεις των πλακών (ηλεκτροδίων). Ένα πολύ μικρό ηλεκτροχημικό στοιχείο έχει μικρότερη χωρητικότητα από ένα μεγαλύτερο στοιχείο ίδιας χημικής σύστασης. Επίσης, η χωρητικότητα επηρεάζεται από τις συνθήκες εκφόρτισης όπως 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. Ως μέτρο της χωρητικότητας του συσσωρευτή λαμβάνεται η κατάσταση φόρτισης (state of charge ή *SOC*), η οποία ορίζεται ως την ποσότητα της αποθηκευμένης ενέργειας, εκφραζόμενη ως το ποσοστό της ενέργειας ενός πλήρως φορτισμένου συσσωρευτή. Για παράδειγμα, για κάποιον συσσωρευτή του οποίου τα 3/4 της ενέργειας του έχουν αφαιρεθεί, δηλαδή έχει εκφορτιστεί κατά 75%, λέμε ότι βρίσκεται στο 25% *SOC*.

- Η εσωτερική αντίσταση του συσσωρευτή, που συνήθως διαφέρει στη φόρτιση και την εκφόρτιση καθώς είναι χαμηλότερη στην εκφόρτιση και υψηλότερη στη φόρτιση. Η αντίσταση αυτή λοιπόν είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη χημική σύσταση της μπαταρίας και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το μέγεθος της μπαταρίας, την ηλικία της καθώς και το ρεύμα εκφόρτισης. Όπως είναι λογικό θα πρέπει η εσωτερική αντίσταση να είναι πολύ μικρότερη της αντίστασης του φορτίου, αφού σε κάθε άλλη περίπτωση καθώς θα αυξάνεται η εσωτερική αντίσταση του συσσωρευτή, η απόδοση του συσσωρευτή θα μειώνεται ενώ και η θερμική του ευστάθεια θα ελαττώνεται, καθώς η ενέργεια που παρέχει η μπαταρία θα μετατρέπεται σε θερμότητα.

- Ο χρόνος ζωής, είναι επίσης μία πολύ σημαντική παράμετρος επιλογής ενός συσσωρευτή. Ο χρόνος αυτός εκφράζεται σε κύκλους λειτουργίας, καθένας εκ των οποίων περιλαμβάνει τις διαδικασίες εκφόρτισης και φόρτισής του. Οι συσσωρευτές δεν πρέπει να υφίστανται παρατεταμένη φόρτιση σε πολύ υψηλή τάση (Overcharging), ούτε να εκφορτίζονται κάτω από ένα όριο (Overdischarging). Έτσι αυξάνεται ο χρόνος ζωής του συσσωρευτή. Η υπερφόρτιση έχει ως αποτέλεσμα την ηλεκτρόλυση και συνακόλουθα, την παραγωγή υδρογόνου με ταυτόχρονη έντονη ελάττωση της στάθμης του ηλεκτρολυτικού διαλύματος. Με την αύξηση του αριθμού των κύκλων λειτουργίας του συσσωρευτή ελαττώνεται η χωρητικότητά του και επομένως πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της αρχικής χωρητικότητας του συσσωρευτή η μείωση αυτή (γήρανση), ώστε μέσα στο χρόνο ζωής του να διατηρεί τη δυνατότητα να καλύπτει ημερησίως την ενέργεια που απαιτούν οι καταναλώσεις της εφαρμογής. Γενικά έχει παρατηρηθεί ότι η χωρητικότητα ενός συσσωρευτή μειώνεται σταδιακά και μπορεί να πέσει έως και στο 80% της αρχικής ονομαστικής χωρητικότητάς του, πριν το τέλος της ζωής του συσσωρευτή.

- Η απόδοση τέλος του συσσωρευτή που καθορίζεται από τον ο λόγο της τάσης λειτουργίας του συσσωρευτή προς τη θερμοδυναμική του τάση. Η θερμοδυναμική τάση ορίζεται ως η τάση ανοιχτού κυκλώματος του συσσωρευτή σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1atm. Ο βαθμός απόδοσης οφείλεται στην ύπαρξη των απωλειών ενέργειας και ισχύος κατά την εκφόρτιση ή τη φόρτιση με τη μορφή απώλειας τάσης. Ουσιαστικά όταν φορτίζεται ένας συσσωρευτής, ένα ποσοστό της τάξεως του 10-20% της προσφερόμενης σ' αυτόν ενέργειας χάνεται, θερμαίνοντας τον ηλεκτρολύτη ή προκαλώντας ηλεκτρόλυση. Ο κάθε συσσωρευτής χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο βαθμό απόδοσης ενέργειας που ορίζεται ως ο λόγος του ηλεκτρικού έργου που αποδίδει ο συσσωρευτής κατά την εκφόρτιση, δια του έργου που του προσφέρθηκε κατά την προηγούμενη φόρτισή του. Τυπική τιμή 80-85%. Εκτός από το βαθμό ενεργειακής απόδοσης, χρησιμοποιείται επίσης ο αντίστοιχος βαθμός απόδοσης φορτίου, που ορίζεται ως ο λόγος του φορτίου κατά την εκφόρτιση, ως προς το φορτίο κατά τη φόρτιση συνήθως έχοντας μία τιμή γύρω στο 90%.

4.3 Τα ηλεκτρονικά στοιχεία του συστήματος

4.3.1 Κατηγορίες ηλεκτρονικών στοιχείων

Σε συστήματα όπως είναι αυτά που εφαρμόζονται σε αυτόνομες κατοικίες, πέραν από τη χρήση των πηγών ενέργειας, είναι απαραίτητα και ορισμένα ηλεκτρονικά στοιχεία. Αυτά τα στοιχεία προσφέρουν καλή λειτουργία και η αυξανόμενη απόδοση των συστημάτων μας χρησιμοποιώντας κάποιες ειδικές διατάξεις, που είναι συνήθως ηλεκτρονικά ισχύος, και που επεξεργάζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η κάθε ενεργειακή πηγή.

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 τη σύνδεση στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο και επιτυγχάνεται με ένα μετατροπέα τάσης συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα ή αλλιώς μετατροπέας DC-AC.

Ένα ακόμα στοιχείο είναι ο ρυθμιστής φόρτισης (charge controller) της μπαταρίας και έχει ως στόχο να αποτρέψει την υπερφόρτιση και την βαθιά εκφόρτιση της μπαταρίας. Επίσης εάν χρησιμοποιούνται στο υβριδικό σύστημα και ανεμογεννήτριες, πριν το ρυθμιστή φόρτισης συνδέεται και ένας ανορθωτής τάσης (rectifier). Η χρήση του ανορθωτή τάσης είναι να μετατρέψει το εναλλασσόμενο ρεύμα που παράγει η μηχανή σε συνεχές, προκειμένου, μέσω του ρυθμιστή φόρτισης, η περίσσεια ενέργεια να οδηγηθεί και να αποθηκευτεί κατάλληλα στην συστοιχία των μπαταριών.

Μια πολύ σημαντική διάταξη στο σχεδιασμό ενός αξιόπιστου αυτόνομου συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο αντιστροφέας τάσης (inverter).

Επιμέρους ηλεκτρονικές διατάξεις αποτελούν και οι ρυθμιστές ισχύος, γνωστοί και ως MPPT (Maximum power point trackers, δηλαδή διατάξεις παρακολούθησης του σημείου της μέγιστης ισχύος). Η χρησιμεύουν στο να κρατάνε ουσιαστικά τη λειτουργία της Φ/Β γεννήτριας στο σημείο της καμπύλης τάσης-έντασης που αντιστοιχεί στη μέγιστη απόδοση. Έπειτα, με τον μετατροπέα τάσης, η τάση εξόδου της Φ/Β γεννήτριας μετατρέπεται στην απαιτούμενη για τη φόρτιση των συσσωρευτών του συστήματος.

Τέλος είναι καλό να χρησιμοποιείται στα συστήματά μας ο πίνακας ελέγχου (control panel). Ο πίνακας ελέγχου μας βοηθάει να κάνουμε καλύτερη διαχείριση της ενέργειας της χρήση των συλλεκτών και τη διάρκεια ζωής ευαίσθητων μονάδων του συστήματος. Αυτά επιτυγχάνονται με τη χρήση του πίνακα ελέγχου αφού έχει τη δυνατότητα να πληροφορεί το χρήστη για την τρέχουσα κατάσταση του και να του δίνει συμβουλές για το πώς να αντιδράσει σε περίπτωση ανάγκης. Στο πίνακα ελέγχου φαίνεται η κατάσταση του

συστήματος ανά πάσα στιγμή. Έχει επικοινωνία με όλες τις μονάδες και μπορεί σε περίπτωση που εμφανισθεί κάποιο πρόβλημα να διακόψει τη λειτουργία, ώστε να προστατευθεί το σύστημα.

4.3.2 Αντιστροφέας (Inverter)

Όπως είναι γνωστό, το ρεύμα που βγαίνει από τη Φ/Β γεννήτρια είναι συνεχές (DC current). Όμως συνήθως το φορτίο μας στην προκειμένη περίπτωση ή για άλλες περιπτώσεις όπως για τη σύνδεση στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο χρειάζεται εναλλασσόμενο ρεύμα. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητος ο αντιστροφέας ο οποίος μετατρέπει το DC (συνεχές) ρεύμα σε AC (εναλλασσόμενο) ρεύμα ίδιας συχνότητας με το δίκτυο, για να είναι εφικτή η σύνδεση της εξόδου του είτε με ένα διασυνδεδεμένο σύστημα είτε με το φορτίο στα αυτόνομα και υβριδικά συστήματα. Οι ηλιακοί αντιστροφείς έχουν ειδικές λειτουργίες προσαρμοσμένες για τη χρήση με Φ/Β συστοιχίες, όπως η λειτουργία στο μέγιστο σημείο ισχύος MPPT.

Οι αντιστροφείς μπορούν να χωριστούν σε δυο τύπους ανάλογα με την περίπτωση που τους χρησιμοποιούμε. Έτσι υπάρχουν οι αντιστροφείς για διασυνδεδεμένα συστήματα οι οποίοι δεν έχουν τη δυνατότητα να μας παρέχουν εφεδρική ενέργεια σε περίπτωση διακοπής ρεύματος. Η άλλη κατηγορία είναι αυτή των αντιστροφέων που χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα συστήματα, οι οποίοι καθώς συνδέονται στους συσσωρευτές, μετατρέπουν το ρεύμα της Φ/Β συστοιχίας από συνεχές σε εναλλασσόμενο, αλλά και το συνεχές ρεύμα των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενο που τροφοδοτεί το φορτίο. Κάποιοι αντιστροφείς αυτόνομων συστημάτων συμπεριλαμβάνουν επίσης και ενσωματωμένο ρυθμιστή φόρτισης. Επίσης οι μετατροπείς που συνδέονται άμεσα με τα φωτοβολταϊκά ενσωματώνουν μια ηλεκτρονική διάταξη ανίχνευσης του μέγιστου σημείου ισχύος (Maximum Power Point Tracker - MPPT), ρυθμίζοντας συνεχώς τη σύνθετη αντίσταση φορτίων έτσι ώστε ο μετατροπέας να εξάγει πάντα τη μέγιστη ενέργεια από το σύστημα. Η αποδοτικότητα των μετατροπέων είναι μεγαλύτερη από 90%, όταν λειτουργούν πάνω από το 10% της μέγιστης παραγωγής τους και μπορεί να φτάσει έως και 96%.

Είναι καλό όταν επιλεγθεί ένας αντιστροφέας σε κάποιο αυτόνομο σύστημα όπως είναι και αυτό που θα μελετηθεί να πληροί ορισμένα κριτήρια. Τα βασικότερα εκ των οποίων είναι να έχει μεγάλο εύρος τάσης εισόδου (10% με +30% της ονομαστικής τάσης), να έχει τάση εξόδου όσο το δυνατόν πιο κοντά στην καμπυλοειδή κυματομορφή, να έχει μικρή διακύμανση στην συχνότητα και τάση εξόδου, να μπορεί επίσης να παρέχει $\pm 8\%$ σταθερότητα τάσης καθώς και $\pm 2\%$ σταθερότητα συχνότητας. Πρέπει επίσης να αντέχει κάποιο ενδεχόμενο βραχυκύκλωμα, να έχει υψηλό βαθμό απόδοσης στα μερικά φορτία και βαθμό απόδοσης τουλάχιστον 90% στο 10% του φορτίου. Τέλος πρέπει να έχει την δυνατότητα να υπομένει μικρής διάρκειας υπερφορτώσεις για τις συνθήκες εκκίνησης διαφόρων συσκευών όπως είναι το air condition και άλλα.

Συνήθως για λόγους οικονομίας χρησιμοποιείται ένας μετατροπέας για ολόκληρη τη συστοιχία. Σε περίπτωση όμως που η εγκατεστημένη ισχύς είναι μεγάλη, πρέπει να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστοί μετατροπείς για τις διαφορετικές συστοιχίες Φ/Β. Έτσι εάν προκύψει κάποιο πρόβλημα σε μια μονάδα, απομονώνεται χωρίς να σταματήσει την παραγωγή το υπόλοιπο σύστημα. Αυτό προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια και αξιοπιστία στο σύστημά μας. Ο αντιστροφέας χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς διακόπτες όπως οι bipolar transistors ισχύος, MOSFETs, thyristors και άλλοι. Αξιοποιώντας τους διακόπτες αυτούς δημιουργείται μία σειρά τετραγωνικών παλμών διαδοχικά ορθών και ανεστραμμένων (Inversion). Οι περισσότεροι μετατροπείς μπορούν να συνδεθούν σε δίκτυο με συχνότητα 50 Hz και 60 Hz.

4.3.3 Ρυθμιστής φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση της τάσης εξόδου της ενεργειακής πηγής, είτε αυτή προέρχεται από Φ/Β, είτε από ανορθωμένη τάση ανεμογεννήτριας, σταθερή στην επιθυμητή τιμή. Επίσης ταυτόχρονα όταν οι συσσωρευτές του συστήματος φορτιστούν πλήρως, ο φορτιστής μπορεί να διοχετεύει την περίσσεια του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται στην εκάστοτε ενεργειακή πηγή σε κατάλληλες αντιστάσεις ή προς τη γη, αποτρέποντας έτσι την υπερφόρτισή τους. Επίσης έχει τη δυνατότητα να αποτρέπει την υπέρταση. Έτσι αποτρέπεται η μείωση της απόδοσης τους, η μείωση διάρκειας ζωής τους καθώς και ο κίνδυνος για την ανθρώπινη ασφάλεια. Ουσιαστικά μας παρέχει μία προστασία καθώς δεν επιτρέπει την υπερφόρτιση των συσσωρευτών.

Είναι πολύ συχνό φαινόμενο να μην χρησιμοποιείται σε κάποιο μικρού μεγέθους σύστημα κάποιος ρυθμιστής φόρτισης όμως, η μακροχρόνια λειτουργία των αυτόνομων υβριδικών συστημάτων απαιτεί τη λειτουργία ρυθμιστή φόρτισης, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη το υψηλό κόστος αγοράς των συσσωρευτών. Αν αναλογιστούμε τις υπηρεσίες που μας προσφέρει ο ρυθμιστής φόρτισης ανάλογα με το κόστος του, θα δούμε ότι είναι απαραίτητος αφού παρατείνουν το χρόνο ζωής των συσσωρευτών που όπως είπαμε έχουν μεγάλο κόστος σε μία εγκατάσταση. Εκτός όμως από την υπερφόρτιση μπορεί επίσης να αποτρέψει αποστράγγιση των συσσωρευτών (deep discharging) για την προστασία της διάρκειας ζωής τους. Έχουν επίσης την ιδιότητα να παρακολουθούν τη θερμοκρασία των συσσωρευτών για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση. Οι εξελιγμένοι μάλιστα ρυθμιστές φόρτισης "PWM και MPPT" προσαρμόζουν το επίπεδο της φόρτισης ανάλογα με το επίπεδο των συσσωρευτών ώστε να επιτευχθεί φόρτιση κοντά στα επίπεδα της μέγιστης χωρητικότητας.

Μια μονάδα ελέγχου φόρτισης-εκφόρτισης περιλαμβάνει σύνολο ολοκληρωμένων συστημάτων είτε μικροεπεξεργαστές, οι οποίοι ελέγχουν ηλεκτρικούς διακόπτες, είτε ηλεκτρομηχανικούς (ρελέ), είτε ηλεκτρονικούς ισχύος. Πάντα όμως στο κύκλωμα είναι απαραίτητη μια δίοδος, για την προστασία του συστήματος αποθήκευσης από εκφόρτιση, μέσω της διάταξης ή του υπόλοιπου συστήματος.

Οι ρυθμιστές φόρτισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δύο βασικές διατάξεις. Η πρώτη διάταξη είναι αυτή που αφορά τους παράλληλους ρυθμιστές φόρτισης. Το ελεγχόμενο στοιχείο είναι συνδεδεμένο παράλληλα με το σύστημα (shunt controller), έχοντας τη δυνατότητα να λειτουργεί, είτε μεταβαλλόμενο γραμμικά, ανάλογα με τη μέγιστη φόρτιση, είτε ως διακόπτης ON/OFF. Ο ρυθμιστής αυτός, απομονώνει το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα αποθήκευσής της, αφού όταν έχει επιτευχθεί η μέγιστη φόρτιση (όριο τάσης) το ελεγχόμενο σημείο βραχυκυκλώνει το σύστημά μας, χωρίς να προκαλείται καμία βλάβη σε αυτό.

Η δεύτερη διάταξη είναι αυτή που χρησιμοποιεί τους ρυθμιστές φόρτισης σε σειρά και βασίζεται στη χρήση δύο διακοπών S1, S2. Ο ένας διακόπτης, διακόπτει το ρεύμα από το σύστημα ενέργειας στο σύστημα αποθήκευσης, όταν η τάση φόρτισης φτάσει στο όριό της. Ενώ ταυτόχρονα ο άλλος εισάγει στην έξοδο του συστήματος ενέργειας, ένα στοιχείο απόδοσης της επί πλέον ενέργειας, την οποία δεν έχει την δυνατότητα να απορροφήσει το σύστημα αποθήκευσης. Είναι απαραίτητο, το στοιχείο απόδοσης, να μπορεί να αποβάλλει εύκολα την αποδιδόμενη σε αυτό ενέργεια, στο περιβάλλον. Έτσι ελέγχεται η φόρτιση συσσωρευτών από το υπό μελέτη σύστημα.

Καθώς όπως είδαμε παραπάνω είναι πολύ χρήσιμη η αξιοποίηση ενός κατάλληλου ρυθμιστή, θα πρέπει πάντα να γίνεται και η σωστή επιλογή του. Για αυτό το λόγο παρατίθενται τα κύρια χαρακτηριστικά ενός ρυθμιστή φόρτισης ώστε να θεωρείται κατάλληλος προς αξιοποίηση: Θα πρέπει να έχει μικρή εσωτερική κατανάλωση ρεύματος, μικρότερη από 5 mA. Πρέπει να έχει υψηλό βαθμό απόδοσης της τάξεως 96%-98%. Επίσης θα πρέπει να λειτουργεί τουλάχιστον σε ένα φάσμα θερμοκρασίας 0°c μέχρι και 50°c, ενώ πρέπει να έχει τη δυνατότητα να μας παρέχει προστασία από υπερφόρτιση καθώς και από αντίστροφη πολικότητα. Τέλος πρέπει να αντέχει σε τακτική φόρτιση με υψηλότερη από την προβλεπόμενη τάση καθώς και είναι αναγκαίο να κάνει διακοπή στο φορτίο εάν παρουσιαστεί βαθιά εκφόρτιση.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ Η ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ”

5.1 Στοιχεία κατοικίας

5.1.1 Γεωγραφικά στοιχεία κατοικίας

Η κατοικία που έχει επιλεγθεί βρίσκεται στη Νήσο Ικαρίας στο χωριό Γλαρέδο. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από ανέμους υψηλής εντάσεως καθώς και από ικανοποιητική ηλιοφάνεια.



Σχήμα 5.1 Η τοποθεσία της κατοικίας από το Google Earth.

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε και στο χάρτη η κατοικία έχει τις εξής συντεταγμένες:

Γεωγραφικό Πλάτος: 37°36'41"

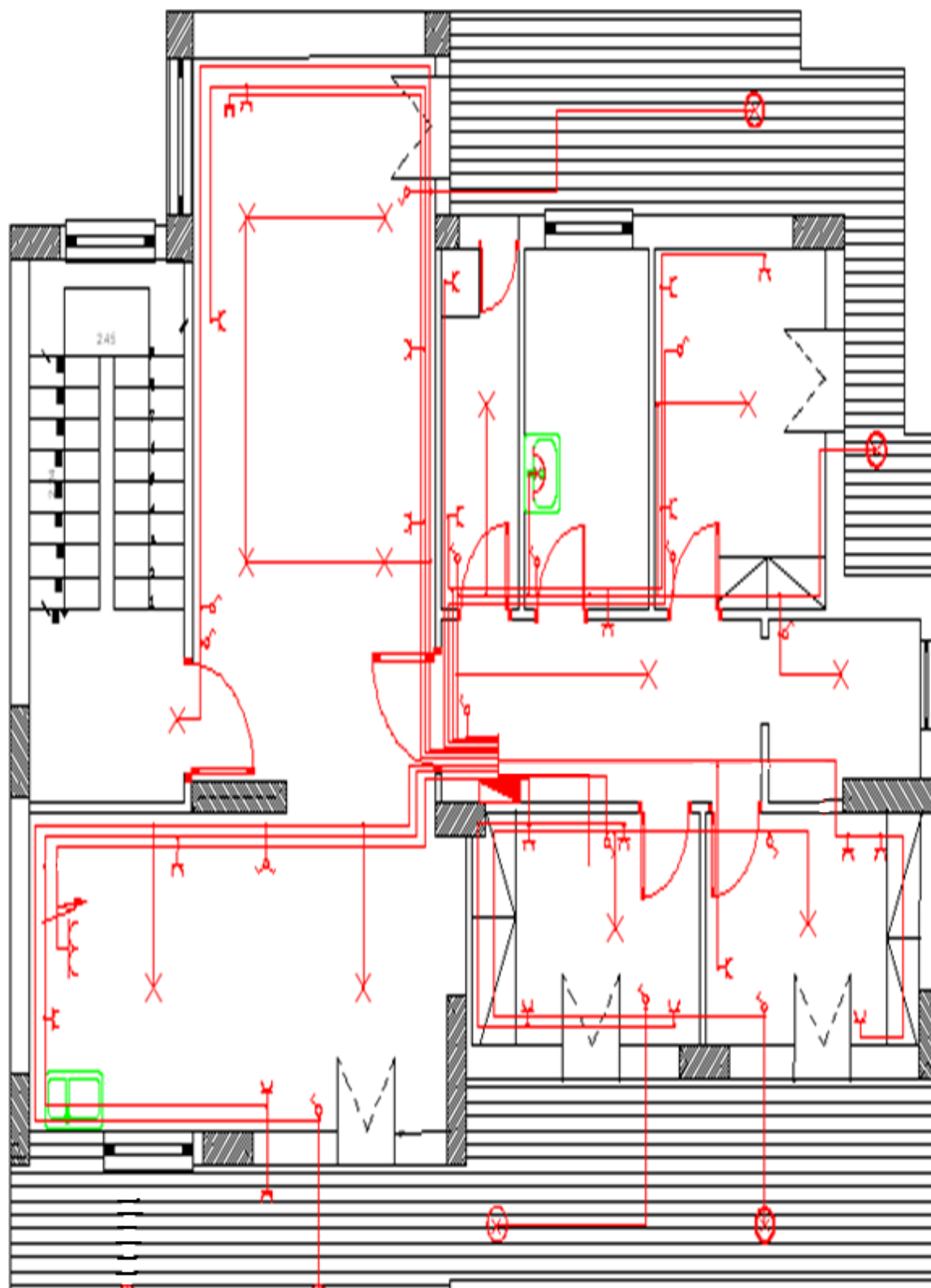
Γεωγραφικό Μήκος: 26°16'42"



Σχήμα 5.2 Η κατοικία και ο περιβάλλοντας χώρος.

Η επιλεγμένη κατοικία είναι αρκετά μεγάλη 150 τ.μ. Μάλιστα ο ιδιοκτήτης της έχει στην κατοχή του δίπλα από αυτή και έκταση 700 τ.μ. Αυτά τα στοιχεία αναφέρονται διότι στην εν λόγω κατοικία υπάρχει άφθονος χώρος για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γεννητριών. Επίσης η έκταση δίπλα από την κατοικία (στα αριστερά αυτής) είναι αρκετή ώστε να εγκατασταθεί κάποια ανεμογεννήτρια χωρίς να έχουμε τις δυσάρεστες επιπτώσεις του έντονου θορύβου από τη λειτουργία της.

5.1.2 Το σχέδιο της κατοικίας και των φορτίων της



Σχήμα 5.3 Κάτοψη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης κατοικίας.

5.1.3 Οι ηλεκτρικές ανάγκες της κατοικίας και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς

Όπως είδαμε και από σχέδιο, η κατοικία μας είναι ικανή να ικανοποιήσει τις ανάγκες 4-5 ατόμων με άνεση. Έτσι λοιπόν λαμβάνοντας υπόψη το σχέδιο και τις καθημερινές ανάγκες μίας πενταμελούς οικογένειας, θα λάβουμε υπόψη τη χρήση των εξής συσκευών: 1 ηλεκτρικό σίδερο, 1 ηλεκτρική σκούπα, 1 καφετιέρα, 1 μίξερ, 1 τηλεόραση (έγχρωμη), 1 στερεοφωνικό, 2 ηλεκτρονικούς υπολογιστές (PC), 1 πλυντήριο πιάτων, 1 πλυντήριο ρούχων, 1 ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων, 1 θερμοσίφωνα 80 λίτρων, 1 κουζίνα που διαθέτει μικρό, μεσαίο και μεγάλο μάτι καθώς και φούρνο, 1 φούρνο μικροκυμάτων, 4 κλιματιστικά AC (3 μικρά θέρμανσης 9000 Btu και 1 μεγάλο για το σαλόνι θέρμανσης 24000 Btu). Τέλος για το φωτισμό της κατοικίας θα χρησιμοποιηθούν 20 λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης 20W.

Για να ικανοποιήσουμε πλήρως τις ανάγκες της οικογένειας και να επιλέξουμε αργότερα το πιο οικονομικό σύστημα, θα πρέπει να γνωρίζουμε ακριβώς την ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας ανά ημέρα. Έτσι λοιπόν είναι αναγκαίο εκτός από το είδος και την ποσότητα των ηλεκτρικών συσκευών να γνωρίζουμε και ποια είναι η καθημερινή τους χρήση καθώς και πόση ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνουν ανά ώρα. Οι πίνακες παρακάτω μας βοηθούν να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ενέργεια που χρειαζόμαστε καθημερινά. Οι ανάγκες και η κατανάλωση όπως θα δούμε διαφοροποιούνται ανάλογα με τους μήνες, αφού οι ανάγκες για θέρμανση της κατοικίας διαφέρουν.

Πίνακας 5.1 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Ιανουάριο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	2 ώρες	1
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνα 80 λίτρων	4000	1	1 ώρα κ 30 λεπτά	6
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (θέρμανση 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (θέρμανση 24000 Btu)	2110	1	2 ώρες	4,22
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	5 ώρες	3
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				32,988
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				1022,628

Πίνακας 5.2 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Φεβρουάριο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	2 ώρες	1
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνα 80 Λίτρων	4000	1	1 ώρα κ 30 λεπτά	6
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (θέρμανση 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (θέρμανση 24000 Btu)	2110	1	3 ώρες	6,33
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	3 ώρες	1,8
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				33,898
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				949,144

Πίνακας 5.3 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Μάρτιο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	2 ώρες	1
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνα 80 Λίτρων	4000	1	1 ώρα κ 30 λεπτά	6
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (θέρμανση 9000 Btu)	1050	3	1 ώρες	6,3
Κλιματιστικό (θέρμανση 24000 Btu)	2110	1	1 ώρα	2,11
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	3 ώρες	1,8
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				32,828
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				1017,668

Πίνακας 5.4 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Απρίλιο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνα 80 Λίτρων	4000	1	1 ώρα	4
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (θέρμανση 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (θέρμανση 24000 Btu)	2110	1	0 ώρες	0
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	3 ώρες	1,8
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				26,568
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				797,04

Πίνακας 5.5 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Μάιο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνα 80 Λίτρων	4000	1	30 λεπτά	2
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (θέρμανση/Ψύξη 9000 Btu)	1050	3	0 ώρες	0
Κλιματιστικό (θέρμανση/Ψύξη 24000 Btu)	2110	1	0,5 ώρες	1,55
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	3 ώρες	1,8
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				22,968
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				712,008

Πίνακας 5.6 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Ιούνιο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Σtereοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνας 80 Λίτρων	4000	1	10 λεπτά	0,66
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (Ψύξη 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (Ψύξη 24000 Btu)	2110	1	1 ώρα	2,11
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	2 ώρες	1,2
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				24,738
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				742,14

Πίνακας 5.7 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Ιούλιο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Σtereοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνας 80 Λίτρων	4000	1	0	0
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (Ψύξη 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (Ψύξη 24000 Btu)	2110	1	2 ώρες	4,22
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	2 ώρες	1,2
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				26,188
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				811,828

Πίνακας 5.8 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Αύγουστο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνας 80 Λίτρων	4000	1	0	0
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (Ψύξη 9000 Btu)	1050	3	2 ώρες	6,3
Κλιματιστικό (Ψύξη 24000 Btu)	2110	1	2 ώρες	4,22
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	2 ώρες	1,2
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				29,338
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				909,478

Πίνακας 5.9 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Σεπτέμβριο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνας 80 Λίτρων	4000	1	10 λεπτά	0,66
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (Ψύξη 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (Ψύξη 24000 Btu)	2110	1	0 ώρες	0
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	3 ώρες	1,8
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				23,228
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				696,84

Πίνακας 5.10 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Οκτώβριο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνα 80 λίτρων	4000	1	30 λεπτά	2
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (θέρμανση/Ψύξη 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (θέρμανση/Ψύξη 24000 Btu)	2110	1	0 ώρες	0
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	3 ώρες	1,8
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				24,568
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				761,608

Πίνακας 5.11 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Νοέμβριο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνα 80 λίτρων	4000	1	1 ώρα	4
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (θέρμανση 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (θέρμανση 24000 Btu)	2110	1	30 λεπτά	1,055
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	3 ώρες	1,8
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				27,623
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				828,69

Πίνακας 5.12 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον μήνα Δεκέμβριο.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1	1 ώρα	1
Ηλεκτρική σκούπα	1000	1	1 ώρα	1
Καφετιέρα	900	1	30 λεπτά	0,45
Μίξερ	200	1	5 λεπτά	0,167
Τηλεόραση (έγχρωμη)	41	2	4 ώρες	0,328
Αναμονή τηλεόρασης	8	2	20 ώρες	0,16
Στερεοφωνικό	40	1	4 ώρες	0,16
Αναμονή στερεοφωνικού	8	1	20 ώρες	0,16
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (PC)	250	2	4 ώρες	2
Πλυντήριο πιάτων	3200	1	55 °C / γεμάτο	0,8
Πλυντήριο ρούχων	2800	1	60° C / 5κ. ρούχα	1,4
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	90	1	24 ώρες	2,16
Θερμοσίφωνας 80 Λίτρων	4000	1	1 ώρα κ 30 λεπτά	6
Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000	1	1 ώρα	2
Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500	2	1 ώρα	3
Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700	1	1 ώρα	2,7
Φούρνος μικροκυμάτων	800	1	20 λεπτά	0,133
Κλιματιστικό (θέρμανση 9000 Btu)	1050	3	1 ώρα	3,15
Κλιματιστικό (θέρμανση 24000 Btu)	2110	1	1 ώρα	2,11
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20	30	3 ώρες	1,8
Ημερησία Συνολική Κατανάλωση				30,678
Μηνιαία Συνολική Κατανάλωση				951,018

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρούμε ότι η μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση σημειώνεται στον μήνα του Φεβρουαρίου, με την ημερήσια κατανάλωση να αγγίζει τις 33,898 Kwh, και την μηνιαία κατανάλωση να είναι 949,144 Kwh. Αντίστοιχα παρατηρούμε ότι η ελάχιστη ενεργειακή κατανάλωση αφορά τον μήνα του Σεπτεμβρίου, με την τιμή της ημερήσιας καταναλισκόμενης ισχύος να είναι 23,228 Kwh , και την τιμή της μηνιαίας καταναλισκόμενης ισχύος να είναι 696,84 Kwh.

Για τη συνέχεια της μελέτης, είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος της κατοικίας. Αυτό θα μας βοηθήσει να επιλέξουμε την κατάλληλη γεννήτρια diesel. Ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος περιγράφεται ως εξής:

Αρχικά θα δούμε τα φορτία της κατοικίας τα οποία είναι 23 πρίζες(5 γραμμές), 20 λαμπτήρες, 1 ηλεκτρική κουζίνα, 1 ηλεκτρικό θερμοσίφωνο, 3 κλιματιστικά (AC 9000 Btu) και 1 κλιματιστικό (AC 24000 Btu).

Έπειτα θα πολλαπλασιάσουμε το πλήθος τους με την αντίστοιχη τιμή ισχύος που καταναλώνουν.

$$5 \text{ γραμμές ρευματοδοτών} * 3680\text{W} = 18400\text{W},$$

$$20 \text{ λαμπτήρες} * 20\text{W} = 4000\text{W},$$

$$1 \text{ ηλεκτρική κουζίνα} * 7700\text{W} = 7700\text{W},$$

$$1 \text{ ηλεκτρικό θερμοσίφωνο} * 4000\text{W} = 4000\text{W},$$

$$3 \text{ κλιματιστικά (AC 9000 Btu)} * 1050\text{W} = 3150\text{W},$$

$$1 \text{ κλιματιστικό (AC 24000 Btu)} * 2110\text{W} = 2110\text{W}.$$

Τέλος θα αθροίσουμε όλα τα παραπάνω αποτελέσματα ώστε να βρεθεί η συνολική εγκατεστημένη ισχύς που είναι ίση με 39,360 Kw.

5.2 Δεδομένα περιοχής

5.2.1 Ηλιακά δεδομένα

Τα ακριβή ηλιακά δεδομένα της περιοχής που μελετάται είναι απαραίτητα για την μελέτη μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Όσο πιο ακριβή είναι τα δεδομένα τόσο πιο ακριβή θα είναι και τα αποτελέσματα της μελέτης. Λόγω της βαρύτητας αυτών των δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί ο έγκυρος ισότοπος του <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>. Εκχωρώντας σε αυτόν τα στοιχεία του γεωγραφικού πλάτους και του γεωγραφικού μήκους της περιοχής που μελετάμε, μας ενημερώνει για τις ημερήσιες, τις μηνιαίες και τις ετήσιες τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο. Αυτά είναι ουσιαστικά τα κύρια δεδομένα που χρησιμοποιούμε.

Το πρόγραμμα αυτό έχει επίσης τη δυνατότητα να μας προσφέρει και άλλες σημαντικές πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές σχετίζονται με τις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθούν από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα του οποίου πρώτα θα πρέπει να έχουμε εκχωρήσει τα στοιχεία. Αυτή η εφαρμογή είναι αρκετά χρήσιμη αφού δοκιμάζοντάς τη για διάφορες γωνίες εγκατάστασης φωτοβολταϊκών μπορούμε να καταλήξουμε στη πιο αποδοτική. Στη συγκεκριμένη περιοχή καταλήξαμε στο ότι τα φωτοβολταϊκά θα πρέπει να τοποθετηθούν με νότιο προσανατολισμό (αζιμούθια γωνία 0 μοίρες), στις 31 μοίρες.

Στο παρακάτω πίνακα θα δούμε τα δεδομένα που προκύπτουν από την εφαρμογή του προγράμματος του PVGIS καθώς γίνεται η εφαρμογή του για την περιοχή που εξετάζουμε και για σύστημα ισχύος 2KW.

Όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο από τις τέσσερεις στήλες που μας δίνονται, αυτή που είναι μείζονος σημασίας και που χρησιμοποιούμε κατά κόρον είναι η στήλη αναγραφόμενη ως Hd. Η συγκεκριμένη στήλη μας δείχνει τις τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο.

Πίνακας 5.13 Ηλιακά δεδομένα της περιοχής μέσω PVGIS.



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 37°36'41" North, 26°16'42" East, Elevation: 109 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 2.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 10.1% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.3%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 24.5%

Fixed system: Inclination=31 deg., orientation=0 deg. (Optimum at given orientation)				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	4.96	154	3.11	96.3
Feb	5.70	160	3.62	101
Mar	8.62	267	5.56	172
Apr	9.52	286	6.24	167
May	10.50	326	7.02	218
Jun	11.00	330	7.49	225
Jul	10.50	326	7.25	225
Aug	10.40	322	7.17	222
Sep	10.00	301	6.78	203
Oct	8.43	261	5.55	172
Nov	6.29	189	4.04	121
Dec	4.43	137	2.80	86.8
Year	8.38	255	5.56	169
Total for year		3060		2030

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global Irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global Irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

5.2.2 Ανεμολογικά δεδομένα

Για την εύρεση του αιολικού δυναμικού λήφθηκαν δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τις ωριαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου στη περιοχή. Ο μέσος όρος της ταχύτητας ανέμου είναι ίσος με 6,84 m/s.

Τα παρακάτω δεδομένα θα φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα όταν θα μελετάμε συστήματα που κάνουν χρήση ανεμογεννήτριας.

Πίνακας 5.14 Ενδεικτικές ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου.

Ημέρα	ώρα	ταχύτητα ανέμου (m/s)
1	1	5,5
1	2	6,3
1	3	6,7
1	4	7,3
1	5	6,7
1	6	6,7
1	7	7,9
1	8	7,3
1	9	7,9
1	10	7,9
1	11	8,5
1	12	11,2
1	13	10,3
1	14	10,8
1	15	10,8
1	16	10,6
1	17	10,8
1	18	12,0
1	19	12,5
1	20	12,0
1	21	12,5
1	22	11,3
1	23	10,8
1	24	6,9
2	1	7,4
2	2	5,6
2	3	4,5
2	4	3,4
2	5	3,5
2	6	3,5

5.3 Η Επιλογή της γεννήτριας Diesel

Η γεννήτρια που θα επιλεγθεί θα πρέπει να καλύπτει πλήρως τις ανάγκες της κατοικίας ανά πάσα στιγμή. Αυτό διότι υπάρχει πιθανότητα να μην είναι σε θέση να ανταποκριθούν οι μπαταρίες, ώστε να παρέχουν την απαραίτητη ισχύ, λόγω βλαβών στα συστήματά, λόγω επισκευών ή λόγω έλλειψης ηλιοφάνειας και ανέμου. Η διαδικασία εύρεσης της κατάλληλης ισχύος της γεννήτριας γίνεται ως εξής:

Αρχικά βλέπουμε τους συντελεστές ετεροχρονισμού για τα φορτία μας. Οι συντελεστές αυτοί είναι για τις γραμμές ρευματοδοτών(0,5), για τους λαμπτήρες(0,7), για την ηλεκτρική κουζίνα(0,7), για το ηλεκτρικό θερμοσίφωνα(0,4), για τα κλιματιστικά AC 9000 Btu(0,5), και τέλος για το κλιματιστικό AC 24000 Btu(0,5).

Χρησιμοποιώντας τους συντελεστές ετεροχρονισμού προκύπτουν τα εξής γινόμενα:

- (εγκατεστημένη ισχύς γραμμών ρευματοδοτών) $18400W \cdot (\text{συντελεστής ετεροχρονισμού}) 0,5 = 9200W$,
- (εγκατεστημένη ισχύς λαμπτήρων) $4000W \cdot (\text{συντελεστής ετεροχρονισμού}) 0,7 = 2800W$.
- (εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικής κουζίνας) $7700W \cdot (\text{συντελεστής ετεροχρονισμού}) 0,7 = 5390W$.
- (εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικού θερμοσίφωνα) $4000W \cdot (\text{συντελεστής ετεροχρονισμού}) 0,4 = 1600W$.
- (εγκατεστημένη ισχύς κλιματιστικών AC 9000 Btu) $3150W \cdot (\text{συντελεστής ετεροχρονισμού}) 0,5 = 1575W$.
- (εγκατεστημένη ισχύς κλιματιστικού AC 24000 Btu) $2110W \cdot (\text{συντελεστής ετεροχρονισμού}) 0,5 = 1055W$.

Έτσι το άθροισμα των υπολογισμένων καταναλώσεων που προκύπτει με τη χρήση του ετεροχρονισμού είναι 21620W.

Επομένως θα πρέπει η γεννήτρια diesel που θα επιλεγεί να έχει την δυνατότητα να τροφοδοτήσει την κατοικία με ισχύ ίση ή μεγαλύτερη των 21620W. Συνεπώς θα επιλέξουμε μια γεννήτρια με τα εξής χαρακτηριστικά:

Ισχύς: 31.3KVA/25KW.

Τάση: 380V.

Στροφές: 1500rpm.

Ampere: 45.

Κινητήρας: 4χρονος υδρόψυκτος 45HP.

Επίπεδο θορύβου: 75db.

Κύλινδροι: 4.

Δοχείο καυσίμου: 45Lt.

Βάρος: 850kg.

Τιμή: 5.000 €.

Η γεννήτρια diesel θα παραμείνει η ίδια σε όλα τα συστήματα που θα μελετηθούν, καθώς η κατοικία στην οποία θα εφαρμοστούν τα συστήματα θα παραμείνει η ίδια και επομένως και η ισχύς που θα καταναλώνουν τα φορτία της.



Σχήμα 5.4 Γεννήτρια diesel ισχύος 25KW.

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ”

6.1 Περιγραφή κεφαλαίου

Στόχος του κεφαλαίου αυτού, είναι μέσω κάποιων δοκιμών να καταλήξουμε στην επιλογή του πιο ορθού συστήματος. Ορθό σύστημα χαρακτηρίζεται το οικονομικότερο σύστημα. Όλα τα αποτελέσματα που θα προκύψουν στο κεφάλαιο αυτό θα εκφραστούν και με οικονομικούς όρους έτσι ώστε στο τέλος να προκύψει το κόστος του βέλτιστου συστήματος.

Αναλυτικά η διαδικασία που θα ακολουθηθεί θα είναι η εξής:

- Επιλογή φωτοβολταϊκών γεννητριών και λοιπών στοιχείων.
- Καταχώρηση στο πρόγραμμα excel των ηλιακών δεδομένων, των στοιχείων των επιλεγμένων φωτοβολταϊκών γεννητριών, των απωλειών (κατά προσέγγιση) και των ημερησίων καταναλώσεων της κατοικίας.
 - Κάνοντας χρήση του προγράμματος excel θα επεξεργαστούμε τα παραπάνω δεδομένα και θα μελετήσουμε διάφορα συστήματα (διαφόρων ισχύων). Μέσα από την μελέτη αυτών των συστημάτων θα δούμε το πώς διαχειρίζεται και κατανέμεται η ηλεκτρική ενέργεια ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, τις ημερήσιες καταναλώσεις και τα αποθεματικά των συσσωρευτών.
 - Έπειτα θα εκφραστούν τα συγκεκριμένα συστήματα με την μορφή προσεγγιστικού κόστους (εγκατάστασης-λειτουργίας).
 - Τέλος, θα επιλεγθεί το πιο οικονομικότερο σύστημα.

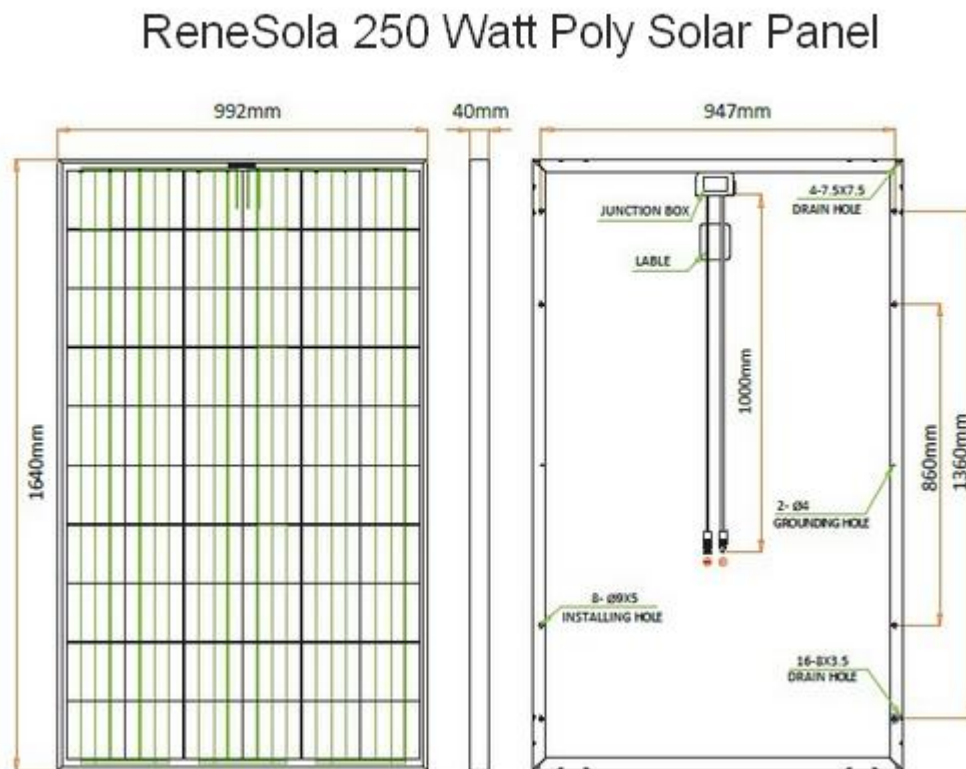
6.2 Η επιλογή των στοιχείων

Η επιλογή της γεννήτριας diesel έχει ήδη γίνει από το προηγούμενο κεφάλαιο και θα παραμείνει η ίδια για όλα τα συστήματα που θα μελετηθούν.

6.2.1 Επιλογή φωτοβολταϊκών γεννητριών

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες που επιλέξαμε είναι της εταιρίας ReneSola ισχύος 250W.

Οι διαστάσεις τους είναι 1640mm μήκος, 992mm πλάτος και 40mm ύψος.

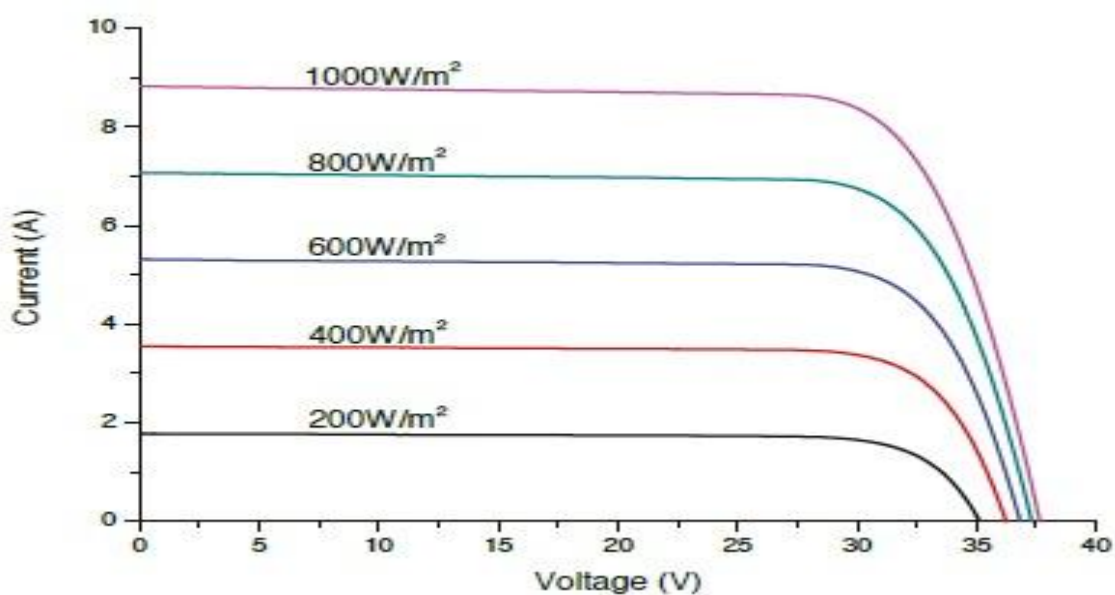


Σχήμα 6.1 Φωτοβολταϊκές γεννήτριες ReneSola ισχύος 250W.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των γεννητριών αυτών είναι τα εξής:

Πίνακας 6.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πάνελ ReneSola 250W.

Ονομαστική Ισχύς (Wp)	250 W
Ονομαστικό Ρεύμα (Imp)	8.31 A
Ονομαστική Τάση (Vmp)	30.1 V
Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως (A)	8.83 A
Τάση Ανοικτοκυκλώσεως	37.4 V



Σχήμα 6.2 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V.

6.2.2 Επιλογή συσσωρευτών

Όπως υπολογίσαμε η μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση ανά ημέρα σημειώνεται στον μήνα του Φεβρουαρίου, με 33,898 Kwh. Οι συσσωρευτές έχουν ιδιαίτερα υψηλό κόστος και για αυτό το λόγο η χωρητικότητα τους θα πρέπει να καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες για μία μέρα. Έτσι υπολογίζουμε τη χωρητικότητα βάση του τύπου:

Όπου:

, είναι η μέγιστη ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση οικίας (για το μήνα του Φεβρουαρίου).

είναι οι μέρες που θα προσφέρουν αυτονομία

είναι η ονομαστική τάση

είναι ο συντελεστής μεταφοράς ενέργειας στο κύκλωμα εκφόρτισης

0,8 είναι ο συντελεστής γήρανσης του συσσωρευτή

είναι το βάθος εκφόρτισης συσσωρευτών για 1 ημέρα

Επομένως το αποτέλεσμα που έχουμε είναι: 1617Ah.

Επειδή έχουμε ορίσει υψηλή τάση λειτουργίας συσσωρευτών, πρέπει να δημιουργήσουμε παράλληλους κλάδους από 4 συσσωρευτές των 12V σε κάθε κλάδο ($4 \cdot 12 = 48$). Έτσι ο αριθμός των παράλληλων κλάδων καθορίζεται άμεσα από τη συνολική χωρητικότητα C. Θα χρησιμοποιηθούν μπαταρίες Sunlight χωρητικότητας 200Ah. Ο αριθμός τώρα των παράλληλων κλάδων θα είναι 9 διότι $1617\text{Ah} / 200\text{Ah} = 8.085$ και για λόγους μεγαλύτερης αυτονομίας επιλέγουμε 9. Έτσι λοιπόν έχουμε 9 παράλληλους κλάδους με 4 συνδεδεμένους συσσωρευτές σε σειρά στον κάθε κλάδο. Η συνολική χωρητικότητα έτσι θα διαμορφωθεί σε 1800Ah διότι $200 \cdot 9 = 1800$.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των επιλεγμένων συσσωρευτών είναι:

Πίνακας 6.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών Sunlight SP12-200.

Μοντέλο	Sunlight SP12-200
Τεχνολογία	AGM κλειστού τύπου
Τάση	12 Volts
Χωρητικότητα (10 ώρες φόρτιση)	200 Ah
Χωρητικότητα (20 ώρες φόρτιση)	212 Ah
Μήκος	522 mm
Πλάτος	238 mm
Ύψος	218 mm
Βάρος	65 kg
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20°C - 50°C
Χρόνος ζωής	10 - 12 χρόνια

6.2.3 Επιλογή ρυθμιστή φόρτισης

Ανάλογα με το μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύος που μελετάται κάθε φορά θα αλλάζει και το πλήθος των ρυθμιστών φόρτισης καθώς για λόγους ευκολίας του συστήματος θα επιλέξουμε τους ίδιους ρυθμιστές φόρτισης σε όλα τα παραδείγματα. Η αυξομείωση του πλήθους των ρυθμιστών φόρτισης ομαδοποιώντας τις διατάξεις των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι απαραίτητη για να περιοριστεί το ρεύμα εισόδου σε κάθε ρυθμιστή φόρτισης.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ρυθμιστών φόρτισης είναι:

Πίνακας 6.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστών φόρτισης Phocos PL60.

Type	Phocos PL60
Nominal Voltage	12/24/32/36/48 Volt
Max solar charge current	60 A
Max load current	30 A
Max voltage drop	0,42 V
Dimensions (WxHxD)	225x175x62 mm
Weight	1,1 kg

Χρησιμοποιώντας τον συγκεκριμένο ρυθμιστή έχουμε ονομαστική τάση λειτουργίας 48V και μέγιστο ρεύμα εισόδου 60A. Το μέγιστο αυτό ρεύμα μας περιορίζει στο να ομαδοποιήσουμε τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες ανάλογα με τη διάταξη που θα έχουμε επιλέξει να έχουν. Εάν επιλέξουμε η διάταξη των φωτοβολταϊκών να είναι παράλληλοι κλάδοι με τρεις γεννήτριες σε σειρά ο καθένας τότε ο έκαστος ρυθμιστής θα τοποθετείται ανά ομάδα τεσσάρων κλάδων ($I_{in}=4*1,5*8,31=49,86$).

6.2.4 Επιλογή αντιστροφέα

Ο αντιστροφέας που θα επιλεγεί θα πρέπει να έχει ονομαστική τάση λειτουργίας 48V, να έχει ισχύ εξόδου τουλάχιστον 10kw, ενώ για λίγα δευτερόλεπτα να έχει ισχύ εξόδου τουλάχιστον 20kw. Επίσης η τάση εξόδου του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με τη τάση των φορτίων της κατοικίας (220-230V).

Ο αντιστροφέας που επιλέχθηκε είναι ο szward 12.0KW. Με τεχνικά χαρακτηριστικά:

Πίνακας 6.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα 12.0KW.

Type	szward 12.0KW
Continuous AC output power	12000w
DC input voltage	48 V
AC peak power	36000 W
CEC efficiency	95%
Frequency	50HZ/60HZ



Σχήμα 6.3 Ο αντιστροφέας szward ισχύος 12.0KW.

6.3 Η ροή ενέργειας των συστημάτων στο πρόγραμμα excel

Σε αυτό το κομμάτι όπως είπαμε θα χρησιμοποιήσουμε όλα τα παραπάνω δεδομένα και θα τα αξιοποιήσουμε για να μελετηθούν τα διάφορα συστήματα.

Γνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις των επιλεγμένων φωτοβολταϊκών γεννητριών θα δημιουργήσουμε έναν πίνακα που θα τον χρησιμοποιούμε στους επόμενους πίνακες που ακολουθούν καθώς και στα επόμενα δύο κεφάλαια. Η ονομαστική ισχύς της κάθε φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι 250W, ενώ οι διαστάσεις του μήκους και του πλάτους κάθε μίας είναι 1640mm και 992mm. Επομένως το εμβαδόν της κάθε μίας θα είναι 1,63 τετραγωνικά μέτρα ($1,640 \times 0,992 = 1,63$).

Πίνακας 6.5 Βοηθητικός πίνακας αναλογίας εγκατεστημένης ισχύος-εμβαδού.

εγκατάσταση (kWp)	αριθμός πλαισίων	σύνολο (τ.μ)
1	4	6,5
2	8	13,0
3	12	19,5
4	16	26,0
5	20	32,5
6	24	39,0
7	28	45,6
8	32	52,1
9	36	58,6
10	40	65,1
11	44	71,6
12	48	78,1
13	52	84,6

Οι πίνακες που ακολουθούν μας δείχνουν τον ακριβή κύκλο που κάνει η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μέσα από το σύστημα που μελετάται στον εκάστοτε πίνακα. Αυτό που έχει κύρια σημασία στους πίνακες που ακολουθούν είναι το τελικό αποτέλεσμα, το οποίο είναι το κόστος των καυσίμων της γεννήτριας diesel. Οι παρακάτω πίνακες θα συνοδεύονται με διαγράμματα για καλύτερη ανάλυση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν. Για την δημιουργία αυτών των πινάκων θα χρησιμοποιήσουμε ως δεδομένα:

Τον προηγούμενο μοντελοποιημένο πίνακα.

Την απόδοση των φωτοβολταϊκών γεννητριών (0,144).

Τις απώλειες του ρυθμιστή φόρτισης (0,98).

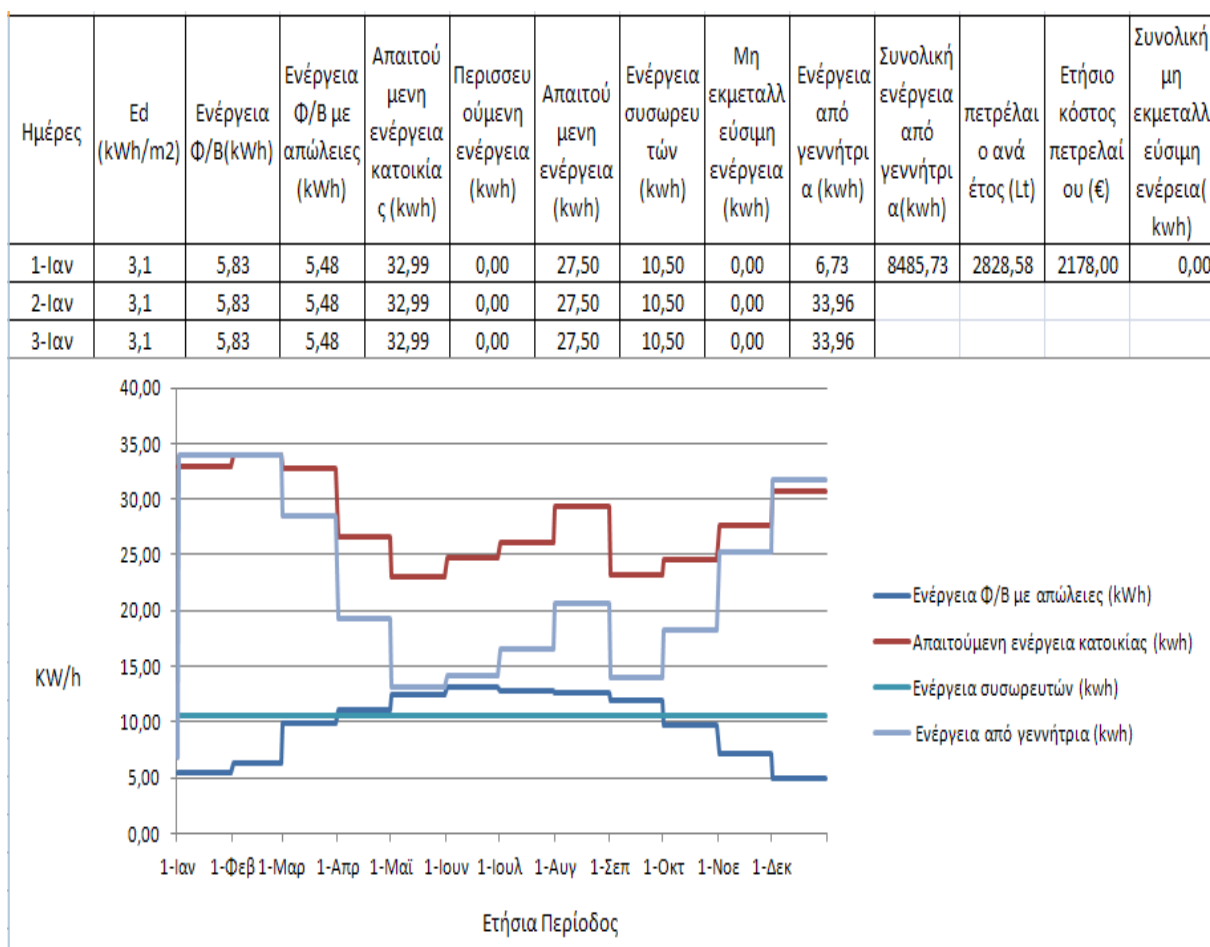
Τις απώλειες του αντιστροφέα (0,96).

Τις απώλειες λόγω της φόρτισης και εκφόρτισης των συσσωρευτών (0,9 και 0,9).

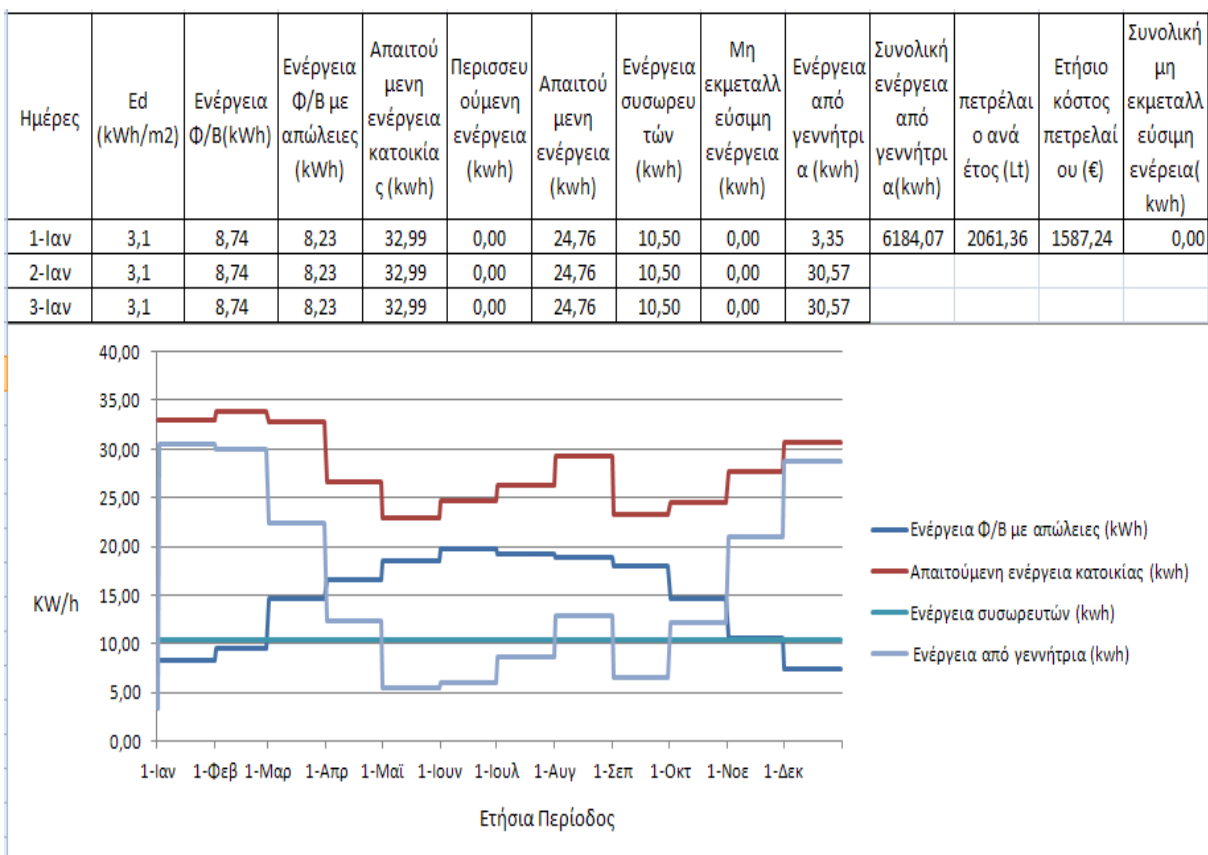
Την απόδοση της γεννήτριας diesel (3,3KWh ανά λίτρο).

Την παρούσα τιμή του πετρελαίου (0,8 ανά λίτρο).

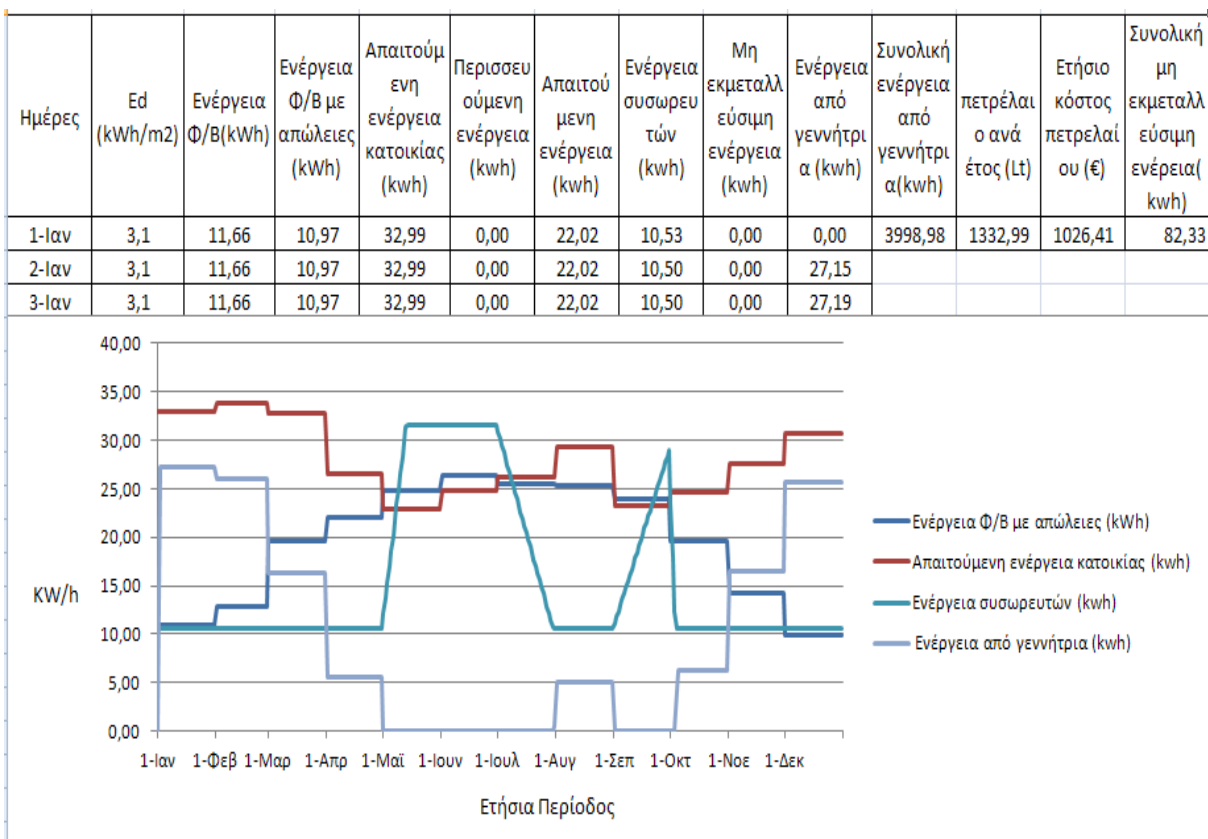
Πίνακας 6.6 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 2KW.



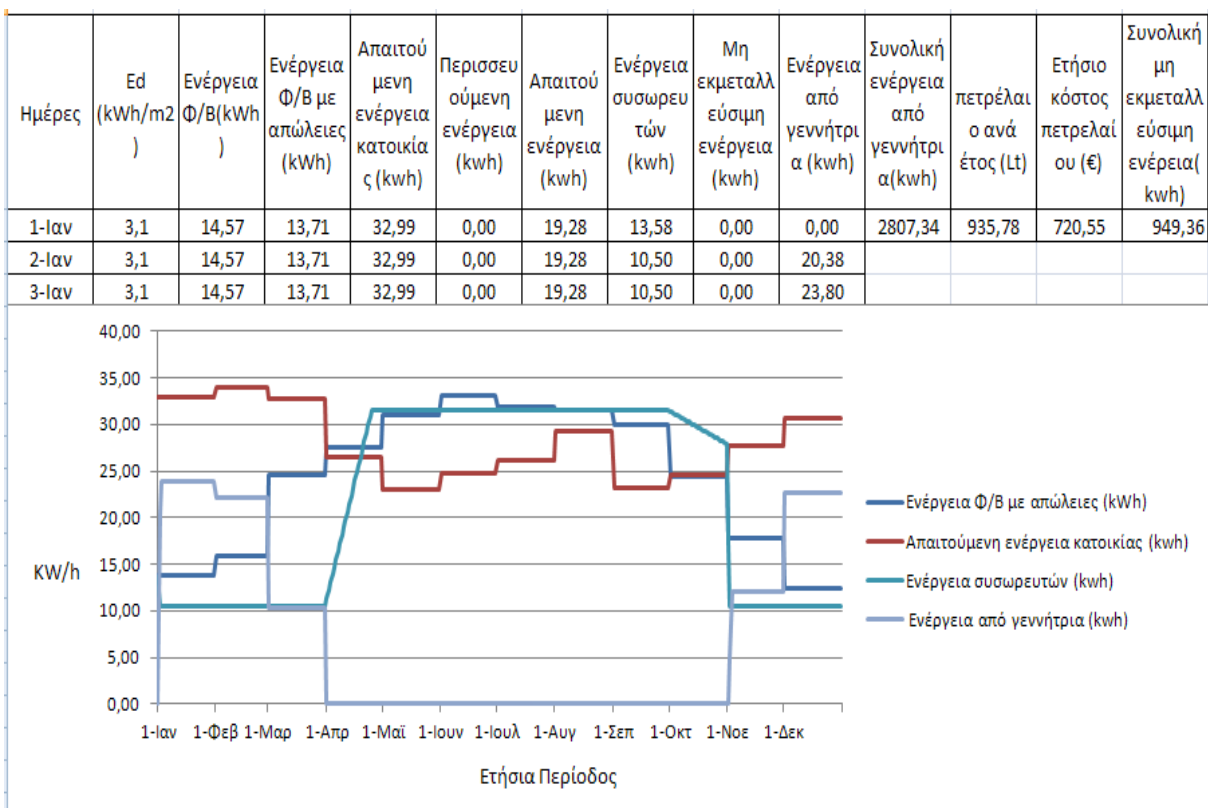
Πίνακας 6.7 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 3KW.



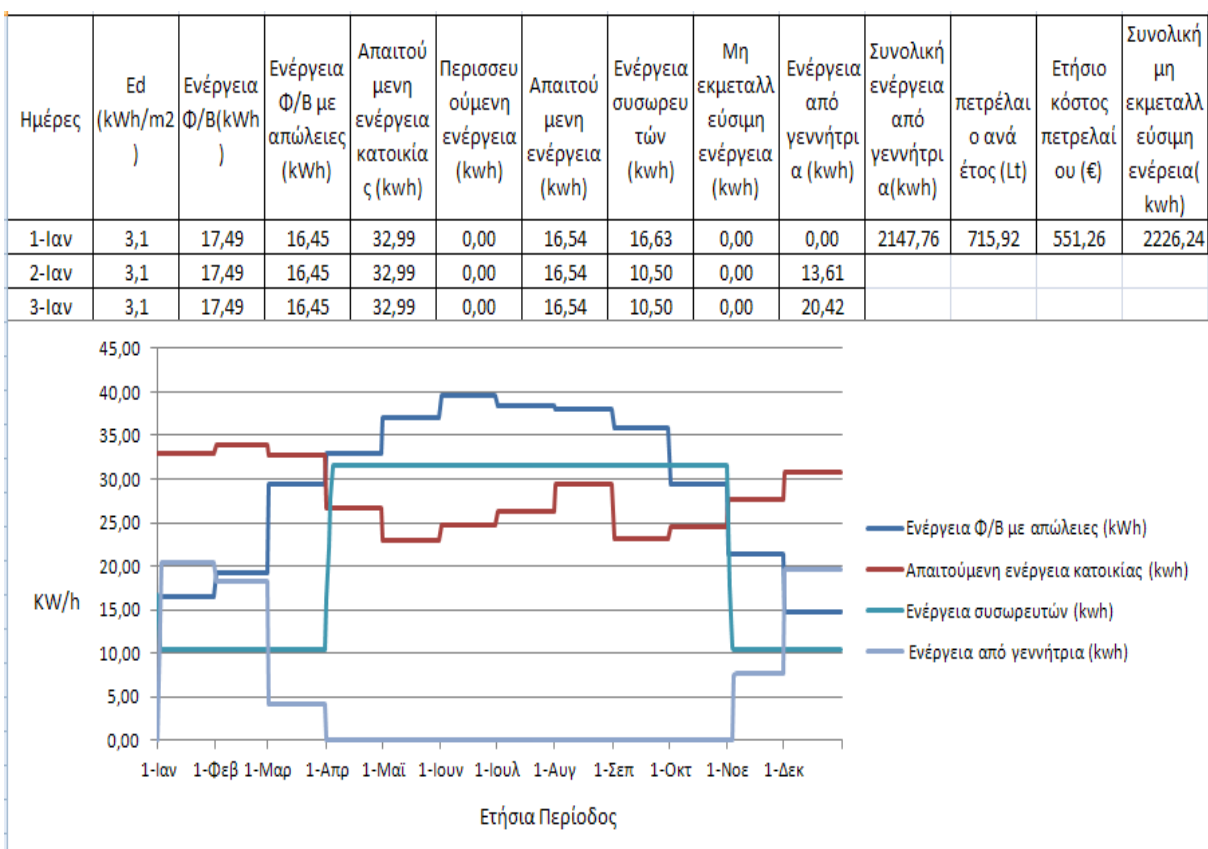
Πίνακας 6.8 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 4KW.



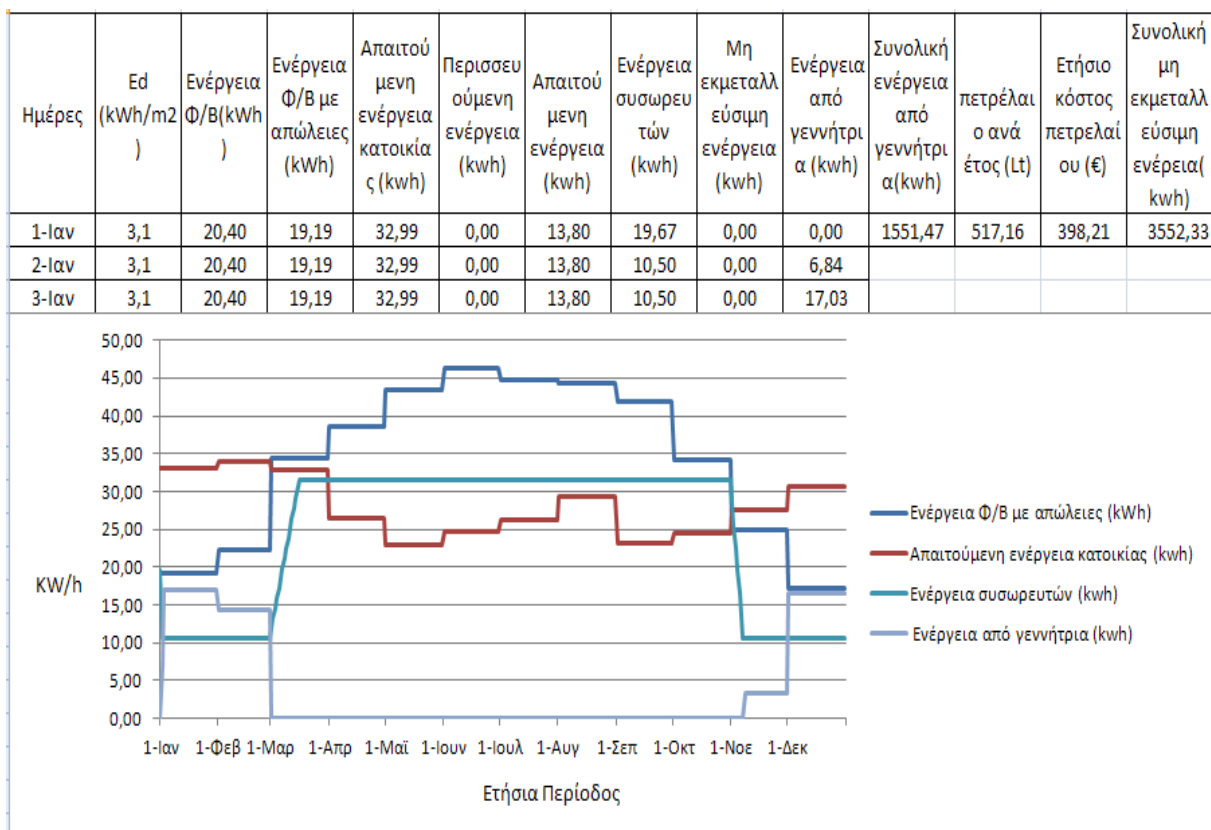
Πίνακας 6.9 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 5KW.



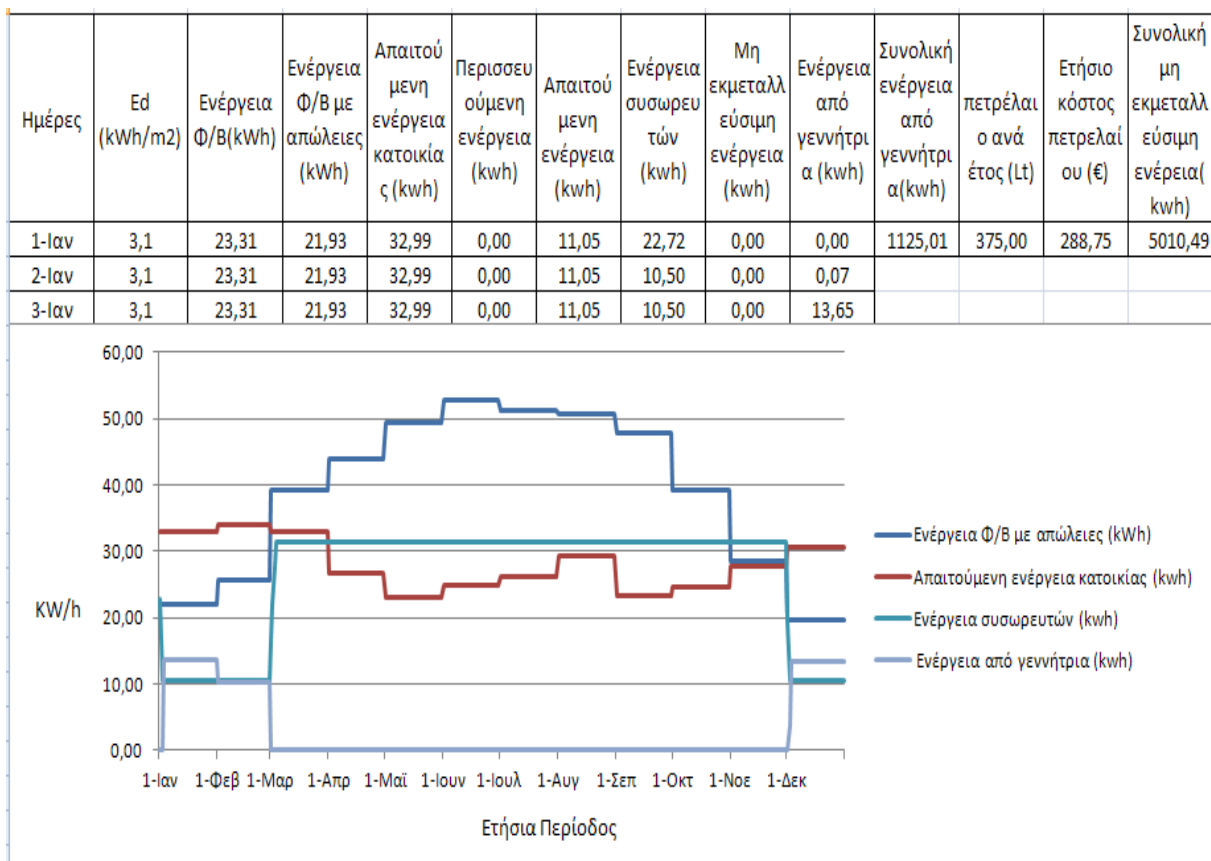
Πίνακας 6.10 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 6KW.



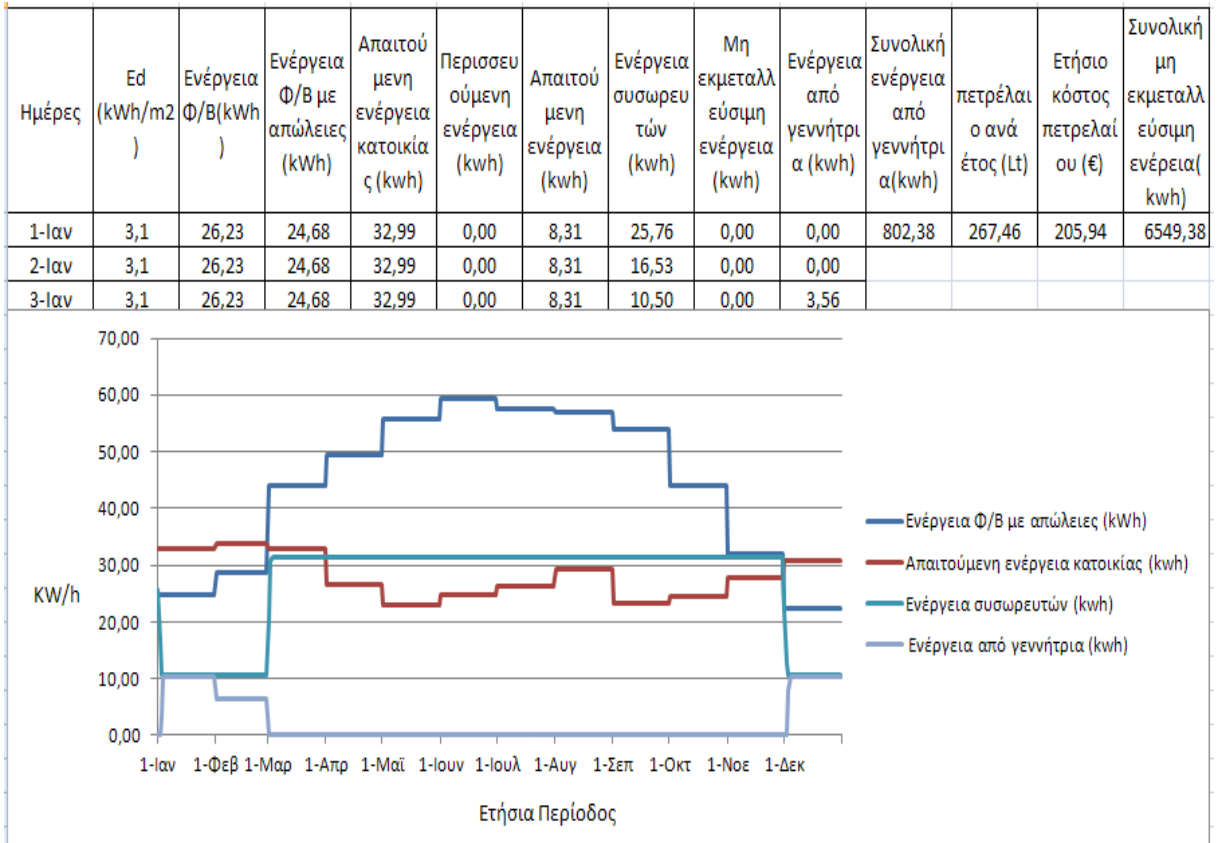
Πίνακας 6.11 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 7KW.



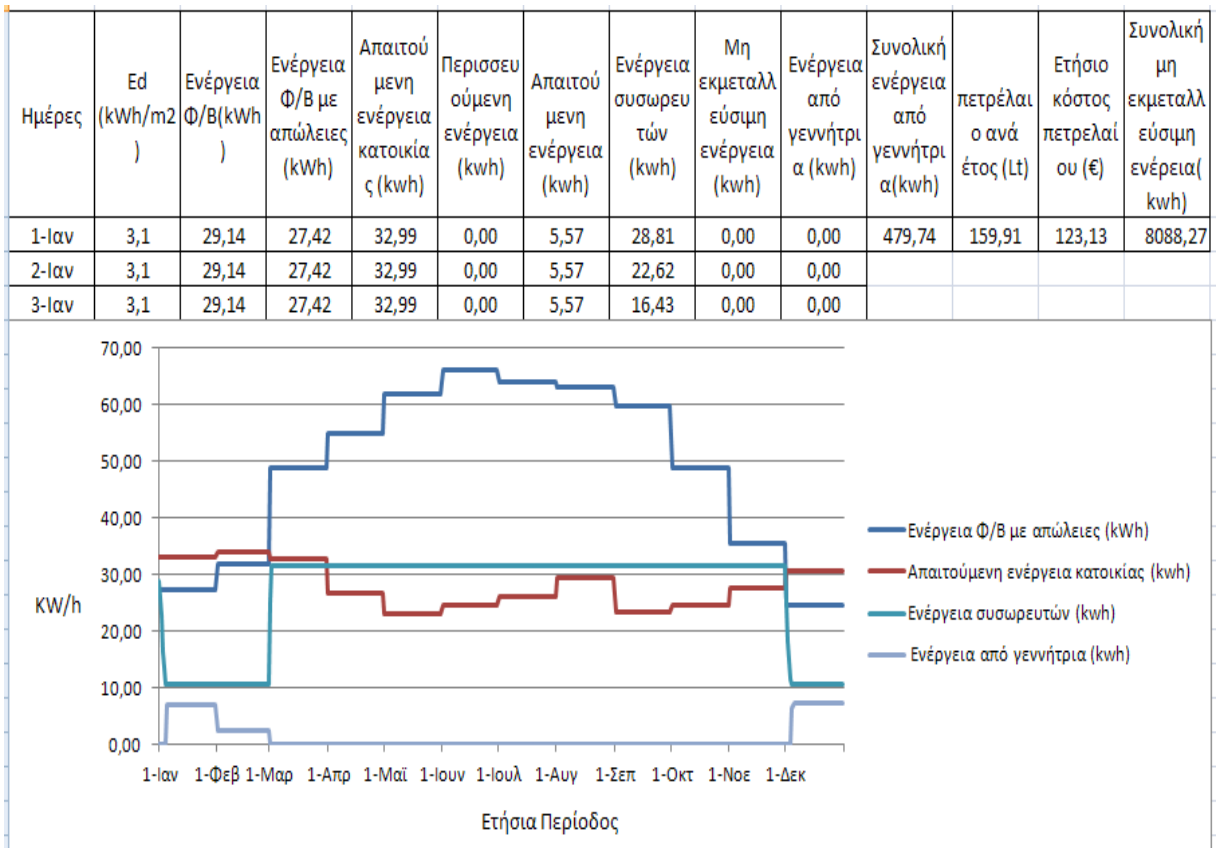
Πίνακας 6.12 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 8KW.



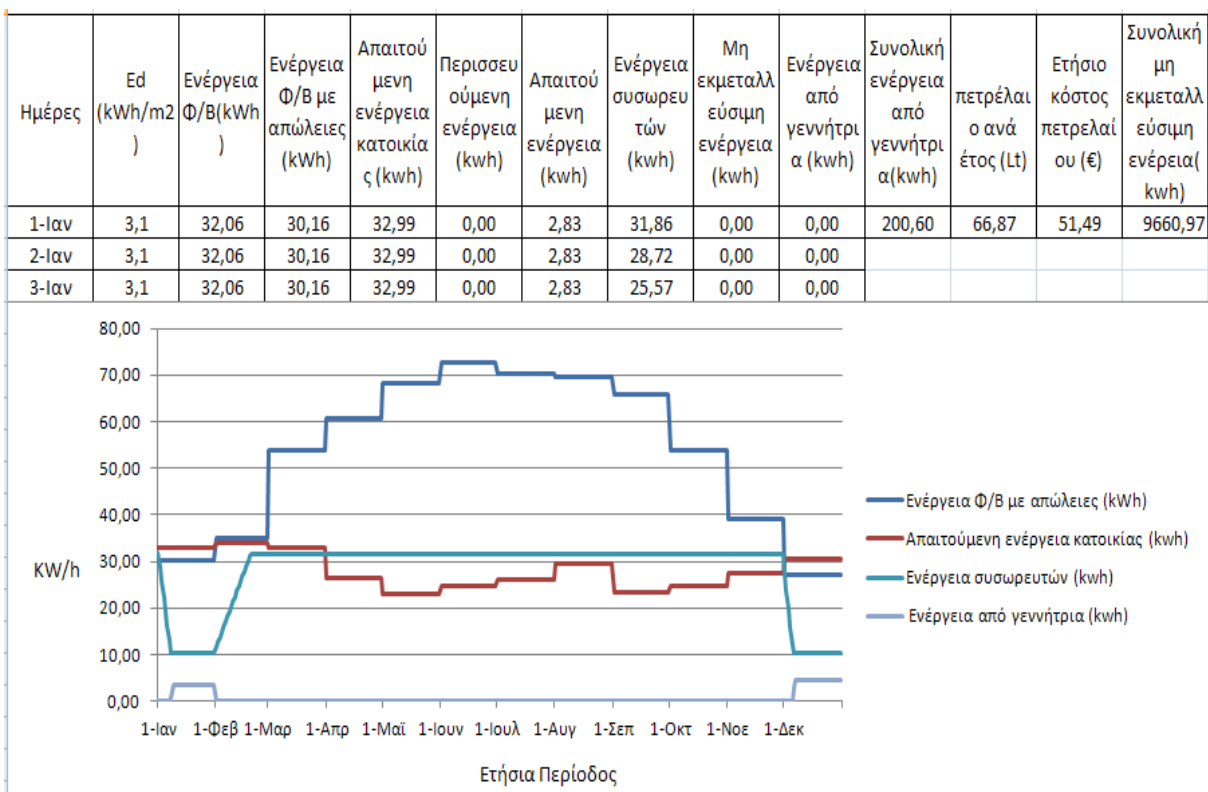
Πίνακας 6.13 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 9KW.



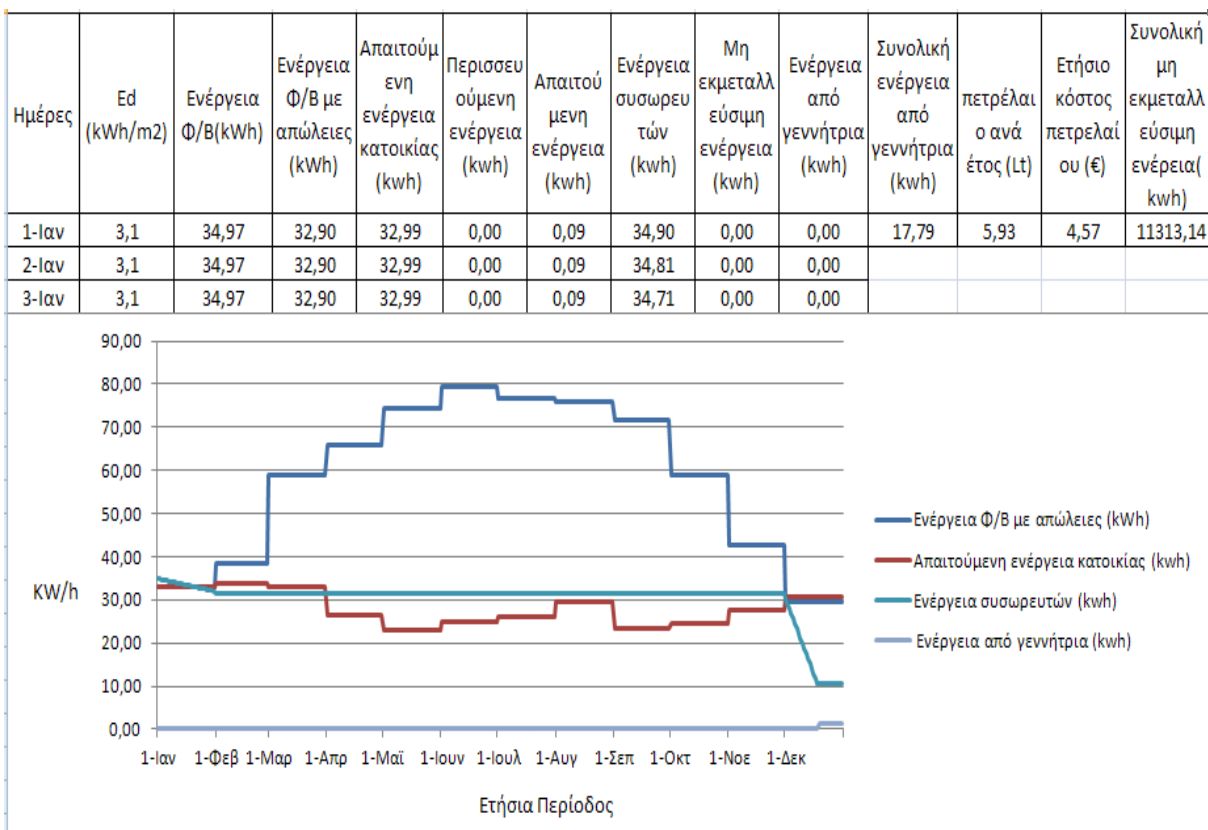
Πίνακας 6.14 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 10KW.



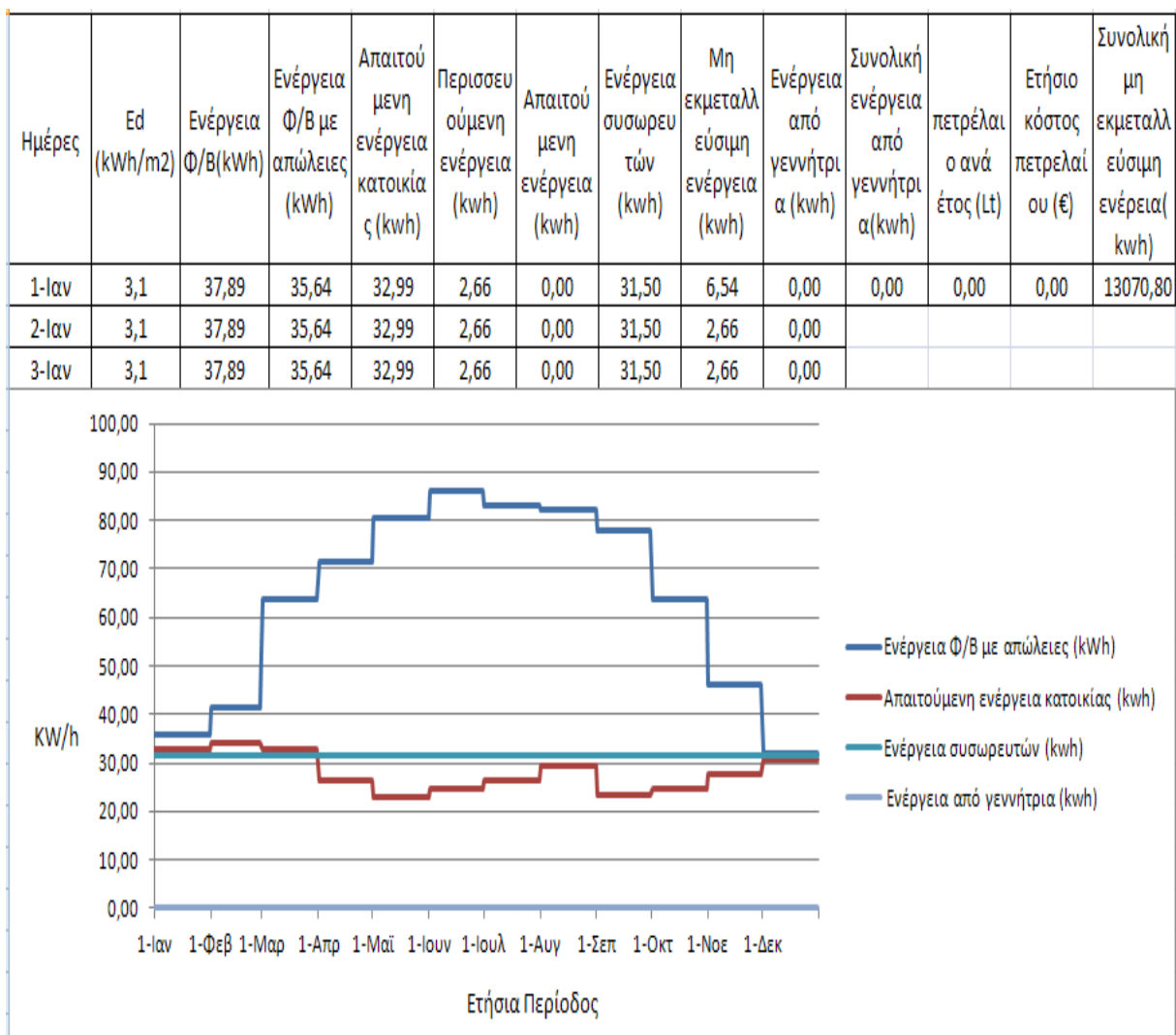
Πίνακας 6.15 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 11KW.



Πίνακας 6.16 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 12KW.



Πίνακας 6.17 Ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος ισχύος 13KW.



Οι πίνακες μας δείχνουν τη ροή της ενέργειας του συστήματος σε διαφορετικές τιμές εγκατάστασης. Η ακριβής ανάλυση των πινάκων έχει ως εξής:

- Στην πρώτη στήλη αναγράφονται οι ημέρες που μελετάτε το σύστημα. Οι ημέρες αυτές είναι 365 διότι μελετάμε την συμπεριφορά του συστήματος για όλη τη διάρκεια του έτους. Για λόγους συμπύκνωσης έχουν παρουσιαστεί από όλο το χρόνο μόνο οι τρεις πρώτες ημέρες.

- Η δεύτερη στήλη αφορά τα δεδομένα που ελήφθησαν από τον ιστότοπο του PVGIS και είναι η ημερήσια ηλιακή ενέργεια που αντιστοιχεί σε κάθε ένα ωφέλιμο τετραγωνικό μέτρο της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

- Η επόμενη στήλη με την ονομασία «Ενέργεια Φ/Β», είναι ουσιαστικά το γινόμενο των τιμών της προηγούμενης στήλης με τα συνολικά ωφέλιμα τετραγωνικά μέτρα της εγκατάστασης. Στο γινόμενο αυτό έχει συμπεριληφθεί και η απόδοση των εν λόγω φωτοβολταϊκών γεννητριών.

- Η στήλη που ακολουθεί παρουσιάζει την παραγόμενη ενέργεια με τις διάφορες απώλειες που είδαμε που αναλύσαμε προηγουμένως. Είναι το γινόμενο της παραγόμενης ενέργειας με τον συντελεστή απωλειών που έχουν συμπεριληφθεί και έχουν την τιμή $(0,98 * 0,96 = 0,94)$.

- Η απαιτούμενη ενέργεια της κατοικίας έχει προκύψει από τους πίνακες του προηγούμενου κεφαλαίου.

- Η περισσευούμενη ενέργεια παρουσιάζεται ως την παραγόμενη ενέργεια με απώλειες αφαιρώντας την απαιτούμενη ενέργεια. Εάν η τιμή που προκύπτει έχει αρνητικό πρόσημο θεωρείται μηδενική.

- Η επόμενη στήλη ονομάζεται απαιτούμενη ενέργεια και παρουσιάζει την ενέργεια που χρειαζόμαστε είτε από τους συσσωρευτές είτε από την γεννήτρια diesel για να καλύψουμε τις ανάγκες της κατοικίας.

- Η ενέργεια συσσωρευτών παρουσιάζει ουσιαστικά την ενέργεια που έχουν αποθηκευμένη οι συσσωρευτές τη συγκεκριμένη ημέρα. Σημειώνεται ότι οι φορτιστές την πρώτη ημέρα λειτουργία του συστήματος ήταν πλήρως φορτισμένοι. Η ενέργεια που έχουν αποθηκευμένη εκφράζεται σε τιμές kw/h. Οι συσσωρευτές για λόγους συντήρησης θα έχουν φάσμα λειτουργίας από 30% έως 90%, δηλαδή 10,5-31,5 kw/h. Στο πρόγραμμα του excel χρησιμοποιήσαμε τον τύπο: «F(D9>E9;IF(((F9*0,9)+H6)<31,5;H6+F9*0,9;31,5);IF((H6-10,5)*0,9+D9>E9;((H6)*0,9+D9-E9)/0,9;10,5))». Την ενέργεια που αποθηκεύουν την λαμβάνουν όταν υπάρχει περισσευούμενη ενέργεια από τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες ή από την γεννήτρια diesel. Αυτή η χρήση της γεννήτριας diesel γίνεται διότι θα ήταν ιδιαίτερα

δαπανηρό να χρησιμοποιείται συνέχεια η γεννήτριά μας τις ώρες που η κατανάλωση της κατοικίας είναι ελάχιστη. Επειδή κάνουμε αυτή τη χρήση της γεννήτριας πρέπει να συμπεριληφθούν και οι απώλειες φόρτισης και εκφόρτισης των συσσωρευτών.

- Η μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια αφορά την ενέργεια που ουσιαστικά δεν αξιοποιείται με κανένα τρόπο δεδομένου του ότι το σύστημα είναι αυτό και του ότι αυτής της χωρητικότητας οι συσσωρευτές είναι πλήρως φορτισμένοι.

- Όπως αναλύσαμε προηγουμένως οι συσσωρευτές λαμβάνουν επιμέρους ενέργεια από την γεννήτρια diesel. Η ενέργεια αυτή συμπεριλαμβανομένων της αποδόσεως της γεννήτριας και των απωλειών του ρυθμιστή φόρτισης καθώς και των απωλειών φόρτισης εκφόρτισης των συσσωρευτών αναλύονται στη στήλη με όνομα «Ενέργεια από γεννήτρια».

- Στη διπλανή στήλη ενέχεται το άθροισμα όλων των τιμών της ενέργειας που λήφθηκε από τη γεννήτρια diesel για κάθε ημέρα του χρόνου.

- Έπειτα υπολογίζεται το πετρέλαιο που καταναλώνεται ανά έτος σε λίτρα. Η γεννήτρια αποδίδει τρεις kwh ανά λίτρο.

- Το κύριο αποτέλεσμα που εξάγουμε από όλη αυτή τη διαδικασία είναι αυτό που παρουσιάζεται στη στήλη του ετήσιου κόστους πετρελαίου καθώς είναι το εξαγόμενο στοιχείο που θα χρησιμεύσει για την οικονομική μελέτη.

- Ένα επιπλέον στοιχείο που μπορεί να εξετασθεί είναι η συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια η οποία είναι το άθροισμα των τιμών της στήλης με τη μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια. Αυτό το στοιχείο δεν μας βοηθάει στη παρούσα εργασία να βρούμε το πιο οικονομικό σύστημα, αλλά είναι ένα δείγμα που αναλύοντάς το καταλαβαίνουμε το πόσο μειονεκτεί ένα αυτόνομο σύστημα συγκριτικά με ένα διασυνδεδεμένο σύστημα. Καθώς πρέπει να συμπεριλάβουμε και τις οικονομικές απώλειες που προκύπτουν από το πολύ υψηλό κόστος των συσσωρευτών και της αγοράς της γεννήτριας diesel.

6.4 Η οικονομική μελέτη των συστημάτων στο πρόγραμμα excel

Η οικονομική μελέτη των προηγούμενων συστημάτων είναι απαραίτητη για την επιλογή του βέλτιστου συστήματος. Το βέλτιστο σύστημα είναι αυτό το οποίο έχει μικρότερο κόστος. Η μελέτη θα αφορά κυρίως το κόστος του εκάστοτε συστήματος σε διάρκεια 25ετίας καθώς αυτή είναι και η προσδοκώμενη διάρκεια ζωής των συστημάτων.

Το συνολικό κόστος του κάθε υποσυστήματος ουσιαστικά αποτελείται από:

Το συνολικό κόστος εγκατάστασης και της μελέτης.

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των εξαρτημάτων της εγκατάστασης.

Το κόστος καυσίμου για παραγωγή ενέργειας και το οποίο υπολογίζεται σε ετήσια βάση.

Το κόστος αντικατάστασης των εξαρτημάτων του συστήματος που διαφοροποιείται ανάλογα με τη διάρκεια ζωής της επένδυσης.

Οι πίνακες που ακολουθούν έχουν γίνει με τη χρήση του προγράμματος excel. Σε αυτούς αναγράφονται αναλυτικά όλα τα κόστη που λαμβάνονται ως δεδομένα σε συνδυασμό με το αποτέλεσμα που προέκυψε από τους προηγούμενους πίνακες (το ετήσιο κόστος του πετρελαίου που καταναλώνεται). Το εξαγόμενο αποτέλεσμα των πινάκων δεν είναι άλλο από το συνολικό κόστος του κάθε συστήματος. Αυτός είναι και ο τελικός παράγοντας για την επιλογή του βέλτιστου συστήματος.

Δίδονται οι πίνακες:

Πίνακας 6.18 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 2KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	8	221	0	1768
βάση στήριξης	2	240	0	480
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				23798
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1000
κόστος συντήρησης(€)				800
σύνολο(€)				1800
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	2178	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		54450
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				80048
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				3201,92

Πίνακας 6.19 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 3KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	12	221	0	2652
βάση στήριξης	3	240	0	720
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				24922
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1100
κόστος συντήρησης(€)				900
σύνολο(€)				2000
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	1587,24	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		39681,11
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				66603,11
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				2664,12

Πίνακας 6.20 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 4KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	16	221	0	3536
βάση στήριξης	4	240	0	960
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				26046
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1200
κόστος συντήρησης(€)				1000
σύνολο(€)				2200
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	1026,41	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		25660,14
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				53906,14
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				2156,25

Πίνακας 6.21 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 5KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	20	221	0	4420
βάση στήριξης	5	240	0	1200
ρυθμιστής φόρτισης	3	445	0	1335
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				27615
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1300
κόστος συντήρησης(€)				1100
σύνολο(€)				2400
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	720,55	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		18013,74
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				48028,74
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1921,15

Πίνακας 6.22 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 6KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	24	221	0	5304
βάση στήριξης	6	240	0	1440
ρυθμιστής φόρτισης	3	445	0	1335
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				28739
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1400
κόστος συντήρησης(€)				1200
σύνολο(€)				2600
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	551,26	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		13781,44
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				45120,44
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1804,82

Πίνακας 6.23 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 7KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	28	221	0	6188
βάση στήριξης	7	240	0	1680
ρυθμιστής φόρτισης	3	445	0	1335
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				29863
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1500
κόστος συντήρησης(€)				1300
σύνολο(€)				2800
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	398,21	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		9955,25
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				42618,25
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1704,73

Πίνακας 6.24 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 8KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	32	221	0	7072
βάση στήριξης	8	240	0	1920
ρυθμιστής φόρτισης	3	445	0	1335
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				30987
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1600
κόστος συντήρησης(€)				1400
σύνολο(€)				3000
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	288,75	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		7218,81
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				41205,81
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1648,23

Πίνακας 6.25 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 9KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	36	221	0	7956
βάση στήριξης	9	240	0	2160
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				32556
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1700
κόστος συντήρησης(€)				1500
σύνολο(€)				3200
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	205,94	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		5148,59
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				40904,59
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1636,18

Πίνακας 6.26 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 10KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	40	221	0	8840
βάση στήριξης	10	240	0	2400
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				33680
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1800
κόστος συντήρησης(€)				1600
σύνολο(€)				3400
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	123,13	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		3078,36
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				40158,36
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1606,33

Πίνακας 6.27 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 11KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	44	221	0	9724
βάση στήριξης	11	240	0	2640
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				34804
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1900
κόστος συντήρησης(€)				1700
σύνολο(€)				3600
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	51,49	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		1287,16
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				39691,16
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1587,65

Πίνακας 6.28 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 12KW.

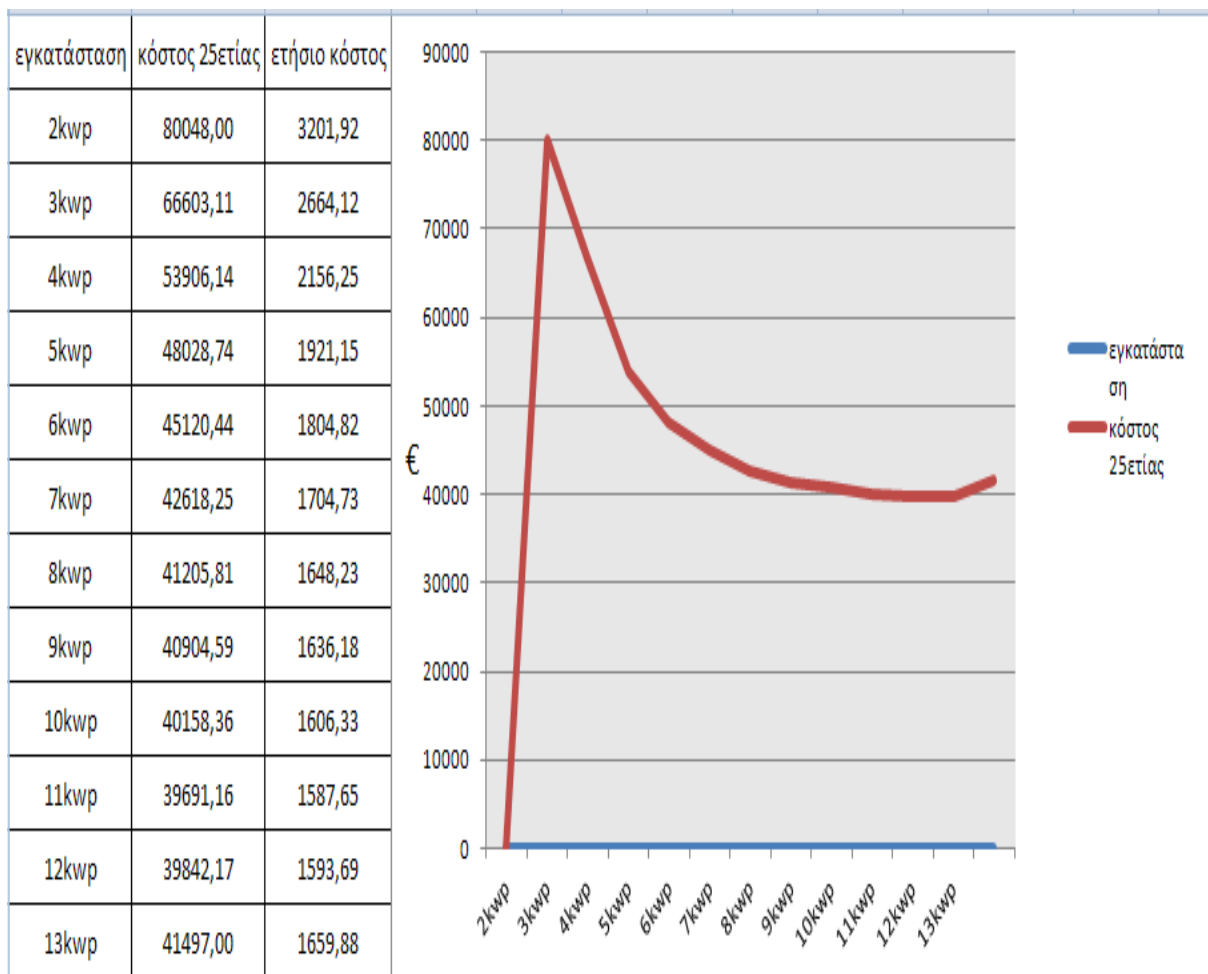
αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	48	221	0	10608
βάση στήριξης	12	240	0	2880
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				35928
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				2000
κόστος συντήρησης(€)				1800
σύνολο(€)				3800
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	4,57	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		114,17
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				39842,17
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1593,69

Πίνακας 6.29 Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 13KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	52	221	0	11492
βάση στήριξης	13	240	0	3120
ρυθμιστής φόρτισης	5	445	0	2225
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				37497
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				2100
κόστος συντήρησης(€)				1900
σύνολο(€)				4000
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	0,00	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		0,00
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				41497,00
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1659,88

Αξίζει να σημειωθεί ότι το κόστος εγκατάστασης όπως και το κόστος συντήρησης είναι προσεγγιστικά. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους πίνακες απεικονίζονται στον συγκεντρωτικό πίνακα μαζί με την γραφική παράσταση για καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 6.30 Συγκεντρωτικός οικονομικός πίνακας με γραφική παράσταση.



Συνεπώς διαπιστώνουμε ότι το βέλτιστο φωτοβολταϊκό σύστημα για τη συγκεκριμένη κατοικία είναι ισχύος ίσης με 11KW. Το συνολικό κόστος ενός τέτοιου συστήματος θα είναι 39.691 €, ενώ το ίδιο κόστος εάν διαιρεθεί με τα 25 έτη που λαμβάνουμε ως διάρκεια ζωής του συστήματος θα προκύψει το ποσό των 1.587 €. Όπως αντιλαμβανόμαστε το κόστος ακόμα και του βέλτιστου αυτόνομου συστήματος είναι πολύ υψηλό.

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ”

7.1 Περιγραφή κεφαλαίου

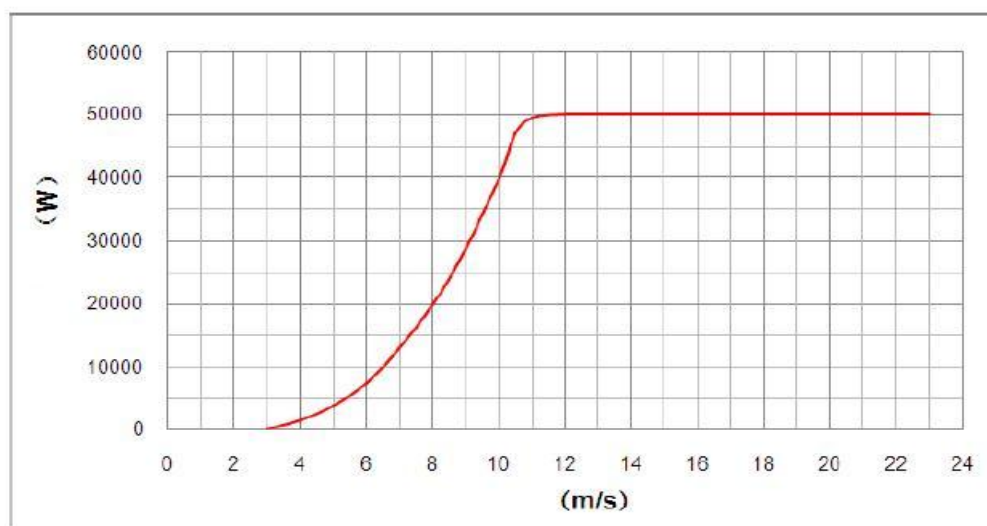
Το κεφάλαιο αυτό είναι όμοιο με το προηγούμενο καθώς θα χρησιμοποιήσουμε την ίδια σχεδόν διαδικασία. Για λόγους ευκολίας δεν θα προβούμε στην επιλογή κάποιας συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας. Η μελέτη που θα ακολουθήσει θα λάβει ως δεδομένη μία πρότυπη καμπύλη ισχύος. Βάση αυτής και των αιολικών δεδομένων θα προκύψει η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του εκάστοτε συστήματος. Χρησιμοποιώντας αυτή θα δημιουργηθούν διάφοροι πίνακες στο πρόγραμμα excel. Οι πίνακες αυτοί θα μας δείξουν όπως και προηγουμένως την ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος και θα γίνουν οι βάσεις για τους πίνακες των οικονομικών μεγεθών. Στόχος και πάλι να αναδείξουμε μέσα από όλη αυτή τη διαδικασία το οικονομικότερο σύστημα.

7.2 Καμπύλη Ισχύος

Για τον υπολογισμό της εκάστοτε λαμβανόμενης ισχύος, ανάλογα με την ανεμογεννήτρια που θα μελετηθεί, είναι απαραίτητα τα δεδομένα που προκύπτουν από την μελέτη της γραφικής παράστασης ευρέως γνωστή με την αγγλική ορολογία ως Power Curve. Για λόγους ευκολίας θα χρησιμοποιηθεί όπως είπαμε μία πρότυπη γραφική παράσταση, η οποία σαφώς θα έχει διαφορετικές τιμές ανάλογα με την ανεμογεννήτρια που θα μελετηθεί.

Η γραφική παράσταση που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι η εξής:

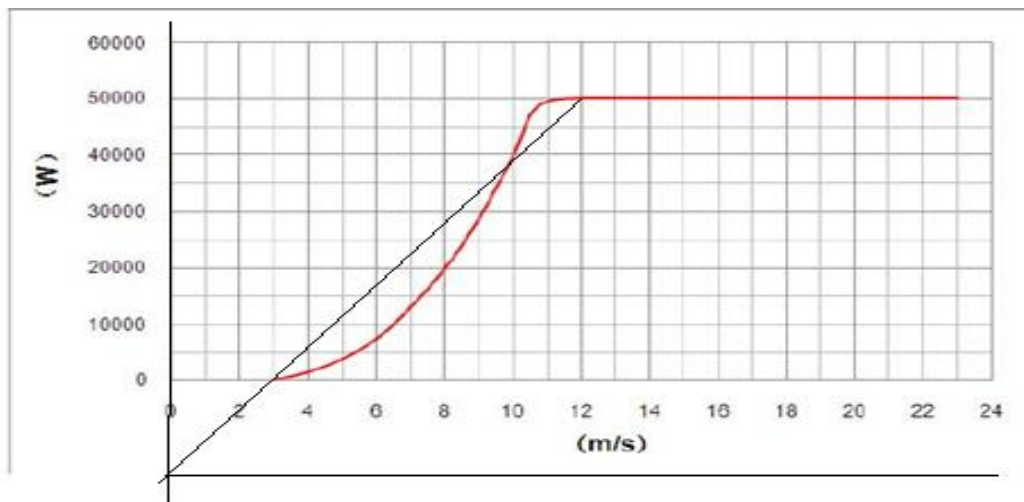
Power Curve:



Σχήμα 7.1 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας 50KW.

Η συγκεκριμένη γραφική παράσταση όπως βλέπουμε αναφέρεται στην απόδοση μίας ανεμογεννήτριας ισχύος 50 kw. Παρατηρώντας την βλέπουμε ότι η ανεμογεννήτρια ξεκινάει την λειτουργία της όταν η τιμή της ταχύτητας του ανέμου πάρει την τιμή 3(m/s), φτάνει στην μέγιστη απόδοση (50kwh) περίπου στην ταχύτητα των 12(m/s) και διατηρεί την απόδοση αυτή έως και την τιμή των 24(m/s) όπου από εκεί και πέρα διακόπτει την λειτουργία της για λόγους ασφαλείας και συνεπώς δεν παράγει ρεύμα.

Για την ευκολότερη χρήση των δεδομένων της καμπύλης, αυτή θα τροποποιηθεί και θα θεωρηθεί ως δύο ευθείες.



Σχήμα 7.2 Τροποποίηση καμπύλης ισχύος ανεμογεννήτριας 50KW.

Επομένως για κάθε ανεμογεννήτρια θα διαμορφωθούν και οι ανάλογες εξισώσεις ευθείας. Για παράδειγμα ας δούμε την εξίσωση αυτή στην συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια των 50 kwp.

Εξίσωση ευθείας που διέρχεται από τα σημεία A(3,0), B(12,50).

$$y - y_1 = \lambda(x_2 - x_1) \Rightarrow y - 0 = 5.56(x - 3) \Rightarrow \mathbf{y = 5.56 x - 16.68.}$$

Χρησιμοποιώντας τους ίδιους τύπους θα διαμορφώσουμε και τις υπόλοιπες καμπύλες. Η εξίσωση ευθείας για την αντίστοιχη καμπύλη ισχύος 2 kw, διέρχεται από τα σημεία A(3,0), B(12,2) και διαμορφώνεται ως εξής:

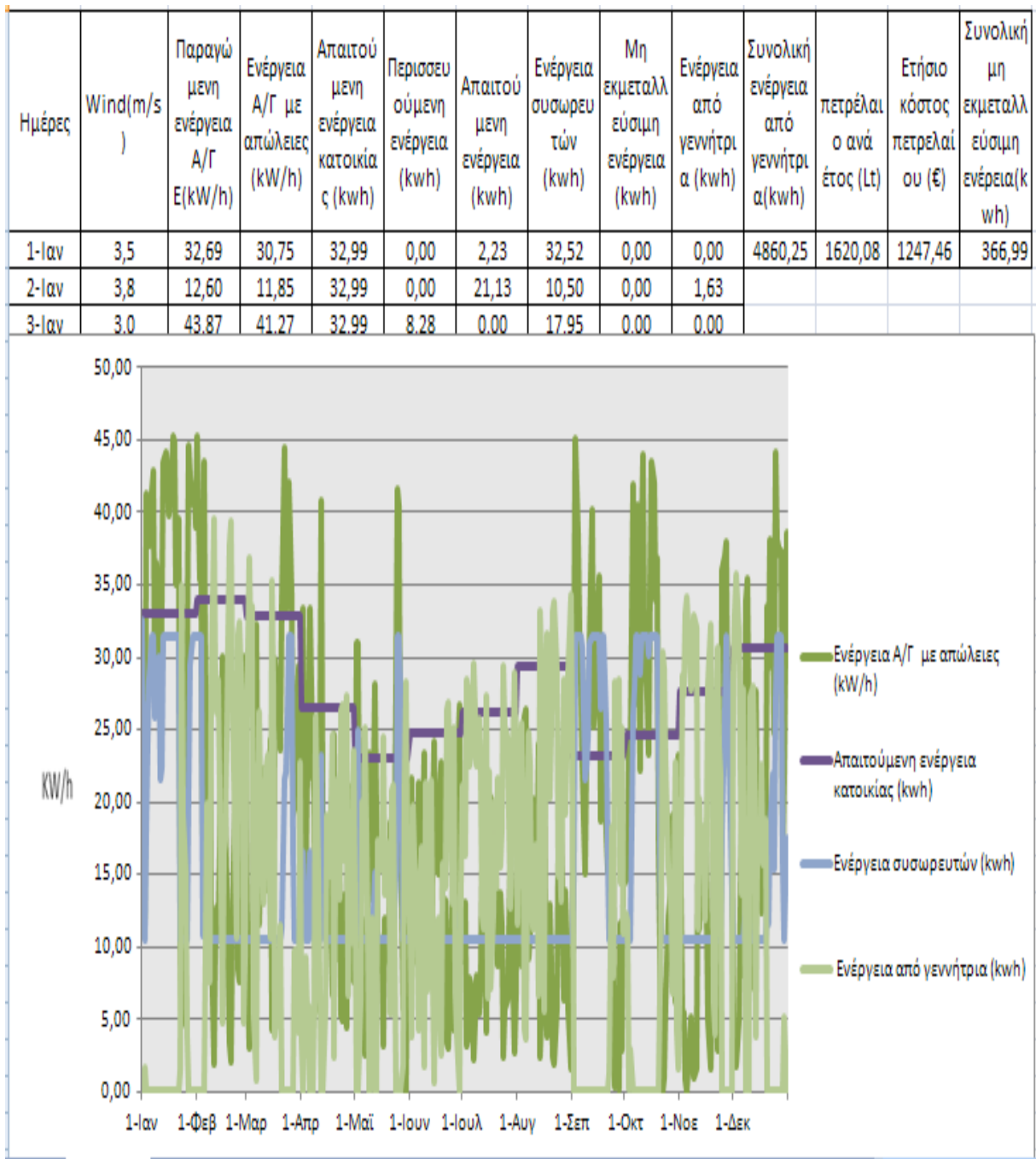
$$y - y_1 = \lambda(x_2 - x_1) \Rightarrow y - 0 = 0.22(x - 3) \Rightarrow \mathbf{y = 0.22 x - 0.66.}$$

Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη για τον ευκολότερο υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας της εκάστοτε ανεμογεννήτριας. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η απλούστερη μέθοδος και δεν είναι η ακριβέστερη, επαρκεί όμως για τη συγκεκριμένη μελέτη.

7.3 Η ροή ενέργειας των συστημάτων στο πρόγραμμα excel

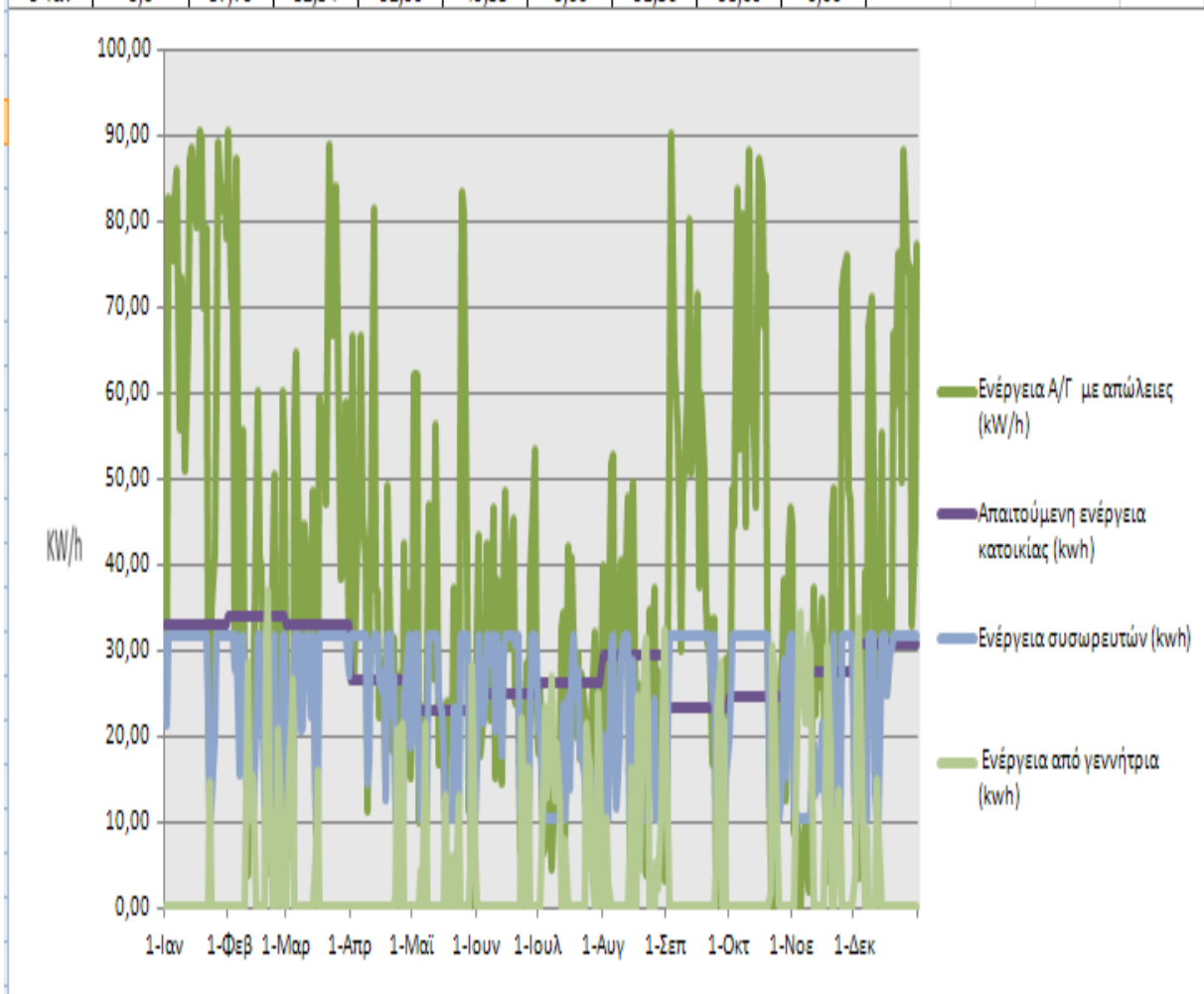
Όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο η θα ακολουθηθεί η παρόμοια διαδικασία για την εξαγωγή της τιμής του ετήσιου κόστους πετρελαίου του συστήματος. Όπως και πριν μας δίνεται η ευκαιρία να παρατηρήσουμε ακριβώς τον κύκλο και την κατάληξη της παραγόμενης ενέργειας είτε προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες είτε από την γεννήτρια diesel. Έτσι διαμορφώνονται οι παρακάτω πίνακες με τα αντίστοιχα ετήσια διαγράμματα:

Πίνακας 7.31 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 2KW.



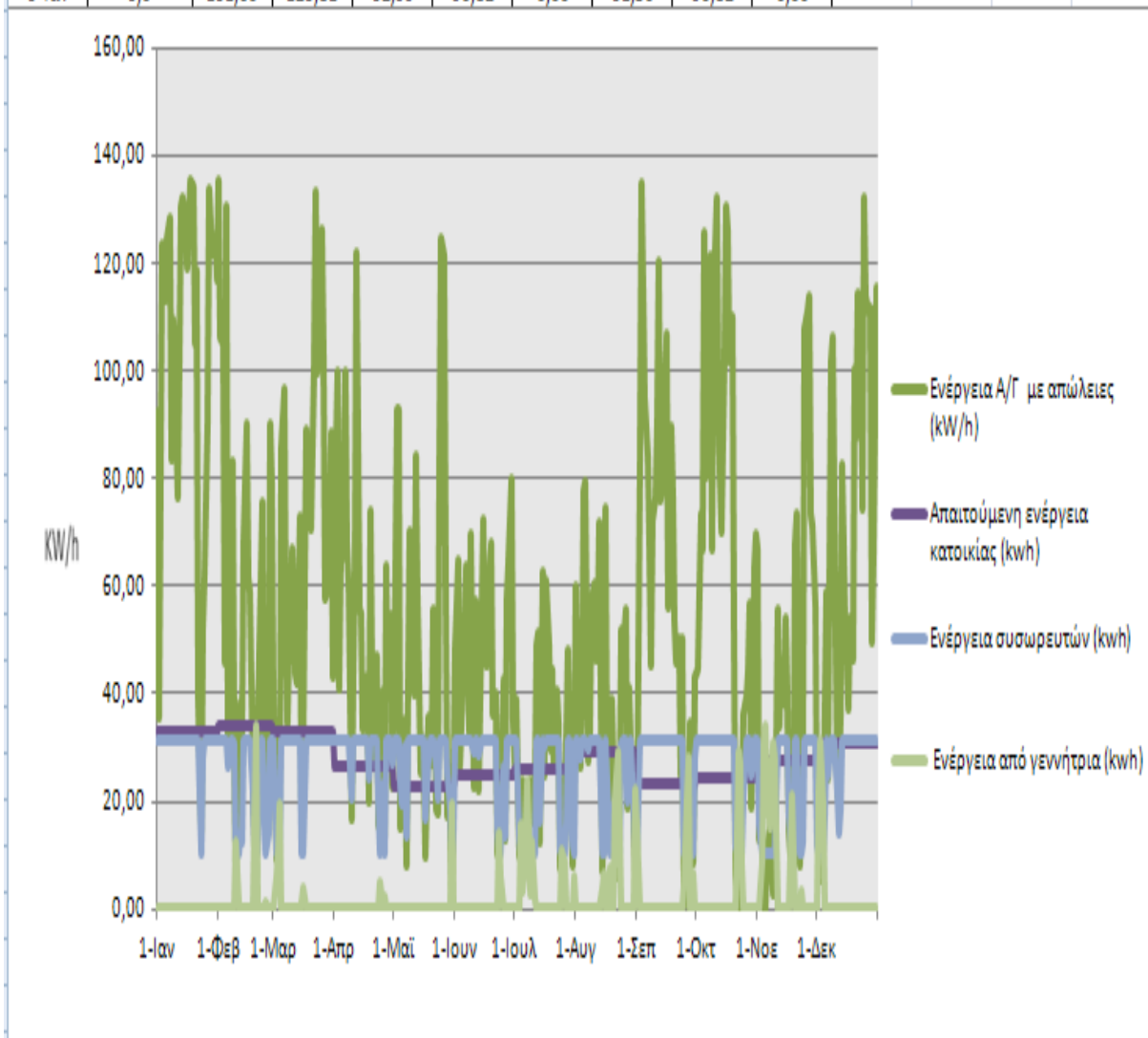
Πίνακας 7.32 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 4KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγωγή ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιο κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)
1-Ιαν	3,5	65,38	61,51	32,99	28,52	0,00	31,50	32,41	0,00	1661,63	553,88	426,49	4602,52
2-Ιαν	3,8	25,20	23,71	32,99	0,00	9,28	21,19	0,00	0,00				
3-Ιαν	3,0	87,73	82,54	32,99	49,55	0,00	31,50	38,09	0,00				



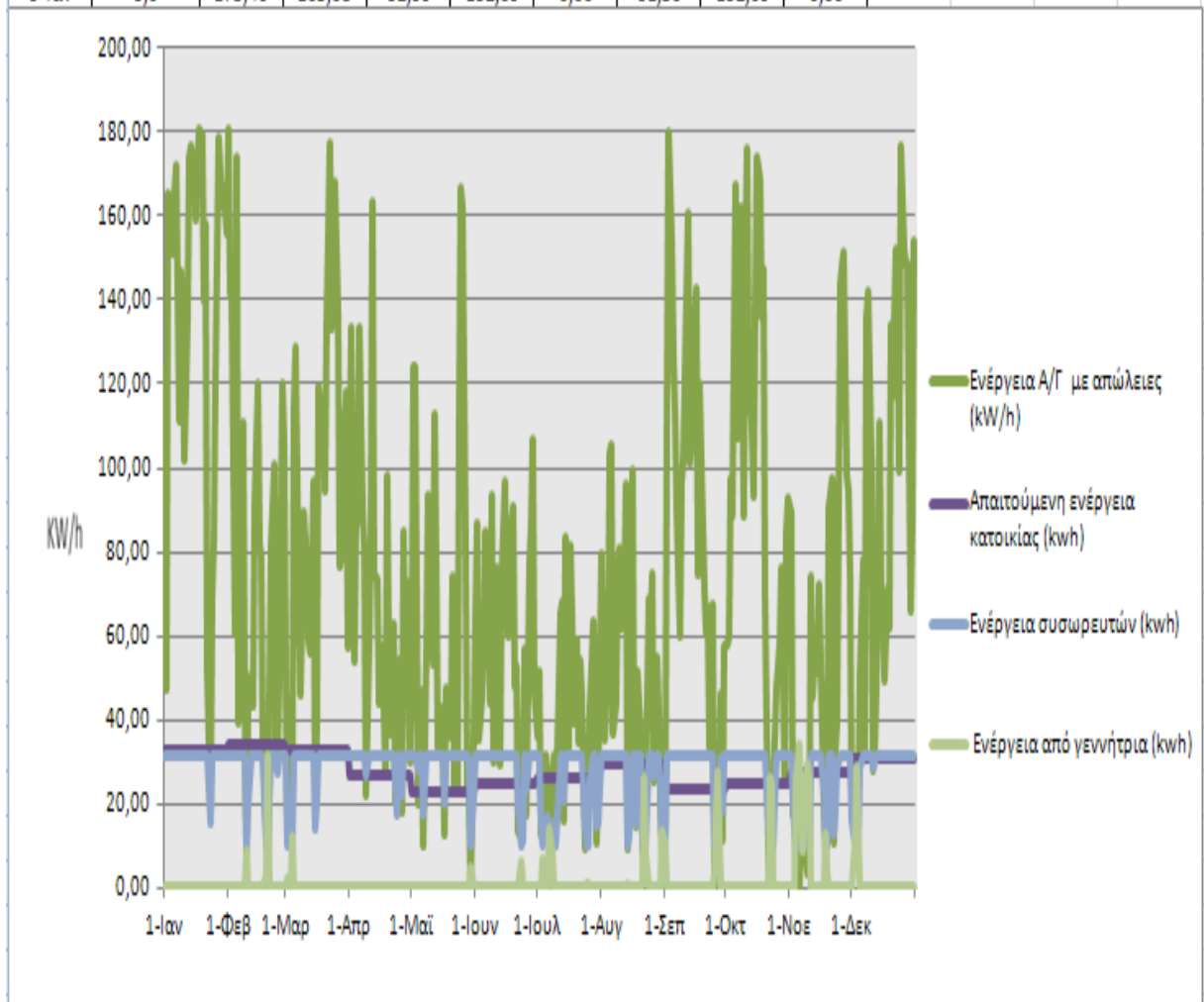
Πίνακας 7.33 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 6KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγώμενη ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιο κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	3,5	98,07	92,26	32,99	59,28	0,00	31,50	63,16	0,00	840,35	280,12	215,69	10814,52
2-Ιαν	3,8	37,80	35,56	32,99	2,57	0,00	31,50	2,57	0,00				
3-Ιαν	3,0	131,60	123,81	32,99	90,82	0,00	31,50	90,82	0,00				



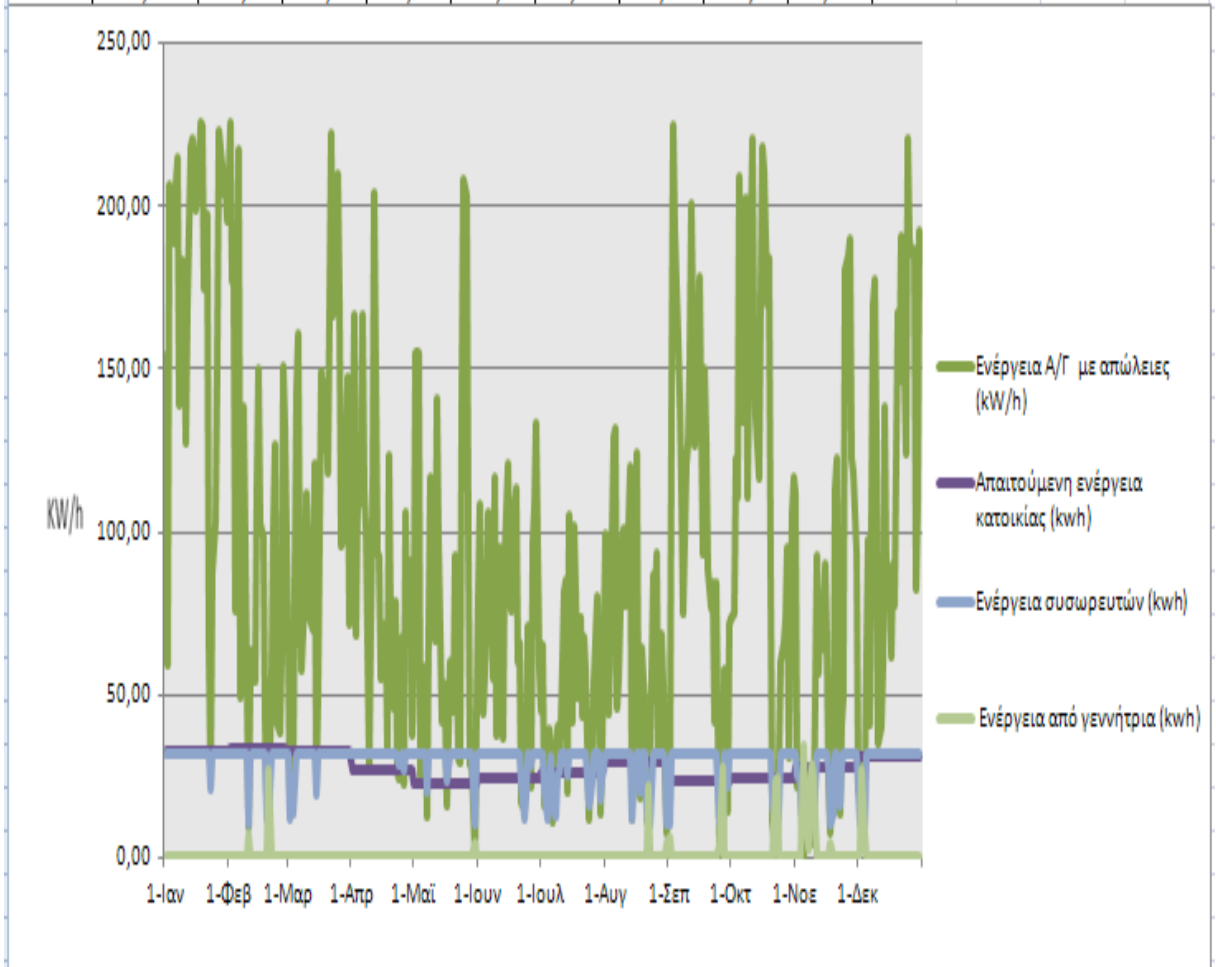
Πίνακας 7.34 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 8KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγώμενη ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια(kwh)	Πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιο κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	3,5	130,76	123,02	32,99	90,03	0,00	31,50	93,92	0,00	522,03	174,01	133,99	17424,71
2-Ιαν	3,8	50,40	47,41	32,99	14,43	0,00	31,50	14,43	0,00				
3-Ιαν	3,0	175,46	165,08	32,99	132,09	0,00	31,50	132,09	0,00				



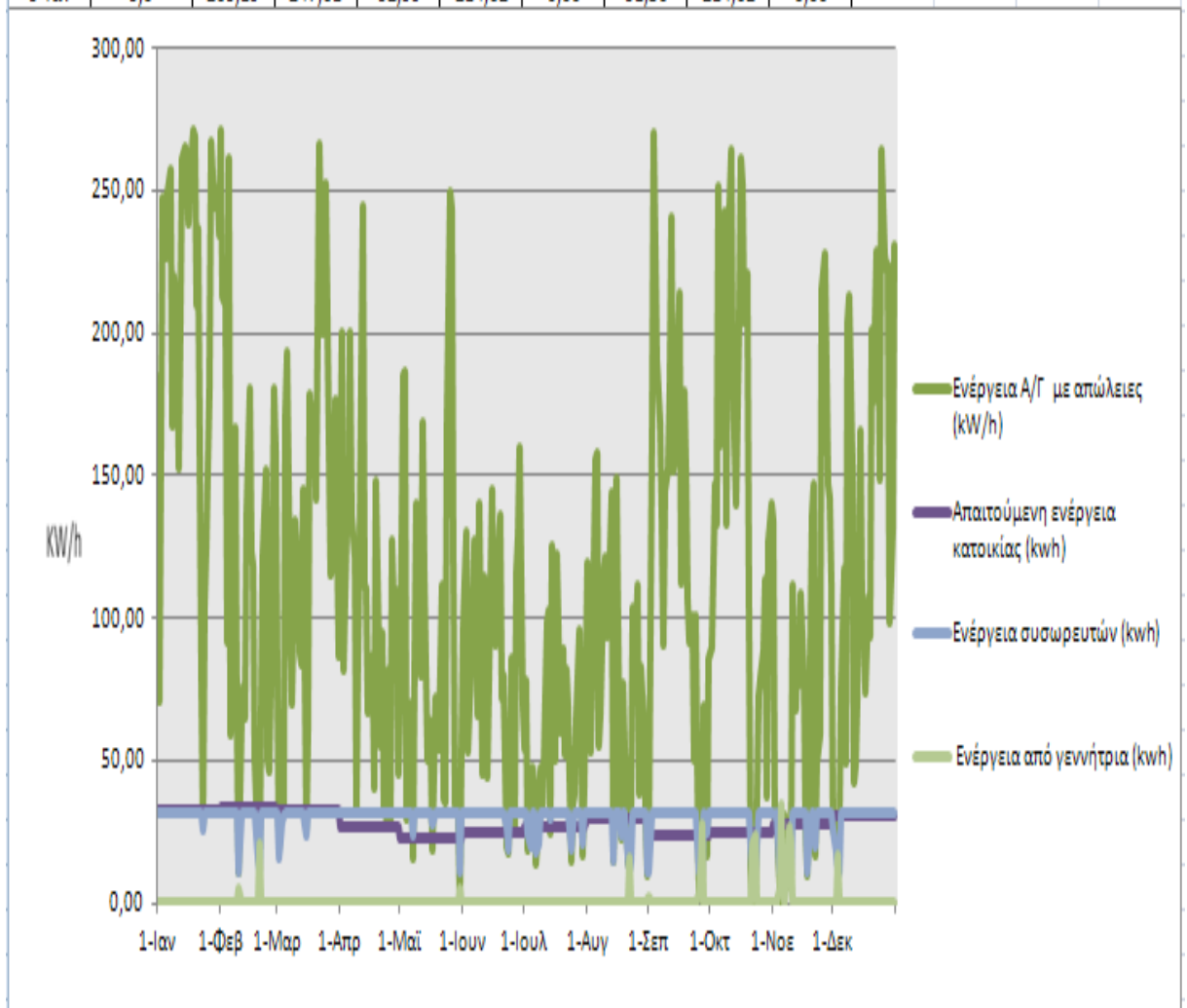
Πίνακας 7.35 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 10KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγώμενη ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιος κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	3,5	163,45	153,77	32,99	120,78	0,00	31,50	124,67	0,00	358,67	119,56	92,06	24143,84
2-Ιαν	3,8	63,00	59,27	32,99	26,28	0,00	31,50	26,28	0,00				
3-Ιαν	3,0	219,33	206,34	32,99	173,36	0,00	31,50	173,36	0,00				



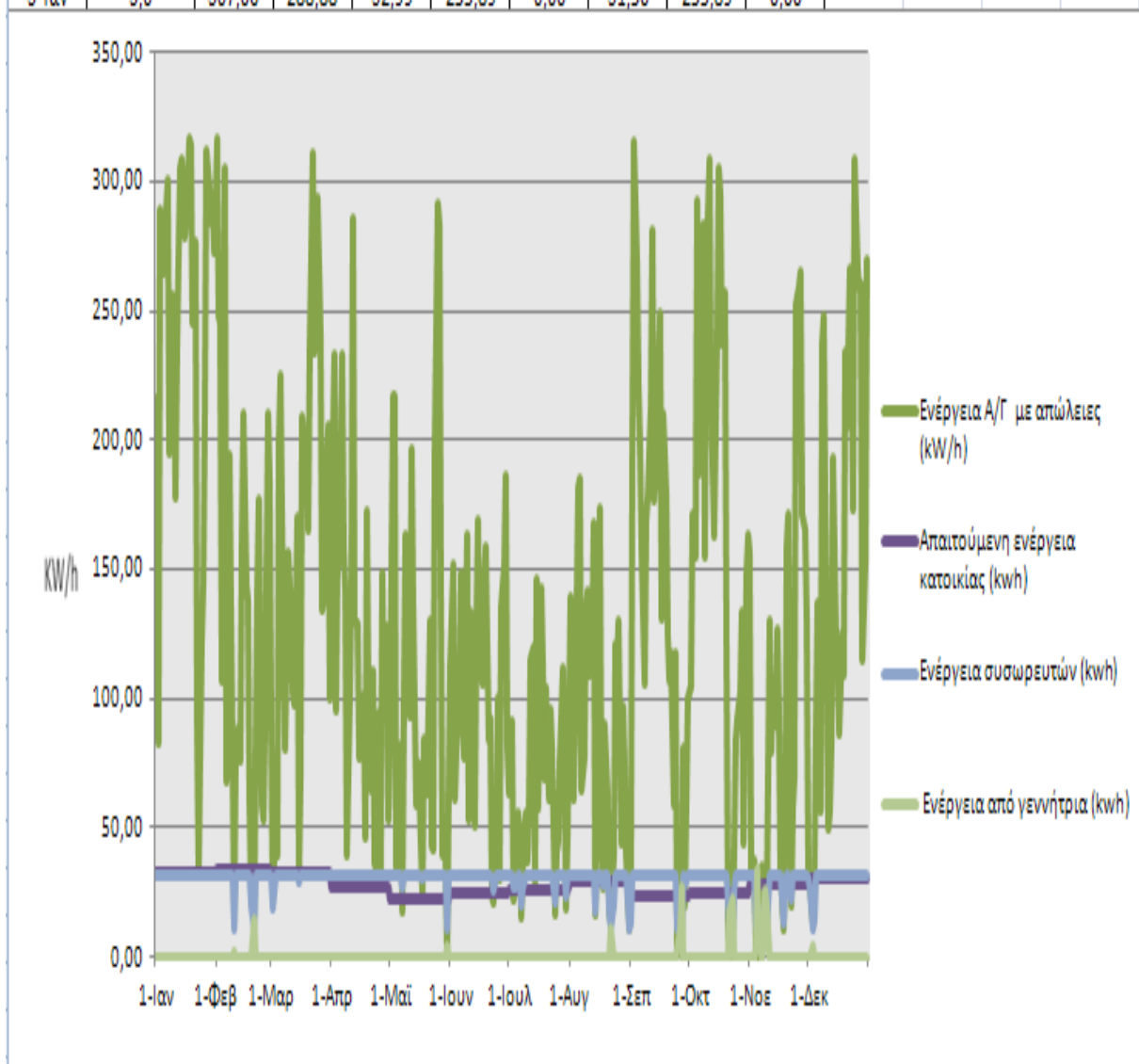
Πίνακας 7.36 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 12KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγώμενη ενέργεια Α/Γ Ε(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευούμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια(kwh)	Πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιος κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	3,5	196,14	184,53	32,99	151,54	0,00	31,50	155,43	0,00	277,23	92,41	71,16	30927,10
2-Ιαν	3,8	75,60	71,12	32,99	38,13	0,00	31,50	38,13	0,00				
3-Ιαν	3,0	263,19	247,61	32,99	214,62	0,00	31,50	214,62	0,00				



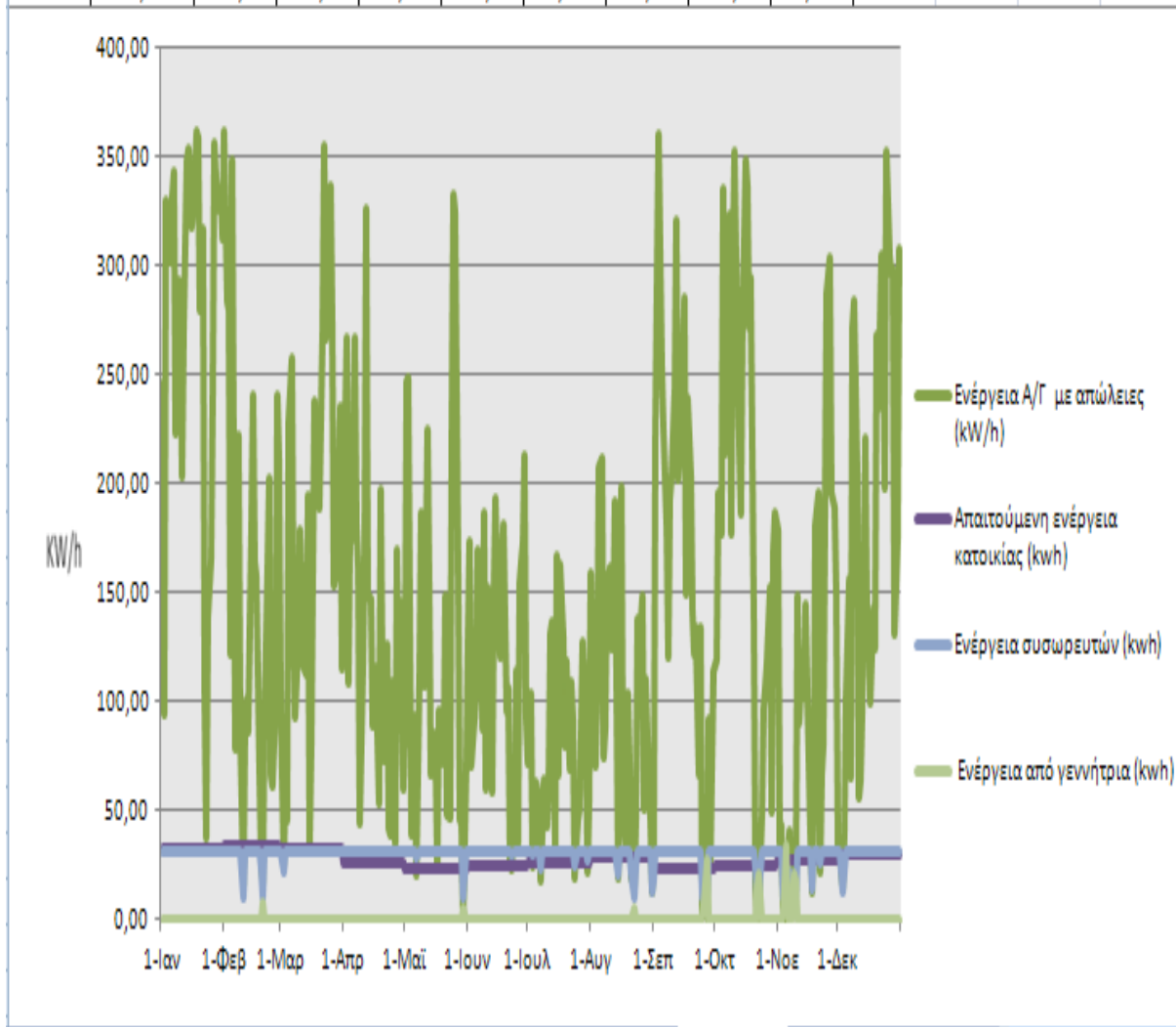
Πίνακας 7.37 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 14KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγωγή ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιος κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	3,5	228,83	215,28	32,99	182,29	0,00	31,50	186,18	0,00	221,04	73,68	56,73	37726,09
2-Ιαν	3,8	88,19	82,97	32,99	49,99	0,00	31,50	49,99	0,00				
3-Ιαν	3,0	307,06	288,88	32,99	255,89	0,00	31,50	255,89	0,00				



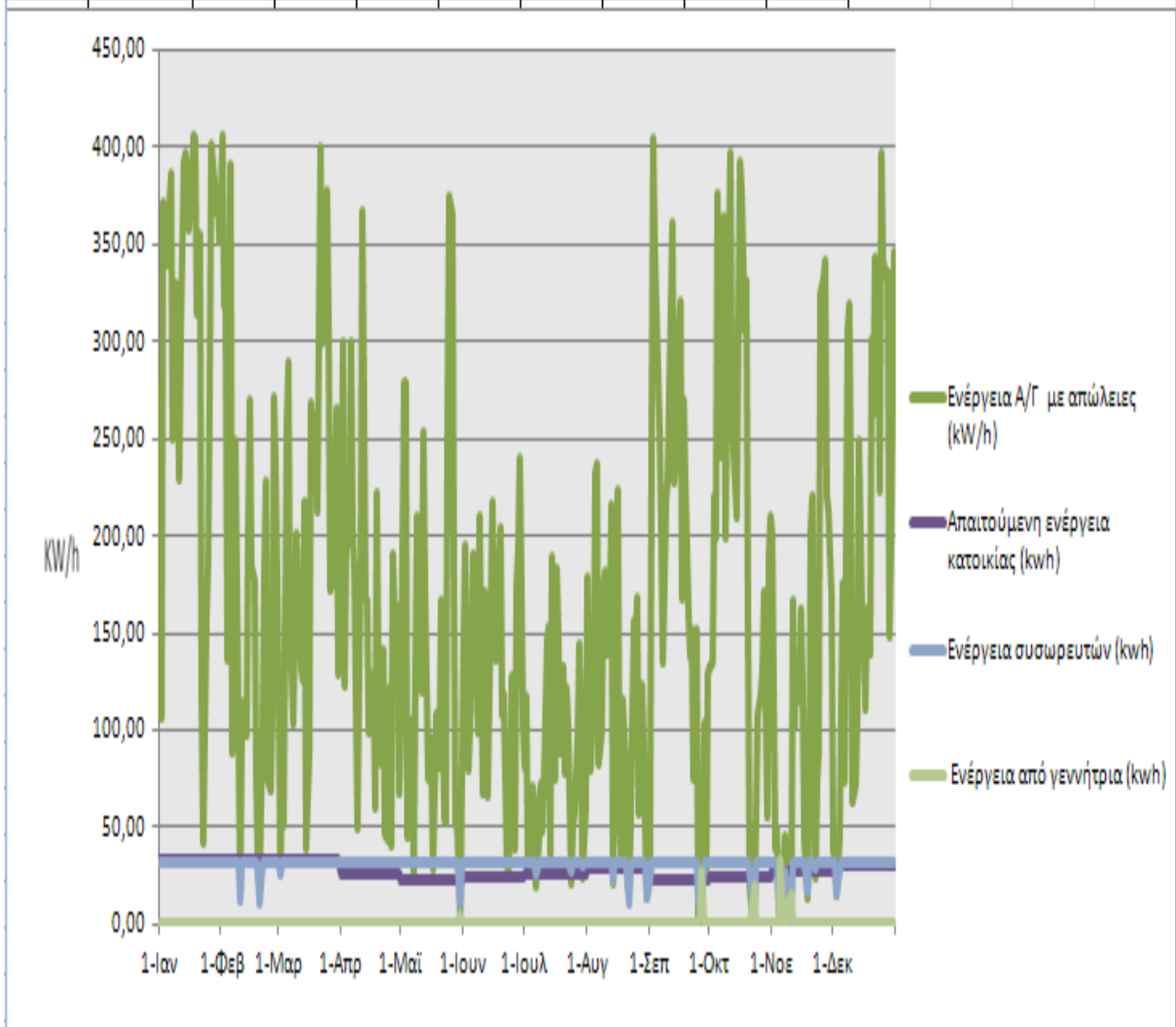
Πίνακας 7.38 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 16KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγώμενη ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια(kwh)	Ετήσιο κόστος πετρελαίου ανά έτος (Lt)	Ετήσιο κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	3,5	261,52	246,03	32,99	213,05	0,00	31,50	216,94	0,00	177,72	59,24	45,62	44531,62
2-Ιαν	3,8	100,79	94,83	32,99	61,84	0,00	31,50	61,84	0,00				
3-Ιαν	3,0	350,93	330,15	32,99	297,16	0,00	31,50	297,16	0,00				



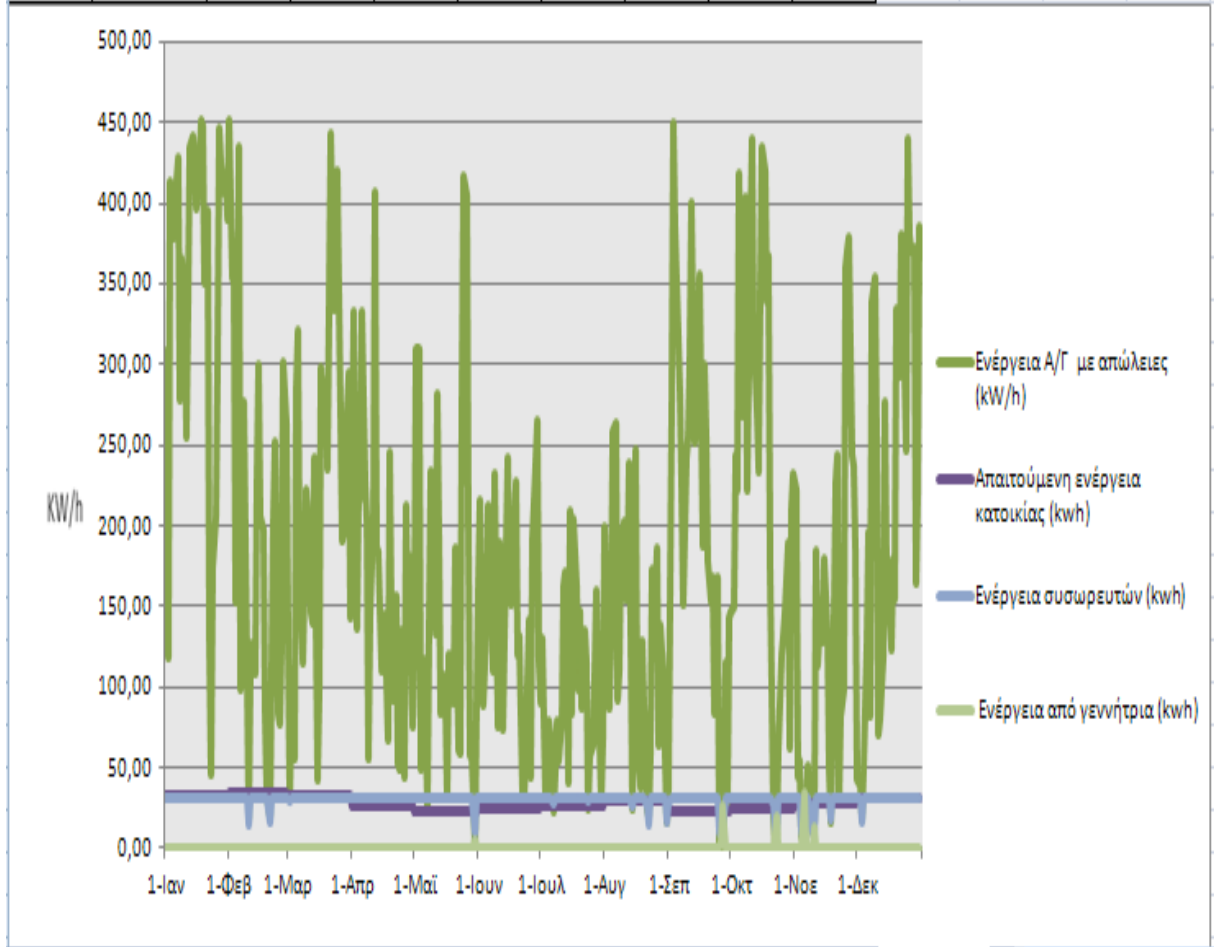
Πίνακας 7.39 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 18KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγωγή ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσεύουσα ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Ετήσιο κόστος πετρελαίου ανά έτος (Lt)	Ετήσιο κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)
1-Ιαν	3,5	294,21	276,79	32,99	243,80	0,00	31,50	247,69	0,00	141,05	47,02	36,20	51338,96
2-Ιαν	3,8	113,39	106,68	32,99	73,69	0,00	31,50	73,69	0,00				
3-Ιαν	3,0	394,79	371,42	32,99	338,43	0,00	31,50	338,43	0,00				



Πίνακας 7.40 Η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος με Α/Γ ισχύος 20KW.

Ημέρες	Wind(m/s)	Παραγωγή μηνιαία ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Α/Γ με απώλειες (kW/h)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιο κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	3,5	326,90	307,54	32,99	274,56	0,00	31,50	278,44	0,00	120,06	40,02	30,82	58159,32
2-Ιαν	3,8	125,99	118,53	32,99	85,55	0,00	31,50	85,55	0,00				
3-Ιαν	3,0	438,66	412,69	32,99	379,70	0,00	31,50	379,70	0,00				



Όπως παρατηρούμε τα διαγράμματα των συστημάτων που χρησιμοποιούν ανεμογεννήτριες είναι πιο πολύπλοκα από αυτά που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτό είναι λογικό εάν αναλογιστούμε ότι τα αιολικά δεδομένα αφορούσαν ωριαίες τιμές και επομένως είχαν διαφορετικές τιμές από μέρα σε μέρα σε αντίθεση με τα ηλιακά δεδομένα που διαφοροποιούντουσαν ανάλογα με το μήνα. Επομένως η συγκεκριμένη μελέτη είναι σαφώς πιο αναλυτική και πιο ακριβής.

Επίσης λόγω του ότι τα δεδομένα είναι σε ωριαία βάση μπορούμε να παρατηρήσουμε ακόμα και στις δύο πρώτες ημέρες του Ιανουαρίου ότι η ημερήσιες τιμές ταχύτητας του ανέμου δεν είναι ανάλογες με την παραγόμενη ενέργεια (για παράδειγμα στο τελευταίο διάγραμμα, για 3,5m/s παράγονται 326,9kw/h, ενώ για 3,8m/s, παράγονται μόλις 125,99kw/h).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ενώ μελετήσαμε συστήματα ισχύος έως και 20kw, δεν παρατηρήθηκε σε κανένα από αυτά η πλήρης αυτάρκεια χωρίς τη χρήση της γεννήτριας diesel, όπως είχε συμβεί με τα σύστημα που έκαναν χρήση φωτοβολταϊκών γεννητριών. Αυτό είναι λογικό καθώς ο ήλιος είναι μία πιο σταθερή πηγή ενέργειας από τον άνεμο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση στη χρονιά που ελήφθησαν τα αιολικά δεδομένα παρουσιάστηκαν κάποιες συνεχόμενες ημέρες άπνοιας με μηδενικές τιμές ταχύτητας ανέμου. Εάν θα θέλαμε να αντιμετωπίσουμε το φαινόμενο αυτό χωρίς τη χρήση της γεννήτριας diesel θα έπρεπε να είχαμε αποθηκευμένη περισσότερη ενέργεια, κάτι που θα εκτόξευε το κόστος του συστήματος αφού οι συσσωρευτές είναι το πιο δαπανηρό κομμάτι των αυτόνομων συστημάτων (και καθοριστικός αποτρεπτικός παράγοντας στην επένδυση σε αυτόνομα συστήματα).

7.4 Η οικονομική μελέτη των συστημάτων στο πρόγραμμα excel

Η επιλογή του βέλτιστου συστήματος θα γίνει και πάλι βάση της οικονομικής μελέτης των προηγούμενων συστημάτων. Όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η μελέτη θα αφορά κυρίως το κόστος του εκάστοτε συστήματος σε διάρκεια 25ετίας αφού είναι η προσδοκώμενη διάρκεια ζωής των συστημάτων.

Το συνολικό κόστος του κάθε συστήματος υπολογίζεται ξεχωριστά με την ίδια ακριβώς μέθοδο. Οι πίνακες έχουν γίνει με τη χρήση του προγράμματος excel και αναγράφονται αναλυτικά όλα τα κόστη που λαμβάνονται ως δεδομένα σε συνδυασμό με το αποτέλεσμα που προέκυψε από τους προηγούμενους πίνακες (το ετήσιο κόστος του πετρελαίου που καταναλώνεται). Το εξαγόμενο αποτέλεσμα των πινάκων είναι το συνολικό κόστος του κάθε συστήματος.

Ακολουθούν οι πίνακες με τα οικονομικά στοιχεία:

Πίνακας 7.41 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 2KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	2300	0	2300
βάση στήριξης	1	100	0	100
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				23950
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1000
κόστος συντήρησης(€)				500
σύνολο(€)				1500
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	1247,46	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		31186,58
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				56636,58
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				2265,46

Πίνακας 7.42 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 4KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	4550	0	4550
βάση στήριξης	1	150	0	150
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				26250
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περιόδου)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1100
κόστος συντήρησης(€)				520
σύνολο(€)				1620
κόστος καυσίμου (25ετής περιόδου)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	426,49	κόστος καυσίμου (25ετής περιόδου)		10662,13
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				38532,13
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1541,29

Πίνακας 7.43 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 6KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	6800	0	6800
βάση στήριξης	1	200	0	200
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				28550
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περιόδου)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1200
κόστος συντήρησης(€)				540
σύνολο(€)				1740
κόστος καυσίμου (25ετής περιόδου)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	215,69	κόστος καυσίμου (25ετής περιόδου)		5392,24
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				35682,24
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1427,29

Πίνακας 7.44 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 8KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	9050	0	9050
βάση στήριξης	1	250	0	250
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				30850
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1300
κόστος συντήρησης(€)				560
σύνολο(€)				1860
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	133,99	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		3349,71
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				36059,71
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1442,39

Πίνακας 7.45 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 10KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	11300	0	11300
βάση στήριξης	1	300	0	300
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				33150
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1400
κόστος συντήρησης(€)				580
σύνολο(€)				1980
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	92,06	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		2301,44
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				37431,44
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1497,26

Πίνακας 7.46 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 12KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	13550	0	13550
βάση στήριξης	1	350	0	350
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				35450
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1500
κόστος συντήρησης(€)				600
σύνολο(€)				2100
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	56,73	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		1418,33
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				38968,33
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1558,73

Πίνακας 7.47 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 14KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	15800	0	15800
βάση στήριξης	1	400	0	400
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				37750
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1600
κόστος συντήρησης(€)				620
σύνολο(€)				2220
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	56,73	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		1418,33
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				41388,33
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1655,53

Πίνακας 7.48 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 16KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	18050	0	18050
βάση στήριξης	1	450	0	450
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				40050
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1700
κόστος συντήρησης(€)				640
σύνολο(€)				2340
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	45,62	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		1140,38
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				43530,38
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1741,22

Πίνακας 7.49 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 18KW.

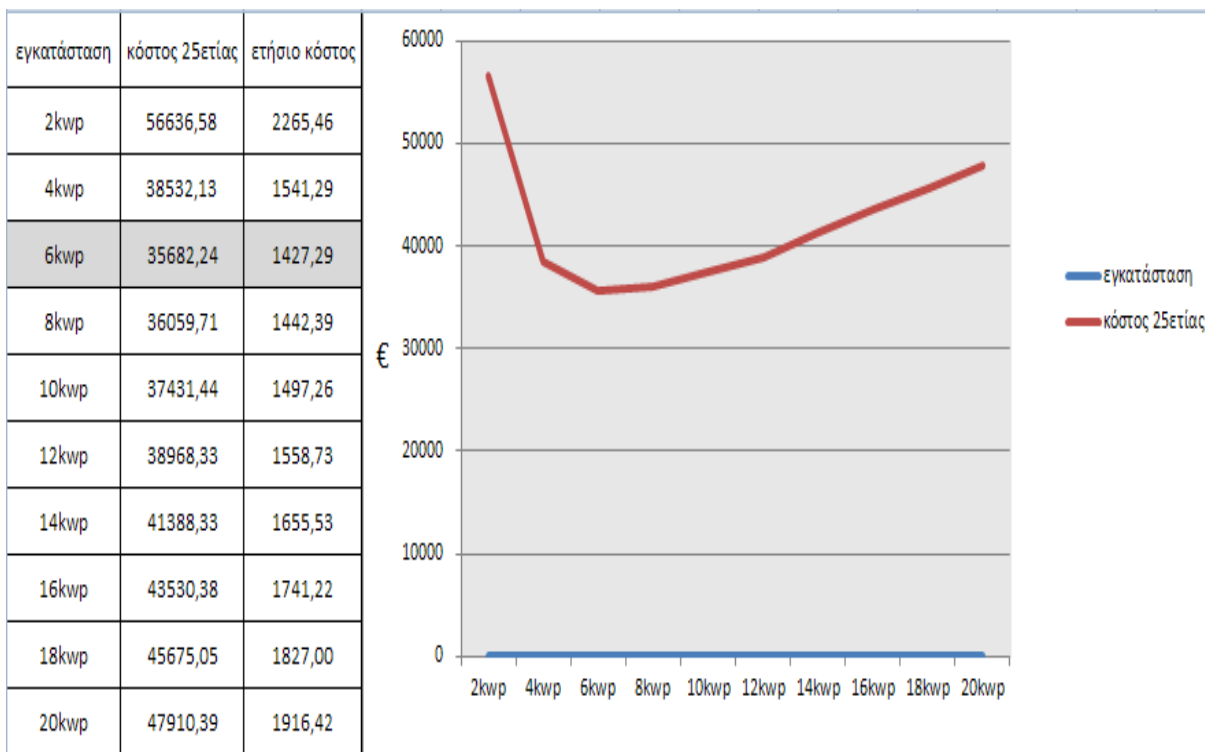
αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	20300	0	20300
βάση στήριξης	1	500	0	500
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				42350
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1800
κόστος συντήρησης(€)				620
σύνολο(€)				2420
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	36,20	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		905,05
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				45675,05
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1827,00

Πίνακας 7.50 Οικονομικά στοιχεία συστήματος με Α/Γ ισχύος 20KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
ανεμογεννήτρια	1	22500	0	22500
βάση στήριξης	1	550	0	550
ρυθμιστής φόρτισης	2	445	0	890
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				44600
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1900
κόστος συντήρησης(€)				640
σύνολο(€)				2540
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	30,82	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		770,39
Συνολικό κόστος 25ετούς περιόδου(€)				47910,39
Συνολικό κόστος ανά έτος(€)				1916,42

Το κόστος εγκατάστασης και το κόστος συντήρησης είναι προσεγγιστικά. Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας με την γραφική παράσταση των στοιχείων του.

Πίνακας 7.51 Συγκεντρωτικός οικονομικός πίνακας με γραφική παράσταση.



Το βέλτιστο αιολικό σύστημα για τη συγκεκριμένη κατοικία είναι ισχύος ίσης με 6 KW. Η εγκατάσταση αυτή είναι σαφώς μικρότερη από αυτή των φωτοβολταϊκών, διότι η περιοχή της κατοικίας έχει πολύ υψηλές τιμές ταχύτητας ανέμου. Το συνολικό κόστος του συστήματος θα είναι 35.682 €, ενώ το ίδιο κόστος εάν διαιρεθεί με τα 25 έτη που λαμβάνουμε ως διάρκεια ζωής του συστήματος θα προκύψει το ποσό των 1.427 €. Το κόστος του βέλτιστου αυτόνομου συστήματος είναι κατά 4.009 € λιγότερο από το αντίστοιχο οικονομικότερο σύστημα των φωτοβολταϊκών γεννητριών.

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΜΕΛΕΤΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ”

8.1 Εισαγωγή

Από τα δύο προηγούμενα κεφάλαια υπάρχουν δύο πολύ σημαντικές παρατηρήσεις. Η πρώτη είναι ότι όσον αφορά την περιοχή μας η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον άνεμο έχει μεγαλύτερη τιμή από εκείνη που παράγεται από την ηλιακή ακτινοβολία για την ίδια εγκατεστημένη ισχύ (καθώς ακόμα και σε μικρής ισχύος εγκατάσταση αιολικών συστημάτων υπάρχουν μέρες που υπάρχει ανεκμετάλλευτη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια). Η δεύτερη είναι ότι παρόλο που υπάρχει υψηλό αιολικό δυναμικό στην περιοχή κάποιες συνεχόμενες ημέρες παρατηρείται άπνοια. Αυτό οδηγεί τα συστήματα με ανεμογεννήτριες να καταναλώνουν περιττά λίτρα πετρελαίου για την κάλυψη των αναγκών των ημερών αυτών.

Οι δύο αυτές παρατηρήσεις μας οδηγούν στη μελέτη των υβριδικών συστημάτων καθώς τις ημέρες που παρουσιάζεται μικρή ταχύτητα ανέμου θα συμπληρώνεται ενέργεια που θα παράγεται από τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

Τα υβριδικά συστήματα που θα μελετηθούν θα αποτελούνται από ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκές γεννήτριες ρυθμιστές φόρτισης, αντιστροφέα συσσωρευτές και γεννήτρια diesel.

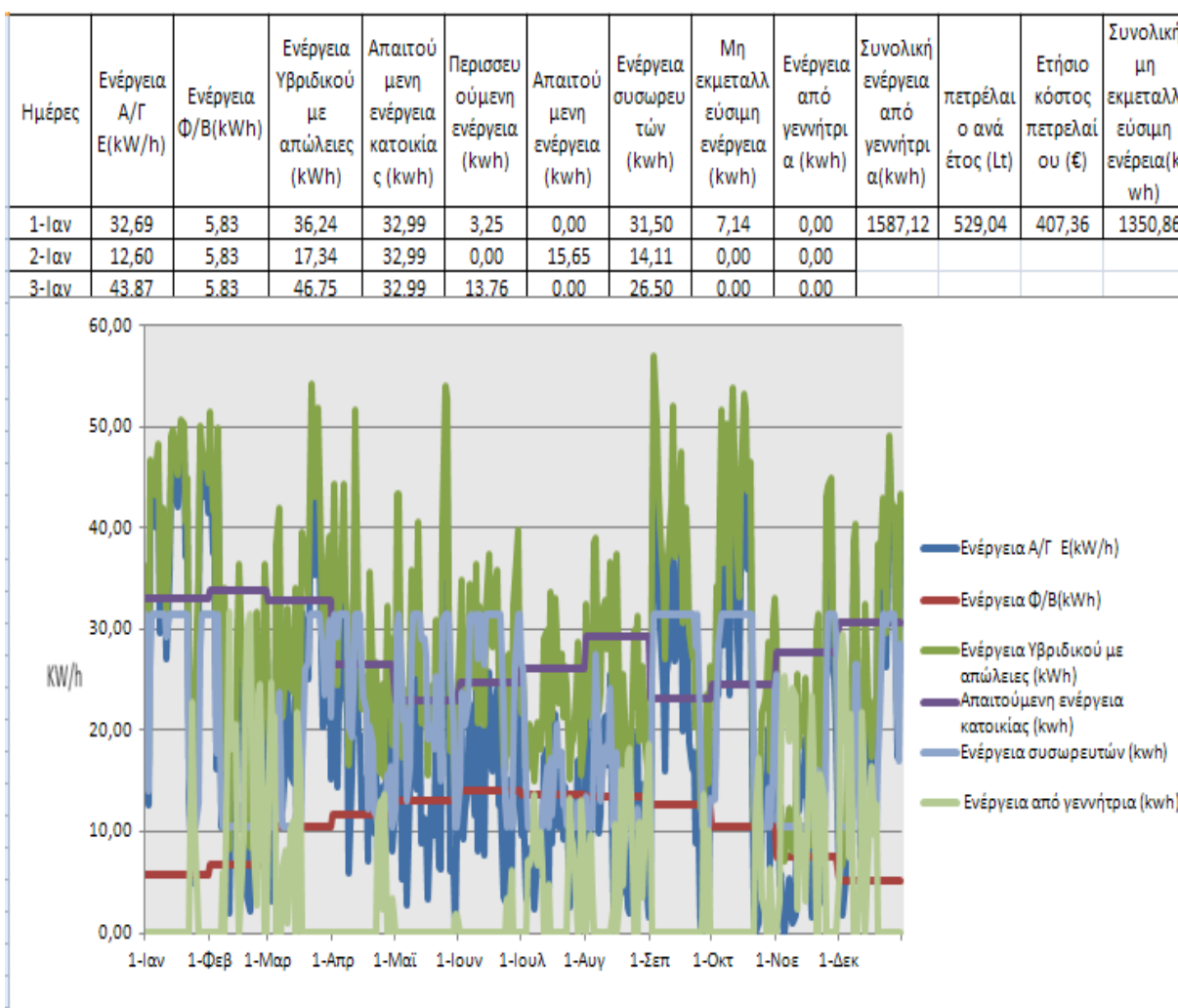
Εάν και θα υπολογιστούν μεγαλύτερα κόστη σε ότι αφορά την εγκατάσταση και τη συντήρηση των συστημάτων αυτών λόγω του ότι αξιοποιούν παράλληλα δύο διαφορετικές πηγές ενέργειας γίνεται μία αρχική πρόβλεψη ότι θα οδηγηθούμε στο οικονομικότερο αλλά και πιο αξιόπιστο σύστημα. Οικονομικότερο διότι γίνεται πρόβλεψη ότι θα προκύψει μέσω των οικονομικών πινάκων το σύστημα με το μικρότερο συνολικό κόστος. Αξιόπιστο διότι διασφαλίζεται ότι εάν υπάρξει κάποια βλάβη σε ένα από τα δύο συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το άλλο θα συνεχίζει να λειτουργεί αυτόνομα περιορίζοντας ή ακόμη και μηδενίζοντας (ανάλογα τη μέρα) τις ανάγκες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την γεννήτρια diesel.

8.2 Η κατανάλωση πετρελαίου

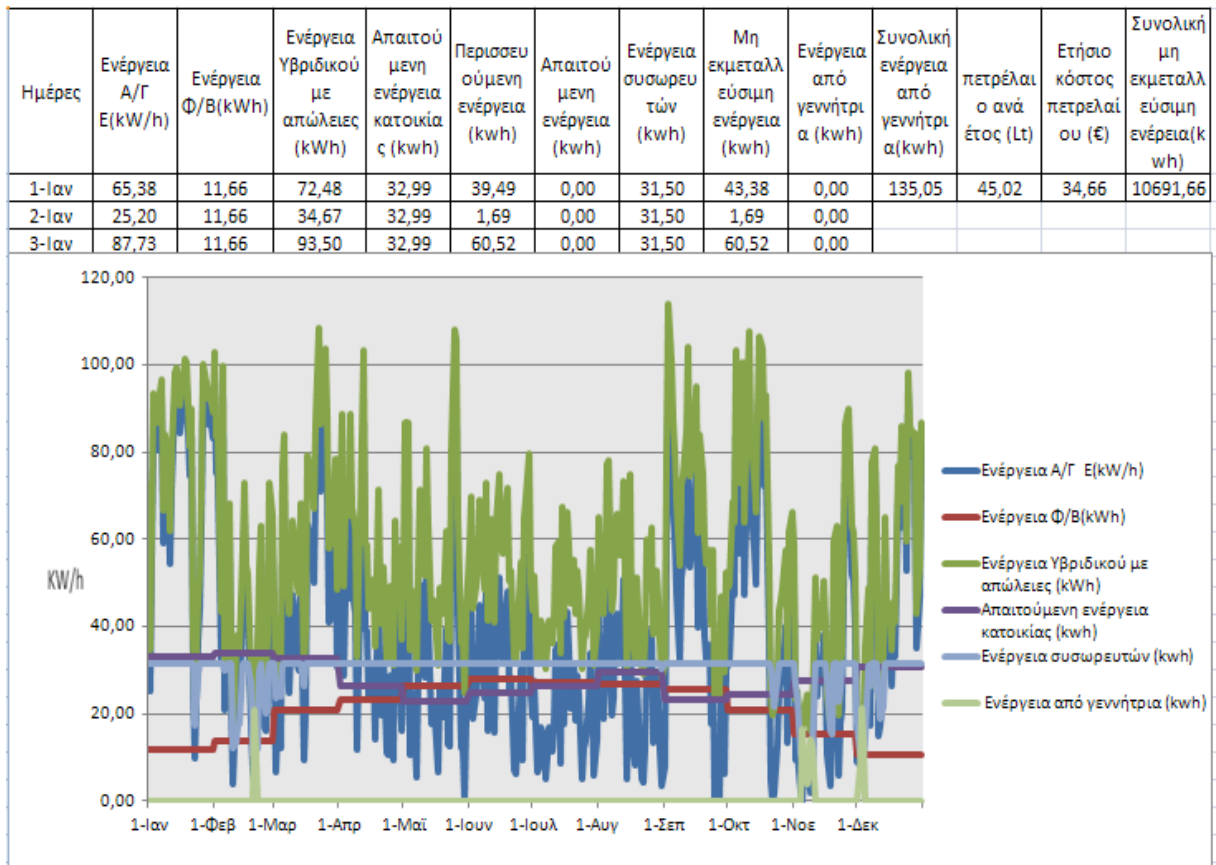
Για τη μελέτη αυτών των συστημάτων θα χρησιμοποιηθούν παρόμοιοι πίνακες με αυτούς των προηγούμενων κεφαλαίων. Η διαφορά των πινάκων αυτών είναι ότι δεν θα αναγράφονται τα ήδη γνωστά αιολικά και ηλιακά δεδομένα. Στη θέση αυτών θα γίνεται μία στήλη που θα εκφράζει το άθροισμα της ενέργειας που παράγεται από τις φ/β γεννήτριες και αυτής που παράγεται από τη χρήση της ανεμογεννήτριας. Οι υπόλοιπες στήλες αφορούν τα ίδια μεγέθη και οι τιμές τους υπολογίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο αφού το ζητούμενο μέγεθος παραμένει το ίδιο.

Ο πίνακες που ακολουθούν θα μας δώσουν σαν αποτέλεσμα μία τιμή που θα αφορά το ετήσιο κόστος του καυσίμου ανάλογα με το σύστημα. Θα εμπεριέχουν επίσης και τα ανάλογα διαγράμματα της ακριβούς ροής της ενέργειας.

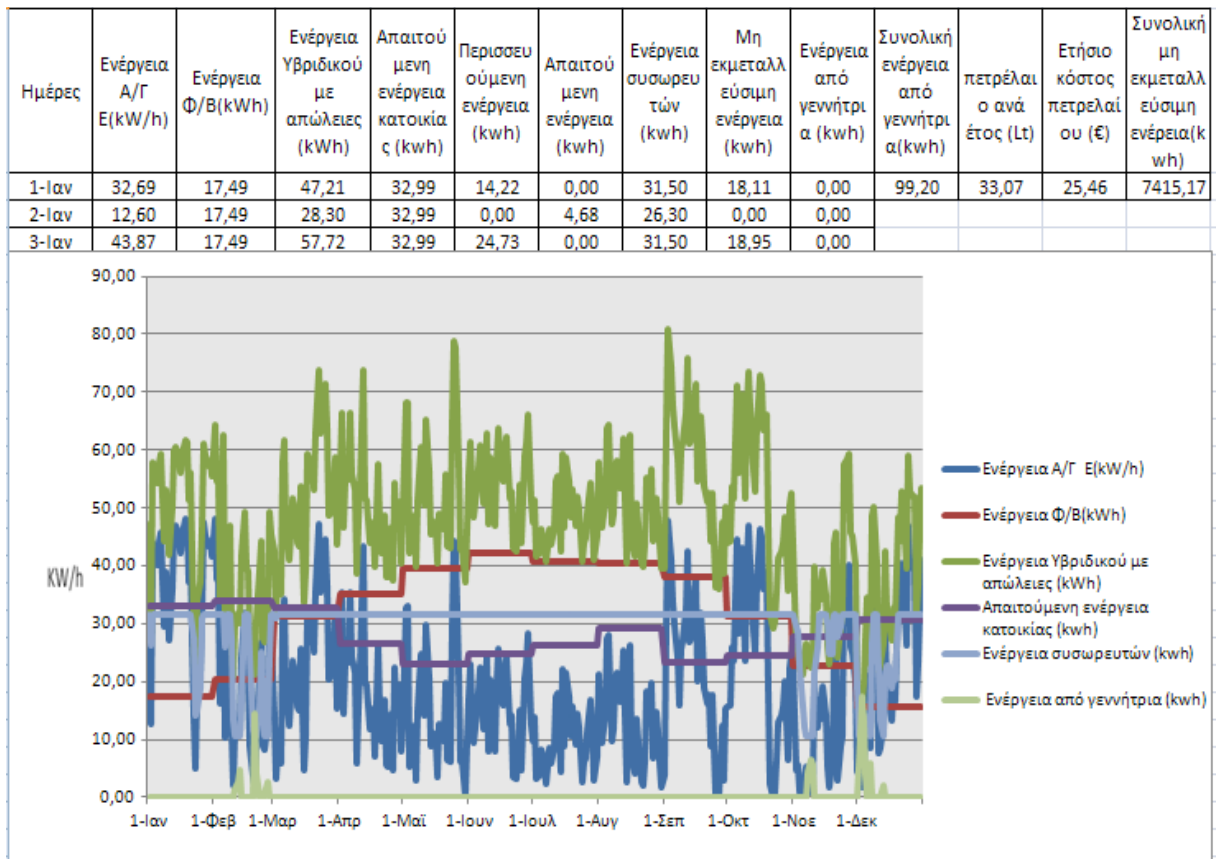
Πίνακας 8.1 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 2KW-Α/Γ 2KW.



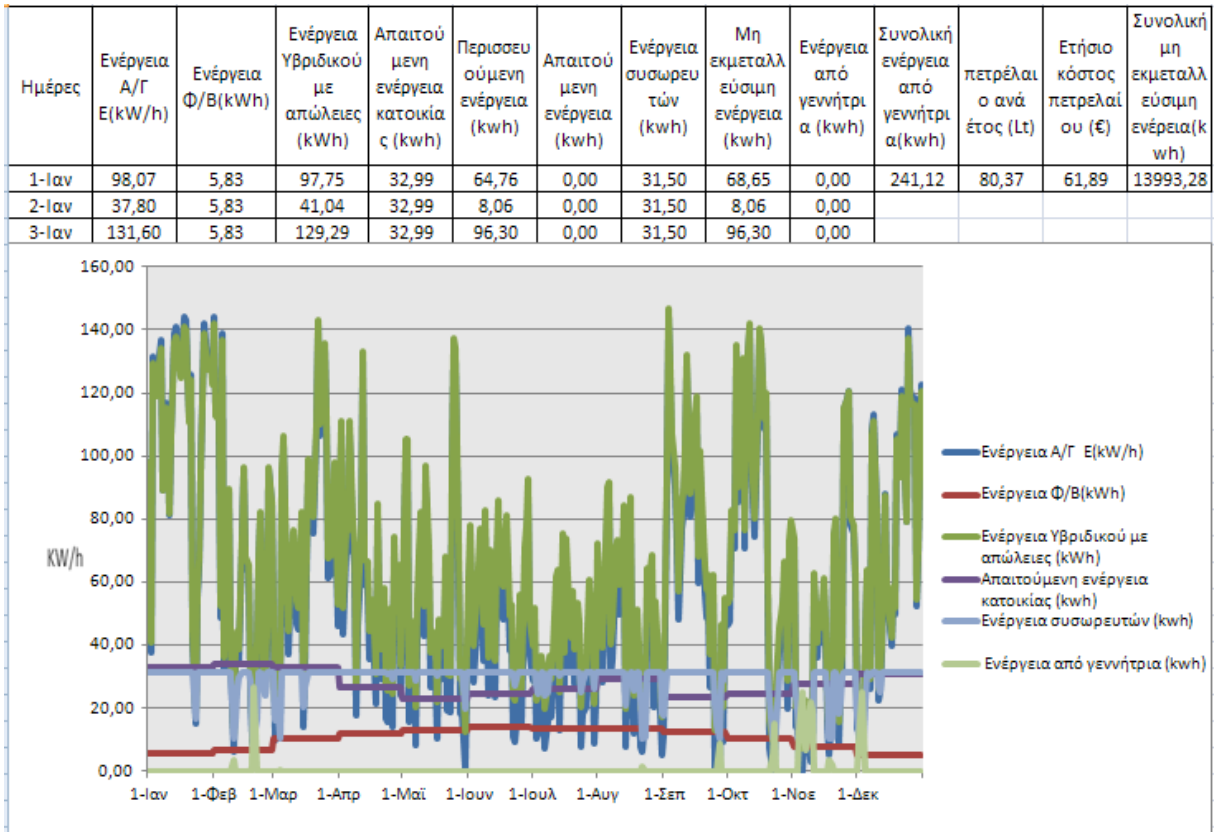
Πίνακας 8.2 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 4KW-Α/Γ 4KW.



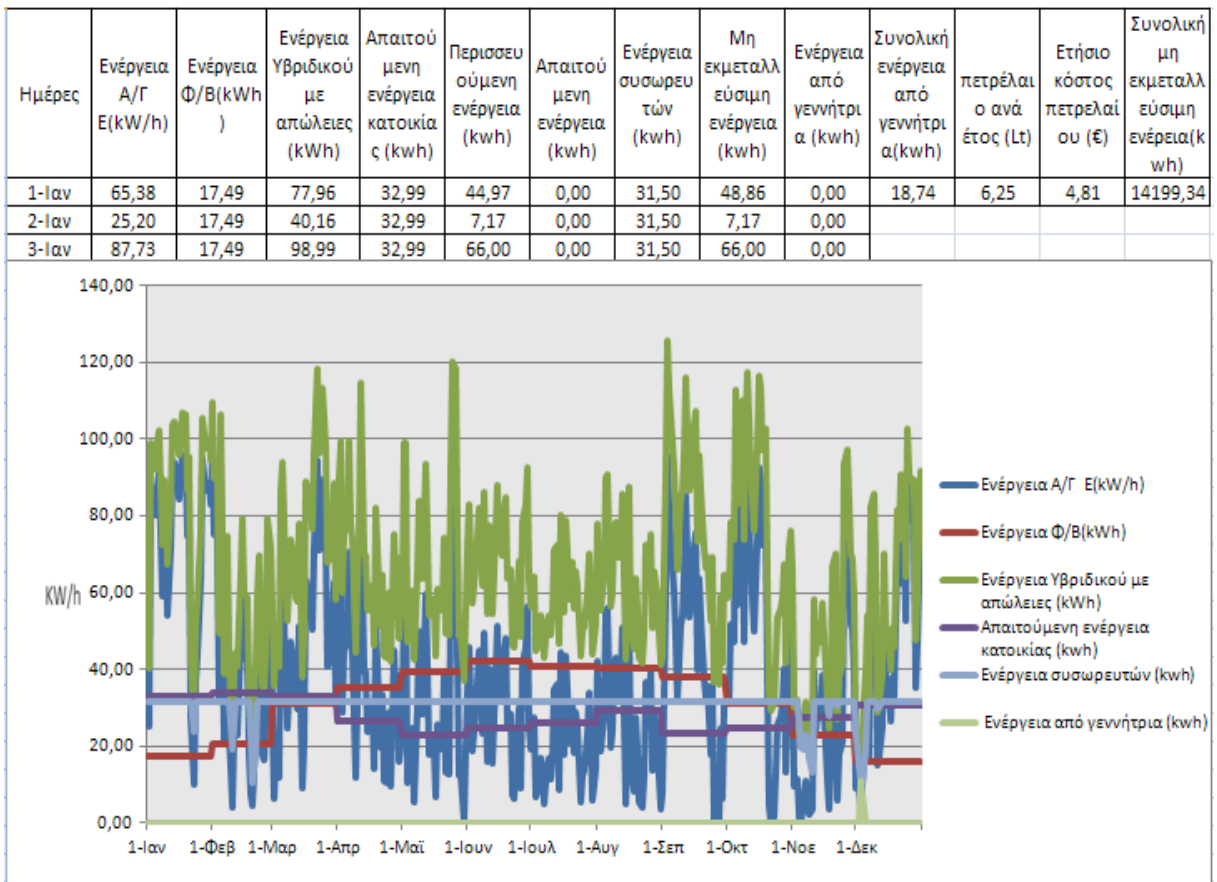
Πίνακας 8.3 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 2KW.



Πίνακας 8.4 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 2KW-Α/Γ 6KW.

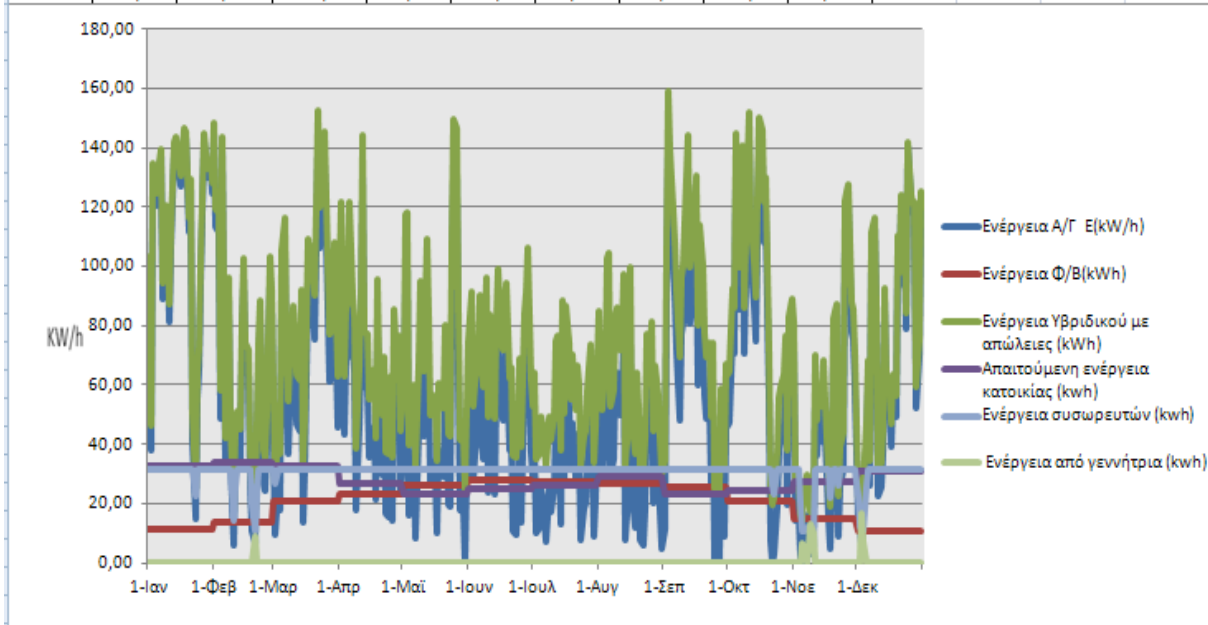


Πίνακας 8.5 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 4KW.



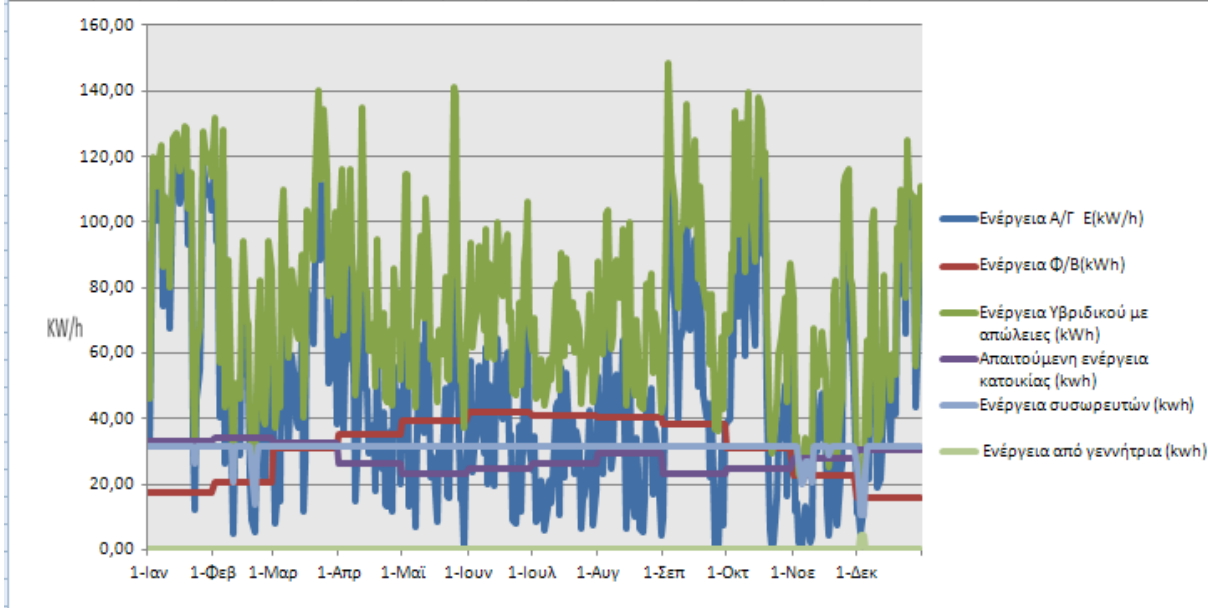
Πίνακας 8.6 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 4KW-Α/Γ 6KW.

Ημέρες	Ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Φ/Β(kWh)	Ενέργεια Υβριδικού με απώλειες (kWh)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιος κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	98,07	11,66	103,23	32,99	70,24	0,00	31,50	74,13	0,00	76,37	25,46	19,60	17489,09
2-Ιαν	37,80	11,66	46,53	32,99	13,54	0,00	31,50	13,54	0,00				
3-Ιαν	131,60	11,66	134,77	32,99	101,79	0,00	31,50	101,79	0,00				

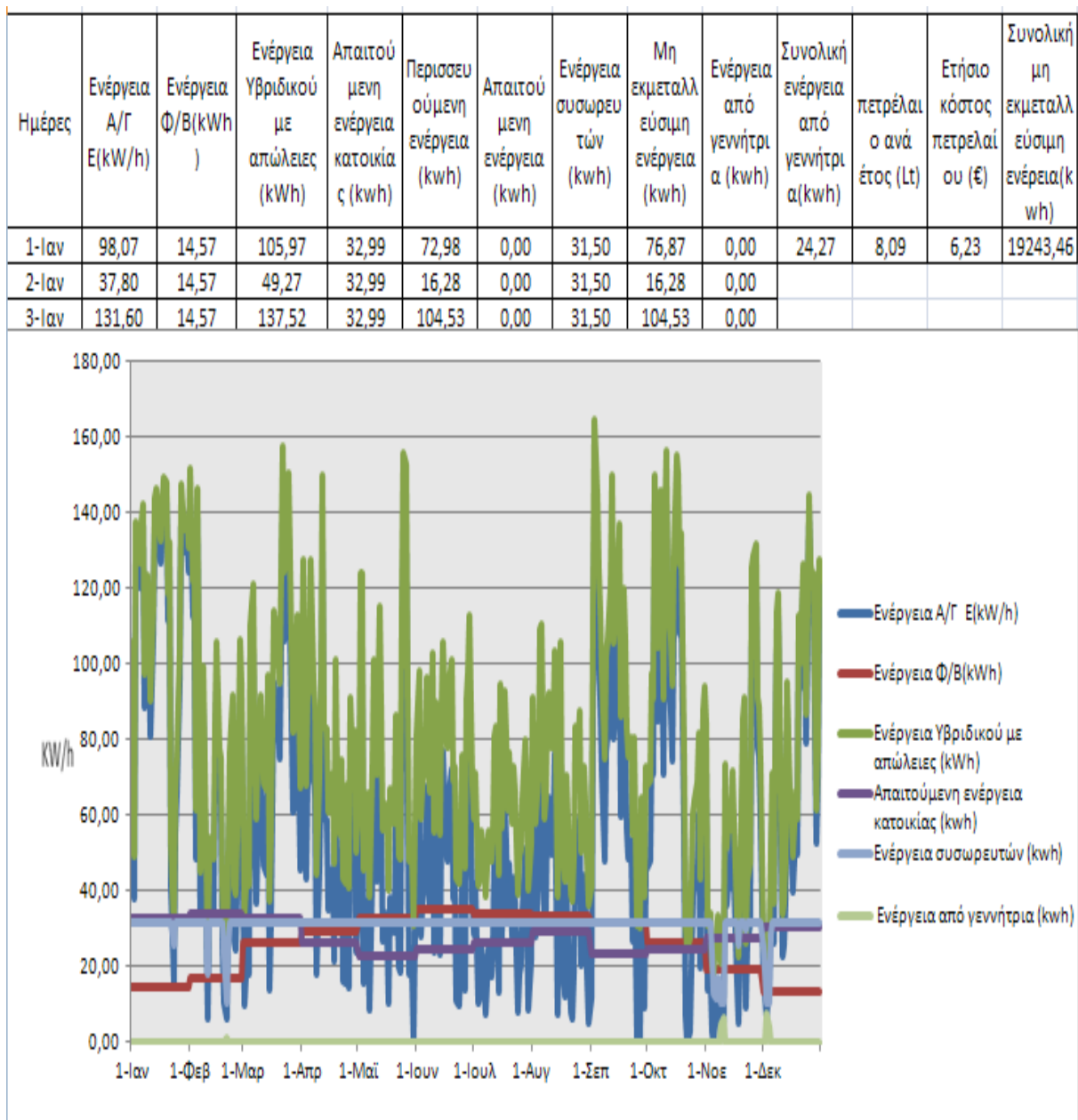


Πίνακας 8.7 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 5KW.

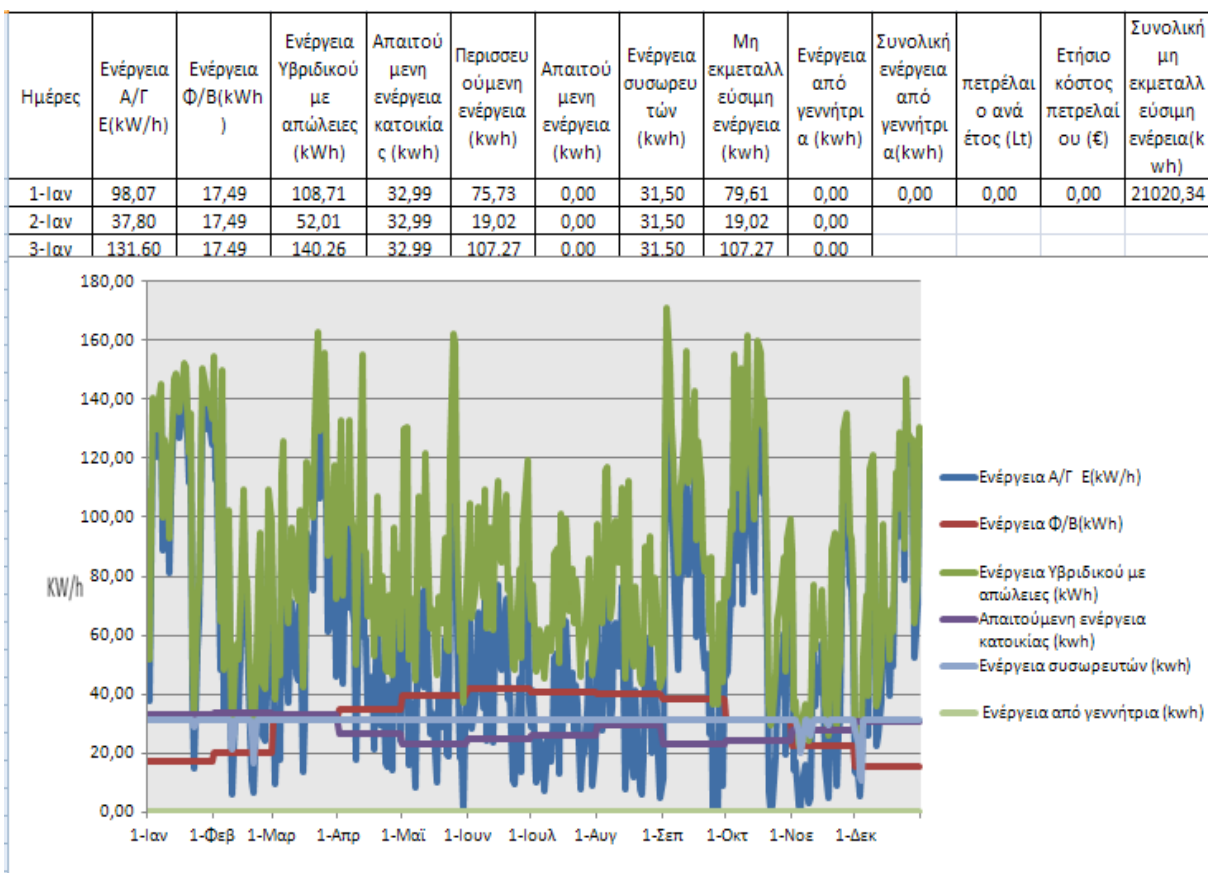
Ημέρες	Ενέργεια Α/Γ E(kW/h)	Ενέργεια Φ/Β(kWh)	Ενέργεια Υβριδικού με απώλειες (kWh)	Απαιτούμενη ενέργεια κατοικίας (kwh)	Περισσευόμενη ενέργεια (kwh)	Απαιτούμενη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια συσσωρευτών (kwh)	Μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια (kwh)	Ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	Συνολική ενέργεια από γεννήτρια (kwh)	πετρέλαιο ανά έτος (Lt)	Ετήσιος κόστος πετρελαίου (€)	Συνολική μη εκμεταλλεύσιμη ενέργεια(kwh)
1-Ιαν	81,72	17,49	93,34	32,99	60,35	0,00	31,50	64,24	0,00	9,10	3,03	2,34	17610,00
2-Ιαν	31,50	17,49	46,08	32,99	13,10	0,00	31,50	13,10	0,00				
3-Ιαν	109,66	17,49	119,62	32,99	86,63	0,00	31,50	86,63	0,00				



Πίνακας 8.8 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 5KW-Α/Γ 6KW.



Πίνακας 8.9 Η κατανομή της ενέργειας του συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-Α/Γ 6KW.



Εάν συγκρίνουμε την ενέργεια που προκύπτει από το υβριδικό σύστημα της μεγαλύτερης εγκατεστημένης ισχύος με αυτή που προέκυψε από το αντίστοιχο σύστημα που έκανε χρήση μόνο των ανεμογεννητριών θα κατανοήσουμε το πόσο καλύτερα αξιοποιείται η ενέργεια του υβριδικού συστήματος. Δηλαδή αναδεικνύεται ουσιαστικά ότι στις μελέτες του προηγούμενου κεφαλαίου φαίνεται ότι στη διάρκεια ενός έτους παραγόταν τεράστια ποσά ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία έμεναν αναξιοποίητα (τα πετούσαμε) διότι η μελέτες μας αφορούν την μελέτη συστημάτων σε αυτόνομη κατοικία.

8.3 Η οικονομική μελέτη των υβριδικών συστημάτων

Η οικονομική μελέτη είναι η διαδικασία που θα μας οδηγήσει στην εύρεση του οικονομικότερου συστήματος. Η μελέτη αναφέρεται στο κόστος του εκάστοτε συστήματος σε διάρκεια 25ετίας διότι και οι δύο πηγές που χρησιμοποιούνται έχουν εγγύηση καλής λειτουργίας για 25 έτη.

Σε κάθε σύστημα θα βρεθεί το συνολικό του κόστος ξεχωριστά βάση όμοιων πινάκων. Το πρόγραμμα excel έχει χρησιμοποιηθεί και σε αυτή τη διαδικασία. Η επιλογή αυτού του προγράμματος είναι απαραίτητη αφού έχει επιλεγεί και στις προηγούμενες μελέτες. Όταν χρησιμοποιούνται τα ίδια εργαλεία σε διαφορετικές μελέτες παρέχονται πιο αξιόπιστα αποτελέσματα εφόσον οι μελέτες αυτές αφορούν το ίδιο αντικείμενο και επιτρέπουν τη χρήση ίδιων εργαλείων και μεθόδων.

Βάση όλων των προηγούμενων στοιχείων και δεδομένων διαμορφώνονται οι εξής πίνακες με τα οικονομικά στοιχεία:

Πίνακας 8.10 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 2KW-A/Γ 2KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	8	221	0	1768
βάση στήριξης	2	240	0	480
ανεμογεννήτρια	1	2300	0	2300
βάση στήριξης	1	100	0	100
ρυθμιστής φόρτισης	3	445	0	1335
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				26643
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1500
κόστος συντήρησης(€)				1200
σύνολο(€)				2700
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	407,36	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		10183,99
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				39526,99
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1581,08

Πίνακας 8.11 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 4KW-A/Γ 4KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	16	221	0	3536
βάση στήριξης	4	240	0	960
ανεμογεννήτρια	1	4550	0	4550
βάση στήριξης	1	150	0	150
ρυθμιστής φόρτισης	3	445	0	1335
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				31191
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1800
κόστος συντήρησης(€)				1520
σύνολο(€)				3320
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	34,66	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		866,55
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				35377,55
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1415,10

Πίνακας 8.12 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-A/Γ 2KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	24	221	0	5304
βάση στήριξης	6	240	0	1440
ανεμογεννήτρια	1	2300	0	2300
βάση στήριξης	1	100	0	100
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				31584
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1900
κόστος συντήρησης(€)				1700
σύνολο(€)				3600
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	25,46	τος καυσίμου (25ετής περίοδος)		636,54
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				35820,54
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1432,82

Πίνακας 8.13 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 2KW-A/Γ 6KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	8	221	0	1768
βάση στήριξης	2	240	0	480
ανεμογεννήτρια	1	6800	0	6800
βάση στήριξης	1	200	0	200
ρυθμιστής φόρτισης	3	445	0	1335
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				31243
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1700
κόστος συντήρησης(€)				1240
σύνολο(€)				2940
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	61,89	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		1547,17
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				35730,17
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1429,21

Πίνακας 8.14 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-A/Γ 4KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	24	221	0	5304
βάση στήριξης	6	240	0	1440
ανεμογεννήτρια	1	4550	0	4550
βάση στήριξης	1	150	0	150
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				33884
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				2000
κόστος συντήρησης(€)				1720
σύνολο(€)				3720
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	4,81	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		120,26
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				37724,26
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1508,97

Πίνακας 8.15 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 4KW-A/Γ 6KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	16	221	0	3536
βάση στήριξης	4	240	0	960
ανεμογεννήτρια	1	6800	0	6800
βάση στήριξης	1	200	0	200
ρυθμιστής φόρτισης	3	445	0	1335
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				33491
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				1900
κόστος συντήρησης(€)				1540
σύνολο(€)				3440
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	19,60	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		490,03
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				37421,03
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1496,84

Πίνακας 8.16 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-A/Γ 5KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	24	221	0	5304
βάση στήριξης	6	240	0	1440
ανεμογεννήτρια	1	5675	0	5675
βάση στήριξης	1	150	0	150
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				35009
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				2050
κόστος συντήρησης(€)				1730
σύνολο(€)				3780
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	2,34	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		58,39
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				38847,39
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1553,90

Πίνακας 8.17 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 5KW-A/Γ 6KW.

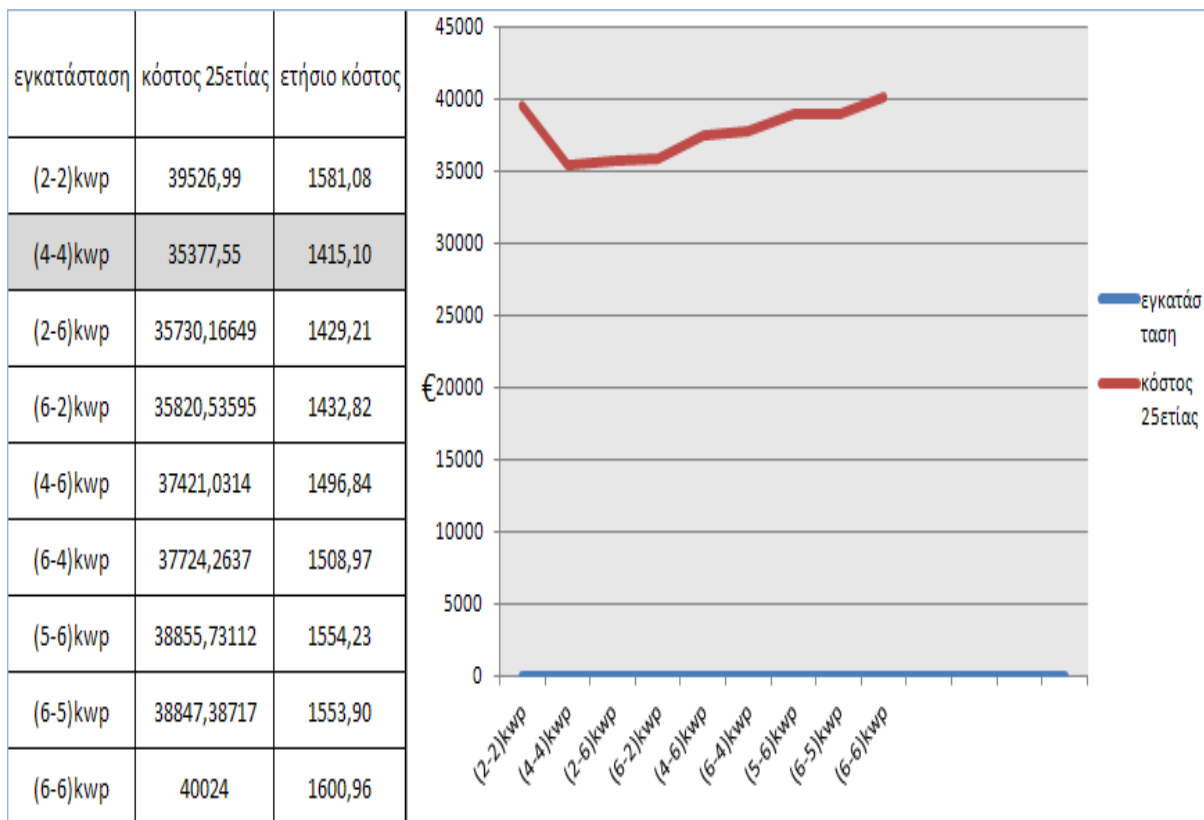
αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	20	221	0	4420
βάση στήριξης	5	240	0	1200
ανεμογεννήτρια	1	6800	0	6800
βάση στήριξης	1	200	0	200
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				35060
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				2000
κόστος συντήρησης(€)				1640
σύνολο(€)				3640
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	6,23	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		155,73
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				38855,73
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1554,23

Πίνακας 8.18 Οικονομικά στοιχεία συστήματος ισχύος Φ/Β 6KW-A/Γ 6KW.

αξία του εξοπλισμού-κόστος αντικατάστασης σε 25ετή περίοδο				(€)
είδος	αριθμός	τιμή(€)	αντικατάσταση	συνολική τιμή ανά είδος(€)
φ/β γεννήτρια	24	221	0	5304
βάση στήριξης	6	240	0	1440
ανεμογεννήτρια	1	6800	0	6800
βάση στήριξης	1	200	0	200
ρυθμιστής φόρτισης	4	445	0	1780
αντιστροφέας	1	900	0	900
συσσωρευτής	36	205	1	14760
γεννήτρια diesel	1	5000	0	5000
σύνολο				36184
κόστος εγκατάστασης-κόστος συντήρησης (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος εγκατάστασης(€)				2100
κόστος συντήρησης(€)				1740
σύνολο(€)				3840
κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)				(€)
κόστος καυσίμου ανά έτος(€)	0,00	κόστος καυσίμου (25ετής περίοδος)		0,00
Συνολικά κόστη 25ετούς περιόδου(€)				40024,00
Συνολικά κόστη ανά έτος(€)				1600,96

Το κόστος εγκατάστασης και το κόστος συντήρησης είναι προσεγγιστικά. Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας με την γραφική παράσταση των στοιχείων του.

Πίνακας 8.19 Συγκεντρωτικός οικονομικός πίνακας υβριδικών συστημάτων με γραφική παράσταση.



Το οικονομικότερο υβριδικό σύστημα για τη συγκεκριμένη κατοικία όπως εκφράζεται από τον συγκεντρωτικό πίνακα είναι ισχύος ίσης με 8 KW (4 KW από φωτοβολταϊκά και 4 KW από ανεμογεννήτριες. Το συνολικό κόστος του συστήματος θα είναι 35.377€ ενώ το ίδιο κόστος εάν διαιρεθεί με τα 25 έτη που λαμβάνουμε ως διάρκεια ζωής του συστήματος, θα προκύψει το ποσό των 1.415 €.

Συγκριτικά με τα δύο προηγούμενα συστήματα, το υβριδικό σύστημα αποδεικνύεται ότι είναι το οικονομικότερο. Το κόστος του βέλτιστου υβριδικού αυτόνομου συστήματος είναι κατά μόλις 305 €, μικρότερο από το αντίστοιχο οικονομικότερο σύστημα των ανεμογεννητριών. Η διαφορά αυτή είναι πολύ μικρή όμως η αντίστοιχη διαφορά μεταξύ του κόστους του υβριδικού με το κόστος του συστήματος με τα φωτοβολταϊκά ανέρχεται σε 4.314 €.

Συνοψίζοντας, έχουμε αναδείξει ως οικονομικότερο σύστημα για την επιλεγμένη κατοικία το υβριδικό συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 8kw. Ακόμα και το κόστος αυτού του συστήματος φαίνεται να είναι ιδιαίτερα υψηλό. Όμως αυτό είναι λογικό καθώς οι ενεργειακές ανάγκες των ατόμων δεν είναι καθόλου περιορισμένες. Επίσης όπως φαίνεται μέσω του υβριδικού συστήματος καλύπτεται η ανάγκη για θέρμανση καθώς και για ζεστό νερό αφού δεν γίνεται χρήση άλλων επιμέρους στοιχείων (τζάκι, καλοριφέρ, ηλιακός θερμοσίφωνας).

Οι αυξημένες λοιπόν ενεργειακές ανάγκες σε συνδυασμό με το ότι η κατοικία είναι αυτόνομη μας οδηγούν σε ένα σύστημα σχετικά υψηλού κόστους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Μετατροπή της Ηλιακής Ενέργειας σε Ηλεκτρική με Φωτοβολταϊκά Συστήματα», Νεοκλέους-Κωνσταντινίδη, Των, 1991.
- [2] «Επενδύσεις Φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα», Α. Ζαχαρίου, ΤΕΕ, 2010.
- [3] «Φωτοβολταϊκά Συστήματα», Ι. Φραγκιαδάκης, εκδόσεις Ζήτη, 2007.
- [4] «Τεχνοοικονομική Μελέτη και Σύγκριση Υβριδικών Συστημάτων. Εφαρμογή σε Αυτόνομη Κατοικία», διπλωματική εργασία των Δ. Σαραφιανού και Μ. Σειραγάκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2009.
- [5] «Εναλλακτικές μορφές ενέργειας», Β. Μπιτζιώνης και Δ. Μπιτζιώνης, εκδόσεις Τζιόλα.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- [1] www.solar-systems.gr
- [2] www.cres.gr/kape/index.htm
- [3] <http://helapco.gr/>
- [4] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [5] <http://www.emy.gr/hnms/greek/index.html>
- [6] <http://e-fotovoltaika.blogspot.gr/>
- [7] http://tzatools.gr/index.php?id_product=855&controller=product
- [8] www.bigsolar.gr/el/
- [9] http://szward.en.alibaba.com/product/60255673567-800165734/SZ_WARD_HP_1KW_12KW_Pure_Sine_Wave_Charger_Inverter_With_MPPT_Solar_Charge_Controller.html
- [10] http://www.phocos.com/datasheet_sm_pl.html

Αθήνα

Μάιος - 2016